



Etruria*natura*

una finestra sul territorio

Periodico dell'Accademia dei Fisiocritici, Siena

Anno XVI - 2023

*Coltivare conoscenza
per creare coscienza*



ACCADEMIA dei
FISIOCRITICI 1691



ACCADEMIA dei
FISIOCRITICI 1691

Etrurianatura

Accademia dei Fisiocritici onlus
Piazzetta Silvio Gigli 2, 53100 Siena
tel. 0577 47002
www.fisiocritici.it
www.museofisiocritici.it

Registrazione

Autorizzazione del Tribunale di Siena n. 7 del 18/11/2022

Direttore Responsabile

Roberto Mazzei*

Comitato Editoriale

Ilaria Corsi**
Roberto Fondi*
Francesca Lazzeroni*
Roberto Mazzei*

Comitato Scientifico

Dario Albarello**
Claudia Angelini**
Antonio Maria Baldi***
Vincenzo De Dominicis**
Mario De Gregorio*
Attilio Galiberti***
Antonio Guerci****
Claudio Leonzio**
Sandro Lovari**
Alessandro Masotti***
Ruggero Matteucci*****
Luana Ricci Paulesu**
Claudia Perini**
Claudio Rossi**

Massimo Salleolini**

Enrico Tavarnelli**

Cecilia Viti**

* *Accademia dei Fisiocritici*

** *Università di Siena*

*** *Professionista*

**** *Università di Genova*

***** *Università La Sapienza di Roma*

tipografia
senese

Realizzazione editoriale

Tipografia Senese Editrice
Siena (Italia)
www.tipografiasenese.it

Nessuna parte di questa rivista 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'autore. L'editore è a disposizione degli eventuali detentori di diritti che non sia stato possibile rintracciare

© 2023 Accademia dei Fisiocritici onlus, Siena

ISSN 2282-2607

In copertina

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

Retro copertina

Foto di Giovanni Bencini

Sommario

Presentazione

La pagina dell'Accademia

- 8 Vincenzo De Dominicis (il Dedo), un piccolo grande uomo maestro di botanica e di vita
Claudia Angiolini, Claudia Perini
- 15 La Biblioteca dell'Accademia dei Fisiocritici, un mondo di meraviglie bibliografiche: quello che ti aspetti ... e quello che non immagineresti mai di trovarvi
Silvia Aurigi, Mikaela Bernardoni, Antonietta Monaco

Contributi

- 24 Panoramica sul Deserto del Namib, un luogo da scoprire, conoscere e tutelare
Luca Lupi
- 38 Analisi chimica e statistica di sedimenti portuali
Cristina Romani, Luca Bellucci, Simonetta Sbrighi, Federico Luchi, Rossella Friani
- 48 Il potenziale geotermico del Senese
Marcello Viti
- 59 Variazioni climatiche e stabilità dei suoli
Antonio Maria Baldi

Il punto della situazione

- 72 Il sistema clima: vivere il cambiamento e progettare il futuro
Roberto Mazzei

Orizzonti

- 88 Conoscenza, coscienza e democrazia: il ruolo del Museo Paleontologico di Montevarchi (AR)
Elena Facchino, Antonella Aquiloni, Marco Rustioni

La parola all'immagine

- 98 Fiori e piante dei campi intorno casa
Giovanni Bencini

Io, il lettore

- 108 Percorrendo un'antica via tra i castelli della Montagnola
Laura Perrini
- 112 Rintracciata in Sudan la tomba di Carlo Piaggia
Luca Lupi

Schede naturalistiche

- 120 Nel territorio di Monticiano un giovane castagno cresce nella cavità del tronco di un patriarca della stessa specie
Mauro Cresti, Elvio Bellini, Claudia Ricci, Silvia Cantara, Claudio Milanese

Presentazione

Cari lettori,

anche nel 2023 l'Accademia dei Fisiocritici è riuscita a fornirvi un nuovo numero di *Etrurianatura* (Anno XVI). Il periodico, che come sapete è in prevalenza rivolto allo sviluppo della “conoscenza” del patrimonio naturale e dei fattori che lo regolano, quest'anno è dedicato al ricordo di un caro amico, collega e accademico, che purtroppo ci ha lasciato: il Prof. Vincenzo de Dominicis. Alla persona è riservato anche un articolo specifico, da parte di Claudia Angiolini e Claudia Perini, non tanto per evidenziarne il valore scientifico (del resto già noto) quanto per tracciarne il profilo umano e caratteriale, ampiamente apprezzato da tutti quelli che lo hanno conosciuto. Vi invitiamo a leggerlo perché vi porterà in una “dimensione” del professore che dalla “normalità” diviene emotivamente coinvolgente.

Sempre nella *Pagina dell'Accademia* è contenuto un articolo in cui Silvia Aurigi, Mikaela Bernardoni e Antonietta Monaco, provenienti dalla Biblioteca dell'Area Scientifico-Tecnologica dell'Università di Siena, parlano della loro esperienza presso la Biblioteca dell'Accademia dei Fisiocritici. L'entusiasmo che trapela dalle loro parole può essere così sintetizzato: operare in mezzo ad un patrimonio bibliotecario molto prezioso permette di crescere non solo negli aspetti professionali ma anche in quelli di natura culturale.

La rubrica *Contributi* ospita 4 articoli che non possono non suscitare il vostro interesse. Il primo, di Luca Lupi, fa conoscere aspetti naturali della Namibia di grande fascino. In particolare, l'Autore si rivolge al Deserto del Namib per mostrare l'origine e lo sviluppo delle sue peculiarità. Si sofferma poi sulla magia del Sossusvlei, un luogo (posto al centro della porzione orientale del *Namib Sand Sea*) ricco di alte dune e di Vlei che l'UNESCO ha dichiarato Patrimonio dell'Umanità. Il secondo, scritto da Cristina Romani, Luca Bellucci, Simonetta Sbrighi, Federico Luchi e Rossella Friani, riguarda le problematiche connesse con la cantieristica navale; in particolare, attraverso analisi scientifiche ed elaborazioni statistiche gli Autori cercano di individuare l'impatto ambientale che tale attività può esercitare sulle acque prospicienti e sui sedimenti dei fondali. Il terzo, elaborato da Marcello Viti, è di assoluta attualità. Tenendo presente la crisi energetica in cui l'Italia è caduta per il recente conflitto Russia/Ucraina e per la irrisolta dipendenza dalle forniture estere, l'Autore rivolge le sue attenzioni ad una fonte rinnovabile che in Toscana ricopre un ruolo assai importante: l'energia geotermica. Fra l'altro, questa può essere usata sia per la produzione dell'energia elettrica, sia per la climatizzazione degli edifici, aiutando così a ridurre l'uso di combustibili fossili. Tramite l'Inventario delle Risorse Geotermiche Nazionali Viti valuta il potenziale geotermico di ogni singolo comune della Provincia di Siena e, su questa base, cerca di identificare serbatoi geotermici ai fini di un loro sfruttamento nel rispetto della tutela dell'ambiente e della sostenibilità delle risorse. Il quarto, di Antonio Maria Baldi, affronta una problematica di grande rilievo data la situazione in cui versa il nostro Paese dal punto di vista idrogeologico e morfologico: quella del susseguirsi di eventi geologici calamitosi sempre più riconducibili al riscaldamento climatico e all'uso improprio del suolo. Grazie alla sua esperienza, l'Autore individua le possibili cause dei dissesti ed indica gli interventi per evitare il loro ripetersi.

Nella rubrica *Il Punto della situazione* viene trattato da Roberto Mazzei un argomento collegabile

per certi aspetti al contributo precedente: il sistema clima e le sue variazioni. L'intenzione è quella di fornire una "visione" più ampia del clima, in modo che i lettori possano trovare un riscontro ai loro quesiti sul riscaldamento globale e sui suoi effetti. Fra l'altro, sono decisamente accese le discussioni che si sentono sui *media* (esse coinvolgono persone di diversa generazione, cultura e censo, nonché l'intero mondo politico dei principali Stati del nostro pianeta) e sembra non trovarsi una soluzione alle problematiche connesse (ad esempio, l'influenza negativa dell'attività umana e l'uso dei combustibili fossili). E'altresi evidente che per "vivere il cambiamento e progettare il futuro" non può che intendersi "prendere coscienza della situazione e salvaguardare il patrimonio naturale ancora conservato (magari farlo crescere)" con azioni mirate e coordinate in ambito sistemico.

La rubrica *Orizzonti* contiene un articolo di Elena Facchino, Antonella Aquiloni e Marco Rustioni, che operano nel Museo Paleontologico di Montevarchi. Oltre a parlare della storia naturale del Valdarno Inferiore e dei reperti più importanti del Museo, gli Autori evidenziano le loro iniziative riguardo ai diversi modi di fare scienza, avendo sempre presente il ruolo centrale della comunicazione scientifica nella crescita culturale dei cittadini.

Per quanto concerne la rubrica *La parola all'immagine* non possiamo esimerci dal sottolineare che Giovanni Bencini sceglie sempre un argomento del tutto nuovo. Quest'anno le foto sono rivolte ai fiori e alle piante che, più o meno comunemente, si ritrovano nei prati o nei campi a noi vicini. Le immagini ricordano la grande bellezza che Madre Natura offre gratuitamente.

Nella rubrica *Io, il lettore* si trovano 2 articoli che, pur diversi l'uno dall'altro, sono in gradi di suscitare molto interesse. Il primo, di Laura Perrini, trasporta sulla Montagnola Senese e fa percorrere l'antica strada di Riciano (dalla località il Ceppo, lungo la Cassia, arriva fino a Colle Ciupi) per mostrare "una campagna ricca di fascino, impreziosita da castelli e palazzi fortificati". Al di là dell'aspetto culturale, è certamente significativo venire catapultati in una realtà dove il tempo sembra essersi fermato. Il secondo, scritto da Luca Lupi, riguarda un ritrovamento in Sudan davvero straordinario ed emozionante: la tomba di Carlo Piaggia, uno degli esploratori più importanti del XIX° secolo. L'Autore fa conoscere il personaggio, nato nel Comune di Capannori (LU), attraverso viaggi in terra africana piuttosto ardui, come quelli lungo il Nilo Bianco ed il Nilo Azzurro. Parla, inoltre, del progetto di ricerca finalizzato al riconoscimento pubblico delle sue imprese ed all'organizzazione (con l'Istituto Storico Lucchese) della spedizione che ha portato alla scoperta della tomba.

La rubrica *Schede naturalistiche* propone un articolo di Mauro Cresti, Elvio Bellini, Claudia Ricci, Silvia Cantara e Claudio Milanese. Gli Autori rivolgono la loro attenzione a due esemplari di Castagno, rinvenuti nei pressi del Podere Castelvecchio (Comune di Monticiano), che rappresentano una situazione particolare: quello più giovane (circa 50 anni) è cresciuto nel fusto cavo di quello più vecchio (circa 500 anni). Oltre a fornire una documentazione accurata sul Castagno europeo, tramite analisi genetica affrontano il problema legato alla diversità morfologica dei due sistemi fogliari.

Buona lettura

Il Comitato Editoriale

La pagina dell'Accademia



Foto di Giovanni Bencini

Vincenzo De Dominicis (il Dedo), un piccolo grande uomo maestro di botanica e di vita

Claudia Angiolini & Claudia Perini

Dipartimento di Scienze della Vita, via P.A. Mattioli, 4 Siena

Scrivere di Vincenzo de Dominicis (Fig. 1), di quello che per oltre 30 anni è stato il “mio Prof.” (ho iniziato la tesi con lui alla fine del 1991), non è per niente semplice. Non è semplice perché era un uomo dalle tante sfaccettature, con forti passioni e sentimenti; una vita, la sua, non subita ma vissuta a pieno, non lesinando decisioni, azioni ed emozioni. Considerazioni analoghe sono svolte anche da Claudia Perini che, dopo averlo frequentato per circa 40 anni, è impegnata con me in questa scrittura. Il piacere di ricordarlo, comunque, ha fatto superare ad entrambe le difficoltà; fra l’altro, ci è stato chiesto di non stilare una biografia asettica, ma di far parlare il cuore. Ed è quello che proveremo a fare.



Fig. 1 - Il Prof. ripreso durante un'escursione didattica al Circeo.

Io, Claudia Angiolini, non posso esimermi dall’iniziare con un ricordo personale del Prof. Lui è stato (ed è) per me una delle persone più importanti, un docente di riferimento ed allo stesso tempo un uomo forte, sensibile e di grande umanità. Di lui mi sento, con un termine venuto alla ribalta delle cronache in questi giorni, un “figlio dell’anima”; un sentire questo sicuramente condiviso da altri suoi allievi (non a caso definiva suoi nipoti quelli più giovani) o persone vicine. Vincenzo mi ha cambiato la vita nel senso reale del termine; quando ho seguito il suo corso di Botanica sistematica, poco più che ventenne, ha saputo trasmettermi l’amore per lo studio delle piante e della vegetazione. Forte di questa passione, nuova e totalizzante, ho abbandonato un lavoro di tesi su altre tematiche e mi sono dedicata alla botanica, senza più smettere. Lasciando da parte i ricordi personali più intimi, vorrei riprendere il discorso insieme a Claudia Perini. Come prima cosa, abbiamo deciso di evidenziare la frase di J.J. Rousseau che Vincenzo sosteneva con forza: “*L’importante non è insegnare ai ragazzi le scienze, ma trasmettere loro il gusto per amarle*”. Questa frase, fra l’altro, gli è stata dedicata dagli allievi (tra cui alcuni dell’inizio anni Ottanta) in occasione del suo ottantesimo compleanno (Fig.2). Trasmettere ai giovani la passione per la botanica, questo Vincenzo lo ha saputo fare molto bene. Eppure, non era il classico professore dalla grande loquela e dagli atteggiamenti istrionici. Lo ricordiamo a fare lezione e sorridiamo pensando alla sua modestia quando, presentando i cosiddetti vegetali inferiori, diceva: “*Oggi ragazzi vi spiego le alghe, ma non essendo un algologo ...*”. E qualche giorno dopo: “*Oggi ragazzi vi spiego i licheni,*



Fig. 2 - Gli ottant'anni del Dedo circondato da tanti suoi ex-studenti.

ma non essendo un lichenologo ...” e così via. E noi studenti ci chiedevamo: “Ma allora che cosa sa insegnare questo professore? Cosa sa bene? Spiega tutti questi argomenti commentando lucidi con competenza e dovizia di particolari, ma sempre un po’ annoiato e dicendo di non essere un esperto nelle materie che insegna”. Sapeva tanto, tantissimo e degli argomenti più disparati, forte di una cultura non solo scientifica ma anche storica, letteraria, musicale e contadina, in linea con la frase di socratica memoria: “È sapiente solo chi sa di non sapere, non chi s’illude di sapere e ignora così perfino la sua stessa ignoranza”. Ma quando ci accorgevamo della sua conoscenza a tutto tondo? Certamente nel partecipare alle ore di laboratorio; nel loro ambito il suo occhio si illuminava mentre ci trasmetteva l’esperienza acquisita o ci aiutava a collegare i nomi scientifici ai campioni di piante vascolari, usando la Flora d’Italia del Fiori o il vecchio Pignatti. Oppure discorrendo

con lui di storia, di selvicoltura, di tradizioni toscane, di come lavorare certi tipi di legname. O ancora quando, durante le escursioni didattiche, ci illustrava le specie e le comunità vegetali delle zone che aveva studiato, dal Parco della Maremma alla Val di Farma, da Puntala (Punta Troia e i porcelli, come la chiamava ricordando il nome pre-ventennio) alle Crete senesi. Sempre citando Rousseau: “C’è un libro aperto per tutti gli occhi, la natura”. E Vincenzo ci ha insegnato a leggerlo, ci ha insegnato la differenza tra guardare (significato stretto: dirigere gli occhi, fissare lo sguardo su qualche oggetto) e vedere (che significa invece percepire con gli occhi, osservare, capire), ci ha insegnato insomma a interpretare il paesaggio che ci circonda e che tanto sa dire agli occhi di chi ha gli strumenti per comprenderlo.

A questo punto dobbiamo parlare più estesamente delle escursioni didattiche che si divertiva tantissimo a preparare, organizzando a volte ad-

dirittura il pranzo al sacco per non far spendere ai ragazzi, e che hanno lasciato ricordi indelebili in generazioni di studenti; sicuramente, mettendo insieme i ricordi dei suoi allievi, si potrebbe scrivere un libro pieno di simpatici aneddoti. Con il Prof. non mancavano mai i momenti ludici durante le escursioni: organizzava partite a bandierina o a nascondino, faceva le capriole sulle dune o il bagno nel fiume; mostrava piante riconoscibili dal sapore e dall'odore ed invitava lo studente, disorientato dalle tante nozioni ed emozioni, ad assaggiarne i semi sparsi sul terreno, talvolta misti a piccoli escrementi; intonava canzoni della tradizione toscana come "Suona suona campanina" o "Lo spazzacamino"; raccontava barzellette. Per questi motivi, al termine dell'escursione gli studenti non potevano non chiamarlo con il simpatico soprannome con cui era noto ai più: il "Dedo". Una volta portò gli studenti in Abruzzo, al paesello di Bominaco, e li ospitò a casa sua (impossibile oggi!); promise inoltre che, una volta rientrati, avrebbe cucinato per loro una cena a base di pesce. Mantenne la promessa, portando in tavola scatolette di tonno e fagioli! Durante un'escursione sull'Amiata utilizzò, per insegnare agli studenti ad analizzare i dati vegetazionali, metodi di didattica per così dire "innovativi". Al rientro dal campo fece credere loro che serviva per il giorno dopo una relazione scritta da presentare al Comune. Pieni di ansia gli studenti si impegnarono a lungo cercando di imparare più cose possibili (per esempio a classificare i rilievi a mano; a quei tempi non c'erano tutti i programmi informatici che facilitano la vita di oggi) mentre lui dava consigli fumando il sigaro e preparando pasta e fagioli per cena. Il giorno dopo portò gli studenti all'ingresso del Comune dove candidamente disse loro che aveva fatto uno scherzo!! Una studentessa molto più giovane di noi, che il Prof. aveva soprannominato Eulalia, ricorda un aneddoto legato ad un'escursione post-congresso, con lui ormai prossimo ai 70 anni. Il Prof., che aveva scelto di fare il percorso più difficile tra quelli proposti, ad un certo punto si è sdraiato, stremato, su un piccolo ponte di legno. Oltre ad occuparlo tutto, ha poggiato i

piedi sul corrimano, incurante del fatto che gli altri partecipanti, chi divertito, chi imbarazzato, chi incredulo, avrebbero dovuto scavalcarlo per andare avanti; mentre passavano lui diceva: "*Prego prego, la vengia la vengia ... passi pure tranquillo*". E poi alla studentessa, quando ormai lo avevano scavalcato tutti, ha preso a dire: "*Ovvvia Eulalia, ora andiamo anche noi, sennò ci lasciano qui*".

Di queste giornate di campo (ma non solo) sono rimaste anche alcune frasi "mitiche" del Prof., usate in modo ricorrente: "*Oggi il tempo fa cappellacci*" (Fig.3), noto proverbio toscano che vuol indicare l'arrivo della pioggia e che lui recitava ad alta voce in particolare quando incrociava qualcuno che indossava un cappello appariscente o particolare; "*E' morto il Lodoli ed è rimasto il Gambini*", frase senese che pronunciava quando una studentessa veniva in escursione con i pantaloncini corti e aveva le gambe non proprio tortinite; "*Queste faggete sono depresse*", frase che era stata detta con voce grave e contrita da un suo studente durante la discussione della tesi e che lui ripeteva per scherzare sul fatto che le faggete non erano "tristi" ma, semplicemente, si trovavano ad altitudine più bassa rispetto al consueto. Spesso, poi, amava ricordare agli studenti la frase scritta ingenuamente da un suo tesista: "*Io, primo in*

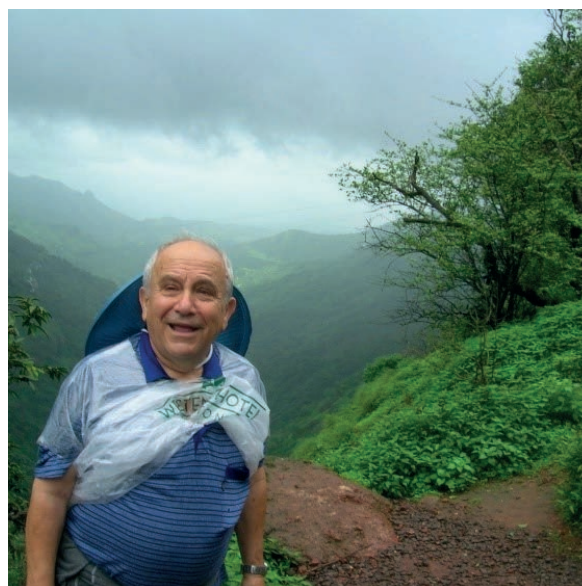


Fig. 3 - "Oggi il tempo fa cappellacci", cantava il Prof. su per le montagne indiane.

Italia e nel mondo, ho scoperto... (una nuova specie o forse una comunità vegetale)". Voleva farci sorridere, ma anche insegnarci a non sentirsi "scienziati", a consultare tante fonti, ad avere un pensiero critico e, soprattutto, a tenere i piedi per terra mentre scrivevamo la tesi, piuttosto che un articolo. E lui era il primo ad essere umile e a non prendersi troppo sul serio come scienziato. Appassionato fitosociologo e micocenologo, nella parte centrale della sua carriera portava avanti studi qualitativi e quantitativi di comunità vegetali e fungine. In quel periodo amava dire, con la sottile ironia che lo contraddiceva, che lui aveva descritto una sola associazione vegetale (il *Tube-rario lignosae-Callunetum* per gli arbusteti acidofili della Val di Merse) e che poi questa gli era stata contestata e invalidata da alcuni colleghi. "E allora in tutti questi anni che ho concluso? Mah... ben poco alla fine" diceva a volte. I suoi allievi e i botanici a lui più vicini sanno bene che questo non corrispondeva a verità, che era dotato di grande intuizione nel leggere le comunità vegetali e i loro rapporti dinamici (comunità delle crete, garighe, boschi) e che la sua conoscenza della vegetazione della Toscana meridionale era davvero estesa. Proprio a lui, non a caso, all'inizio degli anni '90 il Monte dei Paschi di Siena chiese di scrivere un capitolo sul paesaggio vegetale delle province di Siena e Grosseto, che è parte di un mitico volume diventato una pietra miliare per la storia naturale di questi luoghi. Vincenzo aveva una grande libertà di pensiero ed una capacità critica costruttiva, qualità queste che hanno fatto di lui un Prof. "visionario". Egli non ha mai ostacolato, anzi ha incoraggiato, gli allievi che si proponevano di seguire filoni di ricerca in campo botanico lontani dai suoi interessi (per esempio, pur accettando il nuovo metodo statistico per analizzare i dati vegetazionali, un po' borbottando commentava che preferiva utilizzare i nomi delle piante al posto dei numeri perché, in quest'ultimo caso, gli sembrava di "contare i sassolini alla Lizza"). E felice di questo, nel dicembre passato, ad un pranzo di gruppo si dichiarò soddisfatto di quello che aveva potuto dare come Prof. e orgoglioso che i suoi allievi,

spaziando su vari temi della botanica, avessero trovato un loro percorso raggiungendo spesso importanti risultati e traguardi (uno dei suoi allievi è diventato addirittura Presidente della Società Botanica Italiana).

Coloro che hanno conosciuto Vincenzo sanno quanto la vita lo abbia messo a dura prova, ma lui non ha mai smesso di amarla, di trovare motivi per gioire e vedere comunque nelle persone e nel mondo motivi di bellezza e di godimento. "Nella vita non puoi scegliere quello che ti succede, ma puoi scegliere come viverlo!" amava dire; una studentessa, nei giorni immediatamente successivi alla sua scomparsa, lo ha ricordato con queste importanti parole. Vincenzo era un uomo dai sentimenti forti e poco mediati, talvolta era brusco nella sua sincerità, talaltra scontroso e brontolone, specialmente quando le cose non gli andavano bene. Per questo suo aspetto caratteriale ricevette da alcune studentesse, all'inizio della sua esperienza universitaria (verso la fine degli anni 70), il pupazzo del "Nano Brontolo" (anche in relazione al fatto che non era altissimo, "ma nelle botti piccole ci sta il vino bono", come diceva lui). Questo pupazzo, gelosamente custodito, ha seguito Vincenzo in tutti i suoi spostamenti fino al pensionamento e allo studio a casa. Con il suo umorismo amaro, parlando dei figli ci diceva: "Ragazzi, una cosa è certa, abbiamo messo al mondo dei condannati a morte!". E con questa consapevolezza l'amore per la vita diventava imperante. Per questo dava spazio alle passioni più semplici, ma reali e sicure, come quelle: per la cucina (amava preparare la minestra di verdure dove "spegneva" qualche cotenna di maiale per dare sapore) (Fig. 4); per la lavorazione del maiale (sbuffando accanto a suo fratello preparavano salsicce, salumi e salavano prosciutti); per la musica e il bel canto (in famiglia si cantava e si rimava nuovi stornelli su note conosciute; inoltre ha fatto parte, per tanti anni, del coro dei Madrigalisti senesi); per la falegnameria (quando c'era bisogno di qualche utensile Vincenzo si adoperava subito con seghetti e altri strumenti); per i cavalli (coinvolto anche nell'organizzazione di escursioni e del famoso



Fig. 4 - Al Prof. piaceva cucinare.



Fig. 5 - Il Prof. e i suoi cavalli.



Fig. 6 - Il Prof., come know-how del gruppo dei cinque, controlla l'uva per il prossimo Vinsanto.

“Sanese d’oro”, manifestazione che si teneva a Ginestreto e che molti rimpiangono) (Fig. 5); per le attività tradizionali (famoso per il suo Vinsanto, il cosiddetto “Vinsanto dei cinque”, cinque amici e il know-how di Vincenzo che seguivano insieme tutta la preparazione del Vinsanto e passavano alcuni simpatici giorni insieme a casa sua, a Ginestreto) (Fig. 6); per le persone (compresi i più piccoli, con i quali inventava cose strane e giocava appassionatamente dimenticando la differenza di età); per i viaggi (curioso e sognatore, ha girato mezzo mondo - India, Canada e spesso Argentina - anche incontrando amici lontani) (Figg. 7-8); per gli scherzi (una volta aveva strusciato l’aglio nella cornetta del telefono della segretaria che era assai sensibile ... e poi, sornione/malizioso si era messo ad aspettare le sue reazioni); per le belle donne (un suo tratto distintivo). Riguardo a quest’ultimo punto ricordiamo uno scambio di parole che ebbe con un toscanaccio dalla battuta pronta incontrato in un bar al rientro da un’escursione. Il simpatico avventore aveva commentato, a voce alta, su quanto il Prof. fosse fortunato ad essere accom-



Fig. 7 - Il Prof., senza paura, borbotta "ora prendo il toro per le corna" (India).

pagnato da un gruppo di belle ragazze; Vincenzo aveva risposto a tono: *"Eh sì, ha proprio ragione ...dove lavoro io abbiamo un albero ... che non si secca mai, anzi tutti gli anni produce nuovi frutti"*. Altra sua caratteristica era l'ottimo appetito. Mangiava di tutto e in quantità, a volte anche usando furbi stratagemmi (affettando prosciutto quando avanzava pane e il pane quando rimaneva un po' di prosciutto). Amava gustare frattaglie, testa del Vitello lessa, buristo (un salume toscano fatto col sangue di maiale), cibi dal sapore forte e deciso, e tutta la cucina toscana più tradizionale. E quando a certi festini vedeva le patatine o noccioline non riusciva a fermarsi, commentando che erano come le ciliegie, una tira l'altra, e che occorreva toglierle dalla vista. Ultimo, ma non per questo meno importante, amava stare in compagnia e partecipare alle feste, che nel corso degli anni non sono mai mancate (anzi spesso le organizzava direttamente a Ginestreto) (Fig. 9); fino all'ultimo ha risposto agli inviti, a pranzo o a cena, per gli auguri di Natale con un: *"Volentieri ragazzi, vengo"*.

Abbiamo detto che era un uomo di grande uma-



Fig. 8 - Curioso viaggiatore il Prof. mira il paesaggio canadese.

nità, intelligenza e semplicità, a tutto ciò dobbiamo aggiungere che era autorevole ed un punto di riferimento per molti. Per la sua autorevolezza era stato eletto Direttore del suo Dipartimento all'Università di Siena ed era stato investito del ruolo di Procuratore per le festività estive e le processioni a Bominaco (dove era conosciuto come Don Vincenzo Schiappone), in Abruzzo. In quest'ultima veste, durante la festa di San Michele, Vincenzo e suo fratello Francesco distribuivano il pane benedetto ai paesani, riprendendo una passata usanza. Ottimo organizzatore aveva seguito per anni, anche come Presidente, il Circolo di Ginestreto; lo aveva avviato suo padre per dare la possibilità a tutti di trovarsi, comunicare e informarsi, guardando insieme l'unico programma che a quel tempo veniva dato in televisione.

Per mettere un argine a questo fiume di ricordi vogliamo dire che il Dedo, con i suoi modi a tratti burberi e a tratti burloni, ma sempre schietti e autentici, era (ed è) amato da grandi e piccini, contadini e professori, studenti e collaboratori oltre, naturalmente, dalla sua grande famiglia di fratelli,



Fig. 9 - Festa a casa del Prof.

nipoti e bisnipoti. Ci mancano tantissimo le sue telefonate inaspettate e, in particolare, la sua voce da basso che diceva: “*Io, Vincenzo*”. Il Prof. occupa ancora un posto speciale nel cuore di ognuno di

noi; ci ha insegnato ad abbracciare la vita a pieno e a trovare sempre un sorriso, a volte anche amaro ma sempre sorriso, per affrontarla in tutte le sue sfaccettature compresa la morte.

Fisiocritici, un mondo di meraviglie bibliografiche: quello che ti aspetti ... e quello che non immagineresti mai di trovarvi

Silvia Aurigi, Mikaela Bernardoni & Antonietta Monaco

Biblioteca dell'Area Scientifico Tecnologica, Università di Siena bast@unisi.it

È con grande gioia ed anche emozione che introduco questo articolo, in cui tre bibliotecarie dell'Università di Siena, ed in particolare della Biblioteca dell'Area Scientifico-Tecnologica, parlano della loro esperienza presso la Biblioteca dell'Accademia dei Fisiocritici. Infatti, grazie ad un accordo tra i due enti, i servizi biblioteconomici sono espletati da personale del Sistema Bibliotecario d'Ateneo. Sì, va bene, il lavoro si fa, ma come? Ecco, da questi scritti traspare la partecipazione che esse provano a svolgere da noi questo lavoro: lasciano l'attività nella loro struttura e vengono a fare qualcosa che, pur rientrando nelle loro competenze e professionalità, è comunque un "diverso". Magari ci potremmo immaginare un "Che noia! Mi tocca andare ai Fisiocritici, mentre ho il mio lavoro da svolgere nella mia sede". Invece no, tutto il contrario. Ecco, questo scritto delle dott.sse Silvia Aurigi, Mikaela Bernardoni e Antonietta Monaco testimonia la loro grande curiosità ed interesse per ciò che possediamo, oltre a dimostrare la volontà di mettere a disposizione della nostra Biblioteca le loro competenze. Desidero anche ringraziare con tutto il cuore la Responsabile della Biblioteca di Area Scientifico-Tecnologica, dott.sa Elisabetta Pepi, alla quale mi lega un lungo rapporto di stima ed amicizia, che ha saputo organizzare il servizio delle colleghe presso la nostra Biblioteca, contemperandolo con le esigenze della sua struttura. Grazie, care colleghe!

Marta Luciana Giovannoli

Sovrintendente della Biblioteca dell'Accademia dei Fisiocritici

Mikaela

A seguito del pensionamento della storica bibliotecaria Lorenza Chiantini sorse la necessità di rivedere la modalità di gestione della Biblioteca dell'Accademia dei Fisiocritici. Nel 2010, quindi, fu firmato un accordo integrativo alla Convenzione Accademia-Università di Siena già in essere, che prevedeva la collaborazione ed il supporto da parte del personale della Biblioteca di Area Scientifico-Tecnologica. L'obiettivo primario era quello di garantire i servizi ed il potenziamento della fruizione delle raccolte da parte degli utenti, in sintonia con quanto previsto nel Regolamen-

to Sistema Bibliotecario di Ateneo e nel rispetto dell'autonomia delle singole Biblioteche. Le colleghe Maria Adelaide Tarquini e Rosanna Quaglia hanno iniziato questo tipo di collaborazione ed hanno svolto un magnifico lavoro di riorganizzazione sia dei servizi che del materiale bibliografico della Biblioteca. Nel momento in cui anche loro sono andate in pensione, siamo subentrate in prima battuta Silvia Aurigi, poi io, Mikaela, dividendoci i carichi di lavoro a seconda delle esperienze pregresse. Seguendo questo criterio, Silvia è andata ad occuparsi della gestione delle monografie presenti nella "Sala dei Trattati", mentre io della gestione dei periodici dislocati nelle tre Sale

adiacenti all'ingresso.

Fin dall'inizio mi sono resa conto che c'era molto da fare, tanti erano i periodici già catalogati ma tanti altri ancora no; fra l'altro, se in ambiente biblioteconomico non dai notizia di un documento e non dai indicazioni precise su dove trovarlo è come se quel documento non esistesse. Nel periodo in cui ho cominciato la mia attività alla Biblioteca dell'Accademia, era in corso anche il cambio di software per registrare e inserire le notizie bibliografiche. È stato quindi ancora più difficile affrontare la grossa mole di lavoro che si prospettava: con pazienza, qualche errore e mattinate intere a controllare fascicoli e volumi, siamo arrivate a catalogare circa il 70% delle pubblicazioni contenute. Lo scoglio più difficile da superare era rappresentato dalle pubblicazioni del sec. XIX, le quali avevano regole per così dire arbitrarie riguardo ai piani di pubblicazione: si evidenziava così la necessità, fortunatamente ben radicata nel secolo successivo, di standard "universali" nella grande selva editoriale del mondo globale. Mi ha colpito, in particolare, la presenza di numerosi rendiconti, annuari e bollettini appartenenti ad Accademie, più o meno importanti, sparse per tutta Italia: da quelle prestigiose di Roma (i Lincei) e Napoli, a quelle sempre valide di Verona, Vicenza, Rovereto, Catania e Messina (in queste ultime due città hanno denominazioni bizzarre, rispettivamente i Peloritani ed i Pericolanti; d'altronde anche noi abbiamo gli Intronati o i Rozzi). Ciò dimostra quanto fossero attivi gli scambi e le comunicazioni in era "non social", in uno sforzo continuo di arrivare al "sapere" con un atteggiamento partecipativo.

Una volta, nel titolo di una rivista ho trovato il nome di una città che non conoscevo: Kristiania. Facendo qualche indagine, sono arrivata a scoprire che questo era il nome della capitale della Norvegia fino al 1925 (da questa data in poi è divenuto Oslo). A seguito di questa sorpresa mi sono sentita spinta a consultare con più attenzione la rivista ed ho compreso meglio che tutti noi, disponendo di un po' di tempo, possiamo cercare di scoprire non solo il contenuto ma anche la storia,

gli usi ed i costumi del paese di sua provenienza. E' la dinamica della lettura e dello studio che la Biblioteca offre!

La nostra Accademia diffonde, tramite i suoi atti e le sue pubblicazioni, un'attività culturale e di ricerca piuttosto intensa. Fra l'altro, oltre a colloquiare sul piano scientifico con le corrispettive nazionali ed internazionali, porta avanti un'opera di conoscenza e salvaguardia del patrimonio naturale del territorio al fine di giungere ad una "educazione" adeguata della popolazione, sia a livello locale che più ampio. Talvolta, durante la consultazione dei testi a carattere più locale, si riscontrano casi curiosi. Uno di questi riguarda una signora che ha rintracciato, nella sezione medica degli Atti dell'Accademia, un articolo in cui si parlava del caso clinico della propria madre.

Nella Biblioteca si trova anche un'accurata documentazione relativa all'ex ospedale psichiatrico San Niccolò: la "Cronaca del manicomio di Siena". In particolare, vi si narrano episodi di vita quotidiana e vi si fornisce un affresco di come veniva concepita la cura dei malati (Figg. 1-3). Da notare che molti cultori della materia sono venuti a consultarla ed a farne degli estratti per inserirli nelle loro pubblicazioni. Le cucine e il refettorio del San Niccolò oggi ospitano rispettivamente gli uffici e la sala di lettura della Biblioteca di Area Scientifico-Tecnologica.

Silvia

L'Accademia dei Fisiocritici è sempre stato un "ambiente" in cui mi è piaciuto "stare". Come bibliotecaria ho lavorato alla Biblioteca di Scienze prima e di Area Scientifico-Tecnologica poi. Nelle biblioteche universitarie si ha a che fare con studenti, docenti e con libri che più sono recenti meglio è (nella maggior parte dei casi l'ultima edizione è sempre quella consigliata perché ritenuta più aggiornata). Nella Biblioteca dell'Accademia dei Fisiocritici, invece, i testi sono prevalentemente antichi (precedenti il 1830) o dello scorso secolo, mentre i libri recenti sono una rarità. È

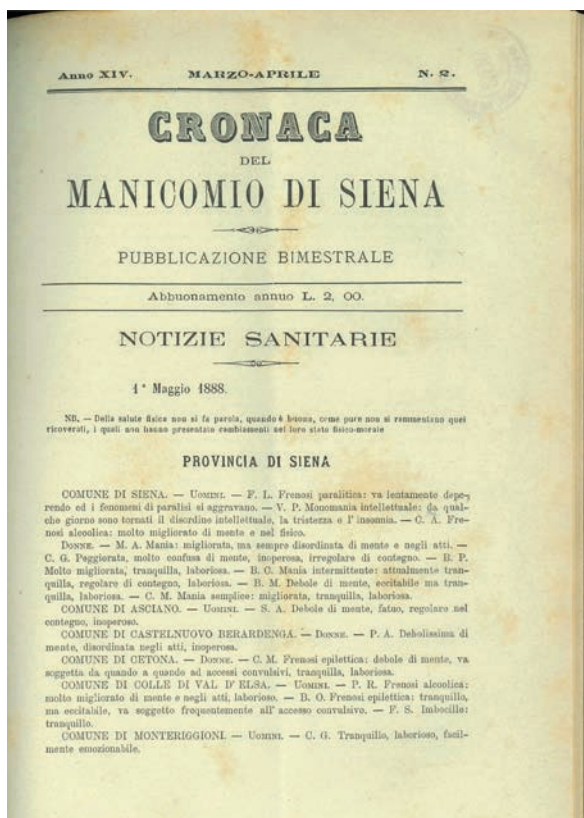


Fig. 1 - Frontespizio della rivista.

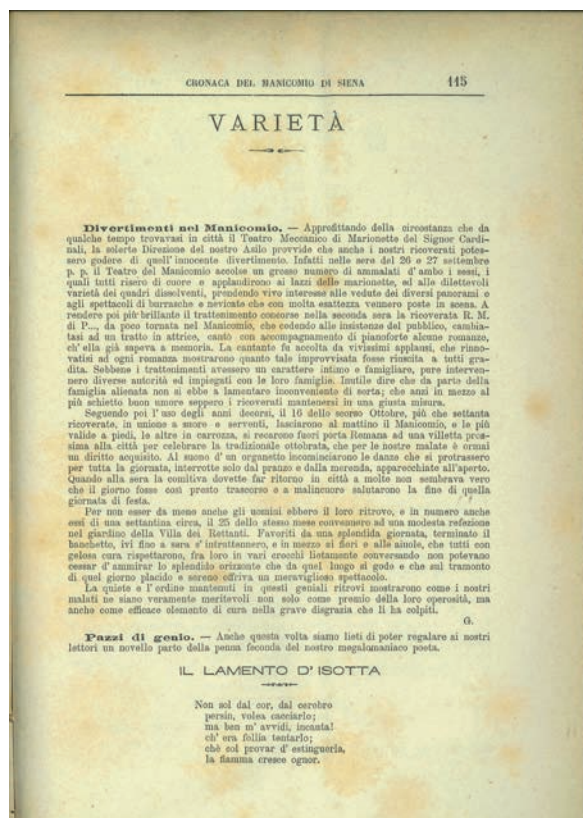


Fig. 2 - Estratto con descrizioni del tempo che fu.



Fig. 3- Panoramica sul villaggio manicomiale (foto ripresa dalla rivista "Cronaca del manicomio di Siena", annata 1889).

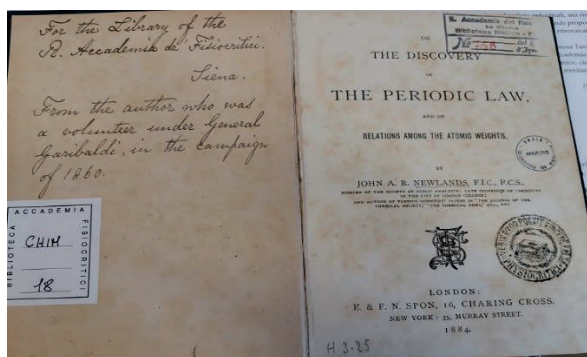


Fig. 4 - Dedicazione dell'autore.

una Biblioteca di conservazione e valorizzazione di un patrimonio legato alle materie da sempre studiate dagli Accademici Fisiocritici (medicina, geologia, paleontologia, agraria, zoologia, botanica, ecologia ecc.).

Molti libri vengono donati all'Accademia dagli autori, i quali spesso lasciano una dedica; una di queste, davvero singolare, è riportata in un libro del 1864 di John A.R. Newlands dal titolo "On the discovery of the periodic law and on relations among the atomic weights" (Fig. 4). In essa, infatti, l'autore dichiara di essere stato uno dei volontari al seguito di Giuseppe Garibaldi durante la "spedizione dei mille" del 1860.

Di recente un manoscritto del 1844, in fase di catalogazione, ha creato qualche problema per la mancanza del nome dell'autore. Grazie ad alcuni "indizi" trovati sul manoscritto e in Accademia¹, nonché all'aiuto della dott.ssa Chiara Bratto, pensiamo comunque di essere riusciti a risalire alla paternità dell'opera: il dott. Francesco Valenti Serini (Figg. 5-6). Presso l'Accademia dei Fisiocritici è conservata una ricca collezione di esemplari di funghi in terracotta, riprodotti a tutto rilievo e realizzati proprio da Valenti Serini. Il medico la utilizzava per far conoscere le caratteristiche dei cosiddetti funghi "velenosi" al fine di ridurre le frequenti intossicazioni e morti cui

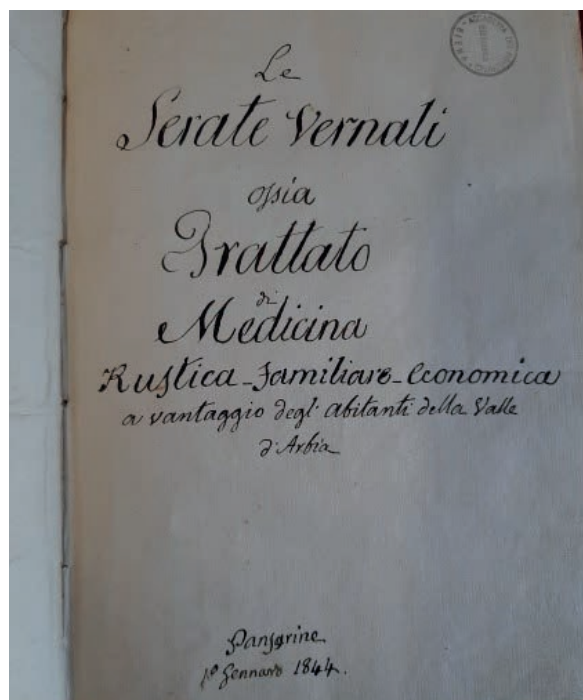


Fig. 5 - Frontespizio del manoscritto di Francesco Valenti Serini.

aveva assistito.

In altre occasioni capita che, mentre si cataloga un libro di medicina, ci si metta a sfogliarlo e si trovino pratiche o cure che fanno sorridere o strabuzzare gli occhi tanto sono "strane" o quantomeno obsolete. Merita tuttavia ricordare che anche questa tipologia di libri può ricoprire un'importanza notevole e non solo per gli studi riguardanti l'aspetto storico della medicina.

Oggi, in ambito scientifico, si parla tanto di *Open Access* e di *Open Science*. Le Raccomandazioni 2018/790 della Commissione europea, sull'accesso all'informazione scientifica e sulla sua conservazione, riportano che "La scienza aperta si riferisce a un nuovo approccio al processo scientifico basato sulla cooperazione e sulle nuove modalità per diffondere la conoscenza, migliorare l'accessibilità e la riusabilità dei risultati della ricerca mediante l'utilizzo di tecnolo-

1 Indizio 1: indicazione del luogo di pubblicazione con la località in cui viveva Valenti Serini. Indizio 2: confronto calligrafico (fatto in "casa") con alcune lettere inviate all'Accademia da Valenti Serini. Indizio 3: il dottore Valenti Serini era un abile disegnatore e sul libro è presente il disegno dei due protagonisti che sono un medico ed un curato di campagna. Il libro è in forma di dialogo fra i due personaggi. Indizio 4: confronto del disegno del medico che troviamo sul libro (nell'ipotesi di un suo autoritratto) con un busto del Valenti Serini presente in Accademia.

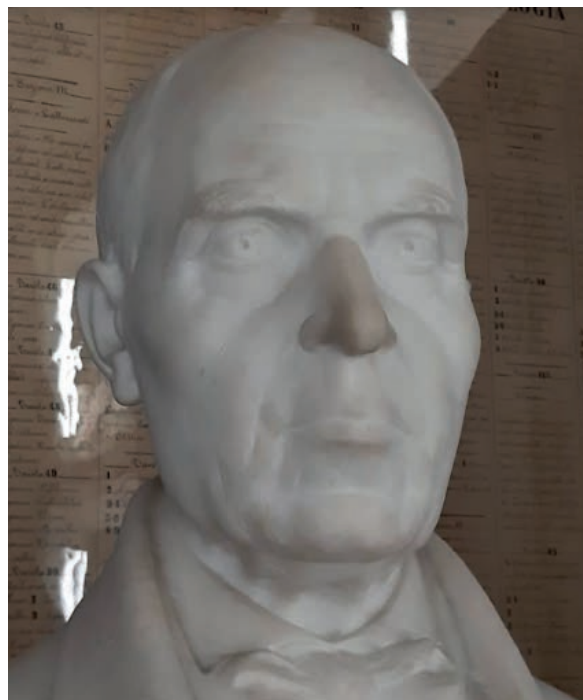


Fig. 6 - Disegno sul manoscritto mostrante Valenti Serini ed il curato (a sinistra); busto del medico che si trova in Accademia (a destra).

gie digitali e nuovi strumenti di collaborazione.” In base a questa “idea”, qualsiasi prodotto della ricerca scientifica deve essere disponibile gratuitamente per chiunque e deve poter essere liberamente riutilizzato. Questo processo di apertura riguarda la letteratura scientifica, i dati su cui si basa, nonché i materiali e gli strumenti usati o prodotti (tratto da <https://open-science.it/home>). Mi sono stupita e meravigliata nell'appurare che questi concetti, considerati “avanzati”, erano già espressi con lo stesso fine nell'introduzione al primo volume degli “Atti dell'Accademia dei Fisiocritici” (oggi *Journal of the Siena Academy of Sciences*) uscito nel 1760 (Fig. 7)². Evidentemente, 250 anni fa si sentiva in Accademia la necessità di condividere i risultati delle ricerche scientifiche e di produrre una crescita diffusa della conoscenza per il bene comune e per il progresso della società.

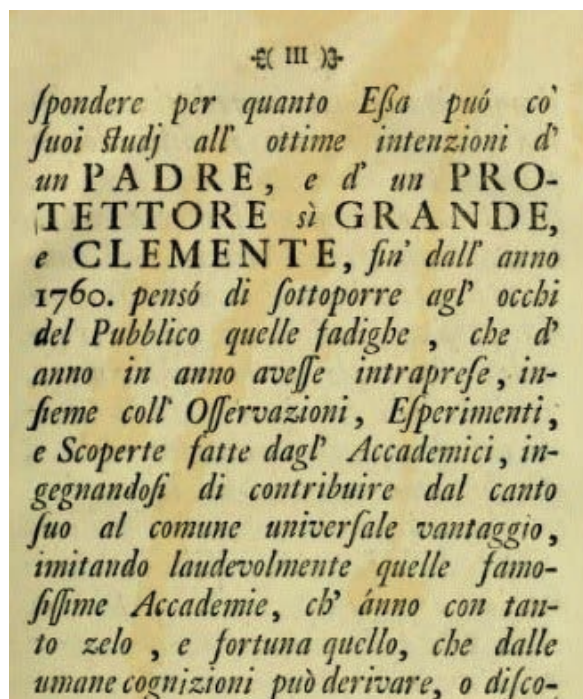


Fig. 7 - Parte dell'introduzione al primo volume degli Atti dell'Accademia dei Fisiocritici

2 “[l'Accademia]... pensò di sottoporre agli occhi del Pubblico quelle fatiche, che d'anno in anno avesse intraprese, insieme coll'osservazioni, esperimenti, e scoperte fatte dagl'Accademici, ingegnandosi di contribuire dal canto suo al comune universale vantaggio, imitando lodevolmente quelle famosissime Accademie, ch'hanno con tanto zelo e fortuna quello, che dalle umane cognizioni può derivare, o discoperto, o perfezionato...”

Antonietta

Pur lavorando in Biblioteca da pochi mesi e con orario limitato (3 ore a settimana), devo dire di sentirmi ben inserita: ciascuno di noi mette a disposizione la propria professionalità ed esperienza per essere utile alla crescita della struttura. In questo periodo ho da svolgere un compito particolare, quello di rispondere alle richieste degli studiosi circa la disponibilità o meno di libri e di articoli. Non ho ancora dimenticato l'entusiasmo e la preoccupazione con cui ho affrontato la prima richiesta che ho ricevuto. Si trattava di ricercare un testo antico per un professore americano e mi sembrava di non sapere dove mettere le mani. Come novizia mi sentivo ancora "ospite" della struttura, poi non conoscevo pienamente la disposizione delle monografie e delle riviste, infine avevo la preoccupazione di sciupare accidentalmente il testo. Ho chiamato le colleghe più esperte nella speranza di sentirmi dire "ci pensiamo noi", ma da loro ho avuto solo un "fai pure". Queste parole, comunque, sono state una benedizione perché mi hanno dato coraggio: ho trovato quindi quanto richiesto, l'ho inviato al professore ed ho ricevuto i ringraziamenti. La mia presenza era stata utile e potevo "partire" nel mio lavoro!

Mi capita spesso di imbattemi in articoli particolarmente interessanti. Un esempio è fornito da quello del dott. Giovanni Petella, relativo al confronto tra l'identità di Pietro Spano, medico in Siena e poi Papa, con quella del filosofo Pietro Spano citato da Dante. Ho così apprezzato l'aspetto formativo indotto dall'attività svolta: gioco forza siamo portati a imparare sempre qualcosa di nuovo.

Mi sono occupata anche della digitalizzazione di una raccolta (disegni, ritagli di giornale e stampe), di argomento zoologico e botanico, donata alla Biblioteca (insieme a numerosi testi di botanica, chimica e geografia) dal Prof. Benacchio; lo scopo era quello di renderla fruibile sulla pagina Web. Merita ricordare che il prof. Benacchio (Udine 26 agosto 1913 – Siena 26 luglio 1945) è stato insegnante di Scienze Naturali in vari Istituti

Tecnici, membro della Società Botanica Italiana e, dal 1944, Assistente volontario presso l'Università di Siena. E' stato bellissimo notare la cura (e la pazienza) che il professore ha dedicato alla compilazione di schede dove le annotazioni sono accompagnate da immagini (insetti, farfalle, serpenti, ecc.) ritagliate da libri o giornali e da disegni originali. Ne sono rimasta così impressionata da non potermi limitare alla mera scannerizzazione del materiale; la curiosità mi ha spinto, infatti, a ricercare su Internet maggiori informazioni su quegli animali e vegetali che mi avevano colpito di più. Di recente mi trovavo sulla sponda del Lago di Bolsena. Ero seduta e accanto a me, sopra un palo di legno, c'era un coleottero del tutto particolare (Fig. 8). Fino a poco tempo fa mi sarei alzata gridando spaventata: oddio cosa è questo? Volete sapere invece quale è stata la mia reazione? Ho guardato il coleottero e l'ho ammirato con interesse naturalistico, poi l'ho fotografato per poterlo cercare nelle schede che avevo da poco finito di scannerizzare ... e l'ho trovato!!! Cosa direbbe il professor Benacchio?

Un altro lavoro svolto per la Biblioteca è stata la scannerizzazione di vecchie cartoline riguardanti i Bagni termali della Provincia di Siena. Alcuni di questi li conoscevo già, anche se in versione più moderna, ma di altri sono rimasta sorpresa perché negli anni hanno perduto la loro funzione termale per divenire abitazioni private o per essere lasciati all'incuria del tempo. Una di queste cartoline, che rappresentava un bagno di Rapolano Terme, mi ha particolarmente colpito. Era stata scritta, durante la seconda guerra mondiale, da un militare che aveva sostato un paio di giorni nella struttura in attesa di nuovi ordini dalla gerarchia militare. Era indirizzata alla mamma e nel leggerne il contenuto, che iniziava con "Cara mamma ...", mi sono venute le lacrime agli occhi. traspariva la dolcezza di un ventenne che raccontava alla mamma quanto fosse stato bravo a fare due giorni di marcia forzata senza mai mollare e quanto fosse felice di avere un giorno di riposo in una località così bella. Chissà se quel soldato è sopravvissuto alla guerra e chissà se è potuto tornare

dalla “sua mamma”.

Mi rendo conto che in questo tipo di attività non mancano le occasioni di arricchimento culturale. Continuare ad imparare sempre cose nuove, è questo che mi piace delle ore che passo in Biblioteca. Un libro non è un qualche cosa di “amorfo” da collocare in uno scaffale, un libro è vivo, è un viaggio nello spazio e nel tempo, è un’esper-

ienza insostituibile. Di alcuni libri, che ho avuto in mano, ho segnato titolo e autore nella speranza di poterli un giorno trovare in libreria e poter arricchire la mia biblioteca personale. Istruttiva è stata anche la collaborazione che ho avuto con Viola, una studentessa di Scienze Storiche e del Patrimonio Culturale (Università di Siena) che ha svolto le sue ore di tirocinio presso la Biblioteca.



Fig. 8 - Immagine del coleottero trovato sul Lago di Bolsena (sopra). La scheda naturalistica dello stesso coleottero (*Longicornia lamiae*) creata dal prof. Benacchio (sotto).

Mi ha gratificato sia l'amore che metteva nel lavoro, sia la passione che trapelava quando raccontava dei suoi studi e della Tesi di laurea che stava scrivendo.

Non mi stancherò mai di dire che l'attività da

me condotta nella Biblioteca dell'Accademia, unita allo splendido rapporto con le colleghe, non può che rappresentare un momento formativo in varie direzioni.

Grazie.

Contributi



Foto di Giovanni Bencini

Panoramica sul Deserto del Namib, un luogo da scoprire, conoscere e tutelare

Luca Lupi

Società Geografica Pontederese, Pontedera (PI)
www.danalia.it, info@danalia.it

Introduzione

Il giovane stato sud-africano della Namibia (il nome deriva da *Namib*, che nella lingua del popolo Nama significa "luogo enorme e deserto") si affaccia ampiamente sull'Oceano Atlantico ed è compreso tra i territori dell'Angola a nord, del Botswana ad est e del Sudafrica a sud. È una terra di grande fascino, capace di proporre paesaggi mozzafiato ed esperienze naturali e culturali uniche. Ebbene, fin dal mio primo viaggio in questa regione rimase dentro di me il desiderio di tornarci ancora per studiarlo in tutti i suoi aspetti e per farlo conoscere agli altri. Il senso del presente articolo è raccolto proprio in queste parole. Dato il carattere divulgativo, richiesto dalla rivista, esso è destinato in particolare ai viaggiatori desiderosi di esplorare le bellezze naturalistiche della Namibia. Merita comunque evidenziare che è in corso, da parte dello scrivente e dell'amico Sergio Crocetti, la realizzazione di una guida geologica sui siti più importanti della regione che include anche quelli del Namib; l'articolo, quindi, potrebbe essere interpretato come un'anticipazione di questa pubblicazione.

Cenni di geologia della Namibia

Dal punto di vista geologico la Namibia è caratterizzata da un basamento, costituito da rocce più antiche di 2,5 miliardi di anni fa (Precambriano), al quale seguono almeno quattro fasi orogenetiche (dall'Archeano >2500 Ma al Giurassico 145,5 Ma) ed un'intensa "fase tettonica" che ha dato origine,

a partire da 120 milioni di anni fa (Cretacico), alla frammentazione del supercontinente Gondwana e all'apertura dell'Oceano Atlantico. Da notare che, tra 65 e 23 milioni di anni fa (Paleogene), l'Africa si è separata completamente dal Gondwana diventando un continente a sé stante. Come risultato dei movimenti tettonici l'area namibiana ha subito nel tempo varie fasi di sollevamento, durante le quali si sono manifestate attività vulcaniche (legate ai margini di placca convergenti e divergenti) più o meno imponenti. Dalle carte geologiche si evince la presenza di rocce magmatiche intrusive (plutoni granitici), ipoabissali o filoniane (dicchi doleritici), rocce vulcaniche effusive (in maggioranza basalti), rocce metamorfiche (calcescisti, gneiss, anfiboliti), rocce sedimentarie (arenarie, dolomie, conglomerati) e formazioni moreniche.

In estrema sintesi si può dire che la Namibia rappresenta una "zolla" antica stabile (quindi distante dai cosiddetti margini attivi delle placche, caratterizzati da una notevole attività sismica e vulcanica), che in circa metà del suo territorio è osservabile un substrato roccioso eroso mentre nella parte rimanente è ricoperta da depositi superficiali recenti appartenenti alla "fase di sedimentazione". Relativamente agli ultimi depositi si rileva che sono ampiamente distribuiti in corrispondenza dei deserti del Kalahari e del Namib, rispettivamente ad ovest e ad est della Grande Scarpata Orientale generatasi per la frammentazione del Gondwana. Si evidenzia altresì che l'erosione piuttosto profonda, da questa subita dalla fine del Cretacico in poi, ha causato una sua migrazione verso est per cui alle spalle è rimasta la bassa pianura oggi occupata dal Deserto del Namib.

Il Deserto del Namib

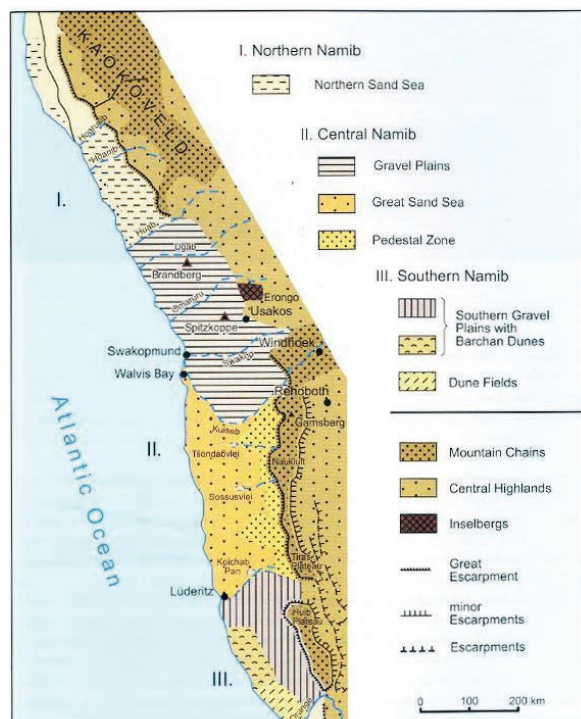
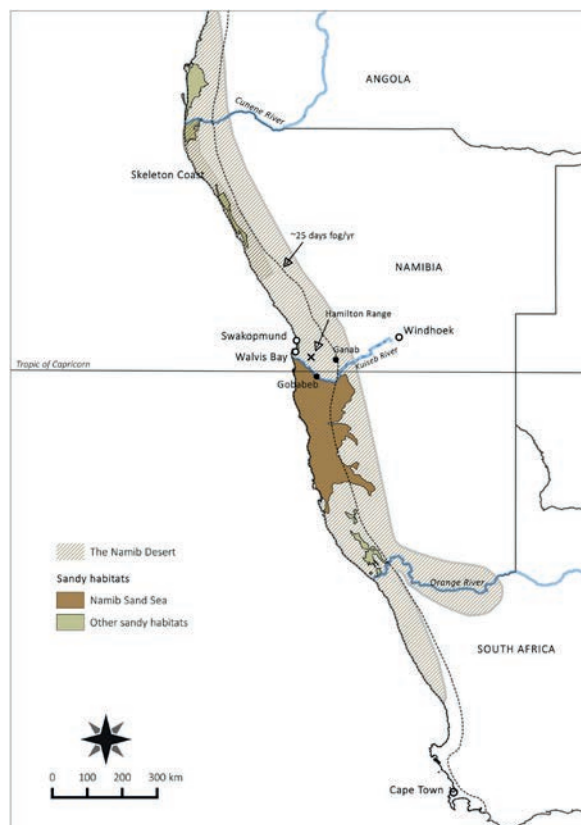
Il Namib è un deserto costiero dell’Africa sud-occidentale (Fig. 1) che, sotto forma di una striscia lunga circa 2000 Km e larga da 50 a 170 Km, si estende dalla provincia settentrionale della Repubblica Sudafricana fino ad un primo breve tratto dell’Angola; nel complesso occupa un’area di circa 80000 km². Dal punto di vista geomorfologico, Grünert (2013) suddivide il Deserto del Namib in 3 zone (Fig. 2): il *Northern Namib*, che è compreso fra il Fiume Kunene (confine con l’Angola) e il Fiume Ugab ed è inserito nello *Skeleton Coast National Park*; il *Central Namib*, che è costituito dalle pianure di ghiaia fra il Fiume Ugab e il Fiume Kuseib ed è inserito nel *Dorob National Park*; il *Southern Namib*, che è compreso tra il Fiume Kuseib e la città di Luderitz ed è inserito nel *Namib Naukluft National Park* (sede del *Namib Sand Sea*). Da rilevare che la cintura di dune isolate e le pianure di ghiaia del Namib meridionale, tra la Baia di Luderitz ed il Fiume Orange, fanno parte del *Sperrgebiet National Park and Diamond Coast Recreation Area*.

Il clima e la formazione del Namib

Dopo la frammentazione del Gondwana ed il sollevamento dei bordi continentali nell’area del Namib, non si sono verificati altri grandi eventi tettonici; il paesaggio, quindi, è stato determinato principalmente dai cosiddetti “fattori climatici”.

Negli ultimi 35 milioni di anni l’Antartide ha sempre occupato l’attuale posizione al Polo Sud, ma la massima copertura di ghiaccio è stata raggiunta solo intorno a 5 milioni di anni fa. È da questo momento in poi che la fredda Corrente del Benguela si è sviluppata nell’Oceano Atlantico meridionale, facendo prevalere nel Namib un clima decisamente arido anche se interrotto da brevi periodi semiaridi in ambito quaternario.

Il pressoché costante vento oceanico di sud-ovest, una volta raffreddato dalla Corrente del Benguela, si spinge sotto le calde masse d’aria interna (Cella



di Hadley) per cui si crea una “inversione d’aria” che impedisce la nascita delle nuvole di pioggia. La convergenza della calda Corrente dell’Angola con quella del Benguela, unita all’alta pressione subtropicale, determina una bassa umidità e quindi precipitazioni limitate. Quest’ultime variano da meno di 50 mm/anno (in media 15 mm) sulla costa (in alcune zone non piove da 20 anni) a circa 100 mm/anno intorno alla latitudine 15°S (Mohrholz *et al.*, 2004). L’unica fonte di umidità disponibile è rappresentata dalla nebbia mattutina della zona costiera. Tale nebbia, detta di “avvezione”, si forma perché l’umidità atmosferica del freddo oceano si condensa al confine dell’aria calda interna. A causa della Corrente del Benguela gli strati d’aria vicino all’acqua sono più freschi, rispetto all’aria calda soprastante, per cui si genera il fenomeno della “inversione termica” (Figg. 3, 4). Una barriera si forma tra le due masse d’aria per cui non avviene alcuno scambio; ciò significa che non c’è convezione (sollevamento dell’aria) e, quindi, nessuna formazione di nubi con precipitazioni. Con l’innalzamento della temperatura aumenta il vapore acqueo e, di conseguenza, in maniera quasi esponenziale la nebbia costiera. È sempre il vento di sud-ovest a spingere la nebbia fino a 30 chilometri o più dalla costa, dando la possibilità alle piante e agli animali di ricevere l’umidità essenziale per la vita. Nell’interno però, con l’aumento della temperatura diurna, la nebbia di solito si dissolve entro mezzogiorno. A sud prevalgono forti venti, tranne durante l’inverno, quando i cosiddetti “venti di Berg” soffiano occasionalmente da nord-est (Besler *et al.*, 2013).

Per quanto riguarda la rete idrografica, fatta

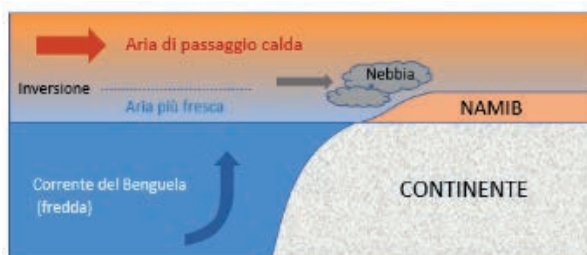


Fig. 3 - Schema semplificato dell’interazione tra la Corrente del Benguela e l’aria sovrastante, con la conseguente formazione di grandi e densi banchi di nebbia (disegno dell’autore).



Fig. 4 - La nebbia che giunge sulla costa del Deserto del Namib

eccezione per l’Orange e il Kunene i fiumi namibiani sono effimeri (Krapf *et al.* 2003) e con la maggior parte di loro che drena verso l’Atlantico. All’interno del *Namib Sand Sea* scorrono due fiumi, lo Tsondab e lo Tsauchab, a prevalente carattere sotterraneo; questa loro caratteristica trova conferma anche nella presenza, lungo la costa della Namibia (ad esempio nei pressi della Baia di Meob e nella Baia di Conception), di siti di acqua dolce ad essi collegabili. I bacini idrografici del Tsondab e del Tsauchab, relativamente piccoli nella regione della scarpata, iniziano 100–300 km a est della costa dove la piovosità media annua è di circa 300–500 mm (Jacobson *et al.*, 1995). La scarsità delle precipitazioni riduce sempre più l’attività fluviale (Stanistreet *et al.*, 2002) ed i principali eventi alluvionali sono dovuti a perturbazioni, collegate ad *El Niño*, che causano uno spostamento verso sud della zona di convergenza intertropicale e producono precipitazioni eccezionali (Shannon *et al.*, 1986). Questi fiumi, che comunque hanno tagliato nuovi canali nelle loro vecchie paleovalli, terminano nelle sabbie del Namib rispettivamente a Tsondabvlei ed a Sossusvlei (si veda più avanti). E’ dalle loro profonde incisioni che si può accedere al cuore del grande mare di sabbia.

Guidando attraverso il Namib è possibile osservare l’influenza della graduale diminuzione delle precipitazioni dall’entroterra alla costa per mezzo dell’altezza di crescita dei diversi tipi di piante (alberi>cespugli>erbe>licheni). La vegetazione è molto limitata e dipende in modo critico dalle nebbie frequenti (Eckardt *et al.*, 2013).

Il Grande Mare di Sabbia

Il *Namib Naukluft Park*, fondato nel 1907 per volere dell'amministrazione coloniale tedesca, con i suoi quasi 50000 km² si colloca al quarto posto tra le più grandi riserve naturali dell'Africa e del mondo. I suoi attuali confini, fissati nel 1978, derivano dall'unione delle aree naturali protette del *Namib Desert Park* e del *Naukluft Mountain Zebra Park* con la regione diamantifera denominata *Diamond Area I* e con altre porzioni del territorio circostante. Viene a comprendere così una vasta porzione del Deserto del Namib e parte dei Monti Naukluft. Da notare, ancora, che il suo confine orientale è approssimato dalla grande scarpata. L'attrazione principale del parco è senza dubbio il *Namib Sand Sea* o *Great Sand Sea* (Grande Mare di Sabbia), che si estende da nord a sud attraverso l'intera riserva naturale (Fig. 5).

Il *Namib Sand Sea* è un "Erg" (un'area desertica costituita da sabbie disposte a dune) e più precisamente un sistema di due "mari di dune", uno sopra l'altro: quello più vecchio (Deserto di Tsondab) ha circa 21 milioni di anni (Miocene, si veda anche in Lancaster, 1982) mentre quello più giovane (Deserto del Namib), che lo ricopre, è attivo da circa 5 milioni di anni (ma in continua formazione da circa 2 milioni di anni) cioè da quando l'area ha avuto condizioni climatiche simili a quelle odierne, a parte brevi periodi occasionali di maggiore umidità. Da notare che il primo deserto è documentato attraverso due formazioni geologiche ben visibili in affioramento nel Canyon di Sesriem: il Conglomerato di Karpencliff e le Arenarie di Tsondab, facenti parte del *Namib Group*.

A questo punto sembra lecito domandarsi da dove arrivino le sabbie del Namib e come si siano formate. Per comprenderne la provenienza sono state effettuate delle analisi sedimentologiche e queste hanno rivelato che esiste una stretta somiglianza compositiva con la sabbia trasportata dal Fiume Orange. Ma vediamo meglio. La sorgente più alta dell'Orange si trova sulle montagne Drakensberg (Sud Africa centro-orientale), a circa 200 km dall'Oceano Indiano ed a oltre 3000 m



Fig. 5 - Immagine da satellite dell'area centro-meridionale del Deserto del Namib, con evidenziato in giallo i confini del *Namib Naukluft Park*. All'interno di quest'ultimo è riconoscibile la grande distesa di sabbie rossastre che costituisce il *Namib Sand Sea* (Borders of the Namib-Naukluft National Park and Namib Rand private nature reserve, NASA, modified by Harald Süpfle).

d'altitudine; in seguito, il fiume raccoglie l'acqua di molti altri affluenti per poi sfociare nell'Oceano Atlantico pochi chilometri a sud del *Namib Sand Sea*. Nella parte iniziale del suo corso costituisce un confine naturale fra Sud Africa e Lesotho, nella parte finale tra Sud Africa e Namibia. L'Orange erode prima le formazioni basaltiche del Drakensberg e poi tutte le serie sedimentarie del *Karoo Supergroup*, trasportando il materiale risultante per circa 3000 Km fino alla costa (Fig. 6). La sabbia che vi giunge è bagnata dalle onde oceaniche e trascinata verso nord dalla vigorosa Corrente del Benguela. L'apporto di sabbia, che entra nel *Namib Sand Sea*, è stimato in circa 400000 m³/a (Lancaster, 1989) per cui si può affermare che la principale fonte di sabbia per tale deserto è da considerarsi questo fiume. A sostegno di questa ipotesi può essere portata la composizione "femica" (ricca di ferro e magnesio, comune di detriti vulcanici e delle serie ricche di

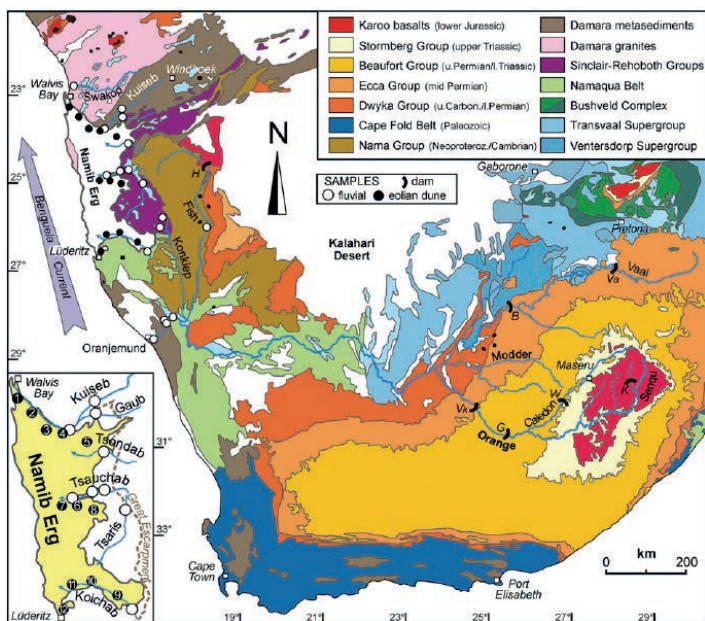
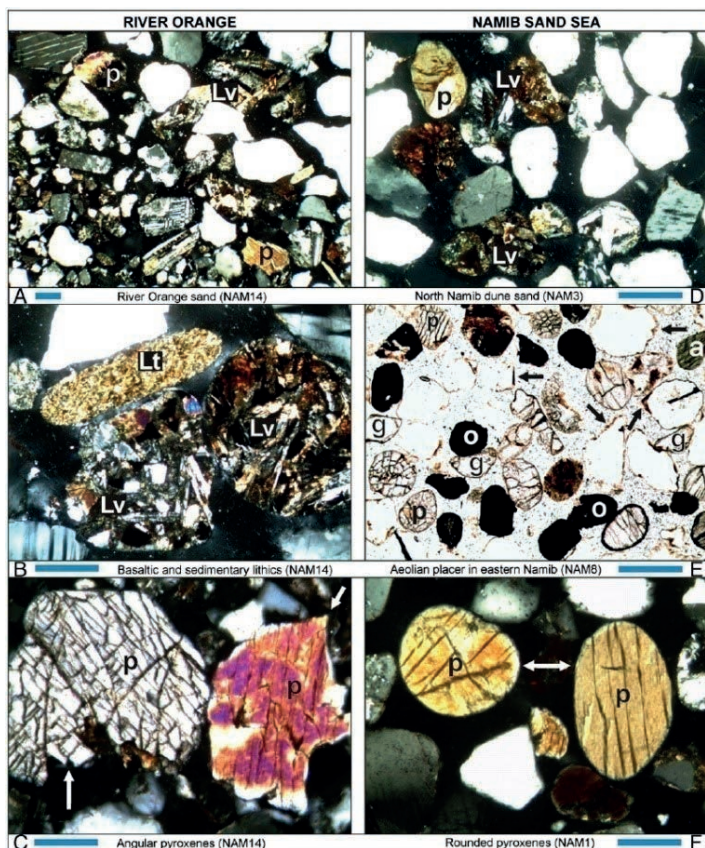


Fig. 6 - Schizzo geologico di Namibia, Sud Africa e Lesotho (compilato dopo Schlüter, 2006, e altri). Il riquadro mostra la posizione della duna eoliana studiata e dei campioni fluviali attorno all'Erg del Namib. Sono inoltre indicate le principali dighe: B = Bloemhof, G = Gariep, H = Hardap, K = Katse, Va = Vaal, Vk = Vanderkloof, W = Welbedacht, (Garzanti *et al.*, 2012).



clinopirosseni con epidoto e anfibolo minori) che caratterizza il “trasportato” del fiume e non quello di altri fiumi, nonché le dune costiere del Namib (Fig. 7). Dalla geologia dell’area si può dedurre che questo sistema del Fiume Orange, col trasporto dei sedimenti erosi verso ovest, esiste sin dal Cretaceo Inferiore (dai 145,5 ai 99,6 milioni di anni fa circa). Nell’Eocene (dai 55 ai 33,9 milioni di anni fa circa), quando il livello del mare era molto più alto (fino a 170 m al di sopra dell’attuale) le correnti marine depositarono sedimenti sul substrato roccioso del Namib fino a 30 km nell’entroterra. Poi, durante l’Oligocene (dai 33,9 ai 23,03 milioni di anni fa circa) l’abbassamento del mare di 120 m rispetto all’attuale lasciò esposte vaste aree della piattaforma continentale a nord e anche il delta del fiume. Ne conseguì che i sedimenti del Cretaceo e del Cenozoico (inizia 65,5 milioni di anni fa) ivi depositi, furono asportati per lunghi periodi dai forti venti meridionali, divenendo enormi fonti di sabbia per i due “mari” centrali del Namib (il Deserto di Tsondeb e il Deserto del Namib).

Fig. 7 - Confronto tra le sabbie fluviali del Fiume Orange e le sabbie eoliche del Namib. La sabbia dell’Orange (A, B, C) contiene particelle erose dai basalti di Drakensberg (litici vulcanici-Lv e clinopirosseno angolare-p) e dalle rocce sedimentarie del Karoo (siltite-Lt). Le dune del Namib (D, E, F) hanno una composizione simile. I minerali pesanti (o = ossido opaco di Fe – Ti – Cr; g = granato), localmente concentrati in depositi di materiale grossolano ripulito dalla porzione fine da processi eolici, fluviali e di marea (le frecce nere in D indicano i rivestimenti di ossido di Fe), sono marcatamente arrotondati dall’azione del vento (frecce bianche) (Garzanti *et al.*, 2012).

Caratteristiche geomorfologiche delle dune

Le principali direzioni del vento sono da sud lungo la costa e da sud-ovest nell'entroterra. Il movimento complessivo della sabbia è di conseguenza verso nord e nord-est. La maggiore velocità di movimento è lungo la costa, dove il vento da sud soffia piuttosto forte quasi tutti i pomeriggi e le sere. Quindi la sabbia non viene trasportata nell'interno dal mare che la deposita sulla costa, ma principalmente portata dalla forza del vento (si accumula nel *Namib Sand Sea* per circa 34000 km²). Il Grande Mare di Sabbia del Namib contiene dune, dalla forma più varia (Fig. 8), che cambiano in senso orizzontale spostandosi dall'oceano verso l'interno. Lungo alcuni punti della costa prevalgono le dune a barcana o a ferro di cavallo (la loro conformazione è determinata da eventi che agiscono sulle estremità più che sulla parte intermedia); nell'immediata zona costiera sono diffuse le dune trasversali (si estendono fino a 30 km nell'entroterra con il loro asse maggiore disposto perpendicolarmente alla direzione del vento principale; Fig. 9); nella parte centrale del deserto, fino a circa 90 km dalla costa, si rinvengono anche le dune longitudinali o lineari (il loro andamento è allineato con venti prevalenti da sud); all'estremità orientale del deserto, fino a 120 km di distanza dalla costa, si ritrovano infine le dune a stella (sono formate da venti provenienti da diverse direzioni per cui si presentano come piramidi di sabbia dotati di simmetria radiale e con tre o più lati che si dipartono dalla loro parte alta (Fig.10). Merita ricordare ancora che le dune longitudinali sono più giovani delle grandi dune a stella in quanto sono fatte risalire rispettivamente a 5000-7000 anni fa ed a 10000-43000 anni fa (Bristow, 2007; Garzanti *et al.*, 2012; Livingstone, 2013).

Osservazioni sul campo, comparate a quelle da aereo e da satellite, hanno permesso di cartografare (si veda in Livingstone, 2013) esattamente le aree del *Namib Sand Sea* dove si concentrano le differenti tipologie di dune (Figg. 5, 11).

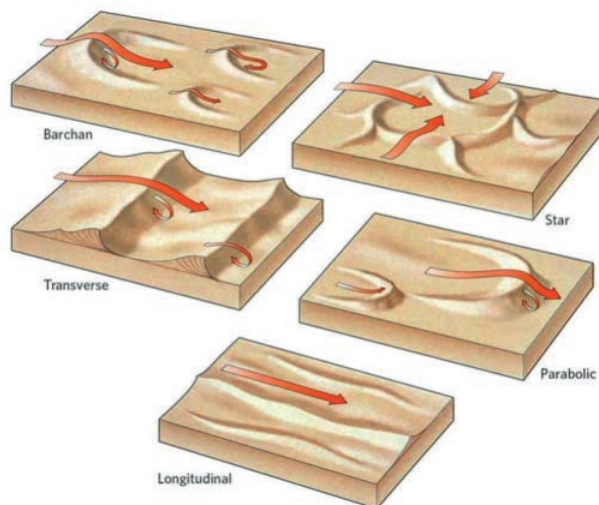


Fig. 8 - Le più comuni forme che si riscontrano nelle dune eoliche (vedi testo).



Fig. 9 - Dune trasversali nei pressi della linea di costa della Namibia



Fig.10 - Le alte dune a stella di Sossusvlei.

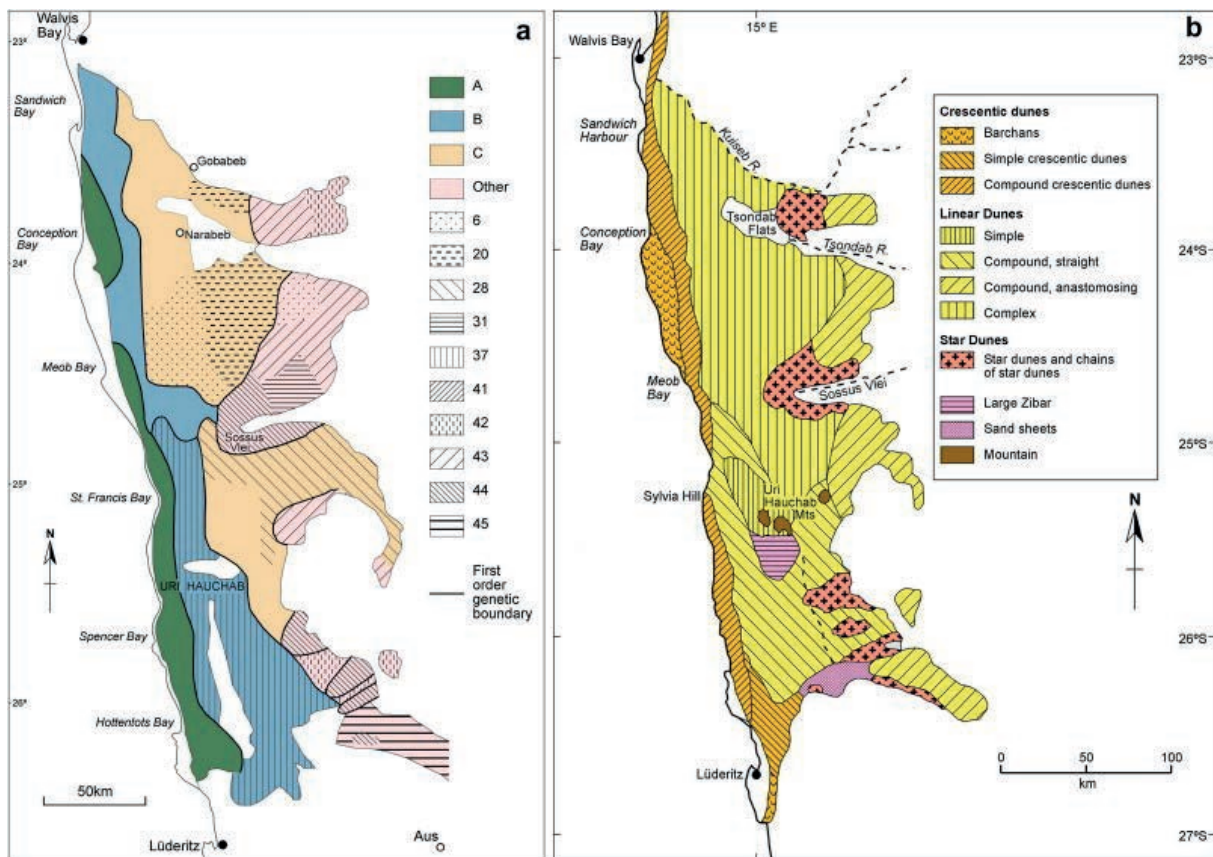


Fig. 11 - Carta del Namib Sand Sea riportante la distribuzione delle varie tipologie di dune eoliche (da Livingstone, 2013). Sul lato destro si possono notare le aperture nel mare di sabbia dovute ai fiumi effimeri Tsondab e Tsauhab.

Abbiamo visto che dal punto di vista composizionale la sabbia delle dune è sempre costituita per il 90-95% da quarzo e per il 5-10% da mica, feldspati, granati e magnetite. Le dune, però, hanno una colorazione che varia dal giallo-grigio (parte occidentale del Namib Sand Sea) al rosso (parte orientale). Certamente la colorazione rossa è dovuta all'ossidazione delle particelle di ferro presenti nella sabbia (Fig.12). In altre parole, i granuli di quarzo sono avvolti da patine di ossidi ed idrossidi di Fe derivanti da una intensa attività atmosferica e dal riciclo sedimentario della sab-

bia. Poiché l'ossidazione aumenta col passare del tempo, le dune più antiche sono quelle dal colore più intenso (soprattutto quelle di Sossusvlei, si veda più avanti). A incidere sull'ossidazione, comunque, è anche il cambio di forma delle dune (trasversali, lineari, a stella). Nelle aree interne del Namib Sand Sea parte della sabbia, che va a costituire le dune, proviene dall'erosione delle antiche (quindi già rosse perché ossidate) Arenarie di Tsondab sottostanti. Da ricordare, ancora, che alcune dune più alte ospitano depositi di magnetite¹; tali depositi si presentano sulla sabbia come

1 La magnetite ($Fe^2+Fe^3+2O_4$), appartenente al gruppo dello spinello, è il minerale ferroso con il più alto tenore di ferro (72,5%) utilizzabile industrialmente. È inoltre il minerale con le più intense "proprietà magnetiche" esistente in natura. La magnetite si forma quando l'idrossido di ferro $Fe(OH)_2$ si ossida in presenza di acqua. Rappresenta il principale minerale accessorio delle rocce basaltiche (soprattutto quelle appartenenti alle serie tholeitiche) ed è comune anche nelle rocce metamorfiche di derivazione magmatica o vulcano-sedimentaria basica (es. nelle rocce delle sequenze ofiolitiche). Localmente può essere un minerale fortemente rappresentato anche in rocce di genesi pneumatolitica e in skarn. È anche un prodotto secondario della trasformazione dei



Fig. 12 - Dune di Sossusvlei dalla intensa colorazione rossastra..

“pennellate” di colore scuro, allineate e parallele (questa loro configurazione è dovuta all’azione del vento che separa le particelle di diverso peso e le concentra in alcune aree piuttosto che in altre).

Sossusvlei, luogo magico

Questa area, posta quasi al centro della porzione orientale del *Namib Sand Sea*, costituisce uno dei tesori naturali più impressionanti della Namibia, tanto che il 21 giugno del 2013 è stata dichiarata dall’UNESCO Patrimonio dell’Umanità. La parola Sossusvlei nasce dai termini in lingua Nama “Sussu” = fiume cieco senza ritorno e “Vlei” = pantano, acquitrino. E in effetti, come vedremo di seguito, il Sossusvlei è fortemente legato al Fiume Tsauchab ed alle sue inondazioni. Il Tsauchab, che ha una lunghezza approssimativa di 150 km ed un bacino idrografico (secondo Villers *et al.*, 1964 comprende rocce molto antiche - dal Neoproterozoico al Cambriano - quali

quarziti, scisti, calcari, porfidi, graniti e gneiss) relativamente piccolo (circa 4000 km²), drena in gran parte le acque dei Monti Naukluft. Fino al tardo Pleistocene (12000 anni fa) esso raggiungeva l’Atlantico mentre oggi, anche per le scarse precipitazioni, perde le sue acque tra le dune di Sossusvlei (Fig.13). Più in particolare, il fiume si raccoglie negli strati porosi e fratturati delle sottostanti Arenarie di Tsondeb e si incanala lungo i suoi vecchi corsi attraversando un’ampia pianura di deflazione (il vento asporta i detriti presenti fra i ciottoli o i blocchi di roccia e nelle fessure degli affioramenti rocciosi); per circa 40 km, poi, penetra in profondità nel fianco orientale del mare sabbioso fino a tornare in superficie nella zona di Sossusvlei. Talvolta le acque continuano a scorrere sotto le dune fino alla costa, emergendovi come sorgenti di acqua dolce. Le superfici di drenaggio, alcune delle quali includono sottili strati di fango e occasionali sottili lastre di sabbia eolica, si trovano nel punto di ingresso delle dune lungo l’avvallamento fluviale. Il materiale trasportato dal

silicati di magnesio e di ferro. La magnetite è il più antico materiale magnetico conosciuto: era infatti già noto agli antichi Greci e prende appunto il nome dalla città di *Magnesia ad Sipylum*, nei pressi del monte Sipilo, dove si trovava in grandi quantità. Il termine "magnetismo" deriva quindi dal nome del minerale, non viceversa. La magnetite è un materiale ferromagnetico.



Fig. 13 - Immagine da satellite di Sossusvlei in cui è visibile il Fiume Tsauchab che termina la sua corsa. E' proprio intorno a quest'ultimo suo tratto esterno che si possono notare numerose dune a stella (contains modified Copernicus Sentinel data 2019, processed by ESA, CC BY-SA 3.0 IGO).

fiume è sostanzialmente costituito da fango, limo, sabbia e ghiaia fine: quello più grossolano rimane nei canali del fiume, mentre quello più minuto si deposita in sottili strati lungo il suo *thalweg* (segna la direzione naturale di un corso d'acqua) durante le fasi calanti delle inondazioni occasionali.

A caratterizzare il paesaggio di Sossusvlei sono senza dubbio le alte (altezza relativa media di circa 375 metri sopra il Fiume Tsauchab e un dislivello di circa 225 metri dalle valli vicine) dune a stella dai colori rossastri piuttosto intensi (Fig. 10). Come accennato in precedenza, al di sotto di queste dune se ne rinvengono altre (Arenaria di Tsondab) che testimoniano la presenza di un deserto nel Namib (Fig. 14) risalente a più di



Fig. 14 - Dune fossili (Arenarie di Tsondab), con letti incrociati, collocate alla base delle dune recenti di Sossusvlei.

20 milioni di anni fa. Le occasionali montagnette isolate ("inselberg"), che sorgono dai campi di dune vicino a Sossusvlei, consentono di appurare invece che sotto le dune recenti ed antiche si nascondono le rocce arcaiche della Namibia sud-occidentale (Basamento Precambriano della sequenza di Sinclair).

In contrasto con i campi di dune molto mobili del Namib occidentale (ad esempio Luderitz meridionale), le dune di Sossusvlei si muovono solo sulla cresta. Il vento, che sposta i granelli di sabbia, li fa risalire su per il fianco della duna spingendoli oltre la sommità; successivamente essi si depositano per gravità, facendo avanzare la duna nella stessa direzione del vento (Fig. 15, 16). È verosimile, quindi, ritenere che tra migliaia di anni queste imponenti dune si ergeranno ancora sulle pianure di Sossusvlei.

Tra le dune più significative di Sossusvlei, peraltro molto frequentate anche dai turisti, si ricordano le seguenti:

- la Duna 45. E' stata chiamata così perché si trova al 45° chilometro della strada che conduce da Sesriem a Sossusvlei (Fig. 17). Questa sua collocazione fa sì che essa rappresenti una tappa obbligata degli itinerari turistici e che venga considerata informalmente "la duna più fotografata del mondo". Si tratta di una duna,

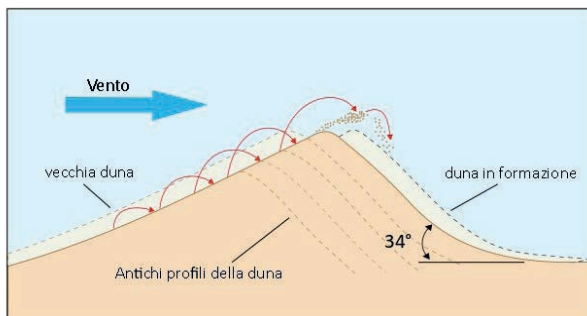


Fig. 15 - Schema di avanzamento delle dune di Sossusvlei.

dalla forma semplice ed elegante, alta 105 m rispetto all'altopiano circostante (dato il profilo relativamente poco ripido può essere scalata);

- la Big Daddy. E' da considerarsi la più alta duna di Sossusvlei e del mondo, dato che raggiunge i 390 m circa (trattandosi di una duna di sabbia, la sua altezza è variabile);
- la Big Mama. Posizionata di fronte alla precedente, mostra anch'essa un carattere di imponenza;
- la Duna 9. Tra le dune di Sossusvlei, che superano i 300 m di altezza, questa si distingue per i suoi 350 m circa.

Altro aspetto significativo del paesaggio di Sossusvlei è quello dei "Vlei: singolari bacini alluvionali di varie dimensioni, altezze ed età, con il fondo ricoperti da sedimenti argillosi e calcarei (Fig. 18).

Il Fiume Tsauchab, secco per gran parte



Fig. 17 - La Duna 45 costituisce una tappa fondamentale per chi giunge a visitare l'area di Sossusvlei.



Fig. 16 - Il movimento sulla cresta delle dune.

dell'anno, si riempie d'acqua solo in occasione di piogge particolarmente intense. Le alluvioni che ne derivano sono quindi di tipo temporaneo e non si verificano tutti gli anni. Le sue acque spariscono rapidamente nelle sabbie, dopo la stagione delle piogge, mentre sul fondo dei Vlei si depositano i fanghi argillosi ed i limi giallo-grigi e calcarei (provenienti dall'erosione sia delle rocce carbonatiche dei monti Naukluft e Tzaris, sia del *calcrete* locale). Dopo il completo asciugamento della conca rimane, sul fondo, un sedimento fangoso, finissimo, quasi impalpabile (Fig. 19); quando tale sedimento inizia ad essiccarsi, si contrae per cui si crepa (*mud cracks*). Con il progredire dell'essiccamento, si produce un "arricciamento" nella crosta fratturata perché la parte superiore di questa si restringe, mentre quella sottostante (più molle) rimane della stessa dimensione; intanto le singole crepe si espandono e si uniscono, formando un mosaico di forme poligonali. Una volta consolidato, il deposito assume una colorazione



Fig. 18 - Veduta aerea dell'area di Sossusvlei dove il Tsauchab termina la sua corsa (in basso al centro). Dei due Vlei osservabili in alto, quello a destra è il Deadvlei (Foto Olga Ernst, 2017).



Fig. 19 - Crepe superficiali nelle argille bianche (*mud cracks*) deposte sul fondo dei Vlei. Tali crepe individuano, nello strato argilloso essiccato, porzioni dalla tipica struttura concava.

biancastra. I Vlei sono separati, l'uno dall'altro, da piccole “catene” di dune. Spesso il Tsauchab si divide in vari rami proprio perché non è in grado di sfondare le barriere dunali ammassate durante la stagione delle piogge. Alcuni Vlei sono circondati da ammassi di sabbia così imponenti da impedire l'afflusso d'acqua; per questo motivo sono destinati ad insabbiarsi sempre più. Un deserto che guadagna terreno fa pensare che, ad ovest di Sossusvlei, possano trovarsi sepolti i depositi argillosi e calcarei che hanno già perso la lotta contro la sabbia.

Tra i Vlei creati dal Tsauchab due costituiscono le attrattive principali: il Sossusvlei (che dà il nome a tutta l'area) e il più grande Deadvlei.

IL SOSSUSVLEI

È un lago terminale del Tsauchab (modellato dalle sue acque attraverso i millenni), quasi sempre asciutto e di forma grosso modo ellittica (Fig.20). Nelle stagioni delle piogge il fiume rompe la cintura di sabbia e si riversa nella cavità del Vlei; le acque vi ristagnano, per un periodo più o meno breve, finché spariscono nelle sabbie piano piano. Facendo riferimento agli ultimi 40 anni, il fenomeno è stato osservato diverse volte (nel 1986, 1987, 1989, 1997, 2000, 2006, 2022) ma con intensità diversa (nel 1997 si è verificata la più grande esondazione in assoluto, la quale ha dato vita ad un vero e proprio lago con acque profonde fino a 2 m; nel 2006 ci furono danni alle



Fig. 20 - L'immagine è riferita alla fase di allagamento del bacino di Sossusvlei durante la stagione delle piogge del 2006 (Foto Falense).

strutture a Sesriem, ma solo alcuni Vlei furono inondati).

IL DEADVLEI

Detto anche “Dead Vlei” (cioè Vlei morto), è costituito da una depressione di forma ovale dal fondo ricoperto uniformemente di fine argilla bianca (Figg. 18, 21). Esso si trova a sud - sudest di Sossusvlei (circa 2 km di strada da questo) e rappresenta, analogamente agli altri Vlei vicini, un antico lago terminale del Tsauchab; ormai è totalmente isolato dalla cintura di dune per cui le acque del fiume non possono più rientrare nella conca. I sedimenti del Deadvlei, che ha dimensioni decisamente maggiori rispetto al Sossusvlei, sono stati depositi tra 900 e 300 anni fa durante un



Fig. 21 - Come si presenta, giungendo da sud, il Deadvlei all'interno dell'anfiteatro di dune. Oltre alla singolare geologia colpisce anche la presenza di tre colori nettamente contrastanti: il blu intenso del cielo, il rosso delle dune e il bianco delle argille.



Fig. 22 - L'interno bianco e pianeggiante della conca di Deadvlei con i resti carbonizzati di *Acacia erioloba*.

periodo di maggiore attività fluviale (Brook *et al.*, 2006). La presenza di acqua ha permesso, nel tempo, la crescita di numerosi alberi di *Acacia erioloba* (chiamata anche Camelthorn, che significa “spina del cammello”). Quando il clima è cambiato, la siccità ha colpito l'area per cui le dune di sabbia l'hanno invasa bloccando il passaggio del fiume. Di conseguenza, gli alberi non hanno più avuto acqua a sufficienza per sopravvivere e sono morti. Si ritiene che ciò sia avvenuto 600-700 anni fa (ca. 1340-1430) e che i loro secchi resti (per questo non si decompongono) siano divenuti neri perché bruciati dagli intensi raggi solari (Fig. 22). La fila di alberi verdi di Camelthorn, che si può osservare lungo l'ampia valle del Tsauchab non può non legarsi alla presenza di acqua nel sottosuolo. La morte di numerosi alberi, che si può osservare nell'area, dimostra quindi che in tempi più recenti si è avuto un calo generale del livello delle acque sotterranee non tanto dovuto alle scarse piogge, quanto alla sempre maggiore utilizzazione dell'acqua ai fini agricoli. A comprova di ciò si ricorda che nel 1997 e nel 2000 le stagioni delle piogge furono particolarmente intense ma la mancanza dell'acqua si fece ancora sentire.

Un'altra evidenza del complesso sistema idrogeologico dell'area è rappresentata dalla presenza di *Acanthosicyos horridus*, una pianta longeva



Fig. 23 - All'alba e al tramonto le sabbie di Sossusvlei assumono colorazioni più accese. Gli Orici sono tra i frequentatori abituali di queste dune colorate (foto Sergio Crocetti).

che i locali chiamano “Nara” e che spesso attira l'attenzione per i frutti simili a piccoli cocomeri spinosi. Questa cucurbitacea, che si è adattata a vivere nell'estremo clima arido del Deserto del Namib (oltre a sfruttare l'umidità superficiale del mattino, si è dotata di spesse radici che, raggiungendo i 30 m di profondità, vanno ad intercettare le acque sotterranee della falda profonda), si trova in prossimità dei corsi d'acqua effimeri e nelle aree sabbiose stabili prive di dune mobili.

Dopo avere elencato brevemente le caratteristiche geologiche e geomorfologiche del fantastico Namib, vale la pena ricordare che esso non è soltanto un deserto ma anche un'area che può sorprendentemente presentare numerose forme di vita animale. Un esempio è fornito dai molti tipi di gazzelle, compresi i bellissimi Orici (*Oryx gazella*, Linnaeus, 1758) (Fig. 23), che si sono adattati ad un ambiente ampiamente ritenuto inospitale. Spero che il lettore dell'articolo percepisca ciò che si può provare a vedere “dal vivo” le bellezze offerte dal Deserto del Namib, bellezze non solo geologiche e naturalistiche ma anche “cariche” di emozione.

Bibliografia

- Besler H., Lancaster N., Bristow C., Hensche I J., Livingstone I., Seely M. & White K. (2013) - *Helga's dune: 40 years of dune dynamics in the Namib desert*. Geografiska Annaler. Series A, Physical Geography, 95(4): 361-368.
- Besler H. (1970) - *Geomorphologie der Wüste*. Namib und Meer, Swakopmund, 1: 59-67.
- Besler H. (1972) - *Geomorphologie der Dunen*. Namib und Meer, Swakopmund, 3: 25-35.
- Bristow C., Duller G. & Lancaster N. (2007) - *Age and dynamics of linear dunes in the Namib Desert*. Geology, 35: 555-558.
- Brook G. A., Srivastava P. & Marais E. (2006) - *Characteristics and OSL minimum ages of relict fluvial deposits near Sossusvlei, Tsauchab River, Namibia, and a regional climate record for the last 30ka*, - Journal of Quaternary Science, 21(4): 347-362.
- Eckardt F.D., Soderberg K., Coop L.J., Muller A.A., Vickery K.J., Grandin R.D., Jack C., Kapalanga T.S. & Henschel J. (2013) - *The nature of moisture at Gobabeb, in the central Namib Desert*. Journal of Arid Environments, 93: 7-19.
- Feder A., Zimmermann R., Stollhofen H., Caracciolo L., Garzanti E. & Andreani L. (2018) - *Fluvial-aeolian sedimentary facies, Sossusvlei, Namib Desert*. Journal of Maps, 14(2): 630-643.
- Foster D.A. & Goscombe B.D. (2013) - *Continental Growth and Recycling in Convergent Orogens with Large Turbidite Fans on Oceanic Crust*. Geosciences, 3(3): 354-388.
- Jacobson P. J., Jacobson K. M. & Seely, M. K. (1995) - *Ephemeral rivers and their catchments: Sustaining people and development in western Namibia*. Windhoek: Desert Research Foundation of Namibia.
- Garzanti E., Vermeesch P., Andò S., Boni M., Lustrino M. & Vezzoli G. (2012) - *From Lesotho basaltic highlands to the Namib Sand Sea: long-distance transport and compositional variability in the wind-displaced Orange Delta*. Geophysical Research Abstracts, 14, EGU General Assembly 2012.
- Goscombe B., Gray D.R. & Hand M. (2004) - *Variation in metamorphic style along the northern margin of the Damara Orogen, Namibia*. J. Pet., 45: 1261-1295.
- Goudie A.S. (2021) - *Aeolian processes and landforms*, Geological Society, London, Memoirs, 58: 299 - 312.
- Gray D. R., Foster D. A., Meert J. G., Goscombe B. D., Armstrong R., Trouw R. A. J. & Passchier C. W. (2008) - *A Damara orogen perspective on the assembly of southwestern Gondwana*. Geological Society, London, Special Publications, 294(1): 257-278.
- Grünert N. (2013) - *Namibia. Fascination of Geology*. Klaus Hess Publishers, Göttingen/Windhoek.
- Hamukuaya H. & Willemsse N. (2013) - *Science to governance in the Benguela current large marine ecosystem*. Stress, Sustainability, and Development of Large Marine Ecosystems During Climate Change: Policy and Implementation, 18: 129-146.
- Hawkesworth C. J., Kramers J. D. & Miller R. M. (1981) - *Old model Nd ages in Namibian Pan-African rocks*. Nature, 289(5795): 278-282.
- Kaiser K. (1973) - *Beiträge zur Geomorphologie der Namib-Küstenwüste: Begleitwortezueiner: Skizze ihrer geomorphologischen Landschaftseinheiten*. Zeitschrift für Geomorphologie, Neue Folge, Supplement Geomorph. N. F. 17: 156-167., Leipzig.
- Krapf C., Stollhofen H. & Stanistreet I. (2003) - *Contrasting styles of ephemeral river systems and their interaction with dunes of Skeleton Coast Erg (Namibia)*. Quaternary International, 104: 41-52.
- Lancaster N. (1982 a) - *Dunes on the skeleton coast, Namibia (South West Africa): Geomorphology and grain size relationships*. Earth Surf. Process. Landforms, 7: 575-587.
- Lancaster N. (1982 b) - *Linear dunes*. Progress in Physical Geography: Earth and Environment, 6(4): 475-504.
- Lancaster N. (1989) - *Then Namib Sand Sea: Dune forms, processes and sediments*. Rotterdam, Balkema.
- Lancaster N. (2002) - *How dry was dry? Late Pleistocene palaeoclimates in the Namib Desert*. Quaternary Science Reviews. 21 (7): 769- 782.
- Longridge L., Gibson R.L., Kinnaird J.A. & Armstrong R.A. (2011) - *Constraining the timing of deformation in the southwestern Central Zone of the Damara Belt, Namibia*. Geol. Soc. Lond. Spec. Publ., 357: 107-135.
- Livingstone I. (2013) - *Aeolian geomorphology of the Namib Sand Sea*. Journal of Arid Environments, 93: 30-39.
- Mc Dermott F., Harri N.B.W. & Hawkesworth C.J. (2000) - *Geochemical constraints on the petrogenesis of Pan-African A-type granites in the Damara Belt, Namibia*. Commun. Geol. Surv. Namib., 12: 139-148.
- Mitchell D., Henschel J., Hetem R., Wassenaar T.D., Strauss W.M., Hanrahan S. & Seely M., (2020) - *Fog and fauna of the Namib Desert: past and future*. Ecosphere, 11. 10.1002/ecs2.2996.

- Miller R. Mc L. (1983) - *The Pan-African Damaraorogen of South West Namibia/Africa*. Geol. Soc. S. Afr. Spec. Publ., 11: 431-515.
- Mohrholz V., Schmidt M., Lutjeharms J. & John H.-Ch. (2001) - *The hydrography and dynamics of the Angola-Benguela Frontal Zone and environment in April 1999*. South African Journal of Science, 97: 199-208.
- Mohrholz V., Schmidt M., Lutjeharms J. & John H.-Ch. (2004) - *Space-time behaviour of the Angola Benguela Frontal Zone during the Benguela Niño of April 1999*. International Journal of Remote Sensing.
- Muhs D.R. (2004) - *Mineralogical maturity in dunefields of North America, Africa and Australia*, Geomorphology, 59 (1-4): 247-269.
- Prave A.R. (1996) - *Tale of three cratons: Tectostratigraphic anatomy of the DamaraOrogen in northwestern Namibia and the assembly of Gondwana*. Geology, 24: 1115-1118.
- Stanistreet I.G. & Stollhofen H. (2002) - *Hoanib River flood deposits of Namib Desert inter dunes as analogues for thin permeability barrier mudstone layers in aeolianite reservoirs*. Sedimentology, 49: 719-736.
- Shannon L.V., Boyd A.J., Brundrit G.B. & Taunton-Clark J. (1986) - *On the existence of an El Nino-type phenomenon in the Benguela system*. Journal of Marine Research, 44: 495-520.
- White K., Walden J., Drake N., Eckardt F. & Settlell J. (1997) - *Mapping the iron oxide content of dune sands, Namib Sand Sea, Namibia, using landsat thematic mapper data*. Remote Sensing of Enviroment, 2:30-39.
- Villers J.D., Wiid B.L., Kleywegt R.J., Martin H., Heath D. C. & Besaans A.J. (Bouguer Anomalies) (1964) - *Geological Map of south-West Africa. Showing mineral occurrence sand gravity contours*. (Cartographers). Pretoria: The Government and Stationery Office. The Republic of South Africa, Pretoria and CapeTown.

Analisi chimica e statistica di sedimenti portuali

Cristina Romani *, *Luca Bellucci**, *Simonetta Sbrighi**, *Federico Luchi****,
*Rossella Friani***

* Agenzia Regionale per la Protezione Ambientale della Toscana (ARPAT), Dipartimento di Grosseto, Via Fiume 35.

** Agenzia Regionale per la Protezione Ambientale della Toscana (ARPAT), Laboratorio Area Vasta Sud, località Ruffolo, Siena.

Introduzione

Grazie ai circa 8000 chilometri di coste, nel nostro paese si sono sviluppate attività di varia natura (commerciali, produttive, turistiche, energetiche, ecc.) che hanno avuto il mare come punto di riferimento. Al centro di queste attività è da collocare la cantieristica navale, se non altro perché questa è in grado di fornire numerosi posti di lavoro. Il termine “cantieristica” non è da riservare solo alla costruzione dei natanti, ma anche alla manutenzione ed all’allestimento di bordo, nonché alla riparazione ed alla demolizione di tutto o di parte delle strutture (Binetti, 2017). L’intero settore cantieristico ha un’influenza sull’economia italiana valutabile in circa un quarto del PIL nazionale (<https://www.italiaoggi.it/news/nomisma-il-25-del-pil-italiano-dipende-dal-mare>). Purtroppo, tutto ciò ha portato spesso a modifiche delle caratteristiche territoriali e ad un aumento della pressione antropica, rendendo maggiormente vulnerabili gli ambienti costieri. L’interfaccia terra-mare, che costituisce un sistema altamente dinamico, è infatti caratterizzata da un fragile equilibrio tra i fattori naturali e quelli introdotti dall’uomo. Per i numerosi cantieri navali disseminati nelle coste italiane è facilmente ipotizzabile, quindi, un impatto ambientale sulle acque prospicienti e sui sedimenti dei fondali. La presenza di eventuali inquinanti comporta, fra l’altro, un rischio sia per la vita e lo sviluppo degli organismi, sia per coloro che si cibano di essi (Gabelini, 2011). Tra le principali cause di contaminazione dei sedimenti ricordiamo: 1) l’immissione di reflui civili ed industriali; 2) il dilavamento o

l’erosione di suoli contaminati da attività industriali ed agricole; 3) gli sversamenti accidentali di prodotti chimici e petroliferi; 4) gli apporti di inquinanti da falde contaminate; 5) gli apporti da attività portuali o connesse alla navigazione.

Questo è il motivo per cui i cantieri navali sono oggetto di attenzione e di verifica da parte di ARPAT (Agenzia Regionale per la Protezione Ambientale della Toscana). Alcuni dati specifici, rilevati dall’Agenzia nell’ambito del suo ruolo di controllo ambientale (Legge Regionale n°30, del 22 giugno 2009), sono stati concessi agli scriventi per la realizzazione del presente articolo. Il suo fine principale è quello di individuare, attraverso analisi scientifiche ed elaborazioni statistiche, il livello di contaminazione dei sedimenti marini dovuto alle attività cantieristiche.

Cenni sui contaminanti dei sedimenti

La sedimentazione al fondo di un corpo idrico, in genere piuttosto lenta, può risultare più veloce a seguito di un maggiore apporto di materiale e/o di una minore capacità di trasporto dell’acqua. I relativi depositi sono costituiti da particelle organiche e da granuli inorganici (ICRAM-APAT, 2007). I processi microbici, che vi avvengono, determinano la rigenerazione dei nutrienti per cui offrono una varietà di *habitat* per molte specie acquatiche. Data la forte affinità dei contaminati con la fase particolata rispetto a quella acquosa, i sedimenti ne rappresentano il comparto preferenziale di accumulo; pertanto, la loro analisi riesce a fornire importanti informazioni sullo stato di salute del

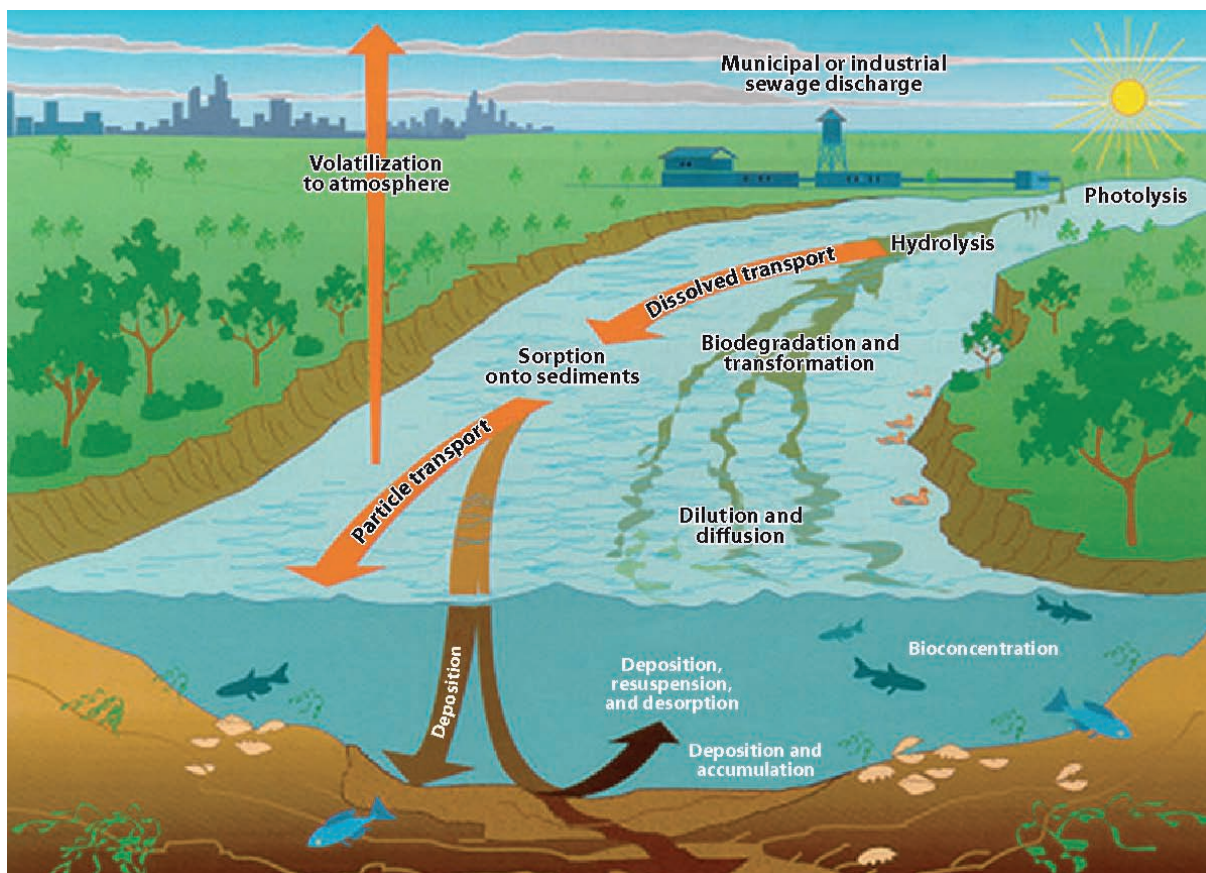


Fig. 1 - I processi che controllano il destino dei contaminanti (ISPRA, 2011).

corpo idrico. Il comportamento, la distribuzione, il destino e la degradazione delle sostanze inquinanti dipendono dalle caratteristiche organiche di queste ultime e da quelle fisico-chimiche del sistema acqua-sedimento che le riceve; è soprattutto questo sistema a determinare le concentrazioni cui i diversi organismi saranno esposti (Knight, 1984). Tra i contaminanti maggiormente diffusi si ricordano: i composti organoalogenati, gli idrocarburi policiclici aromatici (IPA), le policlorodibenzodiossine (PCDD) e gli policlorodibenzofurani (PCDF), i metalli e le sostanze eutrofizzanti (ISPRA, 2011).

I metalli sono “naturalmente” presenti nei sedimenti in concentrazioni legate alla composizione geochimica dell'area. A seguito delle attività antropiche, essi aumentano in quantità fino a divenire “veri e propri” contaminanti; da notare, però, che non si fissano in modo permanente nell'ambiente in quanto possono ritornare nella colonna d'acqua in funzione sia delle caratteristi-

che chimico-fisiche del sistema acquoso, sia dei processi biologici e chimici che vi si svolgono (Fig. 1). Questi elementi tossici, in genere molto diluiti nella fase acquosa, si accumulano progressivamente a contatto con il sedimento raggiungendo concentrazioni che non di rado superano di due o tre ordini di grandezza quelle osservate nelle acque sovrastanti (De Vivo *et al.*, 2004).

Come è osservabile dalla figura 1, la contaminazione non provoca soltanto un peggioramento della qualità delle acque, ma comporta anche un rischio continuo e a lungo termine per gli ecosistemi e la salute umana (ISPRA, 2011).

I cantieri, gli impatti e le autorizzazioni

In ambito cantieristico, anche semplici operazioni possono esercitare un impatto più o meno forte sulla componente marina costiera. Un esempio è fornito dal lavaggio con idropulitrice del-

la carena di uno scafo. Oltre alla rimozione dei residui di vegetazione marina (balani, *fouling*, ecc.), infatti, tale operazione può determinare quella della vernice deteriorata dalla permanenza in mare e le acque reflue prodotte, se non intercettate e trattate, possono divenire impattanti sull'ambiente. Per questo motivo la normativa vigente impone che tutte le acque reflue industriali, generate all'interno dei capannoni di lavorazione e sui piazzali esterni dei cantieri, vengano raccolte da reti fognarie interne per essere poi inviate ad un sistema di depurazione chimico-fisico al fine di abbattere gli eventuali contaminanti prima del loro recapito finale. Lo scarico dovrà essere vincolato al rispetto dei valori limite previsti del D.lgs. 152/06 e s.m.i.

Problemi ambientali possono essere creati anche dalla carteggiatura (rimozione degli strati di pittura antivegetativa o di smalto dalle superfici esterne degli scafi) attraverso l'uso di smerigliatrici oppure di levigatrici elettriche o manuali. Le polveri diffuse che si generano, se non adeguatamente captate, possono diffondersi in atmosfera e diminuire la qualità dell'aria. Il particolato sottile e molto sottile (PM_{10} e $PM_{2,5}$), in presenza di recettori (abitazioni, scuole, parchi pubblici, campi, mare, corsi d'acqua) vicini al cantiere, può quindi mettere a rischio la salute degli abitanti e dell'ambiente in generale. Inoltre, depositandosi sui piazzali le polveri possono essere dilavate dalle acque meteoriche o da quelle di lavaggio e possono contaminare la risorsa idrica ed i sedimenti marini costieri. La normativa di settore regionale Toscana, in ottemperanza a quanto previsto dall'Allegato V alla parte Quinta del D. Lgs. 152/06 e s.m.i., prevede che le polveri generate dalla carteggiatura debbano essere raccolte da sistemi di aspirazione centralizzati oppure da sistemi di aspirazione e raccolta collegati direttamente alle levigatrici. In ultimo, le polveri prodotte devono essere smaltite come rifiuto speciale.

Tra le operazioni che si svolgono in un cantiere navale certamente hanno un rilievo la verniciatura, la stuccatura, la resinatura, la sverniciatura e lo sgrassaggio, degli scafi. La prima, comunque, è

da considerarsi maggiormente impattante rispetto alle altre. Per essa la normativa prevede che venga effettuata al coperto (nelle cosiddette "capanne di verniciatura"), specialmente se ad essere utilizzata è una pistola a spruzzo (Fig. 2). Con questa modalità le polveri da *overspray* (possono contenere ossidi di rame, zinco, ecc.) ed i Composti Organici Volatili (COV, in genere miscele di xileni) sono convogliate in filtri a maniche o in filtri a carbone attivo per l'abbattimento. I Valori Limite di Emissione (VLE) sono normati dal nuovo Documento Tecnico della Regione Toscana e dal D. Lgs 152/06 e s.m.i. (Allegato 2 al PRQA Piano Regionale per la *Qualità dell'Aria ambiente* del 2018 e dall'Allegato 1 alla Parte Quinta del D.Lgs. 152/06 s.m.i.).

Di recente, la Regione Toscana ha emanato il Decreto Dirigenziale n. 5733 del 22/04/2020 e s.m.i. per regolamentare le attività dei cantieri navali che effettuano operazioni di manutenzione e verniciatura solo manuale; tale norma ha vietato inoltre l'uso di alcune sostanze tossiche per l'ambiente e per la salute umana.

Nei cantieri di medie dimensioni sono talvolta presenti una falegnameria ed un reparto di carpenteria per operazioni che vanno dalla saldatura alla sabbatura, dalle piccole lavorazioni del legname fino alla ricostruzione di intere parti delle imbarcazioni; anche queste ultime, da considerarsi



Fig. 2 - Verniciatura di uno scafo con pistola a spruzzo sotto tensostruttura (capanna di verniciatura).

potenzialmente pericolose per l'ambiente, sono regolamentate dal PRQA e dalla Parte Quinta del D.Lgs. 152/06 precedentemente citati. Nel caso di cantieri di maggiori dimensioni (superficie complessiva superiore a due ettari) l'iter istruttorio da seguire prevede la preliminare verifica di Valutazione di Impatto Ambientale (VIA). Essa si estrinseca attraverso l'analisi sia delle modalità con cui vengono svolte le varie attività del ciclo produttivo, sia della composizione chimica dei prodotti utilizzati nelle lavorazioni, sia delle tecnologie adottate per la mitigazione della diffusione degli inquinanti prodotti. Essa è espletata dalle ARPA, come organi di supporto tecnico alle regioni. Per i cantieri di piccole dimensioni i procedimenti istruttori trovano concretezza nell'Autorizzazione Unica Ambientale (AUA ai sensi del D.P.R. n°59/2013), la quale assembla i titoli autorizzativi per le emissioni in atmosfera e per gli scarichi idrici. L'Autorizzazione Integrata Ambientale (AIA), che segue la VIA prevista per i cantieri di grandi dimensioni, è invece legata alla verniciatura e alle altre operazioni correlate, nonché alla quantità e alla qualità dei prodotti usati.

Per la molteplicità degli aspetti oggetto di valutazione, tutto l'iter autorizzatorio porta verso una serie di disposizioni atte a far esercire le attività di cantiere con il minor impatto possibile. Disattendere le prescrizioni ambientali, contenute nelle autorizzazioni citate, espone l'impresa a sanzioni amministrative o penali e a ripercussioni spesso rilevanti sull'ambiente. Fra l'altro, sono proprio le ARPA ad essere direttamente coinvolte in questo tipo di controllo.

Procedure di campagna

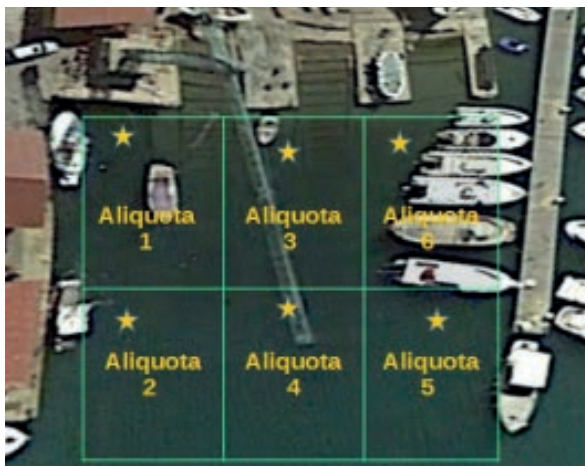
Ai fini della presente ricerca sono stati utilizzati i dati raccolti dall'ARPAT per uno dei cantieri navali sotto controllo ambientale. Relativamente allo specchio di mare antistante, ritenuto il primo potenziale serbatoio di contaminazione, la procedura seguita è stata la seguente. Innanzi tutto, visto che la profondità dell'acqua era compresa

tra 1,5 e 3,5 m, il prelievo del sedimento è stato necessariamente effettuato tramite carotatore (nelle zone più prossime al cantiere si è dovuto procedere con paletta e sacchetti a causa del fondo cementato) ed affidato a sommozzatori specializzati (Fig. 3). Dopo aver individuato sul fondo una superficie grossomodo quadrata e con lato di 20 m, è stata operata una suddivisione ideale della stessa in 6 settori (maglie); all'interno di ciascuno di questi settori è stata poi prelevata una porzione di sedimento (i primi 5 cm) che andava a costituire un'aliquota del campione rappresentativo dell'area (Fig. 4). Questo campione, identificato con la lettera A, è risultato infatti dalla miscelazione delle sei aliquote raccolte. Sempre in area portuale, ma a distanza di circa 50 m dal tratto di mare precedente e con due moli interposti, è stato scelto di prelevare un secondo campione di sedimento (identificato con la lettera B) al fine di poter effettuare una comparazione tra sedimenti che esprimevano condizioni ambientali distinte.

Da notare che al momento del campionamento le aree del cantiere risultavano impermeabilizzate e nella parte più esterna avevano una pendenza verso il mare del 10 %. La superficie in pendenza era dotata di cordoli in metallo alti circa 10 cm, posti trasversalmente allo scalo di alaggio ad una distanza l'uno dall'altro di circa 50 cm. Secondo i progettisti il sistema di cordolatura avrebbe dovuto trattenere le acque delle carene e/o le acque meteoriche dilavanti insistenti sul cantiere e permetterne la confluenza verso un sistema di trattamento chimico-fisico; il refluo così trattato, sarebbe stato idoneo a rispettare quanto previsto dalla normativa ambientale per lo scarico in pubblica fognatura.



Fig.3 - Immagini relative al campionamento.



Legenda:	
- Aliquota 1	ore 10,20 Prof. 2,5 m (carota 10 cm)
- Aliquota 2	ore 10,30 Prof. 3,5 m (solo sedimento superficiale)
- Aliquota 3	ore 10,35 Prof. 2,5 m (solo sedimento superficiale)
- Aliquota 4	ore 10,40 Prof. 3,5 m (solo sedimento superficiale)
- Aliquota 5	ore 10,45 Prof. 3,0 m (solo sedimento superficiale)
- Aliquota 6	ore 10,50 Prof. 1,5 m (solo sedimento superficiale)

Fig. 4 - Lo schema seguito per prelevare il campione composito A.

Durante un successivo sopralluogo nel cantiere è stato notato, distribuito sulla sponda dello scalo pendente verso il mare (zona adibita alla manutenzione degli scafi), un materiale polverulento, dall'aspetto variopinto e simile a residui di pellicola protettiva essiccata. Ipotizzando che potesse trattarsi di "polveri di carteggiatura" e che potesse contribuire alla contaminazione dell'area marina prospiciente, tale rifiuto è stato campionato ed identificato con la lettera C. Per avere un'idea delle caratteristiche chimiche del rifiuto è stata controllata anche la scheda tecnica del prodotto utilizzato in azienda per la verniciatura delle carene. Da essa è risultata la seguente composizione: ossido di rame (in concentrazione compresa tra il 27 e il 28,5 %), ossido di zinco (13,5-15 %), miscela di idrocarburi aromatici (8-9 %), miscela di xileni (8-9 %), colofonia (in concentrazione compresa tra il 6 e il 7%); denominata "pece greca", ha come costituente principale l'acido abietico di formula bruta $C_{20}H_{30}O_2$ e altri solventi in concentrazioni minori.

Approccio analitico e risultati

Le analisi necessarie per la ricerca sono state eseguite nei laboratori di ARPAT. Per garantire l'accuratezza, la precisione e la rappresentatività dei dati, sono sempre stati effettuati controlli sull'affidabilità delle metodologie impiegate (Controllo di Qualità).

Nell'approccio analitico non si poteva prescindere dall'osservanza del D.Lgs. 172/2015 che fissa per 45 sostanze (o gruppi di sostanze) prioritarie, tra le quali quattro elementi in traccia (Cd, Hg, Ni e Pb), i limiti di concentrazione (detti Standard di Qualità Ambientale, SQA) nelle acque superficiali e nei sedimenti dei corpi idrici marini costieri e di transizione (in questo caso espressi come valore medio annuo, SQA-MA). Tenendo presente la necessità di considerare livelli di specifiche sostanze sul fondo marino in siti non contaminati (Mac Donald, 1994), nello studio sono stati utilizzati i valori medi che ARPAT ha riconosciuto negli anni 2010-2020 in un punto di monitoraggio posto al largo dell'area esaminata ed alla profondità di circa 50 m (nel seguito indicato come "fondo locale").

Nella tabella 1 sono riportati i dati analitici ottenuti per i campioni A, B e C, corretti con riferimento alla percentuale di umidità determinata a 105°C; gli stessi dati sono poi messi a confronto con i valori indicati dalla norma (D.Lgs 172/2015, tabella 2A) e con quelli rilevati da Branca *et al.* (1996) nei sedimenti della costa laziale, nonché con i valori medi del "fondo locale".

IDROCARBURI PESANTI (C_{10} - C_{40})

Per la determinazione analitica è stato necessario procedere prima con l'estrazione tramite solvente degli idrocarburi compresi nell'intervallo indicato dalla matrice (rifiuto, sedimento), poi con la purificazione dell'estratto ed infine con l'a-

parametro (mg/Kg s.s.)	Campione A	Campione B	Campione C	“fondo locale” (valori medi 2010-2020)	sedimenti costa laziale (intervallo su 148 campioni)	D.Lgs 172/2015 SQA-MA
Residuo secco (%)	61	77				
Umidità residua a 105°C (%)	3,5	2	4			
Idrocarburi C10- C40 (mg/Kg s.s.)	1100	150	1562			
Bario			2808			
Alluminio			6656			
Antimonio	14,6	2,9	12,5	1,8		
Arsenico	44	20	26	28,4		
Berillio	2,1	2,2	<10			
Boro			38,5			
Cadmio	1,99	0,2	<10	0,1		0,3
Cobalto	10	4,3	12,5	12,2		
Cromo	240	31	406	40,7	10-112	
Ferro	52000	17000	78000		3400-51700	
Manganese	390	230	697		333-1866	
Mercurio	1,39	0,81	0,16	0,9		0,3
Molibdeno			56			
Nichel	150	16,2	219	28,9	25-107	
Piombo	880	55	1456	25,3	35-128	30
Rame	17000	270	89440		5-127	
Selenio	0,97	0,61	<10			
Stagno	350	11,2	489			
Titanio	500	410	292			
Vanadio	53	46	42	71,6		
Zinco	3400	360	4576		21-141	

Tab. 1- Risultati delle analisi e comparazioni sviluppate nel testo.

nalisi gascromatografica per mezzo di rivelatore a ionizzazione di fiamma (GC/FID).

La concentrazione del campione A (1100 mg/kg), prossimo all'area di cantiere, risulta maggiore di un ordine di grandezza rispetto a quella rilevata nel campione B (150 mg/Kg) posto ad una distanza di circa 50 m. Questo confronto porta a pensare che la concentrazione degli idrocarburi in A sia dovuta alla probabile presenza di oli di scarto e/o al contributo derivante dal rifiuto di carteggiatura (campione C). Si evidenzia che il contenuto di idrocarburi pesanti (C₁₀-C₄₀) nel rifiuto è di 1562 mg/Kgs.s., un tenore prossimo a quanto rilevato nel sedimento A.

METALLI

La determinazione dei metalli è stata effettuata su tutti i campioni, seguendo i metodi di *Environmental Protection Agency* (EPA) n. EPA 3051A:2007, EPA 6020B:2014, EPA 6010D:2018 (reperiti alla pagina www.epa.gov/). I metodi propedeutici all'analisi dei metalli su matrici complesse, come rifiuti o sedimenti, prevedono

una digestione acida in forno a microonde per permettere la dissoluzione del campione e il passaggio dei metalli in soluzione; la determinazione analitica vera e propria è stata invece effettuata mediante Spettrometria di Massa a Plasma accoppiato induttivamente (ICP-MS) e Spettroscopia ad emissione ottica a Plasma accoppiato induttivamente (ICP-OES).

Le concentrazioni dei metalli nel campione A sono mediamente più elevate rispetto a quelle riscontrate nel campione B, talvolta con un divario anche di diversi ordini di grandezza. In particolare, facendo riferimento ai valori del “fondo locale”, i tenori di antimonio, cromo, nichel e piombo sono comparabili nel caso del campione B, mentre sono più alte di un ordine di grandezza se consideriamo il campione A; i tenori di arsenico, cobalto, mercurio e vanadio sono paragonabili in entrambi i campioni. Dalla tabella 1 è inoltre evidente che le concentrazioni di cadmio, mercurio e piombo, rilevate nel campione A, sono di molto superiori a quelle degli Standard di Qualità Ambientale per la classificazione del “buono stato chimico” (SQA-

MA espressi nel D.Lgs 172/2015). Se poi confrontiamo i tenori di piombo, rame e zinco dello stesso campione, con quelli ottenuti da Branca *et al.* (1996) su 148 campioni prelevati lungo la costa laziale (i tenori sono riportati in tabella sottoforma di intervallo di concentrazioni), risulta evidente che sono decisamente più elevati; per gli altri metalli il divario è meno netto, sebbene le concentrazioni si collochino sempre verso gli estremi massimi dei *range* riscontrati nello studio citato o addirittura li superano.

Il campione C è risultato costituito principalmente da rame (8,9%), calcio, ferro e zinco. In quantità non trascurabili (superiori a 0,01%), sono stati inoltre rilevati alluminio, magnesio, bario, sodio, piombo, potassio, manganese, stagno, cromo, titanio e nichel. La significativa presenza di rame nel campione A (1,7%, 17000 mg/Kg s.s) è da interpretarsi, quindi, come un chiaro segnale di contaminazione; a conferma di un impatto antropico molto meno spinto, nel sedimento più lontano dal cantiere, si ricorda che il valore ottenuto nel campione B è pari allo 0,027%.

IL METODO FALCON

Nel tentativo di dare “solidità” a quanto già riportato dalla semplice osservazione dei dati analitici, per i metalli è stata effettuata un’analisi statistica con lo scopo di applicare il metodo FALCON (*Fingerprint Analysis of Leachate Contaminants*) messo a punto dall’Agenzia per la Protezione Ambientale (EPA): ogni campione, di qualsiasi natura, può essere distinto tramite una specifica composizione di elementi e/o contaminanti (riferiti in percentuale o in frazione rispetto alla concentrazione totale; ISPRA, 2012) che ne rappresenta il *fingerprint* (letteralmente: impronta digitale). Attraverso il metodo, che prevede la determinazione delle impronte dei singoli campioni ed il loro confronto con l’impronta della sorgente

di contaminazione (U.S. EPA, 2004), si ha la possibilità di “quantificare” la similarità delle impronte; in altre parole, quanto maggiore è l’affinità con la sorgente di contaminazione tanto più alta è la probabilità che la sorgente abbia contaminato quel campione. Merita precisare che nella procedura è prevista una iniziale normalizzazione dei dati: viene calcolato il contributo percentuale di ciascun analita sul totale del residuo (massa del *fingerprint*) e si prosegue con il calcolo delle abbondanze relative¹ riferite alla massa totale. In tal modo i costituenti del fingerprint saranno espressi in percentuale o percentuale decimale a seconda che si normalizzi a 100 come totale o a 1, corrispondenti alla massa totale. La normalizzazione dei dati permette la loro rappresentazione in un comune grafico cartesiano (x-y) per un esame visivo dell’impronta e per una comparazione statistica che di fatto è, di tutta la procedura FALCON, la parte di maggior interesse. L’esame visivo del *fingerprint*, costituito da un diagramma a istogrammi o a linea spezzata, dà nell’immediato un’immagine chiara della composizione dei contaminanti nel campione. La valutazione della comparabilità delle singole abbondanze relative viene calcolata usando l’analisi di regressione. Ciascuna abbondanza relativa in ogni campione è confrontata singolarmente con le equivalenti abbondanze nei campioni rimanenti, per giungere ad una matrice di regressione che contenga tutti i confronti possibili. Il valore del coefficiente di determinazione r^2 è tanto più elevato quanto più la retta di regressione, che scaturisce dal confronto di due distribuzioni di dati, si colloca in una condizione di minima distanza dai punti stessi delle distribuzioni: quando raggiunge il valore massimo di 1 tutti i punti sperimentali sono collocati esattamente sulla retta per cui le due distribuzioni sono identiche; quando viceversa il valore è uguale a 0 le due distribuzioni sono assolutamente dissimili

1 L’abbondanza relativa di un elemento chimico misura la quantità dell’elemento in confronto con la sommatoria quantitativa di tutti gli elementi considerati; nel caso specifico si tratta del tenore in percentuale dell’elemento stesso.

	Fondo locale	A	B	C
Fondo locale		0.01103	0.54159	0.00670
A			0.53481	0.99836
B				0.50962
C				

Tab. 2 - Matrice di regressione ricavata dall'elaborazione col metodo FALCON.

(Soliani, 2001).

Relativamente alla presente ricerca si evidenzia che dalle abbondanze relative delle concentrazioni dei metalli in comune ai campioni A, B, C e “fondo locale” (quest’ultimo come testimonianza del sedimento non soggetto ad impatto antropico) derivano le impronte digitali evidenziate in figura 5. Nel confronto non sono stati presi in considerazione tutti i metalli determinati nei campioni A, B e C per l’impossibilità di confrontarli con la media dei valori del “fondo locale”; la normativa dei monitoraggi marini prevede, infatti, un *set* di parametri minore e diverso rispetto al *set* di parametri che era stato determinato sui campioni dell’indagine.

Dalla semplice osservazione del grafico risulta evidente che l’impronta del rifiuto C (linea spezzata gialla) mostra:

- una significativa similarità con quella del campione A (linea spezzata blu), più prossimo all’area di cantiere;
- una non similarità con l’impronta del campione B (linea rossa);
- una completa incompatibilità rispetto all’impronta rappresentativa del “fondo locale” (linea tratteggiata verde).

Da rilevare ancora che la matrice di regressione ha permesso una “quantificazione” della similarità delle varie impronte (Tab. 2).

E’ stato così riscontrato che la composizione del campione di rifiuto C (nelle sue abbondanze relative) è sovrapponibile²:

- per il 99,8 % con la composizione del sedimento A (prossimo all’area di cantiere) e per il

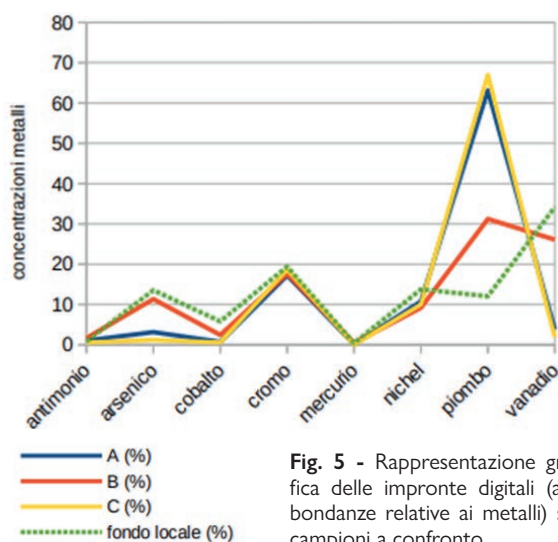


Fig. 5 - Rappresentazione grafica delle impronte digitali (abbondanze relative ai metalli) sui campioni a confronto.

50,9 % con la composizione del sedimento B (più distante dall’area di cantiere);

- per il 0,67 % col “fondo locale” (campione prelevato al largo, oggetto di monitoraggio ARPAT).

Fra l’altro, anche il confronto del sedimento A con il sedimento rappresentativo del “fondo locale” depone per dichiararne una significativa non similarità (1.1% di sovrapposibilità delle impronte).

In definitiva, è ragionevole asserire che soltanto il campione A ha risentito della contaminazione da parte del rifiuto da carteggiatura (C); la contaminazione avvenuta ne ha modificato le caratteristiche e ha reso il sedimento A profondamente diverso dal “fondo locale”(rappresentativo del sedimento non contaminato).

2 Per effettuare il confronto e perché lo stesso sia di più facile intuizione, i valori della tabella 2 sono stati descritti in percentuale (%) nel testo.

Conclusioni

L'applicazione dell'analisi statistica ha permesso di individuare con una significativa probabilità (sovrapposizione delle impronte >99%) che il sedimento A, prelevato nell'area marina prospiciente all'attività di cantieristica navale, è stato contaminato in maniera considerevole dal rifiuto della carteggiatura (campione C). Il metodo FALCON, quindi, si configura come un utile strumento per individuare la sorgente di contaminazione in un determinato comparto ambientale.

Pare utile sottolineare che per quanto riguarda i risultati ottenuti sul rifiuto, in base agli analiti ricercati e alle concentrazioni calcolate per le sostanze ipotizzate, per le elevate concentrazioni di rame, zinco e piombo, in base al Reg. (UE) N.1357/2014 e N.997/2017, seguendo le Linee Guida sulla classificazione di pericolosità

dei rifiuti (Delibera SNPA n. 61 del 27 novembre 2019), anche applicando il principio di cautela, il rifiuto è comunque stato classificato come PERICOLOSO HP14, in quanto ECOTOSSICO; per questo è facilmente ipotizzabile un impatto non trascurabile sull'ambiente.

Le verifiche condotte dall'ARPAT hanno mostrato che le attività del cantiere sono state svolte in difformità con quanto autorizzato, in quanto la dispersione nell'ambiente del rifiuto derivante dalla carteggiatura non era controllata, non essendo stata messa in atto alcuna opera di mitigazione.

Rammentando quanto la contaminazione dei sedimenti possa essere precursore del trasferimento degli inquinanti ai vari livelli trofici, risulta di fondamentale importanza la tutela di questa matrice ambientale attraverso l'applicazione di tutte le norme e prescrizioni specifiche.

Ringraziamenti

Si ringrazia l'Agenzia Regionale di Protezione Ambientale (ARPAT) per aver messo a disposizione i dati storici sui monitoraggi, i dati relativi al campionamento, i relativi rapporti di analisi e il materiale bibliografico in genere. Si ringrazia anche il Dott. Fagotti Cesare (Responsabile Area Vasta Sud ARPAT) per gli utili consigli di redazione.

Testi citati

ARPAT (2021) - *Monitoraggio acque marino-costiere della Toscana*. Attività di monitoraggio 2020.

Bacci E. & Gaggi C. (1998) - *Bioconcentrazione, bioaccumulo e biomagnificazione*. In Vighi M., Bacci E., *Ecotossicologia*, UTET, 143-152.

Binetti I. (2017) - *Cantieri navali: prossimo scalo?* Tesi Magistrale, corso di Laurea In Design navale e Nautico, Università degli Studi di Genova, 83 pp.

Branca M.E., Calderoni G. & Petrone V. (1996) - *Geochimica dei sedimenti*. *Chimica delle acque e dei sedimenti marini*, 109-143.

Cardellicchio A., Buccolieri S., Giandomenico S., Lopez L., Pizzulli F. & Spada L. (2007) - *Organic*

pollutants (PAHs, PCBs) in sediments from the Mar Piccolo in Taranto (Ionian Sea, Southern Italy). *Marine Pollution Bulletin*, 55(10-12): 451-458.

Decreto Legislativo 3 aprile 2006, n. 152 "Norme in materia ambientale", pubblicato nella Gazzetta Ufficiale n. 88 del 14 aprile 2006 - Supplemento Ordinario n. 96 e successive modificazioni

Finizio A. & Di Guardo A. (1998) - *I meccanismi di ripartizione fra i diversi comparti ambientali*. In Vighi M., Bacci E., *Ecotossicologia*, UTET, 134-142.

ICRAM-APAT (2007) - *Manuale per la movimentazione di sedimenti marini*. 66 pp.

ISPRA (2011) - *Standard di qualità di sedimenti fluviali e lacuali. Criteri e Proposta*. Rapporto 154/2011, 11-14.

ISPRA (2009) - *Proposta per la valutazione dello stato qualitativo dei sedimenti fluviali nel sito di interesse nazionale Fiumi Saline ed Alento*, 23 pp.

ISPRA (2012) - *Analisi Spaziale e Modellistica dei dati di suolo e sedimenti*. Quaderno 1/2012 - Diossine, Furani e Policlorobifenili (Indagine ambientale nella Regione Campania), 289-332.

Mac Donald D.D. (1994) - *Approach to the assessment of sediment quality in Florida coastal waters. Volume 1 - Development and evaluation of the sediment quality assessment guidelines*. Report prepared for Florida Department of Environmental Protection. Tallahassee, Florida, 106 pp.

Marsella E., Sprovieri M., Bellonia A., Bianchi B., Buonocunto P., Canzanella E., Capone P., D'Isanto C., De Rosa A., Feo M.L., Ferraro L., Ferraro R., Gherardi S., Giordano L., Iavarone M., Lirer F., Musella S., Passaro S., Pelosi N., Prevedello L., Rinaldini F., Ruggieri S., Rumolo P., Vallefucio M., Salvagio Manta D., Sammartino S., Tamburrino S. & Alberico I. (2005) - *Caratterizzazione geochimica di sedimenti del porto di Napoli*. Istituto Ambiente Marino Costiero - CNR, Napoli.

Mazzanti R. & Mazzei R. (2015) - *Le oscillazioni quaternarie del livello marino e la loro influenza sui territori della Maremma Toscana e delle isole*. Dipartimento di Scienze Fisiche, della Terra e dell'Ambiente, Edizioni Cantagalli, Siena.

Palomba G. (2013) - *L'R2? No, grazie! Elementi di statistica per l'econometria*. Edizioni CLUA libri, Ancona, 2A edizione, 1-15.

Plumb R.H. & U.S. EPA (2004) - *Fingerprint Analysis of Contaminant Data: A Forensic Tool for Evaluating Environmental Contamination*. U.S. Environmental Protection Agency. Technical Support Center Issue, EPA/600/504/054.

Raccanelli S., Pastres R., Favotto M. & Vio P. (2004) - *Correlation between POPs in sediment and edible bivalve in the Lagoon of Venice and estimation of the daily intake*. Organohalogen Compounds, 66: 1823-1828.

Soliani L. (2001) - *Fondamenti di Statistica Applicata all'Analisi e alla Gestione dell'Ambiente*. Dispense Corso di Formazione C.I.S.B.A.

Legislazione di tipo ambientale

<https://www.arpat.toscana.it>

<https://www.epa.gov>

<https://www.italiaoggi.it/news/nomi-sma-il-25-del-pil-italiano-dipende-dal-mare-202207201310421837>

Il potenziale geotermico del Senese

Marcello Viti

Dipartimento di Scienze Fisiche, della Terra e dell'Ambiente - Università degli Studi di Siena
Via Laterina 8 - 53100 Siena
marcello.viti@unisi.it

Introduzione

La recente crisi internazionale, principalmente dovuta alla guerra in Ucraina, ha portato ad un aumento incontrollato del prezzo delle materie prime. In modo repentino siamo entrati in un “clima” simile a quello che si respirava negli anni Settanta del secolo scorso, quando le turbolenze politiche del Vicino Oriente condizionavano il mercato del petrolio. Allora si pensava di risolvere la debolezza energetica italiana mediante un piano di sviluppo dell'industria elettronucleare, tenendo conto dell'esempio francese. Tale impostazione fu però abbandonata, sia per motivi di sicurezza, sia per la maggiore disponibilità globale di combustibili fossili. Da allora siamo rimasti legati a questi ultimi, per tutto ciò che riguarda lo sviluppo industriale del Paese, benché la loro produzione nazionale fosse molto inferiore alla domanda. Negli anni si è visto, inoltre, un consumo sempre maggiore di gas naturale, tanto che ormai questo è divenuto essenziale nella nostra economia. In definitiva, l'attuale crisi ha messo a nudo non solo la irrisolta dipendenza dalle forniture estere, ma anche la lontananza dal completamento della “transizione energetica” basata sulle cosiddette fonti rinnovabili (l'energia solare, termica e fotovoltaica, l'energia eolica, l'energia geotermica e le biomasse).

L'articolo rivolge le sue attenzioni ad una fonte rinnovabile che in Toscana ricopre un ruolo assai importante: l'energia geotermica. Fra l'altro, questa può essere usata sia per la produzione dell'energia elettrica, sia per la climatizzazione (riscaldamento e raffreddamento) degli edifici, aiutando così a ridurre l'uso di combustibili fossili ed a con-

trastare il concomitante cambiamento climatico. In particolare si occupa della situazione del Senese, ove già l'industria geotermoelettrica opera con successo nei Comuni di Chiusdino, Piancastagnio e Radicondoli. L'analisi della ricca documentazione contenuta nell' *Inventario delle Risorse Geotermiche Nazionali* (raccolge il frutto delle indagini portate avanti in tutto il territorio italiano da oltre mezzo secolo) ha permesso di valutare il potenziale geotermico di ogni singolo comune della Provincia di Siena. Su questa base è possibile programmare ulteriori ricerche volte all'identificazione ed allo sfruttamento dei serbatoi geotermici nel rispetto della tutela dell'ambiente e della sostenibilità delle risorse.

Geologia del Senese

In un recente passato l'autore dell'articolo si è interessato della geotermia toscana (Viti & Tavarnelli, 2018) ed ha pubblicato contributi che ne precisano i relativi aspetti geologici, strutturali, ingegneristici ed ambientali (Viti, 2019 a, b; 2020 a, b; 2021 a, b). Pertanto, in questa sede verranno richiamate solo le informazioni utili per la discussione, mentre per il resto si rimanda ai lavori citati.

Come già detto, l'ambito considerato è ristretto al Senese (adottando un criterio amministrativo piuttosto che storico lo faremo coincidere con l'attuale Provincia di Siena): il territorio abbraccia un'area di 3820,98 Km², abitata da 266621 residenti secondo i dati del censimento nazionale 2011 (www.istat.it). Tale superficie è frazionata in 36 Comuni, come illustrato dalla figura 1.

Per semplificare, non si tiene conto dell'accorpamento di alcuni comuni toscani, avvenuto dopo il 2012 secondo la normativa vigente (Decreto Legislativo 18/8/2000, n. 267 e Legge Regionale 27/12/2011, n. 6).

La geologia del Senese può essere descritta partendo dagli affioramenti delle Unità tettonico-stratigrafiche di età precedente al Miocene Superiore (Tortoniano, circa 12 milioni di anni fa). Tale substrato pre-tortoniano è formato da una pila di falde tettoniche che, dall'alto verso il basso, comprende le Unità Liguri, la Falda Toscana ed il sottostante Basamento crostale. Il substrato, assai deformato, è il prodotto dei processi tettonici che

hanno generato l'Appennino settentrionale.

Il bordo orientale del Senese è costituito dalle formazioni pre-tortoniane disposte in una dorsale strutturale e morfologica, grosso modo orientata da nord-ovest a sud-est (Fig. 1). Tale dorsale comprende i rilievi chiantigiani (Castellina, Gaiole e Radda in Chianti, parte di Castelnuovo Berardenga) per cui attraversa i comuni di Rapolano Terme, Sinalunga e Trequanda. La struttura, che riassume un ruolo morfologico importante nella parte meridionale della provincia (Sarteano, Cetona e San Casciano dei Bagni), affiora a bassa quota ed in modo frammentario tra Torrita di Siena, Montepulciano, Pienza e Chianciano Terme.

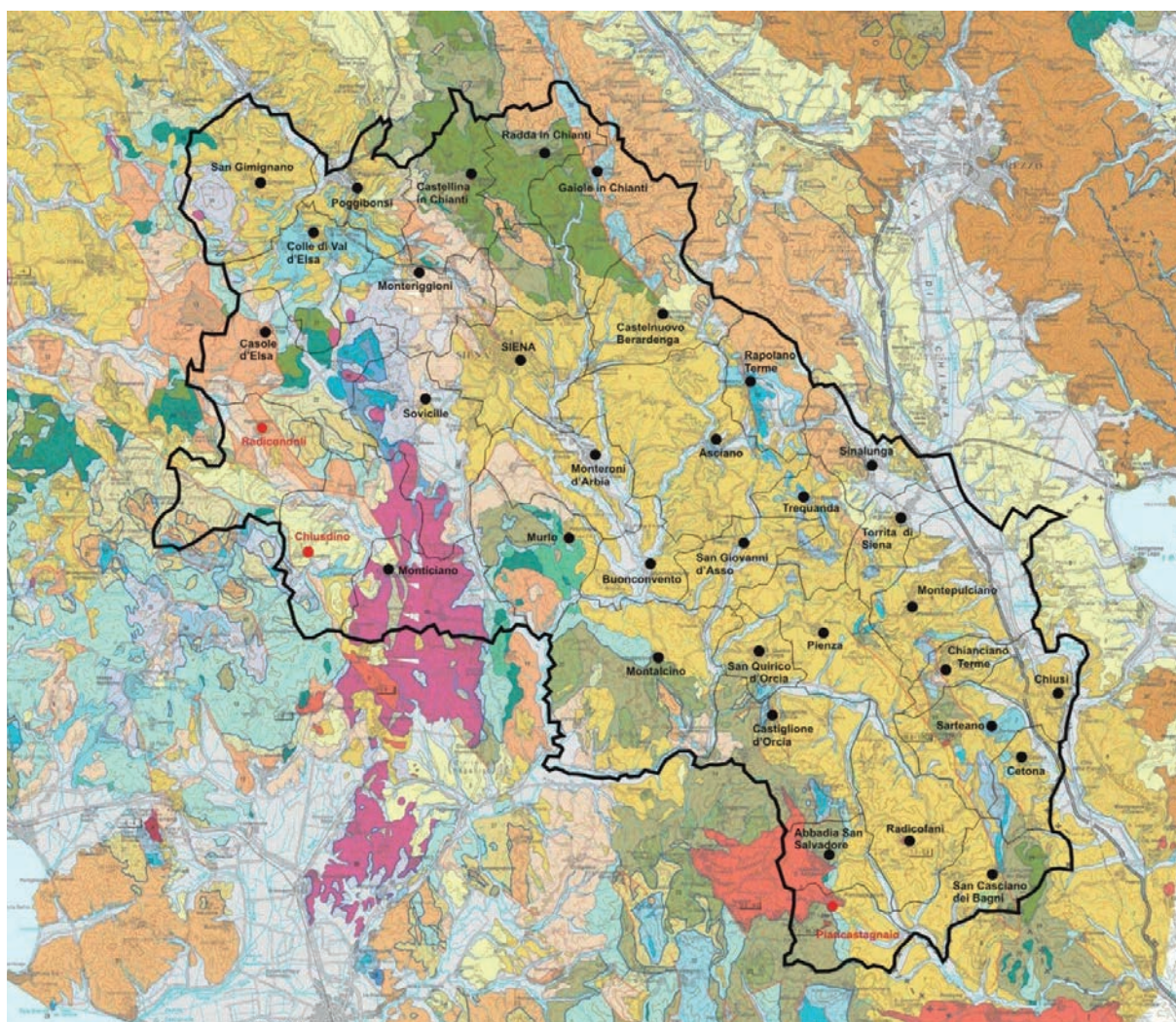


Fig. 1 - Geologia del Senese e delle zone circostanti, tratta dalla Carta Geologica della Toscana (Carmignani & Lazzarotto, 2004). I toni verdi indicano le Unità Liguri, mentre il marrone, il celeste ed il blu identificano le formazioni della Falda Toscana. Il viola rappresenta i terreni metamorfici della Dorsale medio-toscana, che si prolunga nella Maremma. I toni ocrei evidenziano i depositi continentali tardo-miocenici. Il giallo descrive i depositi marini pliocenici. Il grigio chiaro indica i depositi fluviali e lacustri quaternari. Le vulcaniti quaternarie del Monte Amiata sono indicate in rosso. Sulla carta geologica è sovrapposta la sagoma della Provincia di Siena e dei suoi comuni, con indicazione del capoluogo comunale. I tre comuni senesi in cui opera l'industria geotermica sono scritti in rosso.

Anche il bordo occidentale è segnato da strutture pre-tortoniane (Fig. 1). La cosiddetta Dorsale medio - toscana, disposta in forma arcuata tra Casole d'Elsa, Sovicille e Monticiano, vede l'affioramento di complessi derivati dal metamorfismo delle formazioni mesozoiche della Falda Toscana. Nella parte interna dell'arco si trova il bacino post-Tortoniano di Radicondoli-Chiusdino. La valle del Fiume Ombrone separa il massiccio metamorfico dalla struttura pre-neogenica che si distende tra Murlo, Montalcino, Castiglion d'Orcia, Abbadia San Salvatore e Piancastagnaio. In questi ultimi due comuni il substrato è in parte coperto dalle rocce vulcaniche quaternarie del Monte Amiata (Fig. 1).

Nella porzione del Senese compresa tra le dorsali pre-tortoniane sopra descritte affiorano le formazioni deposte nel Miocene Superiore in ambiente prima continentale, poi marino e di nuovo continentale (Fig. 1). La porzione settentrionale appartiene al Bacino della Valdelsa (San Gimignano, Poggibonsi e Colle di Val d'Elsa). Segue una zona di alto strutturale, ove affiorano i soli sedimenti tardo-miocenici del Bacino del Casino (Monteriggioni). Verso sud-est comincia il vasto Bacino di Siena - Radicofani, ove affiorano le argille e le sabbie marine del Pliocene Inferiore e Medio (Siena, parte di Castelnuovo Berardenga, Asciano, Monteroni d'Arbia, Buonconvento, San Quirico d'Orcia, San Giovanni d'Asso e Radicofani). Più ad est, il Comune di Chiusi si distende nella fossa plio-pleistocenica della Val di Chiana.

In conclusione, il substrato pre-tortoniano emerge presso i bordi orientale ed occidentale del Senese, mentre sprofonda nella fascia centrale, ove è coperto dai depositi tardo-miocenici, pliocenici e quaternari il cui spessore può raggiungere molte centinaia di metri (Pascucci *et al.*, 2007). Presso il bordo orientale del Bacino di Siena - Radicofani sono riconoscibili importanti faglie normali, come la faglia di Rapolano Terme e quella del Monte Cetona. Sistemi di faglie normali caratterizzano anche il Bacino di Chiusdino - Radicondoli, ubicato tra le Colline Metallifere e la Dorsale medio - toscana.

Geotermia nel Senese

La strutturazione dell'attuale sistema Mar Tirreno - Catena appenninica è avvenuta negli ultimi 12 milioni di anni. L'evoluzione tettonica è stata accompagnata da imponenti processi magmatici, che hanno prodotto le province vulcaniche toscana, romana, campana, sarda e sicula (Peccerillo, 2005). E' il più recente magmatismo quaternario ad essere responsabile della cospicua anomalia termica che caratterizza le zone geotermiche della Toscana meridionale, del Lazio settentrionale, della Campania flegrea e della Sardegna campidana.

Molteplici rilievi geologici e geofisici hanno permesso di formulare modelli attendibili sull'assetto stratigrafico e tettonico della Toscana meridionale. La perforazione di un gran numero di pozzi ha poi precisato le ipotesi iniziali, soprattutto per quanto riguarda la porzione più superficiale della crosta che comprende l'intera copertura sedimentaria (Triassico - Attuale) e parte del basamento paleozoico. Le esigenze della produzione hanno portato ad un progressivo incremento della profondità delle perforazioni (Fig. 2). Ciò ha messo in evidenza la presenza di due distinti serbatoi geotermici: quello più superficiale, collocato a profondità

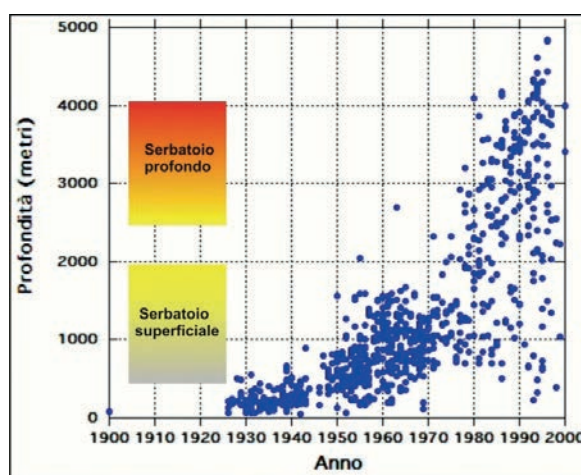


Fig. 2 - Profondità raggiunta dai pozzi geotermici della Toscana meridionale nel periodo compreso tra il 1900 ed il 2000. Ciascun pozzo è identificato da un cerchio blu. Si noti il gran numero di perforazioni effettuate dal secondo dopoguerra ed il progressivo aumento della profondità dei pozzi, soprattutto dall'ultimo quarto del secolo scorso. Tale approfondimento ha coinciso con l'esplorazione e la successiva messa in produzione del serbatoio profondo, che al momento fornisce la maggior parte del geofluido estratto nelle zone geotermiche delle Colline Metallifere e del Monte Amiata.

di 500 - 2000 m, è impostato nelle formazioni carbonatiche mesozoiche della Falda Toscana; l'altro, posto a profondità di 2500 - 4000 m, coinvolge il sottostante basamento crostale. In entrambi i casi, la permeabilità delle formazioni è secondaria ed associata all'intensa fratturazione.

La Toscana meridionale provvede all'intera produzione geotermoelettrica italiana, collocando il nostro Paese al sesto posto nella classifica internazionale. Il geofluido è estratto, usato e re-immesso nel sottosuolo grazie a centinaia di pozzi e ad una vasta rete di vapordotti. La produzione elettrica avviene in 36 moderne centrali, nelle quali è installata una potenza complessiva di 914 megawatt (Gartner, 2022).

La suddetta industria è distribuita su soli 9 Comuni delle province di Grosseto, Pisa e Siena, ubicati nelle Colline Metallifere (Castelnuovo Val di Cecina, Chiusdino, Monterotondo Marittimo, Monteverdi Marittimo, Montieri, Pomarance e Radicondoli) e poco a sud del Monte Amiata (Piancastagnaio e Santa Fiora). Tali comuni rappresentano il 9,6 % dell'area complessiva delle tre province di appartenenza, il 4,5 % della Toscana e solo lo 0,34 % del territorio nazionale. Secondo le più recenti rilevazioni, l'energia elettrica prodotta nelle suddette zone geotermiche copre circa il 2 % del consumo nazionale e ben il 31,3 % del consumo regionale toscano (Gartner, 2022). Questi dati mettono in luce la significativa intensità della produzione energetica in rapporto alla superficie occupata dagli impianti geotermici.

I tre Comuni del Senese racchiudono il 9% del territorio provinciale ed ospitano 10 centrali elettriche: una a Chiusdino (con potenza installata di 20 MW), tre a Piancastagnaio (60 MW) e sei a Radicondoli (140 MW). Pertanto, nel Senese è installato circa un quarto dell'intera potenza geotermoelettrica italiana.

Le informazioni sullo stato termico della crosta terrestre

Molti decenni di esplorazione e produzione

sono serviti per mettere insieme un cospicuo *Inventario delle Risorse Geotermiche Nazionali*; esso è consultabile sul portale del Ministero dello sviluppo economico, Direzione generale per la sicurezza anche ambientale delle attività minerarie ed energetiche - UNMIG (<http://unmig.mise.gov.it/unmig/geotermia/inventario/inventario.asp>). Tale ricca documentazione ha permesso di valutare i parametri da usare per individuare un serbatoio di geofluido sfruttabile per la produzione di energia elettrica. Lo stesso Ministero dello sviluppo economico ha pubblicato le *Linee guida per l'utilizzazione della risorsa geotermica a media e alta entalpia* (Terlizze, 2016). Tutte queste indicazioni, elaborate di concerto con il Ministero dell'ambiente e della tutela del territorio e del mare, le Amministrazioni regionali interessate, gli operatori di settore ed i rappresentanti del mondo universitario e della ricerca scientifica, permettono di stabilire i criteri generali per lo sfruttamento in sicurezza della risorsa geotermica.

Le *Linee guida* sono state seguite dalla *Zonazione geotermica del territorio italiano* (Terlizze, 2017), che ha lo scopo di identificare le potenziali aree di interesse geotermico su cui avviare ulteriori approfondimenti. Da essa (<https://unmig.mise.gov.it/index.php/it/dati/risorse-geotermiche/zonazione-geotermica-del-territorio-italiano>) possono essere tratte, per ciascun Comune, le seguenti informazioni:

- il valore minimo, medio e massimo del flusso di calore emesso dalla superficie terrestre;
- la temperatura minima, media e massima attesa ad 1, 2 e 3 chilometri di profondità;
- l'ubicazione delle formazioni permeabili, potenzialmente idonee ad ospitare un sistema geotermico;
- la quota sul livello del mare (minima, media e massima) del tetto del complesso carbonatico mesozoico, che di solito costituisce il serbatoio geotermico superficiale.

Le carte presentate nel capitolo seguente mettono in evidenza significative variazioni dei suddetti parametri all'interno del territorio senese.

Caratteristiche geotermiche del Senese

Il flusso termico superficiale medio definisce la potenza termica che esce dall'unità di area del suolo per andare a disperdersi nell'atmosfera. L'unità di misura adottata è il millesimo di watt per metro quadrato (mWm^{-2}). La figura 3 descrive tale parametro per i 36 comuni considerati. Come riferimento, si ricorda che: il Comune di Castelnuovo di Val di Cecina (Pisa) presenta il flusso di calore più alto dell'intero territorio italiano ($428,21 \text{ mWm}^{-2}$); nei nove comuni toscani in cui opera l'industria geotermoelettrica il flusso termico medio supera 129 mW m^{-2} .

Numerosi studi, condotti in varie zone del mondo, hanno evidenziato che valori del flusso superiori a $90 - 100 \text{ mWm}^{-2}$ di frequente segnalano l'esistenza in profondità di sistemi geotermici idrotermali, potenzialmente sfruttabili. Nell'area senese è il Comune di Abbadia San Salvatore a mostrare il valore maggiore ($297,84 \text{ mWm}^{-2}$); questo supera di oltre sei volte il valore più piccolo ($47,48 \text{ mWm}^{-2}$) registrato per Torrita di Siena.

Fra l'altro, Abbadia San Salvatore si colloca anche al secondo posto nella sopra ricordata classifica nazionale del flusso termico.

La scala di colori mette in luce una sostanziale differenza tra la fascia nord-orientale del Senese (meno di 75 mWm^{-2}), quella centrale ($75 - 120 \text{ mWm}^{-2}$) e quella sud-occidentale (con valori maggiori di 120 mWm^{-2}). Pertanto, la distribuzione del flusso termico risulta essere abbastanza conforme alla suddivisione di tipo geologico discussa in precedenza. L'unica vistosa eccezione è rappresentata dal Comune di Radicofani, che pur essendo parte del Bacino di Siena presenta un flusso termico elevato. D'altra parte, il territorio in oggetto è prossimo al Monte Amiata ed ospita esso stesso un complesso vulcanico pleistocenico (Peccerillo, 2005).

Nella parte più superficiale della crosta il gradiente termico normale prevede l'aumento di circa 30°C per ogni 1000 m di profondità. In altre parole, la temperatura dovrebbe attestarsi intorno a $30, 60$ e 90°C rispettivamente alla profondità di $1, 2$ e 3 chilometri. La discrepanza, tra tali valo-

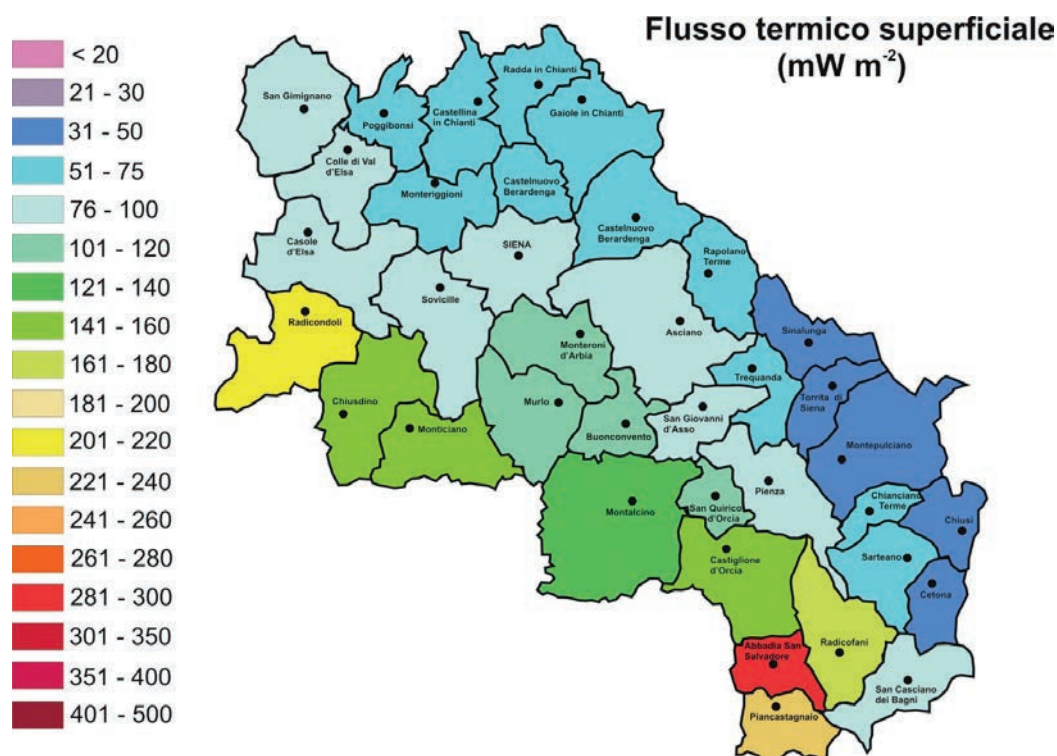


Fig. 3 - Flusso di calore superficiale medio per i comuni della Provincia di Siena. I dati sono tratti dalla *Zonazione geotermica del territorio italiano* (Terlizzese, 2017) discussa nel testo.

ri di riferimento e la temperatura media attesa in ogni comune del Senese alla profondità di 1000 m (Fig. 4), testimonia l'azione di un'anomalia termica di solito rappresentata da un plutone o da una camera magmatica in raffreddamento. Inoltre, il rapido incremento della temperatura con la profondità è talora ben correlato con un elevato valore del flusso termico superficiale (Fig. 3). Tuttavia, corre obbligo rimarcare che la conoscenza del flusso termico è necessaria ma non sufficiente per caratterizzare in modo completo lo stato termico della crosta. Il gradiente di temperatura $\Delta T/\Delta z$ è il rapporto tra la variazione della temperatura ΔT e l'incremento della profondità Δz . Ammettendo che nelle rocce il calore si trasmetta per conduzione, si può dimostrare che vale la relazione $\Delta T/\Delta z = q_0/k$, ove q_0 è il flusso termico superficiale e k la conducibilità termica delle rocce. Tale formulazione chiarisce il ruolo giocato dalla conducibilità termica: a parità di flusso di calore emesso in superficie, maggiore è la conducibilità della crosta e minore è la variazione di temperatura con la profondità; al contrario, una minore conducibilità

della rocce determina un maggiore incremento della temperatura con la profondità. In altre parole, la presenza di uno strato isolante vicino alla superficie favorisce la persistenza di temperature elevate in profondità, anche se il flusso di calore in uscita dal sottosuolo è relativamente modesto. Pertanto, le variazioni della conducibilità termica con la profondità - legate alla natura delle formazioni che costituiscono la successione stratigrafica - possono spiegare le eventuali apparenti discordanze tra la carta del flusso termico e le carte della temperatura.

Dalla figura 4 si nota che la temperatura non oltrepassa 50 °C in numerosi comuni della fascia orientale. Nei restanti comuni, la temperatura è di norma inferiore a 75 °C. Tale valore è superato in soli sei comuni dell'area occidentale, tre dei quali già ospitano l'industria geotermica.

La figura 5 descrive la temperatura media attesa alla profondità di 2000 m. Si nota una significativa discrepanza tra la parte orientale del Senese e quella occidentale; infatti, nella prima la temperatura rimane inferiore a 100°C, mentre nella secon-

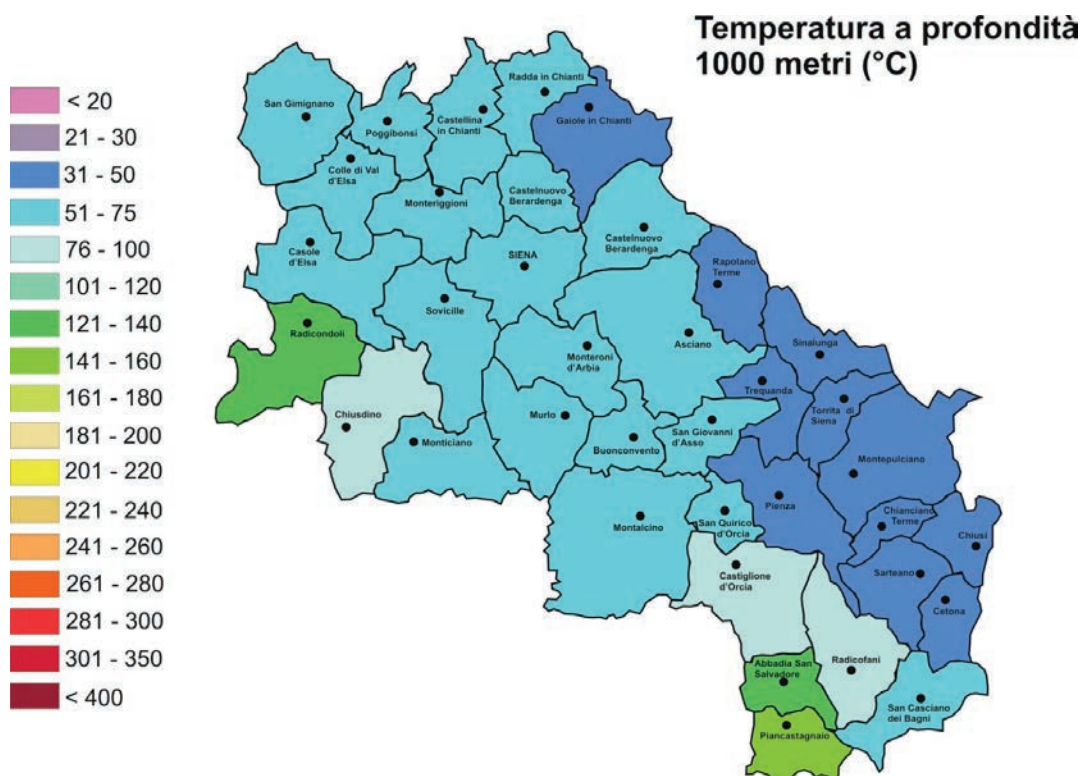


Fig. 4 - Temperatura attesa alla profondità di un chilometro per i comuni della Provincia di Siena.

da tale valore è ampiamente superato. Ad Abbadia San Salvatore, Piancastagnaio e Radicondoli la temperatura oltrepassa addirittura i 200°C. In merito è utile rammentare che la normativa vigente definisce la risorsa geotermica di *bassa, media e alta entalpia* quando la temperatura del geofluido è rispettivamente minore di 90°C, tra 90 e 150°C oppure maggiore di 150°C (Decreto Legislativo 11 Febbraio 2010, n. 22).

Dalla figura 6 si evince la temperatura media attesa alla profondità di 3000 m. A tale profondità si rafforza la distinzione tra la fascia orientale, dove la temperatura non supera i 120°C, la fascia centrale con temperature più elevate ma di norma inferiori a 160°C e la fascia occidentale, nella quale diversi comuni raggiungono e superano 200°C (addirittura 300°C a Piancastagnaio e Radicondoli).

Il quadro complessivo definito dalle figure 4-6 indica che in gran parte dei comuni del Senese il gradiente termico eccede il gradiente normale indicato in precedenza. Spostandosi dai comuni orientali verso i comuni occidentali si osserva,

tuttavia, un aumento deciso della temperatura. Inoltre, la differenza di temperatura tra comuni confinanti tende ad aumentare con l'aumento della profondità (come accade per Montalcino, Monticiano e Murlo).

Il fatto che le rocce della crosta terrestre raggiungano temperature elevate a profondità relativamente modeste è una condizione necessaria, ma non sufficiente, per l'esistenza di un sistema geotermico naturale. Questo, infatti, richiede che una porzione della crosta ospiti e lasci circolare il fluido geotermico, ovvero una miscela di acqua liquida (con numerose sostanze disciolte) e vapore d'acqua (accompagnato da gas come anidride carbonica e solfuro d'idrogeno). Si tratta del serbatoio geotermico che nella Toscana meridionale abbiamo visto sdoppiato in un livello superficiale ed uno profondo (Fig. 2).

La figura 7 riporta, per ciascun comune, la quota media sul livello del mare del tetto del complesso carbonatico mesozoico della Falda Toscana, ovvero dell'insieme di formazioni che di solito costituisce il serbatoio geotermico su-

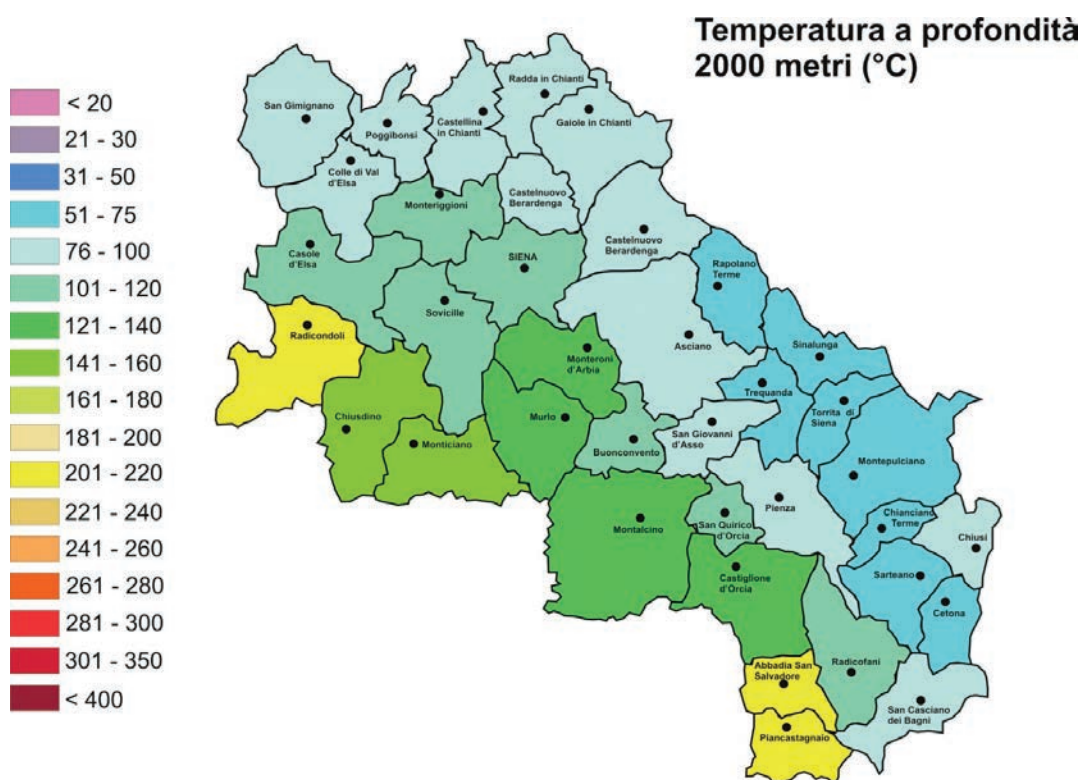


Fig. 5 - Temperatura attesa alla profondità di due chilometri per i comuni della Provincia di Siena.

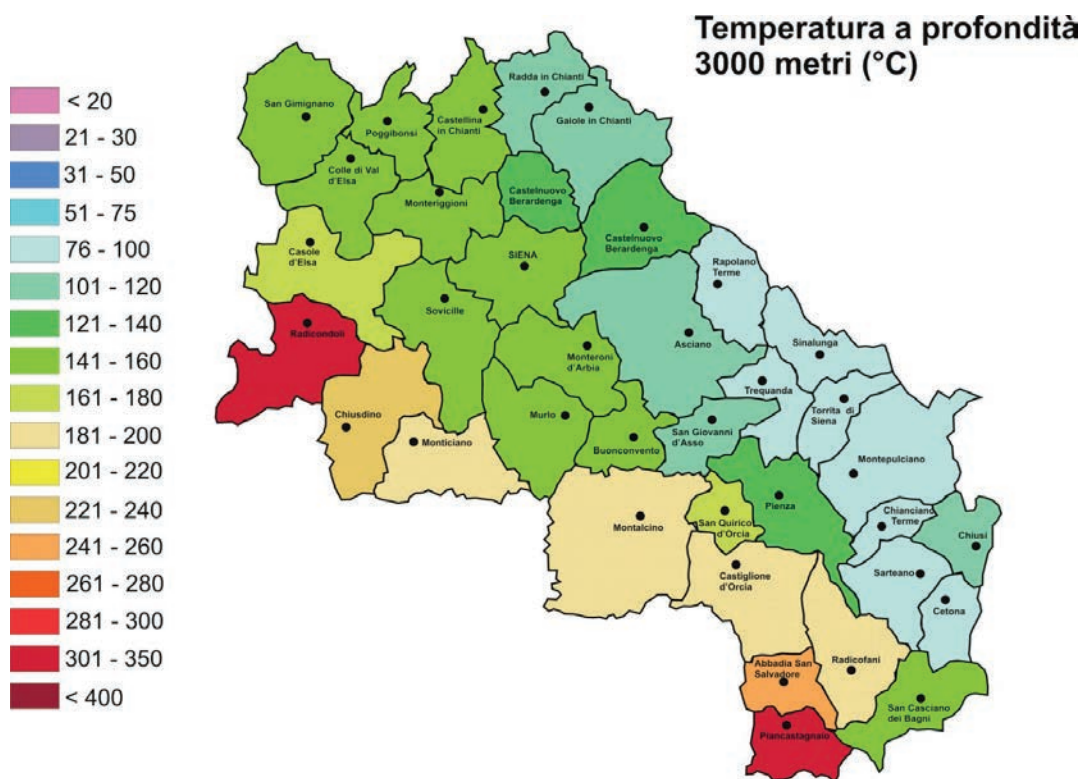


Fig. 6 - Temperatura attesa alla profondità di tre chilometri per i comuni della Provincia di Siena.

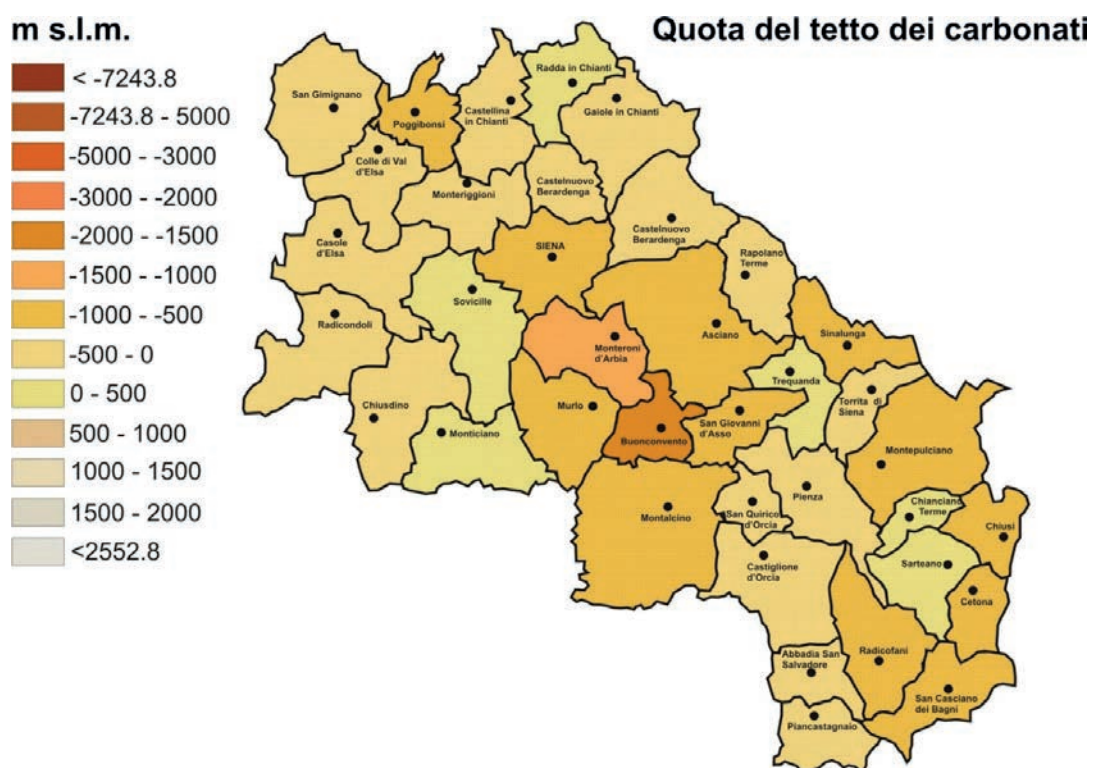


Fig. 7 - Quota media del tetto dei carbonati mesozoici della Falda Toscana per i comuni della Provincia di Siena.

perficiale. Com'era prevedibile dall'analisi della geologia superficiale (Fig. 1), i carbonati mesozoici si trovano a profondità maggiori nel Bacino di Siena-Radicofani dove è più spessa la copertura post-tortoniana (Miocene Superiore-Attuale). A testimonianza di ciò si fa osservare che la quota più bassa è mostrata dai Comuni di Buonconvento e Monteroni d'Arbia, i quali sono ubicati proprio al centro del bacino. Tutti queste informazioni rivestono un ruolo fondamentale per programmare le eventuali attività di esplorazione volte alla ricerca del serbatoio geotermico. Infatti, occorre tener conto che i costi di perforazione, sempre cospicui, lievitano in modo deciso con l'aumento della profondità del serbatoio.

Discussione e conclusioni

I dati archiviati nella *Zonazione geotermica* e riportati nelle carte precedenti (Figg. 3-7) delineano una quadro coerente per il Senese. L'anomalia termica cresce in modo significativo passando dai comuni disposti sulla fascia orientale a quelli della fascia centrale (comprendente il capoluogo provinciale). Ancora più marcato è l'incremento del flusso termico e della temperatura verso il settore occidentale, che confina con il Pisano ed il Grossetano. Tale andamento può essere interpretato come l'effetto di sorgenti termiche profonde, ovvero dei corpi magmatici intrusi nella crosta della Toscana meridionale tra il Pliocene Inferiore ed il Pleistocene Superiore (Peccerillo, 2005). Sulla base di molteplici dati geologici e geofisici, i grandi plutoni di Larderello e Monte Amiata, ancora in fase di raffreddamento, sarebbero collocati a profondità di 5-10 km (Finetti, 2006). Ciò spiega l'intensa anomalia termica osservata nei Comuni di Radicondoli, Chiusdino, Abbadia San Salvatore e Piancastagnaio, situati sopra o al margine di tali intrusioni.

Una propaggine del plutone di Larderello, estesa verso sud-est, corrisponde in superficie al complesso vulcanico pliocenico di Roccastrada;

questo comune della Provincia di Grosseto mostra, in effetti, un elevato flusso termico medio ($162,46 \text{ mWm}^{-2}$). La presenza di tale apofisi plutonica rende conto della non trascurabile anomalia termica del Senese centro-occidentale (Monticiano, Montalcino e Castiglione d'Orcia), collocato a metà strada tra i campi geotermici delle Colline Metallifere e quelli del Monte Amiata. Merita osservare che anche i confinanti comuni del Grossetano sono caratterizzati da un'accentuata anomalia, dato che i valori del flusso termico medio e della temperatura a 3 km risultano rispettivamente di $152,03 \text{ mWm}^{-2}$ e di $200,19^\circ\text{C}$ a Civitella Paganico, di $152,24 \text{ mWm}^{-2}$ e di $224,51^\circ\text{C}$ a Cinigiano, di $187,80 \text{ mWm}^{-2}$ e di $223,52^\circ\text{C}$ a Castel del Piano, di $217,83 \text{ mWm}^{-2}$ e di $241,36^\circ\text{C}$ a Seggiano.

Quanto evidenziato in precedenza permette di avanzare qualche considerazione. L'industria geotermica si è sviluppata nel Senese esplorando e sfruttando in modo razionale le risorse collocate nei Comuni di Radicondoli, Chiusdino e Piancastagnaio dove l'anomalia termica è più pronunciata. Sebbene in questi territori la geotermia possa vedere un'ulteriore espansione, la modesta estensione geografica ed il numero di impianti esistenti pone dei limiti anche di tipo ambientale. A Radicondoli, per esempio, su un'area di $132,57 \text{ km}^2$ operano ben sei centrali elettriche e queste sono servite da una lunga rete di condutture che trasportano il vapore dai numerosi siti di perforazione. Un eccessivo sfruttamento potrebbe inoltre portare al rapido declino del sistema geotermico; un fatto del genere è accaduto, tra il 1985 ed il 1995, in un'area della California settentrionale (denominata *The Geysers*) molto simile ai campi geotermici delle Colline Metallifere (Di Pippo, 2012). Pertanto, nei tre citati Comuni geotermici è auspicabile il continuo ammodernamento degli impianti piuttosto che la costruzione di nuove centrali. Tra gli altri Comuni del Senese, quello di Abbadia San Salvatore è senz'altro il più promettente. Anche in questo caso, però, occorre tener conto dei vincoli ambientali, di quelli paesaggistici e della modesta superficie territoriale, come del

resto previsto dalle *Linee guida* ministeriali.

Nei Comuni di Monticiano, Montalcino, Castiglion d'Orcia e Radicofani la temperatura attesa alla profondità di 3 km è di 180-200°C (Fig. 6), quindi al di sopra della soglia che definisce le risorse di alta entalpia (150°C). Tale zona di interesse prioritario può includere con più motivo i Comuni di Castel del Piano, Cinigiano, Civitella Paganico, Roccastrada e Seggiano, appartenenti alla Provincia di Grosseto. Ovviamente, ulteriori ricerche geologiche e geofisiche sono necessarie per stabilire l'effettiva presenza di serbatoi geotermici sfruttabili.

Nella figura 6 è evidenziato un gruppo di Comuni, tra San Gimignano e Buonconvento, ove la temperatura attesa a 3 km è di 140-160°C; a Casole d'Elsa e San Quirico d'Orcia è addirittura maggiore, raggiungendo i 160-180°C. A questo gruppo possiamo aggiungere il Comune di San Casciano dei Bagni, che presenta potenzialità buone seppur inferiori. D'altra parte, è noto che i moderni impianti a ciclo binario permettono la generazione di energia elettrica anche mediante geofluidi di media entalpia (Di Pippo, 2012). In altre parole, l'evoluzione tecnologica rende proficuo lo sfruttamento di risorse geotermiche che pochi decenni fa sarebbero state giudicate di scar-

so valore. In proposito si ricorda che la Regione Toscana ed il Ministero dello Sviluppo Economico stanno vagliando l'istanza, presentata dalla Società Sorgenia, per la concessione di coltivazione di risorse geotermiche "Le Cascinelle". Si tratta della richiesta di costruzione di un innovativo impianto geotermoelettrico nell'area industriale Val di Paglia, non a caso situata nel Comune di Abbazia San Salvatore. Il progetto consiste nella perforazione di 3 pozzi di estrazione sino alla profondità di 2 km. Il geofluido estratto, con temperatura attesa di circa 200°C (Fig. 5), riscalderebbe un apposito fluido di lavoro (di solito un idrocarburo a basso punto di ebollizione come normal-pentano o ciclo-pentano), il cui vapore muoverà le turbine del gruppo elettrogeno. Dopo lo scambio termico, il geofluido freddo verrà re-immesso nel sottosuolo mediante 7 appositi pozzi di iniezione. In tale impianto binario il fluido geotermico (comprese le eventuali sostanze indesiderate) non viene mai a contatto con l'ambiente esterno, con evidente, drastica riduzione dell'impatto ambientale. Il prelievo (e re-immissione) di 700 tonnellate all'ora di geofluido dovrebbe consentire la generazione di una potenza elettrica netta di circa 10 MW (ulteriori dettagli sono reperibili su <https://www.sorgenia.it/impianto-geotermico-val-di-paglia>).

Bibliografia

Carmignani L. & Lazzarotto A. (Coordinatori) (2004) - *Carta Geologica della Toscana/Geological Map of Tuscany (Italy) 1:250000*. Regione Toscana, Direzione delle Politiche Territoriali e Ambientali - Servizio Geologico.

Di Pippo R. (2012) - *Geothermal Power Plants: principles, applications, case studies, and environmental impact, Third edition*. Butterworth-Heinemann/Elsevier, UK-USA, ISBN 978-0-08-098206-9.

Finetti I.R. (2006) - *Basic regional crustal setting and superimposed local pluton-intrusion-related tectonics in the Larderello-M. Amiata geothermal province, from integrated CROP seismic data*. Bollettino della Società Geologica Italiana, 125: 117-146.

Gartner I. (a cura di) (2022) - *Monitoraggio delle aree geotermiche toscane - Anno 2020. Controllo alle emissio-*

ni delle centrali geotermoelettriche di ENEL GPI. ARPAT - Agenzia regionale per la protezione ambientale della Toscana, Firenze (www.arpat.toscana.it).

Pascucci V., Martini I.P., Sagri M. & Sandrelli F. (2007) - *Effects of transverse structural lineaments on the Neogene-Quaternary basins of Tuscany (inner Northern Apennines, Italy)*. In: Nichols G., Williams E. & Paola C. (Eds.), *Sedimentary Processes, Environments and Basins: A Tribute to Peter Fried*, International Association of Sedimentology, Special Publication 38: 155-182. <http://dx.doi.org/10.1002/9781444304411.ch8>.

Peccerillo A. (2005) - *Plio-Quaternary Volcanism in Italy. Petrology, Geochemistry, Geodynamics*. Springer-Verlag, Berlin-Heidelberg, Germany, ISBN 978-3-540-25885-8.

Terlizzese F. (2016) - *Linee guida per l'utilizzazione della risorsa geotermica a media e alta entalpia*. Mini-

stero dello Sviluppo Economico, Direzione Generale per la sicurezza anche ambientale delle attività minerarie ed energetiche - Ufficio Nazionale minerario per gli idrocarburi e le georisorse, Roma, Ottobre 2016 (<http://unmig.mise.gov.it/unmig/geotermia/lineeguida.asp>).

Terlizzese F. (2017) - *Zonazione geotermica del territorio italiano*. Ministero dello Sviluppo Economico, Direzione Generale per la sicurezza anche ambientale delle attività minerarie ed energetiche - Ufficio Nazionale minerario per gli idrocarburi e le georisorse, Roma, Marzo 2017 (<https://unmig.mise.gov.it/index.php/it/dati/risorse-geotermiche/zonazione-geotermica-del-territorio-italiano>).

Viti M. & Tavarnelli E. (2018) - *Geotermia nella Toscana meridionale: una risorsa importante da gestire con cura*. Etrurianatura, Accademia dei Fisiocritici, Siena, 12 (Volume Speciale sulle acque termali): 10-24, ISSN 2282-2607.

Viti M. (2019a) - *Geotermia in Toscana: nuove conoscenze ed innovazioni tecnologiche*. Il Geologo, 108: 8-23

(www.geologitoscana.it).

Viti M. (2019b) - *L'impatto ambientale della geotermia in Toscana*. Il Geologo, 110: 12-21 (www.geologitoscana.it).

Viti M. (2020a) - *Termogeologia: la nuova frontiera della geotermia*. Il Geologo, 111: 8-19 (www.geologitoscana.it).

Viti M. (2020b) - *Active tectonics in Tuscany (Central Italy): Ten years of seismicity (2009-2019)*. International Journal of Geosciences, 11: 613-650, <https://doi.org/10.4236/ijg.2020.1110032>.

Viti M. (2021a) - *Geotermia in Italia. Aspetti geologici, tecnologici ed ambientali*. Geologia dell'Ambiente, 2: 25-31, ISSN 1591-5352.

Viti M. (2021b) - *Tettonica attiva in Toscana: dieci anni di sismicità (2009-2019)*. Etrurianatura, Accademia dei Fisiocritici, Siena, 14: 14-27, ISSN 2282-2607.

Variazioni climatiche e stabilità dei suoli

Antonio Maria Baldi

Via Di Diacceto 22. 53100 Siena - baldi@sgg.it

Premessa

Negli ultimi anni si è assistito ad un susseguirsi di eventi geologici calamitosi riconducibili al riscaldamento climatico (diversa distribuzione delle precipitazioni piovose e nivali, incremento delle temperature estive e non solo, ecc.) e all'uso improprio del suolo. Purtroppo, sia a livello locale che a quello globale, non sembra sia stato raggiunto quel grado di conoscenza indispensabile per affrontare e porre rimedio a tali problemi (in verità sembra mancare perfino la volontà di riconoscerli). Il principale scopo del presente articolo è quello di portare un contributo in questo senso, offrendo l'esperienza maturata nel recente passato su dissesti verificatisi in condizioni geologiche e ambientali diverse. Dei dissesti vengono ipotizzate anche le cause ed indicati gli interventi necessari per evitare il loro ripetersi.

Cambiamento delle pluviometrie

Parlare di modificazione pluviometrica non è semplice in quanto le relative registrazioni numeriche riguardano un periodo di poco superiore al secolo, mentre sarebbero necessari tempi di osservazione molto più lunghi. Comunque, per la nostra latitudine e in riferimento alla stabilità dei suoli, i climatologi segnalano i seguenti elementi (Capriolo *et al.*, 2011; Rosso, 2017):

- Spostamento della stagione piovosa dall'inizio alla tarda primavera. Tale avanza-

mento climatico impatta con la copertura vegetale già sviluppata e riduce di fatto l'infiltrazione efficace dell'acqua nel suolo, anche in relazione all'evapotraspirazione;

- Riduzione dei tempi di ritorno degli eventi significativi, con una più alta frequenza delle precipitazioni intense in intervalli estremamente brevi;
- Scioglimento rapido della coltre nevosa, a seguito del repentino innalzamento della temperatura dovuto a venti sciroccali, specie sulle Prealpi e sugli Appennini Settentrionali (D'Amato-Avanzi *et al.*, 2011 a).

Questi elementi (non sempre concomitanti), che portano alla saturazione rapida della coltre superficiale al di sopra di un substrato secco, nel volgere di poche ore fanno raggiungere al modello geotecnico il suo "equilibrio limite" (Crosta *et al.*, 1990; D'Amato-Avanzi *et al.*, 2011 b). Anche per l'effetto destabilizzante della vegetazione superficiale, queste condizioni conducono all'istaurarsi di repentini "colamenti" sia di materiale detritico grossolano e non classato (*debris flow*, colata detritica: Fig. 1), sia di materiale vulcanico



Fig. 1 - Colata detritica (*debris flow*) in un alveo torrentizio alpino, con ostruzione di una delle due luci del piccolo ponte.

1 Le cosiddette "bombe d'acqua": questo modo di dire fu introdotto nel 1996 da un giornalista de "La Nazione" di Firenze per descrivere mediaticamente, come unico ed eccezionale, il disastro di Cardoso in alta Versilia. Il termine costituisce un'impropria traduzione dell'inglese *cloudburt* (*cloud* sta per nube mentre *burt* significa "scarica, raffica esplosiva").

piroclastico (*lahar*) e materiali detritici fini (*mud flow*, colata di fango: Fig. 2).



Fig. 2 - Colata di fango (*mud-flow*) su un versante acclive presso Maokong, Taiwan (settembre 2008).

Modifica nella tipologia di frane

VARIAZIONE DEL MODELLO PREDISPONENTE.

Alle nostre latitudini il modello climatico tradizionale prevede piogge significative nel periodo autunnale ed all'inizio della primavera; questa loro distribuzione, anche per l'assenza della copertura fogliaria superficiale, consente l'infiltrazione dell'acqua negli strati più profondi del sottosuolo. Tale infiltrazione contribuisce, in maniera rilevante, all'innesco di frane su piani di scivolamento generalmente posti qualche decina di metri più in basso; l'acqua, infatti, esercita una funzione destabilizzante sia perché incrementa il peso della massa spingente in movimento, sia perché agisce come "lubrificante" riducendo l'attrito resistente sul piano di scivolamento. In sostanza, si assiste a movimenti gravitazionali lenti ove la velocità di traslazione del "corpo di frana" si riduce (fino ad azzerarsi) nel periodo estivo per poi riattivarsi a seguito delle piogge autunnali. Nell'ambito della "classificazione dei dissesti" (Cruden & Varnes, 1996) questo tipo di frana viene definito a "scorrimento rotazionale" (Fig. 3). Per la diffusione, che ha avuto fino ad oggi, esso è stato ampiamente analizzato in riferimento alla sua origine, al pro-

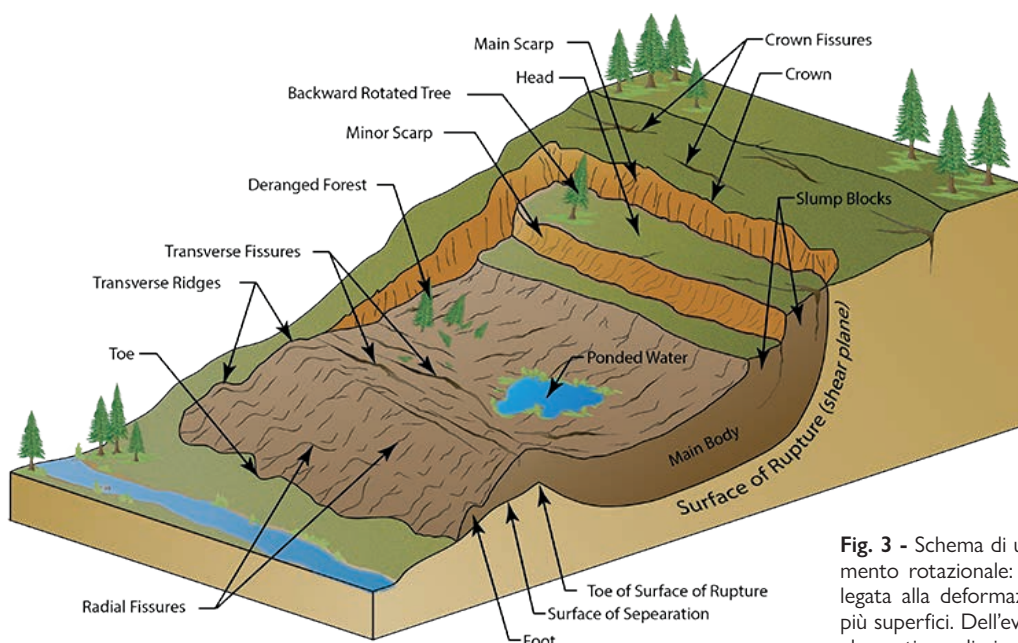


Fig. 3 - Schema di una frana per scivolamento rotazionale: la sua formazione è legata alla deformazione di taglio lungo piani superficiali. Dell'evento sono indicati gli elementi peculiari.

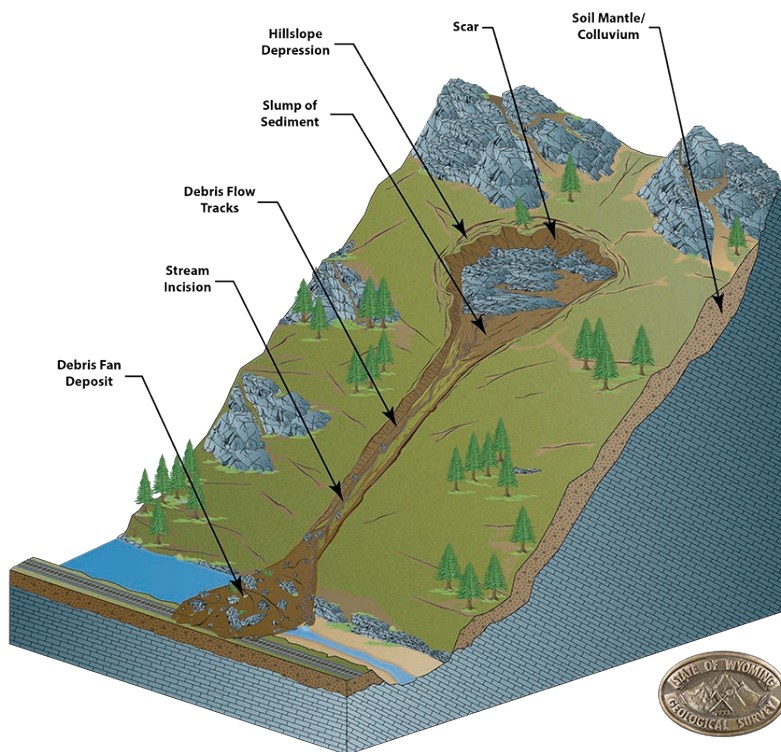


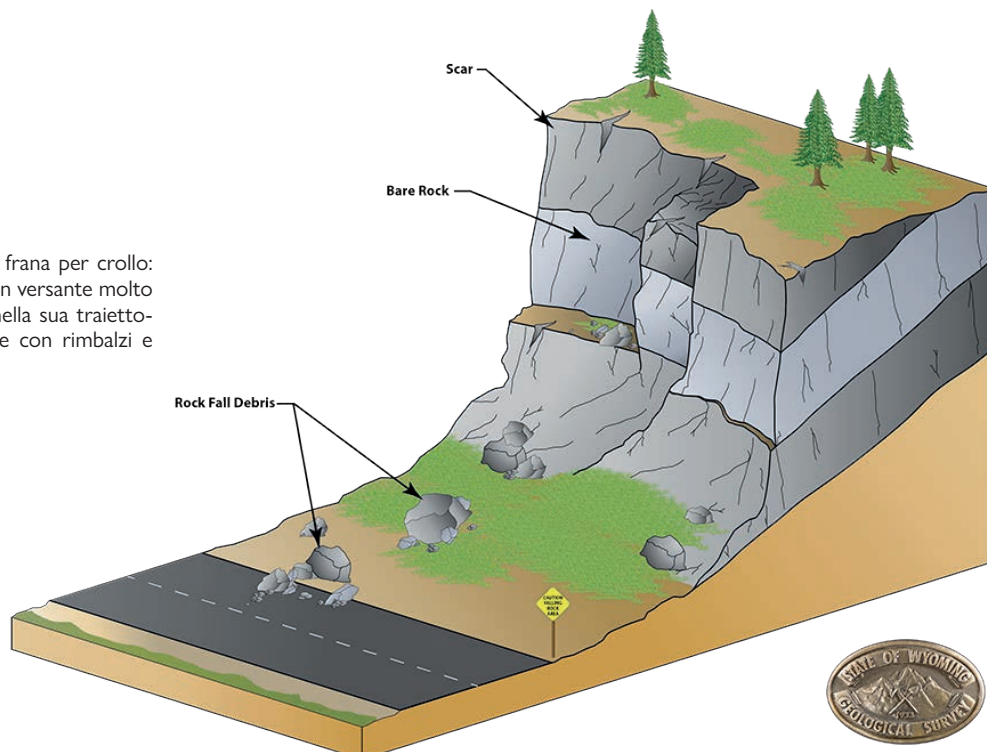
Fig. 4 - Schema di una frana per colamento: la massa spostata si muove in maniera continua, con velocità analoga a quella che si crea all'interno di un fluido viscoso. Dell'evento sono indicati gli elementi peculiari.

cesso di distacco ed alla sua probabile evoluzione; non di meno è stato considerato dal punto di vista ingegneristico, in ordine al suo contenimento ed alla sua stabilizzazione per proteggere gli edificati e le reti infrastrutturali.

A causa della variazione del regime pluviometrico l'effetto destabilizzante delle piogge sui

versanti si è modificato e, con esso, la tipologia delle frane. In altre parole, si è passati dal prevalere dello "scorrimento rotazionale" al prevalere del "colamento" (Fig. 4; D'Amato *et al.*, 2011 b) e del "crollo" (Fig. 5). Per la citata "classificazione dei dissesti", le colate sono assimilate allo spostamento rapido di una massa viscosa in cui i

Fig. 5 - Schema di una frana per crollo: la massa, staccatasi da un versante molto acclive o subverticale, nella sua traiettoria verso valle si muove con rimbalzi e rotolamenti.



movimenti intergranulari disgregativi predominano sull'azione di rottura a taglio delle superfici. Nelle colate possono distinguersi tre diverse fasi: l'attivazione, il trasporto e la deposizione (Fig. 4). Come in tutte le frane, la prima fase è dovuta all'interazione tra situazioni predisponenti e fattori scatenanti (la saturazione d'acqua della coltre superficiale incide sul trasporto dei terreni movimentati); la seconda e la terza, invece, sono da mettere in relazione con la morfologia dei canali di scorrimento e con la reologia della colata per l'interazione tra la parte fluida e quella solida che condiziona il trasporto e la deposizione al piede del versante. Questi eventi si caratterizzano anche per l'originarsi di uno "strato" fluido ed in pressione sul fondo della colata, strato che provoca la riduzione dell'attrito resistente o addirittura il suo annullamento.

Riguardo alle colate, merita ricordare l'azione destabilizzante che la copertura arbustiva assume nelle zone acclivi. In queste aree di difficile accessibilità, i cicli di taglio si dilatano così tanto che la vegetazione può divenire decisamente rigogliosa e trasformarsi in alti fusti maturi. L'apparato radicale delle piante, soggetto anche alle sollecitazioni che i venti esercitano sulla chioma fogliaria, disgrega il suolo per cui risulta facilitata la perdita progressiva della frazione fine ad opera del dilavamento; ne conseguono una riduzione dello spessore del suolo ed un incremento della sua permeabilità. In concomitanza con eventi piovosi intensi e concentrati, questo processo produce un forte aumento di volume/peso della coltre superficiale, con un decadimento delle caratteristiche meccaniche di resistenza fino al raggiungimento dello stato di liquefazione. Quando tale criticità coinvolge un'area estesa si realizzano le condizioni per l'innescò di una colata, con il materiale detritico che confluisce nel reticolo di drenaggio superficiale e precipita rovinosamente verso valle (Picarelli & Olivares, 2001). In aree ugualmente acclivi, ma coltivate, la conservazione del suolo è invece garantita dalla generale conformazione a cespuglio delle piante oltreché, ovviamente, dalla presenza di una rete di canalette per la regima-

zione delle acque meteoriche dilavanti. Secondo Baldi *et al.* (2014) le caratteristiche meccaniche di resistenza del suolo risultano più elevate, rispetto alle zone boscate, in virtù della ridotta permeabilità legata al mantenimento delle granulometrie più fini (spesso classificabili di "tipo franche", con 20, 30 e 40 % tra le varie frazioni). In definitiva, l'uso del suolo può rappresentare un elemento discriminante circa la stabilità o l'instabilità dell'area sommitale di innescò delle colate.

ADEGUAMENTO DEI MODELLI PREVISIONALI DI ALLERTA.

Nell'ambito della pianificazione territoriale, montana e collinare, la gestione dei rischi dovrà adeguarsi alla tipologia di frana che il nuovo assetto climatico ha fatto prevalere; sarà tale tipologia, infatti, che eserciterà maggiormente la sua elevata potenzialità distruttiva in relazione all'intensità ed alla repentinità degli eventi climatici (Murgese *et al.*, 2011).

Le frane per "scivolamento rotazionale" manifestano elementi premonitori e risultano geometricamente definibili tramite indagini geognostiche dirette e geofisiche indirette. Essendo studiabili, sotto il profilo modellistico-numerico, la loro riattivazione a seguito di eventi piovosi e/o nevosi può essere predetta in termini di pericolosità. Per questo tipo di frana sono stati messi a punto anche sistemi di monitoraggio, con soglie di allerta predefinite, in grado di segnalare (a mezzo della "protezione civile") l'istaurarsi di condizioni di rischio potenziale. La loro esistenza consente una certa "convivenza" con l'instabilità da frana, sia nella fase di progettazione delle opere stabilizzanti che in quella di ricerca della copertura finanziaria per l'intervento. Le frane per "colamenti gravitativi", invece, sono estremamente repentine, non manifestano elementi premonitori e sono difficilmente valutabili in termini volumetrici (di conseguenza non è riconoscibile l'estensione della zona di accumulo al piede); di contro, è definibile il loro percorso. Dato che l'unico elemento misurabile è l'evento piovoso che innescò il dissesto, non sono realizzabili reti di monito-

raggio per accertare eventuali rischi. Da rilevare, ancora, che non esistono procedimenti di calcolo previsionale specifici e ben collaudati, per cui al loro posto dobbiamo utilizzare quelli relativi agli eventi valanghivi-nivei. In definitiva risulta difficile, se non impossibile, la localizzazione delle zone di distacco e dell'accumulo al piede con un grado di affidabilità sufficiente ad introdurre vincoli nell'utilizzo del territorio. Questi elementi di incertezza rendono di fatto labile la definizione dell'evento, conferendo agli studi un certo grado di "empiricità" che non giova alla credibilità dell'intento pianificatorio.

MODIFICA DEGLI INTERVENTI DI PREVENZIONE E CONSOLIDAMENTO.

Gli interventi di consolidamento delle frane per "scorrimento rotazionale" hanno ormai raggiunto un grado di risoluzione non suscettibile di innovazioni significative. Sostanzialmente, essi possono essere riconducibili ai seguenti insiemi:

- 1) interventi stabilizzanti con opere rigide in cemento armato: muri di sostegno, palificate, diaframmi continui e discontinui, diaframmi berlinesi, ecc.;
- 2) interventi tesi a rallentare (se non azzerare) la velocità del movimento gravitativo agendo sul drenaggio dell'acqua dal corpo di frana e dal piano di scivolamento: drenaggi superficiali, pozzi drenanti, sistema di pozzi drenanti con sondaggi suborizzontali, ecc.

Per il contenimento dell'effetto devastante delle colate non esiste ancora un metodo che può essere definito efficace e risolutivo in modo univoco (Baldi & Mondet, 2021). In genere si interviene sulla massa in movimento, all'interno di un'incisione individuata come canale, seguendo tre direttrici principali:

- *riduzione della velocità traslativa della colata.* In fase di moto, lo "strato" fluido in pressione induce il materiale trasportato al "galleggiamento" per cui l'attrito resistente sul piano di scivolamento si riduce favorendo la velocità. Il controllo di quest'ultima si ottiene trattando la componente liquida, in scorrimento sul fondo dell'incisione,

con apposite "griglie drenanti a gravità".

- *riduzione dell'efficacia distruttiva della colata.* Si ottiene facendo restare a monte la parte granulometricamente più grossolana (blocchi con diametro superiore a 40-50 cm) tramite il classamento del materiale in movimento. Per tale operazione vengono disposte, ortogonalmente all'incisione, reti metalliche da sollevarsi al momento del flusso. Nella fase iniziale dell'evento franoso le reti sono attivate da un congegno elettromeccanico computerizzato la cui efficienza, però, è difficilmente garantita in situazione di emergenza (ad esempio per l'interruzione dell'alimentazione elettrica al sistema);

- *riduzione dell'energia della colata.* Si ottiene utilizzando "vasche di laminazione" in grado di trattenere parte del materiale "più a monte" e rallentare così il flusso verso valle. La realizzazione di tali opere è fortemente condizionata dalla morfologia del versante e dall'entità volumetrica che si vuole sottrarre all'area di deposizione.

Innalzamento delle temperature estive

Come detto in precedenza, negli ultimi anni abbiamo assistito ad un incremento delle temperature estive sull'Europa; esso è conseguente alle "ondate di calore" portate dall'anticiclone che staziona pressoché permanentemente sull'Africa settentrionale. Questo anticiclone subtropicale, infatti, possiede meccanismi dinamici che possono portarlo ad espandersi verso nord ed a raggiungere aree del Mediterraneo e dell'Europa meridionale tradizionalmente occupate, durante l'estate, dall'anticiclone delle Azzorre (Krauss, 2022). Per curiosità, si evidenzia la tendenza di certi climatologi-giornalisti a chiamare le "ondate di calore" con nomi fantasiosi che evocano il timore e la paura (Liberti, 2020).

Non vi è alcun dubbio che, quando si creano condizioni termometriche elevate, la stabilità di una roccia o di un sedimento può essere non solo messa in discussione ma addirittura annullarsi, con conseguenze talvolta catastrofiche. Un esem-

pio è fornito dall'innalzamento dello zero termico al di sopra dei 3500 m s.l.m.; in queste condizioni di "riscaldamento" in alta quota, perfino nei versanti esposti a nord della Catena Alpina (come la cresta del Hörli sul Cervino; Mourey, 2019) si può giungere allo scioglimento sia della copertura ghiaccio/neve del suolo che del ghiaccio presente nelle fessure profonde della roccia per cui si assiste a crolli. Un altro esempio è offerto dalla variazione volumetrica delle argille (con percentuale significativa di minerali che si espandono in presenza di acqua), sempre innescata da un riscaldamento eccessivo, che provoca fessurazioni più o meno importanti sugli edifici o addirittura il loro crollo. Questi due aspetti sono trattati in maggior dettaglio qui di seguito.

DISSOLUZIONE DEL PERMAFROST E CROLLI NELLE AREE DI MONTAGNA.

Durante le estati degli ultimi 20-30 anni la temperatura in alta quota è salita più volte, e per periodi relativamente lunghi, al di sopra della "normalità". Questo è il motivo per cui sulla Catena Alpina si sono verificati crolli per la fusione del permafrost. Risulta perfino difficile pensare che un grosso ammasso roccioso, del peso di decine o centinaia di tonnellate, possa essere trattenuto unicamente dalla forza con cui il ghiaccio può aderire alla roccia (Ravel & Deline, 2008). Eppure è così: se la parete rocciosa non è in equilibrio stabile, l'acqua prodotta dalla fusione del ghiaccio genera pressioni interstiziali che possono divenire l'elemento scatenante dei crolli (Morra di Cella *et al.*, 2011). Per meglio definire la consistenza di questi crolli è stata predisposta una classificazione basata sulla volumetria della massa coinvolta: solo se questa è superiore ad un milione di metri cubi si parla di "frana"; per volumetrie minori si parla genericamente di "crolli di roccia"; nel caso di distacco di singoli blocchi, con volumetria dell'ordine di alcuni metri cubi, si ricorre al termine di "caduta massi".

Il 29 giugno 2005, dalla parete ovest di una delle Aiguilles du Dru (due vette francesi situate nella parte settentrionale del massiccio del Monte

Bianco) si staccarono 250000 m³ di roccia granitica che coinvolsero il "Pilastro Bonatti" (Mezzarella, 2021). La cima di tale pilastro, considerata pressoché impossibile da conquistare, era stata raggiunta per primo da Walter Bonatti nell'agosto del 1955 (impiegò sei giorni, dal 17 al 22) (Fig. 6). Il 14 settembre 2011, poche ore prima della sua morte, due enormi frane si formarono sulle Aiguilles du Dru e andarono a cancellare la "Via Direttissima Bonatti". Dagli studi eseguiti in merito emerse, con un certo grado di sicurezza, che gli eventi erano almeno in parte da mettere in relazione con la dissoluzione del ghiaccio interstiziale dovuta alle alte temperature registrate in quel periodo estivo (Ravel & Deline, 2008).

Il 23 agosto del 2017 (alle ore 9,30) lo scioglimento del permafrost innescò una gigantesca frana (3-4 milioni di metri cubi di materiale) sulla parete nord del Pizzo Cengalo (ad una quota intorno a 3000 m s.l.m.), nel versante svizzero della Val Bondasca (Cantone dei Grigioni; Fig. 7), che portò alla morte in quota di 8 escursionisti (le loro salme non sono state più ritrovate). Nel suo movimento verso il basso la frana impattò il ghiacciaio, alla base della parete, provocando lo scioglimento di una sua consistente porzione (stimata in 0,6 milioni di metri cubi). Con il contributo della ingente quantità di acqua liberata, la frana si trasformò da solida in *debris flow*, percorse tutta l'incisione di compluvio e raggiunse il paese di Bondo. L'abitato, però, non fu distrutto per la presenza al piede della valle di un "bacino di ritenzione" (un'opera sperimentale di contenimento voluta dalle autorità cantonali a seguito di un precedente crollo del dicembre 2011, con 1,5 milioni di metri cubi di materiale mobilizzato, e di alcune colate detritiche dell'estate successiva) atto ad ospitare una volumetria di almeno 50000 metri cubi. Il bacino, che aveva sostituito una precedente opera prevista per difendersi dalle valanghe, pur insufficiente ad accogliere l'apporto detritico complessivo aveva scongiurato danni agli edifici e l'ulteriore perdita di vite umane. Da rilevare, in proposito, che per avvertire la popolazione di possibili crolli sulla montagna (fra l'altro, la frana era stata preceduta

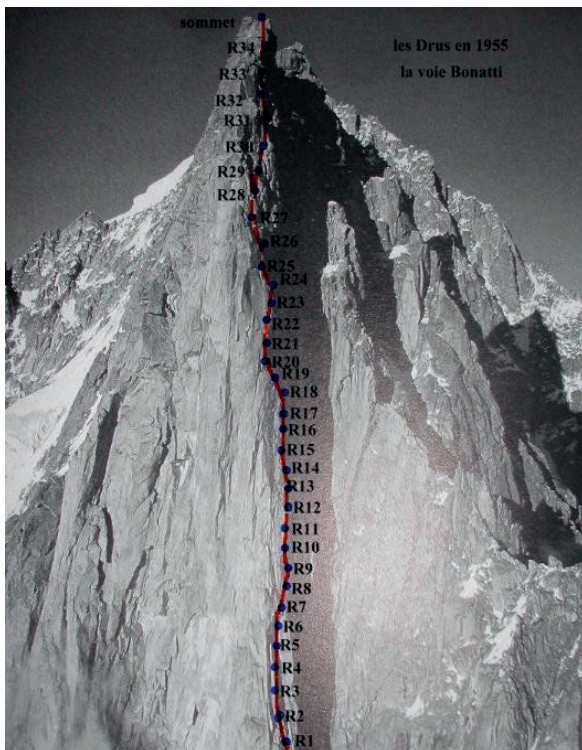


Fig. 6 - Parete ovest delle Aguilles du Dru, sul versante francese del Monte Bianco. A sinistra: il Pilastro Bonatti e la "direttissima" omonima; l'ascesa dello scalatore fu effettuata dal 17 al 22 agosto del 1955 (i numeri indicano "i tiri" alpinistici). A destra: la porzione della parete rocciosa (delimitata in rosso) crollata per lo scioglimento del permafrost (29 giugno 2005).

da piccoli crolli premonitori nei mesi di giugno e luglio) era stata implementata anche una rete di allerta (semafori di blocco del transito sulle strade a rischio, con segnalazione in tempo reale tramite rete interferometrica e laser-scanner). Dopo altre minori colate detritiche, a seguito di una forte precipitazione temporalesca la sera del 31 agosto

giunsero in valle 200000 m³ di materiale, che tracciarono dalla vasca di ritenzione (Fig. 8).

Nelle regioni con alte montagne è sempre più in uso il monitoraggio delle pareti rocciose al fine di individuarne i movimenti e/o le deformazioni. Per questo motivo vengono usate, oltre alle tradizionali metodologie (stazioni meteo, inclinometri,



Fig. 7 - A sinistra: in giallastro è evidenziato il tragitto che la frana del Piz Cengalo (23 agosto 2017) percorse attraverso la Val Bondasca (Cantone dei Grigioni - CH) fino a Bondo (al piede del versante). A destra: nell'immagine, ricavata dalla rete di monitoraggio, è osservabile il crollo della parete (dovuto alla fusione del permafrost) e l'impatto dell'ingente massa di roccia sul sottostante ghiacciaio che trasformò la frana in colata (*debris flow*).



Fig. 8 - L'immagine mostra la tracimazione del "bacino di ritenzione" (31 agosto 2017) costruito nei pressi del paese di Bondo. Pur risultando insufficiente ad accogliere l'apporto di materiale, esso limitò i danni sull'abitato..

distometri, fessurimetri, estensimetri, ecc.), l'interferometria radar satellitare e l'interferometria radar da terra (Frodella *et al.*, 2017; Intrieri *et al.*, 2017). La parete dell'Hörblingrat, sul versante svizzero del Monte Cervino, ospita addirittura il più importante apparato di monitoraggio del mondo: con le sue 29 stazioni, equipaggiate ciascuna con 17 diversi tipi di sensori, esso ha permesso di raccogliere 114 milioni di dati ed oltre in dieci anni. Dalle analisi di questi dati è emersa, ancora una volta, la partecipazione della fusione del permafrost all'instabilità della massa rocciosa (Weber, 2019). Una rete analoga, progettata dal Politecnico di Torino e dall'Università della Savoia, è stata installata sul Monte Bianco.

IL FENOMENO DEL "RITIRO" DELLE ARGILLE.

Le argille sono rocce sedimentarie clastiche, costituite da clorite, illite, caolinite, vermiculite e montmorillonite; tutti fillosilicati che, a seconda della loro struttura cristallina, sono suddivisi in quattro gruppi principali (Carobbi *et al.*, 1987):

- a due strati T-O (tetraedrico-diottaedrico), il cui

rappresentante principale è la caolinite;

- a tre strati T-O-T (tetraedrico-diottaedrico-tetraedrico), a cui appartiene la montmorillonite;
- a quattro strati T-O-T-O (tetraedrico-diottaedrico-tetraedrico-triottaedrico), contenente tutto il gruppo delle cloriti;
- a strati misti, con minerali "costituiti" da combinazioni complesse (distinte in regolari e irregolari) degli strati dei gruppi precedenti. Questa tipologia è la più diffusa; in riferimento ai gruppi costituenti abbiamo le illiti-montmorilloniti, le caoliniti-montmorilloniti, le illiti-cloriti-montmorilloniti, le cloriti-vermiculiti.

Nelle argille plioceniche di alcuni affioramenti toscani è presente il gruppo con "strati misti". Là dove la percentuale di minerali espandibili (vermiculite e montmorillonite) raggiunge il 30%, si realizzano le condizioni per l'assorbimento di acqua; con questa acquisizione si può ottenere un incremento del volume compreso fra il 15 ed il 18% (Fig. 9; Moore & Reynolds, 1997; Reynolds, 1980; Reynolds & Hower, 1970; Sròdon, 1980). Durante i periodi estivi, con alte temperature, il

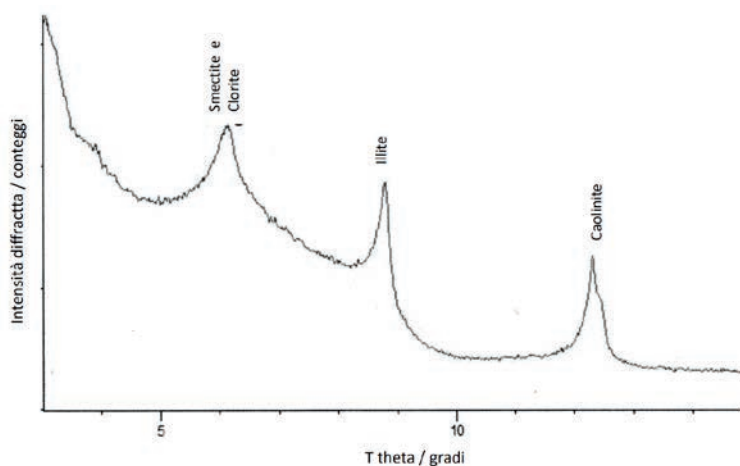


Fig. 9 - Identificazione dei minerali argillosi, mediante analisi diffrattometrica ai raggi x, in un campione prelevato in località Leonina (Asciano, SI).

contenuto di acqua ospitato nel reticolo cristallino finisce per evaporare per cui si ha una riduzione volumetrica delle argille (Watanabe, 1988; Watanabe & Tsutomu, 1988), con conseguente formazione di crepe e fessure.

Fino a qualche anno fa si osservava che la fessurazione, in argille con il 10 - 15 % di minerali espandibili, si esauriva ad una profondità di 60-80 cm; in quelle con concentrazioni maggiori raggiungeva, invece, una profondità di 120-130 cm. Per le fondazioni di tipo nastriforme (superficiale), i manuali ingegneristici suggerivano di posizionare il piano di appoggio ad una profondità non inferiore agli 80 cm. Questa indicazione risultava però troppo “generica” per cui, in sede di progettazione, diveniva necessario il controllo (mediante analisi mineralogica) della percentuale dei minerali espandibili. Nel caso di una loro concentrazione significativa, si poneva il piano di posa ad almeno 140-150 cm oppure si ricorreva a fondazioni profonde.

Durante l'anno il processo fessurativo sulle murature non avviene in maniera continua e stabile; nel periodo secco estivo (agosto-settembre) raggiunge la massima dilatazione, mentre nel periodo piovoso invernale le lesioni tendono a richiudersi, senza però raggiungere la posizione di contatto iniziale. Per risolvere tale criticità era prassi approfondire il piano di fondazione, sia per i nuovi edifici sia per quelli da restaurare e/o re-

cuperare (Meisina, 2011). Al momento non si conoscono metodologie che, in presenza di temperature estreme, consentano di risolvere il problema dei dissesti negli edifici tramite il mantenimento dell'acqua nella struttura cristallina delle argille. Iniettare acqua sotto controllo nel sedimento fondale potrebbe apparire una soluzione, ma è anche vero che eventuali errori di valutazione e/o di progettazione potrebbero provocare effetti disastrosi. Occorre, quindi, attendere che tale linea di intervento sia meglio

studiata e sperimentata, prima di applicarla.

Di seguito sono riportati i procedimenti che in genere sono seguiti per consolidare gli edifici:

- a) effettuare una sottofondazione delle murature esistenti, procedendo all'approfondimento del piano di appoggio per tratti limitati in modo da non danneggiare ulteriormente l'edificio. Se è necessario intervenire anche al suo interno, si finisce però per rendere inagibile tutto il piano terra con costi elevati nel ripristino dei solai e dei pavimenti;
- b) utilizzare micropali atti a trasferire parte del carico dalle fondazioni superficiali agli strati più profondi del sottosuolo (dove le argille non risentono dell'essiccamento). Anche se meno invasivo degli altri, questo intervento presenta oneri elevati;
- c) iniettare resine espansive nel sottosuolo al fine di “intasare” le fessure. Sebbene efficace nel consolidamento di edifici soggetti a cedimenti differenziali, l'intasamento delle fratture non riesce a contenere completamente il ritiro delle argille che si estende ad altre porzioni contigue.

Conclusioni

Molti eventi geologici calamitosi (talvolta con un numero elevato di morti) vengono collegati ge-

nericamente ai “mutamenti climatici”; sarebbe più appropriato e corretto, invece, considerarli dirette “conseguenze” del riscaldamento globale in atto. Nonostante che da anni il mondo scientifico abbia procurato precise testimonianze in tal senso, è stato fatto poco o nulla sia sulle attività umane che portano ad un incremento della temperatura terrestre, sia sulla prevedibilità e gestione degli stessi eventi. Per di più è del tutto comune la non assunzione di “responsabilità” rispetto all’uso improprio del suolo ed al conseguente dissesto idrogeologico²; preferiamo sentirsi assolti scaricando il tutto in ambito climatico.

Le precipitazioni piovose intense e l’aumento della temperatura nel periodo estivo sembrano esasperare e provocare criticità a cui siamo impreparati, nella premonizione e nelle soluzioni pratiche, frastornati dal continuo loro riproporsi. La stabilità dei suoli risulta estremamente provata per la situazione climatica; siamo infatti passati da una preponderanza di frane del tipo “scivolamento rotazionale”, di cui sapevamo progettare le reti di monitoraggio e gli interventi di contenimento, alle “colate detritiche” che per la loro repentinità rendono difficile allertare le popolazioni minacciate.

Bibliografia

Baldi A.M., Carboneschi A., Corra A., Mondet M. & Ricci F. (2014) - *Valutazione e mitigazione del “rischio lahar” originato dal vulcano Quetzaltepec nella città di San Salvador, El Salvador*. Atti XXV Conv. Naz. Geotecnica, La geotecnica nella difesa del territorio e delle infrastrutture dalle calamità naturali, Baveno, Ed. AGI, 2: 303-310.

Baldi A.M. & Mondet M. (2021) - *Prevenzione e mitigazione del rischio idrogeologico in America*

Esiste, pertanto, la necessità di ridefinire con maggior precisione i meccanismi di innesco e gli areali coinvolti dalla deposizione al piede dei versanti; ciò consentirà di progettare appropriati interventi di contenimento delle colate nelle zone più a rischio.

L’innalzamento delle temperature estive innesca criticità sia nelle aree montane (alpine e appenniniche), sia nelle zone collinari caratterizzate da affioramenti argillosi. Le frane di roccia, conseguenti alla dissoluzione del permafrost sulle Alpi, si attivano all’improvviso e in assenza di segni premonitori; questo è il motivo per cui rimane difficile dedicarsi efficacemente alla prevenzione. Il “ritiro” delle argille, per evaporazione dell’acqua presente nel loro reticolo, origina un fenomeno fessurativo che può propagarsi dal sedimento alle murature in elevazione. Sebbene tale dissesto sia in genere caratterizzato da una percentuale di rischio basso, esso è piuttosto diffuso negli edifici isolati sulle creste collinari dove i rimedi di contrasto risultano abbastanza onerosi. Al momento, l’orientamento della ricerca è quello di approfondire tutte le metodologie d’intervento che mantengono invariata e costante la percentuale di umidità nella struttura cristallina delle argille superficiali.

Centrale. Accademia dei Fisiocritici, Siena, Etrurianatura, 14: 76-86.

Bargali R. (2022) - *I bioindicatori della crisi climatica e ambientale negli ecosistemi terrestri*. Biologia Ambientale, 36, Reggio Emilia, ISSN 2611-5182.

Behringer W. (2013) - *Storia culturale del clima. Dall’era glaciale al riscaldamento globale*. Ed. Bollati Boringhieri, Torino.

Calzolari C. & Ungaro F. (2011) - *Previsioni dell’andamento temporale della profondità della falda ipotermica nei suoli della pianura Emiliana-Romagnola*.

2 Il termine apparve, forse per la prima volta, nel titolo del Capitolo V del Rapporto della Commissione De Marchi, capitolo curato dalla Sottocommissione presieduta da Ardito Desio. Tale commissione fu istituita dallo Stato Italiano a seguito delle alluvioni che nel 1966 interessarono aree di Firenze e Venezia, nel 1968 varie zone del Piemonte e nel 1970 aree di Genova. Il rapporto non si limitava a mettere in luce il rischio alluvionale, ma anche quello relativo alle frane, alle mareggiate ed alle valanghe.

Gli eventi del dicembre 2009 nell'Appennino Pistoiese: fenomeni meteorici ed effetti indotti. Atti giornata di studio CNR - AIGA, Le modificazioni climatiche ed i rischi naturali, Ed. Polemio, Bari: 117-120.

Capriolo A., Giordano F., Mascolo R.A. & Spizzichino D. (2011) - *Climate change and adaptation policies in the euro mediterranean area: proposed strategies in the life ACT (Adapting to Climate change in Time) project.* Atti giornata di studio CNR - AIGA, Le modificazioni climatiche ed i rischi naturali, Ed. Polemio, Bari: 146-173.

Carobbi G., Cipriani C. & Garavelli C. (1987) - *Mineralogia, II volume - Cristallografia chimica e Mineralogia speciale.* ED. UTET, Torino.

Crosta G., Guzzetti F., Marchetti M. & Reichenbach P. (1990) - *Morphological classification of debris-flow processes in Sout-Central Alps (Italy).* Proc. 6th Int. IAEG Congress, Ed. Balkema, Rotterdam: 1565-1573.

Cruden D.M. & Varnes D.J. (1996) - *Landslide type and process, transportation.* Research Board U.S. National Academy of Sciences, Special Report, 247: 36 - 75.

D'Amato Avanzi G., Galanti Y., Giannecchini R. & Mariotti S. (2011) - *Gli eventi del dicembre 2009 nell'Appennino Pistoiese: fenomeni meteorici ed effetti indotti.* Atti giornata di studio CNR - AIGA, Le modificazioni climatiche ed i rischi naturali, Ed. Polemio, Bari: 141-144.

D'Amato Avanzi G., Galanti Y. & Giannecchini R. (2011) - *Le aree d'inscasso delle frane superficiali rapide: un caso di studio in Toscana settentrionale.* Atti giornata di studio CNR - AIGA, Le modificazioni climatiche ed i rischi naturali, Ed. Polemio, Bari: 153 - 156.

Ellis E.C. (2020) - *Antropocene: esiste un futuro per la terra dell'uomo?* Ed. Giunti, Firenze.

Frodella W., Salvatici T., Pazzi V., Morelli S. & Fanti R. (2017) - *GB-InSAR monitoring of slope deformations in a mountainous area affected by debris flow events.* Natural hazards and earth system sciences, 17: 1779-1793, ISSN:1684-9981.

Intrieri E., Bardi F., Fanti R., Gigli G., Fidinò F., Casagli N., Costanzo S., Raffo A., Di Massa G., Capparelli G. & Versace P. (2017) - *Big data managing in a landslide early warning system: Experience from a ground-based interferometric radar application.* Natural hazards and earth system sciences, 17(10): 1713-1723, ISSN:1561-8633.

Iverson R.M. (1997) - *The physics of debris flow.* Reviews of Geophysics, 35(3): 245-296.

Klein N. (2021) - *Il mondo in fiamme.* Ed. Feltrinelli, Milano.

Krauss L.M. (2022) - *La fisica del cambiamento climatico.* Ed. Raffaello Cortina, Milano.

Liberti S. (2020) - *Terra bruciata: come la crisi ambientale sta cambiando l'Italia e la nostra vita.* Ed. Rizzoli, Milano.

Meisina C. (2011) - *Mappatura di terreni soggetti a variazione di volume connessa a fenomeni di siccità.* Atti giornata di studio CNR - AIGA, Le modificazioni climatiche ed i rischi naturali, Ed. Polemio, Bari: 5 - 8.

Mezzalama R. (2021) - *Il clima che cambia l'Italia.* Ed. Einaudi, Torino.

Moore D.M. & Reynolds R.C. Jr. (1997) - *X-ray Diffraction and the Identification and Analysis of Clay Minerals.* Second edition, Oxford University Press, Oxford, UK, and New York., 378 pp.

Morra di Cella U., Letey S., Pogliotti P., Curtaz M., Cremonese E. & Vagliasindi M. (2011) - *Nuovo catasto dei rock glacier della Val d'Aosta.* Atti giornata di studio CNR - AIGA, Le modificazioni climatiche ed i rischi naturali, Ed. Polemio, Bari: 65 - 68.

Mourey J. (2019) - *Effects of climate change on high Alpine mountain environments.* Evolution of mountaineering routes in the Mont Blanc massif (Western Alps) over half a century, Artic, Antarctic, and Alpine Research, 1: 176 - 189.

Murgese D., Fontan D., Dematteis N., Filippi M.L. & Dematteis A. (2011) - *Valutazione dei rischi da colate detritiche nell'ambito della pianificazione territoriale alla luce dei dati previsionali dei modelli climatici.* Atti giornata di studio CNR - AIGA, Le modificazioni climatiche ed i rischi naturali, Ed. Polemio, Bari: 73-76.

Picarelli L. & Olivares L. (2001) - *Innesco e formazione di collate di fango in terreni sciolti di origine piroclastica.* Forum per il Rischio Idrogeologico in Campania, Napoli.

Picarelli L., De Angeli C. & Oliveras L. (2003) - *Analisi dei fenomeni di colata.* XIX Ciclo di Conferenze di Geotecnica di Torino, 19 (05): 1-55.

Ravanel L. & Deline P. (2008) - *La face ouest des Druzes (massif du Mont Blanc): évolution de l'instabilité d'une paroi rocheuse dans la haute montagne alpine depuis la fin du petit âge glaciaire.* Géomorphologie: relief, processus, environnement, 14(4): 261-272.

Reynolds R.C. Jr. (1980) - *Interstratified clay minerals.* In: *Crystal Structures of Clay Minerals and Their X-ray Identification.* Brindley G.W. & Brown G.. Eds., Monograph 5, Mineralogical Society, London: 249-303.

Reynolds R.C. Jr. & Hower J. (1970) - *The nature of interlayering in mixed-layer illite-montmorillonite.* Clays and Clay Minerals, 18: 25-36.

Rosso R. (2017) - *Bombe d'acqua: alluvioni d'Italia dall'unità al terzo millennio*. Ed. Marsilio, Venezia.

Sròdon (1980) - *Precise identification of illite/smectite interstratifications by X-ray powder diffraction*. *Clays and Clay Minerals*, 28: 401-11.

Varnes D.J. (1984) - *Landslide hazard zonation: a review of principles and practice*. International Association of Engineering Geology. Commission on Landslides and Other Mass Movements on Slopes. Unesco.

Walker A. (1957) - *On the differentiation of vermiculites and smectites in clays*. *Clay Mineral Bulletin*, 3: 154-63.

Watanabe T. (1988) - *The structural model of illite/smectite interstratified mineral and the diagram for its identification*. *Clay Science*, 7: 97-114.

Watanabe T. & Tsutomu S. (1988) - *Expansion characteristics of montmorillonite and saponite under various relative humidity conditions*. *Clay Science*, 7: 129-138.

Weber S., Beuatel J., Da Forno R., Geiger A., Gruber S., Gsell T., Hasler A., Keller M., Lim R., Limpach P., Meyer M., Talzi I., Thiele L., Tschudin C., Vieli A., Vonder Mühl D. & Yücel M. (2019) - *A decade of detailed observations (2008-2018) in steep bedrock permafrost at*

the Matterhorn Hörnligrat (Zermatt, CH). *Earth System Science Data*, 11 (3): 1203-1237. Doi 10.5194/essd-11-1203 - 20119.

Sitografia

FRANA DELLA VAL BREGAGLIA:

https://www.tvsvizzera.it/tvs/qui-frontiera/pizzo-cengalo_frana-in-val-bregaglia-200-sfollati/43463274

https://www.tvsvizzera.it/tvs/qui-frontiera/frana-in-val-bondasca_sempre-senza-traccia-dei-dispersi/43468522

<https://www.rsi.ch/news/ticino-e-grigioni-e-insubria/Frana-in-Val-Bregaglia-le-devastazioni-nellarea-di-Bondo-dopo-la-seconda-colata-di-fango-e-detriti-divenerd%C3%AC-pomeriggio-9474970.html>

GEOPORTALE CONFEDERAZIONE SVIZZERA:

Mappe geologiche e del permafrost <https://map.geo.admin.ch>

Provincia di Bolzano IRPI / CNR: colata detritica <http://www.irpi.cnr.it/focus/monitoraggio-colate-di-detrito/>

Il punto della situazione



Foto di Giovanni Bencini

Il sistema clima: vivere il cambiamento e progettare il futuro

Roberto Mazzei

Accademia dei Fisiocritici, Piazzetta Silvio Gigli 2, 53100 Siena
robertomazzei91@gmail.com

La Natura è nostra Madre, siamo noi a trasformarla in Matrigna

Premessa

I molteplici paesaggi del nostro pianeta (ad esempio, quelli offerti dalle ampie zone desertiche, dalle immense foreste equatoriali, dalle grandi catene montuose e dalle estese barriere coralline) hanno acquisito la loro configurazione e la loro identità attraverso l'azione esercitata per lungo tempo dal clima sul mondo abiologico e su quello biologico. Partendo da questa semplice osservazione, è possibile intuire come il clima non possa essere visto solo come l'insieme delle condizioni del tempo atmosferico espresse da elementi misurabili (la temperatura, l'umidità, la pressione atmosferica, le precipitazioni piovose, i venti e la radiazione solare), bensì come un sistema composto da varie componenti (atmosfera, biosfera, criosfera, ecc.) che sviluppano processi chimico-fisici al loro interno e che interagiscono tra loro; da notare, ancora, che esso esprime una variabilità sia nello spazio che nel tempo. Questa sua complessità rende evidente la necessità di trattare le problematiche che lo riguardano non in modo settoriale ma sistemico.

I fattori che controllano il clima

La Terra, terzo pianeta in ordine di distanza dal Sole dopo Mercurio e Venere, dispone di un'atmosfera (involucro gassoso trattenuto dalla forza di gravità terrestre) suddividibile dal basso verso l'alto in: troposfera (primi 10 km), stratosfe-

ra (successivi 40 km), mesosfera (spessa 50 km), termosfera (raggiunge i 300 km) ed esosfera (oltre ad essere la fascia più elevata è anche quella meno conosciuta). Nella troposfera si formano i venti e le nuvole, nonché si condensano le diverse precipitazioni, per cui è da relazionare strettamente con il clima; fra l'altro, è sempre in essa che sono presenti tutti quei gas - vapore acqueo, azoto, ossigeno e anidride carbonica - che garantiscono la persistenza degli organismi sul pianeta. Nella stratosfera si mette in risalto solo la sua parte superiore, caratterizzata da un'altissima concentrazione di ozono (da cui il nome di ozonosfera), per la capacità che questo gas ha di trattenere ed assorbire la radiazione ultravioletta; da rilevare che l'eccessiva produzione di ossidi di azoto e clorofluorocarburi, di origine antropica, rischia di ridurre lo spessore dell'ozonosfera e, conseguentemente, di comprometterne la funzione protettiva e di salvaguardia delle varie forme di vita. Della mesosfera (le eventuali meteore che vi transitano, si sciolgono o si vaporizzano rilasciando ferro e altri minerali sulla superficie terrestre) e della termosfera (contiene la ionosfera dove le radiazioni solari e cosmiche provocano la ionizzazione dei gas; questo fenomeno ha come conseguenza la riflessione delle onde radio verso la superficie terrestre e, quindi, la loro diffusione sulle lunghe distanze) si fa notare solo che non svolgono alcun ruolo di tipo climatico.

Il nostro pianeta subisce effetti climatici legati a fattori zionali (l'irraggiamento solare, la latitudine, la circolazione atmosferica, l'effetto serra,

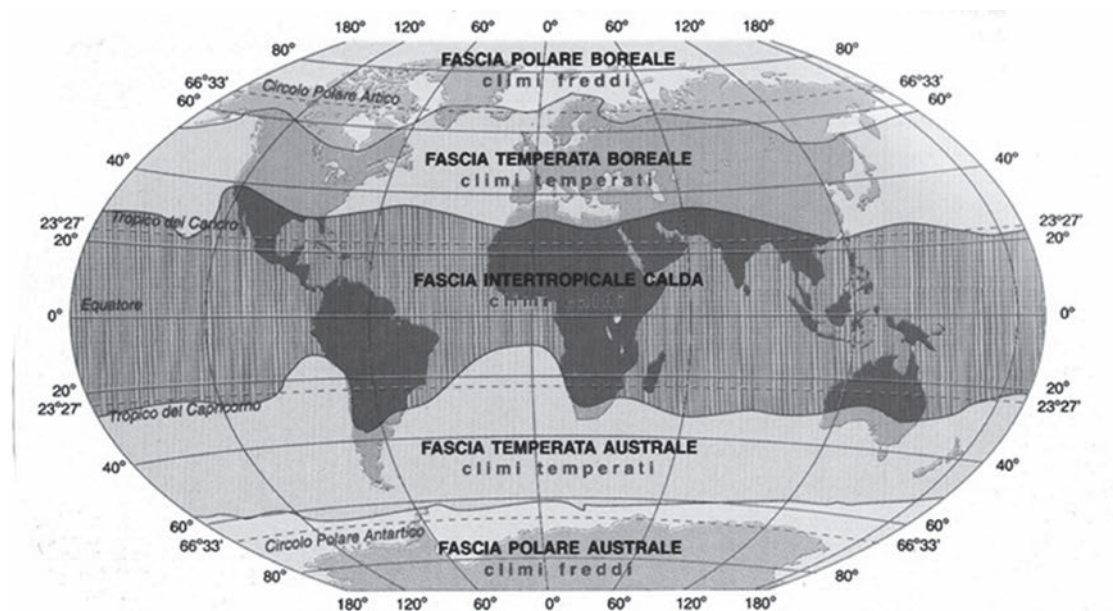


Fig. 1 - Le fasce (regioni o zone) climatiche terrestri.

l'albedo) e geografici (l'altitudine, le catene montuose, il mare ed i grandi bacini d'acqua, le correnti marine, la vegetazione, l'attività umana): i primi fanno sentire la loro influenza dall'equatore ai poli con una certa regolarità temporale, i secondi agiscono più localmente ed in modo meno regolare.

L'irraggiamento solare (vero "motore" del clima) varia di intensità con la latitudine; da ciò deriva immediata la suddivisione della superficie terrestre in fasce (regioni o zone) climatiche (Fig. 1). Come illustrato nella stessa figura, sono rico-

nosciute la fascia intertropicale calda, quelle temperate (boreale e australe) e quelle polari (boreale e australe). Per non perdersi in argomenti troppo dettagliati, che tolgono omogeneità ed essenzialità all'articolo, si evidenziano esclusivamente le principali caratteristiche della prima fascia. Il Tropico del Cancro (posto a $23^{\circ} 27' N$) e quello del Capricorno (posto a $23^{\circ} 27' S$) sono quelle latitudini alle quali il Sole culmina allo zenit all'inizio dell'estate: il primo il 21 giugno, il secondo il 21 dicembre. Gli alisei (Fig. 2), cioè quei venti che si creano per compensare le differenze fra la zona

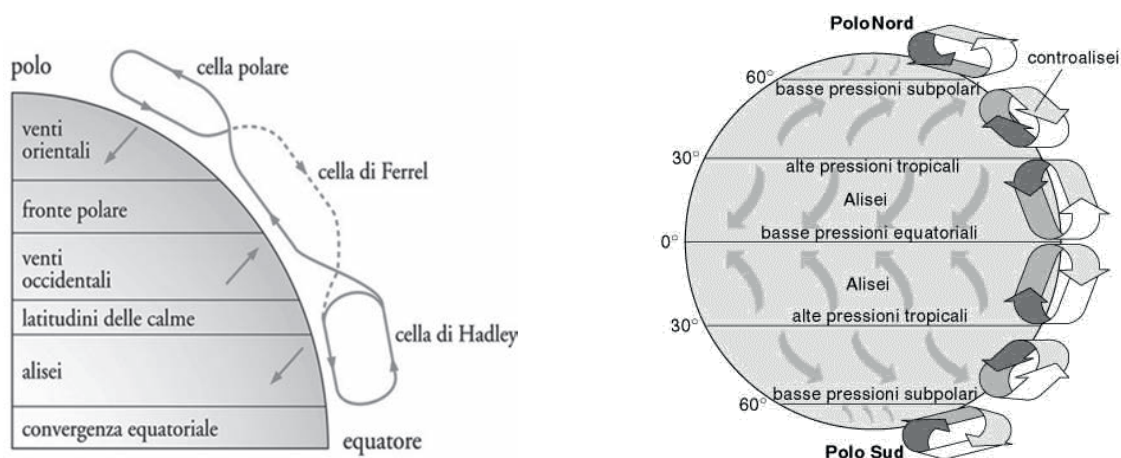


Fig. 2 - Schema che mostra la circolazione atmosferica legata al riequilibrio del gradiente termico. A causa della forza di Coriolis le masse di aria si muovono in direzione opposta alla rotazione terrestre.

subtropicale di alta pressione e la zona equatoriale di bassa pressione, soffiano costantemente da un lato all'altro dei tropici rappresentando così un elemento importante della circolazione generale dell'atmosfera. Il movimento degli alisei è noto come cella di Hadley, la quale segue questa dinamica: le masse d'aria umida e calda si innalzano sopra l'Equatore, si raffreddano e scaricano pioggia; ridotte in umidità si muovono a grande altezza verso i tropici e, non potendo più salire per l'esistenza della tropopausa (impenetrabile zona di separazione tra troposfera e stratosfera), si accumulano aumentando la pressione dell'aria al suolo; inizia quindi la loro lenta e progressiva discesa, la quale determina un riscaldamento adiabatico, cioè senza scambio di calore con l'ambiente circostante; sotto forma di alisei estremamente secchi le masse d'aria ritornano infine verso la zona di bassa pressione equatoriale. Ad aumentare l'aridità di alcune zone della fascia intertropicale, come ad esempio quelle sahariana e arabica, non è solo l'attività degli alisei secchi e la maggiore continentalità dell'emisfero nord, ma anche la circolazione trasversale (ad alta velocità) della corrente a getto orientale (Tropical Easterly Jet Stream) e la presenza dell'anticiclone estivo sul Tibet. Ritornando alla figura 2 si evidenzia che per riequilibrare le differenze termiche latitudinali le masse d'aria si spostano anche secondo la cella di Ferrel e quella polare.

Ad influire in modo marcato sul clima è il cosiddetto effetto serra. Questo fenomeno è generato dal fatto che, dopo aver attraversato l'atmosfera, i raggi del Sole riscaldano la superficie del pianeta per poi irradiarsi di nuovo verso l'alto sotto forma di radiazioni infrarosse. Circa il 30% di questa radiazione è perduto nello spazio, mentre il restante 70% è assorbito dal vapore acqueo e dagli altri gas serra presenti nell'atmosfera. Nel complesso questi gas, che agiscono come pannelli di vetro in una serra, intrappolano il calore e lo riflettono ancora sulla superficie terrestre. Da tutto ciò si dovrebbe facilmente evincere la criticità del ruolo svolto dai gas serra: tanto più alta è la loro concentrazione nell'atmosfera, tanto più elevata è la quantità di

calore intrappolato e riflesso (riscaldamento globale). Fra l'altro, un pronunciato riscaldamento degli oceani produce un aumento della quantità di vapore acqueo rilasciato nell'atmosfera che, a sua volta, incrementa l'effetto serra secondo un principio di *feed-back* positivo.

Anche se con valenza in genere più locale, dovremo tener conto anche dell'albedo e, cioè a dire, della quantità di radiazione solare incidente che viene riflessa dalla superficie terrestre. Se, per ipotesi, questa fosse totalmente riflettente il valore di albedo sarebbe pari a 1, mentre nella condizione opposta di un totale assorbimento avrebbe un valore pari a 0. La Terra ha un valore medio di albedo di 0.37 - 0.39, con punte massime di 0.9 per la neve e minime di 0.15 per le rocce più scure; gli oceani, invece, hanno un valore di albedo che è minimo quando il Sole è allo zenit, che tende ad aumentare per altezze meridiane più basse. Da segnalare la grande incidenza che l'albedo ha avuto sul clima in alcuni periodi lontani nel tempo: basti pensare a quella verificatasi durante il Cryogeniano (periodo compreso tra circa 800 milioni e circa 635 milioni di anni fa), allorché la Terra fu investita da un intenso raffreddamento in grado di produrre una spessa coltre di ghiaccio estesa dai poli fino all'equatore (il pianeta appariva, quindi, come una gigantesca "palla di neve").

L'altitudine, il primo dei fattori geografici ricordati in precedenza, svolge il suo controllo sul clima per il fatto che con essa diminuiscono la pressione atmosferica, l'umidità e la temperatura dell'aria, mentre aumentano la radiazione solare e la piovosità. E' conosciuta, ad esempio, la diminuzione della temperatura media di circa 6 gradi ogni 1000 metri di altitudine e ciò accade nonostante che l'irraggiamento solare aumenti. Se ci soffermiamo per un attimo ad osservare l'Appennino, relativamente alla distribuzione della vegetazione, possiamo renderci conto del ruolo di questo fattore: da una prevalenza di castagni nel fondo valle si passa gradualmente al dominio dei faggi e degli abeti, fino alla esclusiva presenza di prati (o fino all'assenza di copertura vegetale) verso le cime. In altre parole sono riscontrabili

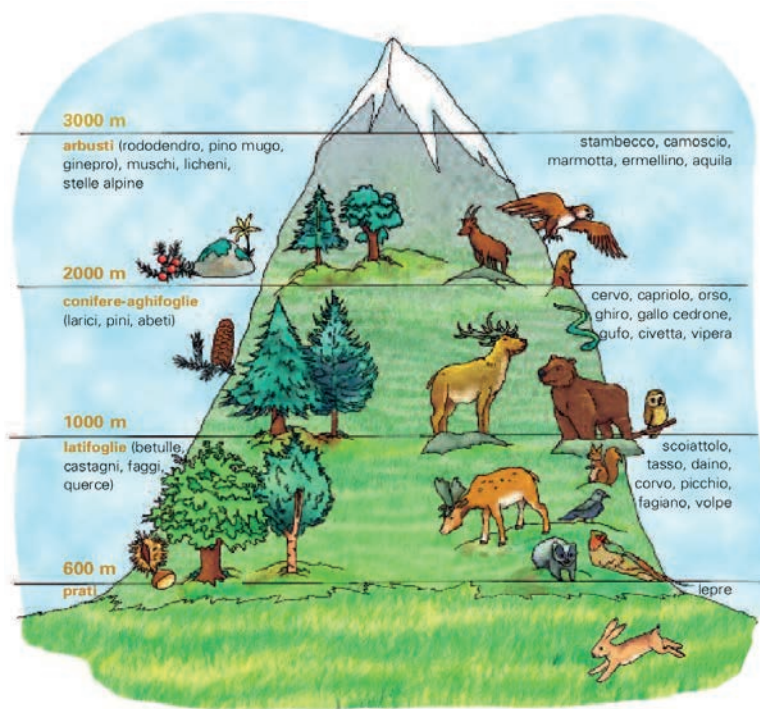


Fig. 3 - Controllo dell'altitudine sul clima locale evidenziato dalla distribuzione degli organismi vegetali e animali.

zone altitudinali, caratterizzate dalla peculiare presenza di forme vegetali - e animali - (Fig. 3), che esprimono il controllo sul clima locale. Da rilevare che nell'ambito di queste zone varia anche l'entità della riflessione luminosa da parte del suolo.

Quanto detto per le terre emerse può essere esteso anche alle profondità marine (Fig. 4). La radiazione luminosa, che è essenziale per l'insediamento o meno degli organismi alle diverse batimetrie, si riduce infatti scendendo verso i fondali. Per avere testimonianza del fenomeno, si usa suddividere la colonna d'acqua in zona eufotica (fino a circa -50 m), zona disfotica (fino a circa -200 m) e zona afotica (per le profondità maggiori). Di fatto, la maggioranza degli organismi marini bentonici vive nella piattaforma continentale (massima profondità 200 m), mentre quelli planctonici (fitoplancton e zooplancton) sono abbondanti solo nella fascia fotica e ancor più in quella eufotica della provincia neritica e della provincia oceanica. Oltre il limite dei -200 m si trovano soltanto quegli organismi che sono svin-

colati dal processo fotosintetico e che sopravvivono attraverso la predazione o comunque utilizzando altre fonti energetiche.

Relativamente alla biosfera sembra importante evidenziare che non può essere definita come l'insieme degli organismi viventi, bensì come l'insieme di "luoghi" (parte superficiale della litosfera, l'idrosfera - acque marine, lacustri e fluviali - e la troposfera) dove le condizioni ambientali consentono lo sviluppo della vita. Se della biosfera si considerano, ad esempio, gli oceani e la sovrastante troposfera sono numerose le interazioni biologiche e chimico-fisiche che vi possono essere osservate: evaporazione e precipitazioni ad essa collegate, ventilazione aerea, moto ondoso,

correnti, movimenti di *upwelling* e produttività delle acque, ne sono solo una parte. Interessanti sono anche gli effetti della radiazione solare sulla zona fotica; il fitoplancton che la caratterizza, infatti, attraverso il processo fotosintetico consente sia la produzione di ossigeno e di materia organica, sia la riduzione della CO₂ atmosferica.

Anche la presenza di catene montuose e la vicinanza al mare (o ad ampi bacini d'acqua) esercitano un'influenza sul clima di una regione. Va da sé che il primo fattore, costituendo una barriera alla circolazione atmosferica, possa determinare situazioni differenti in termini di elementi climatici sia all'interno delle valli, sia nei rispettivi versanti (ovviamente gli effetti prodotti dipendono anche dalle dimensioni e dalle altezze delle catene: quella himalayana, ad esempio, ha una maggiore incidenza rispetto a quella appenninica). Relativamente al secondo fattore si rileva solo quanto segue: in inverno le masse d'acqua, più calde della terraferma, trasferiscono calore all'aria mitigando il clima delle località costiere; in estate le acque, più fresche della terraferma, portano refrigerio

molecole che contengono cloro e fluoro, come ad esempio l'es fluoruro di zolfo) sono introdotte nell'atmosfera dall'Uomo per motivi connessi con lo sviluppo economico-sociale (Fig. 6). Sulla necessità di ridurre, o per lo meno di controllare, l'emissione dei gas serra si veda più avanti.



Fig. 6 - Emissioni di gas legati allo sviluppo industriale.

Se teniamo presente tutti i fattori che, in modo più o meno spiccato, controllano il clima, ne risulta necessaria un'interpretazione di questo come sistema (Bradley, 1999). In una logica simile, il clima non può rappresentare altro che il prodotto finale di molteplici interazioni chimico-fisiche e biologiche, avvenute all'interno di ciascuna componente e tra componenti diverse della biosfera, con scambi di calore all'interfaccia di separazione dei vari mezzi.

I cambiamenti climatici

In generale per cambiamenti climatici si intendono le inversioni che si verificano tra una tendenza al raffreddamento ed una al riscaldamento e viceversa. Essi sono principalmente legati a fattori che agiscono in modo ciclico come i parametri orbitali (Eccentricità dell'orbita terrestre, Obliquità dell'asse terrestre, Precessione degli equinozi:

cicli di Milankovitch) e l'attività solare; un'influenza di tipo occasionale è stata esercitata, invece, dalla caduta di meteoriti di grosse dimensioni e dalle eruzioni vulcaniche di grande intensità ed estensione. Da rilevare che l'azione di tutti questi fattori è stata in qualche modo guidata dalla cosiddetta "Deriva dei continenti" (o se si vuole dalla Tettonica delle placche), la quale nei milioni di anni ha indotto variazioni nel rapporto terra/mare e nella circolazione oceanica.

Eccentricità dell'orbita terrestre. Ogni 100000 anni circa l'orbita terrestre subisce uno schiacciamento per cui passa da una forma circolare ad una ellittica. Occupando il Sole uno dei fuochi dell'ellisse la distanza del pianeta dalla nostra stella varia da un minimo in perielio ad un massimo in afelio; nella prima posizione la radiazione solare che la Terra riceve subisce un incremento del 30%. Il parametro ha un'incidenza considerevole alle basse latitudini.

Obliquità dell'asse terrestre. Ogni 41000 anni circa l'asse di rotazione terrestre varia la propria inclinazione da $22,1^\circ$ a $24,5^\circ$. Questo parametro ha una forte influenza solo ai poli ed alle alte latitudini.

Precessione degli equinozi. Il parametro, legato alla rotazione dell'asse terrestre rispetto al piano dell'eclittica, è caratterizzato da un periodo di circa 23000 anni. Come l'eccentricità è da considerarsi importante alle basse latitudini. Per comprendere meglio la precessione è interessante osservare ciò che è avvenuto nel tempo (Fig. 7): 11500 anni fa il solstizio d'estate cadeva quando la Terra si trovava in perielio, per cui l'estate beneficiava di un maggiore irraggiamento solare (A); 5500 anni fa era l'equinozio d'autunno a cadere con la Terra in perielio, per cui era questa

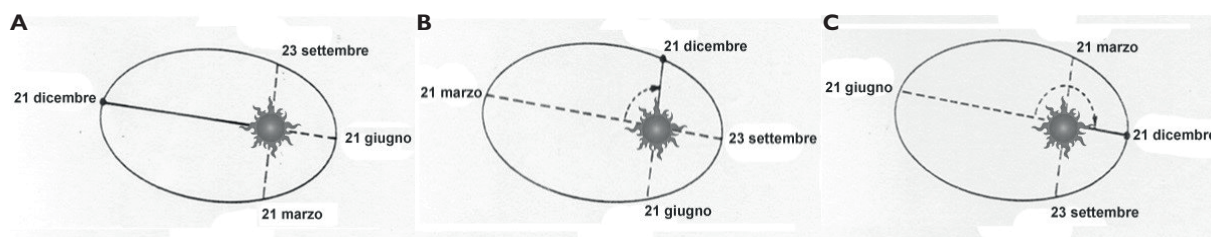


Fig. 7 - Effetti della precessione degli equinozi negli ultimi 11500 anni.

stagione ad usufruire di un maggior riscaldamento (B); oggi è il solstizio d'inverno a cadere con la Terra in perielio, per cui questa stagione è da considerarsi più calda (C).

Attività solare. Com'è noto, il Sole può essere considerato una immensa riserva di idrogeno che gradualmente si trasforma in elio (Fig. 8). Di tan-

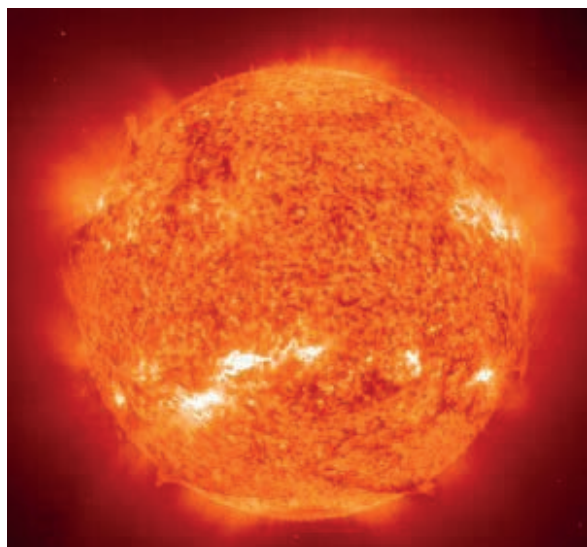


Fig. 8 - Attività solare.

to in tanto, la stella produce delle “tempeste” che influiscono sulla radiazione emessa e quindi sul campo magnetico della Terra e sul suo riscaldamento. Dal momento che le variazioni del campo magnetico sono visibili sulla superficie solare sotto forma di “brillamenti” e di “macchie”, è possibile studiarne la periodicità decennale e prevederne gli effetti sul riscaldamento terrestre. I dati attualmente disponibili consentono di prevedere una tendenza verso una graduale diminuzione dell'attività magnetica e del riscaldamento, per lo meno fino ad oggi.

Meteoriti. Esistono vari dati e reperti che documentano il loro impatto occasionale con la superficie terrestre. Un esempio eclatante è fornito dal meteorite caduto intorno a 65 milioni di anni fa (limite K/T, Cretaceo/Terziario) nella Penisola dello Yucatan; tale caduta, infatti, è ritenuta responsabile della variazione climatica (oltre che ambientale) a scala globale che è stata all'origine

dell'estinzione dei dinosauri.

Attività vulcanica. Non si pensi solo agli effetti che l'eruzione di un singolo vulcano può avere avuto in passato, si immagini piuttosto l'enorme catastrofe che può essersi scatenata a causa di eruzioni ravvicinate nel tempo e ampiamente distribuite nel pianeta. E' il caso dei vulcani che hanno portato alla formazione di un esteso plateau basaltico al limite K/T e che molti scienziati considerano aver prodotto condizioni talmente inospitali (per circa 1000 anni) da provocare l'estinzione sopra citata.

La documentazione climatica nel tempo (nelle migliaia o nei milioni di anni) mostra fasi di riscaldamento e di raffreddamento (con relativi *trend* e “picchi”) in continua alternanza (Fig. 9). Ciò vale in particolare per il Quaternario, nell'ambito del quale sono registrate ampie oscillazioni che partecipano ad un *trend* complessivo di raffreddamento (Fig. 9). Sembra importante indagare maggiormente sul significato e sull'origine naturale di queste oscillazioni, se non altro per giungere ad una migliore comprensione di quanto è oggi sotto i nostri occhi: il riscaldamento globale e la sua risoluzione.

Per ricostruire le varie fasi che hanno caratterizzato il clima della Terra si utilizzano in genere gli isotopi stabili del carbonio e soprattutto dell'ossigeno, i quali consentono di determinare le temperature delle acque superficiali degli oceani (Emiliani, 1955, 1966; Shackleton & Opdyke, 1973). Durante i massimi glaciali quaternari, ad esempio, la loro temperatura si è attestata 4-5 °C più in basso di quella attuale, mentre negli interglaciali ha raggiunto 1-2 °C al di sopra della stessa. Al di là dei procedimenti analitici da seguire per la determinazione delle temperature, è da ricordare quanto comunemente viene fatto per disporre in campo scientifico degli isotopi stabili dell'ossigeno: dopo aver perforato i depositi dei fondali marini (garantiscono una maggiore “continuità” cronologica) e averli recuperati in “carote” (Fig. 10), da queste si prelevano i campioni da cui estrarre in laboratorio i gusci calcarei di foraminiferi bentonici e/o planctonici (o altri gruppi

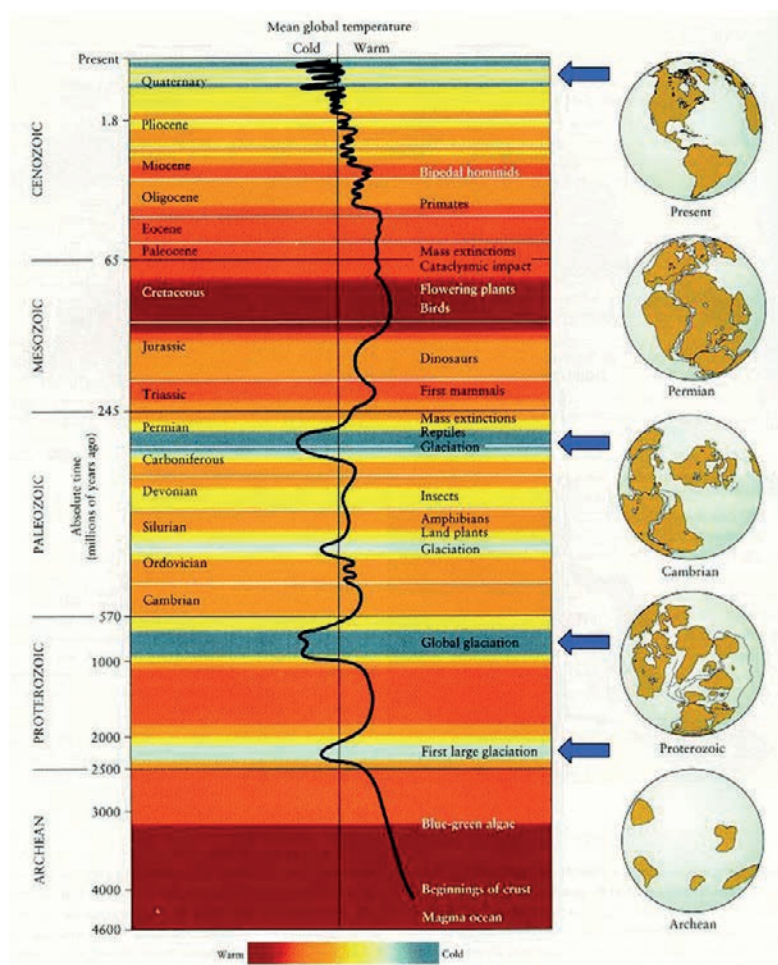


Fig. 9 - Variazione della temperatura media globale da 4 miliardi di anni ad oggi.

di organismi) significativi; nei gusci, provenienti da differenti livelli delle carote, si misurano poi le quantità di ^{16}O e ^{18}O (esse corrispondono a quelle dell'acqua in cui i foraminiferi vivevano) e si tracciano le curve del $\delta^{18}\text{O}$ (Fig. 10). Per meglio comprendere il valore di tali curve, si ricorda che durante i periodi freddi le molecole d'acqua formate dall'isotopo più leggero ^{16}O sono bloccate nei ghiacci delle calotte polari e delle catene montuose, per cui il livello del mare si abbassa e l'acqua si arricchisce per via indiretta in ^{18}O ; al rialzarsi della temperatura i ghiacci si sciolgono, il livello del mare si rialza e la composizione isotopica si riequilibra (si veda anche in Raffi & Serpagli, 1993).

Le curve (testimoniano le oscillazioni del $\delta^{18}\text{O}$), che iniziano con il picco di riscaldamento MIS (Marine Isotope Stage) 1, sono costruite

dall'Attuale verso il passato; ne consegue che tutti i picchi caldi più antichi hanno una numerazione dispari, mentre quelli freddi ne hanno una pari (Fig. 10). Nel riquadro destro della stessa figura è possibile riconoscere, insieme alle fasi di riscaldamento (valori negativi di ^{18}O) e di raffreddamento (valori positivi dello stesso isotopo) che si sono susseguite negli ultimi 2 milioni di anni, l'influenza dei cicli astronomici e la variazione del volume dei ghiacci sulla Terra (una pendenza minore della curva corrisponde a fasi anaglaciali, cioè quando il processo di raffreddamento è rallentato; una maggiore a quelle cataglaciali, cioè quando il processo di fusione dei ghiacci è accelerato). Su quest'ultimo punto, in particolare, si evidenzia che tra 900000 e 200000 anni fa sono stati registrati alcuni sensibili aumenti della criosfera per lo sviluppo del fenomeno glaciale (la diminuzione

di un solo grado della temperatura media annua è in grado di causare un abbassamento del limite delle nevi dell'ordine di 200 m ed un avanzamento del fronte dei ghiacciai di circa 400 m).

Una variazione climatica in senso freddo comporta un'oscillazione negativa del livello marino e, di conseguenza, l'impostazione di una regressione; una in senso caldo, viceversa, produce un innalzamento del mare responsabile di una trasgressione. In ogni caso, un qualsivoglia cambiamento climatico modifica più o meno ampiamente la morfologia di un territorio costiero. In proposito si osservi (Fig. 11) la linea di costa toscana sia durante il periodo di massimo riscaldamento del Pleistocene Superiore (MIS 5e, 125000 anni fa), sia durante l'ultimo massimo glaciale (MIS 2, 20-22000 anni fa) quando il livello del mare era ben 120 m al di sotto di quello attuale (Boschian *et*

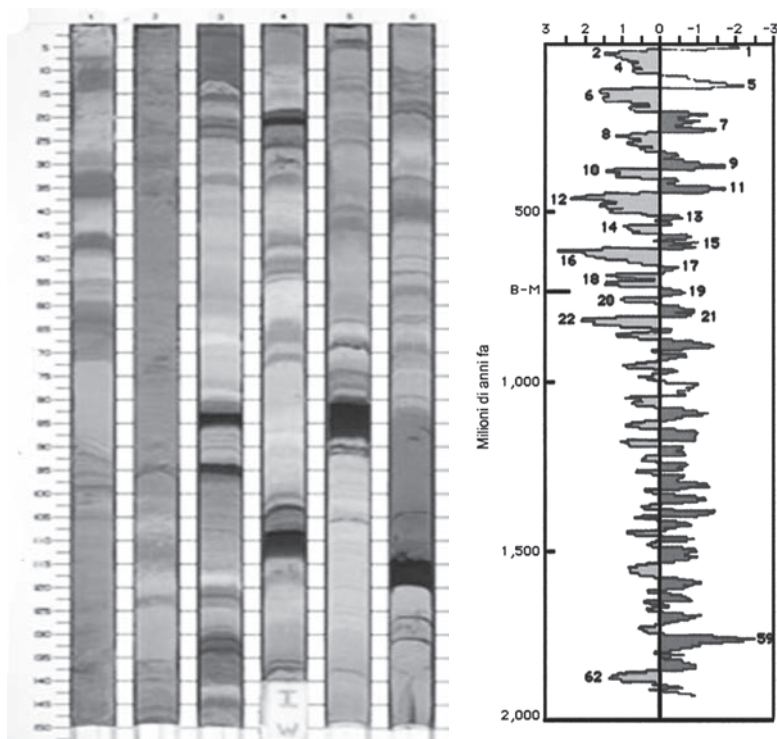


Fig. 10 - A sinistra sono illustrati depositi del fondale marino recuperati in forma di "carote"; a destra è riportata la curva isotopica compilata per gli ultimi due milioni di anni (Quaternario).

al. 2006; Mazzanti & Mazzei, 2015, 2016, 2019).

Ogni qual volta si originano dei cambiamenti climatici si hanno ampliamenti o riduzioni delle fasce latitudinali e altitudinali e, quindi, degli ecosistemi. Non poco significative, in questo senso, sono le migrazioni intraprese da organismi

marini e continentali; a titolo di esempio, si ricorda quelle avvenute in mare durante gli intervalli di maggior raffreddamento del Calabriano e del Siciliano (Pleistocene Inferiore) e durante la fase di riscaldamento del Tirreniano (Pleistocene Superiore). Nel primo caso lo spostamento verso le regioni mediterranee, di taxa tipici dell'Atlantico settentrionale, è stato intrapreso da bivalvi come *Arctica islandica* e *Panopea norvegica* e da gasteropodi come *Neptunea contraria* e *Buccinum undatum* (nei depositi quaternari del Bacino Mediterraneo sono indicati come "ospiti freddi"); nel secondo caso lo spostamento verso il Mediterraneo, di taxa tipici delle aree atlantiche tropicali e subtropicali, è stato concretizzato da gasteropodi

come *Strombus bubonius* e *Conus testudinarius* (nei depositi quaternari del Bacino Mediterraneo sono indicati come "ospiti caldi"). Non dovrebbe quindi sorprendere più di tanto il fatto che i mezzi di comunicazione segnalino la presenza di specie tropicali nei nostri mari. Molto semplice-

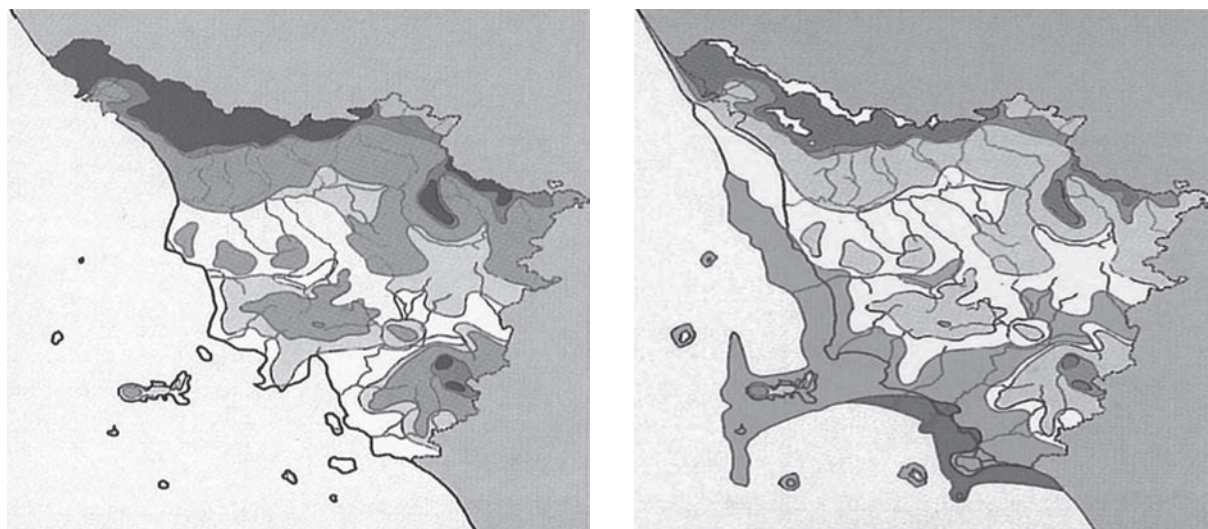


Fig. 11 - Come si presentava la linea di costa toscana 125000 anni fa (sinistra) e 22000 anni fa (destra). Da: Mazzanti (2008) e Mazzanti & Mazzei (2015, 2016).

mente queste notizie non fanno altro che testimoniare l'influenza dell'innalzamento della temperatura sull'estensione delle regioni climatiche.

Intorno a 20000 anni fa è finita la glaciazione würmiana. Il rapido aumento della temperatura, che ne è derivato, ha agito sull'Uomo producendo radicali trasformazioni nel modo di vivere. Ciò è facilmente riscontrabile nel Mesolitico (all'incirca dal 10000 all'8000 a.C.) e nel Neolitico (all'incirca dall'8000 al 3000 a.C.), durante i quali si è affermata l'agricoltura (ha avuto origine intorno a 11500 anni fa nella regione di Gerico, in Palestina) e si sono sviluppati l'allevamento del bestiame e l'uso della ceramica. In stretta concomitanza con la diffusione dell'agricoltura (Fig. 12) sono nati i primi insediamenti umani permanenti; ciò perché molte popolazioni sono passate da una condizione prevalentemente nomade e dipendente dalla caccia, ad una stanziale.

Con la salita della temperatura media di diversi gradi (Fig. 13), verificatasi tra 20000 e 7600 anni fa, si è generato un sensibile sollevamento del mare. Anche se può apparire come una riflessione a parte, sembra interessante evidenziare l'ipotesi climatica che è stata avanzata nel mondo scientifico (Ryan *et al.*, 1997; Ryan & Pitman, 1998; Pitman & Ryan, 1999; Tchepalyga, 2003; Mazzei, 2016) per spiegare un evento narrato nel Libro della Genesi: il Diluvio Universale. Secondo tale intendimento, supportato da numerosi dati geologici, paleontologici e climatici, nonché da vari reperti, le acque del Mediterraneo si riversarono, attraverso gli stretti dei Dardanelli e del Bosforo, in quello che allora era il Lago Nero. Durante l'inondazione "dall'alto" le comunità protostoriche, viventi lungo le sponde, dovettero fare i conti con la morte che si abbattava su di loro. Con tutta probabilità la trasformazione del lago in mare (con ampliamento della superficie acqua) non si re-



Fig. 12 - Le specie coltivate sono il prodotto di un processo di domesticazione di piante spontanee iniziato 11500 anni fa nel Medio Oriente. Nella figura sono riportate anche le date (anni fa) in cui l'agricoltura si è sviluppata in altre parti del mondo.

alizzò rapidamente (si potrebbe dire che occupò il tempo necessario a Noè per costruire la famosa arca), per cui ci furono superstiti che riuscirono a trasferirsi altrove (altopiano iranico, valle del Danubio, ecc.) portando con sé il ricordo delle acque distruttrici.

Da 7600 anni fa fino a circa 2 secoli fa (inizio della fase intensa di industrializzazione), la temperatura media ha presentato molteplici variazioni comprese in 1 grado (Fig. 13). Da notare che perfino queste oscillazioni della temperatura sono state capaci di originare migrazioni di interi popoli da aree divenute inospitali ad altre più favorevoli; inoltre, tramite esse molte società umane hanno potuto trovare soluzioni più idonee al loro sviluppo (si veda anche in Baldassini *et al.*, 2010). Su questa base si potrebbe, addirittura, riscrivere

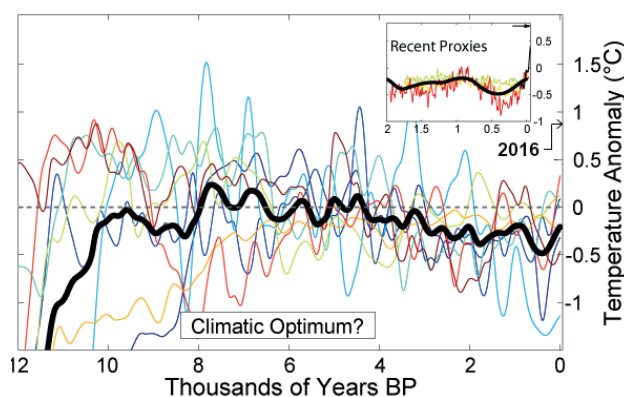


Fig. 13 - Variazione della temperatura media negli ultimi 11700 anni (Olocene).

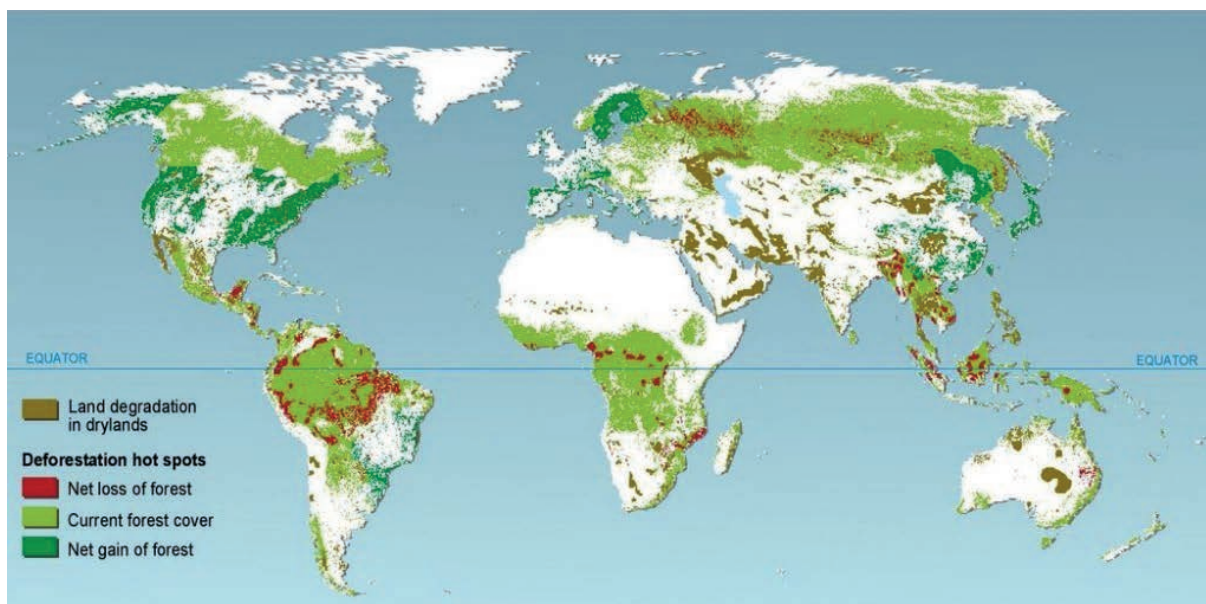


Fig. 14 - Distribuzione delle foreste nel mondo: in rosso è indicata la loro perdita netta, in verde scuro il loro progredire, in verde chiaro la loro copertura corrente.

interamente la Storia dell'Uomo. In tale prospettiva si sottolinea, ad esempio, il comportamento tenuto da Gengis Khan (1162-1227 d.C.) a cavallo del decennio 1180-1190. A parte le ragioni di potere e politiche, che senza dubbio hanno avuto un peso sul suo ruolo di condottiero e sovrano mongolo, ci dovremmo interrogare sui motivi iniziali che hanno influenzato la sua decisione a migrare con il popolo verso regioni più meridionali del continente asiatico e, di fatto, ad iniziare la conquista di uno degli imperi più grandi dell'antichità. Questi motivi vanno ricercati nelle avverse condizioni climatiche che a quel tempo interessavano la Mongolia; il perdurare della siccità e l'inaridimento del suolo, da esse innescati, avevano infatti messo in discussione la sopravvivenza delle popolazioni basate largamente sull'allevamento del bestiame.

L'attività antropica e il riscaldamento globale

Come ricordato in precedenza, i gas serra hanno un'origine sia naturale che antropica. Purtroppo, il loro incremento nell'atmosfera è oggi sempre più legato all'attività dell'Uomo (si veda an-

che in Mazzei & Pozzi, 2009). Merita soffermarsi a riflettere su tale attività data l'influenza che i gas serra hanno sul riscaldamento globale e, quindi, sull'andamento del clima. Tra i fattori antropici che influiscono sull'incremento della CO₂ atmosferica (per esigenze di brevità nell'articolo sono tralasciati gli altri gas serra) vanno annoverati la deforestazione (l'azione svolta dalle piante nel processo di assorbimento della CO₂ e di rilascio dell'ossigeno è alla base del semplice detto "meno foresta in terra più CO₂ in cielo"), la crescita demografica, l'urbanizzazione, l'agricoltura, l'industrializzazione, lo sfruttamento dei combustibili fossili e la riduzione del fitoplancton marino.

Le ragioni che nel corso della Storia hanno spinto gli uomini a praticare la deforestazione vanno ricercate nella necessità di: a) destinare aree sempre più ampie all'agricoltura per sopprimere alla crescita demografica; b) reperire legname in quantità crescenti da impiegarsi come materia prima per costruzioni di vario tipo (civili e militari) o per uso combustibile. Un esempio è fornito dagli Etruschi; questo popolo, infatti, a partire dal IX-VIII secolo a.C. operò un rapido e sistematico disboscamento di molte zone della Toscana per sostenere la fiorente attività siderurgica consentita dai minerali ferrosi dell'Isola d'Elba e delle

Colline Metallifere. Agli effetti di questo primo processo di industrializzazione si aggiunse poi la riduzione delle foreste per implementare l'agricoltura a causa della crescita demografica; la situazione non migliorò allorquando furono occupati nuovi territori (dal napoletano fino a Mantova) e nacquero altri insediamenti.

Queste argomentazioni, comunque, non giustificano a pieno la deforestazione spesso selvaggia e indiscriminata di oggi (Fig. 14), da legarsi ad un comportamento umano del tutto insostenibile per i risvolti che può avere sul riscaldamento globale. Sull'argomento è sufficiente ricordare il caso dell'Amazzonia: soltanto nei primi 7 mesi del 2018, ad esempio, è stata disboscata un'area di ben 7900 Km² per cui è stato registrato un incremento pari al 13,7% rispetto a quanto accaduto nello stesso periodo dell'anno precedente. Il fenomeno si è ripetuto in senso peggiorativo nel 2019, nel 2020, nel 2021 e nel 2022. Le coltivazioni e i pascoli intensivi, che hanno interessato le zone precedentemente occupate da copertura arborea, hanno fra l'altro portato alla pressoché scomparsa del suolo con l'effetto di rendere il terreno non idoneo ad un eventuale rimboschimento e sempre più sottoposto all'erosione. Ad avere un danno immediato sono state tuttavia le popolazioni indigene, le quali con il territorio hanno perduto completamente la possibilità di cacciare e di pescare e, quindi, di sopravvivere; si potrebbe addirittura dire che la riduzione continua della foresta ha fatto loro perdere il senso stesso della vita.

Le società moderne devono gestire problematiche assai im-

pegnative, quali l'aumento esponenziale della popolazione mondiale, la presenza di megalopoli sovraffollate, i territori a rischio idrogeologico (basta pensare ai recentissimi casi di Ischia, dell'Emilia-Romagna e della Toscana, che hanno lasciato ferite incolmabili)¹, la desertificazione sempre in agguato, l'acidificazione degli oceani e l'inquinamento diffuso. Purtroppo tali problematiche, se disattese, sono in grado di produrre un impatto sull'ambiente che a lungo termine potrà rivelarsi di natura irreversibile e difficilmente gestibile sul piano tecnologico. D'altra parte, una coscienza "ecologica" potrà affermarsi soltanto quando finalmente si capirà che compromettere gli equilibri naturali comporta anche porre a rischio la stessa sopravvivenza della specie umana.

Le fonti energetiche, di cui possiamo attualmente disporre, sono distinguibili in rinnovabili, non rinnovabili e inesauribili (Fig. 15). Benché ci sia un uso sempre crescente delle energie rinnovabili e molti paesi si siano orientati verso le fonti inesauribili (in Italia viene utilizzata ampiamente solo quella geotermica), i combustibili fossili continuano ad essere impiegati in alte percentuali (Fig. 16). Dall'inizio della vera e propria indu-

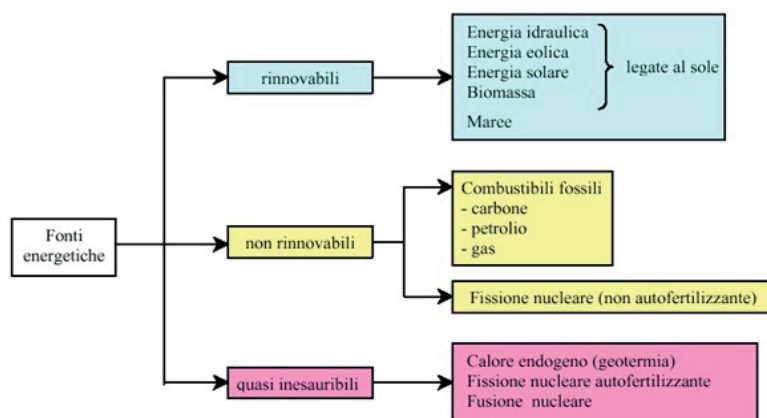


Fig. 15 - Le fonti energetiche attualmente disponibili.

1 I territori italiani, per le loro particolari condizioni idrogeologiche e morfologiche, hanno da sempre necessitato di una cura attenta e continua. Purtroppo, per vari motivi (ad esempio l'abbandono delle campagne), negli ultimi 40 anni questa è venuta in gran parte a mancare; la conseguenza immediata è che i dissesti, con i problemi ad essi connessi, si sono ripetuti ed accentuati. Fra l'altro, nonostante che le Università abbiano prodotto una documentazione per prevenire o quantomeno ridurre tali dissesti, troppo scarsi sono stati i provvedimenti adeguati da parte delle autorità competenti. Tutto ciò porta a pensare che il riscaldamento climatico, con le sue fasi di siccità e di forti piogge, trova accanto a sé un altro fattore negativo: l'incuria umana.

strializzazione, circa due secoli fa, abbiamo assistito ad un progressivo intensificarsi dell'impiego dei combustibili fossili e, conseguentemente, del

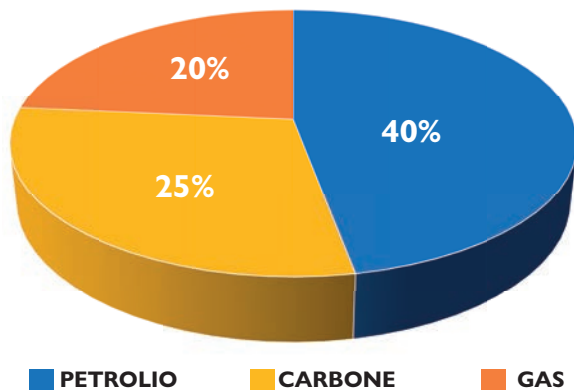


Fig. 16 - Percentuali relative al fabbisogno attuale dei tre principali combustibili fossili.

rilascio di CO₂ nell'atmosfera. Nel contempo si è verificata anche la compromissione della copertura vegetale in terra e del fitoplancton in mare che, com'è noto, la Natura ci offre per far diminuire la CO₂ atmosferica. Relativamente alla deforestazione si rimanda a quanto evidenziato in precedenza; riguardo agli organismi marini, che sovrintendono al processo fotosintetico, merita invece evidenziare il ruolo fortemente negativo esercitato su di essi dalle numerose fuoriuscite di petrolio, sia dalle

piattaforme che dalle stesse petroliere (Fig. 17).

Il risultato finale di questi processi prodotti dall'Uomo è che la quantità di CO₂ nell'atmosfera è passata da 290 ppm (parti per milione) nel 1950 a 378 ppm nel 1970, mentre ha raggiunto il livello critico di 403 ppm già nel 2016. A titolo di esempio si ricorda che ad emettere più CO₂ nel 2012 sono stati: la Cina (12.454.711 chilotonnellate), gli Stati Uniti (6.343.841 chilotonnellate), l'Unione Europea (4.702.090 chilotonnellate), l'India (3.002.895 chilotonnellate), il Brasile (2.989.418 chilotonnellate), la Federazione Russa (2.803.398 chilotonnellate), il Giappone (1.478.859 chilotonnellate) ed il Canada (1.027.064 chilotonnellate). Alla data di oggi dobbiamo constatare che la situazione indicata è decisamente peggiorata; fra l'altro, ai valori registrati dovrebbero essere aggiunte le ingenti quantità del gas serra prodotte dagli apparati militari e dalle guerre in varie parti del mondo.

Se il riscaldamento causato dal processo di industrializzazione fosse in qualche modo bilanciato da un uguale raffreddamento naturale, paradossalmente potremmo sperare nella possibilità di raggiungere un equilibrio tra le due opposte tendenze. *“Purtroppo, però, eventi che riescano a rivelare con una certa affidabilità una ripresa*



Fig. 17 - Un esempio di petrolio in mare che non necessita commenti.

glaciale a breve o a scala decennale non sono al momento noti. Per contro negli ultimi 100 anni è stata riconosciuta una forte risalita degli oceani (circa 19 cm), almeno in parte attribuibile all'aumento della temperatura media dell'aria prodotto da gas serra ... Inoltre, i modelli previsionali globali dell'IPCC mostrano come questa risalita possa essere suscettibile di ulteriore impulso (valori compresi tra 25 e poco meno di 100 cm nel 2100), se non verranno fortemente ridotte le emissioni connesse con le attività antropiche" (Mazzanti & Mazzei, 2015).

Anche se potessimo mantenere l'innalzamento della temperatura entro i 2 gradi, come ipotizzato in recenti riunioni tra i paesi più industrializzati, dobbiamo comunque fare i conti con effetti disastrosi quali l'interruzione della catena alimentare, la scomparsa delle barriere coralline (stando così le cose è prevedibile che ciò avverrà entro il 2050), la sensibile riduzione delle coperture glaciali nelle aree antartica e artica, il forte incremento della piovosità media a livello planetario. Fra l'altro, ricerche degli ultimi anni hanno denunciato un rallentamento della circolazione termoalina, tra Scozia e Groenlandia, che fa presagire conseguenze ancora difficili da valutare. Riguardo alle tendenze climatiche previste per le zone più prossime a noi, si ricordano: a) l'incremento delle piogge (più in generale dell'umidità) e dei venti connesso con l'aumento della circolazione ciclo-

nica atlantica; b) la graduale riforestazione della zona sahariana (in proposito si ricorda che negli ultimi 11000 anni in essa è avvenuto il processo inverso, e cioè la trasformazione prima da foresta a prateria tropicale - a documentazione può essere addotto il ritrovamento di numerosi graffiti, raffiguranti giraffe e gazzelle, nella regione compresa tra la Libia e l'Egitto - , poi da questa a deserto); c) il graduale inaridimento (con processi di desertificazione) della zona mediterranea; d) l'impostazione di prevalenti condizioni temperate nelle regioni del Centro Europa.

In conclusione sembra del tutto evidente che le attuali tendenze climatiche non possano essere affrontate se non con azioni mirate e coordinate all'interno di una visione sistemica. Solo così quel che resta del patrimonio naturale di un tempo può essere salvaguardato e, di conseguenza, la vita dell'Umanità garantita. Su questa lunghezza d'onda è anche la riflessione scritta da Capra e Luisi nel 2014, con la quale termina l'articolo: "... con l'avanzare del XXI secolo sta diventando sempre più evidente che i problemi cruciali della nostra epoca - energia, ambiente, cambiamento climatico, sicurezza alimentare e sicurezza finanziaria - non possono essere studiati e capiti separatamente l'uno dall'altro in quanto sono problemi sistemici, vale a dire sono tutti interconnessi e interdipendenti".

Testi citati

Baldassini N., Fondi R., Mazzanti R., Mazzei R. & Pozzi M. (2010) - *Quali effetti possono essere prodotti dai cambiamenti climatici? Prepariamoci ad affrontare il futuro riesaminando le vicende del Quaternario*. Accademia dei Fisiocritici, Siena, *Etrurianatura*, 7: 14-34.

Boschian G., Bossio A., Dall'Antonia B. & Mazzanti R. (2006) - *Il Quaternario della Toscana costiera*. Studi costieri, 12: 207 pp.

Bradley R. S. (1999) - *Paleoclimatology: Reconstructing Climates of the Quaternary*. International Geophysics Series edit. Dmowska R. & Holton J. R., Academic Press, 64: 613 pp.

Capra F. & Luisi P.L. (2014) - *Vita e Natura, una visione sistemica*. Aboca Edizioni, 609 pp.

Emiliani C. (1955) - *Pleistocene temperatures*. *Journ. Geology*, 63: 538-578.

Emiliani C. (1966) - *Paleotemperature analysis of Caribbean cores, P 6304-8 and P6304-9 and a generalized temperature curve for the past 425,000 years*. *Journ. Geology*, 74: 109-126.

Mazzanti R. (2008) - *Elementi per la storia del clima in Toscana dal Miocene all'Olocene*. Felici Editore, Ghezzano (PI).

Mazzanti R. & Mazzei R. (2015) - *Le oscillazioni quaternarie del livello marino e la loro influenza sui territori della Maremma toscana e delle isole*. Dipartimento

di Scienze Fisiche, della Terra e dell'Ambiente dell'Università di Siena, 96 pp.

Mazzanti R. & Mazzei R. (2016) - *Sulle Secche della Meloria*. Codice Armonico 2016, Edizioni ETS 272-287.

Mazzanti R. & Mazzei R. (2019) - *Gli eventi tettonici e climatici che hanno influenzato la costruzione della Pianura di Pisa e della Versilia*. Accademia dei Fisiocritici, Siena, *Etrurianatura*, 13: 67-82.

Mazzei R. (2016) - *Sul Diluvio Universale*. Accademia dei Fisiocritici, Siena, *Etrurianatura*, 11, 64-76.

Mazzei R. & Pozzi M. (2009) - *Le oscillazioni climatiche del Quaternario, con un modello concettuale dei fattori determinanti*. Accademia dei Fisiocritici, Siena, *Etrurianatura*, 6: 48-61.

Pitman W.C. & Ryan W. B. (1999) - *Diluvio*. Edizioni Piemme.

Raffi S. & Serpagli E. (1993) - *Introduzione alla Paleontologia*. Scienze della Terra, UTET, Torino.

Ryan W.B. & Pitman W.C. (1998) - *Noah's Flood: The new scientific discoveries about the event that changed history*. A Touchstone Book, Published by Simon & Schuster.

Ryan W.B., Pitman W.C., Major C.O., Shimkus K., Moskalenko V., Jones G.A., Dimitrov P., Gortür N., Sankinç M. & Yüce H. (1997) - *An abrupt drowning of the Black Sea shelf*. *Marine Geology*, 138: 119-126.

Shackleton N.J. & Opdyke N.D. (1973) - *Oxygen-isotope and paleomagnetic stratigraphy of equatorial Pacific core V28-239: oxygen isotope temperatures and ice volume on a 105 year and 106 year scale*. *Quaternary Research*, 3: 39-55.

Tchepalyga A. (2003) - *Late glacial great flood in the Black Sea and Caspian Sea (abstract)*. The Geological Society of America 2003, Seattle Annual Meeting, 35-36.

Orizzonti



Foto di Giovanni Bencini

Conoscenza, coscienza e democrazia: il ruolo del Museo Paleontologico di Montevarchi (AR)

*Elena Facchino**, *Antonella Aquiloni**, *Marco Rustioni**

*Museo Paleontologico, Montevarchi (AR), via Poggio Bracciolini, 36/40
<https://www.museopaleontologicomontevarchi.it/>

Introduzione

“Un popolo che appoggia le sue valutazioni (e noi aggiungiamo «effettua le sue scelte e assume posizioni e/o opinioni») a motivazioni prescientifiche o antiscientifiche, è un popolo incivile: tutto il suo ethos scade ad imposizioni [...] tiranniche” (Prete, 1968).

Riaffermare il senso della conoscenza come valore essenziale nella costruzione delle dinamiche sociali è di grande e necessaria attualità. Oggi, ancora più di ieri, la comunicazione scientifica assume un ruolo centrale per la crescita della consapevolezza dei cittadini. In una società che marcia a ritmi sempre più frenetici imposti dal vertiginoso aumentare delle conoscenze, orientarsi diviene diritto/dovere da parte di ciascuno di noi al fine di rendere reale ed equilibrato l'esercizio del diritto democratico. A partire dalla civiltà greca, trovando in Aristotele una delle massime autorità, tra l'idea di democrazia e quella di scienza è sempre esistito un legame profondo ed indissolubile. Lo spirito democratico si afferma insieme all'idea di una scienza naturale intesa come impresa intersoggettiva, i cui risultati sono controllabili ed i procedimenti aperti ad un riconoscimento. Più si affermano tabù e pregiudizi, nonché tradizioni e rigide ideologie, meno “spazio” è lasciato ad una crescita fondata sulla critica razionale.

Nel tempo si sono succeduti diversi modi di fare scienza, di intenderla e di analizzarla. Infatti, i principi aristotelici sono stati la chiave di lettura dei fenomeni naturali fino a quando, tra la fine del Cinquecento e l'inizio del Seicento, Galileo Galilei consacrò definitivamente il metodo scientifico fondato sull'osservazione e sulla verifica sperimentale.

Una rivoluzione che da un lato demolì alcune “verità” aristoteliche e dall'altro gettò le fondamenta della scienza moderna. In qualche misura l'attuale società occidentale, con il suo progresso, la sua tecnologia e il suo modo di intendere la realtà, è figlia di questo grande personaggio del Rinascimento.

Nella scienza non si parla di “dogmi”, così come non si dovrebbe parlare di “poteri assoluti” nella democrazia; entrambe dovrebbero essere intrise e accompagnate nel loro divenire da “ragionevoli dubbi e mai da assolute certezze”. La scienza, dunque, è democratica, aperta a tutti e non teme la critica; quest'ultima, addirittura, risulta essenziale per il rinnovamento a cui è continuamente sottoposta. In altre parole, essa accetta le novità ed è predisposta ad abbandonare senza rimpianti e nostalgie le conoscenze e le certezze del passato, anzi le usa come base per elaborare modelli e costruire nuovi e appassionanti scenari. Non vi è dubbio: l'analfabetismo scientifico si associa all'impoverimento morale e democratico di una persona, per cui è da considerarsi una concausa delle disuguaglianze, delle ingiustizie e degli squilibri che affliggono in nostro pianeta; l'atteggiamento scientifico, invece, genera la capacità di osservare, valutare, criticare e soprattutto risulta una chiave di lettura essenziale per comprendere il senso della diversità ad ogni livello. La consapevolezza scientifica cresce insieme a quella della tolleranza e del rispetto.

Le iniziative del Museo Paleontologico di Montevarchi

Nel 2005 Michele Sani ha pubblicato, sulla rivista *Etrurianatura*, un articolo riguardante il

Museo Paleontologico dell'Accademia Valdarnese del Poggio (Montevarchi, Arezzo). In esso l'autore ha riportato sia i progressi e gli obiettivi museali del tempo, sia la descrizione dei fossili che erano parte integrante dell'esposizione storica ottocentesca. Negli anni successivi il museo ha ampliato le collezioni e rafforzato la sua immagine e il suo ruolo a livello locale, nazionale ed internazionale. Certo è che solo dal dicembre del 2014, data dell'inaugurazione di una nuova esposizione dei reperti basata su criteri di funzionalità e modernità, il museo è stato in grado di porre le basi per cogliere le varie opportunità e per intraprendere i più diversi percorsi didattico/scientifici da mettere a disposizione dell'intera collettività. Nel 2014 il museo è stato arricchito anche di un Laboratorio di restauro interno (si veda più avanti) e di una sezione archeologica, dedicata ad Alvaro Tracchi, dove è esposto materiale etrusco e romano proveniente dal Viterbese e dal Valdarno.

Tra gli aspetti valoriali, che hanno accompagnato il continuo divenire della programmazione, ne vengono sottolineati tre: la partecipazione, il legame con il territorio e la sostenibilità. Relativamente ai primi due si rileva, in particolare, che hanno guidato le attività in maniera dinamica e che, ad oggi, permettono di perseguire con rinnovata consapevolezza l'obiettivo del benessere della persona. Essi si sono estrinsecati attraverso incontri per gli inserimenti lavorativi, per i percorsi e le occasioni di coprogettazione e coinvolgimento, per le campagne di raccolta fondi, per le attività con le persone dalle esigenze cognitive e sensoriali specifiche; tutto ciò ha rappresentato e rappresenta un continuo stimolo verso il dialogo interculturale, la responsabilità e la crescita individuale/collettiva, garantendo l'inclusione e l'accessibilità al patrimonio culturale. Da anni il museo si muove in questo senso, grazie a progetti in collaborazione con i centri diurni del territorio o in convenzione con le RSA o in sinergia con professionisti che lavorano sul tema dell'autismo. Questo tipo di programmazione è fondata sostanzialmente sul riconoscimento del potenziale sociale che il patrimonio culturale ha in sé (per

il quale ognuno di noi può "dialogare" con esso e trarne occasioni di espressione, di creatività, di inclusione e, quindi, di benessere psicologico ed emotivo) e sul riconoscimento del grande valore che la diversità porta con sé (per il quale il punto di vista dell'altro può determinare un'evoluzione nei servizi, nelle attività, negli allestimenti e nelle narrazioni).

Il patrimonio scientifico e culturale ha un significato solo se messo in contatto con la comunità. L'esempio più esaustivo, riguardo all'importanza ed alla efficacia di questa sinergia, è l'esperienza della campagna "SOS Mammuthus. Aspetta il tuo aiuto da oltre un milione di anni" (Fig. 1). Il ritrovamento del cranio fossile di *Mammuthus meridionalis* (Nesti, 1825), avvenuto in località Tasso (Terranuova Bracciolini, AR) nel 2017, ha infatti convinto il museo ad operare, in stretta collaborazione con la Soprintendenza Archeologia Belle

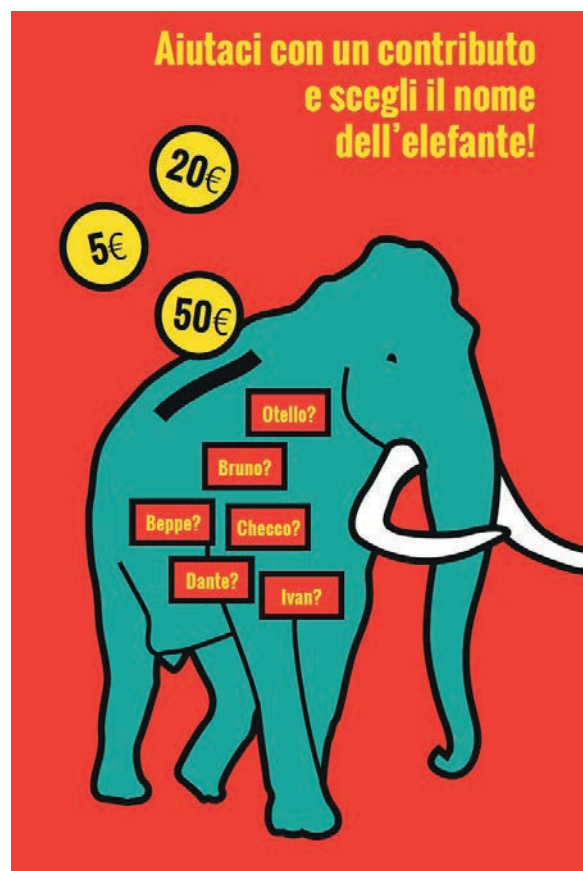


Fig. 1 - L'appello a sostegno della campagna Sos Mammuthus con la possibilità di votare il nome dell'elefante.

Arti e Paesaggio per le province di Siena, Grosseto e Arezzo e con il Dipartimento di Scienze della Terra dell'Università di Firenze, affinché esso divenisse un'occasione di "avvicinamento" verso il patrimonio culturale del territorio, con sviluppo del senso di appartenenza e di responsabilità individuale oltre che istituzionale.

Dal settembre 2017 l'obiettivo di raggiungere la maggior parte della popolazione è stato perseguito con: una ricerca fondi fatta direttamente nelle piazze; varie visite guidate al restauro del fossile; diversi eventi organizzati dal mondo dell'associazionismo attraverso una campagna di comunicazione efficace e costante; la partecipazione ad eventi ludici voluti dalle associazioni *under 35*; alcuni interventi mirati nelle scuole; il coinvolgimento sia della rete di imprese vicina al museo e sensibile alle problematiche territoriali, sia delle comunità straniere in Valdarno e delle realtà socio-assistenziali.

Anche l'allestimento del fossile è stato il frutto di momenti di progettazione partecipata e di comprensione dei bisogni conoscitivi delle singole tipologie di pubblico, attraverso percorsi di ascolto e confronto diversificati. Tutto il lavoro relativo al reperto paleontologico, dalle fasi di ricerca a quelle della sua valorizzazione (dallo scavo al restauro fino alla musealizzazione), ha così intercettato migliaia di sostenitori che a loro volta sono diventati in gran parte visitatori del museo.

Sempre dal 2017 il Museo Paleontologico di Montevarchi organizza il *PaleoFest. Festival della Preistoria* (Fig. 2) tenendo come base la conoscenza e la valorizzazione delle sue collezioni fossili e preistoriche, vere testimonianze identitarie del Valdarno superiore (un bacino fossilifero di straordinaria importanza, per le sue peculiarità, conosciuto fin dal Rinascimento). Non si è dedicato comunque solo a questo aspetto, perché nel *PaleoFest* si è parlato anche di scienza (paleontologia, geologia, antropologia, archeologia, ecc.) con linguaggi informali e strumenti idonei; si è evidenziato lo studio della paleontologia, della geologia e della preistoria al fine di una corretta gestione del presente e di una pianificazione del



Fig. 2 - Il PaleoFest. Festival della Preistoria a Montevarchi.

futuro da parte delle istituzioni e delle singole persone; si sono offerte ai cittadini occasioni di riflessione su temi che trattano l'evoluzione umana da diversi punti di vista per stimolarne la coscienza critica; si è fatto "uscire" il museo e le sue tematiche dalle sale espositive verso un pubblico più vasto, con l'uso del virtuale e lo sviluppo di reti di collaborazione. Del programma del festival fa parte, dal 2021, anche il *Premio Italiano di Paleoarte*; questo ha riscosso, nel corso delle due edizioni, un'inaspettata quanto consistente partecipazione di candidati provenienti da tutto il mondo. Piace sottolineare ancora come i paleoartisti si siano adeguati allo stile delle premiazioni mostrando il volto di una comunità "intorno a un tema e a un museo". Merita infine ricordare che, con tutte le iniziative proposte ed *in itinere*, il museo intende contribuire a far conoscere ed a valorizzare in ambito nazionale e internazionale la città di Montevarchi.

Cenni sulla storia naturale del Valdarno superiore

Il bacino del Valdarno superiore si estende a SE di Firenze e mostra uno sviluppo, in direzione NO-SE, compreso fra il Pratomagno a NE ed i Monti del Chianti a SO. Lungo circa 35 km e largo 15 nella zona più ampia, esso è caratterizzato da depositi di ambiente continentale del Pliocene-Pleistocene per uno spessore complessivo di oltre 550 m (Fig. 3). Per la precisione, la successione sedimentaria si è realizzata in tre fasi distinte: la prima è del Pliocene Superiore (Piacenziano, tra 3,6 e 2,588 milioni di anni), la seconda del Pleistocene Inferiore (Gelasiano+Calabriano, tra 2,588 e 0,781 milioni di anni), la terza del Pleistocene Medio (Ioniano, tra 0,781 e 0,126 milioni di anni) piuttosto avanzato (verosimilmente compreso tra circa 0,3 e circa 0,2 milioni di anni). I sedimenti della fase più antica (prossima a 3 milioni di anni), che affiorano in sinistra dell'Arno nell'area di Castelnuovo dei Sabbioni, Gaville

e della centrale ENEL di Santa Barbara, si sono inizialmente originati in ambiente fluviale per poi proseguire in ambiente palustre e infine lacustre. A testimoniarlo sono i resti di mastodonti (*Ananacus arvernensis*, *Zygodolophodon borsoni*), tapiri (*Tapirus arvernensis*), rinoceronti (*Stephanorhinus jeanvireti*), bovidi (*Leptobos stenometopon*) ed orsi neri primitivi (*Ursus minimus*), associati a resti di tinca (*Tinca* sp., *Tinca vulgaris*) ed abbondanti vegetali perlopiù trasformati in lignite. Dal mosaico delle specie identificate è stato possibile evincere che in questa fase il bacino del Valdarno (più piccolo rispetto a quello odierno) doveva essere ricoperto da una foresta caldo-umida di tipo subtropicale e che il lago doveva aver raggiunto profondità di oltre 100 m.

Intorno a 2.6 milioni di anni fa si verificò, a livello mondiale, un grande evento glaciale. A seguito di tale evento il clima cominciò ad essere caratterizzato da un'alternanza glaciale/ interglaciale con periodicità di circa 41000 anni. Inizialmente si ebbe un deciso abbassamento della

temperatura, successivamente un progressivo inaridimento soprattutto nei periodi freddi. Va da sé, quindi, che le foreste caldo-umide del Valdarno superiore furono sostituite da una vegetazione temperato-fresca durante le fasi interglaciali e da steppe durante quelle glaciali. Il caratteristico ambiente subtropicale si trasformò in una savana erbosa, talora interrotta da essenze arboree. In coincidenza di questi avvenimenti climatici e ambientali, l'area fu interessata da grandi fenomeni tettonici che determinarono la formazione del bacino nell'estensione attuale. Da notare che allora il paleo-Arno scorreva verso SSE e cioè in senso contrario a come lo vediamo scorrere oggi. E' in questa circostanza che si realizza la seconda fase del

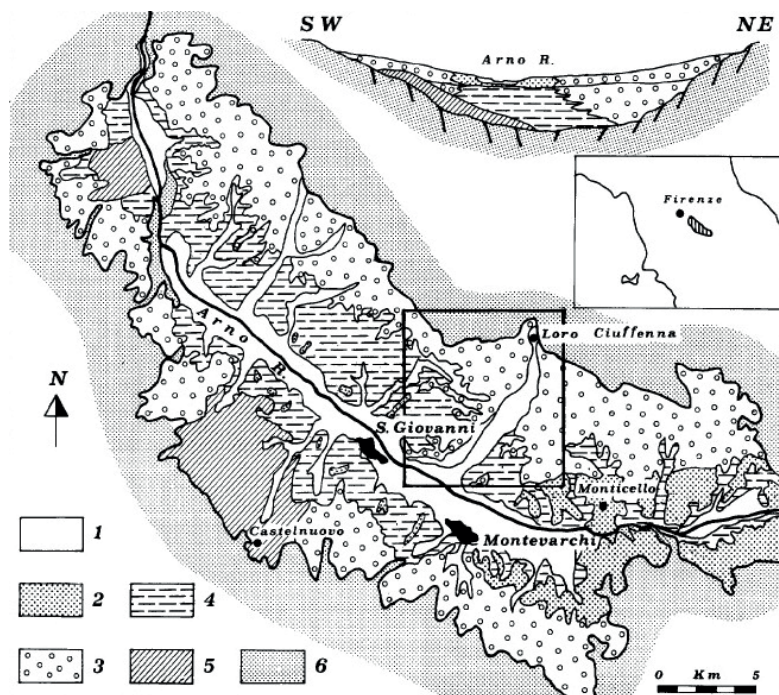


Fig. 3 - Schema geologico del Valdarno superiore: 1 - alluvioni recenti; 2 - successione di Monticello - Ciuffenna (depositi fluviali di Monticello, III fase); 3 - successione di Monticello - Ciuffenna (depositi di conoide alluvionale del torrente Ciuffenna (III fase); 4 - successione di Montevarchi (depositi lacustri e di conoide, II fase); 5 - successione di Castelnuovo dei Sabbioni (I fase); 6 - depositi prelacustri (Benvenuti M., 1993, modificato).

Valdarno superiore, magistralmente rappresentata dai sedimenti delle Balze.

I depositi del Pleistocene inferiore ci restituiscono resti di una fauna molto più varia rispetto a quella descritta in precedenza: scimmie (*Macaca sylvana florentina*), elefanti (*Mammuthus meridionalis*), rinoceronti (*Stephanorhinus etruscus*), equidi “zebrini” (*Equus stenonis*, *Equus stehlini*), ippopotami (*Hippopotamus antiquus*), suini (*Sus strozzii*) imparentati con i suini verrucosi attualmente distribuiti nel sud est asiatico, bovidi di vario tipo (*Gallogoral meneghini*, *Praeovibos* sp., *Procampoceras brivatense*) ed altri in qualche modo simili eco-etologicamente allo gnù attuale, e forse al bufalo cafro, (*Leptobos etruscus*, *Leptobos vallisarni*, *Leptobos merlai-furtivus*), cervidi di varia taglia (*Eucladoceros dicranios/ctenoides*, *Pseudodama nestii*), orsi (*Ursus etruscus*), canidi simili all’odierno lupo (*Canis etruscus*), al coyote (*Canis arnensis*) e al licaone (*Lycaon falconeri*), pantere (*Panthera gombaszoegensis*), “tigri” dai denti a sciabola (*Megantereon cultridens*, *Homotherium crenatidens*), linci (*Lynx issiodorensis*), gatti selvatici (*Felis sylvestrus*), ghepardi giganti (*Acinonyx pardinensis*), iene giganti (*Chasmaportetes lunensis*, *Pachycrocuta brevirostris*), mustelidi (*Pannonictis nesti*, *Meles* sp.), leporidi (*Lepus valdarnensis*), castori (*Castor plicidens*), istrici (*Hystrix etrusca*) e roditori (*Mimomys pliocenicus*).

Circa 1 milione di anni fa si affermò un altro evento glaciale. La periodicità di alternanza glaciale/interglaciale si allungò ai 100000 anni, determinando un’intensa continentalizzazione delle condizioni ambientali. Ciò causò la scomparsa di molte faune ed il loro rimpiazzo da parte di specie di provenienza sia asiatica che africana. L’attività tettonica causò “sprofondamenti”, nella zona di Incisa/Rignano, che determinarono una inversione del corso dell’Arno. Iniziò così la terza fase di riempimento caratterizzata da depositi prettamente fluviali.

In tali depositi sono stati rinvenuti resti di nuovi elefanti (*Mammuthus primigenius*, *Elephas (Palaeoloxodon) antiquus*), rinoceronti (*Stepha-*

norhinus spp.), cavalli (*Equus bressanus-süssenbornensis*), cinghiali (*Sus scrofa*), dell’uro (*Bos primigenius*), di bisonti (*Bison* sp.), cervi giganti (*Praemegaceros verticornis?*), caprioli (*Capreolus capreolus*), cervi rossi (*Cervus elaphus*), daini (*Dama* sp.), orsi (*Ursus arctos*), lupi (*Canis lupus*), iene (*Crocuta crocuta*), castori (*Castor fiber*). È recente la scoperta, nella zona di Bucine, di parti di uno scheletro di *Elephas (Palaeoloxodon) antiquus* associate a selci parzialmente inglobate in pece di betulla (si veda più avanti).

Personaggi e reperti del museo

Numerosi sono i personaggi che hanno visitato, arricchito e studiato le collezioni del Museo Paleontologico di Montevarchi. Tra questi, quello che certamente ha lasciato un segno indelebile è stato George Cuvier (Montbéliard, 1769 – Parigi, 1832). Una targa lapidea ricorda la sua visita alle incipienti collezioni valdarnesi, avvenuta nel 1810 a seguito delle truppe napoleoniche che stavano imperversando in tutta Europa, Italia compresa. George Cuvier, figura di riferimento per tutti coloro che si interessavano di questioni naturali tra la fine del settecento e l’inizio dell’ottocento, è stato il fondatore dell’anatomia comparata e della paleontologia, due discipline strategiche per la comprensione dei meccanismi evolutivi che hanno indirizzato il divenire dei viventi sulla Terra. La nascita e l’affermazione dei musei di paleontologia, compreso quello di Montevarchi, si deve in parte all’opera e alle attività di questo grande studioso.

La collezione del Museo Paleontologico di Montevarchi comprende oltre 3000 reperti, frutto delle raccolte iniziate tra la fine del 1700 e l’inizio del 1800. Dell’intera quantità conservata, circa 300 esemplari sono esposti e descritti nelle vetrine con l’intento di accompagnare il visitatore attraverso la storia naturale del Valdarno e dell’intero continente eurasiatico negli ultimi 3 milioni di anni (Fig. 4).

I resti fossili rappresentano una ricchezza e, di



Fig. 4 - Le vetrine con i fossili della seconda fase del Valdarno superiore.



Fig. 5 - MPM 694, cranio incompleto con mandibola di *Canis etruscus* (olotipo).

fatto, sono pezzi unici. Tuttavia, alcuni sono più importanti di altri, come ad esempio gli esemplari “tipo” di una specie; trattandosi di esemplari sulla base dei quali è stata istituita una specie in precedenza sconosciuta, i ricercatori di tutto il mondo non possono assegnare i resti fossili di cui sono in possesso a questa specie senza un confronto diretto con essi.

Nella seconda sala del museo, quella che ospita i reperti della fase intermedia del Valdarno superiore, spicca un cranio con mandibola (sigla MPM 694, numero 47 delle antiche collezioni) (Fig. 5). Il naturalista Forsyth Major C.I. (Glasgow, 1843 – Monaco di Baviera, 1923), dopo aver conseguito

nel 1868 titoli accademici in medicina a Basilea, per oltre 10 anni frequentò Firenze per studiare le collezioni di fossili del Valdarno. Tra i resti analizzò proprio “*Un cranio quasi intiero, con mandibola aderente, della collezione dell’Accademia Valdarnese a Montevarchi*” (Forsyth Major, 1877, pag. 208). Lo studio portò ad istituire una nuova specie, *Canis etruscus*, un canide diffuso negli ambienti aperti eurasiatici a partire da circa 1,8 / 2 milioni di anni fa.

Oltre all’esemplare tipo appena descritto emergono, per il loro interesse e le loro particolarità, l’“accumulo” di Poggio Rosso (Fig. 6) e la selce di Campitello (Fig. 7). Nel primo caso, si tratta di



Fig. 6 - Accumulo di Poggio Rosso: a) fase dello scavo; b) disegno schematico della distribuzione delle ossa fossili.

un groviglio di ossa fossili (calco, l’originale è conservato presso il Museo di Geologia e Paleontologia di Firenze) comprendente 19 specie di mammiferi, delle quali 10 di carnivori e 9 di fitofagi. Gli studi hanno dimostrato che l’accumulo è stato prodotto circa 2 milioni di anni fa dalla iena gigante *Pachycrocuta brevirostris*. La singolarità della testimonianza è rappresentata non solo dall’abbondanza delle ossa e dal loro stato di conservazione (un buon numero di esse risultano ancora in connessione anatomica, suggerendo un modesto trasporto

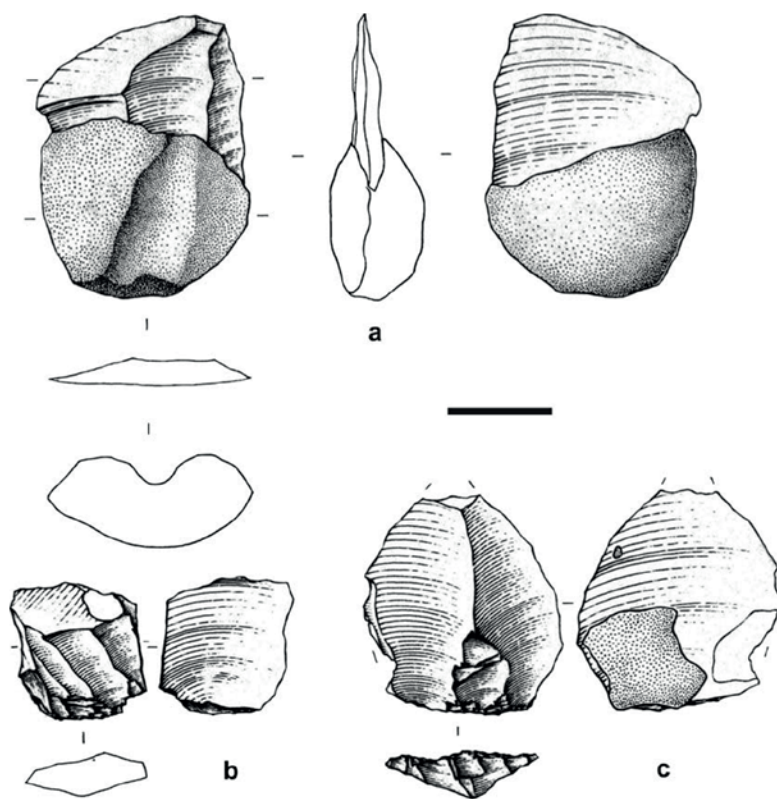


Fig. 7 - Disegno schematico della selce di Campitello ancora immersa nella pece di betulla.

post mortem), ma soprattutto dal fatto che a predominare sono i carnivori rispetto ai fitofagi. Le analisi condotte sui sedimenti e sui pollini fossili, hanno suggerito inoltre un rapido passaggio verso un clima siccitoso e arido. E questo potrebbe essere il motivo per cui molte specie furono costrette a migrare, mentre quelle che rimasero furono costrette a concentrarsi presso le poche pozze d'acqua favorendo così la predazione attiva della iena gigante. Nel secondo caso, invece, siamo in presenza di selci in associazione con resti di *Elephas (Palaeoloxodon) antiquus*, un elefante di grandi dimensioni vissuto nel Pleistocene Medio in gran parte del continente eurasiatico. Alcuni dei manufatti litici di Campitello sono ancora circondati da residui di pece di betulla, un collante naturale utilizzato per immanicare e fissare la selce su aste di legno in modo da ottenerne lance o altri strumenti per la caccia. Risulta evidente, quindi, che le aree valdarnesi erano frequentate da comunità umane organizzate anche prima di 200000 anni fa. L'antichità di tali manufatti, che rappresenta un pri-

mato straordinario; rende ancora più ricca e affascinante la storia nascosta e poi raccontata dai depositi del Valdarno superiore.

Il laboratorio di restauro

Nel 2008 il Museo Paleontologico di Montevarchi ha chiuso al pubblico per ristrutturare ed ampliare i propri spazi. In quella occasione tutti i fossili sono stati imballati e trasportati in un magazzino in modo da garantirne la sicurezza durante il periodo dei lavori. Con la fine di questi lavori è risultata immediata l'esigenza di effettuare interventi di restauro sia sui reperti mal conservati delle collezioni, sia su quelli di nuova acquisizione da sistemare per la musealizzazione. Tale esigenza si è tradotta nella scelta strategica della progettazione di un laboratorio di restauro nell'ambito del museo, in modo da poter intervenire tempestivamente sul patrimonio fossile.

Grazie alla consulenza scientifica dell'Università degli Studi di Firenze, è stato possibile acquisire le competenze necessarie per la formazione di operatori interni. Dai primi interventi di restauro ad oggi, l'esperienza del personale è cresciuta notevolmente e ciò ha permesso di configurare il Laboratorio del Museo di Montevarchi come una realtà professionale altamente qualificata, sempre più rara nel panorama italiano in cui corsi di laurea specifici non esistono e i laboratori delle Università chiudono dopo l'ultimo pensionamento. L'aver investito tempo, spazi e risorse per creare un luogo dedicato al restauro, è risultata quindi una scelta vincente.

Il lavoro svolto nel 2017, in occasione del ritrovamento del già citato cranio di *Mammuthus meridionalis*, ne è un esempio (Figg. 8 e 9).



Fig. 8 - *Mammuthus meridionalis*, Otello: cranio e difese durante il restauro.



Fig. 9 - *Mammuthus meridionalis*, Otello: restauro ultimato, pronto per essere mostrato ai visitatori.

Considerazioni conclusive

Fino a pochi anni fa la scienza era prerogativa di pochi “eletti”, che la coltivavano in luoghi privilegiati. Oggi, grazie anche ai nuovi canali e alle risorse informatiche, è divenuta ampiamente accessibile. Se da un lato è un dovere di chi si adopera nella ricerca praticare una corretta divulgazione scientifica, dall’altro è un diritto/dovere di ogni singolo cittadino attingere alla conoscenza “certificata” per effettuare scelte consapevoli e condivisibili. In tale prospettiva la divulgazione della scienza, condotta a tutti i livelli, assume un ruolo cruciale nella società.

Il Museo Paleontologico dell’Accademia Valdarnese del Poggio, in armonia con le proprie responsabilità istituzionali/programmatiche, vuole perseguire questo ruolo e divenire un legittimo e indispensabile “patrimonio” dell’intera collet-

tività. Di volta in volta, di progetto in progetto, le collezioni in esso contenute sono presentate al pubblico per far loro raccontare un passato che contribuisce a comprendere il presente ed a disegnare possibili scenari futuri. Di per sé le collezioni hanno un senso scientifico, ma se sono messe in relazione con la comunità divengono uno strumento per stimolare il senso della responsabilità personale e collettiva. Ciò potrebbe essere espresso anche in altro modo: il museo è da considerarsi un luogo dove le risorse naturali e socio-culturali del territorio vengono rese comprensibili, al fine di una loro corretta gestione.

Tutte le iniziative ricordate nell’articolo seguono una programmazione che tiene bene a mente quali sono i *goals* dell’Agenda 2030 delle Nazioni Unite a cui il Museo Paleontologico può contribuire con piccoli ma significativi semi.

Bibliografia

ANMS (2019) - *Passo dopo passo verso la sostenibilità. Ricerche ed azioni nei musei scientifici italiani*. Angelo Pontecorboli editore, Firenze.

Aquiloni A. & Aquiloni L. (2010) - *Nuova vita per una vecchia collezione: il restauro dei fossili dell’Accademia Valdarnese del Poggio*. In *Memorie Valdarnesi dell’Accademia Valdarnese del Poggio*, 8(5): 133 – 142. Montevarchi, Accademia Valdarnese del Poggio, Speciale Premio Anselmi.

Aquiloni A. & Facchino E. (2022) - *Il restauro di un Equus sp. risalente al VIII secolo a.C. proveniente da Sesto Fiorentino (FI)*. In *Tutela e Restauro 2021 - Notiziario della Soprintendenza archeologia belle arti e paesaggio per la città metropolitana di Firenze e le province di Pistoia e Prato*, ISBN: 9788892851856, 413-415.

Aquiloni A., Pasquini O., Cozzini F. & Aquiloni L. (2013) - *Nuova vita per una vecchia collezione: il restauro dei fossili testimoni di biodiversità del plio-pleistocene*. In *Museologia Scientifica*, 9: 91-93.

- Aquiloni A., Pecchioni E. & Ugolini A. (2006) - *Caratterizzazione minero-petrografica e chimica delle murature di fondazione della facciata di Santa Maria del Fiore*. In Santa Maria del Fiore: Teorie e storia del restauro nelle città delle fabbriche arnofiane. Giuseppe Rocchi, Firenze, Alinea, ISBN: 8881259079, 199 - 207.
- Azzaroli A. (1977) - *The Villafranchian stage in Italy and Plio-Pleistocene boundary*. Giornale di Geologia, 41, Bologna.
- Azzaroli A. (1982) - *On some vertebrate remains of middle Pleistocene age from the Upper Valdarno and Val di Chiana, Tuscany*. Palaeontogr. It., 73, Pisa.
- Azzaroli A., De Giuli C., Ficarelli G. & Torre D. (1986) - *Mammal succession of the Plio-Pleistocene of Italy*. Mem. Soc. Geol. It., 31, Roma.
- Azzaroli A. & Lazzeri L. (1977) - *I laghi del Valdarno superiore*. Centro studi geol. Appennino, CNR, n. 26, Firenze.
- Benvenuti M. (1993) - *Stratigrafia e sedimentologia dei depositi fluvio-lacustri plio-pleistocenici dell'area nord occidentale del Valdarno superiore (Toscana)*. Riv. It. Paleont. Strat., 48, Milano.
- Bertini A., Magi M., Mazza P. & Fauquette S. (2010) - *Impact of short-term events on latest Pliocene land settings and communities in Central Italy (Upper Valdarno basin)*. Quat. Int, 225, Elsevier.
- Damiani I. & Aquiloni A. (2022) - *Vicende di rinvenimento, conservazione e restauro dell'Elephas (Palaeoloxodon) antiquus*, In AA.VV. (a cura di), 1932, L'elefante e il colle perduto, Roma, Campisano editore, ISBN: 9788885795907, 47-59.
- Facchino E., Wierer U. & Mazza P. (2019) - *Sensibilizzare al patrimonio: la campagna "SOS Mammuthus. Aspetta il tuo aiuto da oltre un milione di anni"*. In Museologia Scientifica, Memorie, 19: 133-135.
- Facchino E. (2019) - *Tutti intorno all'elefante. L'esperienza del Museo Paleontologico di Montevarchi (AR)*. In Museologia Scientifica, Memorie, 20: 180-183.
- Facchino E. (2021) - *PaleoFest. Il Festival della Preistoria del Museo Paleontologico di Montevarchi. Potenzialità e sviluppi*. In Museologia Scientifica, Memorie, on line 2021, 84-87.
- Facchino E. (2022) - *Quando il benessere passa dal patrimonio. Inclusione e partecipazione al Museo Paleontologico di Montevarchi*. In Museologia Scientifica, Memorie, 22: 227-231.
- Forsyth Major C.I. (1877) - *Considerazioni sulla Fauna dei Mammiferi pliocenici e post-pliocenici della Toscana*. Atti della Società Toscana di Scienze Naturali, 3: 208 pp.
- Mazza P., Martini F., Sala B., Magi M., Colombini M.P., Giachi G., Landucci F., Lemorini C., Modugno F. & Ribechini E. (2006) - *A new Palaeolithic discovery: tar-hafted stone tools in a European Mid-Pleistocene bone-bearing bed*. Jour. Arch. Sc, 33, Elsevier.
- Prete G. (1968) - *Retorica e logica. Le due culture*. Einaudi, 210 pp.
- Sani M. (2005) - *Il Museo Paleontologico dell'Accademia Valdarnese del Poggio a Montevarchi*. Accademia dei Fisiocritici, Siena, Etrurianatura, 2: 102-108.

La parola all'immagine



Foto di Giovanni Bencini

Fiori e piante dei campi intorno casa

Giovanni Bencini

Viale Europa, comparto "I Pini", 42 – 58022 Follonica (GR)

Ogni fiore è un cuore che si apre nella Natura per ricordarci la vita



















Io, il lettore



Foto di Giovanni Bencini

Percorrendo un'antica via tra i castelli della Montagnola

Laura Perrini

Viale Vittorio Emanuele II n.73, Siena
perrinilaura1@gmail.com

Un tempo la Montagnola Senese era attraversata da numerosi sentieri. Alcuni di questi sono stati negli anni cancellati dall'avanzata del bosco; altri, invece, sono ancora utilizzati e permettono di visitare agevolmente una campagna ricca di fascino, impreziosita da castelli e palazzi fortificati (Pellegrini E. & Perrini L., 2021; Fig.1), dove il tempo sembra essersi fermato. Molte delle torri medievali che si ergevano lungo queste strade, dopo aver perso il loro scopo difensivo, sono state inglobate all'interno di robusti edifici in pietra e trasformate in aziende agricole o in ville nobiliari.

La strada di Riciano, che dalla località il Cepo (lungo la Cassia) arriva fino a Colle Ciupi, rappresenta uno di questi antichi sentieri: si inerpica, come un serpente, tra due muretti di pietre a secco, ornati in primavera da papaveri e fiori bianchi spontanei. Ci troviamo nel Comune di Monteriggioni, in una zona della Montagnola frequentata già dagli Etruschi, come testimoniato dalla presenza di alcune tombe. Percorrendo questa strada a piedi, ci si aspetterebbe di incontrare gruppi di soldati a cavallo e quasi ci si meraviglia nel veder passare automobili o macchine agricole; ogni cosa, in questi luoghi, ha conservato il suo carattere medievale e persino gli agriturismi non danno alcun fastidio, ben nascosti dentro antichi muri in pietra e avvolti da distese di olivi e querce secolari.

Nella prima parte della strada di Riciano c'è un'insolita concentrazione di strutture difensive (La Villa, Casa Bucci e il Castello della Chiocciola), distanti poche centinaia di metri e bene in vista l'una dall'altra, realizzate probabilmente seguendo un preciso disegno strategico. Si ha l'impressione che queste strutture siano ancora abitate



Fig. 1 - I boschi della Montagnola Senese: in primo piano il Castello della Chiocciola e La Villa e sullo sfondo Siena.

dai ricchi signori del Medioevo che vivevano arroccati nelle torri, come aquile dentro il nido e, dall'alto, sorvegliavano la strada per controllare il passaggio dei carri e di quant'altro fosse soggetto al pagamento di una gabella, con la scusa di proteggere le strade dai briganti che si nascondevano nelle boscaglie.

La prima fortezza che incontriamo è La Villa (Fig. 2), raggiungibile attraverso una strada asfaltata che si dirama da quella di Riciano. Questa struttura è formata da un recinto quadrangola-



Fig. 2 - La Villa.

re merlato che, in un angolo, presenta una torre quadrata, anch'essa merlata, con base a scarpa. Intorno al corpo principale sorgono diversi edifici più recenti i quali testimoniano come, in epoca successiva, si sia sviluppata in loco una comunità agricola. Molto interessante è un torrino cilindrico (oggi sbassato) munito di numerose feritoie arcierre, situato poco distante dalla torre principale. Il sentiero che attraversa il borgo intorno a La Villa faceva parte dei percorsi legati alla Via Francigena e ancora oggi vi transitano numerosi pellegrini.

Ritornando lungo la strada di Riciano e proseguendo verso Colle Ciupi, dopo 300 metri dal bivio per La Villa, incontriamo il borgo medievale di Casa Bucci (Fig. 3) che si affaccia sul percorso, proprio di fronte al Castello della Chiocciola. Si dice addirittura che, anticamente, le due strutture fossero collegate da un passaggio sotterraneo. Sebbene costituito oggi da un insieme di edifici, il borgo di Casa Bucci permette di riconoscere chiaramente la torre antica che, una volta persa la sua funzione strategica, venne prima sbassata e poi inglobata all'interno di una poderosa struttura in pietra. Anticamente a Casa Bucci risiedeva l'originaria Chiesa di San Bartolomeo (più tardi trasferita nel borgo di Riciano) dove si stanziò una comunità religiosa. Dopo l'abbandono da parte della comunità, la struttura seguì il destino dei fortificazioni vicine divenendo un agglomerato agricolo.

Davanti a Casa Bucci il percorso si biforca: la strada di Riciano prosegue verso Colle Ciupi



Fig. 3 - Casa Bucci.

mentre il sentiero di sinistra, privato e non più asfaltato, conduce al Castello della Chiocciola. Un tabernacolo segnala questo bivio: si tratta di un colonnino in pietra, murato dentro il muro di contenimento di un oliveto, presente già nelle mappe antiche e nel Catasto leopoldino dell'inizio dell'Ottocento.

Il Castello della Chiocciola (Fig. 4), ben visibile anche dalla strada, è situato in posizione leggermente più elevata rispetto alle due strutture viste in precedenza. E' composto da due torrioni in pietra, merlati e di forma rettangolare; ad uno di questi è appoggiato un torrino circolare in mattoni, al cui interno si trova una scala elicoidale che dà il nome al castello. Un torrino molto simile si trova nel Palazzo dei Diavoli a Siena, anch'esso di proprietà della famiglia Turchi. Al castello è addossato un vasto edificio costruito successivamente, mentre nei sotterranei troviamo una grotta dove sono venuti alla luce diversi strumenti litici del Paleolitico.

Continuando a salire lungo la strada di Riciano troviamo sulla sinistra, nel giardino del Podere



Fig. 4 - Il Castello della Chiocciola.

Casale, una tomba etrusca scavata nella roccia che la Soprintendenza Archeologica della Toscana ha portato alla luce.

Dopo una breve e ripida salita, ai lati della quale c'è un rigoglioso bosco di querce e lecci, la strada costeggia un fascinoso gruppo di case antiche, immerse tra gli olivi e raccolte intorno alla Chiesa di San Bartolomeo, risalente al XIV secolo: il borgo di Riciano (Fig. 5). Un muretto in pietra, sopra il quale alcuni fili di ferro sostengono dei tralci di vite, crea una cornice di foglie e grappoli che sembra proteggere il borgo dagli sguardi indiscreti dei viandanti che, in ogni stagione, percorrono la strada sulle orme degli antichi pellegrini. In tutto il borgo c'è un'atmosfera d'altri tempi; fermandosi a leggere il cartello in legno con gli orari delle messe, si ha l'impressione di vedere i contadini che lasciavano il lavoro nei campi per recarsi la domenica nella chiesetta, mentre dal campanile a vela, il suono delle campane si disperdeva in tutta la valle.

Poco distante dal borgo di Riciano, dall'altra parte della strada, c'è un piccolo cimitero, un pugno di tombe racchiuse e protette dentro un muro di recinzione.

Il percorso continua in mezzo al bosco e in un tratto è protetto da un filare di cipressi; dopo diverse curve si raggiunge Colle Ciupi, un agglomerato di case dislocate sia lungo la parte terminale del sentiero, sia intorno alla chiesa romanica di San Lorenzo (Fig. 6), situata nel punto più alto



Fig. 5 - Il borgo di Riciano.

della collina. La chiesa attuale risale al XIII secolo ma le fonti più antiche la citano nel 1178. La facciata ha un portale ad arco con sopra una lunetta, mentre il campanile a vela ha una finestra con luce unica (monofora); all'interno della chiesa sono presenti affreschi di pregio, attribuiti ad allievi di Duccio di Buoninsegna.

Nonostante Colle Ciupi in estate sia frequentato da numerosi villeggianti e nonostante la maggior parte delle abitazioni siano state ristrutturate ed abbellite con pergole e vasi di fiori, il luogo conserva ancora un aspetto rurale. La presenza di un forno (un tempo usato da tutti gli abitanti), di ricoveri per gli animali (stabbioni), di parate per tenere all'asciutto la legna e di capanni per proteggere carri e attrezzi agricoli, non lascia dubbi in tal senso: il borgo sembra ancora abitato da quelle comunità di contadini che, un tempo, alternavano il lavoro nei campi con quello nei boschi.

La nostra passeggiata termina qui. Spero che questo breve percorso nella Montagnola Senese faccia nascere nel lettore la curiosità e la voglia di scoprirne altri con i tesori che nascondono. E la sorpresa, in un alone di fascino e di mistero, è garantita.

Le fotografie delle strutture fortificate situate lungo la strada di Riciano sono state scattate in occasione della stesura dell'VIII volume della collana "Fortificare con arte", a cura di Ettore Pellegrini.



Fig. 6 - La Chiesa di San Lorenzo a Colle Ciupi.

Bibliografia

Pellegrini E. & Perrini L. (2021) - *Lungo le antiche*

vie. In: Fortificare con arte. Castelli, palazzi fortificati, torri di guardia tra la Montagnola Senese, il Vescovado e il territorio di Montalcino, a cura di E. Pellegrini, Betti Editrice, Siena, 23-83.

Rintracciata in Sudan la tomba di Carlo Piaggia

Luca Lupi

Società Geografica Pontederese, Pontedera (info@dancalia.it)

Introduzione

Tra gli europei che nel XIX° secolo hanno esplorato l’Africa il toscano Carlo Piaggia (Fig. 1) assume un ruolo di primissimo piano. Lontanissimo dalle intenzioni geopolitiche, alieno dalle pulsioni colonialiste, istintivamente intriso di solidarismo, per circa un quarto di secolo ha viaggiato, molto spesso da solo e con un equipaggiamento risibile, nelle regioni meno note e più temute. Nato nel 1827 a Badia di Cantignano, fra-



Fig. 1 - Ritratto di Carlo Piaggia realizzato dal pittore M. Mancini e donato dalla comunità italiana del Cairo alla “Société Khédiviale de Géographie”. Oggi è collocato nella sede della Società Geografica d’Egitto. (Foto David Degner 2015).

zione del Comune di Capannori in Provincia di Lucca, è da considerarsi un personaggio completamente atipico rispetto allo standard dell’epoca, se non altro perché era un toscano di umili origini. È probabile che proprio questa caratteristica, unita ad una grande umanità, abbia acuito la sua capacità di relazionarsi perfino con popolazioni africane ritenute inavvicinabili dagli altri. Per penetrare a fondo nel continente africano ogni volta era partito da Khartoum (capitale del Sudan) seguendo il ramo del Nilo Bianco (proveniente dalla regione dei grandi laghi equatoriali) o quello del Nilo Azzurro (proveniente dalle montagne d’Etiopia). Egli era riuscito così a visitare, durante i quattro cicli di esplorazioni che lo avevano impegnato dal 1851 al 1882 (anno della sua morte), territori dove nessun europeo era mai arrivato ed a conquistare significativi primati geografici (Fig. 2). Provo ancora un senso di rammarico nel considerare che, a parte gli onori tributati a Carlo Piaggia dai suoi concittadini, furono le società geografiche straniere a riconoscere per prime il valore delle sue esplorazioni; solo in maniera tardiva la Società Geografica Italiana gli attribuì una medaglia d’oro al merito.

Cenni sull’epopea africana

Eventi tragici, avvenuti tra i familiari (morte per un’epidemia di colera), lo spinsero nel 1851 a partire per l’Africa in cerca di fortuna. Prima visse a Tunisi e poi ad Alessandria d’Egitto. In queste città esercitò i più svariati lavori: dalla caccia all’armaiolo, dal rilegatore di libri al cappellaio, dal verniciatore di carrozze al restauratore di palazzi, ecc. Superato il periodo della “sopravvivenza”, legato a queste esperienze, crebbe in lui il de-



Fig.2 - Carta con gli itinerari seguiti da Carlo Piaggia durante le esplorazioni effettuate tra il 1851 ed il 1882.

siderio di vedere, sapere e conoscere tutto quello che quel continente aveva da offrire. La sua vita divenne quindi caratterizzata da un susseguirsi di partenze per l’Africa, con lunghissimi soggiorni per cacciare ed esplorare, e di sempre più brevi periodi italiani.

Nel novembre 1856 raggiunse Khartoum e, da questa città, per circa tre anni compì spedizioni in vaste regioni ad oriente del Nilo riportando ricche collezioni etnografiche. In particolare, nel dicembre 1856 risalì il Nilo Bianco prima fino alle stazioni missionarie di Santa Croce e di Gondòroko, poi fino a Rejaf nei pressi dell’odierna città di Juba (capitale del Sud Sudan); durante questi viaggi, che lo portarono fino al Fiume Sobat, incontrò popolazioni come i Baggara, i Nuer, gli Shilluk ed i Dinka. Alla fine del 1857 si aggregò ad Alphonse De Malzach per cacciare elefanti e procurarsi avorio. Purtroppo scoprì ben presto che il francese era a capo di un infame traffico

di “carne umana” e che dietro alla spedizione si nascondeva la durissima realtà dello schiavismo europeo; tutto ciò lo segnò profondamente e nell’agosto del 1858 tornò a Khartoum. Nel febbraio 1859 rientrò in Italia e da Livorno, dove sbarcò, raggiunse la sua terra natia.

Appena un anno dopo, l’irresistibile richiamo dell’Africa lo portò nuovamente a Khartoum. Dopo aver conosciuto il noto esploratore Giovanni Miani, iniziò la seconda fase delle sue esplorazioni ed insieme al naturalista Orazio Antinori risalì il Nilo Bianco e poi il Bahr al-Ghazal. Nel 1862 partì col medico crespinese Leopoldo Ori per raccogliere uccelli nel Sennar; dalle sue Memorie risulta che la ricca collezione ornitologica raccolta era stata commissionata dal sultano di Costantinopoli.

Ormai sicuro ed intraprendente, Carlo Piaggia effettuò la spedizione che più di altre lo rese famoso: era il novembre del 1863 e, riprendendo il programma di Antinori, l’esploratore raggiunse (primo fra gli europei) da solo il territorio dei famigerati *Niam Niam* (al tempo erano chiamati *Gnam Gnam* perché creduti cannibali); in tale territorio, situato al confine tra Sud Sudan, Repubblica Centro Africana e Repubblica Democratica del Congo (oggi vi abitano gli Azande), rimase circa un anno e mezzo fra peripezie ed esperienze varie. Nel maggio 1865, per fortissimi contrasti con i mercanti arabi di schiavi, fu costretto a rientrare in maniera rocambolesca a Khartoum; ai primi del 1866 ritornò in Italia.

Nel gennaio del 1871 raggiunse prima Alesandria e poi Massaua sul Mar Rosso; da qui partì con Antinori per la Dancalia settentrionale e per l’Eritrea; infine, si diresse verso le regioni interne dell’Abissinia fino al Lago Tana. Di questo

viaggio, che si protrasse fino al 1875, esiste un resoconto scritto dallo stesso Antinori sul Bollettino della Reale Società Geografica Italiana. In quell'anno, dopo 10 anni di assenza, Carlo Piaggia ritornò a Khartoum; qui ricevette da Charles George Gordon (noto in Africa come Gordon Pascià) l'incarico di esplorare i laghi Alberto e Vittoria insieme a Romolo Gessi, personaggio da lui profondamente discusso, criticato e anche odiato. Durante tale incarico, nel maggio del 1876 raggiunse uno specchio d'acqua a cui attribuì il nome di "Lago Capechi". In realtà, due anni prima il luogo era stato scoperto dal colonnello dello Stato Maggiore egiziano Charles Chaillé-Long; questi lo aveva chiamato "Lago Ibrahim", in onore del padre del Khedive (per questa sua attenzione il militare americano alle dipendenze di Gordon Pascià si aspettava di ricevere premi e promozioni; così avvenne, anche se non nell'immediato). Al termine delle esplorazioni Carlo Piaggia si recò al Cairo, dove ricevette grandi soddisfazioni; fra l'altro, fu invitato a tenere una conferenza per la Società Geografica Khediviale ed a partecipare ad incontri di altissimo livello con il Kedivè d'Egitto e con l'Imperatore del Brasile.

Nell'aprile del 1877 rientrò in Italia dove visse un periodo di "Gloria, onori e amarezze"; infatti, da grandi festeggiamenti, riconoscimenti ed incontri con le massime autorità (quali il Re d'Italia ed il Re del Belgio e del Congo Leopoldo II) passò allo sconforto dei trattamenti ricevuti dal mondo scientifico e, soprattutto, dalla Società Geografica Italiana e dal suo secondo "discusso" presidente Cesare Correnti. Il 15 maggio 1878 ripartì per l'Africa ponendo fine a questo controverso periodo. All'età di 51 anni e un po' malandato, fornito delle commendatizie che aveva chiesto, si recò ad Alessandria d'Egitto ed al Cairo per raggiungere il 3 settembre 1878 Khartoum; da qui dette inizio a quella che sarebbe stata la sua ultima avventura africana.

Tutta la sua vita esplorativa era stata prevalentemente incentrata sul Nilo Bianco. Ora, la sua intenzione era quella di migliorare la conoscenza del ramo del Fiume Azzurro per aprire una nuova

via commerciale verso la ricca ed irrequieta Abissinia. Come obiettivo finale si era posto due località etiopiche a cavallo del 10° parallelo: l'area del Beni Shangul e quella più lontana di Fadasi. Il 6 marzo 1879 partì sul Nilo Azzurro da Khartoum diretto a sud. Il 29 marzo raggiunse, per la prima volta, la località chiamata in italiano ottocentesco Carcoggi (attuale Karkoj, Sudan del Nord), il 6 aprile 1879 quella di Famacha (al confine con l'Etiopia). Qui giunto, fu costretto a fermarsi per le prime avvisaglie delle piogge e per il sopraggiungere della stagione invernale. Vi trascorse 10 mesi caratterizzati da periodi di malattia alternati ad intensi periodi dedicati alla caccia, soprattutto di ippopotami, leopardi ed iene. Al loro termine, i contrasti con un capo locale gli impedirono di avanzare verso Fadasi; ai primi di marzo del 1881 fu addirittura costretto a ripartire per la capitale.

Il 7 aprile 1881 Carlo Piaggia giunse a Sennar; qui incontrò il giovane e ricco viaggiatore olandese Jean Marie Schuver, che gli propose di guidare una sua spedizione fino al Beni Shangul. A questo incarico, che gli avrebbe permesso di riprendere l'attività esplorativa preclusa pochi mesi prima e con a disposizione mezzi ben maggiori, non poteva rinunciare; purtroppo, non sentiva la forza di un tempo ed il suo stato di salute peggiorava continuamente per le ripetute febbri con tossi molto forti. L'accordo prevedeva che Schuver sarebbe partito da Karthoum con i suoi compagni di viaggio; appena rimessosi in salute, l'esploratore lucchese lo avrebbe raggiunto. Il 24 dicembre 1881, quasi di nascosto per paura che gli amici cercassero di trattenerlo, anch'egli partì da Khartoum; scortato da una dozzina di uomini, fra i quali il missionario maltese Raffaele Attard, con due barche discese per la terza volta il Nilo Azzurro. L'8 gennaio del 1882 giunse a Carcoggi in condizioni di salute disperate. Conscio della sua probabile fine, chiese al missionario di seppellirlo in questa località e di continuare il viaggio per consegnare tutti gli approvvigionamenti al signor Schuver. E la morte lo colse qualche giorno dopo, il 17 gennaio, a soli 55 anni. Le notizie che uscirono all'epoca informavano di una generica sepoltura

a Carcoggi nei pressi di un grande albero. Dopo qualche settimana, la Società Geografica Italiana chiese espressamente al console italiano Callisto Legnani di tentare di recuperare la salma e di farla trasferire in Italia; ciò non fu possibile a causa del peggiorare della situazione di sicurezza e dell'imminente rivolta Mahdista. Carlo Piaggia rimase sepolto in terra d'Africa!

Dal progetto di ricerca fino alla scoperta della tomba

Il fatto che fosse un esploratore poco conosciuto al grande pubblico e per di più toscano, qualche anno fa mi spinse a pensare ad un progetto di ricerca per valorizzare la sua figura ed onorare i suoi meriti. Insieme all'editore Michele Quirici (Tagete edizioni di Pontedera) articolammo in varie fasi tale progetto e nel 2013 lo proponemmo all'Istituto Storico Lucchese. L'Istituto sposò subito con entusiasmo l'iniziativa per cui iniziò una proficua collaborazione che portò alla pubblicazione di due volumi monografici (Lupi *et al.*, 2017) e di un libro divulgativo (Lupi & Quirici, 2022), ad una serie di conferenze ed all'esposizione nel 2022 di una statua di Carlo Piaggia (realizzata dall'artista Claudia Leporatti) a Capannori. Per chiudere idealmente il cerchio, su questa attività, mancava però un importante tassello: ritrovare l'esatta collocazione della sua tomba. Dai documenti esistenti, infatti, si potevano rilevare solo la data ed il luogo del suo decesso ma non l'ubicazione della sua sepoltura. In realtà, subito dopo la sua morte e nell'epoca fascista erano state effettuate ricerche in questo senso, ma non avevano avuto successo; un tentativo era stato poi condotto nel 1982, da alcuni ricercatori e studiosi dell'Istituto Storico Lucchese, ma per difficoltà logistiche anche in questo caso non era sortito alcun risultato.

Animato dalla volontà di provare a risolvere l'enigma della sepoltura, in tempi recenti ho proposto nuovamente all'Istituto Storico Lucchese di organizzare una spedizione in Sudan; nell'oc-

casione sarebbero state posizionate anche targhe commemorative (in italiano ed arabo) a Karkoj. Dopo un tentativo andato a vuoto nel 2018-2019, a causa del susseguirsi di sommosse popolari e colpi di stato in Sudan (ancora oggi comanda una giunta militare) e dell'avvento della pandemia da covid-19, forte del finanziamento della Fondazione Cassa di Risparmio di Lucca l'Istituto ha continuato a pianificare i contatti con l'Ambasciata Italiana, con il Comboni College di Khartoum (il CCK è stato fondato nel 1929 come scuola primaria e secondaria; ancora oggi si occupa della scolarizzazione e formazione dei ragazzi sudanesi) e con il corrispondente locale del Tour Operator italiano (Kel 12 di Milano). E, finalmente, è giunta l'ora di portare avanti il desiderato intento: partenza il 26 febbraio 2023, rientro ai primi di marzo.

Oltre alla mia persona, il gruppo che avrebbe tentato di dire la parola definitiva sulla questione era composto da: Giorgio Tori, ex direttore dell'Archivio di Stato di Lucca nonché vicepresidente dell'Istituto Storico Lucchese; Roberto Giovannini, documentarista professionista (entrambi già partecipanti alla spedizione di 41 anni prima); Gino Barsella, giornalista e direttore della Fondazione AVSI in Sud Sudan (vive in questo paese da quasi due decenni e parla correntemente l'arabo); Luca Menesini, attuale sindaco di Capannori e presidente della Provincia di Lucca. Per gli studi su Carlo Piaggia (si vedano le citazioni), pochi giorni prima della partenza la Società Geografica Italiana ha voluto sia concedere il patrocinio alla spedizione, sia onorarmi con la nomina a Socio Corrispondente. Grazie anche a questi riconoscimenti il gruppo è partito pieno di entusiasmo.

A Khartoum abbiamo avuto subito gli incontri previsti e spiegato ai partecipanti le nostre intenzioni tramite una conferenza; è stata apposta anche una targa commemorativa nel Comboni College di Khartoum (Fig. 3). Siamo quindi scesi verso sud, seguendo per 400 km il Nilo Azzurro. Giunti a Singa, capitale amministrativa della regione del Sennar, abbiamo incontrato il governatore e subito questi si è reso disponibile a metterci



Fig.3 - Comboni College di Khartoum, 1° marzo 2023: inaugurazione ufficiale della targa dedicata a Carlo Piaggia con scopertura della bandiera italiana da parte di Michele Tommasi (ambasciatore italiano in Sudan) e di Luca Menesini (sindaco di Capannori)..

in contatto con il sindaco di Karkoj. La città, posta sulla riva orientale del Nilo Azzurro, poco distante da Singa, si è rivelata un tipico insediamento africano: case basse costruite con mattoni di fango e assenza di strade asfaltate, fognature e acqua corrente; la tecnologia, comunque, è rappresentata dalla luce elettrica e dagli immancabili telefonini cinesi. Dopo essere stati ricevuti dal commissario prefettizio e da una ventina di notabili e anziani,

siamo stati ospitati in una grande stanza (adiacente all'abitazione di uno dei notabili) dove abbiamo potuto toccare con mano l'accoglienza, del tutto particolare, di questa comunità (Fig. 4). Nel parlare, ci siamo resi conto quanto l'esploratore italiano fosse stato stimato e rispettato per la sua correttezza, per la sua accettazione della cultura locale, per la sua voglia di conoscenza e di relazione con il prossimo. Nel suo ricordo, fra l'altro, tratteggia-



Fig.4 - Karkoj, 2 marzo 2023: foto di gruppo con il commissario governativo, i notabili e gli anziani della città: In bella mostra sono anche i libri da noi donati su Carlo Piaggia e una targa di commemorazione dell'esploratore.

vano puntualmente aspetti a noi poco conosciuti e ciò deponeva a favore del fatto che Carlo Piaggia avesse abitato abbastanza a lungo nell'area di Karkoj. Ad un certo punto dell'incontro sono emerse due inaspettate testimonianze sulla localizzazione della tomba. E' stato un fulmine a ciel sereno! Ci siamo guardati e immediatamente abbiamo compreso che davvero avremmo raggiunto l'obiettivo che ci eravamo proposti! La prima testimonianza riguardava l'unica sepoltura di un uomo straniero bianco, all'ombra di un grande albero (oggi non più esistente) e poco distante da quelle dei defunti musulmani, che si trovava nel cimitero a sud della città. Il dato, fra l'altro, collimava con quanto scritto al momento della morte di Carlo Piaggia. La seconda è stata avanzata da una persona di nome Adil Abdalgadeer Shibaba, la quale ha raccontato quanto accaduto alla sua bisnonna egiziana (Hajja Aishabint Mahamoud Al-Dawy); all'età di 105 anni (1824 - 1929), non potendo essere sepolta con i locali perché straniera, questa aveva chiesto di essere messa accanto all'uomo bianco amato e stimato da tutti che aveva vissuto a Karkoj. Ovviamente, abbiamo sia ripreso con la telecamera di Roberto Giovannini e con i nostri cellulari le due persone, sia registrato le loro spontanee testimonianze. Inutile dire che fremevamo come adolescenti per l'entusiasmo.

La mattina successiva (3 marzo) abbiamo raggiunto, con un corteo di fuoristrada, il cimitero musulmano posto in prossimità delle rive del Nilo



Fig.5 - Karkoj, 3 marzo 2023: Lupi, Tori e Menesini inginocchiati a fianco della sepoltura di Carlo Piaggia coperta con la bandiera italiana.

Azzurro. Il momento si avvicinava sempre più, non stavamo nella pelle. Senza alcun indugio i notabili ci hanno guidato in un'area distaccata dal cimitero e con precisione ci hanno indicato una semplice sepoltura in terra, delimitata in superficie da pietre, con ancora i resti della base di un albero. Essa era orientata diversamente dalle altre (sempre rivolte alla Mecca) e dotata di croce ma non di lapide, dato che all'epoca nessuno era in grado di scrivervi il suo nome. Come annunciato dalla testimonianza, a soli 8 m di distanza si trovava la tomba della signora egiziana dotata di lapide scritta. Dopo aver stabilito con il GPS le coordinate precise del punto di sepoltura e presi altri riferimenti fotografici, abbiamo fatto ripetere le testimonianze del giorno precedente. Con tanta emozione abbiamo poi tirato fuori la bandiera italiana e l'abbiamo deposta sulla tomba per un momento di raccoglimento. Alcuni di noi si sono inginocchiati (Fig. 5), altri hanno fatto il segno della croce. Vedendo la nostra commozione e sentendo l'importanza della commemorazione, i locali presenti sono rimasti in rispettoso silenzio; poi ci hanno chiesto di poter posare tutti insieme per una foto che documentasse il momento (Fig.6). Ormai ce l'avevamo fatta! Può essere che in futuro si pensi ad un esame del DNA per stabilire con certezza l'effettiva sepoltura dell'esplore lucchese; al momento, per quanto sentito e visto, siamo ragionevolmente convinti che quella ritrovata non possa non essere la tomba di Carlo



Fig.6 - Karkoj, 3 marzo 2023: foto di gruppo, con le autorità e i notabili della città, intorno alla tomba di Carlo Piaggia coperta dalla bandiera italiana.



Fig.7 - Karkoj, 4 marzo 2023: posizionamento della targa commemorativa in italiano e arabo sulle pareti dell'edificio governativo.

Piaggia. La stessa mattina, con una cerimonia improvvisata compresa di inno e bandiere, abbiamo posto nell'edificio governativo al centro della città due targhe commemorative (Fig.7).

Il 4 marzo, dopo aver salutato tutti, siamo tornati al cimitero per un ultimo saluto e una foto ricordo (Fig.8). Siamo quindi partiti verso nord per raggiungere Khartoum e tornare a casa. Le lunghe ore trascorse in macchina, guardando le rive del Nilo, ci hanno aiutato a metabolizzare quello

che era accaduto e che ai nostri orecchi suonava come un risultato straordinario. Tornavamo felici e con la consapevolezza che il contatto aperto con quella popolazione meravigliosa avrebbe permesso importanti forme di collaborazione e di cooperazione. Avevamo chiuso un ciclo di un progetto e si aprivano nuove prospettive; e tutto grazie ad un uomo piccolo di statura ma di granitica volontà, che aveva percorso il suolo africano lasciando come segno solo la sua esile ombra gentile.

Bibliografia

Lupi L. & Quirici M. (2022) - *Carlo Piaggia. Dalla Lucchesia all'Africa (1851-1882)*. Tagete edizioni, Pontedera.

Lupi L. Michele Q., Tori G., Romiti A., Caselli G., Tomei E., Tomei PP. & Giovannini R. (2017) - *Carlo Piaggia e le sue esplorazioni africane (1851-1882)*. Tagete edizioni, Pontedera.

Lupi L. (2023) - *Individuazione della precisa localizzazione del luogo di sepoltura di Carlo Piaggia*. Relazione on line, www.danalia.it

Società Geografica Italiana, (2023) - *Rintracciata la sepoltura di Carlo Piaggia in Sudan?* News, societageografica.net Me mi, sus, te nam eos santem. Nam, con et, inusandia doluptas mi, quos qui consequam, corem ve

Schede naturalistiche



Foto di Giovanni Bencini

Nel territorio di Monticiano un giovane castagno cresce nella cavità del tronco di un patriarca della stessa specie

Mauro Cresti^{1,3}, Elvio Bellini², Claudia Ricci⁴, Silvia Cantara⁴, Claudio Milanesi³

1. Accademia dei Fisiocritici e Museo di Storia Naturale, Piazzetta Silvio Gigli 1, 53100 Siena.

2. Centro di Studio e Documentazione sul Castagno, Via Castelnaudary 5, 50034 Marradi (FI).

3. Università degli Studi di Siena, Dipartimento di Scienze della Vita, Via Mattioli 4, 53100 Siena.

4. Università degli Studi di Siena, Dipartimento di Medicina Chirurgica e Scienze Neurologiche, Via Bracci 2, 53100 Siena

Premessa

Il Castagno europeo (*Castanea sativa* Mill.) è stato considerato fin dall'antichità come "il cereale che cresce negli alberi" o "l'albero del pane" o "il pane dei poveri". Ciò in quanto il suo frutto, raccolto, conservato e cucinato nel modo giusto, grazie alle sue proprietà benefiche ha assicurato il sostentamento e la sopravvivenza ad intere generazioni umane. La castagna, infatti, è un alimento dall'alto contenuto in fibre, ricco di carboidrati, proteine, grassi essenziali e sali minerali quali magnesio, potassio, calcio, ferro e zinco. Pertanto si comprende bene perché l'espressione di "civiltà del castagno" sia stata attribuita agli abitanti di aree submontane o interne nelle quali le coltivazioni cerealicole erano scarse o poco redditizie.

Ai giorni nostri i castagneti, non più curati come un tempo, assumono sovente un aspetto desolante e trascurato, con un sottobosco popolato da animali selvatici e reso inaccessibile da numerose piante infestanti. Malgrado questo, e sebbene la frequenza del fenomeno non sia paragonabile con quella dei tempi passati, ancora oggi in ottobre i castagneti sono visitati da persone in cerca di castagne; e non è solo una raccolta di un prodotto molto apprezzato, ma anche fonte di comunione, emozione ed allegria.

Fino a non molti anni fa, il legno del castagno era utilizzato per la costruzione di mobili di pregio e di porte e finestre resistenti alle intemperie. Anche i polloni delle ceppaie trovavano impiego in viticoltura come tutori: venendo le "paline" con-

ficcate per un tratto nel terreno, era essenziale che nello stesso tratto non marcissero in breve tempo e quel tipo di legno offriva una garanzia in tal senso. Ciò portò alla creazione di piccole ma redditizie attività artigianali. Nel Chianti, fra l'altro, la parte delle paline che rimaneva all'aria veniva "sbucciata" da una manodopera soprattutto femminile; si aveva quindi un riscontro sociale positivo anche da questo punto di vista.

Oggi sono sorte alcune associazioni a tutela del castagno e si sono formate innovative occasioni di ricerca, soprattutto in Toscana ed in Piemonte: nella prima regione è stato istituito da Elvio Bellini il Centro di Studio e Documentazione sul Castagno; nella seconda è stato promosso il Centro Regionale di Castanicoltura, che pubblica periodicamente una specifica rivista *online*. Vi è poi un gruppo di esperti del settore che, insieme all'Accademia dei Georgofili, si è fatto carico di produrre una documentazione da sottoporre alle Autorità competenti ed all'UNESCO (Bellini & Trentini, 2022) allo scopo di far riconoscere il Castagno europeo come patrimonio dell'umanità. Infine, va sottolineato l'interesse e l'impegno da parte di alcune aziende per la valorizzazione del frutto fresco e la produzione del prodotto lavorato e trasformato.

Scopo del lavoro

A chiunque abbia modo di recarsi al Podere Castelvecchio, ubicato nel Comune di Monticia-

no (SI) a 338 m di altitudine dalla parte destra del Fiume Merse, difficilmente potrà passare inosservata la presenza di un albero patriarca. Si tratta, più esattamente, di un esemplare di Castagno europeo vecchio circa mezzo millennio e dal tronco

di tre metri e cinquanta di circonferenza, nel cui fusto cavo è cresciuto un altro albero di castagno che, stando alle testimonianze raccolte dagli abitanti del luogo, sembra avere un'età valutabile intorno ai 50 anni (Fig. 1).



Fig. 1 - L'insolita coppia di castagni del Podere Castelvecchio.

Poiché i sistemi fogliari dei due castagni ci sembravano morfologicamente diversi (Fig.2), per saperne di più abbiamo sottoposto alcune loro foglie e semi ad un'analisi genetica nei laboratori del Dipartimento di Scienze Ospedaliere dell'Università di Siena.



Fig. 2 - Confronto tra le foglie (viste nella loro pagina superiore e inferiore) dei due castagni di Castelvecchio. A sinistra il "vecchio", a destra il "giovane".

La riproduzione

Diffuso nelle aree submontane, cioè ad altitudini comprese fra i 300 e i 1000 m, il Castagno europeo ha fiori unisessuali, monoici e poligami. Le infiorescenze maschili sono portate dai germogli annuali presso le ascelle delle giovani foglie. Queste ultime, lunghe da 5 a 20 cm, sono lineari, gracili, erette o alquanto ricurve per il peso e di colore bianco sporco o giallo-paglierino (Fig. 3). I fiori maschili, raccolti in amenti (detti anche "gattici" o "gattini"), sono sparpagliati sul loro asse o,



Fig. 3 - Seconda decade di giugno. Fiori maschili e femminili maturi all'apice di un germoglio.

più frequentemente, riuniti in glomeruli discontinui a brevi intervalli gli uni dagli altri. Ciascun fiore maschile può essere provvisto di 8-12 stami lunghi fino a 7 mm (in media 1-3 mm) oppure esserne privo e risultare perciò sterile. Solo gli stami più lunghi producono un polline abbondante e dall'odore caratteristico che attira numerose api (il miele di castagno è di colore scuro e ha un sapore amaro-gnolo). I fiori femminili, che compaiono successivamente alle infiorescenze maschili in numero fino a 7 (in media 2-3), sono protetti da un involucre squamoso destinato a formare una "cupola", comunemente detta "riccio", dapprima di color verde e poi, a maturità, giallo-marrone. Le infiorescenze femminili, globose e pungenti, sono situate alla base di amenti androgini o bisessuali che si trovano all'ascella delle foglie superiori dei germogli annuali, che già portano le infiorescenze maschili. Ciascun fiore femminile presenta mediamente sette stili bianco-verdognoli, i quali si ergono al di fuori della cupola. Dopo l'emissione gli stili si allungano fino a 5-6 mm ed in piena fioritura (quando tutti i fiori dell'involucro spinoso sono visibili) diventano di colore verde chiaro, rigidi, glabri all'apice e pubescenti alla base. La fine della recettività coincide con l'imbrunimento degli stili e il disseccamento dell'amento androgino (Fig. 4).

Rispetto a molte altre specie arboree, il castagno fiorisce tardi, quando è già fogliato; questo avviene, dall'inizio di giugno fino alla metà di luglio, a seconda della latitudine. La specie ha forte proterandria, tanto che la fioritura maschile precede in genere quella femminile. La produzio-



Fig. 4 - Primi giorni di luglio. Allegagione e inizio dell'accrescimento degli involucri.

ne del polline dura quasi un mese, con gli amenti che progressivamente si disseccano e cadono, mentre il periodo di recettività degli stigmi è di analoga lunghezza temporale. Poiché le migliori cultivar di castagno (cioè i “marroni”) sono in genere autosterili, necessitano di impollinazione incrociata da parte di piante selvatiche ricche di polline, ovvero varietà di castagne ottime impollinatrici che fioriscono in coincidenza con l’antesi femminile. Pur essendo la struttura dei fiori e del polline tipica delle piante anemofile, l’impollinazione si deve considerare anche entomofila. I fiori fecondati iniziano immediatamente ad accrescersi ed il riccio diventa coriaceo, di diametro variabile, completamente fasciato all’esterno con spine acutissime e pungenti rivolte in vario senso ed intrecciate fra loro. All’interno, esso è rivestito di una peluria molle, sericea e bianchiccia, dapprima verde e poi gialla; in prossimità della maturazione si apre in 2-4 valve e permette la fuoriuscita delle castagne (Fig. 5). In molti casi il riccio rimane chiuso e cade (Bellini, 2019).



Fig. 5 - Ottobre / novembre. Completa maturazione dei ricci con caduta dei frutti (achen).

La propagazione

Nel bacino del Mediterraneo, la domesticazione del Castagno europeo sembra abbia avuto inizio dopo l’ultima glaciazione e a partire da oltre 10000 anni fa. L’uomo ha selezionato piante che si propagano essenzialmente per innesto, mentre la riproduzione per seme genera “semenzali” sel-

vatici che al giorno d’oggi sono necessariamente innestati con materiale geneticamente certificato. Il Castagno europeo, quindi, non radica per talea neanche utilizzando prodotti rizogeni per cui, se si vogliono propagare le migliori varietà di castagne e marroni afferenti alle Denominazioni di Origine Protetta (DOP) e alle Indicazioni Geografiche Protette (IGP) quali eccellenze riconosciute all’Italia dalla Comunità Europea, risulta assolutamente indispensabile la pratica dell’innesto nelle sue diversificate esecuzioni e tempistiche. Poiché ultimamente la ricerca sulla micropropagazione è divenuta molto attiva, è possibile che in un futuro prossimo si riescano ad ottenere varietà in grado di auto-radicare da meristema. Attualmente la propagazione utilizza tecniche di uso classico come la riproduzione gamica e la moltiplicazione agamica o vegetativa per innesto, quest’ultima essendo ampiamente praticata per diffondere cloni più produttivi e di maggior pregio, per recuperare alberi invecchiati o debilitati dalle malattie e per il ripristino di nuovi impianti. Quello cosiddetto a “corona”, forse l’innesto più semplice, si effettua alla ripresa vegetativa quando la corteccia si distacca bene dal legno (ossia quando la pianta viene detta “in succhio”); per una più rapida cicatrizzazione del punto d’innesto la pratica è condotta su polloni di diametro superiore ai 5 cm, utilizzando 4 o 5 marze non ombreggiate da piante preesistenti in modo da ridurre i rischi di infezione nel corso dell’assorbimento. Per i selvatici o polloni giovani (di 1 o 2 anni) è consigliato l’innesto a “spacco pieno”; oltre ad essere di facile esecuzione, esso consente un attecchimento nel 90-95% dei casi ed è rivolto a soggetti che non sono ancora in ripresa vegetativa. Sempre su polloni giovani si può impiegare l’innesto a “doppio spacco inglese”, che offre alta percentuale di attecchimento ma richiede una più attenta manualità dell’operatore; oppure quello a “triangolo”, anch’esso di non facile esecuzione; oppure ancora, in alternativa, quelli a “zufolo” e ad “anello”, in passato più diffusi. Su polloni dal diametro superiore a 5 cm si può altresì praticare, a fine inverno, l’innesto a “spacco diametrale con due marze”. Mediante “gem-

me vegetanti” e “gemme dormienti” si possono effettuare innesti “*chip budding*” (“scheggia” o “scaglia”). Infine, per superare le frequenti necrosi dovute al cancro corticale degli alberi adulti, è possibile ricorrere all’innesto a “ponte”, che serve per riparare l’area danneggiata e permettere alla linfa di salire ed alimentare il tronco e i rami sovrastanti (Bellini, 2019).

Analisi genetica dei due castagni di Castelvecchio

Il punto di partenza dell’analisi è consistito nell’esame dei loro microsatelliti o *Short Tandem Repeats* (STR), conosciuti anche come *Simple Sequence Repeats* (SSR) o come *Short Tandem Repeat Polymorphism* (STRP). Definiti come sequenze di DNA non codificante, essi sono costituiti da ripetizioni di brevi sequenze nucleotidiche. Presenti in tutti gli eucarioti superiori, dalle piante agli animali, tali sequenze sono polimorfiche (cioè possono essere presenti nel genoma con un numero variabile di ripetizioni all’interno della medesima specie) per cui permettono di distinguere individui differenti in base al numero di ripetizioni contenute in ciascuno dei loro microsatelliti. Essi rappresentano perciò degli ottimi marcatori negli studi di genetica delle popolazioni e di genetica forense. I polimorfismi sono analizzati tramite PCR (*Polymerase Chain Reaction*)¹, utilizzando primer specifici disegnati in modo da essere complementari alle sequenze fiancheggianti i microsatelliti, le quali solitamente risultano altamente conservate. I prodotti di PCR vengono poi analizzati mediante elettroforesi capillare, in modo da mettere in evidenza differenze di poche basi (2-5 bp), corrispondenti al diverso numero di ripetizioni della sequenza polimorfica.

Tra il 2001 ed il 2003, per la specie *Castanea*

sativa furono identificati e caratterizzati con la sigla CsCAT 33 microsatelliti, 14 dei quali risultarono particolarmente polimorfici (Botta *et al.*, 2001; Akkak *et al.*, 2002; Marinoni *et al.*, 2003). Questi furono successivamente impiegati dal Dipartimento di Colture Arboree dell’Università di Torino per lo studio della struttura genetica dei castagni di 5 Paesi europei (Italia, Francia, Spagna, Regno Unito e Grecia) e del flusso genico tra differenti popolazioni a diverso grado di domesticazione (Silvanini *et al.*, 2011). Nel 2003 Buck e collaboratori caratterizzarono 13 microsatelliti con la sigla EMCs e ne proposero l’applicazione in ricerche riguardanti la mappatura e/o la caratterizzazione genetica. Nel 2005 Paradisi e collaboratori, insieme all’Associazione per la valorizzazione della Castagna dell’Amiata a Indicazione Geografica Protetta (IGP), alla Comunità Montana dell’Amiata ed all’Agenzia Regionale per lo Sviluppo e l’Innovazione del settore Agricolo-forestale (ARSIA), usarono 4 microsatelliti appartenenti al gruppo EMCs e 5 appartenenti al gruppo CsCAT su 22 esemplari di *C. sativa* dell’areale di produzione della “Castagna del Monte Amiata” (Silvanini *et al.*, 2011).

Per lo studio genetico dei due castagni di Monticiano sono stati considerati 6 microsatelliti del gruppo CsCAT e 2 del gruppo EMCs, descritti in letteratura come altamente polimorfici ed efficaci. Per l’estrazione del DNA, il tessuto fogliare verde crioconservato di ciascuna pianta è stato selezionato e smembrato con mortaio e pestello in presenza di azoto liquido. I prodotti ottenuti, contenenti le cellule vegetali frazionate, sono stati analizzati mediante PCR al fine di replicare tutte quelle regioni contenenti gli alleli polimorfici. Attraverso l’elettroforesi capillare sono state evidenziate le differenze polimorfiche riportate in tabella 1. In essa è stata riportata, per ogni microsatellite, la dimensione degli alleli individuati per la pianta

1 La PCR è una tecnica di biologia molecolare grazie alla quale, partendo da una soluzione di DNA (nucleare, mitocondriale, plasmidico, virale, ecc.), è possibile replicare ripetutamente (amplificare), ed in modo estremamente selettivo, un tratto definito di DNA del quale si conoscano le sequenze nucleotidiche iniziali e terminali.

Microsatelliti	Giovane	Vecchio
CsCAT1	200, 225	200, 200
CsCAT2	212, 212	202, 212
CsCAT3	236, 240	228, 228
CsCAT6	180, 194	192, 194
CsCAT14	151, 155	141, 141
CsCAT16	141, 143	141, 143
EMCs25	151, 159	141, 151
EMCs15	85, 91	85, 91

Tab. 1 - Taglie alleliche riscontrate nei due castagni.

giovane e per quella vecchia. Per i due microsatelliti CsCAT3 e CsCAT14 (indicati in rosso) entrambi gli alleli sono risultati diversi; per gli altri quattro (CsCAT1, CsCAT2, CsCAT6 e EMCs25), invece, un allele era comune alle due piante mentre l'altro differiva.

Ringraziamenti

Insieme al Signor Mario Petreni, proprietario dei due castagni, ringraziamo il Signor Stefano Ciccarelli per l'aiuto prestato durante i campionamenti. Si ringrazia inoltre il Prof. Bruno Romano per i suggerimenti profusi durante la stesura del lavoro.

Testi citati

Akkak A., Marinoni D., Botta R., Edwards K. & Bounous G. (2002) - *Isolation and characterisation of microsatellite sequence in Castanea sativa Mill.* VI Giornate Scientifiche SOI, Spoleto 23-25 Aprile, 13-14.

Bellini E. (2019) - *Coltura e Cultura del Castagno. Una Sintesi Attraverso Suggestive Immagini Fotografiche / Cultivation and Culture of European Chestnut. A Synthesis Through Suggestive Photographic Images.* Edizioni C & C Faenza; CSDC - Marradi.

Bellini E. & Trentini L. (2022) - *Castagno europeo patrimonio dell'umanità.* VIII Convegno Nazionale del Castagno, Portici (NA).

Botta R., Marinoni D., Beccaro G., Akkak A. & Bounous G. (2001) - *Development of a DNA typing technique*

Osservazioni conclusive

I due castagni sono morfologicamente e geneticamente dissimili. Forse si ha a che vedere con una suggestiva diversità casuale trasmessa alla progenie per impedire l'erosione genetica dovuta a cambiamenti generalmente indotti dall'*habitat*. Ma mentre il Castagno patriarca può essere stato generato da un innesto, per il giovane non esistono segni evidenti di manipolazioni da innesto, e i dati ottenuti da foglie e semi confermano questa loro diversità.

Malgrado siano necessarie altre ricerche in proposito, per il momento possiamo ipotizzare che la Natura abbia introdotto un metodo efficace per preservare la sua biodiversità, ritenendola necessaria per la sua sussistenza quale sistema sostenibile in grado di far perpetuare al meglio la vita sulla Terra.

for the genetic certification of chestnut cultivars. Forest Snow Landsc. Res.,76 (3): 425-428.

Buck E.J., Hadonou M., James C.J., Blakesley D. & Russel K. (2003) - *Isolation and characterization of polymorphic microsatellites in European chestnut (Castanea sativa Mill.).* Molecular Ecology Notes, 3: 239-241.

Marinoni D., Akkak A., Bounous G., Edwards K.J. & Botta R. (2003) - *Development and characterization of microsatellite markers in Castanea sativa Mill.* Mol. Breeding, 11: 127-136.

Silvanini A., Torello Marinoni D., Beccaro G.L. & Ganino T. (2011) - *La caratterizzazione varietale del germoplasma di Castanea sativa Mill.* Italus Hortus, 18 (3): 47-61.

Etrurianatura

Caratteristiche della Rivista

Etrurianatura offre la possibilità di sviluppare la conoscenza del mondo naturale e di presentarla in forma divulgativa attraverso varie rubriche:

- *La pagina dell'Accademia.* Aspetti, attività e ricerche della stessa Accademia
- *Contributi.* Articoli scientifici su ogni aspetto rilevabile nel patrimonio naturale di un qualunque territorio, anche se sono preferiti quelli che fanno riferimento al territorio toscano
- *Il punto della situazione.* Articoli che mettono a confronto differenti interpretazioni di problematiche relative al patrimonio naturale
- *Orizzonti.* Progetti, idee e proposte di interventi finalizzati a risolvere problematiche inerenti il patrimonio naturale
- *La parola all'immagine.* Spazio riservato a foto relative ad uno specifico tema di carattere naturalistico di volta in volta indicato dal Comitato Editoriale
- *Io, il lettore.* Spazio aperto riservato ai lettori per far conoscere, in forma breve, un'opinione, una proposta o quant'altro possa essere collegato al patrimonio naturale
- *Schede naturalistiche.* Articoli a carattere sintetico relativi ad elementi del patrimonio naturale di un territorio

Il Comitato Editoriale si riserva di inserire altre rubriche a seconda delle esigenze che possono crearsi relativamente alla valorizzazione della rivista.

Norme per gli Autori

Gli articoli, completi di figure, foto e relative didascalie, devono essere redatti secondo le seguenti modalità:

- il titolo generale in font Gill Sans grassetto corpo 19,5
- il nome e il cognome (per esteso) dell'autore o degli autori in font Times New Roman corsivo corpo 14, corredati di recapito ed eventuale e-mail di riferimento nello stesso font ma tondo e corpo 8,5

- il testo, distribuito in due colonne, va caratterizzato in font Times New Roman corpo 11 interlinea 1 e capoversi con rientro; titoli dei capitoli in Gill Sans grassetto e staccati dal testo precedente (2 spazi) e da quello successivo (1 spazio); titoli dei sottocapitoli in Times New Roman maiuscoletto staccati dai testi precedente e successivo (1 spazio)

- il testo può essere fatto precedere da un flash introduttivo (non un riassunto) che ne faccia emergere il contesto di origine. Il flash deve essere in font Times New Roman corsivo corpo 11 interlinea 1

- eventuali note, poste a piè di pagina in colonna unica, vanno scritte in font Times New Roman corpo 9,5 interlinea 1

- le illustrazioni citate nel testo, siano foto o disegni, vanno indicate indistintamente come "Fig." seguite dal numero di successione; lo stesso vale, seguite da una lineetta, per le loro didascalie; queste devono essere in font Gill Sans corpo 8 interlinea 1

- i riferimenti bibliografici sono espressi nel testo dal cognome dell'autore seguito da una virgola e dall'anno di pubblicazione, il tutto tra parentesi tonda (Rossi, 1982); nel caso di due o più autori, rispettivamente (Rossi & Bianchi, 1982) e (Rossi *et al.*, 1982)

- la bibliografia, a seconda dei casi presentata come "Testi citati", è da porre a fine articolo e scritta con rientro in corpo 9,5 interlinea 1 nella seguente successione: autore/i (cognome e prima lettera del nome puntata), lineetta, titolo (per esteso in corsivo), rivista (abbreviata o per esteso), volume (numero arabo; se accompagnato da fascicolo questo deve essere messo tra parentesi tonda), due punti, pagine (la prima e l'ultima). Esempi: Blechschmidt G., Cita M.B., Mazzei R. & Salvatore G. (1981) - *Stratigraphy of the western Mediterranean and southern Calabrian Ridges, eastern Mediterranean*. Marine Micropaleontology, 7 (3): 101 -134 / Scoppola A. & Angiolini C. (1997) - *Vegetation of stream-bed garrigues in the Apennine range of Tuscany and Latium (central Italy), especially the new association Santolina etrusca-Saturejetum montanae*. Phytocoenologia, 27: 77-102.

- per le illustrazioni (figure e foto), che hanno lo scopo di rappresentare il testo in modo esaustivo e chiaro, è richiesta di norma una buona risoluzione (le foto, ad esempio, dovranno averla non inferiore a 300 dpi).

I testi, le illustrazioni e le relative didascalie dovranno essere inviate, in file separati, al Sovrintendente all'Editoria (etrurianatura@fisiocritici.it) ed al Direttore Responsabile della rivista (rbmazzei@gmail.com). Dopo la revisione da parte del Comitato Scientifico e di quello Editoriale gli autori saranno informati dal Direttore Responsabile dell'accettazione o meno dei vari contributi.

Inserzioni pubblicitarie

A farne richiesta possono essere tutti coloro che abbiano in qualche modo relazione con la conoscenza, la gestione, la tutela e la valorizzazione del patrimonio naturale (università, scuole, musei, associazioni, istituzioni professionali o aziendali, studiosi, semplici cittadini). Per il costo dell'operazione, che verrà indicato dal Consiglio, è possibile consultare la Segreteria dell'Accademia.

Finito di stampare nel mese di dicembre 2023