

2006-2012: è questo l'arco temporale delle prime quattro edizioni del congresso di scienze naturali *Codice Armonico*. Ideato ed organizzato dall'Associazione "Amici della Natura Rosignano"



e Museo di Storia Naturale di Rosignano Solvay, *Codice Armonico* presenta, con cadenza biennale, un vastissimo panorama degli studi naturalistici e delle ricerche riguardanti il territorio regionale toscano: dalle Aree Protette ai Parchi, dai siti terrestri a quelli marini (costieri, insulari, subacquei), dai paesaggi rurali tradizionali alle aree urbane esposte a fattori di rischio dalle complesse dinamiche evolutive.

Studi e ricerche che costituiscono l'oggetto di indagini scientifiche e di attività di monitoraggio ambientale da parte di centri universitari, istituzioni pubbliche, enti di ricerca, gruppi di studiosi.

Tutti contribuiscono ad arricchire costantemente il significato di testimonianza operativa e di documentazione scientifica che ha assunto ormai *Codice Armonico*, come dimostra anche il presente volume degli Atti 2012.



CODICE ARMONICO 2012



ETS

CODICE ARMONICO

2012

Quarto congresso di scienze naturali
Ambiente toscano

a cura

dell'Associazione "Amici della Natura Rosignano"
Museo di Storia Naturale di Rosignano Solvay

Edizioni ETS



CODICE ARMONICO 2012

Quarto congresso di scienze naturali
Ambiente toscano

a cura di

Alessandro Lenzi, Laura Leoni, Carlo Baldacci, Bruno Brizzi, Carla De Santi
Patrizia Dell'Agnello, Valentina Domenici, Enzo Feri, Pierluigi Lenzi
Elvezio Montesarchio, Pier Paolo Piombanti, Marcello Santinelli

Associazione "Amici della Natura Rosignano"
Museo di Storia Naturale di Rosignano Solvay



Edizioni ETS

Questo volume è stato realizzato grazie al contributo di:



Comune di Rosignano Marittimo



REA Rosignano Energia Ambiente spa



ASA
Azienda Servizi Ambientali spa



ESC
Enviromental Service and Consulting



Comiedit
Studio 64

Museo di Storia Naturale di Rosignano Solvay
www.musrosi.org - tel. 0586 767052 - info musrosi@tiscali.it

Comitato organizzatore:

Alessandro Lenzi (*Presidente*), Laura Leoni (*Segreteria*)
Carlo Baldacci, Bruno Brizzi, Patrizia Dell'Agnello, Carla De Santi, Valentina Domenici
Enzo Feri, Pierluigi Lenzi, Elvezio Montesarchio, Pier Paolo Piombanti, Marcello Santinelli

Comitato scientifico:

Carlo Baldacci, Bruno Brizzi, Pierdomenico Burgassi, Ferruccio Chiesa, Giorgio Culivicchi
Valentina Domenici, Stefania Giannarelli, Franco Giorgi, Alessandro Lenzi, Giacomo Lorenzini
Renzo Mazzanti, Cristina Nali, Paolo Orlandi, Paolo Pescia, Enzo Pranzini, Fabrizio Serena
Paolo Squarci, Noemi Tornadore, Giuseppe Vella

© Copyright 2012
EDIZIONIETS
Piazza Carrara, 16-19, I-56126 Pisa
info@edizioniets.com
www.edizioniets.com

Distribuzione
PDE, Via Tevere 54, I-50019 Sesto Fiorentino [Firenze]

ISBN 978-884673249-1

indice

1. Contributo alla Flora Micologica del Monte Pisano III
Macromiceti delle Aree Protette del Monte Pisano (PI):
A.N.P.I.L. del Lato – Riserva Naturale Provinciale Monte Serra di Sotto 9
R. Narducci, A. Cecchini, E. Fantoni, P.E. Tomei
2. Macromiceti interessanti presenti nel Parco Regionale delle Alpi Apuane 20
R. Narducci, M. D'antraccoli
3. Prima che l'ultimo platano venga abbattuto 33
G. Lorenzini
4. I minerali di Poggio della Quercia (Collesalveti - Livorno) 39
Una nuova località mineralogica per i Monti Livornesi
F. Sammartino
5. Le micotossine: dal produttore [i funghi] al consumatore [l'uomo] 50
S. Sarrocco, G. Vannacci
6. Modello di accrescimento e dinamica di popolazione per il corallo solitario 58
temperato azooxantellato *Leptopsammia pruvoti*
(Scleractinia, Dendrophylliidae)
E. Caroselli, G. Mattioli, F. Zaccanti, S. Goffredo
7. Icnofossili marini dall'Oligocene di Calignaia, Livorno 67
F. Sammartino, M. Bisconti
8. I molluschi terrestri e dulciacquicoli di Pianosa: 73
tassonomia, ecologia e cambiamenti a lungo termine
M. Bisconti, A. Rigoli, A. Borzatti de Loewenstern, E. Carnieri
9. Diagnosi molecolare degli agenti di carie del legno: dalla teoria alla pratica 82
A. Francini, E. Pellegrini, C. Nali
10. Distribuzione di *Atyaephyra desmarestii* (Millet, 1831) 87
e *Palaemonetes antennarius* (H. Milne Edwards, 1837)
(Crustacea: Decapoda) in Toscana e Liguria
G. Innocenti, S. Cianfanelli
11. Note sulla presenza e distribuzione di *Lissotriton vulgaris* 96
e *Triturus carnifex* nell'Alta Val di Cecina
S. Lefosse, A. Riga

12.	Contributo alla conoscenza della flora vascolare dei Monti Livornesi: analisi preliminare e ritrovamenti notevoli e curiosi <i>V. Lazzeri, F. Sammartino</i>	104
13.	Sulle orme di Stenone - <i>Le escursioni di Niels Steensen nel territorio volterrano (primavera A.D. 1668)</i> <i>G. Lari</i>	110
14.	Determinazione del contenuto di contaminanti organici di origine antropica nel piumaggio di gabbiani <i>V. Cantini, A. Ceccarini, A. Conti, S. Giannarelli</i>	123
15.	Analisi antropologica dei resti ossei rinvenuti in 4 tombe nella Chiesa di San Ferdinando (Livorno) <i>E. Carnieri, A. Faggi, S. Pagni, L. Peruzzi, F. Pucci</i>	131
16.	La flora vascolare endemica di Toscana ed aree contermini: stato delle conoscenze floristiche, biosistematiche, ecologiche e conservazionistiche <i>L. Peruzzi, A. Carta, G. Bedini</i>	138
17.	Elenco analitico dei ricoveri di ardeidi presso il Centro di Recupero Uccelli Marini e Acquatici della LIUP a Livorno, dal 1987 al 2010 <i>S. Galli, V. Palladini, C. Brondi, C. Barbieri, P. Zintu, R. Lista, R. Gherardi, R. Ceccherelli, G. Bedini</i>	148
18.	Sul ruolo degli enzimi fenolossidasi e glucoso-ossidasi nei meccanismi di difesa dell'ape mellifica (<i>Apis mellifera</i> L.) contro la peste americana <i>S. Sagona, M. Giusti, A. Niccolini, L. Guglielminetti, A. Felicioli</i>	158
19.	Formazione di schiume persistenti nell'area marino-costiera di Rosignano Marittimo: approccio multicriterio per l'analisi dei principali fattori coinvolti nel fenomeno <i>M. Renzi, A. Lobianco, A. Giovani, E. Mari, G. Perra, M. Ruta, V. Volpi, C. Guerranti, M. Mariottini, M. Pepi, S. E. Focardi</i>	166
20.	Colonizzazione biologica di un relitto marino: i 67 anni del Genepesca (Vada) <i>F. Chiesa</i>	177
21.	<i>Orchis anthropophora</i> : Quali misteriose attrazioni attua per la sua impollinazione? <i>L. Filippi, G. Bedini, A. Felicioli, G. Flamini, P. Cioni, M. Pinzauti</i>	182
22.	Riproduzione del corallo solitario <i>Caryophyllia inornata</i> (Scleractinia, Caryophylliidae) <i>S. Goffredo, C. Marchini, M. Rocchi, V. Airi, E. Caroselli, G. Falini, O. Levy, Z. Dubinsky, F. Zaccanti</i>	188

23.	Biodiversità sul tetto: realtà o utopia? <i>S. Benvenuti</i>	199
24.	Approccio metodologico allo studio dell'ambiente marino sul campo e con l'utilizzo di videoproiezioni <i>R. Bedini, M. Bedini, L. Bonechi</i>	207
25.	I minerali nelle scorie antiche provenienti da località della Toscana centro-occidentale <i>F. Bonotti, M. Degl'Innocenti</i>	211
26.	Contributo alla conoscenza del genere <i>Lactarius</i> Pers. III Studio dell'essiccata di <i>Lactarius rutaceus</i> conservata presso l'Herbarium Horti Pisani (PI) <i>V. Caroti, A. Pierotti</i>	220
27.	Modellistica meteomarina e campagne di misura sull'arcipelago della Toscana <i>S. Taddei, C. Brandini, M. Fattorini, L. Costanza, C. Lapucci, S. Coudray, I. Pairaud, B. Doronzo, A. Ortolani, B. Gozzini</i>	226
28.	Spiaggiamenti di cetacei in Toscana: resoconto dell'attività del progetto GIONHA nel periodo 2009-2011 <i>C. Mancusi, L. Marsili, M. Bainsi, F. Cancelli, S. Mazzariol, T. Renieri, A. Voliani, S. Ventrella, F. Serena</i>	235
29.	Analisi del contenuto stomacale degli esemplari di <i>Stenella coeruleoalba</i> (Montagu, 1821) spiaggiati lungo le coste toscane <i>A. Voliani, C. Mancusi, C. Pedà, T. Romeo, A. Scuderi, M. Targusi</i>	240
30.	Concentrazione e composizione del particolato atmosferico (PM ₁₀ e PM _{2,5}) nell'area urbana di Massa Marittima <i>R. D'Orazio, F. Baroni, L. A. Di Lella</i>	247
31.	L'impatto del traffico veicolare nell'area urbana di Siena: l'utilizzo dei licheni epifiti (<i>Evernia prunastri</i> L.) <i>R. De Rosa, L. A. Di Lella</i>	257
32.	La conservazione di alcune specie acquatiche a rischio di estinzione nel comprensorio del Padule di Fucecchio <i>A. Mensuali-Sodi, M. Lucchesini, L. Fontanili, A. Bartolini</i>	270
33.	Trasformazioni economiche e resistenza dei paesaggi rurali tradizionali <i>Paolo Rognini</i>	277
34.	La difesa del litorale toscano: dalle opere rigide agli interventi morbidi <i>Enzo Pranzini</i>	287

35.	Salute degli alberi in ambiente urbano e sicurezza del cittadino: studio di alcuni casi in Toscana <i>G. Lorenzini, C. Nali, E. Pellegrini</i>	299
36.	Nuovi dati sul “Macigno Costiero” di Piombino (nota preliminare) <i>M. Rossi, P.L. Vercesi</i>	317
37.	Stratigrafia e morfologia del Pleistocene nel Comune di Rosignano Marittimo <i>R. Branchetti, R. Mazzanti, A. Miliani</i>	324
38.	La flora e la vegetazione toscana: informazioni storiche e bibliografiche <i>P.E. Tomei</i>	354
	Indice alfabetico delle parole chiave	361
	Indice alfabetico degli Autori	365
	Indice degli Enti rappresentati	369

prefazione

Giungere ad una quarta edizione è una bella impresa e motivo di soddisfazione; si sente il calore confortante di una esperienza consolidata, si assapora con disinvoltura la gestione e l'organizzazione degli eventi, spesso imprevisi, che si manifestano durante la preparazione del congresso. Ma una certa malinconia ci assale, al pensiero se questo debba essere l'ultimo appuntamento, o uno di quelli che si unirà ai futuri. Se dovessimo pensare alle difficoltà incontrate forse saremmo indotti a dire no, non potranno esserci altre edizioni. La coscienza che nulla è duraturo, che forse si dovranno trovare altre forme per comunicare i risultati degli studi sulle scienze naturali che riguardano il territorio toscano porta a convincerci della ineluttabilità di questa ipotesi. Ma poiché non ci piace fare inutili lamentazioni e, semmai, porci il problema di cosa annunciare, tante riserve e tanti timori svaniscono e lasciano il posto a questa considerazione: abbiamo il quarto volume!!! Il quarto di quella che ormai è una piccola collana che racconta le ricerche scientifiche condotte da molti naturalisti nella nostra bella Toscana, il risultato di tanta passione e lavoro dedicati alla testimonianza di come è fatta questa nostra regione. La coscienza di aver raccontato l'evoluzione naturale del nostro territorio, testimoniata e contenuta per sempre in uno dei più magici strumenti dell'intelletto umano, il libro, è motivo di orgoglio. Questa è la ragione che ci conduce a pensare al futuro. Ed è proprio da questa considerazione che possiamo lasciarci alle spalle, con gioia, le fatiche, le frustrazioni ed i momenti di stanchezza, perché è nato un libro. Questa estensione dell'intelletto che conserva la conoscenza rappresenta per noi il vero motivo di soddisfazione, insieme alla gioia di aver fatto incontrare, per alcuni giorni, studiosi e scienziati naturalisti che hanno scelto la Toscana per le proprie avventure scientifiche.

Questa nostra società vuole abituarci alla rapidità di espressione, alla velocità nella comunicazione, a sostituire con un'immagine o uno slogan la forza del pensiero. Un semplice sms racchiude in sé tanti messaggi, tanti significati; la scienza stessa, se male interpretata, porta a pensare che sia già superato tutto ciò che è la conoscenza appena maturata. Gli scienziati del passato stanno nel passato, la scienza vive nel presente, la scienza è tesa al futuro. Questa interpretazione troppo istintiva, questo andamento sincopato del flusso di idee non ci piace. Ci piace, invece, pensare che le idee e le ricerche richiedano tempo, maturazione, riflessione ed attenzione nell'esser poste; richiedano attenta cura nella verifica e paziente lavoro nella loro costruzione per poter, finalmente, essere mostrate e condivise. E in questo concetto si concretizza l'idea del libro, qualcosa fatto di parole che, forse, possono anche scorrere in fretta, ma che significano tempo, fatica e dedizione. Un libro è in potenza un pezzetto di eternità, sta a noi con la nostra lettura farlo entrare nel mondo del tempo e lasciare che ci cambi per sempre.

Questo libro degli Atti nasce con il contributo degli autori degli articoli e con la cura e dedizione del *comitato organizzatore*: Carlo Baldacci, Bruno Brizzi, Patrizia Dell'Agnello, Carla De Santi, Valentina Domenici, Enzo Feri, Alessandro Lenzi, Pierluigi Lenzi, Laura Leoni, Elvezio Montesarchio, Pierpaolo Piombanti, Marcello Santinelli; *comitato scientifico*: Carlo Baldacci, Bruno Brizzi, Pierdomenico Burgassi, Ferruccio Chiesa, Giorgio Culivicchi, Valentina Domenici, Stefania Giannarelli, Franco Giorgi, Giacomo Lorenzini, Renzo Mazzanti, Cristina Nali, Paolo Orlandi, Paolo Pesca, Enzo Pranzini, Fabrizio Serena, Paolo Squarci, Noemi Tornadore, Giuseppe Vella.

Alessandro Lenzi

Contributo alla Flora Micologica del Monte Pisano III

Macromiceti delle Aree Protette: A.N.P.I.L. del Lato (PI) - Riserva Naturale Provinciale Monte Serra di Sotto (PI)

Roberto Narducci¹, Angela Cecchini², Elena Fantoni³, Paolo Emilio Tomei⁴

Parole chiave: flora micologica, macromiceti, Aree Protette, Monte Pisano (PI)

Il presente contributo scaturisce dal proseguimento delle indagini relative alla componente micologica dei territori inclusi nel Sistema delle Aree Protette del Monte Pisano: A.N.P.I.L. Monte Castellare – Valle delle Fonti (Comune di San Giuliano Terme); A.N.P.I.L. del Lato (Comune di Calci); A.N.P.I.L. Stazione Relitta di Pino Laricio; A.N.P.I.L. Serra Bassa e Riserva Naturale Provinciale Monte Serra di Sotto (Comune di Buti).

Dopo un' introduzione generale sul Polo Ambientale del Monte Pisano, sul SIR 27 - Monte Pisano (SIC codice IT5120019) e sulle due aree protette, sono prese in esame le tipologie vegetazionali presenti. Per ogni tipologia sono indicati i macromiceti censiti nel periodo 2007-2010. Per alcuni di essi, ritenuti interessanti, sono presentate immagini e note.

Introduzione

La Regione Toscana da oltre dieci anni ha individuato sul Monte Pisano il Sito di Interesse Comunitario n. 27 "Monte Pisano" Codice Natura 2000 IT5120019, approvato con Del. C.R.T. n. 342 del 10 Novembre 1998, nonché Sito di Interesse Regionale, approvato con la L.R.T. 6 aprile 2000, n. 56 con il recepimento del DPR 8 settembre 1997, n. 357 (Regolamento recante attuazione della Direttiva Comunitaria 92/43/CEE) e in conformità con la Direttiva Comunitaria 79/409/CEE, concernente la conservazione degli uccelli selvatici. Anche con la Legge Regionale 56/2000 "Norme per la conservazione e la tutela degli Habitat naturali e seminaturali della flora e della fauna selvatiche", ha proseguito in questo processo di tutela (Fantoni e Narducci, 2000).

Nel Monte Pisano le aree contermini a questo Sito risultano parimenti importanti da un

punto di vista ambientale, tanto da giustificare un eventuale ampliamento dei confini del SIC nell'ambito dei territori dei Comuni di San Giuliano Terme, Calci, Buti e Vicopisano. Gran parte della superficie più interessante del versante pisano del Monte coincide con quella delle diverse Aree Naturali Protette di Interesse Locale, istituite ai sensi della L.R.T. n. 49/95, Monte Castellare - Valle delle Fonti per il Comune di San Giuliano Terme; Valle del Lato per il Comune di Calci; Serra Bassa e Stazione relitta di Pino Laricio per il Comune di Buti. Sempre su Buti è la Riserva Naturale Provinciale Monte Serra di Sotto. Queste aree fanno parte del Polo Ambientale del Monte Pisano, istituito dalla Provincia di Pisa e dalle Amministrazioni Comunali di Buti, Calci, San Giuliano Terme nel 2005, a cui si è aggiunta nel 2007 anche l'Amministrazione di Vicopisano. Il fine perseguito con questo lavoro è quello di conoscere i macromiceti presenti nell'A.N.P.I.L. del Lato e nella Riserva

Naturale Provinciale Monte Serra di Sotto e di incrementare la tutela e la promozione delle risorse territoriali, per migliorare la fruibilità delle aree protette, per favorire l'occupazione e garantire quindi un presidio antropico nel comprensorio del Monte Pisano. Per le precedenti indagini micologiche nelle aree del Polo, si deve fare principalmente riferimento ai lavori di Narducci *et al.*, 2007; Cecchini e Narducci, 2008; Tomei *et al.*, 2009; Fantoni *et al.*, 2010. Per quanto concerne gli aspetti vegetazionali si fa riferimento a Bertacchi *et al.*, 2004 e a Tomei *et al.*, 2009.

A.N.P.I.L. del Lato

Situata nella parte centrale del Monte Pisano, occupa la porzione orientale del Monte Faeta. Si accede principalmente all'area dalla strada provinciale del Monte Serra, in direzione di Santallago e nei pressi del valico di Bisantola. L'A.N.P.I.L. del Lato è caratterizzata, nella parte meridionale, da vegetazione a sclerofille sempreverdi. In località Bagnetto, nella parte pedemontana, si è sviluppata una cipresseta naturale. Come accade in gran parte del Monte Pisano, comunque il territorio è caratterizzato dalla presenza di pino marittimo associato a eriche, ginestrone, ecc. (Bertacchi *et al.*, 2004). Nella porzione settentrionale dell'area protetta la vegetazione è costituita soprattutto da castagneti con pini, ornielli e corbezzoli. Il fulcro dell'area protetta è costituito dalla Valle del Lato, un torrente che scende alle spalle di Calci per andare a immettersi nel torrente Zambra. Lungo il suo corso, sono presenti maestosi esemplari di ontano ed è abbondante.

Riserva Naturale Provinciale Monte Serra di Sotto
La Riserva, istituita a seguito della dismissione, da parte della Provincia di Pisa, dell'Oasi Faunistica "Monte Serra", delimita un'area complessiva pari ad ha 375.00, interessando in gran parte il demanio regionale e tratti di proprietà privata. Il paesaggio vegetale è costituito prevalentemente da pinete di pino marittimo e da boschi di sclerofille sempreverdi e di caducifoglie; presenti anche castagneti e oliveti (Bertacchi *et al.*, 2004).

Materiali e metodi

Per la redazione della lista delle entità reperite, presentata in ordine sistematico, sono stati utilizzati dati originali scaturiti dalle indagini svolte nei territori del Comune di Calci (A.N.P.I.L. del Lato) e del Comune di Buti (Riserva Naturale Provinciale Monte Serra di Sotto), con sopralluoghi a cadenza mensile, nel periodo gennaio 2007 - dicembre 2010. Per le specie ritenute più interessanti sono fornite indicazioni di dettaglio; i campioni raccolti sono stati fotografati con fotocamera Canon EOS 400D e obiettivo Canon EFS 60 mm. Gli essiccati sono stati inseriti nell'*Herbarium Facultatis Agrariae* (PI-AGR), presso il Dipartimento di Agronomia e Gestione dell'Agroecosistema dell'Università di Pisa. I caratteri microscopici sono stati desunti sia da materiale fresco che da quello già depositato in erbario. I principali reagenti e/o coloranti utilizzati sono stati: KOH 5%, Ammoniaca 6%, rosso Congo, floxina 1%, reattivo di Melzer, Blu cotone. Le misurazioni microscopiche sono state effettuate con apparecchio ottico Swift M5 ed obiettivo 1000× ad immersione.

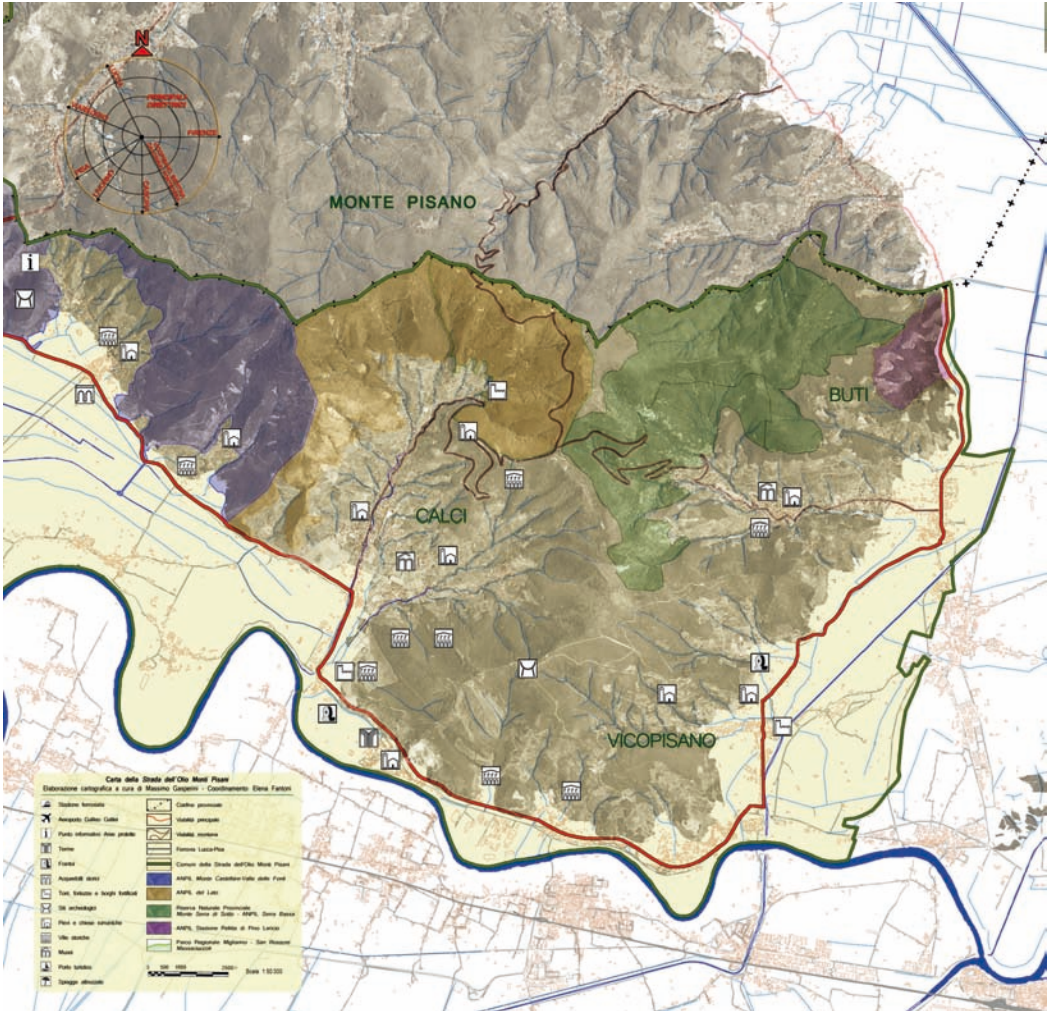
gli autori

¹ Associazione Naturalistica "Aster Natura"
Via di Coselli 5, 55060 Capannori (LU)
roberto1956@supereva.it

² Associazione Naturalistica "Aster Natura"
Via della Marina 57, Castagneto Carducci (LI)
cecchini.angela@tiscali.it

³ Servizio "Tutela Ambientale" del Comune di San Giuliano Terme
Via Niccolini 25, 56017 San Giuliano Terme (PI)
efantoni@comune.sangiulianoterme.pisa.it

⁴ Università di Pisa - Dip. di Agronomia e Gestione dell'Agroecosistema
Via San Michele degli Scalzi 2, 56124 Pisa
petomei@agr.unipi.it



Estratto Cartografia “Strada dell’Olio Monti Pisani” a cura di Massimo Gasperini, 2011.

Elenco dei macromiceti:

ASCOMYCETES

DIATRYPACEAE

Diatrypella quercina (Pers.: Fr.) Cooke,
querceto, Calci.

HELVELLACEAE

Helvella acetabulum (L.: Fr.) Quél.,
ostrieto, Buti.

Helvella crispa (Scop.: Fr.) Fr., querceto, Calci.
Helvella elastica (Bull.: Fr.), ostrieto, Buti e Calci.
(*Acetabula vulgaris* Fuck.)

HUMARIACEAE

Humaria hemisphaerica (Weber in Wigg.: Fr.)
Fuckel, lecceta, Calci.

PIRONEMATACEAE

Otidea onotica (Pers.: Fr.) Fuckel, lecceta
e pineta, Calci.

XYLARIACEAE

Xylaria hypoxylon (L.: Fr.) Grev., ostrieto,
Buti e Calci.

BASIDIOMYCETES

AGARICACEAE

Agaricus haemorrhoidarius Schulzer in Kalchbr.,
lecceta, Calci.

Agaricus moellerii Wasser, ostrieto, Buti e Calci.
Agaricus subperonatus (Lange) Singer,
querceto, Buti.

Agaricus sylvaticus Schaeff., pineta, Calci.
Agaricus sylvicola (Vittad.) Peck, ostrieto, Buti.
Agaricus xanthodermus Genev., querceto, Buti.

AMANTACEAE

Amanita argentea Huijsman, pineta, Calci.

Amanita caesarea (Scop.: Fr.) Pers.,
lecceta e castagneto, Buti e Calci.

Amanita ceciliae (Berk. & Broome) Bas,
pineta, Calci.

Amanita citrina (Schaeff.) Pers.,
pineta e querceto, Buti e Calci.

Amanita junquillea Quél.,
castagneto e pineta, Buti e Calci.

Amanita pantherina (DC.: Fr.) Krombh.,
pineta e querceto, Buti e Calci.

Amanita phalloides (Vaill. ex Fr.: Fr.) Link,
querceto, Buti e Calci.

Amanita rubescens Pers.: Fr., castagneto e pineta,
Buti e Calci.

Amanita rubescens f. *annulosulphurea* (Gillet)
J.E. Lange, castagneto, Buti.

Amanita spissa (Fr.) P. Kumm., castagneto,
Buti.

Amanita vaginata (Bull.: Fr.) Lam.,
querceto, Buti.

Limacella furnacea (Letell.) E.-J. Gilbert,
lecceta, Calci.

AURICULARIACEAE

Auricularia auricula-judae (L.: Fr.) Quél.,
ostrieto, Buti e Calci.

Auricularia mesenterica (Dicks.: Fr.) Pers.,
ostrieto, Buti. (*Auricularia auricula-judae*)

BANKERACEAE

Hydnellum conrescens (Pers. ex Schwein.)
Banker, pineta, Calci.

Hydnellum ferrugineum (Fr.: Fr.) P. Karst.,
pineta, Calci.

Hydnellum peckii Banker in Peck, pineta, Calci.

Phellodon niger (Fr.: Fr.) P. Karst., pineta,
Buti e Calci.

Sarcodon squamosus (Schaeff.) Quél.,
pineta, Buti.

BOLETACEAE

(*Boletus collinitus*) *Boletus aereus* Bull.: Fr.,
lecceta, Calci.

Boletus aestivalis (Paulet) Fr., castagneto, Buti.

Boletus fragrans Vittad., querceto, Calci.
(*Boletus lepidus*)

Boletus luridus Schaeff.: Fr., querceto, Buti.

Boletus queletii Schulzer, querceto, Calci.

Chroogomphus fulmineus (R. Heim) Courtec.,
pineta, Buti e Calci

Chroogomphus rutilus (Schaeff.: Fr.) O.K. Mill.,
pineta, Buti.

Gyroporus castaneus (Bull.: Fr.) Quél.,
castagneto e lecceta, Buti e Calci.

Leccinum lepidum (Bouchet ex Essette)
Redeuilh, lecceta, Calci.

Strobilomyces strobilaceus (Scop.: Fr.) Berk.,
castagneto, Buti.

Suillus bellinii (Inzenga) Kuntze, pineta, Calci.

Suillus bovinus (L.: Fr.) Roussel, pineta, Buti.

Suillus collinitus (Fr.) Kuntze, pineta,
Buti e Calci.

Suillus granulatus (L.: Fr.) Roussel, pineta, Buti.
(*Boletus albidus*) (*Boletus bellinii*,
Boletus leptopus)

Xerocomus armeniacus (Quél.) Quél.,
castagneto, Buti.

Xerocomus chrysenteron (Bull.) Quél.,
ostrieto, Buti e Calci.

Xerocomus pulverulentus (Opat.) Gilb.,
lecceta e castagneto, Buti e Calci.

Xerocomus rubellus (Krombh.) Quél.,
ostrieto, Calci.

Xerocomus subtomentosus (L.: Fr.) Quél.,
querceto e pineta, Buti.
(*Boletus subtomentosus*)

CANTHARELLACEAE

Cantharellus amethysteus (Quél.) Sacc.,
castagneto, Buti.

Cantharellus cibarius (Fr.: Fr.) Fr.,
castagneto, Buti.

Cantharellus friesii Welw. & Curr.,
castagneto, Buti.

Craterellus cornucopioides (L.: Fr.) Pers.,
lecceta, Calci.

Craterellus lutescens (Fr.: Fr.) Fr., pineta,
Buti e Calci.

Craterellus tubaeformis (Fr.: Fr.) Quél.,
pineta, Calci.

CLATHRACEAE

Clathrus ruber Pers.: Pers., lecceta, Calci.
(*Clatrus cancellatus*)

CLAVARIACEAE

Clavulinopsis helv(e)ola (Pers.: Fr.) Corner,
pineta, Calci.

Ramaria botrytis (Pers.: Fr.) Ricken,
castagneto, Buti.

Ramaria flavescens (Schaeff.) Petersen,
castagneto, Buti.

Ramaria stricta (Pers.: Fr.) Quél., ostrieto
e lecceta, Buti e Calci.

Ramaria subbotrytis (Coker) Corner,
castagneto, Buti.

CLAVULINACEAE

Clavulina cinerea (Bull.: Fr.) J. Schröt. in Cohn,
lecceta, Calci.

Clavulina cinerea f. *sublilascens* Bourdot
& Galzin, lecceta, Calci.

Clavulina coralloides (L.: Fr.) J. Schröt.
in Cohn, lecceta, Calci.

Clavulina rugosa (Bull.: Fr.) J. Schröt. in Cohn,
pineta, Calci.

COPRINACEAE

Coprinus atramentarius (Bull.: Fr.) Fr., lecceta,
Buti.

Coprinus comatus (O.F. Müll.: Fr.) Pers.,
querceto, Buti e Calci.

Coprinus disseminatus (Pers.: Fr.) Gray,
ostrieto, Buti e Calci.

Coprinus micaceus (Bull.: Fr.) Fr., ostrieto,
Buti e Calci.

Parasola conopilus (Fr.: Fr.) Örstadius & E.
Larss., lecceta, Calci.

Psathyrella candolleana (Fr.: Fr.) Maire in Maire
& Werner, ostrieto, Buti e Calci.

CORIOLACEAE

Trametes versicolor (L.: Fr.) Pilát, ostrieto,
Buti e Calci.

CORTICIACEAE

Radulomyces molaris (Chaillet ex Fr.: Fr.) M.P.
Christ., querceto, Buti e Calci.

Vuilleminia comedens (Nees: Fr.) Maire,
querceto, Calci.

CORTINARIACEAE

Cortinarius anomalus (Fr.: Fr.) Fr., lecceta,
Calci.

Cortinarius bulliardii (Pers.: Fr.) Fr., lecceta,
Calci.

Cortinarius calochrous (Pers.: Fr.) Fr., lecceta,
Calci.

Cortinarius cedretorum Maire, lecceta, Calci.

Cortinarius cinnamomeobadius Rob. Henry,
pineta, Buti.

Cortinarius elatior Fr., pineta, Buti e Calci.

Cortinarius infractus (Pers.: Fr.) Fr., lecceta,
Calci.

Cortinarius ionochlorus Maire, lecceta, Calci.

Cortinarius mucosus (Bull.) Kichx, pineta,
Calci.

Cortinarius orellanus Fr., querceto e castagneto,
Buti.

Cortinarius salor Fr., lecceta, Calci.

Cortinarius semisanguineus (Fr.: Fr.) Gillet,
pineta, Calci.

Cortinarius trivialis J.E. Lange, lecceta, Calci.

Crepidotus variabilis (Pers.: Fr.) P. Kumm.,
ostrieto, Buti e Calci.

Gymnopilus hybridus (Fr.) Maire, pineta, Buti
e Calci.

Gymnopilus suberis (Maire) Singer, Calci,
lecceta.

Hebeloma crustuliniforme (Bull.) Quél., ostrieto,
Buti e Calci.

Hebeloma edurum Métrod ex Bon, lecceta,
Calci.

Hebeloma mesophaeum (Pers.) Quél., lecceta,
Calci.

Hebeloma sinapizans (Paulet: Fr.) Gillet,
ostrieto, Buti.

Inocybe asterospora Quél., querceto, Calci.

Inocybe geophylla (Fr.: Fr.) P. Kumm., ostrieto,
Buti e Calci.

Inocybe geophylla var. *lilacina* (Peck) Gillet,
ostrieto, Buti e Calci.

Inocybe godeyi Gillet, lecceta, Calci.

Inocybe rimosa (Bull.: Fr.) P. Kumm., querceto,
Buti.

ENTOLOMATACEAE

- Clitopilus prunulus* (Scop.: Fr.) P. Kumm.,
castagneto, Buti.
Entoloma incanum (Fr.: Fr.) Hesler, lecceta,
Calci.
(*Leptonia incana*) *Entoloma mougeotii* (Fr.)
Hesler, lecceta, Calci.
Entoloma nidorosum (Fr.) Quél., querceto,
Buti e Calci.
Entoloma ochromicaceum Noordel. & Liiv, Calci,
pineta. *Entoloma nidorosum* E
Entoloma rhodopolium (Fr.: Fr.) P. Kumm.,
ostrieto, Buti.
Entoloma serrulatum (Fr.: Fr.) Hesler, lecceta,
Calci.
Rhodocybe gemina (Fr.) Kuyper & Noordel.,
lecceta, Calci.

GANODERMATACEAE

- Ganoderma applanatum* (Pers.) Pat., querceto,
Buti.
Ganoderma lucidum (Leyss.: Fr.) P. Karst.,
lecceta, Calci.
Ganoderma resinaceum Boud. in Pat., lecceta,
Calci.

GEASTRACEAE

- Geastrum fimbriatum* Fr., pineta, Calci.
Geastrum pectinatum Pers.: Pers., lecceta, Calci.
(*Ganoderma applanatum*)

HYDNACEAE

- Hydnum albidum* Peck, lecceta, Calci.
Hydnum repandum L.: Fr., pineta, Buti e Calci.
Hydnum rufescens Schaeff.: Fr., pineta
e castagneto, Buti.

HYGROPHORACEAE

- Hygrocybe aurantiosplendens* R. Haller Aar.,
lecceta, Calci.
Hygrocybe conica (Schaeff.: Fr.) P. Kumm.,
ostrieto, Calci.
Hygrophorus cossus (Sowerby) Fr., querceto,
Calci.
Hygrophrus eburneus (Bull.: Fr.) Fr., ostrieto,
Buti.
Hygrophorus hypothejus (Fr.: Fr.) Fr., pineta,
Buti e Calci.
Hygrophorus russula (Schaeff.: Fr.) Quél.,
lecceta, Calci.

HYMENOCHAETACEAE

- Coltricia perennis* (L.: Fr.) Murril, castagneto,
Buti e Calci.
Hymenochaete rubiginosa (Dicks.: Fr.) Lév.,
querceto, Calci.
Phellinus torulosus (Pers.) Bourdot & Galzin,
ostrieto, Calci.

LEPIOTACEAE

- Echinoderma asperum* (Pers.: Fr.) Bon,
lecceta, Calci.
Echinoderma calcicola (Knudsen) Bon,
ostrieto, Buti.
Macrolepiota excoriata (Schaeff.: Fr.) Wasser,
querceto, Calci.
Macrolepiota procera (Scop.: Fr.) Singer,
querceto, Calci.
Macrolepiota rhacodes (Vittad.) Singer, ostrieto,
Buti e Calci.

LYCOPERDACEAE

- Calvatia excipuliformis* (Scop.: Pers.) Perdeck,
pineta, Calci.
Lycoperdon perlatum Pers.: Pers., pineta, Buti
e Calci.
Lycoperdon pyriforme Schaeff.: Pers.,
castagneto, Buti.

MERULIACEAE

- Byssomerulius corium* (Pers.) Parmasto,
ostrieto, Calci.

NIDULARIACEAE

- Crucibulum laeve* (Huds.) Kambly in Kambly
& R.E. Lee, ostrieto, Buti e Calci.
Cyathus striatus (Huds.: Pers.) Willd.,
castagneto, Calci.

OMPHALOTACEAE

- Omphalotus olearius* (DC.: Fr.) Singer, lecceta,
Calci.

PAXILLACEAE

- Hygrophoropsis aurantiaca* (Wulfen: Fr.) Maire,
pineta, Calci.
Paxillus involutus (Batsch: Fr.) Fr., castagneto,
Buti.

PENIOPHORACEAE

- Peniophora quercina* (Pers.: Fr.) Cooke,
querceto, Calci.

PHALLACEAE

- Phallus impudicus* L.: Pers., castagneto, Buti.

PLUTEACEAE

Pluteus cervinus (Schaeff.) P. Kumm.,
ostrieto, Buti.

POLYPORACEAE

Daedalea quercina (L.: Fr.) Pers., querceto,
Buti.

Perenniporia ochroleuca (Berk.) Ryvarden,
querceto, Buti e Calci.

Polyporus tuberaster (Jacq.) Fr., querceto, Calci.

RHIZOPOGONACEAE

Rhizopogon vulgaris (Vittad.) M. Lange, pineta,
Buti e Calci.

RUSSULACEAE

Lactarius acris (Bolton: Fr.) Gray, lecceta, Calci.

Lactarius chrysorrheus Fr., pineta, Buti e Calci.

Lactarius controversus (Pers.: Fr.) Fr.,
castagneto, Buti.

Lactarius deliciosus (L.: Fr.) Gray, pineta,
Buti e Calci.

Lactarius ilicis Sarnari, lecceta, Calci.

Lactarius piperatus (L.: Fr.) Pers.,
castagneto, Buti.

Lactarius quietus (Fr.: Fr.) Fr., querceto,
Buti e Calci.

Lactarius sanguifluus (Paulet) Fr. var. *violaceus*
(Barla) Basso, pineta, Calci.

Lactarius vellereus (Fr.: Fr.) Fr., castagneto,
Buti.

Russula acrifolia Romagn., ostrieto, Buti
e Calci.

Russula amoenicolor Romagn., lecceta e pineta,
Buti.

Russula caerulea Pers.: Fr., pineta, Calci.

Russula chloroides (Krombh.) Bres., castagneto,
Buti.

Russula cyanoxantha (Schaeff.) Fr., castagneto,
Buti.

Russula delica Fr., lecceta, Calci.

Russula foetens Pers.: Fr., ostrieto, Buti.

Russula fragilis (Pers.: Fr.) Fr., pineta, Buti.

Russula lepida (Fr.: Fr.) Fr., castagneto e pineta,
Buti.

Russula maculata Quél. & Roze, lecceta, Calci.

Russula melliolens Quél., lecceta, Calci.

Russula persicina Krombh., querceto, Buti.

Russula praetervisa Sarnari, pineta, Calci.

Russula sanguinea (Bull.) Fr., pineta, Buti
e Calci.

Russula sardonica Fr., pineta, Calci.

Russula torulosa Bres., pineta, Calci.

Russula turci Bres., pineta, Buti e Calci.

Russula vesca Fr., lecceta, Calci.

Russula xerampelina (Schaeff.) Fr., lecceta,
Calci.

SCLERODERMATAEAE

Pisolithus arrhizus (Scop.: Pers.) Rausch.,
pineta, Calci.

Scleroderma areolatum Ehrenb., ostrieto, Buti.
(*Pisolitus arenarius*)

Scleroderma polyrhizum (J.F. Gmel.: Pres.)
Pers., pineta e castagneto, Buti e Calci.

SPARASSIDACEAE

Sparassis crispa (Wulfen: Fr.) Fr., pineta, Buti.

STEREACEAE

Stereum hirsutum (Willd.: Fr.) Gray, ostrieto,
Buti e Calci.

STROPHARIACEAE

Hypholoma fasciculare (Huds.: Fr.) P. Kumm.,
castagneto, Buti e Calci.

Hypholoma lateritium (Schaeff.: Fr.) P. Kumm.,
castagneto, Buti.

THELEPHORACEA

Thelephora terrestris Ehrenb.: Fr., pineta,
Buti e Calci.

TREMELLACEAE

Tremella mesenterica Retz.: Fr., ostrieto, Buti.

TRICHOLOMATACEAE (incluso Marasmiaceae)

Armillaria mellea (Vahl: Fr.) P. Kumm.,
ostrieto, Buti e Calci.

Armillaria tabescens (Scop.) Emel.,
ostrieto, Calci.

Clitocybe alexandri (Gillet) Gillet, lecceta, Calci.

Clitocybe decembris Singer, pineta, Calci.

Clitocybe gibba (Pers.: Fr.) P. Kumm.,
lecceta, Calci.

Clitocybe nebularis (Batsch: Fr.) P. Kumm.,
lecceta, Buti e Calci.

Clitocybe odora (Bull.: Fr.) P. Kumm.,
querceto, Calci.

Gymnopus dryophilus (Bull.: Fr.) Murrill,
querceto, Buti e Calci.

Gymnopus fusipes (Bull.: Fr.) Gray, querceto,
Buti e Calci.

- Hemymyces cucullata* (Pers.: Fr.) Singer, castagneto e pineta, Buti.
Laccaria amethystina (Huds.) Cooke, pineta e castagneto, Buti.
Laccaria fraterna (Cooke & Masee) Pegler, ostrieto, Calci.
Laccaria laccata (Scop.: Fr.) Cooke, ostrieto, Buti e Calci.
Lepista flaccida (Sowerby: Fr.) Pat., ostrieto e pineta, Buti e Calci. (*Tricholoma sordidum*)
Lepista nuda (Bull.: Fr.) Cooke, ostrieto e pineta, Buti e Calci.
Leucopaxillus gentianeus (Qué.) Kotl., lecceta, Calci.
Lyophyllum infumatum (Bres.) Kühner, pineta, Buti.
Marasmius torquescens Qué., Buti, ostrieto.
Mycena epypterigia (Scop.: Fr.) Gillet, pineta, Calci.
Mycena galericulata (Scop.: Fr.) Gray, querceto, Calci.
Mycena galopus (Pers.: Fr.) P. Kumm., pineta, Calci.
Mycena inclinata (Fr.) Qué., castagneto, Buti.
Mycena pelianthina (Fr.: Fr.) Qué., ostrieto, Buti.
Mycena pura (Pers.: Fr.) P. Kumm., querceto e pineta, Calci.
Mycena rosea (Bull.) Gramberg, ostrieto e lecceta, Calci.
Mycena seynii Qué., pineta, Buti e Calci.
Oudemansiella badia (Lucand) Moser, castagneto, Buti.
Panellus stypticus (Bull.: Fr.) P. Karst., castagneto, Buti e Calci.
Rhodocollybia butyracea (Bull.: Fr.) Lennox, querceto e pineta, Buti e Calci.
Tricholoma acerbum (Bull.: Fr.) Qué., castagneto, Buti.
Tricholoma equestre (L.: Fr.) P. Kumm., pineta, Calci.
Tricholoma portentosum (Fr.: Fr.) Qué., pineta, Calci.
Tricholoma quercilicis (Bon, Narducci & Petrucci) Narducci & Petrucci, lecceta, Calci.
Tricholoma saponaceum (Fr.: Fr.) P. Kumm., pineta e lecceta, Buti e Calci.
Tricholoma sejunctum (Sowerby: Fr.) Qué., querceto, Calci.
Tricholoma sejunctum var. *coniferarum* Bon, pineta, Calci.
Tricholoma squarrulosum Bres., lecceta, Calci.
Tricholoma stans (Fr.) Sacc., pineta, Calci.
Tricholoma sudum (Fr.) Qué. s. J.E. Lange, pineta e lecceta, Calci.
Tricholoma sulphureum (Bull.: Fr.) P. Kumm., querceto, Buti e Calci.
Tricholoma terreum (Schaeff.: Fr.) P. Kumm., pineta, Buti e Calci.
Tricholomopsis rutilans (Schaeff.: Fr.) Singer, pineta, Buti.

TULOSTOMATACEAE

Tulostoma brumale Pers.: Pers., lecceta, Calci.

A.N.P.I.L. del Lato	NUMERO ENTITÀ	FAMIGLIE	GENERI	SPECIE	VARIETÀ	FORME
Ascomycetes	6	5	5	6	0	0
Basidiomycetes	158	39	68	154	3	1

Riserva Naturale Provinciale Monte Serra di Sotto	NUMERO ENTITÀ	FAMIGLIE	GENERI	SPECIE	VARIETÀ	FORME
Ascomycetes	3	2	2	3	0	0
Basidiomycetes	121	37	57	120		1

Distribuzione per i tipi di vegetazione

	ASCOMYCETES	BASIDIOMYCETES	TOTALE
Castagneti	0	39	39
Ostrieti	5	40	45
Querceti	2	36	38
Leccete	2	58	60
Pinete	0	72	72

Illustrazione e brevi note di alcune entità interessanti

Echinoderma calcicola (Knudsen) Bon, Docums Mycol. 21 (n. 82): 62 (1991)

Sinonimi:

Cystolepiota calcicola (Knudsen) Bon & Courtec., Docums Mycol. 18 (n. 69): 38 (1987)

Lepiota calcicola Knudsen, Bot. Tidsskr. 75 (2-3): 140 (1980)



Echinoderma calcicola (Knudsen) Bon

Si tratta di una lepioteacea caratterizzata macroscopicamente dalle numerose squame pileiche erette e ricurve, che si diradano verso il margine. Risulta differenziabile microscopicamente da entità simili per la forma ellittica-oblunga delle ife cuticolari che formano le squame pileiche (CANDUSSO e LANZONI, 1990).

Entoloma ochromicaceum Noordel. & Liiv, Persoonia 15 (1): 27 (1992)



Entoloma ochromicaceum Noordel. & Liiv, Persoonia 15 (1): 27 (1992)

Entolomatacea di recente descrizione, appartiene al gruppo di *Entoloma longistriatum* (Peck) Noordel., dal quale differisce per il cappello con colori pallidi, stentatamente striato, totalmente micaceo granuloso e per il bordo delle lamelle parzialmente brunastro (NOORDELOOS, 1992).

Gymnopilus suberis (Maire) Singer, Lilloa 22: 561 (1951) [1949]

Sinonimo:

Pholiota suberis Maire, Cryptog. Mycol. 44: 45 (1928).



Gymnopilus suberis (Maire) Singer

Entità delle strobilariacee vicina a *Gymnopilus junonius* (Fr.: Fr.) P.D. Orton, ma di dimensioni inferiori, raramente fascicolato e legato alle querce. I giovani esemplari posseggono delle piccole verruche piramidali al disco e tonalità purpuree (MALENÇON e BERTAULT, 1970).

Marasmius torquescens Quél., Mém. Soc. Émul. Montbéliard, Sér. 2 5: 221 (1872)

Sinonimi:

Chamaeceras torquescens (Quél.) Kuntze, Revis. gen. pl. (Leipzig) 3: 457 (1898)

Marasmius lupuletorum sensu Cooke



Marasmius torquescens Quél.

Marasmiacea che si sviluppa su detriti legnosi di latifoglie e presenta un gambo bruno con sommità più pallida che può ricordare *Marasmius cohaerens* (Pers.: Fr.) Cooke & Quél., dal quale differisce anche per le striature pileiche più marcate e che raggiungono il disco (ANTONINI & NOORDELOOS, 2010).

Conclusioni

In totale le entità indicate per le due aree indagate ammontano a 220, di cui Ascomycetes 7 e Basidiomycetes n. 213.

12 entità sono ascrivibili alla lista rossa toscana (ANTONINI e ANTONINI, 2006), 2 VU; 4 LC; 6 DD, e precisamente:

VU – *Vulnerable*

Boletus fragrans Vittad., *Gymnopilus suberis* (Maire) Singer

LC – *Least Concern*

Cantharellus friesii Quél., *Hydnellum peckii* Banker in Peck, *Strobilomyces strobilaceus* (Scop.: Fr.) Berk., *Entoloma incanum* (Fr.: Fr.) Hesler

DD – *Data Deficient*

Amanita ceciliae (Berk. & Broome) Bas, *Cortinarius cedretorum* Maire, *Cortinarius semi-sanguineus* (Fr.: Fr.) Gillet, *Entoloma mougeotii* (Fr.) Hesler, *Clitocybe alexandri* (Gillet) Gillet, *Xerocomus pulverulentus* (Opat.) E.-J. Gilbert.

In riferimento alle segnalazioni di MONTI *et al.*, 1999 e TOMEI *et al.*, 2009 per il versante pisano del Monte, e ai lavori di TOMEI *et al.*, 1997, NARDUCCI, 1999 e DELLA MAGGIORA *et al.*, 2004 per il versante lucchese, per quanto ci consta, risultano nuove per il Monte Pisano le seguenti 27 entità:

Agaricus sylvaticus Schaeff., *Amanita argentea* Huijsman, *Amanita spissa* (Fr.) P. Kumm., *Bysomerulius corium* (Pers.) Parmasto, *Chroogomphus fulmineus* (R. Heim) Courtec., *Clitocybe decembris* Singer, *Cortinarius bulliardii* (Pers.: Fr.) Fr., *Cortinarius cinnamomeobadius* Rob. Henry, *Cortinarius ionochlorus* Maire, *Echinoderma calcicola* (Knudsen) Bon, *Entoloma ochromicaceum* Noordel. & Liiv, *Geastrum pectinatum* Pers.: Pers., *Gymnopilus suberis* (Maire)

Singer, *Hebeloma crustuliniforme* (Bull.) Quél., *Hebeloma edurum* Métrod ex Bon, *Hemymycena cucullata* (Pers.: Fr.) Singer, *Hygrocybe aurantiosplendens* R. Haller Aar., *Hygrophorus cossus* (Sowerby) Fr., *Laccaria fraterna* (Cooke & Massée) Pegler, *Lactarius controversus* (Pers.: Fr.) Fr., *Lactarius ilicis* Sarnari, *Limacella furnacea* (Letell.) E.-J. Gilbert, *Lyophyllum infumatum* (Bres.) Kühner, *Marasmius torquescens* Quél., *Parasola conopilus* (Fr.: Fr.) Örstadius & E. Larss., *Perenniporia ochroleuca* (Berk.) Ryvar-den, *Russula melliolens* Quél.

Bibliografia

- [1] Antonin V., Noordeloos M.E. (2010), *A monograph of marasmioid and collybioid fungi in Europe*. IHW Verlag., Eching.
- [2] Antonini D., Antonini M. (2006), *Libro rosso dei Macromiceti della Toscana. Dal censimento alla Red list*. Regione Toscana - A.R.S.I.A. - A.G.M.T. Tipolito Duemila srl, Campi Bisenzio (FI).
- [3] Bertacchi A., Sani A., Tomei P.E. (2004), *La vegetazione del Monte Pisano*. Provincia di Pisa - Dipartimento di Agronomia e Gestione dell'Agroecosistema dell'Università di Pisa. Felici Editore, Pisa.
- [4] Candusso M., Lanzoni G. (1990), *Lepiota s.l.* Funghi Europaei 4. Libreria editrice, Giovanna Biella, Saronno.
- [5] Cecchini A, Narducci R. (2008), *Funghi del Comune di San Giuliano Terme*. Comune di San Giuliano Terme. Felici Editore, Ghezzano (PI).
- [6] Della Maggiore M., Tolaini F., Antonini D., Antonini M. (2004), *Elenco dei Macromiceti epigei segnalati per il territorio regionale dal 1900 al 2003*. In: "Storia della micologia in Toscana" a cura di Daniele e Massimo Antonini. Filiera foresta legno, Regione Toscana - Agenzia Regionale per lo Sviluppo Agricolo-forestale (ARSIA) – Associazione Gruppi Micologici Toscani (AGMT). Tip. Valdarnese, S. Giovanni Valdarno (AR).
- [7] Fantoni E., Cecchini A., Narducci R., Tomei P.E. (2010), *Macromiceti presenti nelle sugherete delle Aree Protette del Monte Pisano (PI). Contributo alla Flora Micologica del Monte Pisano I*. Codice Armonico 2010. Terzo congresso di scienze naturali Ambiente toscano: 57-70.
- [8] Fantoni E., Narducci R. (2000), *I Monti Pisani: il ruolo delle ANPIL per la conservazione e la valorizzazione del territorio*. Felici Editore, Pisa.
- [9] Malençon G., Bertault R. (1970), *Flore des champignons supérieurs du Maroc: Tome I*. Trav. Fac. Sci., Rabat.
- [10] Monti G., Ansaldo M., Marchetti M. (1999), *Prodromo della flora micologica della provincia di Pisa*. Atti Soc. Tosc. Sci. Nat., Mem., ser. B, 106: 23-63.
- [11] Narducci R. (1999), *I macromiceti del territorio del Comune di Capannori*. In: *Aspetti biologici del territorio del Comune di Capannori*. Studi Capannoresi, 3: 18-59, a cura di P.E. Tomei e P.C. Kugler. Comune di Capannori.
- [12] Narducci R., Cecchini A., Tomei P.E. (2007), *Macromiceti del Comune di San Giuliano Terme: stato delle conoscenze*. INTERNOS - Quaderni della Sezione di Botanica e Geobotanica Applicata - Dipartimento di Agronomia e Gestione dell'Agroecosistema dell'Università di Pisa. Quaderno n. 1: 7-60. Edizioni ETS, Pisa.
- [13] Noordeloos M. (1992), *Entoloma s.l.* Funghi Europaei 5. Libreria editrice, Giovanna Biella, Saronno.
- [14] Tomei P.E., Joalè P., Narducci R., Benedetti E. (2009), *Flora, Vegetazione e Fauna delle aree protette del Monte Pisano: stato delle conoscenze*. Regione Toscana - Polo Ambientale Monte Pisano. San Marco Litotipo, Lucca.
- [15] Tomei P.E., Narducci R., Lippi A. (1997), *Prodromo alla flora macromicetica della provincia di Lucca*. Provincia di Lucca.

Macromiceti interessanti presenti nel Parco Regionale delle Alpi Apuane

Roberto Narducci¹, Marco D'Antraccoli*

Parole chiave: flora micologica, macromiceti, Alpi Apuane (LU-MS)

Dopo una introduzione generale sul territorio apuano e una descrizione vegetazionale delle aree indagate, sono elencati i macromiceti reperiti durante le indagini eseguite dagli autori nel periodo marzo 2007 - dicembre 2010 e illustrati brevemente alcuni macromiceti di interesse conservazionistico e/o fitogeografico. Sono pure confrontati i dati acquisiti durante le indagini sul campo con quelli risultanti dalla bibliografia.

Introduzione

Le Alpi Apuane si pongono nel contesto dell'Appennino settentrionale come un'entità orografica ben differenziata per caratteri litologici, fisiografici e bioclimatici. Lo sviluppo e la posizione della catena apuana, distesa per circa 30 Km lungo le coste del Tirreno, con un'altitudine per largo tratto superiore ai 1.700 m s.l.m. (la massima altezza è raggiunta dal Monte Pisanino, con i suoi 1.947 m s.l.m.), hanno influenze sul clima della zona. Così se le temperature miti delle coste sono dovute alla protezione dei venti di tramontana, operata da questa catena montuosa, il versante esposto a nord-est ha caratteri climatici decisamente più continentali.

Le precipitazioni raggiungono valori elevatissimi, in virtù proprio dell'orografia del rilievo e della vicinanza del mare. Infatti, i venti dominanti provenienti da occidente, carichi d'umidità, giunti in prossimità del corrugamento si devono innalzare bruscamente, raffreddandosi e determinando così la condensazione del vapore d'acqua che si riversa a terra con cospicue precipitazioni.

La geologia delle Alpi Apuane, la più importante finestra tettonica della catena appenninica, è stata oggetto in passato di numerosi studi. A livello generale si può dire che le rocce principali

affioranti sono da attribuire alla serie autoctona metamorfica (micascisti grigi, dolomie, marmi, calcari selciferi, cipollini, pseudomacigno), e alla serie alloctona, rappresentata dalla falda toscana e dalla falda ligure. Relativamente all'area oggetto di indagine (Fig. 1), ossia quella del gruppo delle Panie, del gruppo Procinto – Nona – Matanna, del Monte Forato e del versante settentrionale del Monte Corchia, si può rilevare come tale area ricade interamente nel Dominio toscano, tra le due unità tettoniche appartenenti all'Autoctono *Auct.* e alla falda Toscana, quest'ultima con varie tipologie di calcare, come si desume da Carmignani *et al.* (2001).

gli autori

¹ Associazione Naturalistica
"Aster Natura Toscana"
Via di Coselli 5, 55060 Capannori (LU)
roberto1956@supereva.it

² Associazione Naturalistica
"Aster Natura Toscana"
Via Serchio 1, Badia Pozzeveri
55011 Altopascio (LU)
marcodantra@gmail.com

Se ad occidente le Apuane sono circondate dal mare, verso l'interno tale gruppo montuoso è delimitato da due fiumi: Magra (con il suo affluente Aulella) nella Lunigiana e Serchio nella Garfagnana, conferendo alla zona un isolamento geografico rispetto all'adiacente Appennino.

Conseguentemente, si viene a determinare un isolamento ecologico, che unito alla diversa composizione litologica, prevalentemente calcarea, conferisce alla catena montuosa caratteri di "insularità", che la contrappone nettamente alle zone adiacenti (Vaira *et al.*, 2001).

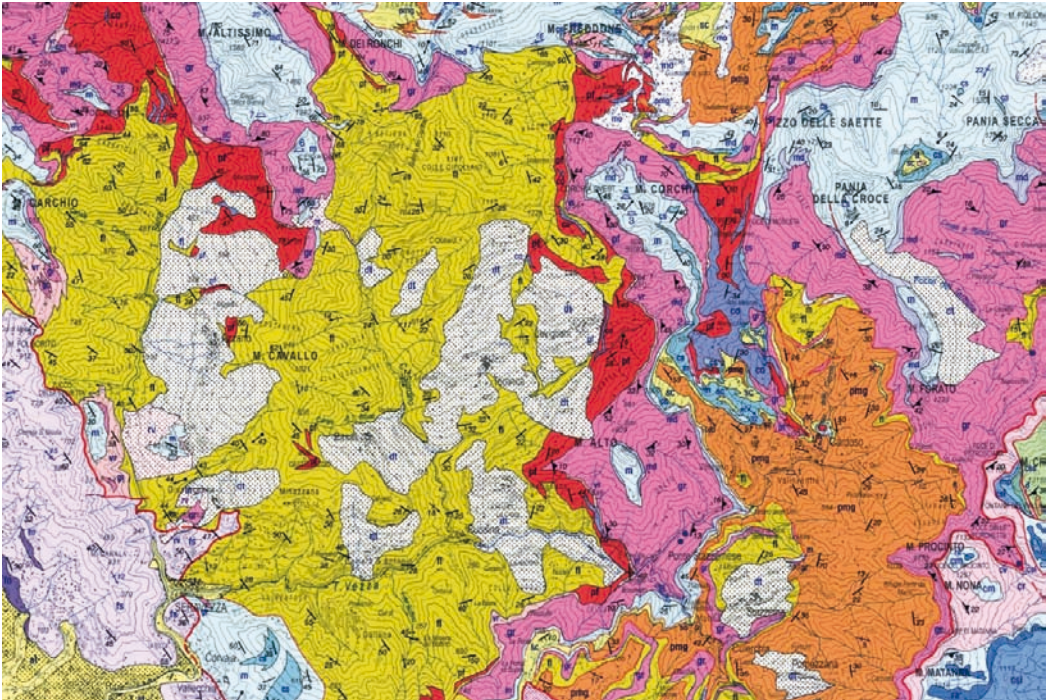


Figura 1: Carta geologica dell'area oggetto d'indagine. Da Carmignani *et al.*, 2001.

Aspetti vegetazionali

I piani di vegetazione che troviamo sulle Apuane, secondo quanto riportato da Ferrarini (1966; 1967; 1970; 1972) e Ansaldo *et al.* (1994) sono i seguenti:

- un orizzonte di sclerofille mediterranee caratterizzate da *Pistacia lentiscus* L. e *Quercus ilex* L. e *Pinete* a *Pinus pinaster* Aiton;
- querceto-carpineti (a *Quercus cerris* L. e/o *Q. Quercus pubescens* Willd subsp., a seconda dell'altitudine, con *Ostrya carpinifolia* Scop.). Nella medesima fascia altitudinale del cerreto-carpineti si presentano, per sostituzione antropica, estesi castagneti;

- le faggete, sia su terreni silicei che su rocce calcaree. In questa fascia subatlantica l'abete bianco (*Abies alba* Mill.) e il tasso (*Taxus baccata* L.) sono presenti soltanto in stazioni relittuali;
- praterie d'altitudine, siano esse intrasilvatiche o soprasilvatiche, a prevalenza di erbe gra-

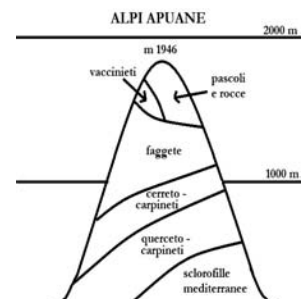


Figura 2. Schema dei piani di vegetazione delle Alpi Apuane. Da Ferrarini, 1970, modificato.

minoidi (es. *Brachypodium genuense* (DC.) Roem. & Schult. e *Sesleria* sp. pl.);

– vegetazione ipsofila, distinta per la natura del substrato: sulle vette silicee brughiere a *Vaccinium* sp. pl., mentre sulle creste calcaree presenza di entità endemiche e relitte di notevole valore fitogeografico, come *silente lanuginosa* Bertol., *Athamanta Cortiana* Ferrarini e *Astrantia pauciflora* Bertol.

Area ed ambienti oggetto dell'indagine

Nell'ambito dello studio condotto, i rilevamenti micologici sono stati effettuati principalmente sul gruppo delle Panie, sul Monte Matanna, sul Monte Nona e presso Fociomboli, includendo in quest'ultimo anche l'area che va fino al Puntato, zona umida situata sul versante settentrionale del Monte Corchia.



• I Castagneti

Seppur il castagno (*Castanea sativa* Mill.) sia, in base ad evidenze paleobotaniche (es. rilievi palinologici), da considerarsi specie originaria dei nostri boschi mesofili, al momento non è possibile stabilire la reale partecipazione e posizione della specie nella vegetazione forestale che originariamente caratterizzava le regioni dove è presente (Arrigoni e Viciani, 2001; Sani, 2009). Questo in virtù della secolare diffusione della specie arborea a opera dell'uomo, sia come pianta da frutto per l'alimentazione umana, sia per la produzione di paleria ed altri manufatti. Attualmente i castagneti ricoprono estese aree nelle pendici apuane, soprattutto nel versante garfagnino e in quello lunigianese (Ferrarini, 1972). Seguendo Arrigoni e Viciani (2001) e Aa.Vv. (1998) per l'area indagata si possono individuare:

1. Castagneto acidofilo: dal punto di vista fitosociologico l'associazione fa riferimento al sintaxon *Teucrio scorodoniae-Castanetum sativae* Arrigoni e Viciani 2001. Il corteggio floristico di questi castagneti è caratterizzato da *Luzula pedemontana* Boiss. & Reut., *Luzula nivea* (L.) DC., *Teucrium scorodonia* L., *Deschampsia flexuosa* (L.) Trin., *Vaccinium myrtillus* L., *Festuca heterophylla* Lam.
2. Castagneto mesofilo su arenaria: difficilmente inquadrabile sotto il profilo fitosociologico, probabilmente tali cenosi sono da ascrivere al sintaxon *Symphyto tuberosi-Castanetum sativae* Arrigoni e Viciani 1997. L'associazione presenta una decisa mesofilia e un minore livello di acidità rispetto al precedente Tipo. Il sottobosco è caratterizzato dalla presenza di *Symphytum tuberosum* L., *Melica uniflora* Retz., *Anemone nemorosa* L., *Geranium nodosum* L., *Pteridium aquilinum* (L.) Kuhn subsp. *Aquilinum*.
3. Castagneto neutrofilo su rocce calcaree e scisti marnosi: per l'area apuana si riferisce al sottotipo che si sviluppa su rocce calcaree dure, su suoli neutro-subacidi e quasi privi di calcare libero. Probabilmente i boschi potenziali sono da riferire all'alleanza *Crataego levigatae-Quercion cerridis* Arrigoni 1996.

• Le faggete

Formazioni boschive a dominanza di faggio (*Fagus sylvatica* L.), esse si concentrano soprattutto nel versante Nord delle Apuane, da quota 800-900 m fino a 1.600-1.700 m, mentre nel versante

tirrenico si presentano con modeste estensioni (Ferrarini, 1972). L'impatto antropico su queste cenosi forestali è stato forte; questo fattore, unito alla difficile capacità del faggio di riprendersi le superfici perdute, ha determinato una sostanziale degradazione di queste formazioni boschive. Il sottobosco della faggeta comprende poche specie erbacee, quali *Oxalis acetosella* L., *Anemone nemorosa* L., *Cardamine bulbifera* (L.) Crantz, *Neottia nidus-avis* (L.) Rich. e poche altre.

Le faggete indagate, site presso Fociomboli e sul versante nord della Pania della Croce, sono ascrivibili ai seguenti Tipi forestali:

1. Faggeta appenninica mesotrofica a *Geranium nodosum* e *Luzula nivea*: come nota Ferrarini (1972), la faggeta posta su roccia silicea ha un'alta affinità, in termini di piante caratteristiche, con quella tipica dell'Appennino adiacente. Sotto il profilo fitosociologico il Tipo fa passaggio fra le all. *Fagion sylvaticae* Luquet 1926 Tx. e Diemont 1936 e *Luzulo-Fagion* Lohmeyer e Tx. 1954.
2. Faggeta apuana a *Sesleria argentea*: sotto il profilo fitosociologico è probabile un accostamento del Tipo all'all. *Cephalanthero-Fagion* Lohm. e Tx. 1954 Ellenberg 1963.
3. Faggeta oligotrofica a *Luzula pedemontana*, *Luzula nivea* e *Festuca heterophylla*: sotto il profilo fitosociologico il Tipo si può inquadrare nel *Luzulo pedemontanae-Fagetum sylvaticae* Oberdorfer e Hofmann 1967.

• Le zone umide

La presenza nelle Alpi Apuane di acque stagnanti o debolmente fluenti è legata a condizioni non comuni o perfino rare, con una sensibile differenza tra i due versanti della stessa catena montuosa. L'acquitrino più esteso e meglio conservato si trova sul versante settentrionale del M. Corchia, presso Fociomboli (Del Prete e Tomaselli, 1981). Questa conca prativa, dell'estensione approssimativa di 10.000 m² e circondata dalla faggeta, è interessata dall'attraversamento di alcuni ruscelli alimentati dall'acqua percolante dalle sovrastanti formazioni carbonatiche (e dunque ricca in calcio), che giungendo a contatto con il basamento dei porfirroidi si trova costretta ad affiorare, tra l'altro neutralizzando il substrato pedogenetico acido, derivante dalla degradazione

dei porfirroidi. Tra le entità floristiche di notevole significato geobotanico segnalate per l'area si possono citare *Dactylorhiza incarnata* (L.) Soò subsp. *incarnata*, *Herminium monorchis* (L.) R. Br., *Eriophorum latifolium* Hoppe. Un altro biotopo particolarmente interessante è quello presente a Basati, consistente in un popolamento di sfagni (*Sphagnum palustre* L. subsp. *palustre* e *S. subnitens* Russow et Warnst), localizzato sulle pendici orientali del Monte Cavallo nella Valle del Giardino, ad una quota di 415 m. s.l.m. circa. Il substrato, di natura silicea, è costituito da filladi inferiori, appartenenti al basamento paleozoico. La presenza delle due specie di sfagno è da ricollegarsi certamente ai fenomeni glaciali e a un clima più freddo e umido dell'attuale: la distribuzione pregressa ha subito una drastica contrazione con il postglaciale, restando confinata soltanto in stazioni che soddisfacessero le sue esigenze microclimatiche e idrogeologiche (Amadei e Guazzi, 2004).

• I rimboschimenti

Nella stessa fascia altitudinale del faggio si può registrare la presenza di rimboschimenti di conifere, tra cui si possono citare specie quali l'abete bianco, *Abies alba* Mill., l'abete di Douglas, *Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco e il pino nero, *Pinus nigra* J.F. Arnold.

Un discorso approfondito merita l'abete bianco: se Ferrarini sosteneva la tesi della scomparsa della specie, successivamente (Ansaldi *et al.*, 1988) si sono scoperte delle stazioni relittuali nel settore settentrionale della catena, che dovrebbero costituire l'ultimo nucleo spontaneo apuano di *Abies alba* Mill. Eccettuando queste stazioni, la presenza dell'abete bianco è da riferire all'azione antropica, con formazioni boschive da ascrivere principalmente al Tipo forestale delle Abetine artificiali di origine montana. L'abete bianco si può talvolta presentare consociato a *Picea abies* (L.) H. Karst. o *Pinus nigra* J.F. Arnold.

Studi micologici

Per quanto riguarda i macromiceti apuani, abbiamo alcune notizie, a partire dalla prima metà del 1800, nei lavori floristici di Bertoloni (1832) e successivamente di Simi (1851). Un primo

contributo micologico specifico si deve a Vogli-
no (1888), seguito nel decennio successivo da
Pellegrini (1899), che illustra numerose specie
di macromiceti. Gli studi, dopo un lungo perio-
do di stasi, riprendono con Monti (1977) per le
aree di Canevara e Santa Croce e con Monti e
Tomei (1990) per i territori contermini all'alta
Garfagnana. I dati scaturiti dai precedenti lavori
citati e numerose nuove conoscenze acquisite,
sono reperibili principalmente in una serie di
pubblicazioni che, a partire dal 1995, sono state
prodotte da Narducci e Petrucci (1995; 1996),
Tomei *et al.* (1997), Antonini *et al.* (1998; 1998a;
1999), Aa.Vv. (2002), Cecchini e Narducci
(2003). Inoltre, per le entità ipogee, sono pre-
senti varie segnalazioni in Gori (2005). Gli au-
tori del presente lavoro hanno voluto proseguire
questo filone di studi, contribuendo ad una
migliore conoscenza della flora macromicetica
apuauna.

Materiali e metodi

La lista delle specie è compilata, in ordine
alfabetico, in base ai dati originali, scaturiti
dalle indagini svolte a cadenze mensili negli
ambienti di cui sopra, nel periodo marzo 2007
- dicembre 2010. Per le specie ritenute più in-
teressanti sono fornite indicazioni in dettag-
lio; i campioni raccolti sono stati fotografati
con fotocamera Canon EOS 400D e obiettivo
Canon EFS 60 mm. Gli essiccati sono stati in-
seriti in parte nell'*Herbarium Lucensis* (LUC-
CA), conservato nei Locali del Museo "Cesare
Bicchi" presso l'Orto Botanico di Lucca e in
parte nell'*Herbarium Facultatis Agrariae* (PI-
AGR), presso il Dipartimento di Agronomia
e Gestione dell'Agroecosistema dell'Univer-
sità di Pisa. La nomenclatura seguita è quella
dell'*Index Fungorum*. I caratteri microscopici
sono stati desunti sia da materiale fresco che
da quello già depositato in erbario. I principali
reagenti e/o coloranti utilizzati sono stati KOH
5%, Ammoniaca 6%, rosso Congo, floxina 1%,
reattivo di Melzer, Blu cotone. Le misurazioni
microscopiche sono state effettuate con appa-
recchio ottico Swift M5 ed obiettivo 1000× ad
immersione.

Elenco per ambienti dei macromiceti ritrovati

Castagneto

- Agaricus moelleri* Wasser, *A. sylvicola* (Vittad.)
Peck;
Agrocybe molesta (Lash) Singer;
Amanita battarae (Boud.) Bon, *A. caesarea*
(Scop.: Fr.) Pers., *A. citrina* (Schaeff.) Pers.,
A. crocea (Quél.) Singer, *A. excelsa* (Fr.: Fr.)
P. Kumm., *A. franchetii* (Boud.) Fayod, *A.*
junquillea Quél., *A. muscaria* (L.: Fr.) Lam.,
A. pantherina (DC.: Fr.) Krombh., *A. phal-*
loides (Vail. ex Fr.: Fr.) Link, *A. rubescens*
Pers.: Fr., *A. rubescens* f. *annulosulphurea*
(Gillet) J.E. Lange, *A. spissa* (Fr.) P. Kumm.,
A. vaginata (Bull.: Fr.) Lam.;
- Boletus aemilii* Barbier, *B. aestivalis* (Paulet)
Fr., *B. appendiculatus* Schaeff.: Fr., *B. calo-*
pus Pers.: Fr., *B. edulis* Bull.: Fr., *B. erythro-*
pus Pers., *B. luridus* Schaeff.: Fr., *B. regius*
Krombh., *B. pinophilus* Pilát & Derm. in
Pilát, *B. rhodoxanthus* (Krombh.) Kallemb.;
- Cantharellus cibarius* (Fr.: Fr.) Fr., *C. cibarius* var.
amethysteus Quél., *C. cinereus* (Pers.: Fr.) Fr.;
- Chroogomphus rutilus* (Schaeff.: Fr.) O.K. Mill.;
- Clathrus ruber* Pers.: Pers.;
- Clavaria fragilis* Holmsk.: Fr.;
- Clavariadelphus flavoimmaturus* Petersen;
- Clavicornia pyxidata* (Pers.: Fr.) Doty;
- Clavulina coralloides* (L.: Fr.) J. Schröt. in Cohn,
C. rugosa (Bull.: Fr.) J. Schröt. in Cohn;
- Clitocybe gibba* (Pers.: Fr.) P. Kumm., *C. nebula-*
ris (Batsch: Fr.) P. Kumm., *C. odora* (Bull.:
Fr.) P. Kumm., *C. subspadicea* (J.E. Lange)
Bon & Chevassut;
- Clitopilus prunulus* (Scop.: Fr.) Kumm.;
- Cortinarius anomalus* (Fr.: Fr.) Fr., *C. calochrous*
(Pers.: Fr.) Fr., *C. melanotus* Kalchbr., *C.*
mucifluus Fr., *C. orellanus* Fr., *C. rubicun-*
dulus (Rea) A. Pearson, *C. torvus* (Fr.: Fr.)
Fr., *C. trivialis* Lange, *C. venetus* (Fr.) Fr., *C.*
vibratilis (Fr.: Fr.) Fr.;
- Cotylidia pannosa* (Sowerby: Fr.) D.A. Reid;
- Craterellus cornucopioides* (L.: Fr.) Pers.;
- Cystoderma terreii* (Berk. & Broome) Harmaja;
- Daedalea quercina* (L.: Fr.) Pers.;
- Daedaleopsis confragosa* (Bolton: Fr.) J. Schröt.;
- Entoloma lividoalbum* (Kühner & Romagn.) Ku-
bicka, *E. nidorosum* (Fr.) Quél.;
- Fistulina hepatica* (Schaeff.: Fr.) Fr.;
- Fomes fomentarius* (L.: Fr.) J.J. Kickx;

- Ganoderma applanatum* (Pers.) Pat.;
Geastrum minimum Schwein.;
Grifola frondosa (Dicks.: Fr.) Gray;
Gymnopus dryophilus (Bull.: Fr.) Murrill, *G. erythropus* (Pers.: Fr.) Antonin, Halling & Noordel., *G. fusipes* (Bull.: Fr.) Gray, *G. peronatus* (Bolton) Antonin, Halling & Noordel.;
Gyroporus castaneus (Bull.: Fr.) Quél.;
Hebeloma crustuliniforme (Bull.: Fr.) Quél., *H. radicosum* (Bull.: Fr.) Ricken, *H. sinapizans* (Paulet: Fr.) Gillet;
Helvella macropus (Pers.: Fr.) P. Karst.;
Hydnum repandum L.: Fr., *H. rufescens* Schaeff.: Fr.;
Hygrocybe conica (Schaeff.: Fr.) P. Kumm., *H. persistens* (Britzelm.) Singer;
Hymenochaete rubiginosa (Dicks.: Fr.) Lév.;
Hypholoma fasciculare (Huds.: Fr.) P. Kumm., *H. lateritium* (Schaeff.) P. Kumm.;
Inocybe asterospora Quél., *I. geophylla* (Fr.: Fr.) P. Kumm.;
Laccaria amethystina (Huds) Cooke, *L. bicolor* (Maire) P.D. Orton, *L. laccata* (Scop.: Fr.) Cooke;
Lactarius acris (Bolton: Fr.) Gray, *L. chrysorrhoeus* Fr., *L. controversus* (Pers.: Fr.) Fr., *L. fuliginosus* (Fr.: Fr.) Fr., *L. piperatus* (L.: Fr.) Pers., *L. vellereus* (Fr.: Fr.) Fr., *L. vellereus* (Fr.: Fr.) Fr. var. *hometii* (Gillet) Boud., *L. volemus* (Fr.: Fr.) Fr.;
Laetiporus sulphureus (Bull.: Fr.) Murrill;
Leccinum quercinum (Pilát & Derm.) Green & Watl. in Watl.;
Lenzites betulinus (L.: Fr.) Fr.;
Lepiota clypeolaria (Bull.: Fr.) P. Kumm.;
Lepista nuda (Bull.: Fr.) Cooke;
Lycogala epidendron (L.) Fr.;
Lycoperdon perlatum Pers.: Pers., *L. pyriforme* Schaeff.: Pers.;
Lyophyllum decastes (Fr.: Fr.) Singer, *L. fumosum* (Pers.: Fr.) Kühner & Romagn. ex P.D. Orton;
Macrolepiota excoriata (Schaeff.: Fr.) Wasser, *M. mastoidea* (Fr.) Singer, *M. procera* (Scop.: Fr.) Singer;
Marasmius cohaerens (Pers.: Fr.) Cooke & Quél., *M. rotula* (Scop.: Fr.) Fr.;
Mycena galericulata (Scop.: Fr.) Gray, *M. inclinata* (Fr.) Quél., *M. maculata* P. Karst., *M. pura* (Pers.: Fr.) P. Kumm.;
Oudemansiella badia (Lucand) M.M. Moser;
Panellus stipticus (Bull.: Fr.) P. Karst.;
Paxillus involutus (Batsch: Fr.) Fr.;
Phaeomarasmium erinaceus (Fr.: Fr.) Scherf ex Romagn.;
Phallus impudicus L.: Pers.;
Phellinus torulosus (Pers.) Bourdot & Galzin;
Phylloporus rhodoxanthus (Schwein.: Fr.) Bres.;
Pluteus cervinus (Schaeff.) P. Kumm., *P. leoninus* (Schaeff.: Fr.) P. Kumm.;
Polyporus brumalis (Pers.: Fr.) Fr.;
Psathyrella candolleana (Fr.: Fr.) Maire in Maire & Werner, *P. piluliformis* (Bull.: Fr.) P.D. Orton;
Pseudocraterellus undulatus (Pers.: Fr.) Rauschert;
Ramaria botrytis (Pers.: Fr.) Ricken, *R. flavescens* (Schaeff.) Petersen, *R. formosa* (Pers.: Fr.) Quél., *R. subbotrytis* (Coker) Corner;
Rhodocollybia butyracea (Bull.: Fr.) Lennox;
Rickenella fibula (Bull.: Fr.) Raith.;
Russula acrifolia Romagn., *R. amoena* Quél., *R. aurea* Pers., *R. chloroides* (Krombh.) Bres., *R. cyanoxantha* (Schaeff.) Fr., *R. delica* Fr., *R. foetens* Pers.: Fr., *R. fragilis* (Pers.: Fr.) Fr., *R. grisea* Fr., *R. heterophylla* (Fr.) Fr., *R. ionochlora* Romagn., *R. nigricans* Fr., *R. persicina* Krombh., *R. risigallina* (Batsch) Sacc., *R. romellii* Maire, *R. vesca* Fr., *R. violipes* Quél., *R. xerampelina* (Schaeff.) Fr.;
Schizophyllum commune L.: Fr.;
Stereum hirsutum (Willd.: Fr.) Gray;
Trametes versicolor (L.: Fr.) Pilát;
Tricholoma acerbum (Bull.: Fr.) Quél., *T. boudieri* (Barla) Barla, *T. columbetta* (Fr.: Fr.) P. Kumm., *T. pardinum* (Pers.) Quél., *T. saponaceum* (Fr.: Fr.) Kumm., *T. sulphureum* (Bull.: Fr.) P. Kumm.;
Tylopilus felleus (Bull.: Fr.) P. Karst.;
Xerocomus armeniacus (Quél.) Quél., *X. pulverulentus* (Opat.) Gilb., *X. rubellus* (Krombh.) Quél., *X. subtomentosus* (L.: Fr.) Quél.;
Xylaria hypoxylon (L.: Fr.) Grev.

Faggeta

- Albatrellus cristatus* (Schaeff.: Fr.) Kotl. & Pouzar, *A. pes-caprae* (Pers.: Fr.) Pouzar;
Amanita citrina (Schaeff.) Pers., *A. excelsa* (Fr.: Fr.) P. Kumm., *A. junquillea* Quél., *A. muscaria* (L.: Fr.) Lam., *A. pantherina* (DC.: Fr.) Krombh., *A. rubescens* Pers.: Fr., *A. submembranacea* (Bon) Grøger, *A. vaginata* (Bull.: Fr.) Lam.;

Armillaria ostoyae (Romagn.) Herink;
Aureoboletus gentilis (Quél.) Pouzar ;
Boletopsis subsquamosa (L.: Fr.) Kotl. & Pouzar;
Boletus aestivalis (Paulet) Fr., *B. calopus* Pers.:
 Fr., *B. edulis* Bull.: Fr., *B. luridus* Schaeff.:Fr.,
B. erythropus Pers., *B. pinophilus* Pilát &
 Derm. in Pilát;
Calocera viscosa (Pers.: Fr.) Fr. ;
Cantharellus cibarius (Fr.: Fr.) Fr., *C. friesii* Quél. ;
Clavariadelphus flavoimmaturus Petersen;
Clitocybe cerussata (Fr.: Fr.) P. Kumm., *C. co-*
stata Kühner & Romagn., *C. gibba* (Pers.:
 Fr.) P. Kumm., *C. nebularis* (Batsch: Fr.) P.
 Kumm., *C. odora* (Bull.: Fr.) P. Kumm.
C. phyllophila (Pers.: Fr.) P. Kumm., *C. sinopica*
 (Fr.: Fr.) P. Kumm. ;
Clitopilus prunulus (Scop.: Fr.) P. Kumm. ;
Coltricia perennis (L.: Fr.) Murril;
Cortinarius alboviolaceus (Pers.: Fr.) Fr., *C. ano-*
malus (Fr.: Fr.) Fr., *C. caperatus* Pers.: Fr., *C.*
cinnabarinus (Fr.) Fr.; *C. cinnamomeus* (L.)
 Fr., *C. elegantissimus* Rob. Henry, *C. glaucop-*
us (Schaeff.: Fr.) Fr., *C. largus* Fr., *C. melano-*
notus Kalchbr., *C. phoeniceus* (Bull.) Maire,
C. purpurascens (Fr.) Fr., *C. triumphans* Fr.,
C. trivialis Lange, *C. variegatus* Bres., *C. ve-*
netus (Fr.) Fr. ;
Crucibulum laeve (Huds.) Kambly in Kambly &
 R.E. Lee ;
Cystoderma carcharias (Pers.) Fayod ;
Diatrype disciformis (Hoffm.: Fr.) Fr. ;
Entoloma hirtipes (Schumach.: Fr.) M.M. Mo-
 ser ;
Fomes fomentarius (L.: Fr.) J.J. Kickx ;
Fuligo septica (L.) Wiggers ;
Gymnopus confluentis (Pers.) Antonín, Halling &
 Noordel. ;
Gyroporus cyanescens (Bull.: Fr.) Quél. ;
Hebeloma sinapizans (Paulet: Fr.) Gillet ;
Hydnum repandum L.: Fr. ;
Hydropus subalpinus (Hohen.) Singer ;
Hygrophoropsis auriantica (Wulf.: Fr.) Maire ;
Hygrophorus chryson (Batsch: Fr.) Fr., *H. ebur-*
neus (Bull.: Fr.) Fr., *H. fagi* G. Becker & Bon ;
Hypholoma fasciculare (Huds.: Fr.) P. Kumm.,
H. lateritium (Schaeff.) P. Kumm., *H. radi-*
cosum J.E. Lange ;
Kuehneromyces mutabilis (Schaeff.: Fr.) Singer
 & A.H. Sm. ;
Laccaria laccata (Scop.: Fr.) Cooke ;
Lactarius blennius (Fr.: Fr.) Fr. ; *L. fluens* Boud.,
L. glaucescens Crossland, *L. glycosmus* (Fr.:
 Fr.) Fr., *L. pallidus* (Pers.: Fr.) Fr., *L. pipera-*
tus (L.: Fr.) Pers., *L. rubrocinctus* Fr., *L. vel-*
lereus (Fr.: Fr.) Fr., *L. volemus* (Fr.: Fr.) Fr. ;
Lepiota clypeolaria (Bull.: Fr.) P. Kumm., *L. igni-*
volvata Joss., *L. ventriosospora* Reid ;
Lycogala epidendron (L.) Fr. ;
Lycoperdon echinatum Pers.: Pers., *L. perlatum*
 Pers.: Pers., *L. pyriforme* Schaeff.: Pers. ;
Lyophyllum aemiliae Consiglio, *L. leucophaea-*
tum (P. Karst) P. Karst ;
Macrolepiota mastoidea (Fr.) Singer, *M. procera*
 (Scop.: Fr.) Singer ;
Marasmius alliaceus (Jacq.: Fr.) Fr., *M. hario-*
lorum (DC.: Fr.) Quél., *M. wynnei* Berk. &
 Broome ;
Megacollybia platyphylla (Pers.: Fr.) Kotl. &
 Pouz. ;
Mycena pelianthina (Fr.: Fr.) Quél., *M. pura*
 (Pers.: Fr.) P. Kumm. ;
Oudemansiella mucida (Schrad.: Fr.) Höhn., *O.*
radicata (Rehl.:Fr.) Singer ;
Phallus impudicus L.:Pers. ;
Pholiota lenta (Pers.: Fr.) Singer, *Pholiota squar-*
rosa (Vahl.: Fr.) P. Kumm. ;
Phylloporus rhodoxanthus (Schwein.: Fr.) Bres. ;
Pluteus cervinus (Schaeff.) P. Kumm. ;
Polyporus melanopus (Pers.: Fr.) Fr., *P. varius*
 (Pers.: Fr.) Fr. ;
Psathyrella cotonea (Quél.) Konrad & Maublanc ;
Pseudoclitocybe cyathiformis (Bull.: Fr.) Singer ;
Pycnoporus cinnabarinus (Jacq.: Fr.) P. Karst. ;
Ramaria botrytis (Pers.: Fr.) Ricken, *R. flava*
 (Schaeff.: Fr.) Quél., *R. formosa* (Pers.: Fr.)
 Quél., *R. pallida* (Schaeff.) Ricken, *R. san-*
guinea (Peck) Quél. ;
Russula aurora Krombh., *R. chloroides* (Krom-
 bh.) Bres., *R. curtipes* Moeller & J. Schaeff.,
R. cyanoxantha Schaeff.: Fr.,
R. cyanoxantha var. *variata* (Banning) Singer,
R. faginea Romagn., *R. fellea* (Fr.: Fr.) Fr., *R. fo-*
etens Pers.: Fr., *R. grisea* Fr.,
R. heterophylla (Fr.: Fr.) Fr., *R. illota* Romagn.,
R. laurocerasi Melzer, *R. laurocerasi* var.
fragrans Romagn., *R. lepida* (Fr.: Fr.) Fr., *R.*
mairi Singer, *R. olivacea* (Schaeff.) Pers.,
R. raoultii Quél., *R. solaris* Ferd. & Vinge,
R. vesca Fr., *R. violeipes* Quél., *R. virescens*
 (Schaeff.) Fr. ;
Schizophyllum commune L.: Fr. ;
Scleroderma areolatum Ehrenb., *S. verrucosum*

(Bull.: Pers.) Pers.;

Strobilomyces strobilaceus (Scop.: Fr.) Berk.;

Stropharia caerulea Kreis., *S. squamosa* (Pers.: Fr.) Quél.;

Tarzetta cupularis (L.: Fr.) Svrček;

Trametes hirsuta (Wulfen: Fr.) Pilát, *T. versicolor* (L.: Fr.) Pilát;

Tricholoma myomyces (Pers.: Fr.) J.E. Lange, *T. roseoacervum* Riva, *T. saponaceum* (Fr.: Fr.) P. Kumm., *T. sciodes* (Pers.) Martin, *T. sulphureum* (Bull.: Fr.) P. Kumm., *T. virgatum* (Fr.: Fr.) P. Kumm.;

Xerocomus armeniacus (Quél.) Quél., *X. chrysen-teron* (Bull.) Quél., *X. pruinatus* (Fr. in Fr. & Hök.) Quél., *X. rubellus* (Krombh.) Quél.;

Xylaria hypoxylon (L.: Fr.) Grev., *X. polymorpha* (Pers.: Fr.) Grev.

Zone umide

Agaricus campestris L.: Fr.;

Agrocybe molesta (Lash) Singer;

Entoloma cetratum (Fr.: Fr.) M.M. Moser, *E. rhodopolium* (Fr.: Fr.) P. Kumm.;

Galerina paludosa (Fr.) Kühner;

Hygrocybe cantharellus (Schwein.: Fr.) Murrill;

H. coccineocrenata (Orton) M.M. Moser, *H. conica* (Schaeff.: Fr.) P. Kumm.;

Hypholoma elongatum (Pers.: Fr.) Ricken;

Lacrymaria lacrymabunda (Bull.: Fr.) Pat.;

Mycena epipterygia (Scop.: Fr.) Gray, *M. galopus* (Pers.: Fr.) P. Kumm.;

Rickenella fibula (Bull.: Fr.) Raith.;

Trichoglossum hirsutum (Pers.: Fr.) Boud.;

Tubaria hiemalis Romagn. ex Bon;

Rimboschimenti

Agaricus moelleri Wasser, *A. porphyizon* P.D. Orton, *A. silvicola* (Vittad.) Sacc.;

Aleurodiscus amorphus (Pers.: Fr.) Rabh. ex Schroet.;

Amanita citrina (Schaeff.) Pers., *A. citrina* var. *alba* (S. Price) Quél. & Bataille, *A. junquillea* Quél., *A. muscaria* (L.: Fr.) Lam., *A. pantherina* (DC.: Fr.) Krombh., *A. rubescens* Pers.: Fr.;

Astraeus hygrometricus (Pers.: Pers.) Morgan;

Bisporella citrina (Batsch: Fr.) Korf & Carp.;

Boletus edulis Bull.: Fr., *Boletus subappendiculatus* Derm., Lazebn. & Ves.;

Calocera viscosa (Pers.: Fr.) Fr.;

Caloscypha fulgens (Pers.: Fr.) Boud.;

Cantharellus cibarius (Fr.: Fr.) Fr.;

Chalciporus piperatus (Bull.: Fr.) Bat.;

Clavulina rugosa (Bull.: Fr.) J. Schröt. in Cohn;

Clitocybe cerussata (Fr.: Fr.) P. Kumm., *C. clavipes* (Pers.: Fr.) P. Kumm., *C. dealbata* (Sowerby: Fr.) P. Kumm., *C. decembris* Singer, *C. gibba* (Pers.: Fr.) P. Kumm., *C. phyllophila* (Pers.: Fr.) P. Kumm.,

Clitopilus prunulus (Scop.: Fr.) P. Kumm.;

Cortinarius atrovirens Kalchbr., *C. camphoratus* (Fr.: Fr.) Fr., *C. caninus* (Fr.: Fr.) Fr., *C. cinnamomeoluteus* Orton, *C. integerrimus* Kühner, *C. melanotus* Kalchbr., *C. semisanguineus* (Fr.: Fr.) Gillet, *C. volvatus* A.H. Sm.;

Craterellus lutescens (Fr.: Fr.) Fr., *C. tubaeformis* (Fr.: Fr.) Quél.;

Cystoderma amianthinum (Scop.) Fayod;

Discina perlata (Fr.: Fr.) Fr.;

Fomitopsis pinicola (Sw.: Fr.) P. Karst.;

Galerina marginata (Batsch) Kühner;

Gastrum pectinatum Pers.;

Gomphidius glutinosus (Schaeff.: Fr.) Fr.;

Gyromitra gigas (Krombh.) Cooke;

Hebeloma mesophaeum (Pers.) Quél.;

Hemimycena cucullata (Pers.: Fr.) Singer;

Heterobasidium annosum (Fr.: Fr.) Bref.;

Hydnum repandum L.: Fr.;

Hygrophorus agathosmus (Fr.) Fr., *H. gliocyclus* Fr., *H. hypothejus* (Fr.: Fr.) Fr.;

Inocybe calamistrata (Fr.: Fr.) Gillet, *I. geophylla* (Bull.: Fr.) P. Kumm., *I. geophylla* var. *lilacina* (Peck) Gillet, *I. pudica* Kühner, *I. sindonia* (Fr.: Fr.) P. Karst.;

Laccaria amethystea (Bull.) Murrill, *L. bicolor* (Maire) Orton, *L. laccata* (Scop.: Fr.) Berk. & Broome;

Lachnellula calyciformis (Willd.: Fr.) Dharne;

Lactarius aurantiacus (Vahl: Fr.) Gray, *L. chrysorheus* Fr., *L. deliciosus* (L.: Fr.) Gray, *L. deterrimus* Grøger, *L. salmonicolor* Heim & Lecl., *L. sanguifluus* (Paulet) Fr., *L. semisanguifluus* Heim & Leclair;

Lepista flaccida (Sowerby: Fr.) Pat., *L. nuda* (Bull.: Fr.) Cooke;

Macrolepiota procera (Scop.: Fr.) Singer;

Melanoleuca cognata (Fr.) Conrad & Maub.;

Mycena amicta (Fr.) Quél., *M. aurantiomarginata* (Fr.) Quél., *M. pura* (Pers.: Fr.) P. Kumm., *M. rosea* (Bull.) Gramberg, *M. sanguinolenta* (Alb. & Schw.: Fr.) P. Kumm.;

Neolentinus lepideus (Fr.) Redhead & Ginns;

Otidea onotica (Pers.: Fr.) Fuckel;

Paxillus atrotomentosus (Batsch: Fr.) Fr.;
Plectania melastoma (Sow.: Fr.) Fuck.;
Pseudohydnum gelatinosum (Scop.: Fr.) P. Karst.;
Rhizopogon vulgaris (Vittad.) M. Lange;
Rhodocollybia butyracea (Bull.: Fr.) Lennox;
Russula chloroides (Krombh.) Bres., *R. cessans*
 A. Pearson, *R. fragilis* (Pers.: Fr.) Fr., *R. mustelina* Fr., *R. queletii* Fr. in Quél., *R. torulosa*
 Bres., *R. sanguinea* (Bull.) Fr.;
Scleroderma citrinum Pers.: Pers.;
Sparassis crispa (Wulfen: Fr.) Fr.;
Spathularia flavida Pers.: Fr.;
Suillus granulatus (L.: Fr.) Roussel, *S. grevillei*
 (Klotzsch in Fr.) Singer, *S. luteus* (L.: Fr.)
 Roussel; *S. variegatus* (Sw.: Fr.) O. Kuntze;
Tricholoma colossus (Fr.) Quél., *T. equestre* (L.:
 Fr.) P. Kumm., *T. imbricatum* (Fr.: Fr.) P.
 Kumm., *T. joachimii* Bon & Riva, *T. portentosum*
 (Fr.: Fr.) Quél., *T. terreum* (Schaeff.:
 Fr.) P. Kumm., *T. vaccinum* (Schaeff.: Fr.) P.
 Kumm.;
Tricholomopsis rutilans (Schaeff.: Fr.) Singer;
Xerocomus badius (Fr.: Fr.) Gilb.;
Xylaria hypoxylon (L.: Fr.) Grev.

Illustrazione e brevi note di alcuni macromiceti non comuni

Clitocybe subspadicea (J.E. Lange) Bon & Chevassut, *Docums Mycol.* 3 (n. 9): 36 (1973)

Sinonimi:

Clitocybe umbilicata var. *subspadicea* J.E. Lange
Gerronema subspadiceum (J.E. Lange) Bon, *Docums Mycol.* 26 (n. 102): 19 (1996)

Omphalia umbilicata f. *subspadicea* J.E. Lange, *Fl. Agaric. Danic.* 2: 54 (1936)



Entità della famiglia delle tricholomataceae legata alle latifoglie, presenta un cappello fortemente igrofano, lamelle assai decorrenti e stipite con fibrille longitudinali biancastre, ornato alla sommità da un azona anulare araneosa. Possiede basidi non solo tetrasporici, ma anche bisporici, con spore ellittiche, lisce, ialine di 6-9x3-5 µm (Breitenbach e Kränzlin, 1991).

Geastrum pectinatum Pers., *Syn. meth. fung.* (Göttingen) 1: 132 (1801)

Sinonimi:

Geastrum pectinatum var. *tenuipes* (Berk.) Cleland & Cheel, (1915)

Geastrum plicatum Berk. *Ann. Mag. nat. Hist.*, Ser. 13: 399 (1839)

Geastrum tenuipes Berk. *London J. Bot.* 7: 576 (1848)



Geastraceae ubiquitaria, presenta carpofori inizialmente ipogei, globosi, che si aprono a stella a maturazione. L'endoperidio presenta un'area-peristoma conica, prominente 3-5 mm, pieghettata con 20-25 pieghe, generalmente non ben delimitata. Specie simile è *Geastrum striatum* DC. che, diversamente da *G. pectinatum*, possiede apofisi ad anello non striata (Sarasini, 2005).

Hygrophorus gliocyclus Fr., Öfvers. K. Svensk. Vetensk.-Akad. Förhandl. 18: 27 (1861)



Si tratta di un igroforo a cappello giallastro di taglia robusta, con glutine molto spesso e formante uno pseudoanello. Si sviluppa prevalentemente sotto pino. Entità simili sono *Hygrophorus ligatus* (Fr.) Fr., di colore biancastro, come pure *Hygrophorus flavodiscus* Frost in Peck, specie americana anch'essa legata ai pini (Candusso, 1997).

Neolentinus lepideus (Fr.) Redhead & Ginns, Trans. Mycol. Soc. Japan 26 (3): 357 (1985)

Sinonimi:

Agaricus cyprinus Batsch, Elench. fung. (Halle): 57 (1783)

Agaricus lepideus Fr., Observ. mycol. (Havniae) 1: 21 (1815)

Agaricus polymorphus Pers., Mycol. eur. (Erlanga) 3: 52 (1828)

Agaricus polymorphus var. *tubaeformis* (Schaeff.) Pers., Mycol. eur. (Erlanga) 3: 52 (1828)

Agaricus serpentiformis Batsch, Elench. fung. (Halle): 89 (1783)

Agaricus suffrutescens Brot., Fl. lusit. 2: 466 (1805)

Agaricus tubaeformis Schaeff., Fung. Bavar. Palat. 3: tab. 248, 249 (1770)

Clitocybe lepidea (Fr.) P. Kumm., Führ. Pilzk. (Zwickau): 123 (1871)

Lentinus contiguus Fr., Hymenomyc. eur. (Upsaliae): 482 (1874)

Lentinus cryptarum Fuckel, Jb. nassau. Ver. Naturk. 23-24: 15 (1870) [1869-70]

Lentinus domesticus P. Karst., Revue mycol., Toulouse 9: 9 (1887)

Lentinus gallicus QuéL., Compt. Rend. Assoc. Franç. Avancem. Sci. 13: 280 (1885)

Lentinus lepideus (Fr.) Fr., Epicr. syst. mycol. (Upsaliae): 390 (1838) [1836-1838]

Lentinus lepideus var. *contiguus* (Fr.) Rea, Brit. basidiomyc. (Cambridge): 538 (1922)

Lentinus lepideus var. *hibernicus* McArdle, J. Bot., Lond. 47: 444 (1909)

Lentinus magnus Peck, Bull. Torrey bot. Club 23: 413 (1896)

Lentinus maximus A.E. Johnson, Bull. Minn. Acad. Nat. Sci. 1: 338 (1877)

Lentinus platensis Speg., Anal. Mus. nac. Hist. nat. B. Aires 6: 113 (1898) [1899]

Lentinus sitaneus Fr., Syn. generis Lentinus: 8 (1836)

Lentinus spretus Peck, Bull. N.Y. St. Mus. 105: 24 (1906)

Lentinus suffrutescens (Brot.) Fr., Epicr. syst. mycol. (Upsaliae): 393 (1838) [1836-1838]

Neolentinus suffrutescens (Brot.) T.W. May & A.E. Wood, Mycotaxon 54: 149 (1995)

Panus lepideus (Fr.) Corner, Beih. Nova Hedwigia 69: 64 (1981)

Pocillaria contigua (Fr.) Kuntze, Revis. gen. pl. (Leipzig) 2: 866 (1891)

Pocillaria cryptarum (Fuckel) Kuntze, Revis. gen. pl. (Leipzig) 2: 866 (1891)

Pocillaria gallica (QuéL.) Kuntze, Revis. gen. pl. (Leipzig) 2: 866 (1891)

Pocillaria lepidea (Fr.) Kuntze, Revis. gen. pl. (Leipzig) 2: 866 (1891)

Pocillaria sitanea (Fr.) Kuntze, Revis. gen. pl. (Leipzig) 2: 866 (1891)

Pocillaria suffrutescens (Brot.) Kuntze, Revis. gen. pl. (Leipzig) 2: 866 (1891)



Si tratta di una polyporacea che si sviluppa su legno morto di conifere, soprattutto in aree montane. Presenta cappello e gambo squamosi e un odore aromatico, dolciastro e resinoso. Ha spore cilindrico-ellittiche, lisce, ialine, spesso guttulate, di 7,5-12x3-4,5 µm (Breitenbach e Kränzlin, 1991).

Conclusioni

Nella tabella seguente sono riportati i totali, per classi e per tipologie vegetazionali, delle entità ritrovate nelle aree indagate;

	MYXOMYCETES	ASCOMYCETES	BASIDIOMYCETES	TOTALE
Castagneti	1	2	160	163
Faggete	2	4	145	151
Zone umide	-	1	14	15
Rimboschimenti	-	10	96	106

28 entità sono ascrivibili alla lista rossa toscana (Antonini e Antonini, 2006), 1 EN; 3 VU; 2 NT; 9 LC; 13 DD, e precisamente:

EN – Endangered

Boletus aemilii Barbier;

VU – Vulnerable

Galerina paludosa (Fr.) Kühner, *Gyromitra gigas* (Krombh.) Cooke, *Hygrophorus gliocyclus* Fr.;

NT – Near Threatened

Hygrocybe cantharellus (Schwein.: Fr.) Murrill, *Hygrocybe coccineocrenata* (Orton) M.M. Moser;

LC – Least Concern

Albatrellus pes-caprae (Pers.: Fr.) Pouzar, *Boletopsis subsquamosa* (L.: Fr.) Kotl. & Pouzar, *Caloscypha fulgens* (Pers.: Fr.) Boud., *Cantharellus friesii* Quél., *Cortinarius rubicundulus* (Rea) A. Pearson, *Cortinarius variegatus* Bres., *Cotylidia pannosa* (Sowerby: Fr.) D.A. Reid, *Laccaria bicolor* (Maire) P.D. Orton, *Strobilomyces strobilaceus* (Scop.: Fr.) Berk.;

DD – Data Deficient

Boletus appendiculatus Schaeff. : Fr., *Boletus rhodoxanthus* (Krombh.) Kallemb., *Boletus subappendiculatus* Derm., Lazebn. & Ves., *Cortinarius atrovirens* Kalchbr., *Cortinarius phoeniceus* (Bull.) Maire, *Cortinarius semisanguineus* (Fr.: Fr.) Gillet, *Entoloma cetratum* (Fr.: Fr.) M.M.

Moser, *Helvella macropus* (Pers.: Fr.) P. Karst., *Hydropus subalpinus* (Hohen.) Singer, *Hygrophorus fagi* G. Becker & Bon, *Lactarius glycyosmus* (Fr.: Fr.) Fr., *Pluteus leoninus* (Schaeff.: Fr.) P. Kumm., *Xerocomus pulverulentus* (Opat.) E.-J. Gilbert.

In riferimento alle precedenti segnalazioni (Della Maggiora et al., 2004), per quanto ci risulta, sono nuove per le Apuane le seguenti 120 entità:

Agrocybe molesta (Lash) Singer, *Aleurodiscus amorphus* (Pers.: Fr.) Rabh. ex Schroet., *Bisporella citrina* (Batsch: Fr.) Korf & Carp., *Boletus aemilii* Barbier, *Boletus appendiculatus* Schaeff. : Fr., *Boletus subappendiculatus* Derm., Lazebn. & Ves., *Calocera viscosa* (Pers.: Fr.) Fr., *Caloscypha fulgens* (Pers.: Fr.) Boud., *Cantharellus cinereus* (Pers.: Fr.) Fr., *Clavaria fragilis* Holmsk.: Fr., *Clavariadelphus flavoimmaturus* Petersen, *Clavicornia pyxidata* (Pers.: Fr.) Doty, *Clitocybe clavipes* (Pers.: Fr.) P. Kumm., *Clitocybe dealbata* (Sowerby: Fr.) P. Kumm., *Clitocybe decembris* Singer, *Clitocybe sinopica* (Fr.: Fr.) P. Kumm., *Clitocybe subspadicea* (J.E. Lange) Bon & Chevassut, *Cortinarius albobolaceus* (Pers.: Fr.) Fr., *Cortinarius atrovirens* Kalchbr., *Cortinarius camphoratus* (Fr.: Fr.) Fr., *Cortinarius caninus* (Fr.: Fr.) Fr., *Cortinarius cinnamomeoluteus* Orton, *Cortinarius integerrimus* Kühner, *Cortinarius mucifluus* Fr., *Cortinarius purpurascens* (Fr.) Fr., *Cortinarius semisanguineus* (Fr.: Fr.)

Gillet, *Cortinarius triumphans* Fr., *Cortinarius variegatus* Bres., *Cortinarius venetus* (Fr.) Fr., *Cortinarius vibratilis* (Fr.: Fr.) Fr., *Cotylidia pannosa* (Sowerby: Fr.) D.A. Reid, *Cystoderma amianthinum* (Scop.) Fayod, *Daedalea quercina* (L.: Fr.) Pers., *Daedaleopsis confragosa* (Bolton: Fr.) J. Schröt., *Discina perlata* (Fr.: Fr.) Fr., *Entoloma cetratum* (Fr.: Fr.) M.M. Moser, *Entoloma lividoalbum* (Kühner & Romagn.) Kubicka, *Fomitopsis pinicola* (Sw.: Fr.) P. Karst., *Galerina paludosa* (Fr.) Kühner, *Ganoderma applanatum* (Pers.) Pat., *Geastrum minimum* Schwein., *Geastrum pectinatum* Pers., *Gyromitra gigas* (Krombh.) Cooke, *Helvella macropus* (Pers.: Fr.) P. Karst., *Hemimycena cucullata* (Pers.: Fr.) Singer, *Heterobasidion annosum* (Fr.: Fr.) Bref., *Hydropus subalpinus* (Hohen.) Singer, *Hygrocybe cantharellus* (Schwein.: Fr.) Murrill, *Hygrocybe coccineocrenata* (Orton) M.M. Moser, *Hygrophorus agathosmus* (Fr.) Fr., *Hygrophorus chrysodon* (Batsch: Fr.) Fr., *Hygrophorus fagi* G. Becker & Bon, *Hygrophorus gliocyclus* Fr., *Hypholoma elongatum* (Pers.: Fr.) Ricken, *Hypholoma radicosum* J.E. Lange, *Inocybe sindonia* (Fr.: Fr.) P. Karst., *Lachnellula calyciformis* (Willd.: Fr.) Dharne, *Lacrymaria lacrymabunda* (Bull.: Fr.) Pat., *Lactarius acris* (Bolton: Fr.) Gray, *Lactarius fluens* Boud., *Lactarius rubrocinctus* Fr., *Lactarius semisanguifluus* Heim & Leclair, *Lactarius vellereus* (Fr.: Fr.) Fr. var. *hometii* (Gillet) Boud., *Lenzites betulinus* (L.: Fr.) Fr., *Lepiota ventriosospora* Reid, *Lycogala epidendron* (L.) Fr., *Lyophyllum aemiliae* Consiglio, *Lyophyllum leucophaeatum* (P. Karst) P. Karst, *Macrolepiota mastoidea* (Fr.) Singer, *Marasmius alliaceus* (Jacq.: Fr.) Fr., *Marasmius cohaerens* (Pers.: Fr.) Cooke & Qué., *Megacollybia platyphylla* (Pers.: Fr.) Kotl. & Pouz., *Melanoleuca cognata* (Fr.) Conrad & Maub., *Mycena amicta* (Fr.) Qué., *Mycena aurantiomarginata* (Fr.) Qué., *Mycena galopus* (Pers.: Fr.) P. Kumm., *Mycena maculata* P. Karst., *Mycena sanguinolenta* (Alb. & Schw.: Fr.) P. Kumm., *Neolentinus lepideus* (Fr.) Redhead & Ginns, *Otidea notica* (Pers.: Fr.) Fuckel, *Phaeomarasmius erinaceus* (Fr.: Fr.) Scherf ex Romagn., *Pholiota lenta* (Pers.: Fr.) Singer, *Pholiota squarrosa* (Vahl.: Fr.) P. Kumm., *Plectania melastoma* (Sow.: Fr.) Fuck., *Polyporus brumalis* (Pers.: Fr.) Fr., *Polyporus melanopus* (Pers.: Fr.) Fr., *Psathyrella cotonea* (Qué.) Konrad & Moulanc, *Psathyrella piluliformis* (Bull.: Fr.) P.D.

Orton, *Pseudoclitocybe cyathiformis* (Bull.: Fr.) Singer, *Pseudohydnum gelatinosum* (Scop.: Fr.) P. Karst., *Ramaria pallida* (Schaeff.) Ricken, *Ramaria subbotrytis* (Coker) Corner, *Rhizopogon vulgaris* (Vittad.) M. Lange, *Russula aurora* Krombh., *Russula cessans* A. Pearson, *Russula curtipes* Moeller & J. Schaeff., *Russula cyanoxantha* var. *variata* (Banning) Singer, *Russula faginea* Romagn., *Russula grisea* Fr., *Russula illota* Romagn., *Russula ionochlora* Romagn., *Russula laurocerasi* Melzer, *Russula laurocerasi* var. *fragrans* Romagn., *Russula olivacea* (Schaeff.) Pers., *Russula raoultii* Qué., *Russula xerampelina* (Schaeff.) Fr., *Spathularia flavida* Pers.: Fr., *Strobilomyces strobilaceus* (Scop.: Fr.) Berk., *Stropharia caerulea* Kreis., *Stropharia squamosa* (Pers.: Fr.) Qué., *Suillus grevillei* (Klotzsch in Fr.) Singer, *Suillus variegatus* (Sw.: Fr.) O. Kuntze; *Tarsetta cupularis* (L.: Fr.) Svr ek, *Trichoglossum hirsutum* (Pers.: Fr.) Boud., *Tricholoma boudieri* (Barla) Barla, *Tricholoma roseoacereum* Riva, *Tricholoma virgatum* (Fr.: Fr.) P. Kumm., *Tubaria hiemalis* Romagn. ex Bon, *Xerocomus pruinatus* (Fr. in Fr. & Hök.) Qué., *Xerocomus pulverulentus* (Opat.) Gilb.

Bibliografia

- Aa.Vv. (1998), *I Tipi Forestali*. Boschi e macchie di Toscana. Regione Toscana, Giunta Regionale, Dipartimento dello sviluppo economico.
- Aa.Vv. (2002), *Terra di Luna, di boschi, di pietra*. Comunità Montana della Lunigiana. Grafiche conti, Aulla.
- Amadei L., Guazzi E. (2004), *Una comunità a Sphagnum (Bryophyta) nella Valle del Giardino (Monte Cavallo, Alpi Apuane): modello di studio e di gestione*. Acta Apuana 3: 37-43.
- Antonini D., Antonini M. (2006), *Libro rosso dei Macromiceti della Toscana. Dal censimento alla Red list*. Regione Toscana - A.R.S.I.A. - A.G.M.T. Tipolito Duemila srl, Campi Bisenzio (FI).
- Antonini D., Antonini M., Caroti V., Narducci R., Petrucci P. (1998), *Indagini preliminari su alcuni macromiceti della lecceta di Lucese (Parco delle Alpi Apuane)*. Atti Soc. Tosc. Sci. Nat. Mem., Serie B, 105: 1-7.
- Antonini D., Antonini M., Caroti V., Narducci R., Petrucci P. (1998a), *Osservazioni su alcuni macromiceti ritrovati nel Parco delle Alpi Apuane*. Atti

- Soc. Tosc. Sci. Nat. Mem., Serie B, 105: 13-22.
- Antonini D., Antonini M., Caroti V., Del Carlo D., Narducci R., Petrucci P. (1999), *Ricerche micologiche nelle Alpi Apuane*. Studi per la conoscenza del territorio protetto n. 4. Parco delle Apuane, Massa.
- Ansaldi M., Bartelletti A., Tomei P.E. (1988), *L'abete bianco (Abies alba Miller) sulle Alpi Apuane*. Atti Soc. tosc. Sci. nat., Mem., Serie B, 95: 41-49.
- Arrigoni P.V., Viciani D. (2001), *Caratteri fisiologici e fitosociologici dei castagneti toscani*. Parlatorea V: 55-99.
- Bertoloni A. (1832), *Mantissa plantarum florum Alpium Apuanarum*. Bologna.
- Breitenbach J., Kränzlin F., (1991), *Champignons de Suisse. Tome 3. Bolets et champignons à lames, 1^{ère} partie*. Edition Mykologia, Lucerne.
- Candusso M. (1997), *Hygrophorus s.l.* Fungi Europaei, 6. Libreria Basso, Allassio.
- Carminiani L., Conti P., Disperati L., Fantozzi P.L., Giglia G., Meccheri M. (2001), *Carta Geologica del Parco delle Alpi Apuane (1:50.000)*. Parco Alpi Apuane, Università degli Studi di Siena, n. 2 tavole.
- Cecchini A, Narducci R. (2003), *Garfagnana. La tradizione dei funghi*. Comunità Montana della Garfagnana. Felici Editore, Pisa.
- Della Maggiora M., Tolaini F., Antonini D., Antonini M. (2004), *Elenco dei Macromiceti epigei segnalati per il territorio regionale dal 1900 al 2003*. In: "Storia della micologia in Toscana" a cura di Daniele e Massimo Antonini. Filiera foresta legno, Regione Toscana - Agenzia Regionale per lo Sviluppo Agricolo-forestale (AR-SIA) - Associazione Gruppi Micologici Toscani (AGMT). Tip. Valdarnese, S. Giovanni Valdarno (AR).
- Del Prete C., Tomaselli M. (1981), *Note sulla flora e vegetazione della torbiera "I Paduli" presso Fociomboli (Alpi Apuane)*. Atti Soc. tosc. Sci. nat., Mem., Serie B, 88: 343-358.
- Ferrarini E. (1966), *Studi sulla vegetazione di altitudine delle Alpi Apuane*. *Webbia* 21: 521-600.
- Ferrarini E. (1967), *Studi sulla vegetazione di altitudine delle Alpi Apuane*. *Webbia* 22: 295-404.
- Ferrarini E. (1970), *Considerazioni sull'origine della flora e sulla oscillazione dei piani di vegetazione delle Alpi Apuane*. Lavori della Società Italiana di Biogeografia Nuova Serie 1: 68-87.
- Ferrarini E. (1972), *Carta della vegetazione delle Alpi Apuane e zone limitrofe*. *Webbia* 27 (2): 551-582.
- Gori L. (2005), *Funghi ipogei della Lucchesia di altre province italiane e dall'estero*. Maria Pacini Fazzi Editore, Lucca.
- Marchand A. (1973), *Champignons du nord et du midi*. Vol. 2. Société Mycologique des Pyrénées méditerranéennes. Hachette, Perpignan.
- Monti G. (1977), *Macromiceti apuani: I. Le raccolte tra Canevara e Santa Croce*. (Massa). Atti Soc. Tosc. Sci. Nat., Mem., ser. B, 84: 59-76.
- Monti G., Tomei P.E. (1990), *Contributo alla conoscenza della micoflora dell'alta Garfagnana (Toscana settentrionale)*. Atti Soc. Tosc. Sci. Nat. Mem., Serie B, 97: 63-92.
- Narducci R., Petrucci P. (1995), *Macromiceti reperiti in provincia di Lucca negli anni 1985-1994 con le indicazioni dei luoghi e degli ambienti di raccolta*. In: *Contributo alla conoscenza dei macromiceti che crescono nella provincia di Lucca*. Comunità Montana della Garfagnana, Orto Botanico "Pania di Corfino". Tipografia Editrice Pisana, Pisa.
- Narducci R., Petrucci P. (1996), *I funghi delle Apuane*. Mauro Baroni, Viareggio.
- Pellegrini P. (1899), *Funghi della provincia di Massa-Carrara*. *Nuovo Giorn. Bot. Ital.*, n.s., 6: 51-80; 188-218.
- Sani A (2009), *Il castagneto da frutto nel territorio comunale di Barga*. Piano strutturale del Comune di Barga - Quadro conoscitivo.
- Sarasini M. (2005), *Gasteromiceti epigei*. A.M.B. Fondazione - Centro Studi Micologici. Grafica Sette, Bagnolo Mella (BS).
- Simi E. (1851), *Flora Alpium Versiliensium*. Fratrum Frediani, Massa.
- Tomei P.E., Narducci R., Lippi A. (1997), *Prodrromo alla flora macromicetica della provincia di Lucca*. Provincia di Lucca. Tip. Emmedi, Lucca.
- Vaira R., Ansaldi M., Bedini G., Garbari F. (2004), *Demografia, distribuzione e aspetti conservazionistici di specie minacciate della flora apuana*. Atti Soc. tosc. Sci. nat., Mem., Serie B, 111: 65-93.
- Vogliano P. (1888), *Enumerazione di alcuni funghi raccolti nella provincia di Massa Carrara*. Atti Soc. Tosc. Sci. Nat. Mem., IX : 97-114.

Prima che l'ultimo platano venga abbattuto

Giacomo Lorenzini

Parole chiave: malattie piante, *Ceratocystis*, “cancro colorato”

La relazione descrive l'evoluzione della pandemia di “cancro colorato” del platano, sostenuta dal fungo Ceratocystis platani. Si tratta di una malattia letale, di relativamente recente introduzione in Europa, che sta devastando il patrimonio arboreo toscano, modificando profondamente il paesaggio urbano. Dopo una caratterizzazione dei sintomi e degli aspetti biologici ed epidemiologici del patogeno, vengono esaminate le possibilità di intervento, che, purtroppo, sono limitate alla profilassi e alla eliminazione e distruzione del materiale infetto. È descritto e commentato il Decreto Ministeriale di lotta obbligatoria e ne sono evidenziate le difficoltà di ordine logistico. Infine sono individuate alcune raccomandazioni che dovrebbero costituire le linee guida per gli interventi di manutenzione del platano.

Introduzione

La sistematica del genere *Platanus* è tuttora oggetto di discussione. Si tende a ritenere che i soggetti presenti in Europa siano prevalentemente riferibili a *Platanus acerifolia* (*P. hybrida*), considerato un ibrido naturale tra *P. orientalis* e *P. occidentalis*. Certo è che si tratta di piante perfettamente ambientate nei nostri climi sin dal tempo dei Greci e ben inserite in contesti antropizzati. Questo albero è una sorta di simbolo vegetale di molte metropoli europee, da Barcellona a Londra e a Torino costituisce oltre un terzo del patrimonio arboreo. Moltissimi sono gli esemplari ultracentenari: gli individui più vecchi di Roma (che ospita 22.000 platani) sono alcuni *Platanus orientalis*, dell'età di circa 400 anni. Uno dei motivi del successo di questa pianta è la rusticità (compresa la proprietà di sopportare energetiche potature), coniugata a indiscutibili valori architettonici e paesaggistici. “Oltre alle notevoli capacità di crescita, ai pregi estetici, alla facilità con la quale provvedono a cicatrizzare le ferite, i platani sono annoverati tra le piante meno soggette ad attacchi parassitari”: queste sono le caratteristiche positive descritte da De Philippis nel lontano 1934.

Purtroppo, a distanza di pochi decenni la situazione sanitaria del platano è drammaticamente compromessa. Infatti, negli ultimi anni del secolo scorso, il

nostro Paese è stato raggiunto da due specie oltreatlantiche di insetti particolarmente perniciose, *Corythucha ciliata* e *Metcalfa pruinosa*, responsabili di precoci ingiallimenti fogliari; ad essi si è aggiunto l'agente del “mal bianco” (indicato come *Microsphaera platani*), che produce un abbondante feltro micelico biancastro sulla superficie fogliare, causando vistose anomalie di accrescimento. Da tempo, poi, era presente *Apiognomonina veneta*, micromicete che attacca foglie e rametti, provocando filloptosi già in primavera (la malattia è nota come “antracnosi”). In realtà, nessuno di questi organismi nocivi, seppure siano responsabili della compromissione del valore estetico, è in grado di mettere a rischio la vita delle piante.

Dalla seconda metà del XX secolo, però, è stato introdotto, anch'esso dal Nord-America, un ennesimo

gli autori

**CdLM Progettazione
e Gestione del Verde Urbano
e del Paesaggio**

Facoltà di Agraria dell'Università di Pisa
Via del Borghetto, 80 - 56124 Pisa
giacomo.lorenzini@agr.unipi.it

patogeno, questa volta letale; si tratta del fungo *Ceratocystis fimbriata* f. sp. *platani* (oggi *Ceratocystis platani*). Al momento in numerose regioni italiane è in atto una terribile pandemia e la situazione è talmente preoccupante che in interi territori la stessa sopravvivenza del platano è fortemente a rischio.

Il patogeno

La malattia in oggetto è nota come “cancro colorato” (*cancker stain* per gli anglosassoni), in quanto i tessuti legnosi infetti finiscono per assumere una pigmentazione brunastra; non si tratta, però, di una sintomatologia ascrivibile ad un “cancro” tipico, poiché il patogeno ha un andamento sistemico (si sposta all’interno dei fasci vascolari) e, pertanto, si deve parlare di “tracheomicosi”. L’agente è un micromicete del genere *Ceratocystis* (divisione *Eumycota*, sottodivisione *Ascomycota*, ordine *Ophiostomatales*), inizialmente descritto come una *forma specialis* di *C. fimbriata* e recentemente classificato come *C. platani*. Il genere *Ceratocystis* riveste un ruolo importante in patologia vegetale, comprendendo agenti di importanti malattie, specie in ambito forestale. *C. platani* presenta uno stadio teleomorfo (sessuato), caratterizzato da periteci superficiali, scuri, costituiti da una base globosa, larga sino a 330 µm, ed un collo, che può raggiungere la lunghezza di 1 mm; gli aschi contenuti all’interno si disgregano precocemente e le ascospore, unicellulari, riempiono la cavità del peritecio per fuoriuscire dall’ostiole posto all’apice del collo, in una densa matrice mucillaginosa. Complessa è la strutturazione dello stadio anamorfo, rappresentata da ben tre tipi di spore agamiche unicellulari, riconducibili al genere *Chalara*.

L’epidemiologia

Si tratta di un tipico patogeno da ferita (incapace di attraversare il ritidoma integro), che, quindi, necessita della presenza di soluzioni di continuità per penetrare nei tessuti legnosi di una pianta sana. Le principali modalità di diffusione sono, pertanto, costituite da:

– *operazioni di potatura*: il passaggio di un attrezzo (tipicamente la motosega) da un soggetto infetto a uno sano è responsabile sia dello spostamento fisico dell’inoculo (e quindi della contaminazione), sia dell’inoculazione vera e propria;

– *anastomosi radicali*, con scambio di materiale citoplasmatico tra soggetti adiacenti.

Del tutto marginali sono i contributi di altri mezzi naturali (es. insetti, piccoli mammiferi) o antropici (atti vandalici, lavorazioni stradali). Comunque, qualsiasi agente che abbia occasione di entrare in contatto con i germi patogeni e li “inserirà” all’interno di una pianta sana può fungere da vettore: in un maneggio toscano sono stati i morsi di cavalli a trasmettere la malattia in piante giovani mai potate! Ovviamente, il trasporto (anche a lunga distanza) di materiale infetto (es. legno più o meno lavorato) consente al patogeno di raggiungere nuovi areali. La sua vitalità è conservata per alcuni anni nei tessuti legnosi e per diverse settimane nella segatura.

La localizzazione dell’inoculo nella pianta è tipicamente vascolare e l’infezione procede longitudinalmente, contrastata (di norma vanamente) dalla produzione di tulle che tendono ad ostruire i vasi colonizzati.

Lo scenario tipico che caratterizza un focolaio in stadio avanzato di un’alberata stradale è il seguente: un gruppo di platani sono stati abbattuti e rimane al suolo la ceppaia; a fianco si trovano alcuni alberi morti o comunque fortemente deperiti; infine, le piante sane (Fig. 1a, b). La progressione è a “effetto domino” e, in assenza di specifici interventi, a causa degli innesti radicali, l’infezione passa rapidamente da un soggetto a quello adiacente.

I sintomi e la diagnosi

La malattia può avere decorso acuto o cronico: entrambi terminano inesorabilmente con la morte. La fase cronica, la più diffusa, consiste in un generale deperimento, che si protrae di norma per alcuni anni (2-3 in esemplari di 30-40 cm di diametro), contraddistinto da clorosi fogliare, microfillia, ritardi di vegetazione, disseccamenti precoci. Le foglie, una volta morte, possono rimanere per diverse settimane attaccate al picciolo. Il patogeno ha una componente tossica. Sul tronco si evidenziano cancri allungati in senso longitudinale, con depressione e fessuramento del ritidoma. Scortecciando si notano striature rosso-brunastre o vinose, che possono interessare anche buona parte della circonferenza (Fig. 1c, d). La pianta può emettere polloni dalle porzioni basali del fusto, che, comunque, con il tempo soccombono (Fig. 1e). Gli individui morti vanno soggetti alla colonizzazione di microrganismi saprofiti, che ne

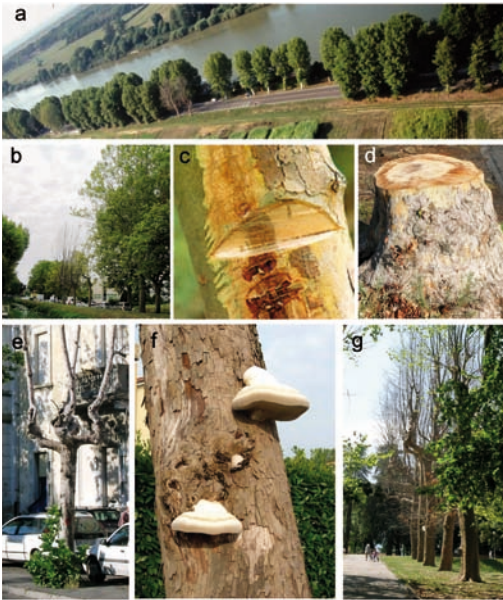


Figura 1: Aspetti caratteristici della pandemia di *Ceratocystis* su platano. In un'alberata infetta da tempo, tipicamente si osservano focolai nei quali a fianco di un gruppo di ceppaie (residue di alberi morti ed abbattuti) si trovano piante malate e deperenti. (a) Viale D'Annunzio, Pisa; (b) Strada Statale 12, San Giuliano Terme (PI); negli individui infetti si notano vistosi imbrunimenti sottocorticali (c), che di norma interessano tutta la circonferenza (d); i soggetti colpiti tendono ad emettere polloni dalle porzioni basali (e), ma si tratta di una reazione effimera; un albero morto e lasciato in sede viene rapidamente colonizzato da microrganismi e artropodi saprofiti e da agenti di carie del legno (f); (g) un tratto delle Mura urbane di Lucca, sede di numerosi casi di "cancro colorato".

mettono a rischio la stabilità (Fig. 1f). Un fortunale verificatosi a Pisa il 4 Settembre 2011 ha abbattuto quattro esemplari morti da tempo e abbondantemente cariati, suscitando la preoccupazione della Protezione Civile (si trattava del famoso e trafficato Viale d'Annunzio) che ha imposto l'immediata eliminazione di oltre un centinaio di platani ormai in avanzata fase di degradazione strutturale. Inoltre, gli alberi morti costituiscono a lungo un serbatoio di inoculo. Le proprietà fisico-meccaniche e merceologiche del legno non vengono compromesse, e quindi

questo materiale può essere utilizzato. La diagnosi sui tessuti vivi si basa sull'analisi delle porzioni sottocorticali, in corrispondenza dei cancri, ove – come accennato – sono visibili tipiche colorazioni scure. Le classiche metodiche di laboratorio (isolamento in coltura pura da porzioni di tessuti infetti e sterilizzati in superficie) sono complicate nel caso di piante morte da tempo, perché l'avvento dei citati saprofiti rende difficoltoso il reperimento di *Ceratocystis*.

La storia della malattia in Italia

Originaria degli Stati orientali degli USA (prima segnalazione nel 1926), la fitopatia è stata introdotta in Europa verosimilmente con legname infetto utilizzato come imballaggio di armi o materiale logistico durante il secondo conflitto mondiale. Il porto di Napoli è indicato come la più probabile via d'ingresso del patogeno nel vecchio continente. Non è questo il primo caso di trasporto transatlantico di organismi nocivi alle piante (si pensi alla "peronospora" della vite e a quella della patata e al "cancro corticale" del castagno). Il patogeno è ormai segnalato nella maggior parte dei Paesi europei mediterranei. In Italia il primo focolaio accertato è stato a Caserta (ove è stato sterminato il filare bisecolare di 900 platani che ornava il viale monumentale di accesso al Palazzo Reale), seguito dalla Versilia. La progressione è stata impressionante e già all'inizio di questo millennio in pratica tutte le province del centro-nord e molte del sud sono inserite nella mappa di distribuzione di *Ceratocystis platani*. Tecniche di biologia molecolare hanno consentito di accertare un elevato livello di omogeneità genetica negli isolati italiani, tale da consentire l'ipotesi che si tratti di una popolazione "clonale", derivante verosimilmente da un unico ceppo introdotto inizialmente.

L'impatto sul paesaggio urbano

Le malattie delle piante interagiscono con le attività umane in diversi modi. Innanzitutto, riducendo le prestazioni produttive (in termini sia quantitativi sia qualitativi) possono compromettere la disponibilità di alimenti. Ma è facile individuare altri importanti campi di interesse, a cominciare da quelli legati all'ambiente e al paesaggio. Una fitopatia letale, che colpisce un albero importante nel caratterizzare il contesto urbano implica inevitabilmente una serie di

aspetti negativi. La situazione in Toscana è drammatica: la pandemia sta portando all'eliminazione del platano da numerosi areali cittadini. Ad esempio, nel Comune di Forte dei Marmi, tra il 1971 e il 1978 sono morte 652 piante (su una base di partenza di 844 - dati di Alberto Panconesi e Valerio Nembi). Particolarmente critico si presenta lo stato delle Mura di Lucca (Fig. 1g). L'impatto della malattia sulla composizione vegetazionale di alcuni viali della città di Carrara è riportato in Fig. 2.

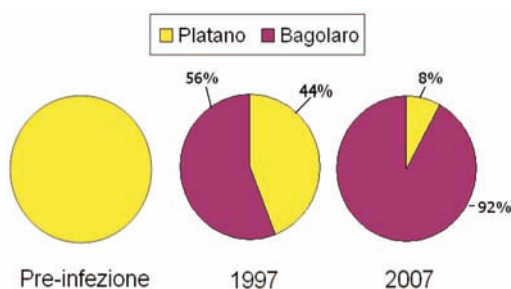


Figura 2: La moria da *Ceratocystis* modifica significativamente il paesaggio urbano. I dati sono relativi a tre viali della città di Carrara ed evidenziano la progressiva sostituzione del platano con altre specie (bagolaro in questo caso) (Dati di Mikado Menconi).

Mezzi di difesa

Non esiste possibilità alcuna di interrompere un'infezione in atto: una pianta (magari secolare) affetta da "cancro colorato" è condannata! Pertanto tutte le attenzioni devono essere rivolte alle strategie di prevenzione: impedire che un soggetto sano contragga la malattia. La complessità della materia è tale che si è resa indispensabile da parte del Ministero delle Politiche Agricole l'emanazione di un decreto di lotta obbligatoria (D.M. 17 Aprile 1998, in G.U. n. 125, 1 Giugno 1998), che ne abroga uno precedente (D.M. MAF 412/1987) di pari oggetto. In sintesi, i punti qualificanti del provvedimento sono:

- monitoraggio, con l'organizzazione di accertamenti sistematici (annuali) sui platani pubblici e privati, a cura dei Servizi Fitosanitari Regionali;
- "rapido e obbligatorio" abbattimento ed eliminazione delle piante infette e di quelle immediatamente adiacenti ("contermini"), compresi i materiali di risulta, a spese dei proprietari;

- regolamentazione delle operazioni di potatura, che dovranno essere specificatamente autorizzate e limitate all'indispensabile.

Per meglio definire gli aspetti pratici dell'intervento, lo stesso Ministero ha emanato una circolare che descrive le "note tecniche" operative. Quindi, sono individuate le epoche e le modalità corrette per l'abbattimento dei platani malati o morti (in particolare si impone di ricoprire il terreno circostante con robusti teli di materiale plastico, per circoscrivere la diffusione di segatura infetta); è prevista l'estrazione o l'inattivazione delle ceppaie delle piante abbattute; è normato il trasporto e lo smaltimento del legname infetto in discarica o inceneritore (sono comunque possibili impieghi tecnologici, previa sterilizzazione per via termica); vengono indicate linee guida per le potature (anche in riferimento alla disinfezione degli attrezzi) e per gli eventuali reimpianti.

Particolarmente acceso è il dibattito nella comunità scientifica circa l'eventuale opportunità di procedere al trattamento dei tagli di potatura con prodotti chimici. L'orientamento prevalente è quello che attribuisce importanza fondamentale all'igiene degli strumenti e alla correttezza tecnica dell'intervento (epoca, modalità, dimensioni), affidando solo un scarso ruolo all'applicazione di mastici o altre sostanze.

Un dettaglio non trascurabile riguarda gli aspetti economici: la logistica per abbattere un esemplare adulto è quanto mai complessa (Fig. 3a-d) e un singolo cantiere "completo", comprensivo di smaltimento del materiale di risulta può costare un migliaio di euro.

Per completare il quadro di riferimento delle possibilità di contrasto a questa malattia, occorre segnalare la disponibilità di materiale genetico selezionato; al momento è commercializzato un clone resistente di origine francese. È noto, però, come la diffusione di un limitato numero di genotipi vegetali sia considerata rischiosa da un punto di vista epidemiologico.

Quale futuro?

La situazione in diverse aree della Toscana è certamente critica e merita la massima attenzione. Le ben note limitazioni che affliggono in misura crescente le casse degli enti locali rappresentano un vincolo notevole per il successo delle operazioni in questione. Ma non possiamo arrenderci. Alcune indicazioni di massima possono essere così riassunte:



Figura 3: Alcuni aspetti delle procedure relative all'abbattimento di un platano ucciso da *Ceratocystis*, secondo i dettami del Decreto Ministeriale e della relativa circolare tecnica; (a) è necessario stendere al suolo teloni di materiale plastico, per evitare la dispersione di materiale infetto; le operazioni sono consentite soltanto nei periodi asciutti; (b) occorrono mezzi pesanti per il sollevamento del tronco e suo deposito a terra in sicurezza e ridurre al minimo i sezionamenti; (c) durante le operazioni di spezzamento di rami e fusto si devono irrorare disinfettanti per contrastare la diffusione nell'ambiente di propaguli del patogeno; (d) poiché anche le radici sono infette e possono mantenere vitale l'organismo nocivo a lungo, sarebbe utile procedere anche alla completa eliminazione degli apparati ipogei; di norma, però, difficoltà logistiche insormontabili rendono questa pratica inattuabile, e l'intervento viene limitato (tutt'al più) ad una (sommaria) disinfezione superficiale. Il legname infetto deve essere allontanato seguendo rigorose prescrizioni.

– è indispensabile procedere a una *bonifica fitosanitaria* definitiva: gli esemplari morti rappresentano soltanto un pericolo per il cittadino e per le altre piante; sarebbero utili progetti speciali di riqualifi-

cazione (uno particolarmente impegnativo è stato realizzato alla fine del secolo scorso per il Parco di Monza – ove aveva avuto sede un accampamento delle truppe alleate durante la guerra mondiale: su circa 3.500 esemplari presenti in origine ne sono stati abbattuti oltre 450, tra morti, malati e contermini, potenzialmente infetti – dati di Giorgio Buizza); anche l'attivazione di *supporti economici* a vantaggio dei privati potrebbe incentivare l'esecuzione delle operazioni a regola d'arte;

– occorre che il *personale tecnico* che esegue gli interventi (potature) sui platani sia *formato* (corsi di aggiornamento che lo mettano in condizione di riconoscere i sintomi della malattia e di gestire le operazioni di manutenzione secondo le più elementari norme igieniche); si sta diffondendo la (buona) pratica di destinare all'abbattimento di platani infetti un corredo di strumenti specifico, da non utilizzare per altri cantieri su soggetti sani;

– la *prevenzione* deve essere considerata un investimento sicuro da parte delle amministrazioni: la trascuratezza potrebbe portare non solo a un depauperamento del patrimonio arboreo delle nostre città, ma anche alla necessità di spendere cifre astronomiche per l'eliminazione delle piante morte;

– è il caso di *ripensare al ruolo del platano nel paesaggio urbano*: perfetto come esemplare isolato (Fig. 4), forse non adatto a costituire alberate (che necessitano di periodiche potature); il bagolaro (*Celtis australis* L.), ad esempio, potrebbe essere un valido sostituto.

Poiché la diffusione della malattia è quasi esclusivamente antropica, è dall'uomo che deve giungere la soluzione. Certo è che l'argomento merita la massima attenzione e sensibilizzazione da parte dei nostri decisori pubblici: non sarebbe la prima volta che popolazioni vegetali "native" vengono portate all'estinzione da un organismo nocivo introdotto dalle attività umane! E non si dica che la comunità scientifica non ha attirato l'attenzione su questa problematica: è del 1972 l'articolo di Alberto Panconesi dal titolo "*I nostri platani sono in pericolo*", apparso sull'Informatore Fitopatologico, le cui parole finali sono: "*È compito di tutti noi studiosi, municipalità e cittadini salvare queste nostre piante adoperando tutti quegli accorgimenti che la scienza, la tecnica e l'educazione civica ci insegnano*".

Mahatma Gandhi (1869-1948) disse che "*la civiltà di un popolo si giudica da come tratta i suoi animali*"; oggi sarebbe il caso di aggiungere "... e i suoi platani!".



Figura 4: La maestosità e la bellezza architettonica di un platano secolare isolato, allevato a forma libera sono impareggiabili; le frequenti potature e mutilazioni che, invece, affliggono le alberate riducono gli alberi a strutture brutte da vedersi, poco funzionali, suscettibili agli attacchi di carie e, infine, pericolose.

Bibliografia essenziale

- Aa.Vv., Inf.tore Fitopat. 1978, 28, 3.
Anonimo, OEPP/EPPB Bull. 2003, 33, 249.
C.J.B. Engelbrecht et al., Mol. Ecol. 2004, 2995.
A. De Philippis, Bull. R. Soc. It. Tosc. Ort. 1934, 49, 85.
A. Panconesi, Inf.tore Fitopat. 1972, 22(3), 10.
A. Panconesi, J. Pl. Path. 1999, 81, 3.
A. Santini, P. Capretti, Pl. Path. 2000, 49, 461.
A. Vigaroux, R. Oliver, For. Path. 2004, 34, 307.

I minerali di Poggio della Quercia (Collesalveti - Livorno) Una nuova località mineralogica per i Monti Livornesi

Franco Sammartino

Parole chiave: minerali, Poggio della Quercia, Livorno

Sebbene negli ultimi due secoli i Monti Livornesi siano stati oggetto di intense ricerche mineralogiche da parte di studiosi e di collezionisti di minerali, la zona in esame non sembra essere mai stata esplorata. L'area investigata, attualmente si trova in parte in una proprietà privata che occupa tutto il versante orientale del rilievo di Poggio della Quercia che raggiunge i 312 m slm.

I minerali individuati non sono di per se rari ma sono di grande interesse, in particolare quelli rinvenuti nelle formazioni mioceniche fino ad ora particolarmente avare di mineralizzazioni nel territorio livornese. Vengono segnalati per la prima volta per i Monti Livornesi la goethite in cristalli e, dopo oltre un secolo, anche lo zolfo in cristalli. Quest'ultimo risulta già citato come estrema rarità e sotto forma di masserelle informi facilmente deteriorabili, ma di questi campioni non se ne conoscono esemplari, fatta eccezione per uno conservato presso il Dipartimento di Scienze della Terra dell'Università di Pisa per il quale da sempre sussistono dubbi sulla provenienza. Questo elemento nativo si trova in piccole cavità riempite da calcite scalenoedrica bianca e si presenta in cristalli gialli limpidi ben sfaccettati, anche di 1 cm. È stato trovato anche un minerale in cristalli tabulari biancastri mal conservati, probabilmente si tratta di anidrite sostituita da carbonato di calcio. Gli altri minerali individuati nelle formazioni del Miocene sono: marcasite, quarzo, opale, goethite, calcite, dolomite, aragonite, gesso ed altri ancora in fase di determinazione. In quelle del Cretaceo superiore si hanno: pirite, quarzo, goethite, limonite, ossidi di manganese, calcite, dolomite, aragonite, siderite, barite e steatite. Pregevoli anche dal punto di vista estetico alcuni fossili di conchiglie sostituiti da vari minerali durante la diagenesi subita dai sedimenti, probabilmente in ambiente lagunare. Molto interessanti inoltre sono i carbonati, che in cavità contigue dello stesso campione si presentano con abito e colori completamente diversi. Anche il quarzo si trova in particolari forme, accrescimenti e colorazioni diverse.

Introduzione

Da alcuni anni vengono eseguite dallo scrivente ricerche sistematiche nell'area dei Monti Livornesi in particolare in aree che non sono mai state citate in passato in alcun lavoro di mineralogia. Le motivazioni della mancata attenzione verso queste aree possono essere state diverse, come uno scarso interesse dovuto alla monotonia delle formazioni geologiche all'apparenza sterili dal punto di vista del col-

lezionismo mineralogico, per la difficoltà delle ricerche, la presenza di aree boscate, proprietà

gli autori

¹Museo di Storia Naturale
del Mediterraneo
Via Roma, 234, 57127 Livorno
fsammartino@alice.it

private ecc. Non per ultima la presenza di formazioni geologiche come quelle del complesso Neoauctono che altri Autori in passato hanno considerato di scarso interesse mineralogico [1]. In effetti, le rocce calcaree affioranti non suscitano particolari attrattive dal punto di vista mineralogico, così come quelle degli affioramenti miocenici. Una ricerca più attenta, anche se difficoltosa, ha dato invece risultati insperati. In questo lavoro vengono presentati i risultati delle ricerche svolte nella parte nord dei Monti Livornesi, nell'area di Poggio alla Quercia. Sono stati trovati molti minerali, alcuni dei quali di particolare interesse mineralogico, come lo zolfo e le pseudomorfose su gesso, altri di pregio estetico come la calcite, la dolomite, il quarzo e la goethite. Non mancano le curiosità come le particolari strutture discoidali di calcite, la pseudomorfose di calcite su gesso, il quarzo globulare e le impronte di gasteropodi fossili, sostituite da dolomite verde.

Materiali e metodi

Poggio alla Quercia si trova nel Comune di Collesalveti nella parte nord dei Monti Livornesi ed è interessato da copertura boschiva molto fitta per cui le ricerche sono state possibili solamente in modesti affioramenti nel bosco, lungo i corsi d'acqua a carattere stagionale, nelle cesse antincendio e nei tratti con superfici erose e dilavate dalle piogge dove sono venute allo scoperto le formazioni rocciose.

Il maggior numero di minerali è stato identificato con i consueti metodi di analisi chimiche e morfologiche con uso di lenti di ingrandimento e stereo microscopio binoculare, mentre per altri sono state necessarie analisi diffrattometriche di polveri ai raggi X (XRPD). I minerali vengono descritti separatamente in due distinte sezioni, una per quelli individuati nelle formazioni del Cretaceo e l'altra per quelli delle formazioni del Miocene.

Inquadramento geologico

Poggio della Quercia, situato ad est della placca ofiolitica di età giurassica di Poggio Corbolone, dal quale è separato dalla Valle del Torrente

Ugione, è posto nella parte nord del più vasto affioramento del Complesso Alloctono Intermedio dei Monti Livornesi. Vi sono state identificate due formazioni con associazioni micro faunistiche indicative del Cretaceo superiore [2]. Nella prima si hanno essenzialmente intercalazioni di laminiti siltitiche, argillitiche, arenarie quarzoso-feldspatico-carbonatiche, argilliti e calcari palombini. La seconda formazione, che sormonta a sud la precedente, è costituita da intercalazioni di calcari marnosi e arenarie a varia composizione (Flysh calcareo-marnoso di Monteverdi M.mo) [2].

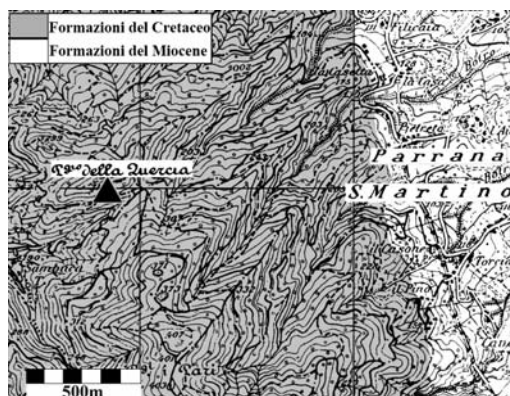


Figura 1: Ubicazione dell'area di studio.

Ad est, ad una quota inferiore e marginalmente ai sedimenti del Cretaceo, inizia la successione neogenica dove affiorano depositi del Miocene superiore appartenenti a varie formazioni con conglomerati, calcari, marne, marne argillose, diatomiti e gessi. In quest'ultima zona le diverse formazioni affiorano ciascuna per pochi metri parallelamente alla dorsale di Poggio della Quercia su una superficie di limitata estensione.

I minerali

I minerali si trovano in giaciture diverse sia nei sedimenti del Cretaceo che in quelli del Miocene. Nei primi si hanno: mineralizzazioni a quarzo, limonite, goethite nelle fratture delle arenarie; quarzo e ossidi di manganese nella cavità degli strati argillitici; quarzo, calcite, pirite e più raramente aragonite, siderite, dolomite e

barite nelle fessure dei calcari. Nei secondi si hanno banchi di gesso selenitico e banchi di gesso rigenerato; nella Formazione del “Calcarea di Rosignano” presente con vari membri, in cavità amigdalari si trovano zolfo, marcasite, pirite, opale, quarzo, calcite, dolomite; nelle argille gesso e marcasite; nei conglomerati dolomite verde, calcite e ossidi di manganese.

Formazioni del Cretaceo

Pirite FeS_2

Nell'area di Poggio della Quercia la pirite si presenta in agglomerati globulari di cristalli cubottaedrici che raramente superano 1 cm di diametro (fig. 2-4). Nel 90% dei casi le superfici sono di colore bruno nerastro o rossiccio per alterazione e rarissimi sono i cristalli di colore

giallo ottone brillante, al contrario invece questi agglomerati sono spesso completamente limonitizzati. In una fessura sono stati osservati una trentina di microcristalli di pirite, concentrati su una superficie di 2 cm^2 , con quattro diversi abiti cristallini: cubico, cubottaedrico, ottagonale e pentagonododecaedrico.

In alcune zone si possono osservare superfici di vari metri quadri ricoperte da questi globuletti (fig. 3,1b) che risultano praticamente identici a quelli di Antignano [3] sempre in formazioni del Cretaceo superiore ma del Complesso Alloctono Inferiore [2]. Sono state individuate anche spruzature di singoli cristalli cubici inferiori ad 1 mm.

Quarzo SiO_2

Il quarzo è piuttosto comune in tutta l'area di studio. I cristalli, che raramente raggiungono i 2 cm di lunghezza, sono quasi sempre limpidi

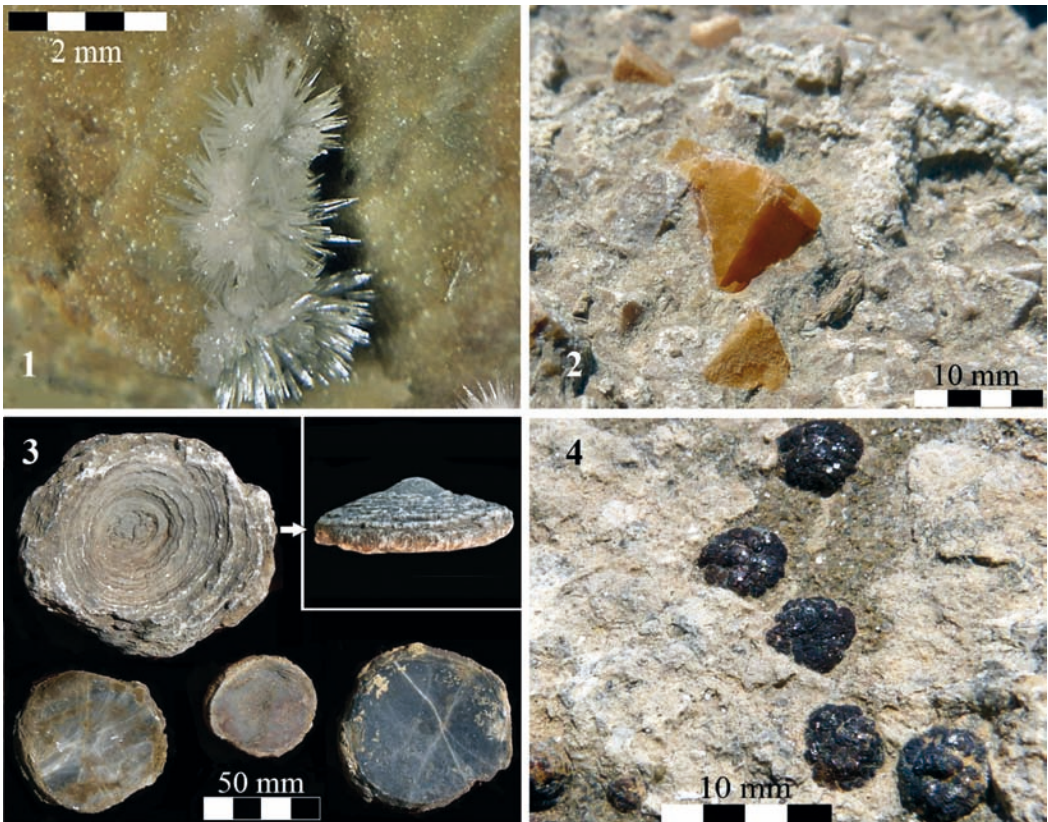


Figura 2: 1) aragonite; 2) calcite; 3) “discoidi di calcite”; 4) pirite globulare.

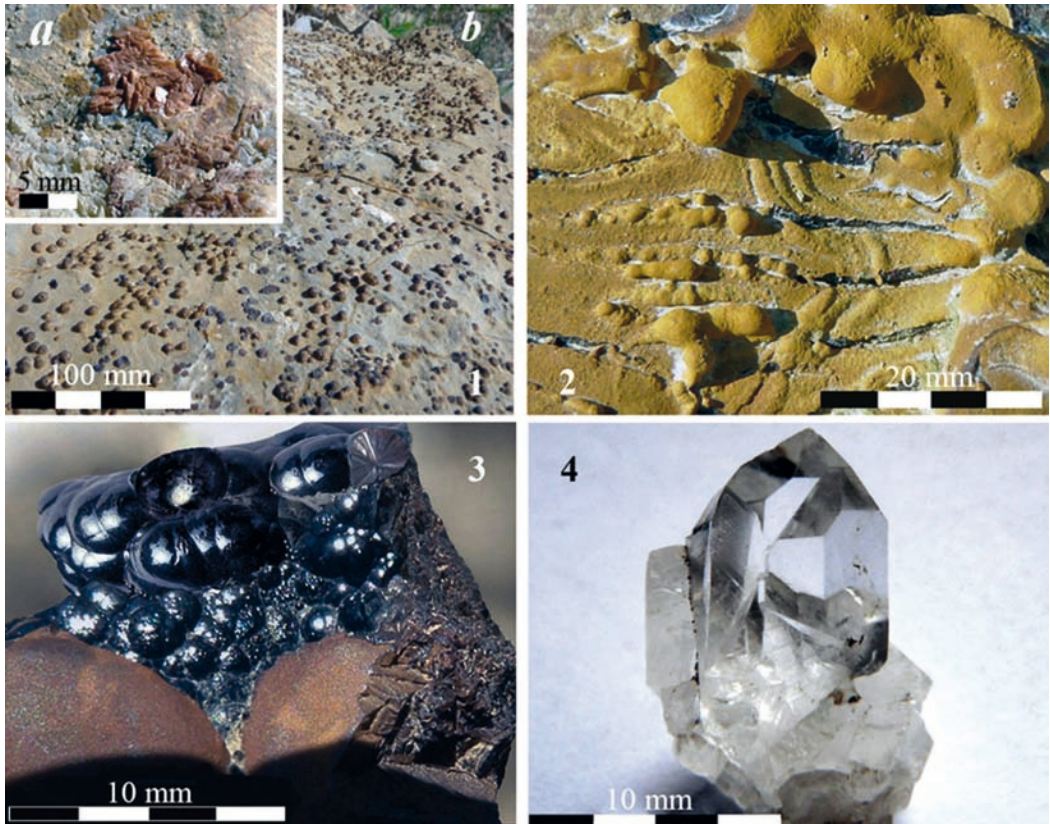


Figura 3: 1a) dolomite; 1b) pirite; 2) limonite; 3) goethite; 4) quarzo.

incolori e molto brillanti con il classico abito prismatico esagonale (fig. 3-4), spesso allungato. Non mancano esemplari bipiramidati in quanto poggianti sulla matrice lungo il prisma esagonale. Molto belle sono le ricristallizzazioni che hanno prodotto limpidi cristalli a “scettro” (fig. 4-3) e le druse di cristalli in accrescimento parallelo, a volte anche con assi ruotati tra di loro che mostrano forma elicoidale (fig. 4-2). Sono stati rinvenuti, anche alcuni rari cristalli di colore citrino (fig. 4-1) ed altri di colore rosato, quasi sempre disciolti nel terreno.

Limonite $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$

Questo miscuglio di ossidi di ferro si presenta con patine di un bel colore giallo o bruno giallastro, ma si trova anche in colature decimetriche nelle fessure dei calcari e delle arenarie a

volte accompagnata da quarzo, calcite e goethite (fig. 3-2).

Goethite $\text{FeO}(\text{OH})$

Poggio della Quercia ha restituito gli esemplari più belli di goethite mammellonare dei Monti Livornesi, in particolare quelli con la superficie nera molto brillante, anche se in esemplari di contenute dimensioni (fig. 3-3). Si hanno incrostazioni anche di 2 cm di spessore e lungo i punti di frattura si possono osservare i cristalli allungati disposti in modo radiale. In alcune piccole cavità dentro la goethite sono stati osservati cristalli prismatici isolati di calcite incolori, in altre invece, la calcite ricopre le pareti con crosticine colore giallo ambrato. La goethite di Poggio della Quercia è un prodotto di alterazione della pirite che in questi sedimenti del flysch

calcareo marnoso di Monteverdi M.mo è molto comune.

Manganese (ossidi di) MnO₂

Sottili patine di ossidi di manganese si possono osservare un po' ovunque nella zona, in particolare sulle superfici che separano i vari strati delle rocce, anche sotto forma di dendriti peraltro poco appariscenti. In rari casi questi ossidi si trovano nelle cavità dove hanno ricoperto con patine più consistenti alcuni cristalli di quarzo, producendo un bell'effetto estetico (fig. 4-4).

Calcite CaCO₃

La calcite è il minerale più frequente nella zona. L'abito cristallino più comune è quello lamellare seguito da quello romboedrico. I cristalli sono incolori o biancastri di dimensioni in media in-

torno ad 1 cm, ma non mancano esemplari in abito prismatico che superano i 4-5 cm. Spesso i cristalli presentano sulle facce striature parallele di accrescimento. In alcune fessure si trovano anche piccoli cristalli prismatici di forma allungata incolori molto brillanti. Assai più rari sono i cristalli di un bel colore arancio (fig. 2-2) e quelli con iridescenze dorate e patine rosso-ematitiche individuati sul Botro Caldo e sul Botro di Loti. Come rarità e maggiormente, come curiosità, sono da segnalare le strutture scutelliformi di forma conica appiattita con striature rugose concentriche e depressione centrale basale che si trovano solamente nelle argilliti (fig. 2-3). Il minerale presenta una fibrosità normale alla superficie, colore grigiastro e lucentezza grassa. Il diametro va da 2 a 20 cm. Al momento queste strutture sono ancora in corso di studio. È stata

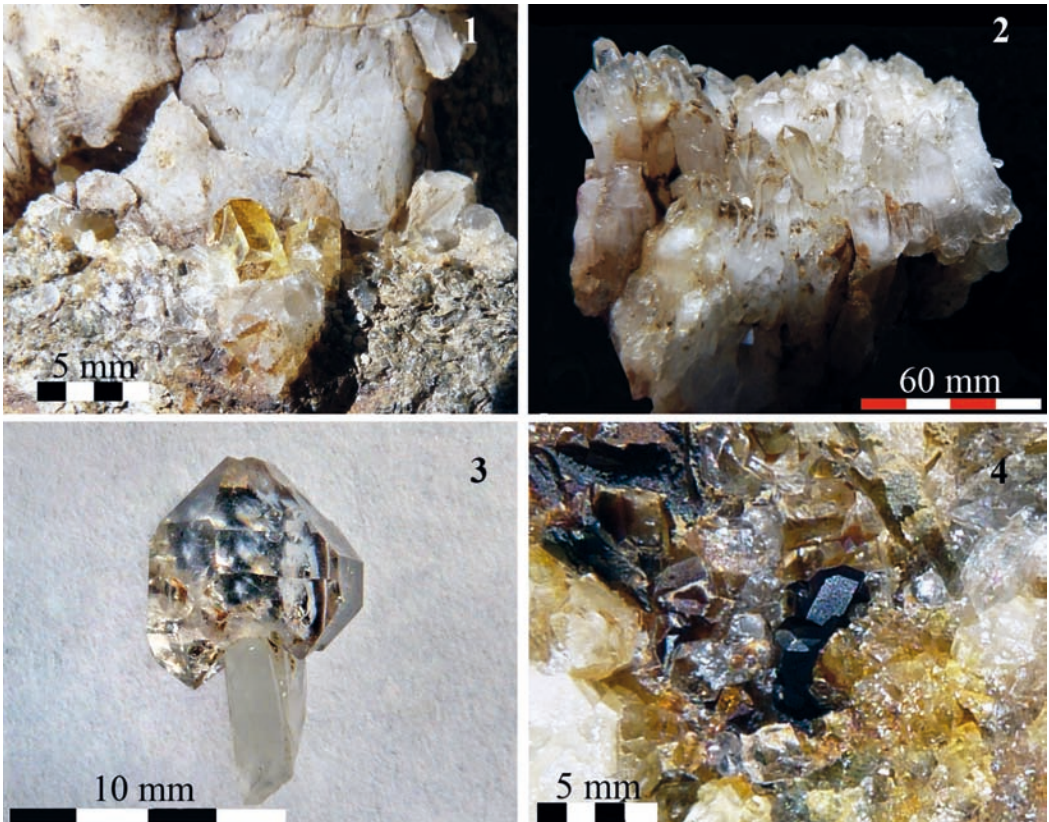


Figura 4: 1-3) quarzo; 4) manganese, incrostazioni su quarzo.

ipotizzata la possibilità che si possa trattare di formazioni algali di età Cretacea. Molto probabilmente si tratta semplicemente di concrezioni di forma discoidale, con paramorfosi di calcite su aragonite. Materiali simili sono stati trovati, sempre in formazioni arrgillitiche, in particolare in area appenninica, dove sin dal medio evo venivano chiamati "scodelle del diavolo".

Aragonite CaCO_3

Aragonite bianca o incolore in agglomerati cristallini globulari raggiati è stata osservata in alcune fratture dei calcari a sud-ovest di Poggio della Quercia e sul Botro Caldo, $\varnothing = 1-2$ mm (fig. 2-1).

Siderite FeCO_3

Molto rara, è stata trovata in piccoli cristalli di 1-2 mm di colore bruno rossiccio in alcune fessure insieme a calcite lamellare.

Dolomite $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$

Nelle formazioni del Cretaceo la dolomite non è comune ed è stata individuata nei calcari e in sottili strati siltitici in fessure con le pareti completamente ricoperte da microcristalli di calcite lenticolare in alcune, da cristalli prismatici in altre. Si tratta di individui selliformi di 2-3 mm di un bel colore rosato (fig. 3-1 a). Meno comunemente si osservano piccole superfici completamente tappezzate da cristalli di colore giallo pallido.

Barite BaSO_4

Questo solfato di bario è stato osservato solamente in poche fessure nelle siltiti in contatto con i calcari ed in individui non superiori al millimetro. I cristalli hanno abito prismatico tabulare semplice tipo "losanga", sono di colore bianco latte e si sono depositati sopra cristalli di calcite e di dolomite.

Steatite $\text{Mg}_3\text{Si}_4\text{O}_{10}(\text{OH})_2$

Pochi esemplari di questa varietà compatta di talco si trovano, sotto forma di ciottoletti di colore verdastro, bruno e avana, dispersi nelle argilliti. Al momento non è stato possibile individuarne la giacitura originale. Anche nelle aree intorno a Poggio alla Quercia si trova la steatite, in genere in modesti affioramenti ai contatti fra le oficalci e le argille scagliose [5].

Formazioni del Miocene

Zolfo S_8

Fatta eccezione per un campione con crosticine di zolfo dalle argille compatte delle Cave ex Serredi del Gabbro [5] era dalla fine dell'"800" che non veniva trovato lo zolfo sui Monti Livornesi. Lo zolfo risulterebbe essere stato rinvenuto a Monte Tignoso presso Ardenza [6,7], piccolo rilievo facente parte di un complesso di scogliera con prevalenza di breccie calcaree ricche di alghe, coralli, molluschi ecc. Questa collina è stata distrutta, appunto alla fine dell'"800", per l'estrazione di pietre per la costruzione della diga curvilinea del Porto di Livorno. I cristalli, molto sfaccettati, di colore giallo resinoso, brillanti e trasparenti, si trovano nelle piccole ma numerosissime cavità dei calcari marnosi ricoperte da calcite. Meno comunemente si possono trovare anche piccoli cristalli sfenoidali. Molto spesso il volume dei cristalli di zolfo occupa quasi tutta la cavità nella quale si sono formati, per cui fratturando la roccia si rovinano anche i cristalli. Le dimensioni vanno da pochi millimetri ad oltre 1 cm (fig. 5-1,2).

Marcasite FeS_2

Questo solfuro di ferro si trova sempre in spruzzature di cristalli millimetrici sulla calcite. In un banco di argille ne sono stati trovati alcuni noduli, uno dei quali di 1 kg di peso ricco di cavità ricoperte da microcristalli di colore ottone (fig. 7-4).

Pirite FeS_2

Rarissimi cristalli cubici di 1 mm sono stati osservati nelle fessure con calcite e dolomite ed immersi nella matrice carbonatica delle rocce. In genere si presentano sempre con la superficie iridescente.

Quarzo SiO_2

Nelle formazioni del Miocene il quarzo risulta piuttosto raro. In alcuni massi erratici di quarzo massivo provenienti dalle zone di contatto fra i calcari marnosi sovrastanti i conglomerati e i conglomerati stessi, si hanno fessure ricche di piccoli cristalli di quarzo fumè (fig. 8-1). In altre fessure i cristalli sono concresciuti e di colore nero mentre la sottostante matrice quarzosa è di colore grigiastro. Il quarzo è inoltre presente nelle fessure

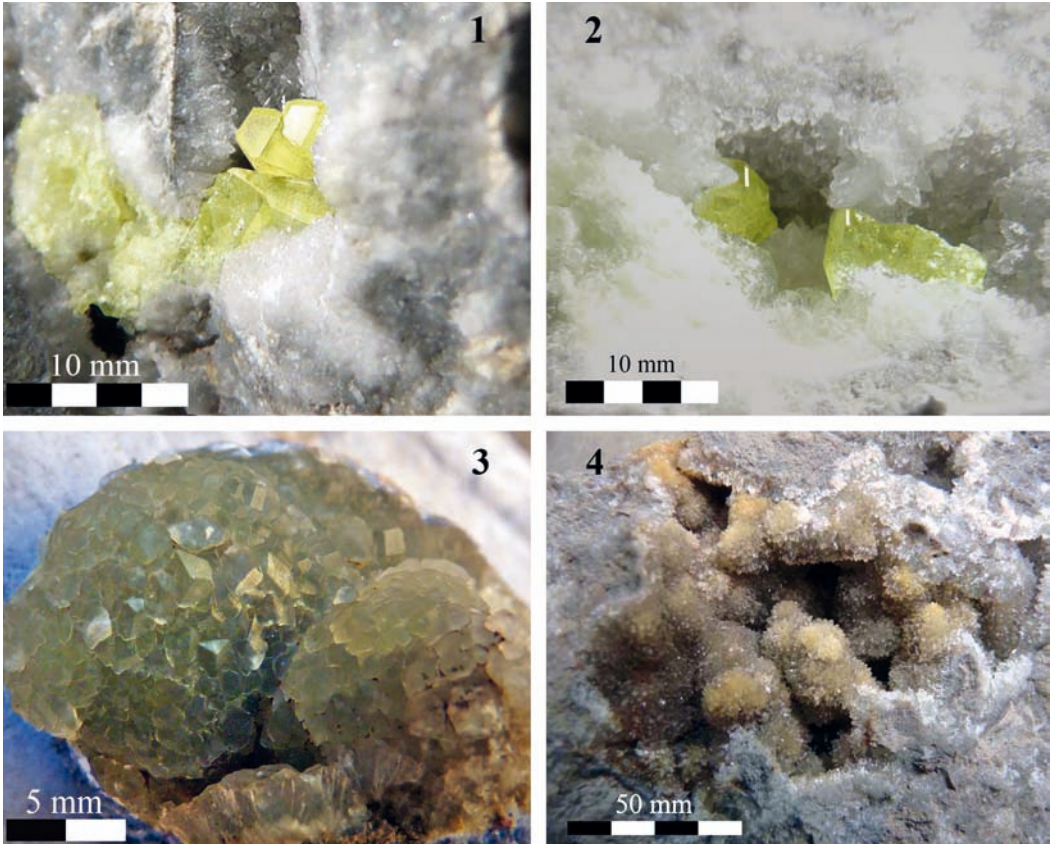


Figura 5: 1-2) zolfo; 3-4) calcite.



Figura 6: dolomite.

dei calcari marnosi con cristalli prismatici con brillantezza adamantina, riuniti in millimetrici aggregati globulari sulla calcite (fig. 7-3). Spesso nello stesso tipo di rocce ma in altre fessure, si hanno spruzzature di sferule incolori vitree, che anche al microscopio appaiono lisce, ma a forte ingrandimento mostrano faccette romboidali. L'analisi diffrattometrica ha permesso di stabilire che si tratta di aggregati sferoidali di microscopici cristalli di quarzo. $\varnothing = 0,5-1\text{mm}$ (fig. 8-3).

Opale $\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$

L'opale si presenta con belle crosticine mammellonari diafane bianche o incolori, spesso con iridescenze che in genere riempiono alcune fessure dei calcari marnosi, ma meno frequentemente

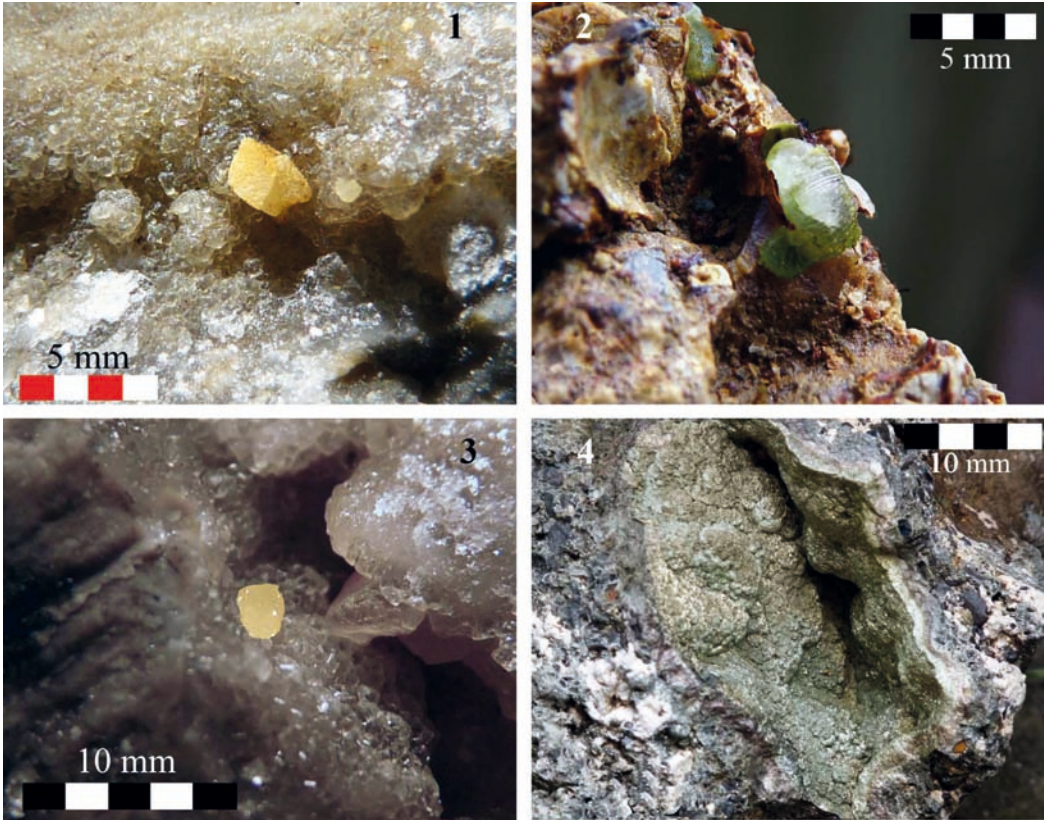


Figura 7: 1) dolomite; 2) impronta di gasteropode sostituita da dolomite; 3) quarzo globulare; 4) marcasite.

rispetto alla calcite (fig. 8-2). Non sono mai state osservate superfici ricoperte da opale superiori agli 8 cm. All'interno dei blocchi marnosi l'opale si trova in masserelle, sempre inferiori ai 2-3 cm, dall'aspetto resinoso molto brillanti di colore avana, ambrato, bruno e nero anche con iridescenze. Opale simile sui Monti Livornesi è stato trovato in passato nell'area delle miniere di magnesite [5]. Nelle fessure ricoperte da cristalli di calcite, si possono trovare sferule di questa silice amorfa idrata di colore celeste e bianco opaco sempre inferiori al millimetro.

Goethite FeO(OH)

In alcune cavità riempite da calcite sono stati osservati globuli millimetrici di goethite come prodotto di alterazione della pirite.

Calcite CaCO₃

Negli strati di calcare marnoso si aprono numerosissime cavità amigdalari che sono sempre tappezzate da cristalli di calcite di dimensioni che raramente superano i 5 mm. Assai di frequente, anche in cavità attigue, la calcite si presenta con abito cristallino diverso per ciascuna di esse, come il romboedro, lo scaloedro, il prisma e non manca il tipo a "testa di chiodo" (fig. 5-3,4). Lo stesso vale per la colorazione. La più comune è il bianco opaco, seguita dal bianco trasparente. Si hanno anche cristalli di colore bianco madreperlaceo, bianco "sporco", giallino e grigio chiaro tendente al verde. In queste cavità, depositati sulla calcite, si possono trovare cristalli di pirite, zolfo, marcasite e globuletti di quarzo. La calcite si trova anche come pseudo-

morfa di cristalli di gesso (fig. 8-5) ed in vene dall'aspetto fibroso con lucentezza grassa.

Dolomite $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$

La dolomite è assai meno frequente della calcite ed i cristalli sono in genere di dimensioni inferiori. Si trova in aggregati selliformi e ricopre, in alternanza con la calcite, le piccole cavità delle rocce calcaree; in genere i cristalli sono bianchi, spesso con lucentezza madreperlacea. In alcune fessure, sulla calcite, si possono trovare piccoli cristalli isolati di colore giallo intenso (fig. 7-1). In un conglomerato che affiora fra i banchi di gesso alterato ed i calcari marnosi si trovano filoncelli di dolomite verde chiaro che hanno cementato i ciottolotti riempiendo gli interstizi. Nelle cavità di questo conglomerato la dolomite si è depositata sotto forma di sferulette di un bel colore verde più scuro, $\varnothing = 3-5$ mm. (fig. 6). All'interno del conglomerato si trovano anche fossili di bivalvi e gasteropodi conservanti soltanto l'impronta interna che spesso risulta sostituita dalla stessa dolomite verde (Fig. 7-2).

Siderite FeCO_3

Questo carbonato di ferro è stato osservato una sola volta sotto forma di piccolissimi cristalli romboedrici di colore bruno scuro in una fessura nelle masse dei conglomerati dove si trova anche la dolomite verde.

Anidrite? CaSO_4

Cristalli grigiastri tabulari di 4-5 mm si possono trovare nei banchi gessosi negli spazi fra i cristalli di calcite biancastra pseudomorfa di gesso (fig. 8-6). Raramente questi cristalli mostrano un aspetto grasso e lucentezza madreperlacea, nella maggior parte dei casi risultano anch'essi alterati. Il minerale, tuttora in corso di studio potrebbe essere attribuito ad anidrite e al momento rimane il dubbio sulla sua origine probabilmente dovuta alla disidratazione del gesso. Successivamente può essere avvenuta la sostituzione con carbonati a grana fine come dimostrerebbe la struttura microcristallina di CaCO_3 [8,9]. Non è da escludere, in alcuni casi, che l'anidrite si sia trasformata in gesso in seguito all'idratazione per l'esposizione in superficie.

Gesso $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$

Il gesso si trova in due bancate principali, la pri-

ma con gessi di precipitazione avvenuta in ambiente lagunare iperalino e la seconda con gessi rigenerati depositati in ambiente paralico. Nella prima, anche in banchi isolati di alcuni metri di spessore, si hanno ammassi di cristalli geminati a ferro di lancia lunghi 6-8 cm, disposti in modo caotico. Sono in genere incolori ai bordi ma assumono all'interno una tonalità grigiastra per inclusioni di argilla. Sono simili a quelli di Bocca di Gesso e Colognole [5]. Solo nei rari affioramenti di banchi di argilla si possono trovare cristalli isolati non sempre ben formati, ma anche aggregati a "*rosa di gesso*" come quelli delle cave della Fornace ex Serredi del Gabbro [10] o con due o tre individui compenetrati (fig. 8-4). Sempre nella prima bancata si hanno, in alternanza con strati marnosi, croste di cristalli bianchi opachi di piccole dimensioni ma con contorni ben definiti. La maggior parte del gesso della seconda bancata formata in ambiente probabilmente deltizio-lagunare [2], risulta sostituito da calcite pseudomorfa e probabilmente anidrite. I cristalli, che in questo caso sono biancastrati e opachi, hanno mantenuto la forma prismatica allungata e sono quasi sempre geminati. La considerazione che si tratti di pseudomorfosi sembrerebbe provata dal fatto che i cristalli non sono più monocristalli, bensì degli aggregati pavimentosi di calcite, che avrebbero sostituito l'individuo originario (fig. 8-5).

Conclusioni

L'area oggetto di questa ricerca si trova in gran parte in proprietà privata dove in passato sono stati introdotti individui di varie specie di ungulati e fa parte del Parco dei Monti Livornesi. Oltre alla possibilità di poter osservare la fauna, le interessanti esposizioni, sia geo-mineralogiche che paleontologiche aggiungono al sito un interesse oltre che scientifico anche didattico-turistico. Tenuto conto che si tratta di un'area sorvegliata e quindi difficilmente soggetta a scempi dovuti all'asportazione di materiali a scopo collezionistico, ben si presterebbe all'accoglienza di turisti e scolaresche per visite guidate. Una particolare attenzione merita l'area interessata dai sedimenti del Miocene per la quale sono in corso ulteriori indagini, analisi ed osservazioni in particolare in

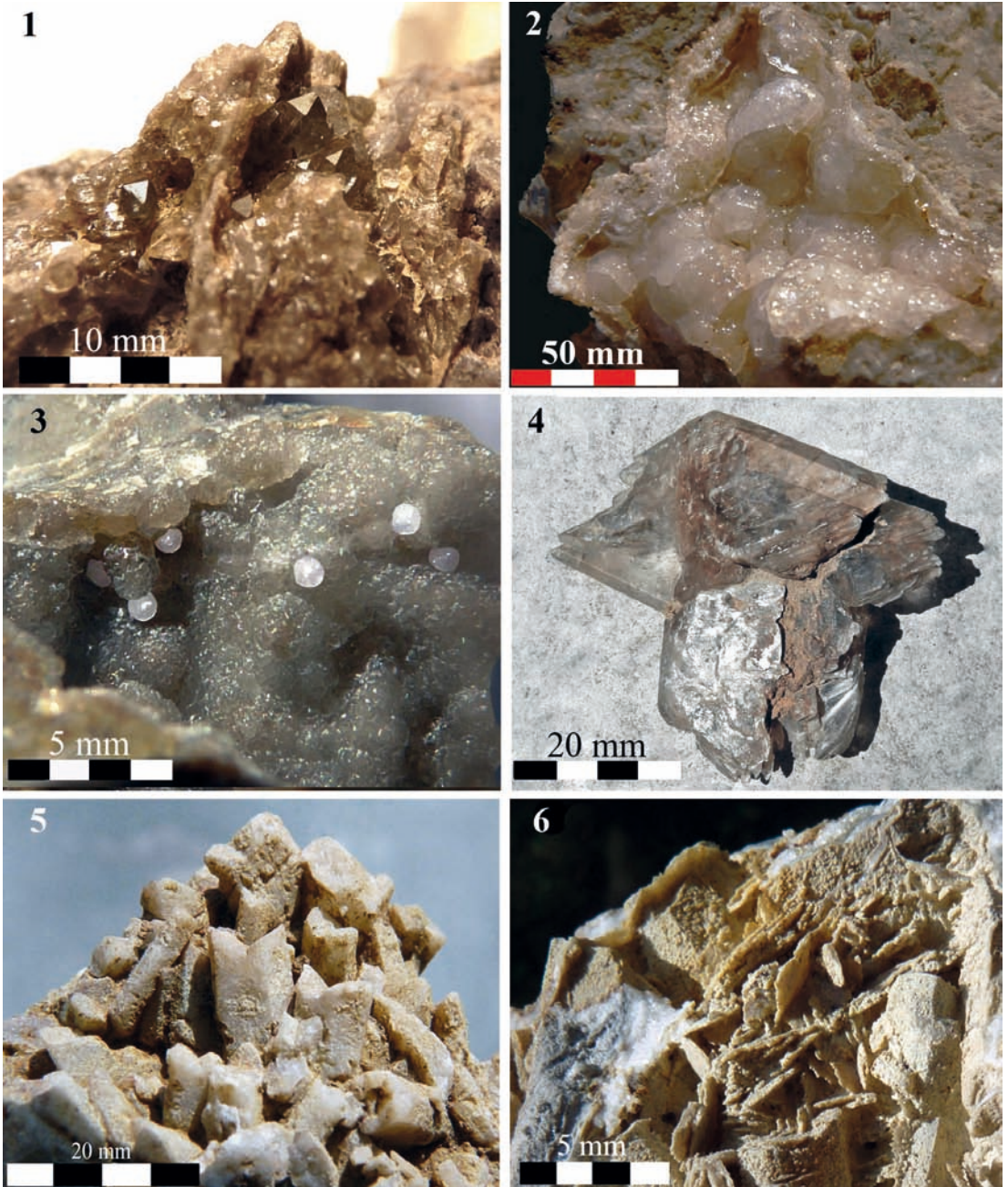


Figura 8: 1) quarzo fumè; 2) opale mammellonare; 3) aggregati sferoidali di quarzo; 4) gesso; 5) calcite pseudomorfa di gesso; 6) anidrite?

merito alla sostituzione del gesso con calcite e alla presenza dello zolfo che potrebbe essersi originato in seguito ad attività solfobatterica e conseguente riduzione dei solfati presenti nelle argille. Interessante sarebbe inoltre effettuare studi multidisciplinari approfonditi sui sedimenti di ambiente dulcicolo formati in piccoli e rari bacini d'acqua dolce. Questo tipo di ambiente avrebbe fatto la sua prima comparsa nell'area degli attuali Monti Livornesi, proprio nel Miocene superiore. Di non minore interesse la peculiare mineralizzazione dei gasteropodi, il cui interno è stato sostituito con dolomite di colore verde. Anche le strutture "discoideali" di calcite, nelle argilliti del Cretaceo meriterebbero analisi più approfondite per svelarne l'origine e la natura. Da oltre quaranta anni, da quando sembra siano state osservate per la prima volta, nessun laboratorio universitario fino ad oggi ha effettuato analisi per cercare di comprenderne l'origine. Ricerche bibliografiche finora svolte attesterebbero la loro rarità e la localizzazione solamente in varie zone dei Monti Livornesi e, sempre nelle argilliti e argilloscisti, in area appenninica compresa fra l'Emilia e le Marche [11]. Molto interessante infine la gamma di colori e tonalità e le numerose forme con cui si presenta il quarzo. Le colorazioni vanno dal bianco, ghiaccio, incolore, citrino al fumè, nero e celeste. Molto particolare è il quarzo in aggregati sferici, poco comune in natura. Gli "scettri" non sono una novità per l'area livornese, ne sono già stati segnalati ad Antignano sempre in una formazione di argilliti e calcari, ma in esemplari molto piccoli [3]. Questa particolare forma è causata da una ricristallizzazione secondaria sulla terminazione del cristallo in seguito alla risalita di fluidi idrotermali. Mentre i quarzi elicoidali ("windel"), sono dovuti ad una crescita parallela di cristalli biterminati sulla superficie della roccia incassante con gli assi di allungamento ruotati fra loro che gli conferiscono la tipica forma ad elica. Questo caratteristico accrescimento sembra causato alla piroelettricità durante la cristallizzazione, quando cariche elettriche positive e negative si sono sviluppate simultaneamente sulle parti opposte dello stesso cristallo come conseguenza di differenze di temperatura verificatasi, appunto, durante la fase di formazione.

Ringraziamenti

Si ringrazia il Dr. Cristian Biagioni del Dipartimento di Scienze della Terra dell'Università di Pisa per i preziosi consigli e per le analisi effettuate su numerosi campioni. Ringraziamenti particolari vanno al Sig. Giuseppe Benedetti che ha permesso e facilitato le ricerche nella tenuta I Lecci di Parrana San Martino e alla Famiglia Luchetti-Pioli per la loro cortesia e disponibilità.

Bibliografia

- [1] G. Bracci, P. Orlandi. *Minerali della parte settentrionale dei Monti Livornesi*. Quad. Mus. Stor. Nat. Livorno, 1990, 11 (Suppl. 2):95
- [2] Lazzarotto, R. Mazzanti, C. Nencini. *Geologia e morfologia dei Comuni di Livorno e Collesalveti*. Quad. Mus. Stor. Nat. Livorno, 1990,11(Suppl.2):1
- [3] A. Ciampalini, F. Sammartino. *I minerali della scogliera di Antignano*. Codice Armonico 2010, ETS, Pisa: 47
- [4] F. Sammartino. *La stazione mesolitica di Valle Benedetta (Livorno)*. Atti Soc. Tosc. Sci. Nat., Mem., 1992. Serie A, 99: 29
- [5] F. Sammartino. *Minerali miniere e cave dei Monti Livornesi*. Comune di Livorno, Circ. 4. 2009
- [6] A. D'Achiardi. *Mineralogia della Toscana*, 1872.
- [7] R. Nannoni, F. Sammartino. *Guida ai Minerali dei Monti Livornesi*. Calderini, Bologna. 1979
- [8] Shearman D.J. *Syn depositional and late diagenetic alteration of primary Gypsum to Anhydrite*. Sixth intern. Symposium on Salt, 1985. 1: 41
- [9] Ciarapica G., Passeri L., Schreiber C.B.. *Una proposta di classificazione delle evaporiti solfatiche, 1985*. Geologica Romana, 24: 219.
- [10] G. Bracci, P. Orlandi. *Minerali del territorio comunale di Rosignano M.mo*. Quad. Mus. Stor. Nat. Livorno, 1985, 6 (Suppl. 1):195
- [11] <http://www.parcosimone.it/?IDC=63&ID=161&page=5>

Le micotossine: dal produttore [i funghi] al consumatore [l'uomo]

Sabrina Sarrocco¹ e Giovanni Vannacci^{2*}

Parole chiave: deossinivalenolo, frumento, ocratossina A, vino, pre e post raccolta

Le micotossine sono sostanze altamente tossiche, derivate dal metabolismo secondario dei funghi. Le micotossine possono essere presenti negli alimenti destinati all'uomo o agli animali come contaminanti che si accumulano durante tutta la filiera alimentare, sia in fase di pre o post raccolta che durante il trasporto e la conservazione. Si stima che circa un quarto dei prodotti di origine agricola nel mondo sia contaminato da micotossine, con profonde conseguenze economiche dovute al fatto che i prodotti contaminati devono essere distrutti. Il consumo di alimenti contenenti micotossine rappresenta un elevato rischio sia per la salute umana che animale a causa degli effetti carcinogenici, mutagenici, teratogenici, nefrotossici, epatotossici o immunosoppressivi di questi metaboliti. Su questa base sono stati posti limiti stringenti riguardanti i massimi livelli consentiti delle principali micotossine nei prodotti destinati all'alimentazione (EC No 1831/2006; EC No 1126/2007).

Il principale fattore che influenza la distribuzione geografica dei funghi tossigeni e delle relative micotossine è il clima. Le variazioni ambientali che si verificano nelle diverse aree geografiche, tra cui temperatura, umidità e precipitazioni atmosferiche, influenzano la crescita, sopravvivenza, disseminazione ed incidenza dei funghi micotossigeni e l'accumulo delle micotossine nei prodotti.

Funghi appartenenti ai generi Aspergillus, Penicillium e Fusarium sono tra i maggiori produttori di micotossine. Le aflatossine, le ocratossine, i tricoteceni tra cui il deossinivalenolo, le fumonisine e la patulina sono considerate le micotossine più importanti e maggiormente diffuse.

Scopo del presente lavoro è di analizzare i fattori che concorrono allo sviluppo dei funghi micotossigeni e alla contaminazione da micotossine in due sistemi malattia/micotossina di interesse per il bacino mediterraneo in generale e per la Regione Toscana in particolare, con riferimento agli effetti tossici che queste generano nei sistemi Fusariosi della spiga (Fusarium Head Blight-FHB)/deossinivalenolo (DON) nel frumento e "Black Aspergillus"/ocratossina A (OTA) sulla vite e nel vino.

Introduzione

Le micotossine sono metaboliti secondari di origine fungina, altamente tossiche poiché in grado di provocare micotossicosi acute o croniche, rispettivamente a seguito di ingestione di elevate quantità oppure per esposizione a bassi livelli a lungo termine. Numerose micotossine presenti nei prodotti destinati all'alimentazione umana e animale hanno effetti genotossici, mutagenici, carcinogenici, embriotossici, teratogenici ed estrogenici. Le micotossine sono classificate in epatotossiche, nefrotossiche, neu-

rotossiche, citotossiche, estrogeniche o immunosoppressive.

Questi metaboliti secondari si ritrovano, di frequente, in tutte le fasi della filiera alimentare, nel pre e post raccolta, durante il trasporto e la conservazione. È stato stimato che, nel mondo, le micotossine sono in grado di contaminare circa un quarto delle colture destinate all'alimentazione umana ed animale [1]. Si intuisce facilmente quanto siano profonde le conseguenze economiche di questa situazione in virtù del fatto che le colture contaminate devono essere distrutte. Ogni anno vanno sprecate, infatti,

ingenti quantità di alimenti a causa della presenza di funghi tossici o a causa della contaminazione da metaboliti fungini.

Aspergillus flavus, *Aspergillus ochraceus*, *Penicillium verrucosum*, *Fusarium graminearum* e *Fusarium verticillioides* sono, globalmente, i cinque più importanti funghi produttori di micotossine. Le cinque micotossine maggiormente presenti nei prodotti destinati all'alimentazione sono le aflatossine prodotte da *A. flavus*, le ocratossine prodotte da *A. ochraceus* e *P. verrucosum*, il deossinivalenolo e lo zearalenone prodotti da *F. graminearum* e la fumonisina prodotta da *F. verticillioides* [2].

Per valutare l'importanza del problema micotossine soprattutto nella nostra Regione, basti pensare alla recente (2008) segnalazione di una elevata frequenza di casi di pubertà precoce a seguito di esposizione a micotossine (zearalenone) registrato nella zona di Viareggio [3].

Poiché il consumo di derrate contaminate rappresenta un rischio elevato per la salute umana ed animale, il problema delle contaminazioni rappresenta ad oggi una delle principali preoccupazioni che riguardano la valutazione della sicurezza degli alimenti e dei mangimi. Su questa base, la Comunità Europea ha provveduto a regolamentare i livelli di contaminanti degli alimenti e ha stabilito dei livelli massimi per micotossine tra cui aflatossine, l'ocratossina A e quelle da *Fusarium*, come il deossinivalenolo (Regolamento (CE) No 1881/2006 del 19 Dicembre 2006 e Regolamento (CE) No 1126/2007 del 28 Settembre 2007).

Numerosi sono i fattori predisponenti, nelle piante, le infezioni da funghi e, di conseguenza, la contaminazione con metaboliti tossici. Tra questi il clima è il principale ad influenzare la distribuzione geografica dei funghi tossigeni e il relativo accumulo di micotossine. La variabilità ambientale caratterizzante le diverse località geografiche, come umidità e precipitazioni atmosferiche, gioca un ruolo importante sulla crescita, sopravvivenza, diffusione e incidenza degli organismi micotossigeni e sull'accumulo delle tossine nelle colture. Tuttavia è complicato comprendere a pieno quale sia la reale influenza dei fattori climatici sulle malattie di origine fungina anche in considerazione del fatto che molteplici e differenti specie possono concorrere al loro sviluppo (malattie ad eziologia multipla) [4].

Nella stesura del presente contributo, gli Autori si sono posti come obiettivo principale quello di analizzare i fattori che concorrono allo sviluppo dei funghi micotossigeni e alla contaminazione da micotossine in due sistemi malattia/micotossina di interesse per il bacino Mediterraneo in generale e per la Regione Toscana, in particolare, data l'importanza economica delle due colture coinvolte. Di seguito il lettore troverà informazioni riguardanti il sistema Fusariosi della spiga di frumento (*Fusarium Head Blight*)/deossinivalenolo (DON) e "Black Aspergillus"/ocratossina A (OTA) su vite e nel vino. Una parte del presente contributo sarà incentrata, inoltre, su una breve descrizione di alcune attività, appena terminate o ancora in corso di svolgimento presso il laboratorio di Micologia fitopatologica della Facoltà di Agraria (Università di Pisa) che vede coinvolto il gruppo di ricerca guidato dal Prof. Giovanni Vannacci in progetti di ricerca, finanziati anche da Enti Regionali, incentrati sui due sistemi malattia/micotossina appena citati.

La Fusariosi della spiga (FHB) e il rischio di contaminazione da deossinivalenolo (DON) nel frumento

I funghi appartenenti al genere *Fusarium* sono generalmente patogeni vegetali cosmopoliti, caratterizzati da una fase saprotrofa. Gli effetti deleteri causati da attacchi di *Fusarium* spp. su colture di interesse agrario sono stati abbondantemente documentati e risultano esacerbati dal fatto che molte specie di *Fusarium* contaminano i tessuti e i prodotti vegetali con un'ampia varietà di tossine nocive per la salute umana ed animale [5].

gli autori

Sabrina Sarrocco¹ e Giovanni Vannacci^{2*}
Dipartimento di Coltivazione
e difesa delle specie legnose "G. Scaramuzzi",
Sezione Patologia Vegetale,
Facoltà di Agraria, Università di Pisa
Via del Borghetto 80, 56124 Pisa.

¹sarrocco@agr.unipi.it, ²g.vannacci@agr.unipi.it

*autore per corrispondenza

La fusariosi della spiga (FHB) (Figura 1) è una malattia di importanza globale che colpisce il grano e gli altri piccoli cereali. Le infezioni si traducono in perdite nella resa e nella qualità della granella anche se la contaminazione con le micotossine prodotte da *Fusarium* è la conseguenza più seria del FHB.

Il FHB è meglio conosciuto come malattia ad eziologia multipla: questo significa che può essere causato da una singola specie fungina iniziale o dalla combinazione di diverse specie strettamente correlate. Attualmente 19 diverse specie fungine sono state associate a questa malattia anche se i patogeni più importanti sono *Fusarium graminearum* Schwabe (teleomorph: *Gibberella zeae* (Schweinitz) Petch) e *Fusarium culmorum* (W.G. Smith) Saccardo. Altri agenti causali collegati al FHB sono *F. avenaceum* e *F. poae* e altre specie di *Fusarium* come *F. equiseti*, *F. tricinctum* e *F. sporotrichioides* oltre che *Microdochium nivale* e *M. majus* [6].



Figura 1: sintomi dell'attacco da FHB su spighe di frumento. Le piante infette mostrano disseccamento parziale o totale della spiga, influenzando sulla regolare maturazione delle cariossidi.

In Europa, le specie di *Fusarium* più comunemente associate al FHB sono *Fusarium graminearum* (ed il suo diffuso teleomorfo *Gibberella zeae*), *Fusarium culmorum*, *Fusarium avenaceum* (teleomorfo *Gibberella avenacea*) e *Fusarium poae* e in minor misura *F. sporotrichioides*, *F. cerealis* (*F. crookwellense*), *F. tricinctum* e *F. equiseti* [7]. Si ritiene che la distribuzione o la predominanza di uno o più di questi patogeni rispetto agli altri che concorrono allo sviluppo della malattia sia largamente influenzata dai fattori climatici, in particolare dalla temperatura e dall'umidità. In

generale, nelle regioni continentali (centro, est e sud) d'Europa, *F. graminearum* è predominante mentre nelle regioni marittime e in quelle più fredde del nord-ovest sono favorite specie come *F. culmorum* e *F. avenaceum* [6].

Il profilo di specie che causano il FHB nel sud dell'Europa subisce variazioni annuali in funzione delle condizioni climatiche e, in generale, l'incidenza del FHB è bassa. Nella maggior parte delle regioni a Sud dell'Italia e della Spagna la malattia risulta quasi completamente assente. Nel Nord dell'Italia, Spagna, Portogallo e nel Sud della Francia, *F. graminearum* e *F. poae* sono le specie dominanti. *F. avenaceum* e *F. culmorum* sono state segnalate in associazione a piante malate nel sud europeo sebbene queste segnalazioni non siano frequenti e spesso non ben dimostrate, il che suggerisce che queste due specie siano meno comuni e che risultano problematiche solo se le condizioni ambientali diventano favorevoli [4].

I tricoteceni, ed in particolare il deossinivalenolo (DON) insieme ai suoi acetilati, 3- e 15-acetil-deossinivalenolo (3AcDON e 15AcDON), sono le micotossine ritrovate più frequentemente in associazione con la fusariosi della spiga del frumento in tutta Europa. Il DON è un potente inibitore della sintesi delle proteine negli eucarioti e il consumo di granella contaminata da tricoteceni può causare anemia ed immunosoppressione, emorragie, nausea, diarrea ed emesi. La normativa che riguarda la presenza di micotossine attualmente a disposizione è rappresentata dal Regolamento CE 1881/2006, e relativa modifica Reg. CE 1126/2007, in cui sono indicati i tenori massimi anche di DON. Sulla base della valutazione dell'azione dannosa del DON sulla salute umana e del rischio esposizione della popolazione attraverso l'assunzione di alimenti contaminati, la normativa ha previsto una dose giornaliera tollerabile pari a 1 µg/kg di peso corporeo e limiti massimi accettabili sul piano tossicologico che, nel caso del frumento duro non trasformato, corrispondono a 1750 µg/kg. Per garantire un'efficiente tutela della salute pubblica, i prodotti il cui contenuto di contaminanti superi il tenore massimo non devono essere commercializzati come tali né dopo miscelazione con altri prodotti alimentari, né essere impiegati come ingredienti di altri alimenti.

Anche la presenza della micotossina, così come

Tabella 1: Valori di contaminazione da DON in campioni di frumento duro provenienti dal monitoraggio aziendale. Rapporto ISTISAN 10/32 [7].

Anni	Centro				Sud-isole			
	n. campioni		DON positivi		n. campioni		DON positivi	
			(µg/kg)				(µg/kg)	
	tot.	+*	med.§	max	tot.	+*	med.§	max
2006	150	60	84	449	299	74	54	906
2007	152	86	286	4351	254	89	48	422
2008	134	114	477	13561	98	28	45	329
Tot.	436	260	-	-	651	191	-	-
* campioni positivi al DON; limite di sensibilità di 18.5 µg/kg. § valore medio di DON								

quella della malattia, è correlata con le condizioni ambientali, sebbene il deossinivalenolo sia stato trovato nel frumento in tutto il continente europeo. Campionamenti condotti in Italia dal 1998 al 2000 hanno indicato che il DON può essere un comune contaminante del grano. In particolare, la contaminazione da DON decresce passando dal Nord al Centro Italia mentre bassi valori, o assenza di contaminazione si ritrova nel Sud del paese dove la malattia è quasi completamente assente [4]. Nel triennio 2006-2008 è stato condotto, nell'ambito del progetto MICOCER, un monitoraggio per la determinazione del DON nel frumento duro nazionale attraverso l'analisi di 2730 campioni provenienti dal Nord, Centro, Sud dell'Italia e dalle isole, di

cui 1087 provenienti dal monitoraggio aziendale e prelevati in campo in fase di post raccolta (trebbiatura) oppure all'arrivo nei centri di stoccaggio e 1643 campioni provenienti dai campi sperimentali della Rete nazionale di confronto varietale frumento duro [7]. I campioni provenienti dal monitoraggio aziendale hanno fornito un quadro aderente alla realtà

agricola nazionale mentre quelli provenienti dai campi sperimentali della Rete di confronto varietale hanno permesso di studiare, a parità di condizioni agronomiche applicate, l'andamento della contaminazione da DON. Dai risultati ottenuti dai campioni provenienti dal monitoraggio aziendale e dai centri di stoccaggio del Centro e del Sud e delle isole (Tabella 1), presentati nel rapporto dell'Istituto Superiore di Sanità, risulta evidente il maggior grado di contaminazione da DON nelle aree del Centro rispetto a quelle del Sud-isole [7].

La generale bassa contaminazione delle aree di coltivazione del Meridione è confermata anche dai dati relativi ai campioni dei campi sperimentali della Rete nazionale riportati in Tabella 2.

Tabella 2: Valori di contaminazione da DON in campioni prelevati presso i campi della Rete nazionale di confronto varietale di frumento duro. Rapporto ISTISAN 10/32 [7].

Anni	Centro				Nord				Sud-isole			
	n. campioni		DON positivi		n. campioni		DON positivi		n. campioni		DON positivi	
			(µg/kg)				(µg/kg)				(µg/kg)	
	tot.	+*	med.§	max	tot.	+*	med.§	max	tot.	+*	med.§	max
2006	84	55	291	1280	258	129	225	791	297	46	62	219
2007	135	131	174	502	264	189	155	1285	305	173	88	459
2008	66	66	2211	6764	102	81	480	4613	132	44	57	233
Tot.	285	252	-	-	624	399	-	-	734	263	-	-
* campioni positivi al DON; limite di sensibilità di 18.5 µg/kg. § valore medio di DON												

I valori medi di contaminazione da DON si mantengono sempre su valori inferiori a 100 µg/kg mentre i valori massimi non superano i 500 µg/kg in ciascuno dei tre anni. Nelle zone del Centro, tra cui è inclusa la Toscana, e ancor più in quelle del Nord, è stata registrata una forte influenza dell'annata con i massimi valori nel 2008, l'anno più critico per la diffusione della fusariosi della spiga. Nel complesso c'è stata una chiara diminuzione dei livelli di concentrazione procedendo dal Nord verso il Sud. Tali risultati possono contribuire ad una più mirata valutazione del rischio contaminazione che tenga conto dell'ambiente inteso come microareale e cioè delle caratteristiche pedo-climatiche proprie delle singole zone di coltivazione. Gli eventi piovosi che si verificano durante la fioritura della coltura, ad esempio, rappresentano un fattore determinante per la gravità degli attacchi del patogeno, aumentando così il rischio di accumulo di DON.

Appare evidente come i cambiamenti climatici a cui si sta andando incontro negli ultimi anni renderanno non solo difficile una previsione dell'accumulo di DON su frumento ma espongono la regione Toscana, così come le altre zone italiane, ad un possibile cambiamento della situazione riguardante il rischio di contaminazione da micotossine.

La distribuzione e la predominanza dei patogeni associati alla fusariosi della spiga e delle relative micotossine sono influenzate anche da fattori genetici e agronomici. Al momento non esistono cultivars pienamente resistenti al FHB. Tuttavia, lo sviluppo di cultivars resistenti alla malattia è estremamente importante poiché queste risultano poco o addirittura affatto contaminate dal DON [8].

Alcuni aspetti agronomici, come l'applicazione di azoto, le rotazioni colturali, la gestione dei residui colturali e la lavorazione del terreno possono influenzare la preponderanza relativa di una specie rispetto alle altre e la produzione di DON. Un aumento di N aumenta la severità della malattia e la contaminazione della granella. La rotazione è importante poiché interrompe la catena di produzione di materiale infetto attraverso la riduzione della sporulazione dei funghi sui residui colturali. La lavorazione del terreno e la gestione dei residui influenzano la malattia, in particolare quando la coltura precedente è mais o frumento [8].

Per quanto riguarda le strategie di lotta al FHB, sia la difesa classica che il controllo integrato includono l'impiego di fungicidi anche se, in determinate condizioni, questi prodotti di sintesi possono stimolare la produzione di micotossina. Nell'ambito del FHB, i fungicidi più comunemente utilizzati hanno effetti diversi nei confronti delle specie micotossigene di *Fusarium* e verso i patogeni non micotossigeni come *M. nivale*. Ad esempio, l'inibizione selettiva di *M. nivale*, competitore naturale di *F. culmorum*, attraverso l'uso di azossistrobina permette alle specie tossigene di *Fusarium*, in assenza di competizione, di occupare le nicchie con un aumento concomitante nella produzione di tossine [8]. Attualmente si conoscono numerosi microrganismi in grado di diminuire la sporulazione di *Fusarium* spp. sui residui colturali dei cereali e, quindi, di diminuire la carica di inoculo per la successiva infezione [9]. Il controllo del FHB attraverso l'impiego di microrganismi antagonisti è ancora in corso di valutazione sebbene la formulazione di prodotti bioattivi rappresenta un valido e promettente strumento per diminuire efficacemente i livelli di malattia e di tossine. Negli ultimi anni, l'impiego di isolati fungini antagonisti appartenenti al genere *Trichoderma* è stato oggetto di studio del nostro gruppo di ricerca permettendo la pubblicazione di alcuni lavori su riviste scientifiche internazionali che hanno indicato la possibilità di utilizzare un isolato di *Trichoderma gamsii* come agente biologico nella lotta al FHB [10] anche attraverso la competizione per i residui colturali [11]. I risultati positivi dimostrati da test di competizione per substrati naturali e la capacità di ridurre, in vitro, la produzione di DON da parte di isolati di tossigeni, ha posto le basi per una serie di sperimentazioni in campo, condotte in collaborazione con il CRISBA (Centro Ricerche Strumenti Biotecnici nel settore Agricolo-forestale, Grosseto, www.crisba.eu) alcune terminate, altre in corso di completamento, volte a valutare la capacità di ridurre il rischio di accumulo di micotossine su granella. Dal primo anno di prove in campo condotte nella zona di Grosseto, sono stati ottenuti risultati incoraggianti che, se confermati dalle prove attualmente in corso, porrebbero le basi per una seria valutazione della possibilità di impiego di questo microorganismo, da solo o in combinazione con altri isolati antagonisti appar-

tenenti anche ad altri generi fungini, in vista di un approccio multitrofico, nella lotta biologica o integrata della fusariosi della spiga. È opportuno tenere presente, comunque, che l'eventuale produzione e distribuzione sul mercato di un prodotto a base di uno o più microrganismi da impiegare come biofitofarmaco è possibile previa registrazione ministeriale.

“Black Aspergillus” e ocratossina A (OTA) su vite e nel vino

L'ocratossina A (OTA) è una tra le principali micotossine prodotte da funghi appartenenti ai generi *Aspergillus* e *Penicillium*, che si possono ritrovare su un'ampia varietà di alimenti in fase di pre- o post-raccolta. Contaminazioni naturali da parte di OTA sono state diffusamente registrate nel mondo, principalmente su cereali e derivati. Subito dopo i cereali, il vino è considerato, in Europa, la seconda maggiore fonte di esposizione umana a questa micotossina. L'ocratossina A, ritrovata per la prima volta nel 1996, esercita numerosi effetti tossici che coinvolgono principalmente i reni e il fegato. L'Agenzia Internazionale per la Ricerca sul Cancro ha classificato l'ocratossina A come possibile carcinogeno per l'uomo (categoria 2B) [12]. Studi epidemiologici hanno evidenziato una correlazione tra elevati livelli di OTA nel sangue e lo sviluppo della Nefropatia Endemica dei Balcani (BEN) [13]. Come conseguenza, la Commissione Europea ha stabilito i livelli massimi di OTA negli alimenti (Regolamento (CE) N. 1881/2006 del 19 dicembre 2006 e relativa modifica con Regolamento (CE) N. 105/2010 del 5 Febbraio 2010; Regolamento (CE) N. 466/2001 del 8 marzo 2001 e relativa modifica con Regolamento (CE) 123/2005 del 26 Gennaio 2005).

Le specie fungine attualmente incluse nel gruppo dei “Black Aspergillus” sono state investite di una crescente attenzione dal momento in cui sono state descritte come la principale fonte di ocratossina A responsabile della contaminazione dell'uva e del vino. Di conseguenza sono state pubblicate numerose ricerche riguardanti i principali aspetti dell'epidemiologia, dell'ecologia e della distribuzione mondiale di questo complesso di specie sulla vite. Questi studi hanno consentito di chiarire che le principali specie di

“Black Aspergillus” produttrici di ocratossina A che si ritrovano sull'uva rientrano nella Sezione *Nigri* con la specie *Aspergillus carbonarius* riconosciuta come la maggior responsabile di contaminazioni da OTA, grazie all'elevato numero di ceppi con forte potenziale ocratossigenico. Una identificazione certa di *A. carbonarius* diventa pertanto importante al fine di evitare la raccolta di informazioni fuorvianti per una valutazione del rischio di contaminazione.

I funghi attribuibili al complesso “Black Aspergillus” causano malattie riconducibili a marciumi dell'uva caratterizzati da un'abbondante sporulazione del fungo sugli acini che diventano completamente raggrinziti e secchi. Questi patogeni solitamente sopravvivono nel terreno durante la stagione invernale, sono presenti sui grappoli al momento dell'allegagione e la loro incidenza aumenta con il crescere e la maturazione dei frutti, raggiungendo un picco in fase di completa maturazione [14].

La temperatura e la disponibilità di acqua sono parametri ambientali importanti che influenzano la crescita dei funghi e la produzione di OTA. Funghi appartenenti al genere *Aspergillus* Sezione *Nigri* possono crescere tra i 10°C e i 37°C, con temperature ottimali comprese tra 30°C e 37°C. *A. carbonarius* ha un ottimo di crescita tra 20°C e 30°C.

Il valore ottimale di attività dell'acqua (aw) per la crescita dei “Black Aspergillus” è di 0.98, simile al valore di attività dell'acqua degli acini in fase di maturazione. La crescita lineare varia tra le diverse specie. Ad esempio, *A. carbonarius* cresce molto bene a valori di aw di 0.98-0.99.

Le condizioni ottimali per la crescita e la produzione di OTA non sono sempre le stesse. Ad esempio, *A. carbonarius* è in grado di produrre OTA a valori di aw compresi tra 0.92 e 0.99 ma la maggiore produzione di tossina si raggiunge quando i valori di attività dell'acqua sono tra 0.95 e 0.99. La temperatura ottimale per la produzione di OTA si ha ad una temperatura compresa tra 15°C e 20°C e diminuisce tra 30°C e 37°C [15].

Le condizioni meteorologiche (maggiore incidenza di infezioni durante le annate più calde e asciutte), i sistemi di coltivazione e la localizzazione geografica dei vigneti (longitudine e latitudine influenzano l'incidenza di infezione; esistono evidenze circa la maggiore suscettibilità

alle contaminazioni nelle regioni del Sud) sono molto importanti per determinare se l'ocratossina A verrà prodotta sull'uva. Nei modelli previsionali è possibile utilizzare la combinazione delle temperature giornaliere e delle precipitazioni intercorse tra inizio Agosto e Settembre per predire la presenza di OTA nei vigneti. Le diverse varietà di uva non sono universalmente suscettibili alla produzione di ocratossina. In generale, i vini rossi sembrano contenere livelli più elevati di OTA rispetto ai vini bianchi o rosé (Figura 2). Infine, anche il tipo di terreno contribuisce in modo significativo al livello di contaminazione da OTA, con i terreni più argillosi considerati come i più favorevoli [16].

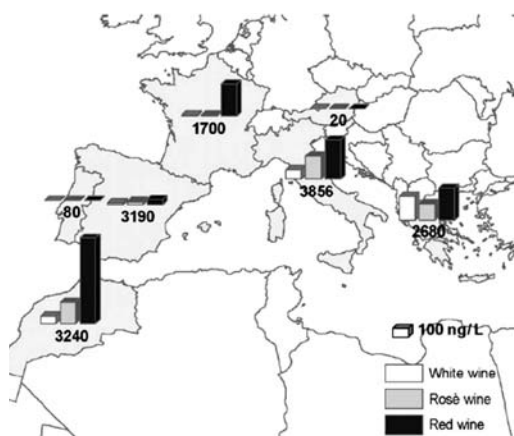


Figura 2: Valori medi del contenuto di OTA (ng/L) in campioni di vino bianco, rosé e rosso raccolti in diversi Stati del bacino Mediterraneo [17]. Gli istogrammi rappresentano il valore medio e i numeri il valore massimo registrato (ng/L).

In generale, i funghi produttori di micotossina non sono facili da controllare poiché, come già accennato, la loro reazione ai fungicidi può determinare effetti opposti a quelli attesi. Tra i principi attivi (attualmente in commercio anche in Italia) efficaci nel ridurre sia la crescita fungina che la produzione di OTA nei grappoli ricordiamo il mepanipirin, il fluazinam, l'iprodione e una miscela di cyprodinil e fludioxonil. Diversi agenti di lotta biologica, tra cui i lieviti *Cryptococcus laurentii* e *Aureobasidium pullulans* naturalmente presenti sull'uva, sono stati valutati con interessanti risultati [17].

Sebbene la prevenzione della crescita fungina e della produzione di micotossina sulle piante e sui prodotti è solitamente considerata la strategia migliore per contenere gli effetti nocivi per la salute animale ed umana, la detossificazione dei prodotti contaminati potrebbe rivelarsi una strategia secondaria di grande rilevanza. L'OTA è una molecola piuttosto stabile che può resistere alla maggior parte dei processi alimentari, come il calore, la fermentazione alcolica e la lievitazione. Alcuni metodi, come il trattamento con ipoclorito, con ammoniaca e con calore sono stati messi a punto per detossificare l'OTA sia nei mangimi che nelle bibite. Altri metodi di detossificazione suggeriscono l'uso dell'ozono, il perossido di idrogeno e l'irradiazione con i raggi gamma. Esistono, infine, batteri e funghi (*Flavobacterium aurantiacum*, *Corynebacterium rubrum*, *Candida lipolitica*, *Armillariella tabescens*, *Rhizopus* spp., *Mucor* spp.) che si sono dimostrati abili nel degradare enzimaticamente le micotossine. In particolare, la contaminazione da OTA può essere ridotta aggiungendo lieviti o batteri lattici che possono assorbire o degradare la micotossina durante la fermentazione. *Saccharomyces cerevisiae* può essere utilizzato per la decontaminazione da OTA nei succhi di uva artificiali e naturali durante la fermentazione [18,19].

Prima di giungere alla conclusione del presente contributo, gli Autori ritengono opportuno ricordare brevemente il coinvolgimento del gruppo di ricerca di Micologia fitopatologia del Dipartimento di Coltivazione e difesa delle specie legnose "G. Scaramuzzi" nell'ambito di un progetto finanziato dalla Cassa di Risparmio di Pisa che ha visto coinvolte diverse unità di ricerca appartenenti sia all'Università di Pisa che alla Scuola Superiore Sant'Anna.

Lo studio è stato finalizzato a valutare gli effetti dell'applicazione in post raccolta di etilene e CO₂ come elicitori gassosi su uve da vino delle cv Sangiovese e Trebbiano utilizzati per la produzione di vino passito, sulla qualità organolettica dei vini derivati, ma soprattutto sulle potenziali perdite dovute all'insorgenza di attacchi batterici o fungini (*Botrytis cinerea* e isolati di *Penicillium* e *Aspergillus* spp. micotossigeni). Le prove condotte presso un'azienda pisana hanno permesso di ottenere interessanti risultati sia in termini di infezione da parte dei tre generi fungini che di contaminazione da OTA nei prodotti finali.

Bibliografia

- [1] CAST. Mycotoxins: Risks in plant, Animal, and Human Systems. Task Force report. No 139, Ames, IA, USA, 2003.
- [2] J.D. Miller *Adv. Exp. Med. Biol.* 2002, 504:19.
- [3] F. Massart, V. Meucci, G. Saggese, G. Soldani, *J. Pediatr.* 2008, 152:690.
- [4] A. Logrieco, A. Moretti, In: *Mycotoxins: Detection Methods, Management, Public Health and Agricultural Trade*, eds. J.F. Leslie et al., CAB International, 2008.
- [5] A.E. Desjardins, R.D. Manandhar,, G.G. Manandhar, S.M. Poling, C.M Maragos, *Appl. Environ. Microbiol.* 2000, 66:1020.
- [6] D.W. Parry, P. Jenkinson, ,P. McLeod, *Plant Pathol.* 1995, 45:207.
- [7] G. Aureli, A. Belocchi, M. Pascale, T. Amoriello, M.G. D'Egidio, E. Desiderio, *Rapporti ISTISAN 10/32 Rev.* 2009, 84.
- [8] X. Xu, P. Nicholson, *Ann. Rev. Phytopath.* 2009, 47:83.
- [9] L. Luongo, M. Galli, L. Corazza, E. Meeke, L. De Haas, C.L. Van der Plas, J. Kohl, *Biocon. Sc. Tech.* 2005, 15:229.
- [10] F. Matarese, S. Sarrocco, S. Gruber, V. Seidl-Seiboth, G. Vannacci, *Microbiol.* 2012, 158:98.
- [11] S. Sarrocco, F. Matarese, A. Moretti, M. Haidukowski, G. Vannacci, *Phytopath. Med.* 2012, in press.
- [12] A. Pfohl-Leszkowicz, T. Petkova-Bocharova, I.N. Chernozemsky, M. Castegnaro, *Food Add.Cont.* 2002, 19:282.
- [13] N. Gagliano., I. Dalle-Donne., C. Torri., M. Migliori., F. Grizzi., A. Milzani, C. Filippi, G. Annoni, P. Colombo, F. Costa, G. Ceva-Grimaldi, A. Bertelli, L. Giovannini, M. Gioia, *Toxins.* 2006, 225:214.
- [14] P. Battilani, N. Magan, A. Logrieco, *Int. J. Food Microbiol.* 2006, 111:S2.
- [15] R. Parra, N. Magan, *J. Appl. Microbiol.* 2004, 97:429.
- [16] P. Battilani, P. Giorni, T. Bertuzzi, S. Formenti, A. Pietri, *Int. J. Food Microbiol.* 2006, 111F:S53.
- [17] P. Battilani, In: *Mycotoxins: Detection Methods, Management, Public Health and Agricultural Trade*, eds. J.F. Leslie et al., CAB International, 2008.
- [18] H. Bejaoui, P. Mathieu, P. Taillandier, A. Le-brihi, *J. Appl. Microbiol.* 2008, 97:1038.
- [19] G. Meca, G. Blaiotta, A. Ritieni, *Food Contr.* 2010, 21:579.

Modello di accrescimento e dinamica di popolazione per il corallo solitario temperato azooxantellato *Leptopsammia pruvoti* (Scleractinia, Dendrophylliidae)

Erik Caroselli^{1*}, Guido Mattioli², Francesco Zaccanti¹, Stefano Goffredo¹

Parole chiave: Ecologia di popolazione, Mar Mediterraneo, tomografia computerizzata, struttura di popolazione

*Nei coralli in cui i processi complessi del ciclo vitale che disaccoppiano l'età dalle dimensioni degli individui (es. frammentazione, fusione o mortalità parziale delle colonie) sono rari o chiaramente individuabili, l'età individuale può essere determinata dalle dimensioni, e possono essere applicati modelli di accrescimento e dinamica di popolazione basati sull'età. Un esempio è il corallo solitario mediterraneo *Leptopsammia pruvoti* Lacaze Duthiers 1897, i cui tassi di accrescimento e la struttura e densità di popolazione sono stati determinati a Calafuria, da Dicembre 2007 a Giugno 2009. Il tasso di accrescimento diminuiva all'aumentare delle dimensioni del polipo. La curva di accrescimento derivata dalle misurazioni in campo risultava omogenea a quella ottenuta dall'analisi delle bande di accrescimento annuali tramite tomografia computerizzata. Le frequenze degli individui in ciascuna classe di età diminuivano esponenzialmente con l'età, indicando una popolazione in stato stazionario. Il tempo di turnover risultava di 2.3 anni, mentre la longevità massima risultava di 13 anni. La maggior parte dell'output riproduttivo proveniva dalle classi di età intermedie (6 anni), mentre gli individui più anziani (>7 anni), sebbene avessero fecondità maggiore, erano rari e contribuivano in minima parte all'output riproduttivo della popolazione. Comparata ad altri dendrofillidi solitari, la dinamica di popolazione di *L. pruvoti* risultava caratterizzata da una riproduzione a strategia r (elevata fecondità, breve incubazione degli embrioni, piccole dimensioni della planula, rapido raggiungimento della maturità sessuale) e da un tasso di rinnovamento demografico a metà via lungo il continuum r-K (tempo di turnover e longevità massima intermedi).*

Introduzione

Pochi studi quantificano i parametri di dinamica di popolazione delle sclerattinie, parzialmente a causa dei processi di frammentazione, fusione e mortalità parziale delle colonie, che distorcono le relazioni lunghezza-età [1]. Questi pochi studi sono stati revisionati circa 35 anni fa, descrivendo parametri come accrescimento e sopravvivenza [2]. Da allora, i processi demografici sono stati descritti per alcune specie dell'Atlantico sudoccidentale, Pacifico, Mar Rosso, Caraibi, Grande Barriera Au-

straliana e Mediterraneo [3 e referenze al suo interno].

In specie dove la frammentazione e fusione degli individui sono rare e la mortalità parziale può essere riconosciuta da anomalie nel normale pattern di accrescimento, l'età dei coralli può essere determinata [1]. Inoltre, in alcuni coralli solitari, le stime di età possono essere facilmente ottenute da bande di accrescimento visibili esternamente [4]. I modelli di accrescimento e dinamica di popolazione basati sull'età possono quindi essere applicati ad alcune specie di coralli per descriverne le caratteristiche demografiche [4].

Leptopsammia pruvoti è un corallo sclerattinico, aermatipico ed azooxantellato, distribuito nel bacino del Mediterraneo e lungo le coste atlantiche europee dal Portogallo all'Inghilterra ed Irlanda meridionale [5]. È uno degli organismi più comuni in grotte ed anfratti tra 0-70 m di profondità, con abbondanze medie di > 10,000 individui m⁻², ovvero > 2 kg m⁻² di biomassa di CaCO₃ [6]. La biometria degli individui e la loro abbondanza non è influenzata dalla temperatura di superficie del mare e dall'irradianza solare lungo le coste occidentali italiane [6]. I polipi sono gonocorici e ovovivipari [7]. Al momento del rilascio, le planule (lunghe 695-1,595 μm) sono pronte a fissarsi, e nuotano con movimento cigliare per 1-20 giorni [7]. Non sono stati osservati episodi di riproduzione asessuale [7 referenze al suo interno]. Il colore giallo e l'alta abbondanza rendono questa specie attraente per i subacquei ricreativi.

Lo scopo di questo studio è descrivere la dinamica di popolazione di *L. pruvoti* a Calafuria, applicando un modello di dinamica di popolazione basato sull'età [8]. Questo studio completa la descrizione del ciclo vitale di questo corallo temperato nel Mar Mediterraneo, insieme ai precedenti studi sulla biologia riproduttiva [7], correlazioni ambientali con le caratteristiche demografiche [6], e differenziazione genetica [9].

Materiali e Metodi

La popolazione di *Leptopsammia pruvoti* era situata sulla costa di Calafuria (10 km a sud di Livorno, 43°28'N, 10°20'E). Da Dicembre 2007 a Giugno 2009 è stato misurato il tasso di accrescimento di 38 individui, marcati in campo a 16 m di profondità. La lunghezza (*L*: diametro maggiore del disco orale) di ciascun polipo marcato è stata misurata con un calibro (±0.5 mm) ogni 3 mesi per 0.2-1.5 anni. I coralli morti durante lo studio sono stati sostituiti con altri di taglia simile. I coralli sono stati campionati alla profondità di massima abbondanza della popolazione, dove sono stati condotti i precedenti studi sulla riproduzione [7], biometria e densità di popolazione [6]. Tre termometri digitali sono stati fissati sul campo sperimentale per registrare la temperatura dell'acqua ad intervalli di 2 ore du-

rante la durata dello studio. I termometri sono stati sostituiti ogni 3 mesi per scaricare i dati ed evitare problemi di incrostazione da parte di organismi marini.

Per ottenere una stima aggiuntiva della relazione tra dimensioni ed età dei polipi e compararla con le misurazioni in campo, è stato contato il numero di bande di accrescimento annuali utilizzando la tomografia computerizzata (CT) [10]. Gli esemplari usati nelle misurazioni CT (*n* = 29) sono stati raccolti a Calafuria a 16 m di profondità vicino agli individui marcati per le misurazioni in campo. Sono state misurate la loro lunghezza e massa (*M*) [6], e l'età è stata determinata basandosi sul pattern di deposizione di due bande di accrescimento all'anno, una ad alta densità in inverno ed una a bassa densità in estate, come tipicamente accade nei coralli temperati [10].

L'accrescimento è stato modellato utilizzando la funzione di Von Bertalanffy [11]:

$$L_t = L_\infty (1 - e^{-Kt}) \quad (1)$$

dove *L_t* è la lunghezza individuale all'età *t*, *L_∞* è la lunghezza asintotica (lunghezza massima attesa nella popolazione), *K* è una costante di accrescimento, e *t* è l'età individuale. I parametri *L_∞* e *K* sono stati determinati applicando il "Gulland and Holt plot" (per i dati dal campo) e il "Ford-Walford plot" (per i dati CT) (vedi [8] per la procedura, e [10] per esempi di applicazione sui coralli). Le strutture di popolazione per dimensioni sono state derivate da uno studio precedente [6], e le strutture per età sono

gli autori

¹ Marine Science Group, Dipartimento di Biologia Evoluzionistica Sperimentale, Alma Mater Studiorum - Università di Bologna, Via Selmi 3, 40126 Bologna

² Unità Operativa di Radiologia e Diagnosi per Immagini, Ospedale di Porretta Terme, Azienda Sanitaria Locale di Bologna, Via Roma 16, 40046 Porretta Terme (BO)

* erik@marinesciencegroup.org

state determinate utilizzando la funzione di von Bertalanffy (Eq. 1). Il tasso istantaneo di mortalità (Z) delle popolazioni è stato determinato dall'analisi delle frequenze delle età [8]. Questa stima della mortalità assume lo stato stazionario della popolazione, e richiede una struttura per età caratterizzata da un decremento "monotono" con ciascuna classe di età maggiore della successiva, ed è stata ampiamente usata per coralli solitari [10] e coloniali [12]. Il tasso istantaneo di mortalità è stato quindi usato per esprimere la riduzione numerica dei coralli nel tempo (curva di sopravvivenza):

$$N_t = N_0 e^{-Zt} \quad (2)$$

dove N_t è il numero di individui all'età t , N_0 è il numero di individui all'età 0, Z è il tasso istantaneo di mortalità e t è l'età individuale in anni. Il tempo di turnover, equivalente alla vita media, è stato calcolato come il reciproco di Z [8]. La longevità massima è stata calcolata come l'età in cui sopravviveva <0.5% della popolazione, basandosi sulla curva di sopravvivenza [4].

La curva di accrescimento basata sull'età è stata convertita in curva di accrescimento della massa utilizzando la relazione lunghezza-massa per questa specie in questo sito e alla stessa profondità [6]. Utilizzando il modello di Beverton e Holt [8], è stata generata una curva età-specifica che esprimeva la biomassa delle coorti utilizzando la curva di accrescimento della massa e la curva di sopravvivenza (biomassa della coorte all'età t = massa individuale all'età t x sopravvivenza all'età t) [10].

Sex ratio, fecondità media (numero di planule prodotte per unità di volume corporeo) e percentuale di individui fertili in ciascuna classe di età sono state derivate da uno studio precedente [7], stimando così la produzione di planule in ciascuna classe di età (Tabella 1). La produzione di planule integrava la fecondità (b_i), il numero di individui (X_i), la sex ratio (SR) e la fertilità (F_i) in ciascuna classe di età (produzione di planule = $b_i X_i SR F_i$).

I test di affidabilità per le stime di lunghezza-età, cioè il coefficiente Alpha di Cronbach e il Coefficiente di Correlazione Intraclasse, sono stati calcolati con SPSS 12.0.

Risultati

Tassi e curva di accrescimento

Sono stati osservati i tassi di accrescimento per tutto il range di dimensioni degli individui (Figura 1). I tassi di accrescimento decrescevano in funzione della lunghezza del polipo. Mediamente, gli individui di 0-4 mm crescevano di 1.0 mm anno⁻¹ (ES = 0.2; $n = 15$), gli individui di 4-6 mm crescevano di 0.7 mm anno⁻¹ (ES = 0.1; $n = 20$), mentre gli individui di 6-8 mm crescevano di 0.3 mm anno⁻¹ (ES = 0.4; $n = 3$). Il tasso di accrescimento medio variava significativamente tra classi di taglia (ANOVA, $P < 0.001$). I tassi di accrescimento risultavano anche marcatamente variabili all'interno dei raggruppamenti per dimensioni (coefficiente di variazione intra-classi di taglia = 70-190%). La relazione negativa tra tasso di accrescimento e lunghezza del corallo, sebbene significativa ($P = 0.026$), spiegava solo il 13.1% della varianza dei tassi di accrescimento (Figura 1). Secondo il metodo del Gulland e Holt plot, la popolazione aveva una costante di accrescimento $K = 0.185$ ed una massima lunghezza attesa di $L_\infty = 8.6$ mm (Figura 1).

Utilizzando il metodo del Ford-Walford plot, è stata calcolata anche una curva di accrescimento di Von Bertalanffy dai dati di CT (Figure 2, 3).

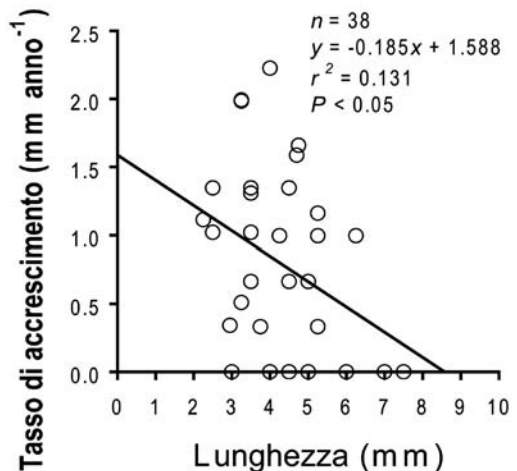


Figura 1: *Leptopsammia pruvoti*. Variazione del tasso di accrescimento ottenuto dalle misurazioni in campo. Questo grafico corrisponde al grafico di Gulland e Holt per la stima dei parametri K ed L_∞ .

La regressione lineare del Ford-Walford plot ha prodotto l'equazione $L_{t+1} = 0.707 \cdot L_t + 2.021$ ($r^2 = 0.986$; $P < 0.01$), da cui $L_\infty = 6.9$ mm, $K = 0.347$. Le dimensioni stimate dalla curva di accrescimento derivata dalle misurazioni in campo e da quella derivata dall'analisi CT non erano significativamente diverse (Figura 2). Comparando le dimensioni predette tra le due curve si ottenevano stime molto simili [Test di affidabilità per le stime di lunghezza-età (Figura 2a): coefficiente Alpha di Cronbach

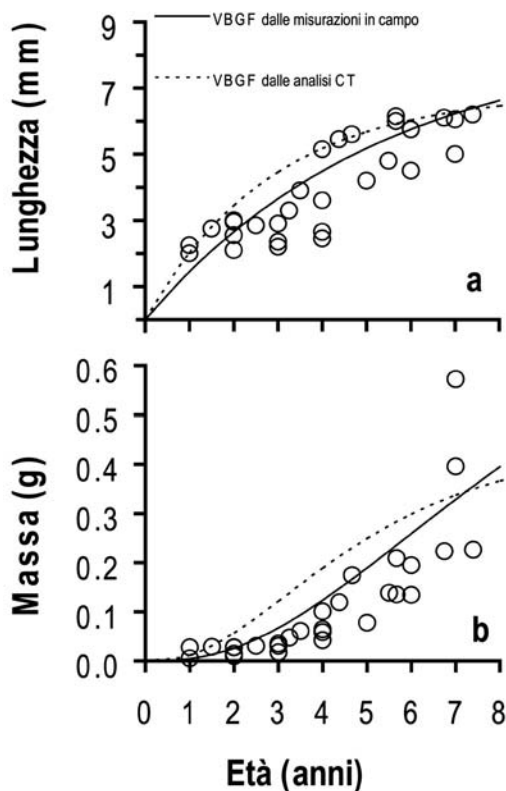


Figura 2: *Leptopsammia pruvoti*. Curve di accrescimento età specifiche di Von Bertalanffy (VBGF) degli individui a Calafuria. La relazione età-dimensioni ottenuta applicando il modello di accrescimento di Von Bertalanffy ai tassi di estensione lineare misurati in campo è comparata ai dati età-dimensioni ottenuti dalle analisi CT. (a) Relazione tra età e lunghezza. (b) Relazione tra età e massa. I cerchi indicano le lunghezze e masse degli individui di cui è stata determinata l'età dalle analisi CT.

(CAC) = 0.993; Coefficiente di Correlazione Intraclasse (ICC) = 0.988. Test di affidabilità per le stime di massa-età (Figura 2b): CAC = 0.979; ICC = 0.953]. Le regressioni tra lunghezza osservata dei polipi di età nota e lunghezze stimate dalle due curve avevano gli intervalli di confidenza al 95% sovrapposti. Anche le regressioni tra massa osservata dei polipi di età nota e masse stimate dalle due curve avevano gli intervalli di confidenza al 95% sovrapposti.

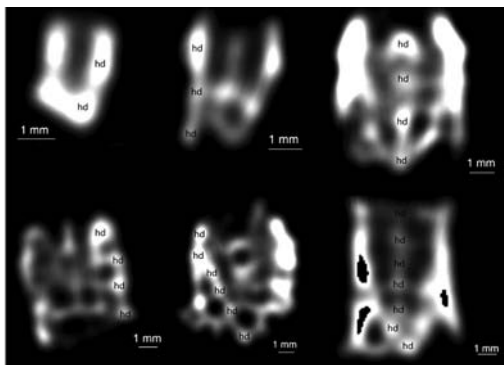


Figura 3: *Leptopsammia pruvoti*. Scansioni di Tomografia Computerizzata (CT) di coralli raccolti a Calafuria a 16 m di profondità. Sono mostrate le scansioni CT sagittali (il polo orale è verso l'alto). Ciascuna sezione di accrescimento annuale è composta di due bande, una ad alta densità (hd) ed una a bassa densità. L'età dei coralli è stata determinata contando le bande ad alta densità. In questi campioni sono visibili da 2 a 7 bande ad alta densità, corrispondenti a 2-7 anni di accrescimento. Lo spessore di ciascuna scansione era di 1 mm.

Struttura per età e sopravvivenza della popolazione

Le frequenze delle età degli individui rivelavano una popolazione con una maggioranza di individui giovani (Figura 4a). All'interno della popolazione, il 51.0% degli individui erano di <3 anni (<4 mm di lunghezza), ovvero al di sotto o all'età di maturità sessuale, mentre pochi individui (1.0%) rientravano nelle tre classi di età più anziane: 8, 9 e 10 anni. Nonostante la loro maggiore proporzione, gli individui giovani contribuivano solo al 9.1% della biomassa (Figura 4b). La distribuzione osservata della biomassa mostrava un picco a 4 anni (Figura 4b). L'indi-

viduo più grande osservato aveva un'età stimata di 10 anni (7 mm di lunghezza). Il graduale decremento del numero di coralli nelle categorie di età più anziane indicava una probabile stabilità della struttura per età (Figura 4a).

Dalla distribuzione delle frequenze delle età, il tasso istantaneo di mortalità (Z) è stato stimato utilizzando l'equazione $\ln(N_t) = -0.427 \cdot t + 4.339$ ($r^2 = 0.839$; $P < 0.001$), da cui $Z = 0.427$ ed $N_0 = 76.6$ (vedi i metodi per la definizione di Z ed N_0). La curva stimata (per 128 cm² di area campionata) indicava una longevità massima di 13 anni (Figura 4c).

La biomassa calcolata aumentava rapidamente quando gli individui erano giovani, grazie al loro rapido accrescimento (Figura 4b). La biomassa stimata era massima a 4-5 anni di età, dopodi-

ché le perdite dovute alla mortalità superavano i vantaggi dell'accrescimento. L'età di massima biomassa veniva raggiunta 2-3 anni dopo l'età alla maturità sessuale (Figura 4b).

Tavola di mortalità

Il numero totale di planule rilasciate durante una stagione riproduttiva dai membri di questa popolazione era 264,810 larve m⁻². Il maggior output riproduttivo veniva dai coralli di 4-8 anni di età (Tabella 1; Figura 4d). Le classi di età più anziane, sebbene composte da polipi più grandi e più fecondi, rappresentavano solo una piccola porzione (6.4%) della popolazione riproduttiva, contribuendo quindi ad una minore percentuale (24.2%) dell'output riproduttivo della popolazione (Tabella 1; Figura 4c, d). Il rapporto tra output

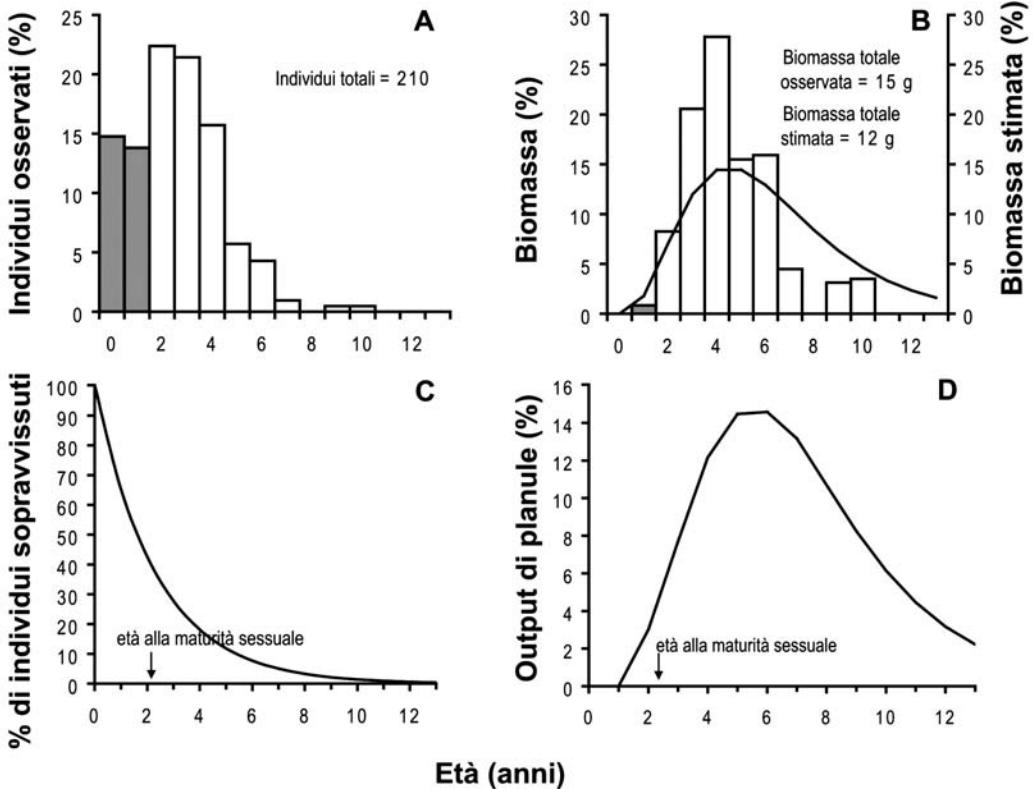


Figura 4: *Leptopsammia pruvoti*. Distribuzione per classi di et  in termini di numero (a), biomassa osservata (barre) e curva della biomassa di Beverton-Holt (b) degli individui, sopravvivenza (c), e output riproduttivo (d) a Calafuria. Le barre grigie dei numeri e della biomassa degli individui denotano quelli che non hanno raggiunto la dimensione riproduttiva.

Tabella 1: Leptopsammia pruvoti. Tavola di mortalità della popolazione di Calafuria. X_i = abbondanza degli individui ($N m^{-2}$); b_i = fecondità media dei polipi femmina (planule per polipo femmina), F_i = percentuale di individui fertili; $b_i X_i$ = numero di planule prodotte per ciascuna classe di età. La sex ratio considerata era 1:1 [7]. I dati si riferiscono ad un'area di $1 m^2$. I valori in parentesi sono gli intervalli di confidenza al 95%.

Parametro di dinamica di popolazione	Classe di età (i)	X_i	b_i	F_i	$b_i X_i$
	0	6004 (2532-14235)	0	0.00	0
	1	3918 (1925-7977)	0	0.00	0
Maturità sessuale	2	2557 (1463-4470)	12 (6-19)	0.50	7969 (2194-21233)
	3	1669 (1112-2505)	37 (19-56)	0.65 (0.54-0.77)	20371 (5705-54009)
	4	1089 (845-1404)	75 (38-112)	0.78 (0.75-0.82)	32192 (12041-64472)
	5	711 (642-787)	123 (63-183)	0.88 (0.85-0.90)	38315 (17190-64809)
Massima produzione di planule	6	464 (441-488)	176 (90-263)	0.94 (0.87-1.00)	38598 (17265-64172)
	7	303 (247-371)	232 (118-345)	0.99 (0.89-1.00)	34884 (12970-63998)
	8	198 (138-282)	287 (146-427)	1.00 (0.90-1.00)	28320 (9067-60207)
	9	129 (78-214)	338 (173-504)	1.00 (0.91-1.00)	21828 (6140-53928)
	10	84 (43-163)	386 (197-575)	1.00 (0.92-1.00)	16262 (3897-46863)
	11	55 (24-124)	430 (219-640)	1.00 (0.93-1.00)	11803 (2444-39680)
	12	36 (14-94)	468 (239-697)	1.00 (0.94-1.00)	8394 (1573-32759)
Longevità massima	13	23 (8-71)	502 (256-748)	1.00 (0.94-1.00)	5874 (963-26554)
Totale		17241 (9512-33185)	-	-	264810 (91449-592684)

riproduttivo e abbondanza di reclute nella stessa area produceva una mortalità larvale locale media stimata del 97.7% (95% CI = 84.4-99.6%; Tabela 1), assumendo un reclutamento localizzato.

Discussione

Le misurazioni dei tassi di accrescimento in campo risultavano molto variabili all'interno delle classi di taglia. È altamente probabile che questa variazione sia dovuta al diverso intervallo di tempo delle misurazioni tra coralli e dalle differenze nella temperatura media stagionale, che può variare di 7 gradi (temperatura media invernale/primaverile = 13.6°C, oscillazione = 13-15°C; temperatura media estiva/autunnale = 21.4°C, oscillazione = 19-26°C). L'uso di coralli misurati per una sola stagione normalizzando i tassi di accrescimento su base annua può causare problemi in specie con differenze stagionali nell'accrescimento. Tuttavia, questo problema è limitato in questo studio, dato che solo un minimo numero di individui è stato misurato per meno di una stagione. Inoltre, il coefficiente di variazione del tasso di accrescimento non risultava correlato con la durata delle misurazioni ($P > 0.05$).

L'ambiente può fortemente influenzare le dimensioni massime raggiungibili da un organismo [13]. Nei coralli fungidi, una limitazione genetica della dimensione massima sembra rappresentare un adattamento per evitare di affondare nei substrati molli colonizzati [14]. Quando gli individui diminuiscono gradualmente i loro tassi di calcificazione ed hanno un limite massimo di dimensioni, un considerevole surplus di energia può essere allocato a funzioni fisiologiche diverse dall'accrescimento, come rimozione del sedimento, locomozione, mantenimento e competizione [15]. Molti coralli sclerattinici crescono indefinitamente, avendo quindi dimensioni teoricamente illimitate (anche gli individui più grandi continuano ad accrescersi). L'accrescimento illimitato è possibile attraverso la produzione di moduli energeticamente autosufficienti, ed anche perché l'energia disponibile per accrescimento e riproduzione aumenta all'aumentare della massa delle colonie [16]. Tuttavia, alcuni coralli sclerattinici riducono il loro tasso di accrescimento mentre crescono, ad esempio specie solitarie sia con polipi mobili [4], che fissi, come *Leptopsammia pruvoti* (questo studio) e *B.*

europaea [10]. In queste specie, l'accrescimento determinato potrebbe essere dovuto all'invecchiamento o ad una allocazione preferenziale della maggiore energia disponibile dovuta alle dimensioni maggiori verso la riproduzione, senza investire ulteriore energia nell'accrescimento.

La lunghezza massima individuale dei coralli indicata dal modello di Von Bertalanffy ($L_{\infty} = 6.9-8.6$ mm) era simile a quella massima osservata in campo a Calafuria (7.3 mm). Mentre la lunghezza massima riportata per *L. pruvoti* è di 17 mm [5], è stata recentemente osservata una correlazione positiva tra SST annuale nelle popolazioni e lunghezza dei coralli [6], con i coralli più grandi (13 mm) misurati a Scilla (625 km a sud di Calafuria ed in acque più calde). Anche in *B. europaea*, un altro corallo dendrofillide simpatico, esiste una forte correlazione positiva tra SST annuale e dimensioni lungo le coste occidentali italiane [6].

La distribuzione delle frequenze delle età degli individui > 2 anni mostrava un decremento esponenziale, con le classi di età più giovani probabilmente sottorappresentate, come tipicamente accade nei dati di campo [10], ed era probabilmente dovuta alla difficoltà nel vedere i coralli più piccoli (< 3 mm di lunghezza). In una popolazione teorica in stato stazionario, il coefficiente di correlazione della regressione semi-logaritmica da cui viene stimato il tasso istantaneo di mortalità (Z) ha un valore di $r = -1.000$ [8]. In *L. pruvoti*, era di $r = -0.916$, valore simile a quelli calcolati per altre popolazioni di coralli in stato stazionario (da $r = -0.851$ a -0.993) [12]. Il tempo di turnover per *L. pruvoti* a Calafuria era di 2.3 anni (95% CI = 1.7-3.6 anni). Queste stime appaiono ragionevoli e riflettono strettamente le osservazioni in campo. La biomassa delle coorti di *L. pruvoti* raggiungeva anticipatamente il suo massimo rispetto a *B. europaea* nella stessa località (per *L. pruvoti* 4-5 anni, questo studio; per *B. europaea* 6-7 anni) [10]. *Leptopsammia pruvoti* aveva tassi di mortalità ed accrescimento maggiori rispetto a *B. europaea*, ed entrambi contribuivano al picco anticipato di biomassa delle coorti (*L. pruvoti*: $K = 0.185-0.347$, $Z = 0.427$, questo studio; *B. europaea*: $K = 0.111-0.126$, $Z = 0.275$) [10]. In altri coralli sclerattinici solitari, l'età di massima biomassa delle coorti varia da 5 anni in *Fungia scutaria* a 20 anni in *Heliofungia actiniformis* [4]. Le stime dei parametri riproduttivi della popo-

lazione [7] ha permesso di costruire una tavola di mortalità statica che riassume i principali parametri demografici in questa popolazione. La maggior parte dell'output riproduttivo proveniva dagli individui di 4-8 anni di età (65% della produzione di planule), mentre le classi di età con individui più grandi e fecondi erano troppo poco frequenti per fornire un grande contributo alla riproduzione.

Il rapporto tra output larvale e abbondanza di reclute indicava una mortalità larvale locale di circa il 98%, assumendo un reclutamento locale. Sebbene la struttura genetica di popolazione indichi che il reclutamento locale sia probabile in *L. pruvoti* [9], la dispersione larvale potrebbe influenzare la nostra stima, che risultava maggiore

di quanto riportato per il corallo rosso ovoviviparo *Corallium rubrum* nello stesso sito [17]. Per le popolazioni marine, il numero di uova o larve richieste per produrre un discendente riproduttivo che sopravviva agli stadi larvali e giovanili è poco noto [18]. In *L. pruvoti*, secondo la tavola di mortalità, la percentuale di individui che raggiungono la maturità sessuale era del 43% (95% CI = 31-58%) e il numero di larve necessarie per una recluta era 44 (95% CI = 6-234), di conseguenza erano richieste 104 larve (95% CI = 10-754) per produrre un individuo riproduttivo. L'abbondanza media delle popolazioni di *L. pruvoti* è marcatamente superiore che in altri coralli dendrofillidi di cui è nota la biologia riproduttiva, ovvero *B. europaea*, endemica del

Tabella 2: Caratteristiche di dinamica di popolazione in tre specie di coralli solitari dendrofillidi. La maggior parte dei dati è stata ottenuta da studi precedenti su Leptopsammia pruvoti [7 e questo studio], Balanophyllia europaea [10 e referenze al suo interno], e Balanophyllia elegans [19].

	<i>L. pruvoti</i>	<i>B. europaea</i>	<i>B. elegans</i>
Strategia trofica	Azooxantellata	Zooxantellata	Azooxantellata
Abbondanza di popolazione media (individui m⁻²)	10,155	16	563
Tasso di rinnovamento demografico			
Dimensione massima del corallo (lunghezza, mm)	9	21	<10
Tempo di turnover (anni)	2.3	3.6	1.3
Longevità massima (anni)	13	20	7
Biologia riproduttiva			
Fecondità (ovociti maturi / 100 mm ³ di polipo)	36-105	8-14	2-6
Periodo di incubazione degli embrioni (mesi)	1-4	4-5	14-15
Dimensioni della planula (diametro oro-aborale medio; µm)	1,145	2,150	4,000
Dispersione delle planule	Mista	Pelagica	Bentonica
Dimensione individuale alla maturità sessuale [frazione della dimensione massima (dimensione osservata)]	33% (3 mm)	38% (8 mm)	56% (6 mm)
Età individuale alla maturità sessuale [frazione della longevità massima (età effettiva)]	15 % (2 anni)	20% (4 anni)	57% (4 anni)

Mediterraneo, e *B. elegans* dall'America nordoccidentale (Tabella 2). La maggior abbondanza di *L. pruvoti* è molto probabilmente dovuta al reclutamento locale di una frazione delle larve azooxanthellate partorite, che si fissano nelle vicinanze dei polipi parentali, causando un alto tasso di inincrocio attraverso l'accoppiamento tra parenti stretti [9]. Anche *B. elegans* ha un'abbondanza di popolazione maggiore di *B. europaea* (Tabella 2), che molto probabilmente dipende dalla bassa dispersione delle larve bentoniche azooxantellate, che si fissano a <0.5 m dai polipi parentali [19]. D'altra parte, la minore abbondanza di popolazione di *B. europaea* potrebbe essere causata dalla maggiore dispersione delle larve zooxantellate pelagiche [10].

La classica teoria della selezione r/K [20] è stata spesso utilizzata per categorizzare gli organismi: quelli a strategia r (dette anche specie opportuniste) sono caratterizzati da elevata fecondità, alti tassi di mortalità, piccole dimensioni, brevi tempi di generazione e elevata capacità di dispersione; mentre quelli a strategia K solitamente hanno le caratteristiche opposte. Sembra che alcuni coralli dendrofillidi abbiano evoluto strategie miste (Tabella 2). *B. elegans* ha una demografia r ed una riproduzione K ; *B. europaea* ha una demografia K ed una riproduzione con caratteristiche intermedie; *L. pruvoti* ha una riproduzione r ed una demografia con caratteristiche intermedie (Tabella 2). Tuttavia, queste comparazioni devono essere considerate con cautela, dato che la dinamica di popolazione delle tre specie è stata studiata in un solo sito, e potrebbero esistere differenze tra popolazioni soggette a diverse condizioni ambientali o pressioni selettive.

Ringraziamenti

Questo studio è stato supportato da finanziamenti provenienti dal Ministero dell'Istruzione, dell'Università e della Ricerca; da Scuba Nitrox Safety International; dall'Associazione dei Tour Operator Italiani; da Project AWARE Foundation; dal Ministero del Turismo della Repubblica Araba d'Egitto; e da Marine and Freshwater Science Group Association. Commenti del Dr. Brian Helmuth hanno migliorato la qualità del manoscritto. Elettra Pignotti (Analisi statistiche, Istituto Ortopedico Rizzoli di Bologna) ha fornito un valido

aiuto per le analisi statistiche dei dati; Scientific Diving School di Bologna ha fornito supporto logistico per i campionamenti subacquei. Ringraziamenti speciali vanno agli operatori subacquei A. Beccari, L. Bortolazzi, M. Cova e L. Tomesani per la loro assistenza sul campo. Gli esperimenti sono in accordo con le leggi italiane vigenti.

Bibliografia

- [1] R. C. Babcock, Ecol. Monogr. 1991, 6: 225.
- [2] J. H. Connell, Population ecology of reef building corals. In Biology and geology of coral reefs, vol. II: Biology 1. Academic. New York: 1973.
- [3] S. Goffredo, E. Caroselli, G. Mattioli, E. Pignotti, F. Zaccanti, Coral Reefs 2008, 27: 623.
- [4] S. Goffredo, N. E. Chadwick-Furman, Mar. Biol. 2003, 142: 411.
- [5] H. Zibrowius, Mem. Inst. Oceanogr. (Monaco) 1980, 11: 1.
- [6] S. Goffredo, E. Caroselli, E. Pignotti, G. Mattioli, F. Zaccanti, Mar. Biol. 2007, 152: 351.
- [7] S. Goffredo, V. Airi, J. Radetić, F. Zaccanti, Mar. Biol. 2006, 148: 923.
- [8] D. Pauly, Fish population dynamics in tropical waters: a manual for use with programmable calculators. International Center for Living Aquatic Resources Management. Manila: 1984.
- [9] S. Goffredo, S. Di Ceglie, F. Zaccanti, Isr. J. Ecol. Evol. 2009, 55: 99.
- [10] S. Goffredo, G. Mattioli, F. Zaccanti, Coral Reefs 2004, 23: 433.
- [11] L. von Bertalanffy, Hum. Biol. 1938, 10: 181.
- [12] S. Goffredo, H. R. Lasker, Coral Reefs 2008, 27: 751.
- [13] K. P. Sebens, Ann. Rev. Ecol. Syst. 1987, 18: 371.
- [14] N. Chadwick-Furman, Y. Loya, Mar. Biol. 1992, 114: 617.
- [15] R. Elahi, P. Edmunds, J. Exp. Mar. Biol. Ecol. 2007, 349: 183.
- [16] R. W. Buddemeier, R. A. Kinzie, Oceanogr. Mar. Biol. Annu. Rev. 1976, 14: 183.
- [17] G. Santangelo, E. Maggi, L. Bramanti, L. Bongiorno, Sci. Mar. 2004, 68: 199.
- [18] L. W. Botsford, J. W. White, M. A. Coffroth, C. B. Paris, S. Planes, T. L. Shearer, S. R. Thorold, G. P. Jones, Coral Reefs 2009, 28: 327.
- [19] Y. H. Fadlallah, Oecologia 1983, 58: 200.
- [20] E. R. Pianka, Am. Nat. 1970, 104: 592.

Icnofossili marini dall'Oligocene di Calignai, Livorno

Franco Sammartino^{1*}, Michelangelo Bisconti²

Parole chiave: Calignai, Icnofossili, Livorno, Oligocene, Toscana

Un complesso di tracce fossili di ambiente marino di età oligocenica è qui descritto. Il complesso proviene dal Flysch arenaceo della Formazione di Calafuria. Gli icnofossili includono gallerie, trappole alimentari e fugichnia. I fugichnia sono le tracce più rare ma sono bene evidenti negli strati della colonna sedimentaria. Il complesso include alcune impronte lasciate da grandi invertebrati come gasteropodi ed oloturie. Esso è dominato da Paleodictyon e mostra grande abbondanza di Psammichnites. In virtù di ciò può essere assegnato ad una icnofacies a Nereites.

Introduzione

Nel corso di un progetto di ricognizione sistematica condotto dagli Autori nell'area dei Monti Livornesi, sono state trovate più di trenta località che presentano affioramenti con tracce fossili [e.g., 1]. Le tracce fossili sono particolarmente abbondanti nelle formazioni cretacee [1] ma sono anche presenti nelle formazioni di età oligocenica ed eocenica-paleocenica. Le tracce fossili oligoceniche, il soggetto di questo articolo, sono state identificate in due delle quattro cave di arenaria di Calignai su entrambi i lati della valle di Calignai. Il sito nel quale si trovano le cave è localizzato vicino alla costa, 10 Km a sud della città di Livorno (le coordinate geografiche sono le seguenti: 43°28'23"N e 10°20'57"E) (Fig. 1). Le cave sono state sfruttate fino alla prima metà del secolo scorso ma le prime escavazioni possono essere collocate cronologicamente in epoca Romana. L'arenaria è stata usata per ottenere pietre da costruzione, pavimentazioni stradali ed elementi architettonici. Le cave di Calignai si trovano nella parte più meridionale del Flysch arenaceo della Formazione di Calafuria di età oligocenica. Detta formazione affiora lungo la costa per più di 3 Km da Rio Maroccone alla Cala del Leone, nei pressi del promontorio del Romito (Fig. 1).

Scopo di questa nota è la presentazione degli icnofossili trovati in queste località insieme con una valutazione cronostratigrafica del sito per fornire una base scientifica a ulteriori studi sul campo in quest'area.

Inquadramento geologico

Le informazioni geografiche relative alle due cave dove sono state trovate le tracce fossili sono le seguenti: la prima cava si trova a 30 m sul livello del mare sul lato settentrionale del Poggio Monachine e sul lato sinistro del torrente Calignai; la seconda cava è 120 m sul livello del mare sul lato meridionale del Monte Telegrafo e sul lato destro del torrente Calignai. In quest'ultima cava, gli strati di arenaria sono inclinati di circa 30° a NNE ma nell'altra cava, a causa di una torsione a NE, alcuni degli strati sono inclinati tra 40° e 55° (Fig. 2).

Il Flysch arenaceo di Calafuria è caratterizzato da un elevato contenuto di sabbia/pelite, alta percentuale di spessi strati con abbondante cemento carbonatico e presenza di resti vegetali. L'ambiente di deposizione è un fan sottomarino in facies canalizzata in cui possono essere riconosciute le sequenze di Bouma complete [2].

Ferrini e collaboratori [3] affermano che gli

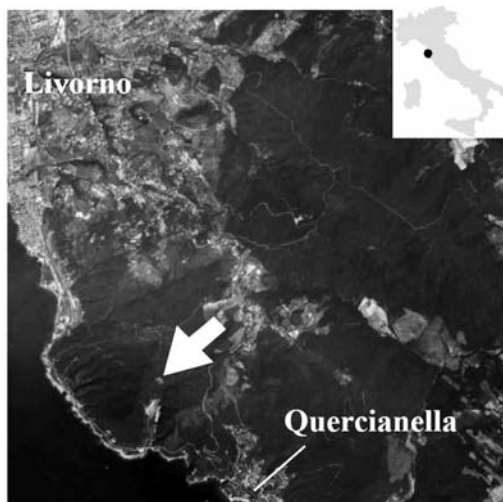


Figura 1: Località dove è stata scoperta l'associazione a icnofossili descritta in questo lavoro. Nel box in alto a destra è rappresentata la penisola italiana con un punto ad indicare la localizzazione dell'area di Livorno. Nell'immagine più grande, la località è indicata con una freccia su una foto satellitare.



Figura 2: Vista ravvicinata della colonna sedimentaria di Calignai nella quale sono evidenti strati massicci alternati a strati più sottili.

strati sono composti principalmente da sabbie con granulometria elevata che si depositarono su fondali marini profondi e che questi depositi sono caratterizzati da diffusi fenomeni di canalizzazione. Il riconoscimento di queste associazioni di facies consente di interpretare questi

depositi come un intricato insieme di canali sviluppati dentro un fan sottomarino con elevato rifornimento di sabbia.

Le peculiarità del Flysch arenaceo di Calafuria possono essere così sintetizzate: ci sono strati alternati che, nella sezione basale, mostrano una spessa facies di canalizzazione (intervalli di arenaria-conglomerato); questi sono sormontati da facies canalizzata con intervalli ritmici di strati alternati di arenaria-pelite e sottili strati di calcare e silt con tracce fossili. A questi si sovrappongono spesse arenarie con facies canalizzata. I dati raccolti indicano che la sedimentazione del Flysch arenaceo di Calafuria ha origine turbiditica ed è associata ad un fan sottomarino prossimale con ambiente di deposizione con ampio sviluppo di canali. Le arenarie contengono una elevata percentuale di cemento carbonatico, 9,2% in media, e, raramente, esibiscono cemento limonitico e resti vegetali. I minerali che formano l'arenaria di Calignai sono il quarzo (osservato in grani arrotondati di taglie differenti anche se principalmente millimetriche), feldspati potassici (ortose e microlino), plagioclasti acidi e miche come la biotite e la muscovite. Sono stati osservati anche apatite, zircone, granato, pirite e magnetite ma in percentuali molto ridotte.

In questa formazione, differenti sistemi di faglia sono presenti con segmentazioni mineralizzate a dolomite che spesso cementano le breccie presenti nelle faglie. Nelle fratture ricche di dolomite, si sono depositate piccole quantità di solfuri e anche barite, quarzo e molti carbonati diversi [4]. L'attribuzione di un'età oligocenica al Flysch arenaceo di Calafuria, oltre ai lavori menzionati sopra, è stata suggerita decenni fa [5, 6] sulla base della presenza di microfossili identificati

gli autori

¹Museo di Storia Naturale del Mediterraneo, via Roma 234, 57100, Livorno, fsammartino@alice.it

²Museo di Storia Naturale del Mediterraneo, via Roma 234, 57100, Livorno, zoologia.museo@provincia.livorno.it

* Author for correspondence

all'interno delle intercalazioni argillitiche e per mezzo dell'identificazione di alcuni fossili come *Sequoia langsdorfii*, *Panopea menardi*, cfr. *Astarte* sp. (aff. *A. henkeli*), cfr. *Meretrix* sp. (aff. *M. longior*), *Meretrix incassata*. Ulteriore indicazio-

ne di un'età oligocenica è fornita dall'associazione a nannofossili scoperta nell'area delle tracce fossili descritte in questo lavoro; in particolare, la presenza di *Sphenolithus ciperensis* è una conferma di questa collocazione cronostratigrafica.

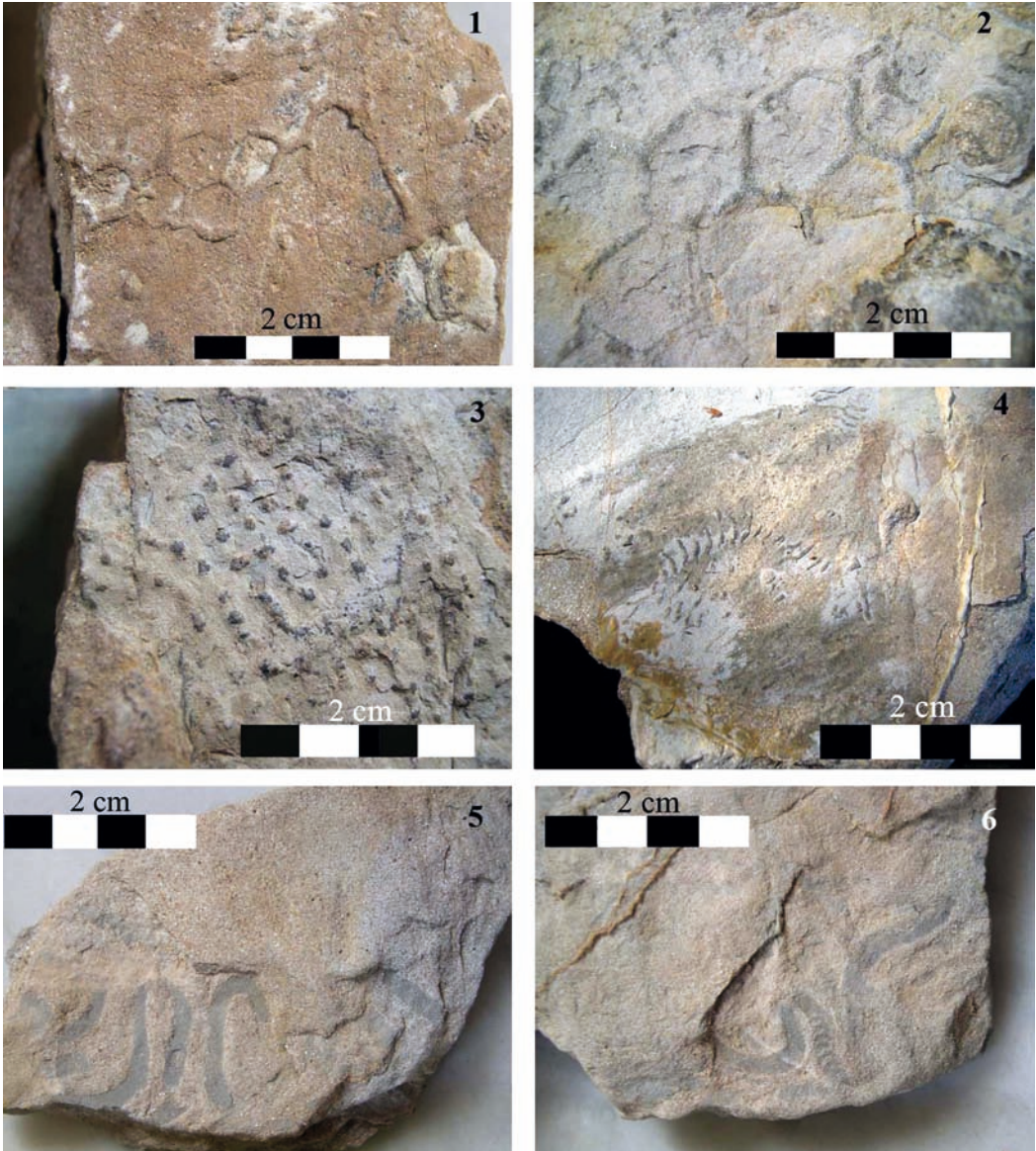


Figura 3: 1, *Paleodictyon minimum*. 2, *Paleodictyon strozzii*. 3, *Punctoraphe* isp. 4, *Protopaleodictyon bicaudatum*. 5, *Cosmorhaphe lobata*. 6, *Cosmorhaphe* isp.

Materiali e metodi

I materiali analizzati consistono in 25 frammenti di arenaria con icnofossili. Dati ulteriori sono stati ottenuti attraverso una documentazione fotografica di grandi specimen ancora sul terreno che non abbiamo avuto la possibilità di rimuovere. Altro lavoro di campagna risulta necessario per rimuovere e conservare alcuni degli specimen più grandi ancora sul campo. Osservazioni microscopiche sono state effettuate attraverso un microscopio binoculare con ingrandimento massimo di 45x. La terminologia segue principalmente il riferimento bibliografico [7].

L'associazione a icnofossili

L'associazione è dominata da un numero elevato di reperti di *Helminthopsis* isp. e da asterosomidi e ofiomorfidi malamente conservati. Queste tracce sono normalmente brevi e incomplete e per questo, in molti casi, assegnarle agli ichnotaxa conosciuti è stato impossibile.

Gli icnofossili più abbondanti trovati nel sito sono grafogliptidi. Sono state individuate cinque specie di questo gruppo in tre generi; le specie sono state discriminate sulla base della morfologia, grado di complessità e taglia delle celle seguendo le indicazioni date in [7]. Con riferimento al genere *Paleodyction*, abbiamo individuato *P. minimum*, *P. strozzii* e *P. tripatens* (Fig. 3). I reperti sono di piccole dimensioni e mostrano scarsa complessità documentando le fasi iniziali di sviluppo della configurazione. Il grafogliptide *Protopleodyction bicaudatum* è stato trovato in una singola lastra ancora in campagna. Un singolo individuo è stato assegnato a *Punctorhaphe* isp. sulla base delle dimensioni e della distribuzione degli elementi tipici del pattern. *Cosmorhaphe* isp. è documentato sulla base di due singoli esemplari parzialmente conservati caratterizzati da piccola taglia (Fig. 3). Tutti questi reperti dimostrano la presenza di invertebrati 'coltivatori' di profondità nell'Oligocene di Calignai.

Pochi reperti sono stati assegnati ai generi *Cochlichnus* isp., *Muensteria* isp. e *Gyrochorte* isp. documentando la presenza di invertebrati fossori capaci di realizzare gallerie non ramificate successivamente riempite con fecal pellets depositate con regolarità.

Il solo lofoctenide trovato nell'associazione è sta-

to assegnato a *Phycosiphon* isp. sulla base della distribuzione delle curvature delle gallerie.

In campagna, è stato trovato un singolo esemplare assegnato provvisoriamente ad una specie di traccia dedaloide caratterizzata da gallerie che attraversano diversi strati. Seguendo le indicazioni di MacEachern e colleghi [8], si tratta di *Spirophyton* isp. (v. la loro figura 4.6 a p. 71) sulla base delle modalità con le quali le gallerie intercettano e deformano gli strati (Fig. 4). In aggiunta, sono state anche trovate tracce fossili riferite ad *Aulichnites* la cui caratteristica principale consiste nel mostrare piste orizzontali con bordo bilaterale simmetrico formato da un margine convesso e con un solco mediano (Fig. 4). *Aulichnites* è interpretato come una traccia di strisciamento o pascolamento realizzata da un gasteropode. Un condritide scarsamente conservato è ancora in campagna (Fig. 4).

Il più spettacolare icnofossile di questa associazione è rappresentato da quattro grandi lastre (da 1 a 2 m in diametro) con *Psammichnites* cfr. *P. gigas* che si suppone sia stato lasciato da un grande mollusco gasteropode (Fig. 5). Tre grandi individui di *Psammichnites* (~60 mm in diametro trasversale; Fig. 6) sono ancora in campagna e mostrano complesse traiettorie di movimento con onde trasversali che rappresentano le contrazioni peristaltiche dei muscoli del piede del gasteropode. Due piccole lastre includono una specie di *Psammichnites* di dimensioni probabilmente minori (Fig. 4) caratterizzata da una pista lineare con onde trasversali; sfortunatamente la conservazione è scarsa e questo impedisce ulteriori approfondimenti tassonomici.

Conclusioni

Le tracce fossili presentate in questo lavoro sono state trovate nel Flysch arenaceo di Calafuria che ha origini torbidity. L'associazione proviene principalmente da un fan sottomarino prossimale con ambiente di deposizione caratterizzate da ampio sviluppo di canali.

Molti degli ichnotaxa trovati documentano una ricca catena trofica sviluppata nei pochi centimetri sotto la superficie del fondale marino. L'associazione è dominata da tracce di attività di animali considerati 'deep sea farmer' (definizione in accordo con [7]) e di invertebrati fossori.

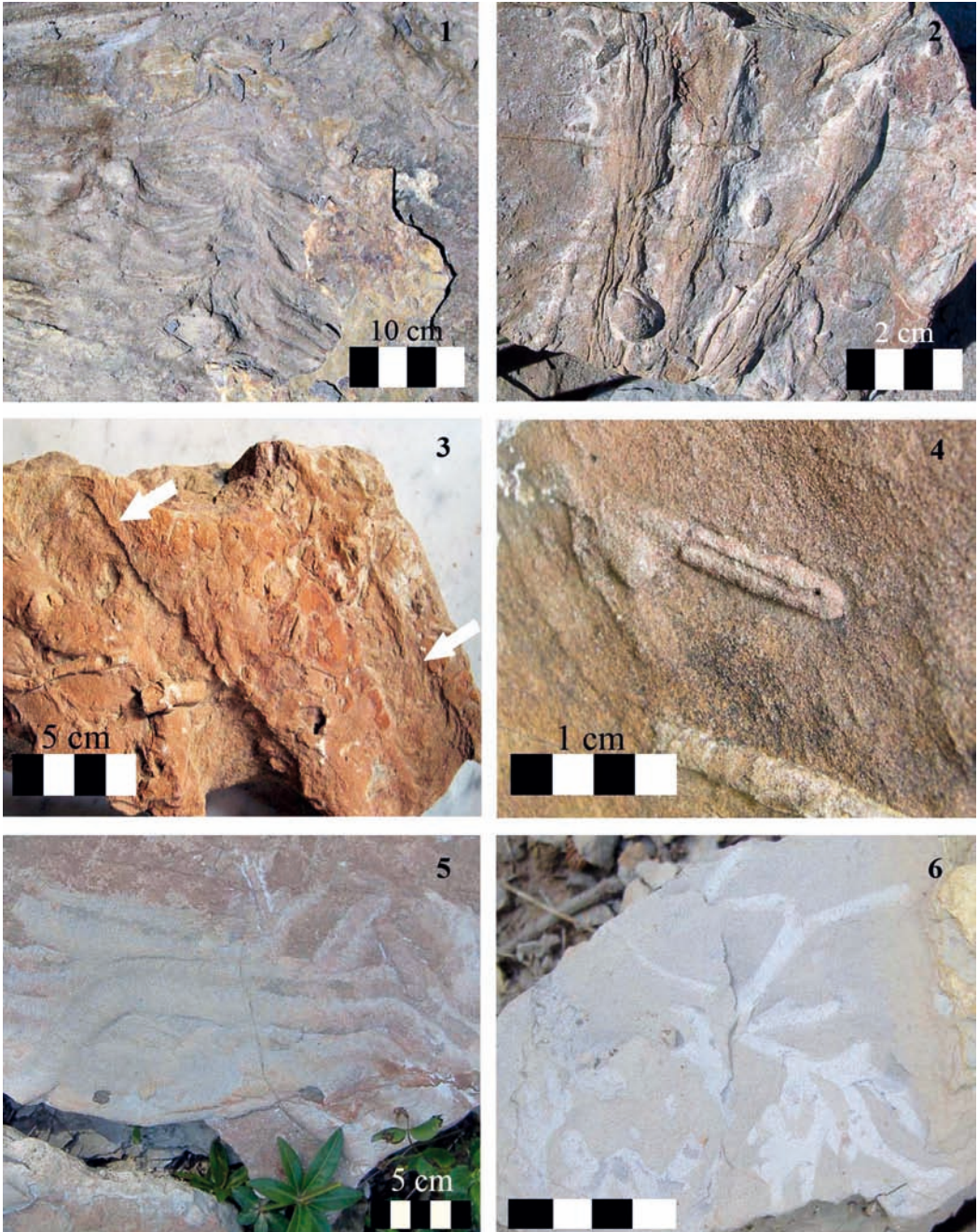


Figura 4: 1, *Spirophyton* isp. 2, *Asterosomid* indet. 3, *Psammichnites* isp. (freccie) 4, *Aulichnites* isp. 5, *Psammichnites* isp. 6, *Chondritid* indet.



Figura 5: *Psammichnithes* isp. cfr. *P. gigas*. Larghezza della lastra rappresentata: 70 cm.

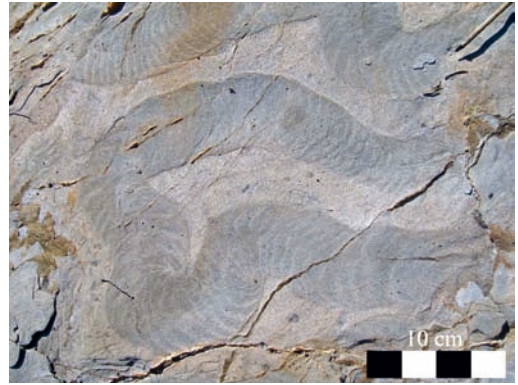


Figura 6: *Psammichnithes* isp. cfr. *P. gigas*.

L'associazione oligocenica di Calagnaia scoperta nel Flysch arenaceo di Calafuria è caratterizzata da conservazione relativamente scarsa. La granulometria dei minerali è elevata al punto da obliterare la maggior parte dei dettagli fini necessari per eseguire una accurata identificazione di molti ichnotaxa. In generale, i dettagli conservati consentono l'identificazione di alcuni grandi esemplari ma impediscono di ottenere una piena caratterizzazione degli esemplari più piccoli.

L'associazione è dominata da *Paleodictyon*. Questo ichnotaxon è ben rappresentato da diverse specie (*P. strozzii*, *P. minimum*, *P. tripatens*, *Protopaleodictyon bicaudatum*) di taglia differente e caratterizzate da diversi stili di conservazione. La presenza di *P. tripatens* documenta l'abilità di questi animali 'deep-sea farmer' di ventilare i tunnel dove 'coltivavano' batteri utilizzati come cibo [7]. L'altro icnofossile più abbondante è *Psammichnites* che dovrebbe essere stato lasciato da un grande mollusco gasteropode.

L'associazione descritta in questo lavoro rappresenta una ichnofacies a *Nereites* ben diversificata [9] caratterizzata da abbondanti tracce di animali 'deep sea farmer' e grandi invertebrati striscianti. Sfortunatamente, la brutta conservazione delle forme microscopiche impedisce l'identificazione di più icnofossili. Ulteriore lavoro di campagna è necessario per portare alla luce esemplari ben conservati per migliorare la nostra comprensione della composizione tassonomica di questa associazione.

Bibliografia

- [1] F. Sammartino, M. Biscotti, E. Carnieri, A. Borzatti von Loewenstern, Ripple marks e tracce fossili nelle formazioni del Cretaceo superiore del Rio Ardenza, Livorno. In Codice Armonico 2008 - Secondo congresso di scienze naturali Ambiente toscano. Edizioni ETS, Pisa: 2008.
- [2] G. Bracci, D. Dalena, V. Bracaccia, Atti Soc. Tosc. Sci. Nat., Mem. Ser. A, 1984, 91: 189.
- [3] G. Ferrini, E. Pandeli, M. Coli, Boll. Soc. Geol. It., 1985, 104: 445.
- [4] R. Nannoni, F. Sammartino, Guida ai minerali dei monti livornesi. Calderini, Bologna: 1979.
- [5] G. Cecioni, Atti Soc. Tosc. Sci. Nat. Proc. Verb., 1946, 53: 3.
- [6] G. Tavani, Atti Soc. Tosc. Sci. Nat., Mem., 1954, 61: 2.
- [7] A. Seilacher. Trace fossil analysis. Springer, Berlin: 2007.
- [8] J. A. MacEarchern, S. G. Pemberton, M. K. Gingras, K. L. Bann, The ichnofacies paradigm: a fifty-year retrospective. In Trace fossils – Concepts, problems, prospects. Elsevier, Amsterdam: 2008.
- [9] R. W. Frey, The realm of Ichnology, its strengths and limitations. In The study of trace fossils. Springer, Berlin: 1975.

I molluschi terrestri e dulciacquicoli di Pianosa: tassonomia, ecologia e cambiamenti a lungo termine

Michelangelo Bisconti*¹, Alessandro Rigoli², Antonio Borzatti de Loewenstern³, Emiliano Carnieri⁴

Parole chiave: molluschi terrestri, molluschi dulciacquicoli, Pianosa, ecologia, biogeografia, tassonomia

Campionamenti di superficie effettuati nel 2007 in 17 stazioni localizzate in diverse zone dell'Isola di Pianosa hanno portato al rinvenimento di 632 conchiglie di molluschi gasteropodi. Lo studio di questa malacofauna ha rivelato la presenza di 7 famiglie, 17 generi e 25 specie. Su questa malacofauna sono state effettuate analisi ecologiche con confronti con una malacofauna rinvenuta nel sito Neolitico di Cala Giovanna (Isola di Pianosa). Lo studio ha rivelato significative differenze tra l'associazione Neolitica e quella attuale il cui significato può essere attribuito agli importanti cambiamenti ambientali occorsi negli ultimi 6.000 anni e ad un significativo impatto antropico sugli ecosistemi dell'isola.

Introduzione

Negli anni '70 del '900, alcuni studi sono stati dedicati alla malacologia dell'Isola di Pianosa [1, 2] ma da allora non si registrano ulteriori lavori sulla composizione tassonomica delle comunità di molluschi di quest'isola localizzata circa 13 Km a sud-ovest di Livorno nel Mar Tirreno settentrionale. L'isola ha un'estensione di 10,3 Km² di superficie e mostra un profilo pianeggiante con un'altitudine massima sul livello del mare di 29 m. Diverse località dell'isola sono state oggetto di ricerche archeologiche. In particolare, il sito di Cala Giovanna Piano ha restituito evidenze di frequentazione neolitica sotto forma di manufatti, strutture e resti archeozoologici. La malacofauna reperita nell'ambito delle ricerche archeologiche a Cala Giovanna Piano è stata oggetto di ricerche volte alla determinazione della composizione tassonomica, allo studio delle relazioni paleobiogeografiche, all'analisi delle caratteristiche paleoecologiche e all'individuazione di tracce di utilizzo da parte umana

sia in ambito alimentare che ornamentale [3-6]. Un confronto tra la malacofauna neolitica e quella attuale documentata nella letteratura [1, 2] è stato effettuato di recente [7]; in questo studio è stata evidenziata una peculiare struttura biogeografica dell'arcipelago Toscano basata sulla condivisione da parte di Pianosa, Giannutri, Gorgona, Giglio ed Elba di gran parte dei molluschi dulciacquicoli e terrestri [7]. Nel 2007 una nuova campagna di campionamento è stata effettuata dal Museo di Storia Naturale del Mediterraneo di Livorno (da qui in avanti: MSNML) allo scopo di realizzare una rinnovata collezione malacologica per l'Isola di Pianosa che potesse essere impiegata per evidenziare eventuali cambiamenti tassonomici da mettere in relazione con le modificazioni del regime climatico occorse in Mediterraneo nell'ultimo mezzo secolo [7]. Le componenti dulciacquicole e terrestri di questa nuova malacofauna sono qui investigate e comparate con la malacofauna neolitica al fine di valutare un eventuale impatto dei cambiamenti ambientali a lungo termine sui molluschi dell'isola.

Materiali e Metodi

Campionamento

La campagna di campionamento del 2007 è stata condotta in 17 siti dislocati in varie parti dell'isola di Pianosa (Tab. 1; Fig. 1). I campionamenti sono stati effettuati a mano in superficie, attraverso raccolta sporadica di conchiglie sul terreno, tronchi, prati o muri. I molluschi sono stati separati dal sedimento manualmente con l'ausilio di un microscopio binoculare NIKON SMZ-10 con un massimo di 50 ingrandimenti. In questo modo è stata realizzata una collezione malacologica per ciascuna località e ogni collezione è stata studiata allo scopo di determinarne la composizione tassonomica.

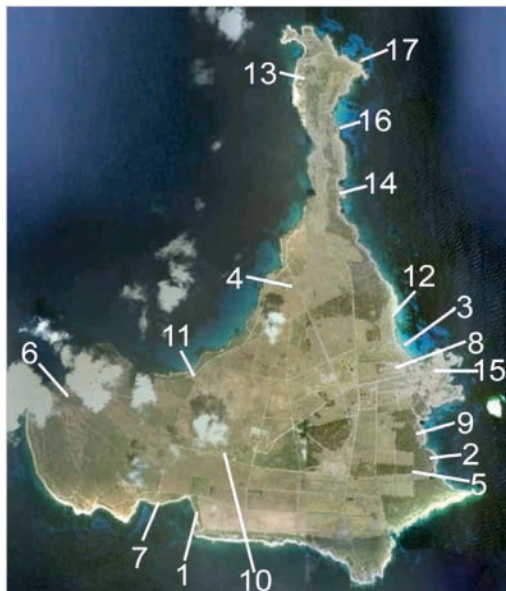


Figura 1: Località di campionamento esplorate nella campagna del 2007 del MSNML sull'Isola di Pianosa. I numeri corrispondono alle località descritte in Tabella 1.

Analisi tassonomica

Lo studio è stato effettuato su 632 conchiglie di molluschi gasteropodi attualmente conservati nella collezione malacologica del MSNML. La determinazione delle specie presenti in ciascuna collezione è stata effettuata attraverso ana-

lisi morfologiche delle caratteristiche peculiari della conchiglia [8-11]. In particolare, sono stati considerati: forma e dimensioni dell'apertura; forma e posizione dell'inserzione del bordo dorsale dell'apertura sulla prima spira; presenza/assenza, forma e dimensioni dell'ombelico; presenza/assenza e tipologia dell'ornamentazione sulle spire della conchiglia; forma, dimensioni e morfometria del canale sifonale quando presente; relazioni morfometriche tra varie caratteristiche della conchiglia (altezza/lunghezza della conchiglia, altezza/lunghezza della conchiglia in relazione ai diametri maggiore e minore dell'apertura, dimensioni della protoconca); colorazione superficiale del periostraco; presenza/assenza e dimensioni di spine ornamentali. Per quanto riguarda terminologia anatomica, variabilità e tassonomia delle specie individuate, si è fatto riferimento ad apposita letteratura [8-11] e alla collezione malacologica del MSNML.

gli autori

¹ Museo di Storia Naturale del Mediterraneo, via Roma 234, 57100, Livorno, e-mail: zoologia.museo@provincia.livorno.it

² Via San Jacopo in Acquaviva, 35, 57100, Livorno, e-mail: a.rigoli@hotmail.it

³ Museo di Storia Naturale del Mediterraneo, via Roma 234, 57100, Livorno, e-mail: a.borzatti@provincia.livorno.it

⁴ Associazione Nazionale Insegnanti di Scienze Naturali, Sezione di Livorno, via Spalato, 5, 57176, Livorno, e-mail: a.carnieri@provincia.livorno.it

* autore per corrispondenza

**Tabella 1: Località di campionamento con coordinate geografiche e altitudine s.l.m. (espressa in m).
Legenda: N, numero di esemplari raccolti nella località**

Località	Coordinate geografiche	Altitudine	N
1) Cala della Ruta	42°34'28"N, 10°04'04"E	18	42
2) Punta San Giovanni	42°34'52"N, 10°05'45"E	9	35
3) Cala Giovanna	42°35'18"N, 10°05'43"E	1	226
4) Pozzo 10	42°35'41"N, 10°04'49"E	15	36
5) Pineta 5	42°34'40"N, 10°05'43"E	16	12
6) Gruppo 4	42°35'04"N, 10°03'04"E	20	54
7) Costa sud	42°34'36"N, 10°03'45"E	11	1
8) Strada cavalcavia vicino paese	42°35'15"N, 10°05'35"E	13	7
9) Radura pineta lato est	42°34'44"N, 10°05'52"E	9	44
10) Costa sud vicino Torre di Babele	42°34'47"N, 10°04'14"E	24	18
11) Lavanderia vecchia	42°35'12"N, 10°04'02"E	14	6
12) Spiaggia 3	42°35'32"N, 10°05'34"E	6	24
13) Promontorio Porto Romano	42°36'51"N, 10°04'54"E	10	22
14) Cala dell'Alga	42°36'13"N, 10°05'09"E	2	15
15) Paese	42°35'16"N, 10°05'53"E	8	51
16) Scoglio della Lancia	42°36'35"N, 10°05'10"E	2	16
17) Punta del Grottone	42°36'57"N, 10°05'43"E	0	23

Analisi ecologiche

Confronti tra la biodiversità malacologica neolitica e quella attuale sono stati effettuati attraverso il calcolo dell'indice di Simpson in entrambe le associazioni [12]. L'indice di Simpson è stato calcolato nella versione espressa dalla seguente formula:

$$D = 1 - \sum_{i=1} (p_i)^2$$

in cui $p_i = n_i/N$ essendo n_i il numero di individui di ciascuna i -esima specie, N il numero totale di individui e S è il numero di specie. Se $D \sim 0$ allora la comunità è molto omogenea; se $D \sim 1$ allora la comunità è molto eterogenea. Il computo matematico dell'indice di Simpson è stato effettuato attraverso il software PAST [13].

Le caratteristiche ecologiche dei molluschi dulciacquicoli e terrestri italiani sono disponibili nella letteratura scientifica [11]. Nel presente studio, si è realizzato un database nel quale a ciascuna specie è stato assegnato un codice in cui è indicato l'habitat specifico (o gli habitat) (Tabella 2) in accordo con la metodologia seguita in passato nello studio della malacofauna neolitica [5]. Le caratteristiche ecologiche della malacofauna collezionata nel 2007 sono state poi confrontate con quelle della malacofauna neolitica allo scopo di individuare differenze nelle preferenze di habitat che possano riflettere il risultato di cambiamenti ambientali occorsi in passato. Per la presentazione dei dati ecologici si è fatto uso del software Trixcel 1.0b elaborato da Julien Furrer nel 1996 e liberamente disponibile su internet.

Tabella 2: Tassonomia e habitat dei molluschi terrestri e dulciacquicoli dell'Isola di Pianosa raccolti nel 2007 dal MSNML. Legenda: C, campi; HA, erbaceo arido; HH, erbaceo umido; Litt, littorale; M, muri; N, numero di individui; P, prato; R, habitat roccioso; RC, substrato di roccia calcarea; W, bosco.

Famiglia	Genere e specie	N	habitat
Pomatiasidae			
	<i>Pomatias elegans</i> (O.F. Müller, 1774)	55	R, C, W
Hygromiidae			
	<i>Cerņuella</i> sp. cfr. <i>C. virgata</i> (Da Costa, 1778)	1	HH
	<i>Xerotricha apicina</i> (Lamarck, 1822)	86	P
	<i>Xerotricha conspurcata</i> (Draparnaud, 1801)	57	M, C
	<i>Xeromunda durei</i> (L. Pfeiffer, 1848)	5	Litt
	<i>Xeromunda</i> sp. cfr. <i>X. aradasi</i> (Pirajno, 1842)	1	Litt
	<i>Trochoidea trochoides</i> (Poiret, 1789)	52	HH
	<i>Trochoidea pyramidata</i> (Draparnaud, 1805)	11	HH
	<i>Trochoidea (Xeroclausa) meda</i> (Porro, 1840)	31	HA
	<i>Schileykiella</i> sp. cfr. <i>S. parlatoris</i> (Bivona, 1839)	1	R, RC
	indet.	9	
Helicidae			
	<i>Eobania vermiculata</i> (O.F. Müller, 1774)	48	HH, C
	<i>Theba pisana</i> (O.F. Müller, 1774)	3	HH, C
	<i>Cepaea nemoralis nemoralis</i> (Linnaeus, 1758)	2	HH, W, C
Ferrussaciidae			
	<i>Ferrussacia paulucciana</i> Pollonera, 1905	16	HH
	<i>Ferrussacia folliculus</i> (Gmelin, 1791)	3	RC
	Ferrussaciidae indet. cfr. <i>Ferrussacia</i> sp.	3	
	Ferrussacide indet.	5	
Cochlicellidae			
	<i>Cochlicella barbara</i> (Linnaeus, 1758)	19	HH
	<i>Cochlicella conoidea</i> (Draparnaud, 1801)	13	HH, Litt
	<i>Cochlicella acuta</i> (O.F. Müller, 1774)	94	RC, Litt
Clausiliidae			
	<i>Charpentieria (Itala) itala itala</i> (von Mertens, 1884)	11	R
	<i>Charpentieria</i> sp.	1	
	<i>Cochlodina incisa</i> (Küster, 1875)	5	C, V
	<i>Siciliaria (Stigmatica) paestana</i> (Rossmassler, 1836)	1	RC
	<i>Siciliaria (Stigmatica) maritima</i> Kleciak, 1875	17	RC
	<i>Papillifera</i> sp. cfr. <i>P. papillaris</i> (O.F. Müller, 1774)	1	M
	indet.	3	
Zonitidae			
	<i>Aegopis acies</i> (Férrussac, 1832)	12	W, M
	<i>Aegopis gemonensis</i> (Férrussac, 1832)	53	W, HH
indet.		4	

Risultati

Tassonomia

Lo studio della collezione malacologica terrestre e dulciacquicola realizzata a Pianosa nel 2007 ha rivelato la presenza di 7 famiglie, 17 generi e 25 specie (Tabella 2; Figura 2). Un totale di 608 reperti è stato determinato tassonomicamente (96,2% del totale) mentre 24 esemplari (3,8% del totale) sono rimasti indeterminati. La composizione tassonomica della fauna è presentata nella Tabella 2. La famiglia Cochlicellidae è rappresentata da 94 individui di *Cochlicella acuta* (O.F. Müller, 1774) e 19 di *Cochlicella barbara* (Linnaeus, 1758). La famiglia Hygromiidae risulta ben documentata con 86 individui assegnati a *Xerotricha apicina* (Lamarck, 1822), 31 a *Xeroclausa meda* e 57 a *Xerotricha conspurcata* (Lamarck, 1822). *Eobania vermiculata* (O.F. Müller, 1774) è la specie più rappresentativa della famiglia Helicidae essendo documentata da 48 individui. La famiglia Zonitidae è rappresentata da 53 individui di *Aegopis gemonensis* (A. Ferrussac, 1852); *Pomatias elegans* (O.F. Müller, 1774) è documentata da 52 esemplari (famiglia Pomatiasidae) e *Siciliaria maritima* Kleciak, 1875 da 11 (famiglia Clausilidae). Altre specie sono rappresentate da pochissimi esemplari (Tabella 2). In totale, le otto specie più abbondanti sono rappresentate da 476 individui e costituiscono circa i tre

quarti dell'intera associazione (75,31%) mentre le altre diciassette specie ne rappresentano un quarto (24,68%) (Fig. 3). In Tabella 3 vengono presentati i dati relativi alla malacofauna raccolta nel 2007 a Cala Giovanna in superficie. Informazioni sui molluschi neolitici sono invece disponibili in letteratura [5].

Solo 7 specie risultano condivise tra l'associazione attuale e quella neolitica di Cala Giovanna. Si tratta di *Xeromunda aradasi*, *Trochoidea trochoides*, *Xeroclausa meda*, *Eobania vermiculata*, *Pomatias elegans*, *Cochlicella acuta* e *Ferrussacia paulucciana*. Due altre specie già note nel Neolitico si ritrovano nella malacofauna di Pianosa: *Cepaea nemoralis* e *Cernuella virgata* rinvenute in località distanti da Cala Giovanna. Nel complesso, dunque, la malacofauna moderna di Pianosa risulta tassonomicamente diversa da quella neolitica in quanto esibisce 16 specie sconosciute nella malacofauna neolitica. Il fatto che la malacofauna attuale di Cala Giovanna condivida 14 specie con tutte le altre associazioni collezionate in altre 16 diverse località indica che non c'è particolare differenza nella composizione tassonomica delle varie comunità malacologiche dell'isola e suggerisce che l'intera fauna a molluschi di Pianosa abbia subito uno o più profondi rimodellamenti nel periodo intercorso dal Neolitico ad oggi.

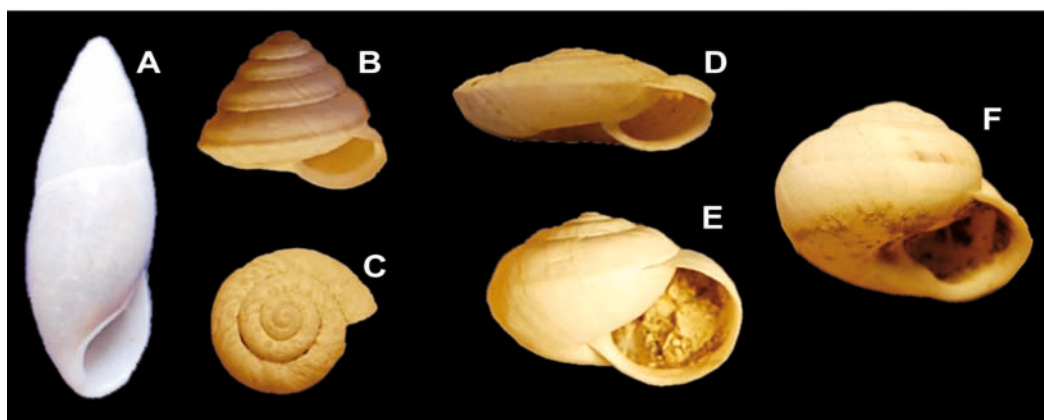


Figura 2: Alcuni dei molluschi più rappresentativi. A, *Ferrussacia paulucciana*; B, *Trochoidea trochoides*; C, *Xerotricha apicina*; D, *Aegopis gemonensis*; E, *Theba pisana*; F, *Eobania vermiculata*. Le immagini non sono in scala.

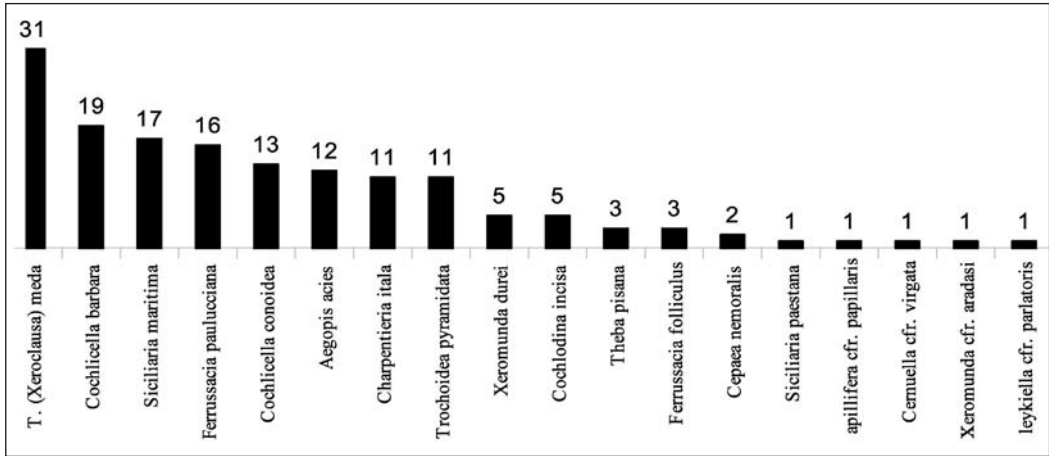


Figura 3: Abbondanza relativa delle diverse specie di molluschi dulciacquicoli e terrestri campionate a Pianosa nel 2007.

Ecologia

L'indice di Simpson calcolato sulla malacofauna dell'intera isola di Pianosa è 0,9152; questo valore esprime una notevole disomogeneità della composizione tassonomica e deriva dall'assenza di una singola specie dominante (Fig. 3, Tab. 2). Questa osservazione è giustificata dal fatto che le varie specie analizzate provengono da siti di campionamento che rappresentano i vari microhabitat dell'isola dove specie diverse dovrebbero essere localmente dominanti. Tuttavia, anche prendendo in esame la malacofauna di una singola località (Cala Giovanna), l'indice di Simpson risulta comunque molto alto (0,9043) suggerendo l'assenza di una specie dominante anche a livello locale. Utilizzando i dati in letteratura [5] è stato calcolato anche l'indice di Simpson della comunità neolitica di Cala Giovanna che è risultato essere pari a 0,5127. Questo dato si giustifica con il fatto che, nella malacofauna neolitica, *Eobania vermiculata* è rappresentata da 289 esemplari e risulta evidentemente la specie dominante in assoluto. Tuttavia, *E. vermiculata* è una specie edule e l'elevato numero di esemplari è ragionevolmente dovuto a trasporto antropico. Eliminando *E. vermiculata* dal database, il nuovo indice di Simpson calcolato per la malacofauna neolitica di Cala Giovanna è 0,9257, un valore che suggerisce assenza di dominanza specifica locale.

Le specie individuate hanno affinità per habitat diversificati. Nelle varie associazioni raccolte nel 2007 la componente malacologica legata ad ambienti aridi è di 15 specie mentre quella legata ad ambienti più umidi con vegetazione più o meno abbondante è di 21 specie (Fig. 4A). Nella malacofauna neolitica la situazione è diversa dato che ben 26 specie sono legate ad ambienti con vegetazione e solo 10 preferiscono habitat più aridi e con substrati rocciosi. L'associazione di Cala Giovanna messa in luce nel 2007 in superficie presenta solo 8 specie legate ad ambienti aridi e rocciosi e 17 ad habitat più umidi.

In Figura 4B le tre malacofaune prese in esame (Cala Giovanna Neolitica, Cala Giovanna attuale e tutta l'isola di Pianosa) vengono classificate in diagrammi triangolari in relazione ad una scansione ecologica più fine legata alle diverse tipologie di habitat con vegetazione abbondante: bosco, erbaceo (umido + arido + prato) e campo coltivato. Come si può osservare la componente erbacea è predominante nell'associazione neolitica mentre lo è di meno nella fauna attuale di Cala Giovanna. Nella Figura 4C, la componente rocciosa e arida viene analizzata più in dettaglio in un grafico triangolare in cui gli assi rappresentano: ambiente litorale, substrato roccioso (roccia generica + roccia calcarea) e muri. La componente legata ai muri (cioè alle costruzioni realizzate dall'uomo con pietra) è nulla nel-

Tabella 3: Tassonomia della malacofauna di Cala Giovanna Piano raccolta nel 2007 dal MSNML. Legenda: N, numero di individui.

Famiglia	Genere e specie	N
<i>Pomatiasidae</i>		
	<i>Pomatias elegans</i> (O.F. Müller, 1774)	31
<i>Hygromiidae</i>		
	<i>Xerotricha apicina</i> (Lamarck, 1822)	34
	<i>Xerotricha conspurcata</i> (Draparnaud, 1801)	13
	<i>Xeromunda</i> sp. cfr. <i>X. aradasi</i> (Pirajno, 1842)	1
	<i>Xeromunda durei</i> (L. Pfeiffer, 1848)	2
	<i>Trochoidea trochoides</i> (Poiret, 1789)	26
	<i>Trochoidea pyramidata</i> (Draparnaud, 1805)	10
	<i>Trochoidea (Xeroclausa) meda</i> (Porro, 1840)	10
	<i>Schileykiella</i> sp. cfr. <i>S. parlatoris</i> (Bivona, 1839)	1
<i>Helicidae</i>		
	<i>Eobania vermiculata</i> (O.F. Müller, 1774)	23
	<i>Theba pisana</i> (O.F. Müller, 1774)	3
<i>Ferrussacidae</i>		
	<i>Ferrussacia paulucciana</i> Pollonera, 1905	1
	<i>Ferrussacidae</i> indet. cfr. <i>Ferrussacia</i> sp.	11
	<i>Ferrussacia folliculus</i> (Gmelin, 1791)	3
	indet.	3
<i>Cochlicellidae</i>		
	<i>Cochlicella acuta</i> (O.F. Müller, 1774)	41
<i>Clausiliidae</i>		
	<i>Charpentieria (Itala) itala itala</i> (Von Martens, 1884)	4
	<i>Siciliaria (Stigmatica) maritima</i> Kleciak, 1875	7
	<i>Cochlodina incisa</i> (Küster, 1875)	3
	<i>Papillifera</i> sp. cfr. <i>P. papillaris</i> (O.F. Müller, 1774)	1
<i>Zonitidae</i>		
	<i>Aegopsis gemonensis</i> (Férrussac, 1832)	31

la malacofauna neolitica mentre aumenta sia nell'associazione attuale di Cala Giovanna che nell'intera malacofauna dell'isola. A Cala Giovanna attualmente la componente legata ad un substrato di roccia calcarea risulta inferiore rispetto al Neolitico e all'intera isola.

L'impatto antropico sull'isola si può osservare attraverso la diffusione di specie di molluschi legate ad ambienti che si sono formati a seguito di azioni di rimodellamento dell'isola effettuate dal popolamento umano. In Figura 4D si nota che la componente malacologica legata ad ambienti di campo coltivato, prato e muro è minore nell'associazione neolitica mentre risulta più consistente sia nella malacofauna attuale di Cala Giovanna che nel complesso dell'intera malacofauna di Pianosa dove il numero di specie legate ad habitat antropizzati è il doppio di quello neolitico.

Discussione e conclusioni

Il confronto tra la malacofauna neolitica e quella attuale ha messo in luce il fatto che solo una ridotta percentuale delle specie presenti 6.000 anni fa si ritrova ancora oggi sull'isola di Pianosa. Questa osservazione suggerisce che dal Neolitico ad oggi, profondi mutamenti ambientali abbiano modificato gli habitat dell'isola favorendo l'adattamento e la stabilizzazione di specie di molluschi con esigenze ecologiche diverse. Quello che si nota è un incremento del numero di specie legate ad ambienti aridi e a substrati rocciosi nelle comunità

attuali in parallelo con un aumento del numero di specie legate ad ambienti modellati dall'intervento umano attraverso pratiche di agricoltura, allevamento e costruzione di edifici in pietra. Non c'è dubbio, dunque, che l'azione antropica abbia

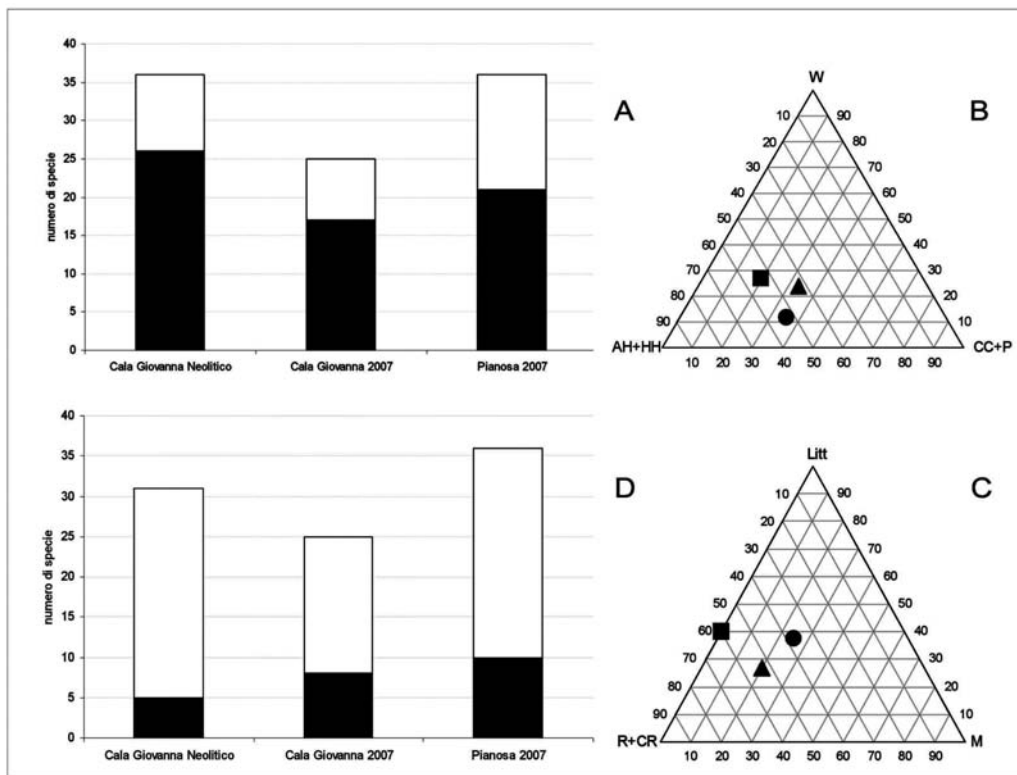


Figura 4: Analisi ecologiche. A, specie legate ad ambienti aridi (in bianco) vs. specie legate ad ambienti umidi (in nero). B, diagramma triangolare che classifica le tre malacofaune studiate in base alle caratteristiche delle specie legate ad ambienti umidi. C, diagramma triangolare che classifica le tre malacofaune studiate in base alle caratteristiche delle specie legate a substrati rocciosi e aridi. D, specie legate ad ambienti modellati dall'attività umana (in nero) vs. specie non legate a questo tipo di ambienti. Legenda: AH, erbaceo arido; HH, erbaceo umido; CC, campi; P, prati; W, boschi; R, substrato genericamente roccioso; CR, substrato composto da roccia calcarea; M, muri; Litt, littorale; ■, malacofauna neolitica di Cala Giovanna; ●, malacofauna attuale di Cala Giovanna raccolta nel 2007; ▲, malacofauna di Pianosa raccolta nel 2007.

avuto un effetto sulla composizione tassonomica della malacofauna terrestre e dulciacquicola di Pianosa. È ragionevole ritenere che pratiche di agricoltura primitiva caratterizzate da deforestazione seguita da sfruttamento e successivo abbandono del territorio abbiano favorito la formazione di prati (utilizzati per la pastorizia) e associazioni caratterizzate da piante erbacee più o meno legate alla presenza di ambienti umidi. Su questi territori, in varia misura originati attraverso un'azione antropica di vasta portata e di lunga durata, si sono insediate le specie di

molluschi terrestri e dulciacquicoli che risultano meglio rappresentate e che sono legate ad habitat erbacei e di prato. L'impatto della "Piccola età glaciale" e di altri cambiamenti climatici possono aver favorito la propagazione di habitat più aridi o caratterizzati da piante erbacee e l'affermazione di specie di molluschi legate a queste tipologie climatiche e ambientali.

La presenza di specie sconosciute nella malacofauna neolitica indica arrivi di malacofaune aliene in uno o più momenti negli ultimi 6.000 anni. I meccanismi attraverso i quali i mollu-

schi hanno raggiunto l'isola non possono essere chiariti facilmente dato che con ogni probabilità modificazioni del livello del mare, zattere naturali e trasporto attraverso imbarcazioni hanno agito congiuntamente e hanno permesso arrivi a più riprese. Una indagine biogeografica estesa a tutte le specie di molluschi terrestri e dulciacquicoli italiani (attualmente in corso da parte di MB ed EC) dovrebbe fornire indicazioni più precise sulle aree di partenza delle specie presenti attualmente per permettere una ricostruzione attendibile dei tempi e dei modi della colonizzazione malacologica dell'isola di Pianosa.

Ringraziamenti

Questo articolo rappresenta una parte della tesi per la laurea triennale in Scienze Ecologiche e della Biodiversità di AR (Università di Pisa) che è stata svolta presso il Museo di Storia Naturale del Mediterraneo di Livorno. AR ringrazia la Dott. Anna Roselli (MSNML) e il Prof. Alberto Castelli (Università di Pisa) per l'aiuto fornito durante la preparazione della tesi. In questo studio: EC e ABL hanno effettuato le missioni di raccolta a Pianosa e hanno contribuito alla discussione, AR e MB hanno determinato le specie, MB ha effettuato le analisi, ha contribuito alla discussione e scritto l'articolo.

Bibliografia

- [1] F. Giusti, Lav. Soc. Ital. Biogeogr. 1970.
- [2] F. Giusti, Lav. Soc. Ital. Biogeogr. 1976, 5: 99.
- [3] E. Carnieri, B. Zamagni, La malacofauna marina di Pianosa, Cala Giovanna Piano. In Les premier peuplements olocenes de l'aire Corso-Toscane. Edizioni ETS, Pisa: 2000.
- [4] M. Bisconti M., Malacologia del sito di Cala Giovanna Piano: paleoecologia, paleobiogeografia e prelievo antropico. In Préhistoire et protohistoire de l'aire tyrrhénienne. Felici Editore. Pisa: 2007.
- [5] M. Bisconti, B. Zamagni, Elementi di parure e pseudomanufatti da Cala Giovanna Piano: conchiglie, pietra e osso. In Préhistoire et protohistoire de l'aire tyrrhénienne. Felici Editore. Pisa: 2007.
- [6] A. C. Colonese, P. Viveri, S. Troelstra, La stagionalità di raccolta di *Osilinus turbinatus* (von Born, 1778 Gastropoda). In Préhistoire et pro-

tohistoire de l'aire tyrrhénienne. Felici Editore. Pisa: 2007.

[7] E. Carnieri, M. Bisconti, Modificazioni ambientali e faunistiche durante l'Olocene sull'Isola di Pianosa (Arcipelago Toscano, Italia): le evidenze malacologiche. In Codice Armonico 2008. Edizioni ETS. Pisa: 2008.

[8] O. Negra, G. Z. Lipparini, Preist. Alp. 2004, 40(S1): 9.

[9] O. Negra, G. Z. Lipparini, La chiocciola che non c'è. In Dentro la conchiglia. Museo Tridentino di Scienze Naturali. Trento: 2003.

[10] F. Haas, Fauna malacológica terrestre y de agua dulce de Cataluña. Museu de Zoologia. Barcelona: 1991.

[11] T. Cossignani, V. Cossignani, Atlante delle conchiglie terrestri e dulciacquicole italiane. L'Informatore Piceno. Ancona: 1995.

[12] D.A.T. Harper, Numerical Paleobiology. Wiley, San Francisco: 1999.

[13] Ø. Hammer, D.A.T. Harper, P. D. Ryan, Palaeont. Electr. 2001, 4: 1.

Diagnosi molecolare degli agenti di carie del legno: dalla teoria alla pratica

Alessandra Francini, Elisa Pellegrini e Cristina Nali*

Parole chiave: Funghi fitopatogeni, PCR, verde urbano

Molte crittogame sono responsabili del deperimento, della compromissione della stabilità e della morte di specie arboree forestali e ornamentali; la loro azione degenerativa risulta favorita da specifiche condizioni chimico-fisiche e biologiche che costituiscono una forma di stress assai complessa e multifattoriale. I quadri patologici che si delineano risultano per questo molto articolati e non facilmente riconducibili ai “classici” casi di malattie e avversità non parassitarie ormai note in letteratura. La maggior parte di questi organismi, sebbene sia riconducibile al phylum dei Basidiomycota, è difficilmente identificabile in virtù del fatto che i corpi fruttiferi sono generalmente assenti o compaiono solo sporadicamente o tardivamente. Resta il fatto che la diagnosi visiva è difficile, poichè le odierne chiavi di riconoscimento analitiche sono basate (a) sugli aspetti macroscopici del basidioma e soprattutto (b) su quelli microscopici relativi al sistema ifale, alle spore e alle strutture imeniali, oltreché (c) sulla reazione delle strutture fungine a particolari sostanze.

Dal momento che la biologia e l'ecologia degli agenti causali sono variabili, la loro identificazione risulta essenziale, perché consente di prevedere la velocità di degradazione, la diffusione all'interno della pianta infetta e il rischio di contagio tra soggetti vicini. Da qui l'esigenza di sviluppare nuovi approcci che comportano l'utilizzo di tecniche di biologia molecolare basate sull'estrazione del DNA fungino a partire da frammenti di legno, campioni di segatura o carpofori anche in cattivo stato di conservazione. Il metodo molecolare basato sulla PCR (Polymerase Chain Reaction) prevede il disegno di primer in grado di riconoscere catene di DNA dei funghi cariogeni direttamente da porzioni di corpo fruttifero o da matrice legnosa infetta.

*Ad oggi, il nostro gruppo di ricerca ha sequenziato un frammento di 604 paia di basi (pb) ottenuto dall'amplificazione di DNA lineare di *Fomes fomentarius* cresciuto su *Quercus ilex*. La GenBank accession è JF927882 e la sequenza è scaricabile dal sito <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/>.*

Introduzione

Con il termine “carie” si intende l'insieme delle degradazioni operate da funghi a carico delle pareti cellulari lignificate, attraverso l'attività di enzimi che inducono la progressiva perdita delle proprietà fisico-mecchaniche del legno. Comunemente ne vengono distinte tre tipologie: bianca, bruna e soffice, in relazione alle strutture demolite.

Nelle carie bianche (o distruttive), particolarmente diffuse nelle latifoglie, il legno, pur mantenendo per lungo tempo la propria elasti-

rità, assume una colorazione biancastra a causa dell'azione di agenti fungini che degradano progressivamente (prima la lignina e poi la cellulosa) in maniera più o meno selettiva tutti i costituenti della parete. Nella carie bruna (o cubica), invece, l'azione di disfacimento è rivolta principalmente verso i carboidrati, lasciando la lignina sostanzialmente inalterata, conferendo così al legno un colore brunastro. In molti casi, la matrice colpita perde resistenza alla compressione e alla flessione, aumenta la propria permeabilità e si ritira fessurandosi secondo piani ortogonali in piccoli parallelepipedi o cubetti privi di consi-

stenza. Infine, nelle carie soffici sono le cellulose e le emicellulose ad essere distrutte dall'azione di enzimi digestivi extracellulari [1].

Con l'eccezione di pochi ascomiceti (*Ustilina*, *Xylaria*, *Chaetomium*), tutti i funghi agenti di carie sono basidiomiceti appartenenti agli ordini degli *Agaricales*, *Hymenochaetales*, *Polyporales* e *Russulales*. Attualmente esistono chiavi di riconoscimento analitiche basate sulle caratteristiche macroscopiche del basidioma – e soprattutto sugli aspetti microscopici relativi al sistema ifale, alle spore e alle strutture imeniali, oltreché sulla reazione delle strutture fungine a particolari sostanze – che, spesso, sono utilizzate per diagnosi visive. Schede di descrizione dei patogeni, corredate da sistemi semplificati per il riconoscimento e fornite insieme a manuali di campo di patologia delle piante urbane o di valutazione della stabilità [2], permettono di giungere ad una prima identificazione a livello di genere. Altre, basate sulle loro connotazioni ecologiche, sono considerate assai aleatorie, in quanto pochissimi tra questi si distinguono, ad esempio, per una spiccata preferenza d'ospite. D'altra parte, esistono svariate ragioni che imporrebbero, anche nell'arboricoltura urbana e nel *Visual Tree Assessment* (VTA), l'individuazione della crittogama. Sebbene, il VTA permetta di evidenziare piante a rischio di schianto in virtù di specifiche anomalie strutturali a carico del fusto, della chioma e/o del colletto, questo non consente di diagnosticare il fattore eziologico nelle fasi incipienti del processo infettivo, in modo particolare in condizioni di assenza di corpi fruttiferi che, generalmente, compaiono solo sporadicamente o tardivamente. Dal momento che la biologia e l'ecologia di questi funghi sono variabili, il loro riconoscimento risulta importante, in quanto consente di prevedere la rapidità di degradazione, la diffusione all'interno della pianta malata e il rischio di contagio tra individui vicini.

Il comportamento degli agenti di carie, in termini di aggressività, può cambiare considerevolmente anche tra specie appartenenti allo stesso genere [3]. La penetrazione avviene tramite ferite, in particolare su soggetti per qualche motivo indeboliti. Questi preoccupanti fenomeni degenerativi sono favoriti da condizioni che costituiscono una forma di *stress* assai complesso e multifattoriale, al quale contribuiscono parametri chimici, fisici e biologici. I quadri patologici

che si delineano risultano articolati, non facilmente riconducibili ai “classici” casi di fitopatie e avversità non parassitarie.

La fase di colonizzazione della matrice legnosa avviene per un periodo più o meno lungo, senza che nulla si manifesti all'esterno; a tal proposito possono trascorrere numerosi anni prima che compaiano i corpi fruttiferi. Spesso la presenza dei carpofori coincide con quella di carie molto estese, con conseguente impossibilità di salvare l'ospite. L'aggressività varia da una specie fungina all'altra e viene esaltata dallo stato generale e dalle condizioni di vitalità dell'albero; è facilmente intuibile, quindi, come soggetti che lottano contro condizioni ambientali negative siano più suscettibili.

È importante ricordare che l'identificazione dei funghi a livello specifico spesso è resa difficile dalla corrispondenza di molti caratteri morfologici tra specie diverse e dal loro cambiamento a seconda della fase di accrescimento. Il tutto è ulteriormente complicato dai lunghi tempi di lavoro e dalla frequente contaminazione del campione di legno con organismi “inquinanti”. Tra le tecniche di biologia molecolare che si sono rivelate utili e facilmente applicabili allo studio e alla determinazione di agenti di carie, possiamo senza dubbio riportare quelle che permettono di (a) estrarre il DNA genomico, (b) isolare e/o amplificare specifiche porzioni bersaglio della catena oligonucleotidica e (c) definirne la composizione (mediante il sequenziamento).

Nell'approccio molecolare il primo passaggio prevede l'estrazione del DNA in quantità adeguate e con un elevato grado di purezza. Ciò è facilitato dall'esistenza in commercio di *kit* che permettono di estrarre DNA da minime quantità (0,2-5 mg) di campione per le successive reazioni di amplificazione *in vitro* mediante la tecnica della Reazione a Catena della Polimerasi (PCR, *Polymerase Chain Reaction*). Per mezzo

gli autori

Dipartimento di Coltivazione e Difesa
delle Specie Legnose “Giovanni Scaramuzzi”,
Università di Pisa,
Via del Borghetto, 80, 56124 Pisa
*e-mail: cristina.nali@agr.unipi.it

di questa metodologia è possibile amplificare sequenze bersaglio con elevata specificità e in tempi brevi attraverso l'utilizzo di *primer* (corto filamento di DNA che serve come punto d'innescio per la replicazione) la cui funzione è quella di ibridarsi a un tratto specifico del filamento con sequenza complementare, creando un segmento di DNA a doppia elica che sarà riconosciuto come substrato della successiva reazione di polimerizzazione [4].

Per quanto riguarda i funghi cariogeni, i geni del DNA ribosomale e le rispettive porzioni intergeniche (ITS, *Internal Transcribed Spacer*) costituiscono il *target* di queste reazioni. Nelle fasi successive, è possibile determinare la composizione in basi dei singoli frammenti amplificati per poi procedere all'analisi delle omologie tra queste sequenze e quelle dei genomi già noti depositate nelle banche dati internazionali, identificandone così il genere e/o la specie.

Sono questi i nuovi approcci per la patologia vegetale che vedono l'utilizzo di tecniche di biologia molecolare basate sull'estrazione del DNA fungino a partire da legno infetto, campioni di segatura, carote prelevate con il succhiello di Pressler e da carpofori, anche in cattivo stato di conservazione [5]. Una corretta diagnosi può aiutare a formulare una prognosi al fine di impostare adeguate strategie di contenimento e di definire, con maggior cognizione, i tempi di ricontrollo dell'albero e, quindi, la classe di propensione al cedimento in cui l'individuo deve essere inserito.

Dati sperimentali

Reperimento del materiale vegetale e fungino

Il materiale utilizzato è stato prelevato da piante in contesto urbano nel territorio pisano. All'interno dell'area di studio, sono stati selezionati esemplari di *Quercus ilex* che presentavano corpi fruttiferi ben evidenti di basidiomiceti.

I carpofori sono stati inizialmente disinfettati superficialmente mediante immersione in acqua ossigenata al 10% per 15 minuti, successivamente risciacquati sotto cappa con acqua sterile e posti ad asciugare su carta da filtro sterile. Frammenti di questi sono stati opportunamente lisati in modo da ottenere il DNA genomico mediante il metodo CTAB (bromuro di cetiltrimetilam-

monio), come descritto da Doyle e Doyle [6]. Brevemente, la procedura prevede la macinatura del campione (0,1 g) con tampone di estrazione CTAB 3% + 2% di metabisolfito preriscaldato a 60°C. Dopo un'incubazione di 30 minuti a 60°C, alla sospensione è stato aggiunto cloroformio-isoamilalcol (24:1). Dopo agitazione di 2 minuti e successiva centrifugazione (10000 g) a temperatura ambiente, la fase acquosa è stata prelevata e trasferita in una nuova provetta, dove il DNA è stato fatto precipitare con 50 µl di acetato di sodio 7,5 M e 500 µl etanolo a -20°C per 60 minuti. In seguito a centrifugazione (10000 g) per 30 minuti a 4°C, il surnatante è stato scartato e il *pellet* di DNA è stato lavato con etanolo al 70%, trasferito in una provetta da 1,5 ml e poi asciugato sotto cappa. Infine, il DNA è stato risospeso in 100 µl di acqua sterile e posto a -20°C per la sua conservazione. Il DNA così ottenuto è stato processato mediante PCR. Le reazioni di PCR per l'amplificazione delle regioni nucleari ribosomali ITS sono state eseguite con gli oligonucleotidi ITS4 (TCCTCCGCTTATTGATATGC) e ITS1 (CTTGGTCAATTAGAGGAAGTAA), come riportato da White *et al.* [7]. L'operazione è stata condotta utilizzando le seguenti condizioni: iniziale denaturazione a 95°C per 15 minuti; 35 cicli (a 95°C per 15 secondi, 55°C per 20 secondi e 72°C per un minuto); infine, un'ulteriore *step* a 72°C per 5 minuti. In Figura 1 è schematizzata la localizzazione di appaiamento dei *primer* scelti per l'amplificazione dell'ITS.

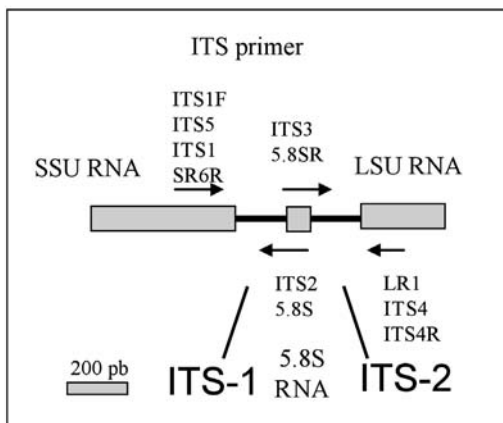


Figura 1: Schema di localizzazione di appaiamento dei primer scelti per l'amplificazione dell'ITS.

Tutte le amplificazioni sono state condotte utilizzando un termociclatore *RotorGene* 6000 (Qiagen). Per le reazioni sono state utilizzate le concentrazioni finali di seguito riportate: *Hot Start Taq* polimerasi, 0,025 unità; $MgCl_2$, 50 mM, 1 mM; PCR *buffer* 10x, 1x; dNTPs (2,5 mM), 150 μ M; DNA, 2 ng; *Primer*, 20 pmol; acqua fino a 50 μ l.

Analisi dei risultati mediante indagine elettroforetica in gel d'acrilammide

I frammenti amplificati sono stati sottoposti a corsa elettroforetica in *gel* di poliacrilammide non-denaturante all'1% in TAE 1X (40mM Tris-acetato, 1mM EDTA), utilizzando 20 μ l di campione e 5 μ l di *loading buffer*. L'elevato potere risolutivo di tali *gel* permette di distinguere frammenti di DNA che differiscono anche leggermente in peso (e quindi anche in lunghezza, poiché quello più lungo è anche più grande e quindi più pesante). È stata, poi, applicata una differenza di potenziale di 100 V per 30 minuti. I *gel* sono stati, infine, colorati con SYBR® *Green I Nucleic Acid Gel Stain* e visualizzati in transilluminatore UV (a 260 nm) *Fire Reader* D55 (UVtech). I frammenti amplificati sono stati purificati secondo il protocollo di Vogelstein e Gillespie [8], utilizzando il *kit* QIAquick *Gel Extraction* (Quiagen). Il *gel* di agarosio è stato, a tal fine, tagliato in corrispondenza delle bande individuate e messo in provette, dopo averlo pesato. Il sequenziamento è stato effettuato presso i laboratori della BMR-Genomics dell'Università degli Studi di Padova. Le sequenze ottenute sono state sottoposte ad analisi BLAST (*Basic Local Alignment Search Tool*).

Risultati

Il DNA genomico ottenuto da porzioni di carpofori di basidiomiceti attraverso il metodo CTAB è mostrato in Figura 2.

Al fine di migliorare la resa estrattiva si è proceduto con la purificazione delle bande utilizzando il *kit* QIAquick *Gel Extraction* (Quiagen) e alla quantificazione con BioPhotometer plus (Eppendorf); ciò ha permesso di ottenere la quantità sufficiente di DNA da utilizzare come stampo per l'amplificazione delle regioni ITS. In questo modo, sono stati ottenuti 4 ng μ l⁻¹ di DNA proveniente da carpoforo ascrivibile al genere

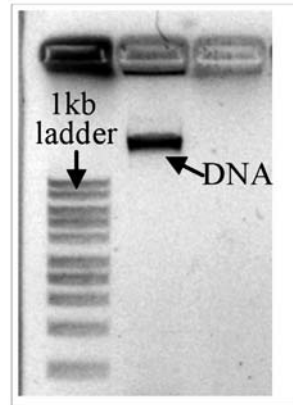


Figura 2: Esempio di DNA genomico isolato dal carpoforo di basidiomicete.

Fomes. L'amplificazione delle regioni ITS con *primer* specifici ITS1 e ITS4 ha fornito una banda compresa tra le 700 e le 600 pb (Figura 3), che è stata purificata e successivamente sequenziata (Figura 4); si è quindi proseguito nelle successive analisi di omologia in banca dati. Così è stato possibile identificare un frammento di 604 pb ottenuto dall'amplificazione di DNA lineare di *Fomes fomentarius* cresciuto su *Q. ilex*. Il *GenBank* accession è JF927882 e la sequenza è scaricabile dal sito: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/>.

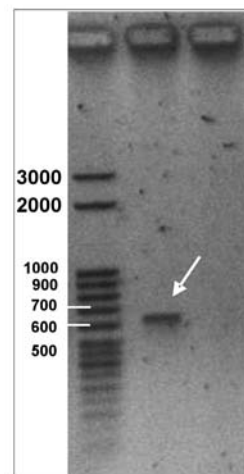


Figura 3: Amplificato ITS (freccia bianca) proveniente da DNA genomico compreso in un range tra 700 e 600 pb, come evidenziato dal confronto con la scala di riferimento.

```

TCCTCCGCTTATTGATATGCTGCTGGGTTGTAGCTGGCCTTCGAGGCATGTGCACGCC
CTGCTCATCCACTCTACACCTGTGCACTTACTGTGGGATTTACAGGTGCGTCGCTTTGCG
GCGGCGTCACTCGGCCACGTTTTCTTTACAACTATTGAAGTAACAGAATGTTTATTG
ATGTAACGCATCTATAATAACAACCTTTCAGCAACGGATCTCTTGGCTCTCGCATCGATGA
AGAACGCAGCGAAATGCGATAAGAATGTGAATTGCAGAATTCAGTGAATCATCGAATC
TTTGAACGCACCTTGCCTCTTGGTATTCCGAGGAGCATGCCTGTTTGAGTGTGCATGA
AATTCTCAACCTATAAACTTTTGCGGGTTTGTAGGGTTGGCTATTGGAGGCTTTTGCTG
GCCCTCGTTTGAGTCACTCCTCTCAAATGCATTAGCTTGGTTCCCTTGC GGATCGGCTG
TCGGTGTGATAATGTCTACGCCGCGACCGTGAAGCGTTTGGAGAGCTTCTAATGGTCTC
GTCAGAGACAGCTTTTATGAACTCTGACCTCAAATCAGGTAGGACTACCCGCTGAACTT
AAGCATAACAGAACCGTAATCTCCTTCATT

```

Figura 4: Sequenza del frammento di 604 pb ottenuto dall'amplificazione di DNA lineare di *Fomes fomentarius*. Sono sottolineati i siti di appaiamento dei primer utilizzati.

Conclusioni

Le tecniche di biologia molecolare riportate in questo lavoro si basano sull'analisi delle sequenze specie-specifiche del DNA ribosomale di genomi fungini. In questi ultimi anni un notevole apporto alle biotecnologie è stato fornito dalla bioinformatica che ha permesso la realizzazione di banche dati internazionali ed ha creato *software* e la metodologia necessaria per poter consultare questa enorme massa di informazioni sul DNA genomico di numerosi microrganismi, permettendo la realizzazione di allineamenti genomici e di numerosi studi di filogenesi molecolare.

Rispetto alle classiche metodologie microbiologiche di coltura, le tecniche molecolari (a) forniscono una visione più realistica delle popolazioni presenti su/negli alberi, permettendo la determinazione anche delle specie che non possono essere identificate *in vitro*, ma soprattutto (b) possono essere applicate anche quando il degrado non è ancora visibile. Da questo punto di vista, tali metodiche si rivelano essenziali anche per una diagnosi precoce del processo di deterioramento indotto dai funghi ancor prima della comparsa dell'effetto macroscopico.

Ringraziamenti

Le attività sperimentali sono state svolte nell'ambito di una convenzione tra Università di Pisa e Comune di San Giuliano Terme.

Bibliografia

- [1] P.M. Kirk, P.F. Cannon, D. Stalpers, Ainsworth and Bisby's dictionary of the fungi. CAB International, Wallingford, UK: 2001.
- [2] M. Intini, A. Panconesi, C. Parrini, Malattie delle alberature in ambiente urbano. CNR-IPAF, Firenze: 2000.
- [3] F.W.M.R. Schwarze, S. Baum, *New Phytol.* 2000, 146:129.
- [4] M. Gardes, T.D. Bruns, *Mol. Ecol.* 1993, 2: 113.
- [5] G. Nicolotti, P. Gonthier, F. Guglielmo, M.M. Garbelotto, *Arboric. Urban For.* 2009, 35: 14.
- [6] J.J. Doyle, J.L. Doyle, *Phytochem. Bull.* 1987, 19: 11.
- [7] T.J. White, T. Bruns, S. Lee, J.W. Taylor, Amplification and direct sequencing of fungal ribosomal RNA genes for phylogenetics. In: PCR protocols: a guide to methods and applications. Academic Press, New York: 1990.
- [8] B. Vogelstein, D. Gillespie, *Proc. Natl. Acad. Sci. USA.* 1979, 76: 615.

Distribuzione di *Atyaephyra desmarestii* (Millet, 1831) e *Palaemonetes antennarius* (H. Milne Edwards, 1837) (Crustacea: Decapoda) in Toscana e Liguria

Gianna Innocenti*¹ & Simone Cianfanelli¹

Parole chiave: Crustacea Decapoda, corologia, Toscana, Liguria

La distribuzione sul territorio italiano dei decapodi autoctoni d'acqua dolce risulta incompleta e per alcune specie è spesso carente. In particolare, le conoscenze sulla effettiva corologia delle due specie di "gamberetti di fiume" appartenenti alla superfamiglia Caridea: Atyaephyra desmarestii (Millet, 1831) (Famiglia Atyidae) e Palaemonetes antennarius (H. Milne Edwards, 1837) (Famiglia Palaemonidae), risultano inadeguate, pur essendo entrambe di interesse faunistico e protette dalla normativa regionale. A livello locale è emblematico il caso di A. desmarestii che è nota per la Toscana nella Checklist e distribuzione della Fauna d'Italia (2005), per un solo rilevamento risalente al 1913 e alcun dato per la Liguria. Un così esiguo numero di segnalazioni per questa specie potrebbe dipendere da errate determinazioni, infatti è possibile sia stata scambiata con il più comune P. antennarius. Scarsi sono comunque anche i dati su P. antennarius con poche segnalazioni per la Toscana. Questi due decapodi, importanti indicatori biologici, un tempo venivano considerati specie comuni in Italia ma attualmente sono annoverate tra le specie vulnerabili. L'inquinamento delle acque, la distruzione degli habitat acquatici e le sempre più frequenti interazioni con specie alloctone come il Procambarus clarkii, specie invasiva ormai capillarmente diffusa in molte aree della Toscana e Liguria, sono le principali cause di minaccia per questi due crostacei d'acqua dolce. Con questo contributo si forniscono nuovi dati sulla distribuzione in Toscana e Liguria, indispensabili per intraprendere auspicabili azioni di tutela per queste due interessanti specie.

Introduzione

In Italia sono presenti 15 specie di Crostacei Decapodi d'acqua dolce. Oltre al granchio di fiume *Potamon fluviatile* (Herbst 1785), ai gamberi di fiume *Austropotamobius pallipes* complex (in Italia il taxon *A. pallipes* appare attualmente costituito da due differenti linee evolutive, *A. pallipes* nell'area nord-occidentale, *A. italicus* nel resto della penisola; in attesa di una conferma definitiva, viene utilizzata la dizione *A. pallipes* complex [1, 2]), *Austropotamobius torrentium* (Schrank 1803), *Astacus astacus* (Linnaeus 1758), e ai gamberi alloctoni *Astacus leptodactylus* Eschscholtz 1823, *Pacifastacus leniusculus*,

(Dana 1852), *Orconectes limosus* (Rafinesque 1817), *Procambarus clarkii* (Girard 1852), *Procambarus* sp., *Cherax destructor* Clark 1936 e *C. quadricarinatus* von Martens 1868 [3, 4, 5, 6, 7, 8], sono presenti 4 specie di gamberetti d'acqua dolce: *Atyaephyra desmarestii* (Millet 1831), *Palaemonetes antennarius* (H. Milne Edwards 1837), *Troglocaris anophthalmus anophthalmus* (Kollar 1848), *Typhlocaris salentina* Caroli 1924 (Fig. 1). Delle 10 specie di gamberi solo 3 sono autoctone, mentre le altre (*A. astacus*, *A. leptodactylus*, *O. limosus*, *P. leniusculus*, *P. clarkii*, *Procambarus* sp., *Cherax destructor* e *C. quadricarinatus*) sono non indigene, più o meno invasive con la loro distribuzione dettagliatamente mappata [2, 8] (Tab. 1).

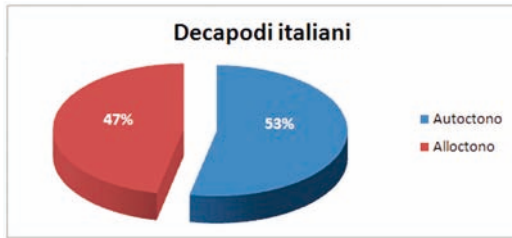


Figura 1: Percentuale di specie di Decapodi alloctoni e autoctoni in Italia.

gli autori

¹ Museo di Storia Naturale dell'Università di Firenze, Sezione di Zoologia "La Specola", via Romana, 17, 50125 Firenze
 gianna.innocenti@unifi.it,
 simone.cianfanelli@unifi.it

* gianna.innocenti@unifi.it

Tabella 1: Le specie di Decapodi italiani autoctone e alloctone e loro distribuzione in Italia (secondo Froggia (1995): N=Nord, C=Centro, S=Sud, Si=Sicilia, Sa=Sardegna) e per regioni.

Specie	Indigena / Alloctona	Distribuzione	Regioni
<i>Atyaephyra desmarestii</i>	I	N C S Si Sa	Veneto, Toscana, Umbria, Lazio, Campania, Basilicata, Sicilia, Sardegna
<i>Troglocaris anophthalmus anophthalmus</i>	I	N	Friuli V.G.
<i>Palaemonetes antennarius</i>	I	N C S Si Sa	Lombardia, Veneto, Friuli V.G., Emilia Romagna, Toscana, Marche, Umbria, Lazio, Campania, Puglia, Basilicata, Sicilia, Sardegna
<i>Typhlocaris salentina</i>	I	S	Puglia
<i>Astacus astacus</i>	I	N	Trentino - Veneto
<i>Astacus leptodactylus</i>	A	C	Toscana - Umbria - Lazio
<i>Austropotamobius pallipes complex</i>	I	N C S	Piemonte, Lombardia, Trentino A.A., Veneto, Friuli V.G., Emilia Romagna, Liguria, Toscana, Marche, Umbria, Lazio, Molise, Campania, Basilicata, Calabria
<i>Austropotamobius torrentium</i>	I	N	Friuli
<i>Pacifastacus leniusculus</i>	A	N	Trentino A.A.
<i>Orconectes limosus</i>	A	N C	Piemonte, Lombardia, Trentino A.A., Veneto, Emilia Romagna, Umbria, Lazio
<i>Procambarus clarkii</i>	A	N C S Si Sa	Piemonte, Lombardia, Veneto, Friuli V.G., Emilia Romagna, Liguria, Toscana, Marche, Umbria, Lazio, Basilicata, Sicilia, Sardegna
<i>Procambarus</i> sp.	A	C	Toscana
<i>Cherax destructor</i>	A	C	Lazio
<i>Cherax quadricarinatus</i>	A	C	Lazio
<i>Potamon fluviatile</i>	I	N C S Si	Lombardia, Veneto, Emilia Romagna, Liguria, Toscana, Marche, Umbria, Lazio, Campania, Basilicata, Puglia, Calabria, Sicilia

Fra le specie autoctone, alcune sono endemiche o con areali limitati a zone di confine (*Astacus astacus* in Trentino e Friuli; *Troglocaris anophthalmus anophthalmus* e *Austropotamobius torrentium* si ritrovano solo in Friuli; *Typhlocaris salentina* è specie endemica in grotte pugliesi). Le altre specie indigene hanno invece un ampio areale, di recente dettagliatamente aggiornato per *A. pallipes* [2] e mappato con dati di letteratura nel caso di *A. desmarestii* e *P. antennarius* per i quali risulta comprendere non solo la parte continentale e peninsulare d'Italia ma anche Sicilia e Sardegna [3, 4, 5, 9]. Nonostante l'ampia distribuzione di *A. desmarestii* e *P. antennarius* in Italia, i dati di raccolta effettivi sono puntiformi e piuttosto scarsi. Le segnalazioni qui presentate permettono di definire meglio, per la Liguria e la Toscana, la distribuzione di queste due specie di Decapoda Caridea.

Risultati

Le specie

Ordine Decapoda
 Infraordine Caridea
 Superfamiglia Atyoidea
 Famiglia Atyidae

Atyaephyra desmarestii (Millet 1831)

Dimensioni: fino a 40 mm di lunghezza, dalla punta del rostro all'estremità del telson, i maschi sono di dimensioni inferiori rispetto alle femmine. Colore: verdastro scuro (per ulteriori dati morfologici vedi le guide di Cottiglia e Froglià [3, 9]).

La specie è caratterizzata da un rostro rettilineo, con 23-33 spine lungo il margine dorsale e da 0 a 10 denti sul margine ventrale (Fig. 2 D-F). È una specie d'acqua dolce che popola principalmente laghi o corsi d'acqua lenti, con abbondante vegetazione acquatica, talvolta è raccolta in canali e fossati di drenaggio. Si nutre di detriti organici e vegetali.

A. desmarestii è originaria dell'area mediterranea, dal Nordafrica (Marocco, Algeria, Tunisia) al Medio Oriente (Israele, Siria, Iran, Iraq) all'Europa meridionale (Portogallo, Spagna, Francia, Albania, Croazia, Grecia, Turchia), con alcune sottospecie. In Italia è presente al nord

solo in Friuli, in laghi e fiumi del versante Tirrenico (Toscana, Umbria, Lazio, Campania, Basilicata), ed inoltre in Sardegna e Sicilia [5, 10, 11, 12, 13, 14, 15]. La specie era talvolta utilizzata come esca [3].

In Toscana la specie risultava conosciuta per un solo dato museale risalente a raccolte effettuate nel 1913, questo materiale, che è conservato presso il Museo di Storia Naturale, Sezione di Zoologia "La Specola" dell'Università di Firenze, è stato confermato tramite una recente revisione. Nella CKMap [5] *A. desmarestii* non risultava in Liguria.

Ricerche recenti hanno permesso il rinvenimento della specie in altre località in Toscana, in provincia di Pisa, Siena e Grosseto (Fig. 4 A, Tab. 2). La specie è stata ritrovata da una quota fra 110 m e 190 m s.l.m. Grazie ai rilevamenti di ARPAL in Liguria, la specie è stata ritrovata sia nella zona di ponente (provincia di Savona) sia in quella di levante (province di Genova e La Spezia), dove è stata raccolta da 1 a 12 m s.l.m., vicino alle foci di fiumi. La stessa preferenza a popolare habitat salmastri è stata osservata anche in Croazia nel delta del fiume Neretva [16].

A. desmarestii è una specie introdotta in alcuni paesi del centro Europa: Belgio, Olanda, Danimarca, Germania [15] e Cecoslovacchia [17].

Ordine Decapoda
 Infraordine Caridea
 Superfamiglia Palaemonoidea
 Famiglia Palaemonidae

Palaemonetes antennarius (H. Milne Edwards 1837)

Dimensioni: fino a 45 mm, gli individui maschi sono generalmente più piccoli delle femmine (per ulteriori dati morfologici si rimanda alle guide di Cottiglia e Froglià [3, 9]).

Colore: trasparente, grigio-verdastro con cromatofori visibili (Fig. 4).

P. antennarius è caratterizzato a da un rostro a sciabola con 5-7 denti sul margine superiore e 2-3 su quello inferiore (Fig. 2 A-C).

È una specie eurialina, che vive sia in fiumi e laghi d'acqua dolce sia in zone salmastre, quali lagune ed estuari, tra la vegetazione di acque calme o debolmente correnti. Si nutre principalmente di prede animali vive e/o morte e di detriti vegetali [18].

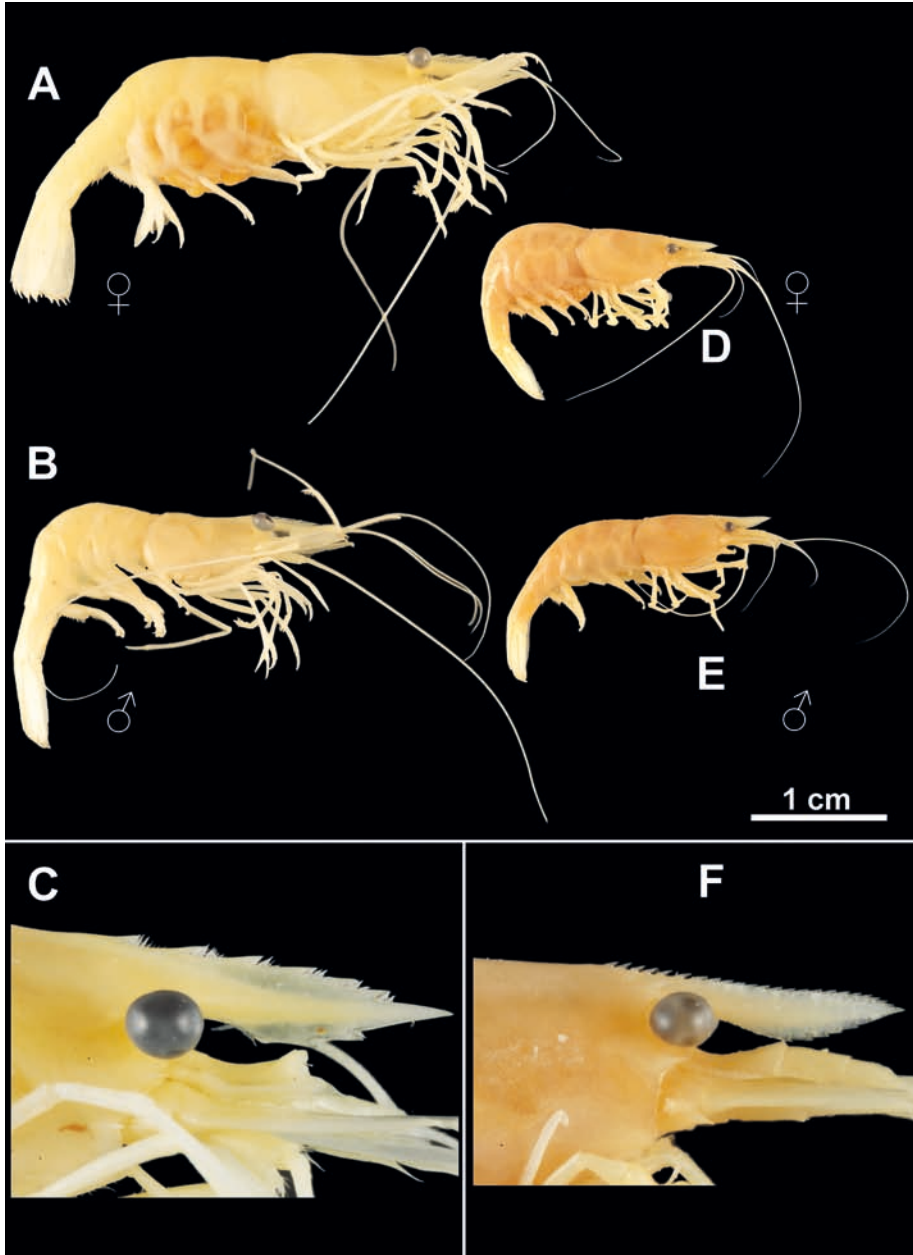


Figura 2: A-C *Palaemonetes antennarius* A, femmina; B, maschio; C, particolare del rostro. Esemplari raccolti a (LI) Venturina, Fossa Calda, 10 m s.l.m., UTM PN 2965, S. Cianfanelli & E. Lori leg., 2.5.2008, MZUF 3750. D-F *Atyaephyra desmarestii* D, femmina; E, maschio; F, particolare del rostro. Esemplari raccolti a (PI) Ponte Palagine, Fiume Era, 225 m s.l.m., UTM PP5014, F. Tarducci leg., 14.4.1994, MZUF 3928 (Foto S. Bambi).

Tabella 2: Località di raccolta di *Atyaephyra desmarestii* in Toscana e Liguria.

Regione	Provincia	Comune	Località	Altimetria	UTM
Toscana	PI	Volterra	Fiume Era, Ponte Palagine	190	PP5014
Toscana	PI	Volterra	Torrente Capriggine, ponte Capriggine	130	PP5012
Toscana	PI	Monteverdi Marittimo	Torrente Sterza, ponte di Canneto	110	PN3987
Toscana	GR	Massa Marittima	Fosso Aronna, Valpiana	147	PN5363
Liguria	GE	Lavagna	Ponte Maddalena	1	NQ2707
Liguria	GE	Carasco	Ponte Birago a valle di S. Quirico	12	NQ2811
Liguria	SP	Sarzana	Sarzana, ponte F.F.S.S.	4	NP7584
Liguria	SV	Albenga	Albenga	4	MP3578

In Europa è presente in altre nazioni: Slovenia [19], Croazia (Dalmazia) [9], Grecia (comprese le isole di Corfù, Zacinto, Creta, Cos e Rodi) e Turchia [14, 20]. La specie nel delta del fiume Neretva è simpatica con *A. desmarestii*, anche se sembra preferire ambienti di acqua dolce e sorgivi, anziché le zone mesoaline colonizzate dall'altra specie [16].

P. antennarius è noto in letteratura da laghi e fiumi di tutta Italia, è infatti segnalato per Lombardia, Veneto, Friuli V.G., Emilia Romagna, Toscana, Marche, Umbria, Lazio, Abruzzo, Campania, Puglia, Basilicata, Sicilia, Sardegna [3, 9, 5, 21]. Finora le stazioni conosciute in Toscana erano 5, in provincia di Lucca, Pisa, Grosseto [5, 22] e nel Senese per il lago di Montepulciano [5, 23]. Durante monitoraggi effettuati negli ultimi anni dai ricercatori dell'Università di Firenze nel corso di progetti a più ampio spettro, la specie è stata invece ritrovata in altre località mai segnalate, includendo per la prima volta anche le provincie di Livorno e Firenze (Fig. 3 e 4 B, Tab. 3). La specie è stata raccolta dal livello del mare fino a 442 m s.l.m. Nel fiume Arno, dove di recente sulle rive si è verificato un proliferare del *Potamogeton*, si è potuto riscontrare una maggiore presenza di *P. antennarius* che predilige acque ricche di vegetazione nella quale si può rifugiare. La presenza si è dimostrata consistente visto che numerosi esemplari sono stati ritrovati nel contenuto stomacale del pesce siluro (*Silurus glanis* L. 1758) nel tratto fiorentino del fiume (A. Nocita, comunicazione personale). In Liguria invece la

specie non è segnalata.

Si pensa che la tendenza delle popolazioni sia in declino in quanto in passato la specie aveva una, se pur minima, importanza economica a livello locale e la pesca annua era stimata intorno a qualche decina di tonnellate [9]. Attualmente questa attività non risulta essere praticata a livello industriale, mentre la specie è ancora utilizzata come esca, ad esempio in Umbria l'utilizzo di questo gamberetto come esca viva è addirittura consentito e regolamentato (Regolamento Regionale 2/2011 "Disciplina dell'attività di pesca professionale e sportiva nelle acque interne"). La specie è invece protetta in Toscana (Legge Regionale 56/2000) e in Abruzzo (Legge Regionale 50/1993)



Figura 3: *Palaemonetes antennarius*, femmina con uova. Esemplare da (LI) Venturina, Fossa Calda, S. Cianfanelli & E. Lori leg., 2.5.2008 (Foto S. Cianfanelli).



Figura 4: Distribuzione di A) *Atyaephyra desmarestii* e B) *Palemonetes antennarius* in Liguria e Toscana.

Tabella 3: Località di raccolta di *Palaemonetes antennarius* in Toscana.

Regione	Provincia	Comune	Località	Altimetria	UTM
Toscana	LI	Campiglia Marittima	Fossa Calda, Venturina	10	PN2965
Toscana	GR	Castiglione della Pescaia	Diaccia Botrona	2	PN5737
Toscana	GR	Massa Marittima	Fosso Bruna, Lago dell'Accesa, Loc. La Pesta	163	PN5561
Toscana	GR	Grosseto	Canale Molla, Ponte Molla, loc. Rugginosa	6	PN7041
Toscana	GR	Orbetello	Bocca d'Albegna	1	PN8008
Toscana	SI	Monticiano	Fiume Merse presso a San Lorenzo a Merse	169	PN8680
Toscana	SI	Murlo	Fiume Merse, loc. Casabianca	118	PN9074
Toscana	LU/PI	Massarosa/Viareggio/Vecchiano	Lago di Massaciuccoli	0	PP0755
Toscana	LU	Capannori	Canale Fossanuova, Baracca di Nanni	6	PP3050
Toscana	FI	Castelfiorentino	Fiume Elsa, Dogana	55	PP5731
Toscana	FI	Barberino Val d'Elsa	Fiume Elsa, La Zambra	150	PP7018
Toscana	FI	San Casciano Val di Pesa	Torrente Pesa, Montepaldi	80	PP7137
Toscana	FI	Rignano sull'Arno	Rignano sull'Arno, Fiume Arno, riva sinistra, c/o Meleto, Volognano	80	PP7649
Toscana	FI	Calenzano	Torrente Marina, alla confluenza col Torrente Marinella, via Chiusa, loc. Legri	224	PP7863
Toscana	FI	Firenze	Firenze, Fiume Arno, riva destra, c/o il mulino della Nave a Rovezzano	51	PP8748
Toscana	FI	Borgo san Lorenzo	Fosso di Farfereta, Madonna dei Tre Fiumi, Ronta	442	PP9576
Toscana	SI	Montepulciano	Lago di Montepulciano	259	QN3575
Toscana	SI	Chiusi	Fosso della Ripa, Lago di Chiusi (dintorni)	250	QN4071
Toscana	SI	Chiusi	Lago di Chiusi	250	QN4171

Discussione

Mentre la distribuzione in Italia dei decapodi d'acqua dolce alloctoni è piuttosto dettagliata ed aggiornata [2, 8], la conoscenza della distribuzione di quelli autoctoni risulta incompleta e per alcune specie è carente. In particolare, i dati sulla effettiva corologia delle due specie di "gamberetti di fiume" appartenenti alla superfamiglia Caridea *A. desmarestii* (Famiglia Atyidae) e *P. antennarius* (Famiglia Palaemonidae), risultano inadeguate, pur essendo entrambe di interesse faunistico e, nel caso della Toscana, almeno per quanto riguarda *P. antennarius*, tutelato da una specifica legge sulla protezione di specie ed habitat (Legge Regionale 56/2000, allegati A e B). *A. desmarestii* non è stata inserita nella legge regionale, ma appare, insieme a *P. antennarius*, nelle liste di attenzione del Repertorio Naturalistico Toscano (Re.Na.To.), archivio della biodiversità della regione.

Il grado di conoscenza è basso a causa della mancanza di specifici progetti mirati allo studio della biologia e ai monitoraggi delle specie.

L'esiguità del numero di segnalazioni di *A. desmarestii* potrebbe inoltre dipendere da errate determinazioni: infatti, a prima vista, questa specie può essere scambiata con *P. antennarius*, poiché sono abbastanza simili anche nella colorazione esterna e nelle dimensioni e quindi si ipotizza che queste possano essere state erroneamente attribuite all'una o all'altra. Il riconoscimento può essere agevolmente fatto al microscopio binoculare controllando i caratteri diagnostici, primo e più evidente fra tutti, il rostro. In *A. desmarestii* il rostro serrato porta da 23 a 28 denti, mentre il rostro di *P. antennarius* ha pochi denti radi (Fig. 2 C e F) [3, 15, 24].

Questi due decapodi, importanti indicatori biologici [25, 26], un tempo venivano considerati specie comuni in tutt'Italia mentre oggi hanno una distribuzione puntiforme anche se localmente possono essere ritrovati in gran numero [3, 9, 15, 27] ed inoltre sono annoverate, per la Toscana, tra le specie vulnerabili, attualmente inserite in Re.Na.To. L'inquinamento delle acque, la distruzione degli ecosistemi acquatici e le sempre più frequenti interazioni con elementi alloctoni come il diffusissimo *Procambarus clarkii*, specie invasiva ormai capillarmente diffusa in molte aree della Toscana e Liguria, sono le

principali cause di minaccia per questi due crostacei d'acqua dolce.

L'accresciuto grado di conoscenza per la Liguria e la Toscana deriva dal rilevamento di dati recuperati indirettamente da progetti non specifici, non può essere sufficiente a disegnare una mappa corologica dettagliata e a fornire indispensabili indicazioni sull'effettivo status di questi due gamberetti che potrebbero essere seriamente a rischio di rarefazione. Si auspicano perciò l'avvio di progetti per effettuare monitoraggi dettagliati e studi sulla biologia delle specie che costituiscono i dati necessari per la tutela di queste specie che, almeno per la Toscana, dovrebbero essere attuati in rispetto della normativa vigente per la salvaguardia delle specie ed habitat.

Ringraziamenti

Si ringrazia: Marco Bodon e Rosella Bertolotto di ARPAL che hanno fornito i dati di distribuzione per la Liguria, Fabio Cianferoni e Annamaria Nocita per alcuni dati per la Toscana, Saulo Bambi per le foto.

Bibliografia

- [1] D.M. Holdich, P. Haffner, P. Noël, J. Carral, L. Füreder, F. Gherardi, Y. Machino, J. Madec, M. Pöckl, P. Smietana, T. Taugbøl, E. Vigneux, Species files. In: Souty-Grosset C., Holdich D.M., Noël P.Y., Reynolds J.D. & Haffner P. (eds), Atlas of Crayfish in Europe. Muséum national d'Histoire naturelle (Patrimoines naturels, 64), Paris: 2006.
- [2] L. Aquiloni, E. Tricarico, F.Gherardi, Int. Aq. Res. 2010, 2: 1.
- [3] M. Cottiglia, Crostacei Decapodi lagunari. Guide per il riconoscimento delle specie animali delle acque e lagunari e costiere italiane. AQ/1/225, CNR: 1983.
- [4] C. Froglià, Crustacea Malacostraca III (Decapoda). In Minelli A., Ruffo S. & La Posta S. (eds.), Checklist delle specie della fauna italiana, 31. Calderini, Bologna: 1995.
- [5] C. Froglià, Crustacea Malacostraca Decapoda. In Checklist e distribuzione della fauna italiana. 10.000 specie terrestri e delle acque interne. Memorie del Museo Civico di Storia

- Naturale di Verona, 2. serie, Sezione Scienze della Vita, 16: 307 pp., CD-ROM: 2005.
- [6] F. Nonnis Marzano, M. Scalici, S. Chiesa., F. Gherardi, A. Piccinini, G. Gibertini, Aq. Inv. 2009, 4: 401.
- [7] M. Scalici, S. Chiesa, F. Gherardi, M. Ruffini, G. Gibertini, F. Nonnis Marzano, Hydrobiol. 2009, 632: 341.
- [8] M. Morpurgo, L. Aquiloni, S. Bertocchi, S. Brusconi, E. Tricarico, F. Gherardi, Studi Trent. Sci. Nat. 2010, 87: 125.
- [9] C. Froglià, Decapodi. Guide per il riconoscimento delle specie animali delle acque interne italiane, 4. Consiglio Nazionale delle Ricerche AQ/1/9, Verona: 1978.
- [10] F. Magrì, Natural. Sicil. 1926, 24: 83.
- [11] C.F. Sacchi, Ann. Ist. Mus. Zool. Univ. Napoli 1962, 14: 1.
- [12] G. Pretzmann, K. Pauler, Anz. Math.-naturw. Kl. Österr. Akad. Wiss. 1981, 8: 164.
- [13] R. Fochetti, A. Argano, C. Belfiore, L. Mancini, G. Moretti, Riv. Idrobiol. 1995, 33: 105.
- [14] C. d'Udekem d'Acoz, Inventaire et distribution des crustacés décapodes de l'Atlantique nord-oriental, de la Méditerranée et des eaux continentales adjacentes au nord de 25°N. Muséum national d'Histoire naturelle (Patrimoines naturels, 40), Paris 1999.
- [15] J.E. García Muñoz, A. Rodríguez, J.E. García Raso, Zootaxa 2009, 2025 : 32.
- [16] S. Gottstein, M. Kerovec, Biol., Bratislava 2002, 57(2): 181.
- [17] M. Straka, J. Špaček, Aq. Inv. 2009, 4: 397.
- [18] M.L. Costantini, L. Rossi, Hydrobiol. 2001, 443: 129.
- [19] B. Sket, Varst. Nar. 1992, 17: 147.
- [20] L.B. Holthuis, Zool. Verhand. 1961, 47: 1.
- [21] NATURA 2000 Data Form . 2010, Codice Sito IT7140108. FTP://FTP.DPN.MINAMBIENTE.IT/CARTOGRAFIE/NATURA2000/SCHEDA _ E _ MAPPE/ABRUZZO/SIC _ SCHEDE/IT7140108.PDF
- [22] G. Brunelli, G. Cannicci, Boll. Pesca Pisc. Idrobiol. 1942, 18: 5.
- [23] M.V. Di Giovanni, E. Goretti, M. Lorenzini, Riv. Idrobiol. 1990, 29: 675.
- [24] E. Gonzalez-Ortegon, J. Cuesta, J. Mar. Biol. Ass. U.K. 2006, 86: 93.
- [25] S. Campaioli, P.F. Ghetti, A. Minelli, S. Ruffo, Manuale per il riconoscimento dei macroinvertebrati delle acque dolci italiane. Provincia autonoma di Trento, Trento: 1994.
- [26] APAT - IRSA/CNR, Metodi analitici per le acque. Manuali e Linee Guida 29/2003, Vol. 3 2003.
- [27] L. Falciai, E. Palmerini. Crustac. 2002, 74: 1315.

Note sulla presenza e distribuzione di *Lissotriton vulgaris* e *Triturus carnifex* nell'Alta Val di Cecina

Sara Lefosse¹, Alessandro Riga²

Parole chiave: Anfibi, *Triturus*, *Lissotriton*, Val di Cecina, Distribuzione

Gli Anfibi sono buoni indicatori della qualità degli habitat in quanto specie sensibili alle variazioni ambientali. I tritoni, vivendo in ambienti naturalmente effimeri, sono particolarmente a rischio perché minacciati da molte attività umane. Una conoscenza adeguata della distribuzione dei loro siti di presenza sarebbe quanto mai auspicabile per poter monitorare l'andamento temporale delle popolazioni di tritoni del nostro territorio.

*Lo scopo di questo lavoro è contribuire alla conoscenza dei popolamenti di tritone punteggiato italiano (*Lissotriton vulgaris meridionalis*, Boulenger, 1882) e tritone crestato italiano (*Triturus carnifex*, Laurenti 1768) nell'Alta Val di Cecina. L'area di studio comprende il territorio in sinistra idrografica del fiume Cecina, nei comuni di Pomarance e Montecatini Val di Cecina. Grazie all'ausilio di immagini satellitari, sono state individuate raccolte d'acqua di possibile interesse. La presenza delle specie è stata verificata durante la stagione riproduttiva (2011) tramite avvistamento diretto, catture mirate e campionamenti con retino a maglia fine.*

*Per alcuni dei 15 siti indagati è stata accertata la presenza delle due specie, per quanto siano stati catturati soprattutto individui adulti. Dal ritrovamento di larve e uova si può tuttavia supporre che in molti di questi siti sussistano condizioni idonee al mantenimento delle popolazioni. *T. carnifex*, presente in Italia e in poche altre zone d'Europa, è in declino in buona parte del suo areale ed è specie target di diverse normative internazionali e regionali. Sarebbe dunque opportuno considerare la possibilità di tutelare i siti individuati e corridoi ecologici. In questo lavoro abbiamo valutato alcune cause di minaccia (come la ceduzione dei boschi circostanti i siti) e la possibilità di intervenire recuperando potenziali siti, come vecchi lavatoi.*

Introduzione

La maggior parte degli Anfibi utilizza ambienti acquatici per completare il ciclo biologico e ha almeno una fase del ciclo vitale in ambienti terrestri [1]. Il fatto di dipendere da due tipi di ambiente li rende vulnerabili (risentono negativamente delle alterazioni di entrambi gli habitat che frequentano [2]) ed è una delle ragioni che ne fa la classe di Vertebrati più minacciata dalle estinzioni [3]. Perciò ogni intervento di conservazione dovrebbe tenere in considerazione anche "l'area ecotonale con cui l'ambiente acquatico si pone in rapporto con gli ambienti terrestri circostanti" [4] (p. 26).

In Europa, una delle maggiori cause di declino delle popolazioni è la perdita di habitat [3]: le piccole zone umide (piccoli bacini naturali e artificiali, vasche di raccolta d'acqua come lavatoi e abbeveratoi), spesso luoghi privilegiati per la riproduzione degli Anfibi, hanno subito una drastica riduzione a causa dei cambiamenti nell'uso del territorio a partire dagli anni '50. Ad esempio, in Toscana, uno studio su tre aree campione [5] ha dimostrato come nella seconda metà del XIX secolo ci sia stata una riduzione delle piccole zone umide tra il 12,5% e il 35%, con il 40-50% dei rimanenti siti in via di interrimento a causa dell'abbandono e della mancata manutenzione legati al cambiamento delle attività agricole.

Inoltre, cause come l'inquinamento biologico e chimico e la captazione delle acque possono rendere i siti inadatti alla riproduzione. Infine, a causa del livello attuale di regimazione delle acque, è virtualmente impossibile che si formino naturalmente nuove zone umide [4]. Questo quadro introduttivo permette di capire quanto sia urgente e necessaria una conoscenza della distribuzione e dell'entità dei popolamenti per mettere in atto misure di conservazione.

In questo studio ci siamo concentrati su due specie di urodeli il cui ciclo biologico è tipicamente legato a piccole zone umide: il tritone punteggiato italiano (*Lissotriton vulgaris meridionalis*, Boulenger 1882) e il tritone crestato italiano (*Triturus carnifex*, Laurenti 1768). Nello specifico abbiamo indagato la loro presenza e distribuzione in un'area dell'Alta Val di Cecina (Pisa). Il tritone punteggiato italiano (Fig. 1) è distribuito nell'Italia centrosettentrionale [6,7]; in Toscana la specie è diffusa su tutto il territorio regionale, isole escluse [7]. Le dimensioni degli adulti variano tra i 6 cm e gli 8 cm, con lunghezze massime di 11 cm [7], le femmine più grandi dei maschi.



Figura 1: Maschio adulto di *Lissotriton vulgaris meridionalis*.

Il tritone crestato italiano (Fig. 2) è invece distribuito in tutta l'Italia peninsulare, in parte di Svizzera, Ungheria e Austria fino al nord della penisola balcanica. In Toscana ha una distribuzione piuttosto uniforme sul territorio, isole escluse [6,7]. Le dimensioni sono comprese tra i 10 cm e i 15 cm, con le femmine che possono raggiungere i 21 cm.

Per quanto riguarda lo stato di conservazione a livello mondiale, le popolazioni di *L.vulgaris* sono stabili, mentre quelle di *T.carnifex* sono in

diminuzione [6]; in Toscana le popolazioni di entrambe le specie sono in declino [7]. Inoltre *L.vulgaris* è incluso nell'allegato B della Legge Regionale Toscana 56/2000, mentre il *T.carnifex* è negli allegati II e IV della direttiva Habitat e nell'allegato A della Legge Regionale Toscana 56/2000. Quest'ultima specie può dunque rendere necessarie e attuabili misure di conservazione come l'istituzione di ZPS e SIR.

Lo scopo di questo studio è contribuire alla conoscenza della presenza e distribuzione delle due specie nell'Alta Val di Cecina, per valutarne le minacce e identificare le possibili misure di conservazione delle popolazioni.



Figura 2: Visione ventrale di *Triturus carnifex*.

Materiali e Metodi

L'area di studio

L'area di studio (Fig. 3) è situata nella parte meridionale della Provincia di Pisa, sulle colline in riva sinistra del fiume Cecina, nei comuni di Pomarance e Montecatini val di Cecina. È delimitata a nord e ad est dal corso del fiume Cecina; ad

gli autori

- ¹ Museo Civico di Storia Naturale di Ferrara, via F. De' Pisis 24 Ferrara, sara_lf@yahoo.it;
- ² Dipartimento di Biologia Evoluzionistica e Sperimentale, Università di Bologna, via F. Selmi 3 Bologna, alessandro.riga@gmail.com

ovest dal corso del torrente Sterza, suo affluente; a sud arriva fino alla parte più meridionale della Riserva Provinciale di Monterufoli-Caselli.

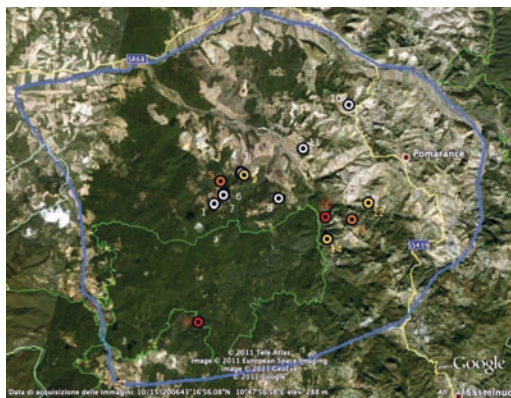


Figura 3: Area di studio (in blu) e distribuzione delle specie nei siti (giallo=*L. vulgaris*; rosso=*T. carnifex*; arancio=entrambi; bianco=nessuno). La linea verde segna i confini della riserva di Monterufoli-Caselli.

È possibile dividere la vegetazione della zona in boschi di sclerofille sempreverdi e querceti a cerro dominante, con ampie zone di transizione [8]. La maggior parte delle zone a cerro dominante è gestita a ceduo, eccetto parte dei boschi che ricadono all'interno della Riserva Provinciale di Monterufoli-Caselli. Importante per comprendere l'aspetto paesaggistico dell'area di studio (Fig. 4) è anche la presenza di ampie zone coltivate o dedicate alla pastorizia: nell'area prevale un tipo di agricoltura estensiva, con una



Figura 4: Il paesaggio come si presenta nell'area di studio.

bassa densità di aziende e grandi proprietà; le colture di cereali sono quelle più sviluppate e anche la pastorizia ha un ruolo importante [9].

Individuazione dei siti e rilevamenti condotti

Le indagini sono partite dall'individuazione di luoghi potenzialmente favorevoli alla presenza degli Anfibi in generale e dei tritoni in particolare, come stagni e lavatoi. Per l'individuazione delle raccolte d'acqua più grandi ci siamo serviti delle immagini satellitari di Google Earth; le raccolte d'acqua più piccole, invece, sono state individuate durante una serie di escursioni. Dopo l'identificazione dei possibili siti sono state effettuate uscite sul campo per verificare che fossero ancora esistenti e accessibili.

Per ogni sito studiato è stata compilata una scheda di rilevamento su cui si sono trascritte le caratteristiche (dimensioni, abbondanza di vegetazione acquatica presente, copertura vegetale dell'area circostante, eventuale utilizzo antropico), presenza o assenza di animali e altre osservazioni effettuate. L'abbondanza della vegetazione acquatica è stata definita come la percentuale del volume d'acqua occupato da vegetazione e abbiamo considerato 4 categorie: tra 0 e 25%, tra 25 e 50%, tra 50 e 75%, tra 75 e 100%.

Allo stesso modo, la copertura vegetale, intesa come vegetazione arborea e arbustiva presente in prossimità della raccolta d'acqua, è stata definita in base alla quantità come assente, scarsa, parziale, abbondante, totale. La presenza o assenza delle due specie oggetto del nostro studio è stata appurata tra aprile e maggio 2011 tramite osservazione diretta e campionamenti. Questi ultimi sono stati effettuati con un retino da pesca a maglia fine, per intercettare sia individui adulti che larve e ottenere informazioni sulla presenza di invertebrati.

Misure di precauzione

Per evitare l'espansione del fungo *Batrachochytrium dendrobatidi*, patogeno degli Anfibi, che negli ultimi anni si pensa abbia contribuito all'estinzione di intere popolazioni, abbiamo adottato le precauzioni suggerite dalla Societas Herpetologica Italica [10]: la manipolazione degli individui, che è stata minima, è stata fatta utilizzando guanti in lattice usa

e getta umidi (per non provocare disseccamento della pelle); prima o al termine di ogni uscita, si è proceduto alla disinfezione degli strumenti, degli stivali in gomma e degli scarponi quando le aree visitate erano molto distanti tra loro.

Risultati

Sono stati identificati in tutto 15 siti (Fig. 3) collocati tutti a nord e ad est della Riserva Provinciale di Monterufoli-Caselli, eccetto uno (sito n° 9), che si trova sul confine meridionale della Riserva. Di seguito è riportata una breve descrizione per ciascun sito, riassunta in Tabella 1.

Tabella 1: caratteristiche principali considerate in ciascun sito; *il lavatoio è coperto da una tettoia; **più vasche presenti, le misure si riferiscono a quella di dimensioni maggiori.

Sito	Tipologia	Vegetazione acquatica	Copertura vegetale	Dim (m) max x min	Profondità (cm)	Tritoni
1	lavatoio	50-75%	assente	7x3	70	No
2	vasca	75-100%	parziale	6x6	125	<i>L.vulgaris</i>
3	lavatoio	25- 50%	assente	3x1,5	50	No
4	lavatoio	0-25%	assente	3x1,5	94	No
5	lavatoio	0	abbondante*	8x2,5**	50	<i>L.vulgaris</i> <i>T.carnifex</i>
6	lavatoio	0	totale	4x1,5	25	No
7	lavatoio	0	abbondante	2,5x1,5**	60	No
8	lavatoio	0	scarsa	2,5x1,2	60	No
9	stagno	25-50%	scarsa	50x20	> 150	<i>T.carnifex</i>
10	stagno	50-75%	scarsa	40x20	> 150	No
11	stagno	50-75%	scarsa	20x20	> 150	No
12	stagno	75-100%	assente	10x6	> 150	<i>L.vulgaris</i>
13	stagno	50-75%	assente	30x10	> 150	<i>L.vulgaris</i> <i>T.carnifex</i>
14	stagno	75-100%	assente	25x25	> 150	<i>L.vulgaris</i>
15	stagno	75-100%	assente	12x12	> 150	<i>T.carnifex</i>

Sito 1

Lavatoio sulla Strada Provinciale di Micciano (SP47), nei pressi di un'abitazione con orto, probabilmente utilizzato per l'approvvigionamento d'acqua. È composto da due vasche contigue (7x3m, profondità 70cm) alimentate da una fontanella d'acqua corrente. Copertura vegetale assente, abbondante la vegetazione acquatica sia natante che flottante. Sono state avvistate alcune rane verdi (*Pelophylax sp.*).

Sito 2

Vasca di raccolta per l'acqua in località Lunga-

iano (Micciano), circondato da campi coltivati e poche abitazioni; utilizzato per l'approvvigionamento d'acqua per l'irrigazione. Vasca in cemento (6x6m, profondità 125cm) molto vicina ad un boschetto e circondata su tre lati da alcuni alberi e arbusti. Durante la prima visita al sito (2 Aprile) la vegetazione acquatica era molto abbondante e quasi la totalità del volume d'acqua era occupato da vegetazione flottante. In una seconda visita dopo la stagione riproduttiva (7 Agosto), abbiamo notato un lieve abbassamento del livello dell'acqua (dovuto alla captazione per l'irrigazione) e una drastica riduzione della

vegetazione acquatica, dovuta ad asportazione manuale delle piante.

È stata accertata la presenza dei tritoni tramite avvistamento di un adulto non identificato e la cattura di due larve di *L.vulgaris* (Fig. 5). Avvistati anche adulti di rane verdi.



Figura 5: Larva di *L.vulgaris*.

Siti 3 e 4

Lavatoi in località Lungaiano; periodicamente svuotati e ripuliti. Formati da più vasche comunicanti alimentate da acqua corrente, di dimensioni totali di circa 3,5x1,5m e profondità 50cm (sito 3) e 94 cm (sito 4); scarsa vegetazione acquatica perlopiù rappresentata da alghe.

Sito 5

Lavatoio in località Lungaiano (Fig. 6). Formato da più vasche comunicanti, la più piccola delle quali (2,5x1,5m) alimentata da acqua corrente. La vasca più grande misura 8x2,5m; la profondità di tutte le vasche è 50cm. Lo strabordamento d'acqua ha allagato la parte di terreno contiguo alla struttura. Il lavatoio è sormontato da una tettoia in legno e lamiera, che crea ombra per la maggior parte del giorno. È circondato su tre lati da bosco che provoca accumulo di materia vegetale morta; assente la vegetazione acquatica. Anche l'acqua di questo sito viene in parte captata.



Figura 6: Lavatoio (sito 5).

Il sito è utilizzato da entrambe le specie con una suddivisione degli spazi: *L.vulgaris* nella vasca più piccola e *T.carnifex* in quella più grande. La parte di terreno allagata è occupata da entrambe le specie. Non sono stati rinvenuti individui giovani né larve.

Avvistate anche in questo sito rane verdi.

Sito 6

Lavatoio in località Lungaiano. Il sito è quasi completamente interrato dal sedimento franato dalla strada soprastante; è circondato da alberi e arbusti, non è alimentato da acqua corrente e manca la vegetazione acquatica. Anche qui sono state avvistate rane verdi.

Sito 7

Lavatoio in località Lungaiano, composto da due vasche (2,5x1,5m e 1,5x1,7m profondità 60cm). Circondate da alberi su tre lati, ma prive di vegetazione acquatica. È stata trovata una larva di dittero chironomide, tipicamente colorato di rosso per la presenza di emoglobina, ciò testimonia bassi livelli di ossigeno [11]; una delle vasche conteneva delle fascine di rami di salice (localmente detti *salci*), messi ad ammorbidire per essere poi utilizzati come legacci per le viti. Avvistate rane verdi.

Sito 8

Lavatoio sulla strada per Libbiano, alimentato da acqua corrente (2,5x1,2m, profondità 60cm). Scarsa copertura vegetale e assenza di piante acquatiche.

Sito 9

Stagno sulla sommità del Poggio di Carnovale (509m slm), nel territorio confinante con la Riserva Provinciale di Monterufoli-Caselli, in una zona costituita in maggior parte da cedui (Fig. 7). È la più grande raccolta d'acqua tra quelle individuate (50x20m, profonda più di 2m). La vegetazione acquatica è abbondante localmente, anche se nel totale non occupa più del 50% del volume. La copertura vegetale sulle sponde è scarsa, composta da qualche albero e arbusto in uno dei lati corti dello stagno.

In questo sito sono stati rinvenuti numerosi individui adulti di *T.carnifex*, oltre ad un uovo di tritone, probabilmente della stessa specie. Gli individui in questo sito sono caratterizzati da



Figura 7: Stagno (sito 9).



Figura 8: Stagno (sito 12).

un particolare fenotipo: oltre ad una colorazione dorsale più chiara, anche la regione della gola, si presenta arancione-marmorata (Fig. 2) anziché nera-marmorata come gli individui del sito 5. Oltre alle onnipresenti rane verdi, un avvistamento interessante è stato un maschio adulto di raganella italiana (*Hyla intermedia*).

Sito 10

Stagno nella zona di Cerreto-La Casa ai bordi della strada provinciale, circondato da coltivi (40x20m). La presenza di pesci esclude la sopravvivenza dei tritoni. Rinvenuti soltanto girini di rospo comune (*Bufo bufo*).

Sito 11

Stagno nei pressi della strada provinciale di Micciano (20x20m, profondità più di 3m). La vegetazione acquatica flottante occupa più del 50% della superficie. È circondato da campi destinati all'allevamento, con scarsissima vegetazione intorno alle sponde. Presenti solo rane verdi e ovature di rana.

Sito 12

Stagno in località S. Anna (Pomarance), all'interno di un'area di pascolo (10x6m, profondità più di 1,5m); poco più a valle è presente un lungo filare di alberi che segna il confine tra i campi e arriva fino al torrente Trossa. Assenza di vegetazione intorno alle sponde, mentre quella acquatica è molto abbondante (Fig. 8). La presenza di *L. vulgaris* è provata dal ritrovamento di una larva. Presenti anche rane verdi.

Sito 13

Stagno in località S. Anna (Pomarance), circondato da campi, vicino ad aree boscate. Si tratta di uno stagno artificiale con la base costituita da un telo isolante (30x10m, profondità più di 1,50m). Vegetazione flottante molto abbondante con una copertura di più del 50%. Presenti entrambi i tritoni: il crestato sembra occupare la zona centrale dello stagno, mentre il punteggiato era ben visibile in prossimità delle sponde. Alcuni degli individui di *L. vulgaris* hanno l'estremità della coda visibilmente danneggiata, probabile segno di predazione.

Da segnalare, oltre alle rane verdi, un individuo adulto di ramarro (*Lacerta bilineata*), un giovane di biscia d'acqua (*Natrix natrix*) e una lucertola campestre (*Podarcis sicula*).

Sito 14

Stagno in località S. Ippolito (Pomarance), in un'area di pascolo e incolti circondata da bosco (25x25m, profondità maggiore di 1,5m); la vegetazione acquatica è costituita da una abundantissima copertura di piante flottanti. Il ritrovamento di una larva di *L. vulgaris* testimonia la presenza almeno di questa specie; osservati anche girini di rospo e ovature di rana.

Sito 15

Stagno in località S. Ippolito (Pomarance), in un'area di pascolo e incolti circondata da boschetti, nei pressi del torrente Trossa. Forma circolare con diametro di 12m; profondità mag-

giore di 1,5m. Vegetazione flottante con 100% di copertura. Unico sito in cui sono state rinvenute larve di *T.carnifex*; presenti anche rane verdi. Parte dello stagno è occupata da una folta fascia di cannuce indice di uno stadio avanzato del processo di interrimento.

Discussione

Considerando le tipologie e l'ambiente in cui sono collocati, i siti possono essere suddivisi in 3 gruppi: il primo (n° 1-8) è composto da lavatoi, abbeveratoi e vasche di raccolta d'acqua, in pietra o cemento, nei pressi di strade più o meno trafficate, vicino a Micciano e Libbiano, in un ambiente di transizione tra bosco e paesaggio agricolo; il secondo gruppo è rappresentato da un unico sito (n° 9), uno stagno artificiale sulla sommità del poggio Carnovale, circondato da ambiente boschivo; l'ultimo gruppo (siti 10-15) è rappresentato da una serie di stagni artificiali, in contesto agricolo e di pascoli, utilizzati per il bestiame e per l'irrigazione.

Al di là della presenza delle singole specie e dell'abbandono di individui nei siti che potrebbero risentire di un difetto di campionamento, è importante comprendere, per la conservazione delle specie, se i siti sono collegati o meno [4]. Infatti, nei processi di estinzione e ricolonizzazione, la scomparsa di una delle popolazioni locali viene bilanciata a livello di metapopolazione dalla ricolonizzazione ad opera di individui provenienti da siti *source* (dove il successo riproduttivo è tale da permettere l'espansione della popolazione), che può avvenire solo se i siti sono collegati [12]. Gli spostamenti di individui sono resi possibili dai cosiddetti corridoi ecologici (aree di collegamento) la cui scomparsa nelle vicinanze di un sito *source* può perciò portare in breve tempo all'estinzione di un'intera metapopolazione [13]. Nello specifico per gli Anfibi sono indispensabili elementi che limitino disidratazione e predazione sulla terraferma, ad esempio filari di cespugli e arbusti, boschi, fortunatamente ancora presenti nell'area oggetto di studio, che fungono non solo da corridoio ecologico, ma anche da rifugio durante la fase terrestre.

I siti considerati presentano una distribuzione nel territorio non omogenea e i tre gruppi sono separati l'uno dall'altro; considerando la distan-

za tra due gruppi come la distanza tra i siti (di ciascun gruppo) più vicini in cui sono stati rinvenuti tritoni, i gruppi 1 e 2 distano 5Km, il 2 e il 3 6Km, l'1 e il 3 3,5Km. Il primo gruppo sembra essere isolato per la presenza di una strada provinciale e del paese di Micciano; tra gli altri due si trova la riserva di Monterufoli e il torrente Trossa per cui, nonostante la distanza, si potrebbero creare situazioni favorevoli allo spostamento degli individui nel lungo termine. Nel gruppo 2 (sito 9) sono stati rinvenuti individui di *T.carnifex* con colorazione dorsale e ventrale differenti da quelli del gruppo 1: questo potrebbe testimoniare l'isolamento delle due popolazioni dovuto a fattori geografici.

L'isolamento delle popolazioni, una volta accertato da ulteriori studi, potrebbe rappresentare una delle minacce per la conservazione dei tritoni e alcuni degli interventi di conservazione dovrebbero prevedere la creazione di siti per favorire un contatto tra le diverse popolazioni.

Altri fattori di rischio che possono compromettere il popolamento di tritoni del primo gruppo (lavatoi e vasche in pietra o cemento) sono l'eccessivo utilizzo antropico e l'abbandono. Ad esempio per i siti 3 e 4, sottoposti a svuotamento totale e ripulitura periodici e utilizzati frequentemente per l'approvvigionamento di acqua, non è attestata la presenza dei tritoni. Anche il sito 2, dove sono state rinvenute larve di *L.vulgaris*, è utilizzato per l'approvvigionamento d'acqua e, in una visita a fine stagione riproduttiva, abbiamo notato che gran parte della vegetazione acquatica era stata rimossa; le larve probabilmente sono state asportate con l'acqua o con la vegetazione. Al contrario, in alcuni siti è l'abbandono a compromettere l'habitat dei tritoni: ad esempio il sito 6 ha un livello d'acqua estremamente basso, materiale organico in alte quantità e ossigenazione scarsa. Ma anche un restauro di lavatoi storici effettuato solo con criteri estetici può rappresentare un problema.

Per quanto riguarda il secondo gruppo (sito 9) le minacce principali sono l'approvvigionamento d'acqua e la ceduzione dei boschi circostanti. Durante una visita alla fine della stagione riproduttiva il livello dell'acqua si era notevolmente abbassato; in parte per la naturale variazione annuale, in parte per la captazione tramite una pompa a motore che abbiamo trovato sul sito. Molti studi hanno dimostrato gli effetti nega-

tivi a breve e a lungo termine della ceduzione [14-18]. Nel caso del sito 9, l'unica via di uscita dalla zona riproduttiva è proprio nella direzione di un ceduo. Infine, per il terzo gruppo, le minacce principali riguardano l'introduzione di pesci negli stagni, come nel caso del sito 10, e l'abbandono delle pratiche di allevamento tradizionali, con conseguente interrimento delle raccolte d'acqua.

Conclusioni

Questo studio rappresenta un primo passo nell'approfondimento della conoscenza dei popolamenti della zona indagata, volto all'elaborazione di adeguate misure di tutela. Interventi necessari per contrastare la perdita degli habitat sono il mantenimento e la creazione di filari e zone cespugliate che fungano da corridoi, il mantenimento delle zone umide presenti, attraverso anche la sensibilizzazione dei privati volta ad evitare alcune pratiche dannose e il recupero di eventuali lavatoi ormai in disuso. Si potrebbe estendere lo studio anche all'area protetta di Monterufoli per conoscerne i siti ed eventualmente crearne di nuovi. Per quanto riguarda la ceduzione esistono una serie di accorgimenti che potrebbero limitare i danni; tanto per citarne qualcuno: pianificare le zone dove intervenire al fine di evitare di produrre l'isolamento delle popolazioni, prevedere aree tampone, lasciare gli alberi di maggiore dimensioni. Inoltre, si potrebbe valutare la possibilità perlomeno di includere lo stagno 9 nei confini dell'area di Monterufoli, data la presenza di *T.carnifex* che, come già detto, richiederebbe una tutela particolare (allegato II della direttiva Habitat) e *Hyla intermedia* (allegato IV come *H.arborea*).

Bibliografia

[1] M. Crump, Amphibian diversity and life history. In Amphibian Ecology and Conservation. Oxford University Press. New York: 2010.
 [2] J. Biggs, A. Corfield, D. Walker, M. Whitfield, P. Williams, British Wildlife 1994, 5: 273.
 [3] S.N. Stuart, J.S. Chanson, N.A. Cox, B.E. Young, A.S.L. Rodrigues, D.L. Fischman, R.W. Waller, Science 2004, 306: 1783.

[4] C. Scoccianti, Amphibia: aspetti di ecologia della conservazione. Guido Persichino Grafica. Firenze: 2001.

[5] C. Scoccianti, Loss of ponds in three different areas of Tuscany: conservation plans, actions and restoration projects. In Pond and Pond Landscapes of Europe. Colin Cross Printers Ltd. Garstang, UK: 1999.

[6] The IUCN Red List of Threatened Species: <http://www.iucnredlist.org/>

[7] S. Vanni, A. Nistri, Atlante degli Anfibi e dei Rettili della Toscana. Edizioni Regione Toscana. Firenze: 2006.

[8] F. Garbari, La vegetazione. In Atlante tematico della Provincia di Pisa. Pacini ed. Pisa: 2003.

[9] A. Telleschi, L'agricoltura. In Atlante tematico della Provincia di Pisa. Pacini ed. Pisa: 2003.

[10] Commissione di Conservazione. Bozza Documento "Chitridiomicosi & monitoraggio salute Anfibi". Societas Herpetologica Italica. 2007.

[11] C. Corazza, A. Pantaleoni, A. Sangiorgi, S. Lefosse, Quaderno di Studi e Notizie di Storia Naturale della Romagna 2010, 31:11.

[12] M. E. Hoopes, S. Harrison, Metapopulation, source-sink and disturbance dynamics. In Conservation Science and Action. Sutherland W. J. Ed, Blackwell Science, Oxford, UK 1998: 131.

[13] R. Levins, Extinction. In Some mathematical questions in biology; lectures on mathematics in the life science. m. Gerstenhaber (ed.), American Mathematical Society, Providence, R.I. 1970, 2: 77.

[14] J. W. Petranka, M. E. Eldrige, K. E. Haley, Effects of timber harvesting on southern Appalachian salamanders. Conservation Biology 93, 7(2): 363.

[15] J. W. Petranka, Recovery of salamanders after clearcutting in the southern Appalachians: a critique of Ash's estimates. Conservation Biology 99, 13(1): 203.

[16] R. H. Yahner, Changes in wildlife communities near edges. Conservation Biology 88, 2(4): 333.

[17] G. R. Matlack, Microenvironment variation within and among forest edge sites in the eastern United States. Biological Conservation 93, 66: 185.

[18] P. De Maynadier, M. L. Hunter, Forest canopy closure and juvenile emigration by pool-breeding amphibians in Maine. The Journal of Wildlife Management 98, 63(2): 441.

Contributo alla conoscenza della flora vascolare dei Monti Livornesi: analisi preliminare e ritrovamenti notevoli e curiosi

Valerio Lazzeri^{*1}, Franco Sammartino²

Parole chiave: Flora, Monti Livornesi, studio preliminare

L'indagine floristica nella provincia di Livorno nell'ultimo trentennio è stata indirizzata soprattutto verso lo studio della flora dell'Arcipelago mentre l'area delle Colline Livornesi e delle zone ad esse immediatamente contigue non era ancora stata prese in considerazione al fine della redazione di una checklist della flora vascolare. Nonostante la notevole antropizzazione dell'area studiata ed i seri problemi relativi alla gestione del territorio, durante questa indagine iniziata nell'estate 2010 in accordo con il Museo di Storia Naturale del Mediterraneo è stato possibile stilare finora una checklist di 880 tra entità specifiche e subspecifiche appartenenti a 456 generi. Nell'articolo sono riportati alcuni ritrovamenti notevoli ed altri di specie curiose oltre ad una prima analisi della flora vascolare.

Introduzione

Le indagini floristiche nella provincia di Livorno negli ultimi anni hanno privilegiato l'area insulare dove sono state prodotte alcune flore tra le quali quelle relative all'isola d'Elba [1], Capraia [2] e Montecristo [3]. Diversamente, per quanto riguarda la parte continentale della provincia, se si eccettua lo studio floristico relativo al Promontorio di Piombino, formazione anch'essa geologicamente appartenente all'Arcipelago, poco numerosi e frammentari sono stati gli studi di tipo floristico [4;5;6]. In particolare, tra gli studi recenti che abbiano avuto come obiettivo l'indagine floristica dei Monti Livornesi nella loro interezza se ne può citare solamente uno ma di carattere più prettamente divulgativo [7], mentre nel "Prodroso della flora toscana" di Caruel [8] si possono trovare solo scarse notizie sulla flora del territorio dei Monti Livornesi. Di fronte a tale situazione di conoscenze floristiche dei rilievi che caratterizzano la parte centro-settentrionale della provincia di Livorno, nell'estate 2010 è iniziata l'indagine che ha lo scopo di redigerne la checklist. Tale iniziativa, in contemporanea con un altro studio dello stesso tipo che ha il fine di studiare la flora del Monte Calvi, intende fornire nuove conoscenze sulla flora della provincia di Livorno.

Materiali e Metodi

Il presente studio è il risultato delle erborizzazioni effettuate a partire dall'estate 2010 sino alla fine del giugno 2011. L'area di studio si trova interamente nella provincia di Livorno e si estende dal limite meridionale della Valle dell'Arno a nord costituita dai bassi rilievi e da alcune zone pianeggianti attorno al centro abitato di Nugola e le colline che fanno parte dell'area di Vallelunga di Suese e dell'area umida ad esse limitrofo. Ad ovest il limite dell'area di studio è costituito nella parte settentrionale dalle prime colline che si trovano al confine della città di Livorno, per poi coincidere più a sud con la linea di costa lungo il Mar Ligure. Ad est i Monti Livornesi sono delimitati dai corsi del fiumi Fine e Tora mentre a sud si estendono fino agli ultimi poggi posti di fronte a Rosignano Marittimo e che si affacciano sulla Valle del Fiume Fine. Questi rilievi hanno un'estensione da nord a sud di circa 30 km e da est ad ovest di circa 8 km. La cima più alta è quella del Poggio Lecceta presso Valle Benedetta, che tocca i 462 m slm mentre altri importanti rilievi sono il Monte Maggiore (454 m slm), il Monte Pelato ed il Monte Carvoli rispettivamente di 375 e 352 m ed il Monte la Poggia di 364 m slm. Fra le formazioni geologiche più este-

se abbiamo il Flysch arenaceo di Calafuria seguito dalle rocce del Complesso Alloctono Inferiore a sua volta suddiviso in tre formazioni, due delle quali del Cretaceo superiore ed una dell'Eocene inferiore-medio/Paleocene superiore. Sempre al Cretaceo superiore sono attribuite le due formazioni che costituiscono il Complesso Alloctono Intermedio. Le rocce del Complesso Alloctono Superiore sono le più antiche e sono costituite nella parte basale da rocce magmatiche, le "rocce verdi", come le serpentiniti, i gabbri e i basalti del Giurassico superiore, mentre al Cretaceo inferiore appartengono le rocce che si sono sedimentate successivamente. Al Complesso Neoautoctono appartengono tutti gli affioramenti di sedimenti del Miocene, del Pliocene e del Quaternario [9]. La morfologia dei Monti Livornesi e del territorio limitrofo è estremamente varia e la grande diversità geologica ha dato vita a vari tipi di substrati. Le poche aree pianeggianti sono limitate ad ovest, nord-ovest e nord-est e sono costituite da substrato sia sabbioso che argilloso. Le zone ad ovest e a sud-ovest, sono rocciose e costituiscono particolari habitat costieri ventilati ed in generale sottoposti al clima mediterraneo. All'interno invece, laddove il clima si mantiene più fresco per tutto l'anno anche grazie ad un'esposizione a nord e a est, si possono trovare piccole vallate profondamente incise da torrenti dove si sviluppa una vegetazione caratterizzata da boschi mesofili con alberi d'alto fusto.

Per quanto concerne il corotipo e la forma biologica delle specie che sono state trovate si è fatto riferimento a Pignatti [10]. Per l'identificazione delle specie ci si è avvalsi principalmente della "Flora d'Italia" [10] oltre che negli specifici casi a monografie più recenti, anche se sono state consultate anche alcune flore straniere come "Flora Iberica" [11]. Per la nomenclatura ci si è attenuti alla checklist di Conti *et al.* [12] ed alla sua integrazione [13], alla parte finora pubblicata *on line* della "Med-Checklist" [14] ed agli aggiornamenti pubblicati nella rubrica "Notulae alla checklist della flora italiana" dell'Informatore Botanico Italiano. L'inclusione dei generi nelle famiglie ha seguito quanto riportato da Smith [15] per le pteridofite e dall'*Angiosperm Phylogeny Group III* (APG III) per le angiosperme [16].

Le specie sono state classificate in base al numero di stazioni osservate in queste categorie: RR (rarisime) per specie presenti in 1-3 stazioni, R (rare) per specie presenti in 4-pochissime stazioni, C (comuni) per specie presenti anche non in tutta l'area ma in buona parte di essa e localmente molto abbondanti, CC (co-

munissime) per specie presenti in tutta o quasi l'area di studio. A queste classi se ne è aggiunta un'ulteriore, LA (localmente abbondanti) in quanto alcune specie mostrano una distribuzione piuttosto limitata in termini di superficie occupata pur presentando un alto numero di individui in ogni popolazione.

Non sono state considerate facenti parte della flora dei Monti Livornesi quelle specie che appaiono evidentemente coltivate.

Risultati

Al momento l'elenco floristico comprende 880 entità. La distribuzione della biodiversità floristica non è risultata uniforme ma appare influenzata essenzialmente da fattori geografici e dalla copertura boschiva che incide fortemente sulla superficie disponibile per le specie più tipicamente eliofile. In relazione a ciò, le zone maggiormente ricche di specie finora sono risultate l'area a nord attorno al centro abitato di Nugola e, relativamente più a ovest, in località Vallelunga di Suese e l'ampio tratto comprendente i monti Pelato e Carvoli fino ai poggi nelle vicinanze di Rosignano Marittimo. Relativamente meno ricche di specie risultano le aree caratterizzate da notevole copertura boschiva, soprattutto dove questa è costituita dalla macchia oppure le numerose aree edificate e quelle dove le attività agricole sono molto intense.

Per quanto riguarda lo spettro biologico (Fig. 1) ricavato dalla lista floristica va notato come terofite ed emicriptofite siano le forme biologiche nettamente prevalenti, con una leggera predominanza delle prime sulle seconde. Di contro, la percentuale di idrofite e chamefite sul totale delle specie osservate risulta molto bassa.

Lo spettro corologico (Fig. 2) mostra la prevalenza di specie a distribuzione mediterranea quali specie

gli autori

¹ Museo di Storia Naturale del Mediterraneo
via Roma 234, 57124 Livorno,
valerio.lazzeri@gmail.com

² Museo di Storia Naturale del Mediterraneo
via Roma 234, 57124 Livorno,
fsammartino@alice.it

* autore per corrispondenza

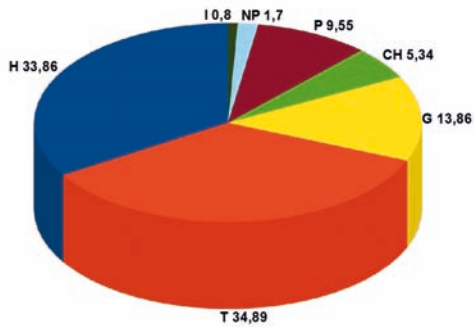


Fig. 1: Spettro biologico estrapolato dalla lista floristica. T: terofite; H: emicriptofite; G: geofite; CH: camefite; P: fanerofite; NP: nanofanerofite, I: idrofite.

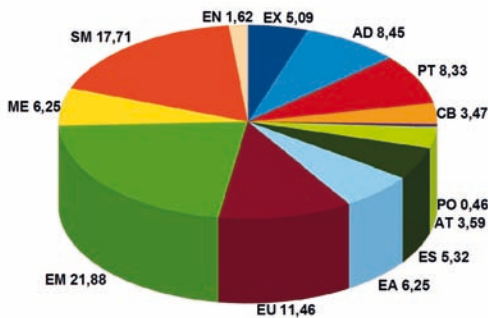


Fig. 2: Spettro corologico estrapolato dalla lista floristica. EN: specie endemiche; SM: specie stenomediterranee; ME: specie mediterranee, EM: specie eurimediterranee; EU: specie europee; EA: specie eurasiatiche; ES: specie eurosiberiane; AT: specie atlantiche (incluse le W-mediterranee); PO: specie pontiche; CB: specie circumboreali; PT: specie paleotemperate; AD: specie ad ampia distribuzione; EX: specie esotiche.

mediterranea (ME), stenomediterranea (SM) e eurimediterranea (EM). All'interno del contingente mediterraneo prevalgono gli elementi eurimediterranei (21,88%) seguiti dalle specie stenomediterranee (17,71%) e da quelle mediterranee *sensu stricto* (6,25%). Piuttosto bassa è la presenza di specie a distribuzione atlantica (AT; 3,59%) e comprendenti anche entità che estendono il proprio areale anche nel mediterraneo occidentale mentre, se pur inferiore alle specie mediterranee, è comunque importante il contributo dato da specie a distribuzione europea quali le specie europee (EU; 11,46%), eurosiberiane

(ES; 5,32%), euroasiatiche (EA; 6,25%) e pontiche (PO; 0,46%). Notevole la percentuale di specie ad ampia distribuzione in senso lato (AD; 8,45%) comprendenti specie cosmopolite, subcosmopolite, neotropicali, pantropicali, subtropicali e paleotropicali e delle specie paleotemperate (PT; 8,33%). Infine le specie endemiche (EN) sono 14, rappresentano solamente l'1,62% del totale specie sinora osservate, e comprendono *Centaurea deusta* Ten. subsp. *deusta*, *Centaurea paniculata* L. subsp. *maremmana* (Fiori) Arrigoni, *Echinops ritro* subsp. *siculus* (Strobl) Greuter, *Helichrysum litoreum* Guss., *Alyssum bertolonii* Desv. subsp. *bertolonii*, *Biscutella pichiana* Raffaelli subsp. *pichiana*, *Jonopsidium savianum* (Caruel) Arcang., *Scabiosa uniseta* Savi, *Stachys recta* L. subsp. *serpentinii* (Fiori) Arrigoni, *Polygala flavescens* DC., *Helleborus bocconei* Ten. subsp. *bocconei*, *Digitalis lutea* L. subsp. *australis* (Ten.) Arcang., *Linaria purpurea* (L.) Miller, *Veronica barrelieri* H.Schott ex Roem. & Schult., oltre alla subendemica *Serapias neglecta* De Not.

Le specie che costituiscono la lista floristica provvisoria sono ripartite in 456 generi e appartengono a 88 famiglie. Di quest'ultime le più rappresentate sono le *Asteraceae* (109 taxa; 13,99%) seguite dalle *Poaceae* (103 taxa; 13,22%) e dalle *Fabaceae* (91 taxa; 11,68%) (Fig. 3), mentre i generi più numerosi sono *Trifolium* (23 taxa), *Carex* (15 taxa), *Vicia* (14 taxa), *Allium* (13 taxa), *Euphorbia* (11 taxa), *Ranunculus* e *Veronica* (10 taxa) (Tab. 1).

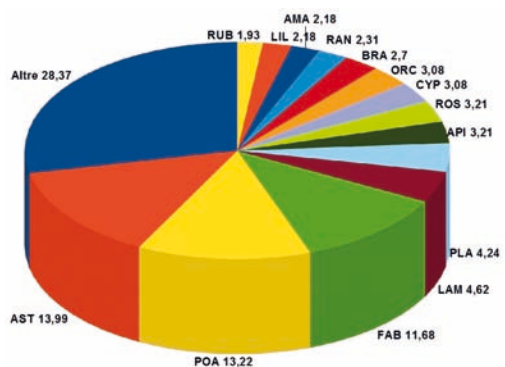


Fig. 3: Ripartizione delle specie tra le famiglie. AST: Asteraceae; POA: Poaceae; FAB: Fabaceae; LAM: Lamiaceae; PLA: Plantaginaceae; API: Apiaceae; ROS: Rosaceae; CYP: Cyperaceae; ORC: Orchidaceae; BRA: Brassicaceae; RAN: Ranunculaceae; AMA: Amaryllidaceae; LIL: Liliaceae; RUB: Rubiaceae.

Tabella 1: Famiglie e generi maggiormente rappresentati nella flora dei Monti Livornesi.

Famiglie > 15		Generi > 10	
Altre	220	<i>Trifolium</i>	23
<i>Asteraceae</i>	109	<i>Carex</i>	15
<i>Poaceae</i>	103	<i>Vicia</i>	14
<i>Fabaceae</i>	91	<i>Allium</i>	13
<i>Lamiaceae</i>	37	<i>Euphorbia</i>	11
<i>Plantaginaceae</i>	33	<i>Veronica</i>	10
<i>Apiaceae</i>	25	<i>Ranunculus</i>	10
<i>Rosaceae</i>	25		
<i>Cyperaceae</i>	24		
<i>Orchidaceae</i>	24		
<i>Brassicaceae</i>	21		
<i>Ranunculaceae</i>	18		
<i>Amaryllidaceae</i>	17		
<i>Liliaceae</i>	17		
<i>Rubiaceae</i>	15		

Per quanto riguarda le specie notevoli in quanto considerate rare al livello nazionale [10] sinora trovate durante le erborizzazioni sui Monti Livornesi possiamo elencare:

Allium moschatum L., *Allium pendulinum* Ten., *Galanthus nivalis* L., *Leucojum vernum* L., *Periploca graeca* L., *Asplenium adianthum-nigrum* L. subsp. *adianthum-nigrum*, *Achillea ageratum* L., *Anacyclus radiatus* Loisel., *Carlina lanata* L., *Echinops ritro* subsp. *siculus* (Strobl) Greuter, *Jacobaea maritima* (L.) Pelsler & Meijden subsp. *maritima*, *Senecio lividus* L., *Sonchus asper* subsp. *glaucescens* (Jord.) Ball., *Staehtina dubia* L., *Campanula medium* L., *Trachelium caeruleum* L. subsp. *caeruleum*, *Silene paradoxa* L., *Carex olbiensis* Jord., *Carex riparia* Curtis, *Eleocharis palustris* (L.) R. et S. subsp. *palustris*, *Cytinus ruber* Fourr. ex Fritsch, *Euphorbia nicaeensis* All., *Euphorbia pithyusa* L. subsp. *pithyusa*, *Astragalus glycyphyllos* L., *Cytisus decumbens* (Durande) Spach, *Dorycnium rectum* (L.) Ser., *Medicago arborea* L., *Trifolium glomeratum* L., *Trifolium lappaceum* L., *Trifolium ochroleucum* Hudson, *Trifolium squamosum* L., *Trifolium tomentosum* L., *Trifolium vesiculosum* Savi, *Vicia disperma* DC., *Frankenia laevis* L., *Anthericum liliago* L., *Malva multiflora* (Cav.) Soldano, Banfi & Galasso, *Cephalanthera damasonium* (Miller) Druce, *Himantoglossum robertianum* (Loisel.) P. Delforge, *Limodorum abortivum* (L.) Swartz, *Ophrys bertolonii* Mor., *Ophrys fuciflora* (F.W. Schmidt) Moench

subsp. *fuciflora*, *Orobanche hederæ* Duby, *Veronica serpyllifolia* L., *Arrhenatherum elatius* (L.) Presl subsp. *elatius*, *Brachypodium rupestre* (Host) Roem. & Schult. subsp. *rupestre*, *Brachypodium retusum* (Pers.) P. Beauv., *Bromopsis ramosa* (Huds.) Holub subsp. *ramosa*, *Danthonia decumbens* (L.) DC., *Gastridium ventricosum* (Gouan) Sch. Et Th., *Hyparrhenia hirta* (L.) Stapf, *Phalaris caerulea* L.
Tra le specie la cui presenza nell'area dei Monti Livornesi risulta curiosa vi è *Glauclium flavum* Crantz che, seppur discretamente numeroso nella zona litoranea che va dalla località "Maroccone" fino a Calignai, è stato trovato, anche se in un numero esiguo di individui, nelle cave di argilla nei pressi dell'abitato del Gabbro, mentre *Sonchus asper* (L.) Hill subsp. *glaucescens* (Jord.) Ball, *taxon* precentemente inserito nel Repertorio Naturalistico Toscano (RE. NA.TO) in quanto ritenuto rarissimo in Toscana, è risultato non infrequente nelle zone umide dell'area oggetto delle studio. Analogamente alcune specie esotiche caratterizzate da elevata invasività quali *Senecio angulatus* L., *Salpichroa origanifolia* (Lam.) Thell. e *Tradescantia fluminensis* Vell sono state trovate sui Monti Livornesi con una certa frequenza. Per quanto riguarda la frequenza delle specie osservate è palese come vi sia una notevole componente floristica che appare finora come rarissima (RR) nell'area di studio (Fig. 4). Infatti, tali specie rappresentano il 22,83% del totale, risultando più numerose delle specie rare (R) e di quelle molto comuni (CC). La componente di specie che sono solo localmente abbondanti (LA) invece è minoritaria (4,57%).

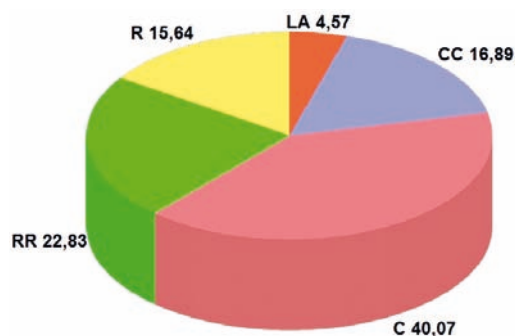


Fig. 4: Distribuzione delle specie in base alla frequenza di ritrovamento. CC: specie comunissime; C: specie comuni, R: specie rare, RR: specie rarissime; LA: specie localmente abbondanti.

Discussione e Conclusioni

I dati qui mostrati sono il risultato delle erborizzazioni intraprese nell'arco di circa un anno tra l'estate 2010 e l'estate 2011 e mostrano una checklist provvisoria di 880 entità.

Lo spettro biologico estrapolato dalla lista dei *taxa* osservati mostra la predominanza di terofite ed emicriptofite (Fig. 1) e ciò appare giustificabile in base a diversi fattori. Uno di questi è costituito dal clima dei Monti Livornesi che può essere definito tipicamente mediterraneo, soprattutto sul versante esposto ad ovest, e caratterizzato da precipitazioni non eccessive e da estati calde ed aride. A conferma di ciò, le terofite sono predominanti proprio nelle aree che costituiscono il versante più mediterraneo del complesso montuoso. Questa situazione è in linea con quanto osservato da Baldini [17] sul Monte Argentario, area che verosimilmente è caratterizzata da un clima simile a quello dei Monti Livornesi, mentre per le flore di altre aree toscane site più all'interno e che presentano un maggiore estensione in altezza come, ad esempio, il Monte Pisano [18], la Calvana [19] è stata osservata una maggiore presenza di emicriptofite. Anche la notevole percentuale di suolo antropizzato può spiegare l'alta presenza di terofite ed, in un certo qual modo, anche la discreta presenza di geofite, mentre estese aree edificate e quelle agricole hanno svolto un'importante azione di selezione nei confronti della flora, favorendo specie a ciclo vitale breve.

A dispetto dell'estesa copertura boschiva, le fanerofite costituiscono una relativamente bassa percentuale della ricchezza floristica dei Monti Livornesi (9,55%) (Fig. 1). Tale dato indica che anche le zone boscate siano state influenzate in modo importante dall'attività umana, soprattutto nel settore orientale dove domina una vegetazione a macchia mediterranea piuttosto uniforme.

Lo spettro corologico, a conferma della preponderanza dell'orizzonte mediterraneo, mostra come proprio le specie a distribuzione mediterranea in senso lato siano la componente decisamente più consistente della flora dei Monti Livornesi (Fig. 2) mentre risultano molto poco rappresentate le specie mediterraneo-montane (dato non mostrato). La prevalenza delle specie a distribuzione eurimediterranea indica come i Monti Livornesi si collochino in un punto di incontro tra la regione europea e quella mediterranea. La bassa percentuale di entità endemiche (Fig. 2) appare in linea con quanto osservato da Pierini *et al.* [20] per il non lontano Monte Pisano. Tra le specie a distri-

buzione europea in senso lato risulta relativamente bassa la percentuale delle entità eurasiatiche e euro-siberiane che rispettivamente raggiungono il 6,25% e il 5,35%. ed anche questo dato è verosimilmente inquadrabile nel clima mediterraneo che caratterizza la maggior parte del territorio dei Monti Livornesi e che risulta poco adatto alle specie più orofile.

Anche le componenti costituite dalle specie ad ampia distribuzione (8,45%), dalle paleotemperate (8,33%), dalle circumboreali (3,47%) e dalle specie esotiche (5,09%) risultano nel complesso piuttosto alte (Fig. 2), dato in parte spiegabile sia con la conformazione geologica del territorio studiato che è costituito essenzialmente rilievi piuttosto bassi che non raggiungono mai i 500 m s.l.m., sia a causa dalle forti antropizzazione e urbanizzazione che favoriscono la diffusione di queste specie che meglio si adattano a condizioni ambientali dove la presenza umana e la modificazione del territorio da essa operato si fanno intensi. Di contro, le zone caratterizzate dalla presenza di substrati serpentinosi presentano un netto calo nella presenza di specie ad ampia distribuzione in senso lato e la quasi totale mancanza di specie avventizie, segno che tali entità non riescono ad adattarsi a tali substrati piuttosto selettivi.

Tra le specie di notevole interesse fitogeografico è doveroso soffermarsi sulla conferma della presenza di *Jonopsidium savianum* (Caruel) Arcang. (Livello IUCN: EN) in due popolazioni consistenti localizzate nell'area del Monte Carvoli e del vicino Monte Pelato dove altri piccoli gruppi possono essere osservati anche ad una certa distanza rispetto al nucleo principale. Le popolazioni sui Monti Livornesi e quella del Monte Calvi nel comune di Campiglia Marittima sono le uniche in Toscana che, insieme a Lazio e Umbria, rappresenta il limitato areale di questo endemismo. Un'altra interessante specie è *Periploca graeca* L., *taxon* a distribuzione notevolmente frammentata sul suolo italiano e considerato raro e notevolmente minacciato (Livello IUCN: VU), mentre sui Monti Livornesi risulta piuttosto comune seppur localizzato in aree che mantengono una certa umidità durante tutto l'anno. Anche per l'endemica *Biscutella pichiana* Raffaelli subsp. *pichiana*, tipificata proprio sui Monti Livornesi oltre che in altre vicine località toscane dove cresce su substrati calcarei o ultramafici, è stata confermata la presenza durante questo studio. Inoltre, la presente indagine floristica ha portato alla scoperta della prima stazione di *Cephalanthera damasonium* (Miller) Druce [20], orchidea relativamente comune nell'arco alpino e sui

rilievi appenninici la cui presenza si riduce notevolmente a quote basse.

Tra le famiglie botaniche più rappresentative della flora figurano le *Asteraceae*, le *Poaceae* e le *Fabaceae* che da sole costituiscono quasi il 40% del totale (Fig. 3; Tab. 1) e questo dato è anch'esso indicativo del fatto che il clima che più caratterizza i Monti Livornesi, cioè il clima di tipo mediterraneo, favorisce la presenza delle terofite, forma biologica molto ben rappresentata nelle suddette famiglie. Il numero di specie appartenenti ai generi sinora più rappresentati risultano, seppur lievemente inferiori, comunque equiparabili a quanto osservato da Baldini per il Monte Argentario [17] a riprova della verosimiglianza tra i due biotopi.

L'analisi di quella che è pur sempre una lista floristica provvisoria ha mostrato come la percentuale di specie che nel territorio dei Monti Livornesi sono rarissime, cioè trovate in non più di 3 stazioni, è piuttosto alta (22,83%) (Fig. 4). Anche se sulla base di una checklist non definitiva potrebbe risultare in un certo qual modo precipitoso trarre delle conclusioni sull'evoluzione della biodiversità floristica nei Monti Livornesi e pur non disponendo di una lista floristica redatta nel passato e comprendente la totalità dell'area dei Monti Livornesi con la quale comparare la presente lista, tuttavia, proprio la frequenza di specie rarissime sul territorio studiato potrebbe suggerire che la biodiversità vegetale sui Monti Livornesi sia in una fase di regressione rispetto al passato. Le cause di ciò potrebbero essere ricercate nelle modificazioni ambientali incorse nell'ultimo secolo e in un uso del territorio poco favorevole alla conservazione della ricchezza floristica.

In conclusione, i Monti Livornesi, alla luce di un anno di erborizzazioni, presentano una realtà floristica caratterizzata da una buona diversità dove l'elemento mediterraneo è preponderante ma anche dove il territorio appare profondamente influenzato dalle attività antropiche e la presenza di specie ad ampia distribuzione e di entità alloctone sta diventando importante. Proprio per questo, a dispetto di condizioni pedo-climatiche evidentemente potenzialmente favorevoli all'instaurarsi di una flora, seppur non particolarmente ricca in endemismi, comunque notevole in termini di biodiversità intesa come numero di *taxa*, si deve sottolineare come molte entità presentino una diffusione molto limitata sul territorio in questione e che questo dato, seppur non definitivo, potrebbe suggerire un possibile decremento in atto della biodiversità vegetale. Alla luce di ciò, è di note-

vole interesse la prosecuzione dell'indagine floristica sul territorio dei Monti Livornesi.

Bibliografia

- [1] T. Fossi Innamorati, *Webbia* 1983, 36(2): 273.
- [2] B. Foggi, A. Grigioni, P. Luzzi, *Parlatorea* 2001, V: 5.
- [3] P. Paoli, G. Romagnoli, *Webbia*, 1976, 30(2):303.
- [4] D. Marchetti, *Atti Soc. Tos. Sci. Nat. Mem., Ser. B* 1984, 90: 261.
- [5] C. Ansaldo, F. Garbari, S. Marchiori, *Quad. Mus. St. Nat. Livorno* 1988, 9: 45.
- [6] L. Zocco Pisana, P. E. Tomei, *Quad. Mus. St. Nat. Livorno* 1990, 11:1.
- [7] G. Barsotti, *Storia naturale dei Monti Livornesi. Il parco naturale dei Monti Livornesi Itinerari natura*. Belforte & C. editori. Livorno: 2000.
- [8] T. Caruel, *Prodromo della Flora Toscana, ossia catalogo metodico delle piante. Le Monnier*. Firenze: 1864.
- [9] A. Lazzarotto, R. Mazzanti, C. Nencini, *Quad. Mus. St. Nat. Livorno* 1990, 11 Suppl. 2: 1.
- [10] S. Pignatti, *Flora d'Italia. Edizioni Edagricole*. Bologna: 1982.
- [11] *Flora Iberica*: <http://www.floraiberica.es/>
- [12] F. Conti, G. Abbate, A. Alessandrini, C. Blasi, *An annotated checklist of the Italian vascular flora*. Palombi Edizioni. Roma: 2005.
- [13] F. Conti, A. Alessandrini, G. Bacchetta, E. Banfi, G. Barberis, F. Bartolucci, L. Bernardo., D. Bouvet, M. Bovio, E. Del Guacchio, S. Frattini, G. Galasso, L. Gallo, C. Gangale, G. Gottschlich, P. Grunanger, L. Gubellini, D. Lucarini, D. Marchetti, B. Moraldo, L. Peruzzi, L. Poldini, F. Prosser, M. Raffaelli, A. Santangelo, E. Scassellati, S. Scortegana, F. Selvi, A. Soldano, D. Tinti, D. Ubaldi, D. Uzunov, M. Vidali, 2007, *Nat. Vic.* 2006, 10: 5.
- [14] *Med Checklist*: <http://www2.bgbm.org/EuroPluMed/>
- [15] A.R. Smith, K.M. Pryer, E. Schuettpelz, P. Korall, H. Schneider, P. G. Wolf, *Taxon* 2006, 55(3): 705.
- [16] *Angiosperm Phylogeny Website*: <http://www.mobot.org/MOBOT/research/APweb/welcome.html>
- [17] R. M. Baldini, *Webbia* 1995, 50(1): 67.
- [18] B. Pierini, L. Peruzzi, F. Garbari, *Inform. Bot. Ital.* 2010, 41(2): 147
- [19] G. Gestri, *Inform. Bot. Ital.* 2009, 41(1): 77.
- [20] V. Lazzeri, F. Sammartino, *Quad. Mus. St. Nat. Livorno* 2011, In stampa.

Sulle orme di Stenone - Le escursioni di Niels Steensen nel territorio volterrano (primavera A.D. 1668)

Giancarlo Lari¹

Parole chiave: balza, fossile, geode, glossopetra, lagone

Nella primavera del 1668 il danese Niels Steensen (Niccolò Stenone), medico anatomista e pioniere delle Scienze geologiche, spinto dalla necessità di osservare e verificare personalmente le straordinarie caratteristiche naturali (soffioni boraciferi, sorgenti termali, lagoni, minerali, fenomeni erosivi come balze e calanchi, ecc.) per le quali era noto il territorio volterrano¹, soggiornò a Volterra dalla metà di marzo ad aprile inoltrato. Stenone fu ospite di Raffaello Maffei², provveditore del sale del Granduca Ferdinando II ed ebbe come guida delle numerose escursioni volterrane Ludovico Maffei, figlio di Raffaello, mentre per le escursioni nella zona di Pomarance fu accompagnato da Ottaviano Cavalcanti di Libbiano.

Le escursioni nel territorio volterrano furono decisive per le materie che oggi denominiamo Scienze della Terra.

In campo paleontologico interpretò correttamente la natura dei fossili come resti pietrificati di animali vissuti in tempi antichi.

In qualità di Geologo enunciò i principi della Geologia stratigrafica (principio della sovrapposizione degli strati) ed in mineralogia dedusse la prima legge della cristallografia (costanza degli angoli diedri).

L'Opera più importante di Stenone naturalista è il "DE SOLIDO INTRA SOLIDUM NATURALITER CONTENTO DISSERTATIONIS PRODRUMUS", pubblicata a Firenze nel 1669 (fig. 1).

Stenone riconobbe la vera origine delle lingue di pietra, dette glossopetrae, credute a lungo un miracoloso prodotto della terra (origine inorganica dei fossili) mentre si tratta di denti di squalo fossili (origine organica dei fossili). Stenone li identificò durante la dissezione anatomica di una testa di squalo pescato a Livorno ed inviata allo scienziato dal Granduca Ferdinando II (fig. 2).

Trascorsi oltre 300 anni dalla visita di Stenone nel territorio volterrano, sulla base delle notizie storiche disponibili, ho tentato di ripercorrere l'itinerario seguito da questo grande naturalista, riconoscendo – quando è stato possibile – i luoghi che visitò durante il soggiorno volterrano.

1. Premessa: perché questa Memoria?

Il 14 giugno del 1997 mi arrivò una lettera dalla Biblioteca comunale di Volterra contenente l'invito per il giorno mercoledì 11 giugno alle ore 17:30 all'inaugurazione della mostra dal titolo: "1668 NICCOLÒ STENONE A VOLTERRA – Percorso iconografico alle origini della geologia" a cura di Stefano De Rosa e Angelo Marrucci. L'invito mi era stato inviato dal Dr Angelo Marrucci,

all'epoca Direttore della Biblioteca Guarnacci. La mostra fu allestita nella sala della ex pinacoteca in Palazzo dei Priori e consisteva in una serie di pannelli iconografici illustranti le tappe del soggiorno volterrano di Stenone che avvenne nella primavera del 1668.

I circa 70 pannelli e relativi commenti sono ora conservati alla Biblioteca Guarnacci ed in questa occasione ho potuto rivederli e fotografarli uno ad uno.

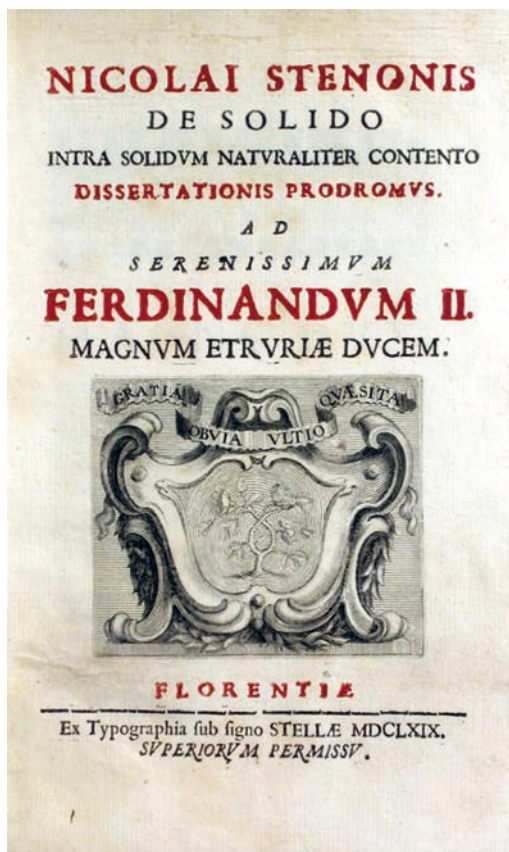


Figura 1: Frontespizio del Prodrómo.

Da qui l'idea di ripercorrere l'itinerario del grande Niels Steensen narrandolo in questa memoria con l'intento di far meglio conoscere ai conterranei un illustre personaggio che – dalle osservazioni fatte anche in questo territorio, ricco di risorse naturali – trasse ispirazione per l'enunciazione pionieristica di alcuni principi fondamentali delle Scienze della Terra.

Il volterrannissimo Prof. Silvano Bertini nel suo articolo "La visita del danese Stenone a Volterra" [5] così si esprime: "Stenone, spirito europeista ed ecumenico, amato e rispettato dai protestanti di tutte le confessioni, ammirato dai laicisti di ogni colore, merita veramente di essere ricordato ed onorato anche nella nostra città".

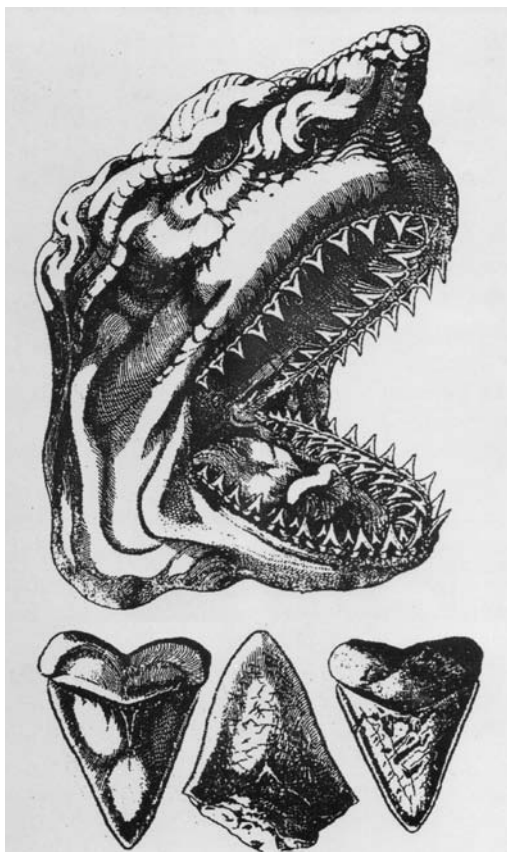


Figura 2: In alto: la testa di squalo che illustra l'opera *Canis Carcharie dissectum caput*, appendice a *Elementorum Myologiae specimen*. In basso: le glossopetrae.

Le glossopetrae, o lingue di pietra, diffuse specialmente nell'isola di Malta, altro non sono che denti di squalo fossili.

gli autori

¹ Geologo libero professionista
Piazza Martiri della Libertà, n. 7
56048 Volterra (PI)
e-mail: italgeostudio@alice.it

* autore per corrispondenza

2. Chi è Niels Steensen? – Perché Stenone è importante per le Scienze della Terra?

Niccolò Stenone (ingl. Nicholas Steno), nome italiano del grande medico anatomista, naturalista e religioso danese Niels Steensen, latinizzato in Nicolai Stenonis (o anche Nicolaus Steno), nacque a Copenaghen l'11 gennaio 1638 e morì a Schwerin (nord Germania) il 25 novembre 1686. I resti di Stenone si trovano nella Basilica di San Lorenzo a Firenze, composti in un'urna paleocristiana e poiché egli è stato beatificato il 23 ottobre 1988 da Papa Giovanni Paolo II, è ora visitato da folle di studenti che chiedono aiuto e sostegno per gli esami³, come si deduce dai numerosi ex-voto di cui è letteralmente circondata l'urna funeraria.

La biografia più importante di Stenone si deve al connazionale Gustav Scherz [12] che così lo definisce “... uno dei più grandi naturalisti di tutti i tempi ... un europeo che appartiene alla civiltà dell'Europa occidentale e meridionale del '600 e, in particolare, alla civiltà cristiana”.

La lingua usata da Niccolò Stenone nella maggioranza dei suoi scritti fu il latino, ossia la lingua scientifica internazionale di quell'epoca, ma le numerose lettere che Stenone ci ha lasciato furono scritte – oltre che in latino – anche in tedesco, francese, italiano a conferma della internazionalità europea di Niels Steensen.

Stenone visse 49 anni ma la sua vita come anatomista e naturalista si concluse nel 1669 quando, convertitosi dalla religione protestante luterana alla religione cattolica, diminuì gradualmente l'attività scientifica per dedicarsi completamente a quella religiosa tanto che nel 1675 fu ordinato Sacerdote e due anni dopo Vescovo.

Dopo la laurea in Medicina, conseguita all'Università di Leida, in Olanda, nel 1664, Stenone si trasferì a Parigi, ospite di Melchisédech Thévenot, noto mecenate del tempo, attorno al quale si riunivano alcuni dei più grandi nomi della scienza di quel periodo. Da Parigi partì alla volta della Toscana.

1° soggiorno in Toscana. - Nel 1666 giunse a Firenze, alla corte del Granduca di Toscana Ferdinando II de' Medici, intorno a cui si ritrovavano alcuni dei più importanti scienziati del tempo, tra i quali Vincenzo Viviani, Francesco Redi, Lorenzo Magalotti e Marcello Malpighi. Con

Viviani e Redi Stenone strinse rapporti non solo culturali ma anche di amicizia.

È in Toscana e non solo a Firenze, Pisa e Carrara ma specialmente nella Toscana Marittima e all'Isola d'Elba che Stenone, oltre a proseguire gli studi anatomici, rivolsse il suo interesse anche alle Scienze della Terra.

A Livorno lo commosse la processione del Corpus Domini nel giugno del 1667 e questo – a quanto pare – fu la scintilla del suo percorso di evoluzione religiosa nell'ambito del cristianesimo; fu proprio a Firenze infatti che nel novembre dello stesso anno Stenone, cresciuto in Danimarca nella fede luterana, si convertì al cattolicesimo.

Il 1669, con la pubblicazione a Firenze dell'opera fondamentale e pionieristica per le Scienze della Terra, dal titolo “DE SOLIDO INTRA SOLIDUM NATURALITER CONTENTO – DISSERTATIONIS PRODROMUS” [15], letteralmente, in italiano: “PRODROMO DI UNA DISSERTAZIONE SU UN CORPO SOLIDO CONTENUTO NATURALMENTE ENTRO UN ALTRO SOLIDO” (figura 1), è l'anno della svolta nella vita di Stenone che da allora in poi si dedicherà quasi esclusivamente alla vita religiosa.

Oggi avrebbe potuto intitolarlo: “Compendio di Scienze della terra” oppure “Introduzione alle Scienze della Terra”.

In quanto al titolo, ritenuto oscuro o almeno ermetico, è evidente il riferimento ai fossili, corpi solidi contenuti dentro altri corpi solidi, ossia rocce e terre.

Dunque le conchiglie dentro le rocce o all'interno delle terre, ma il titolo ben si adatta anche ai minerali, contenuti anch'essi dentro le rocce o all'interno di cavità (es. i calcedoni di Monterufoli che si trovano quasi sempre dentro geodi).

Tuttavia la spiegazione del titolo è più sottile e profonda ed è contenuta nello stesso Prodromo, laddove Stenone così si esprime, dopo aver definito un corpo naturale come un complesso di particelle impercettibili: “Quando si origina un corpo le sue particelle si muovono da luogo a luogo ... Se un corpo solido è circondato da ogni parte da un altro corpo solido, primo di essi si indurrà quello che, nel mutuo contatto, esprime colla sua superficie le proprietà della superficie dell'altro”. ... e poi: “...in quelle terre o sassi che da ogni parte circondano e contengono cristalli, seleniti, marcasiti, piante e lor parti, ossa e gusci di ani-

mali e altri corpi ... quei corpi si sono induriti nel tempo in cui la materia delle terre e dei sassi che li contengono era ancora fluida ...

Il capitolo geologico del *Prodromus* inizia col paragrafo “*Strata terrae*” – “*Gli strati della terra appartengono ai sedimenti di un fluido: perché la materia pulverulenta degli strati non poté raccogliersi in quella forma altrimenti che mista ad un qualche fluido e, caduta poi per il proprio peso, fu spianata dal movimento dello stesso fluido soprastante ...*”. Segue l’enunciazione del principio cronologico della geologia stratigrafica: “*gli strati vengono deposti orizzontalmente, uno sull’altro, in modo che il più basso è il più antico e i soprastanti progressivamente più recenti*”.

È implicito il riferimento alle balze di Volterra (fig. 3) e del Valdarno superiore che Stenone esplicita poi con la seguente descrizione: “*... i versanti e le balze in cui gli strati si presentano in pila sovrapposta sono il prodotto di fenomeni di erosione che hanno troncato gli strati che inizialmente si estendevano sull’intero bacino*”.

“Non Mutatis angulis” – Questa osservazione concisa contenuta nella *EXPLICATIO FIGURARUM* dell’unica tavola di disegni del *Prodromus*,



Figura 3: Panoramica parziale delle balze di Volterra ripresa dalla strada comunale di Doccia.

Stenone osservò la sovrapposizione del banco di sabbia gialla sopra l’argilla grigia, l’orizzontalità degli strati, marcati nella zona di transizione sabbia-argilla da orizzonti acquiferi più scuri e la presenza di conchiglie fossili dentro i terreni di origine marina. Tali osservazioni contribuirono alla formulazione di alcuni principi fondamentali di Geologia e Paleontologia enunciati nel *Prodromus*.

dove sono rappresentate varie forme possibili dei cristalli di quarzo, è la prima legge della cristallografia. L’autore descrive i cristalli di quarzo distinguendo due piramidi esagonali (in realtà due romboedri), dalla colonna centrale, formata da un prisma esagonale e definisce i loro angoli solidi (ossia gli angoli diedri) e i piani (ovvero le facce), osservando che le sezioni dei cristalli di quarzo possono avere svariate forme, da esagono regolare a esagono deformato, fino a un quadrangolo, ma “*non mutatis angulis*”, ossia il valore degli angoli diedri resta costante ed uguale a 120°.

Altra scoperta, pionieristica in campo mineralogico, riguarda le modalità di crescita dei cristalli, fino ad allora ritenute di accrescimento dall’interno, come per le piante e gli animali. Stenone afferma con assoluta convinzione l’accrescimento dei cristalli per aggiunta di materia dall’esterno dovuta all’azione di fluidi circolanti.

2° soggiorno in Toscana - Dopo un breve ritorno a Copenaghen, Stenone fu richiamato a Firenze da Ferdinando II, ma al suo arrivo (giugno 1670) il Granduca era già morto. Stenone fu comunque accolto con tutti i riguardi dal figlio Cosimo III. Nel 1672 Stenone rientrò in Danimarca dove venne nominato *regio anatomico*, ma vi rimase solo due anni, dopo i quali si spostò nuovamente a Firenze. Nel 1675 venne ordinato sacerdote, e nel 1677 vescovo titolare (*in partibus infidelium*, ossia in territorio di infedeli) di Tiziopoli, nell’attuale Turchia, e vicario apostolico per la Scandinavia, con sede ad Hannover.

Niels Steensen chiuse così definitivamente l’attività nel campo delle Scienze della Terra e da allora in poi si dedicò completamente alla vita religiosa, all’apostolato cattolico.

3. Scienza e Religione

È contemporaneo in Stenone la comparsa dell’interesse per le scienze della terra con il desiderio di avvicinarsi alla cristianità cattolica. Quando nel novembre del 1667 si convertì al cattolicesimo, la scintilla della sua conversione fu una cerimonia tradizionale della Chiesa cattolica, come abbiamo già visto, ossia la processione del Corpus Domini a Livorno, con la suggestiva maestosa infiorata. Stenone ne rimase molto im-

pressionato, poiché, venendo dal lontano nord-Europa era cresciuto nel mondo protestante, dunque senza immagini in chiesa, processioni e quant'altro Martin Lutero aveva tolto nella prima metà del secolo XVI dal culto esteriore della Chiesa, riducendolo essenzialmente a culto per la bibbia e preghiera, privandolo di qualsiasi cerimoniosità esteriore.

Quella di Stenone non fu una conversione di comodo perché, dopo aver scelto il cattolicesimo (1667), vi aderì sempre di più, tanto che dopo 10 anni, nominato vescovo (1677), abbandonò definitivamente l'attività scientifica sia di medico anatomista che di naturalista.

Le opere di Stenone nel campo delle Scienze della Terra [13-14-15] non furono oggetto di censura ecclesiastica come invece il *Dialogo sopra i massimi sistemi* di Galileo che costrinse l'autore all'abiura.

Bisogna considerare tuttavia, che nel *Dialogo* erano espresse novità sconvolgenti, rivoluzionarie e Galileo ne aveva dette di audaci, anche all'inizio dell'opera, sostenendo (facendo una distinzione fra il conoscere intensivo e il conoscere estensivo) che *“dal punto di vista intensivo, noi siamo in grado di raggiungere mediante la scienza, delle conoscenze altrettanto valide quanto le conoscenze possedute da Dio, pur restando il numero delle nostre conoscenze infinitamente inferiore al numero delle sue”*. Erano queste argomentazioni acute ma ambigue, esposte con lo scopo di uscire indenne da eventuali accuse, ma l'Opera, pur avendo ricevuto l'autorizzazione alla pubblicazione, non fu divulgata perché ne fu subito proibita la diffusione e il fatto portò Galileo davanti agli inquisitori il 12 aprile 1633.

Fu accusato di eresia per aver argomentato e sostenuto la teoria copernicana secondo cui era il sole al centro del sistema (teoria eliocentrica) e non la terra (teoria geocentrica), come invece afferma la Bibbia.

Nel *Prodromo* Stenone enuncia principi innovativi, tutto quanto però nel rispetto della Bibbia e dei tempi biblici, in cui l'età del Diluvio Universale rappresentò il limite retrospettivo entro cui sarebbero accaduti gli avvenimenti.

Inoltre il *Prodromo*, per sua stessa definizione, non è che l'anteprima di una trattazione completa dei temi talvolta solo accennati nell'opera di Stenone.

Niente a che vedere con la rivoluzionaria teoria sul moto dei corpi celesti che a Galileo costò la condanna (revocata solo in seguito all'abiura) e nemmeno con la teoria evoluzionista lanciata da Darwin due secoli dopo con **L'origine delle specie (Londra, 24 novembre 1959)**. Teorie queste ultime che confutavano le millenarie idee in materia di moto dei corpi celesti e dell'età e dell'origine della vita sulla Terra.

Nelle teorie di Galileo e Darwin il tempo degli avvenimenti si dilatava a dismisura, mentre Stenone, nelle sue opere, faceva rientrare il tutto rigorosamente nei pur brevi tempi biblici.

Pur trattando di Scienze, Stenone si guardò bene sia di contraddire i testi sacri, fondamento della religione cristiana, sia di urtare l'inquisizione, tanto che le sue opere ebbero l'autorizzazione, l'Imprimatur alla pubblicazione dell'autorità ecclesiastica, autorizzazione mai revocata, come accadde invece al Galilei.

Per quale motivo Stenone era venuto nel capoluogo toscano dal profondo nord-europa, così tanto diverso dai popoli latini? Si dice che fosse attratto dal mecenatismo per i cultori di scienze dei Medici, dell'allora Granduca Ferdinando ma in realtà il suo interesse primario era la scuola scientifica sperimentale del grande Galileo, sostenitore della teoria eliocentrica di Copernico.

Quando cominciarono a circolare le prime copie del *Prodromus* non pochi autori rimasero scioccati nel leggere che a proposito di alcune caratteristiche della piritite Stenone concordava con *“i solidissimi argomenti del Grande Galilei”*.

Egli fu audace nel dichiararsi d'accordo con uno scienziato condannato dalla Chiesa trentacinque anni prima (1633), che aveva abiurato solennemente certi principi espressi nel *Dialogo sopra i massimi sistemi* e per giunta tributargli un così plateale riconoscimento di grandezza con quell'aggettivo *“Grande”* con la prima lettera volutamente maiuscola. Come era potuto sfuggire questo fatto al S. Ufficio e per di più a Firenze? Altri autori, per qualcosa di simile, si erano visti ritirare l'Imprimatur e requisire l'edizione.

La maggior parte degli studiosi di provata fede cattolica come il Viviani, il Redi, il Malagotti e lo stesso Steensen giudicarono la condanna di Galilei una questione disciplinare e non di fede

e come tale di durata limitata nel tempo. La riabilitazione di Galileo, il riconoscimento della veridicità della teoria eliocentrica e la definitiva autorizzazione all'insegnamento del moto della Terra e dell'immobilità del Sole arrivò solamente 180 anni dopo la sua morte (1642) con un decreto della Sacra Congregazione dell'inquisizione approvato da Papa Pio VII il 25 settembre 1822 e soltanto nel 1968 papa Paolo VI fece avviare la revisione del processo contro Galileo.

4. Sulle orme di Stenone - L'itinerario nel territorio volterrano

Il soggiorno volterrano di Stenone, avvenuto nella primavera del 1668, contribuì sicuramente alla formulazione di alcuni principi basilari di geologia, paleontologia, mineralogia espressi nel *Prodromus* (p. 63 e seguenti). In quest'opera Stenone, come abbiamo visto, riconosce l'origine organica dei fossili, corpi solidi dentro altri corpi solidi, ossia rocce o terre.

Alla formulazione del principio di sovrapposizione degli strati - di cui i più antichi stanno sotto e i più recenti sopra - contribuì l'osservazione delle pareti delle Balze di Volterra (fig. 3).

I fossili delle sabbie plioceniche di facies astiana (oggi Sabbie di S. Giusto) sono più frequenti e meglio conservati nella parte inferiore della Formazione, nella fascia di transizione all'Argilla grigia di facies⁴ piacentiana. Un banco di sabbie fossilifero è presente in località Lo Spuntone, nella zona delle Balze sottostante la Badia Camaldolese ed è visibile percorrendo l'antico tracciato della via pisana, abbandonata negli anni 40 dell'800 allorché il Granduca Leopoldo II fece costruire l'attuale tracciato dell'omonima via, che per un tratto di oltre un centinaio di metri attraversa l'antica balza di Filettrò.

Una lettera che lo scienziato danese inviò da Firenze, pochi giorni dopo il soggiorno volterrano, a Raffaello Maffei, procuratore del sale del Granduca, che lo aveva ospitato nel palazzo di Volterra e forse anche nelle ville di Sant'Anastasio e Monterufoli, ci consente di conoscere il nome della Guida che lo accompagnò nelle escursioni nei dintorni di Volterra, cioè Ludovico Maffei, figlio di Raffaello e della guida che lo seguì nella zona geotermica, Ottaviano Cavalcanti di Libbiano. Ne riporto il

testo integrale [4]: *"Ill.mo Sig. mio e Padre Col. mo. Rendo grazie a V.S. ill.ma dell'onore ch'ella mi fece e dell'incomodo ch'ella diede al Sig. Ludovico per farmi condurre a vedere le curiosità d'intorno a Volterra. Le mando un esemplare del mio libro stampato qui in Firenze, non avendo nessun esemplare di quello ch'io ho fatto stampare a Leiden (Leida) come non ho né anche di quello stampato a Copenhagen, la mi perdoni che con questi non li posso servire. La supplico di continuare a favorirmi rassegnandomi io per sempre di V.S. Ill.ma Umil.mo obbl.mo servitore - Niccolò Stenone - Firenze a 18 Aprile 1668. Riverisco il Sig. Ludovico suo figliolo e la prendo quando l'occasione lo permetterà, di rendere grazie da parte mia al Sig. Cavalcanti dei favori che io ne ho ricevuti".*

I probabili luoghi visitati da Stenone durante il soggiorno volterrano della primavera del 1668 secondo il Prof. Silvano Bertini [4]. (Fig. 4):

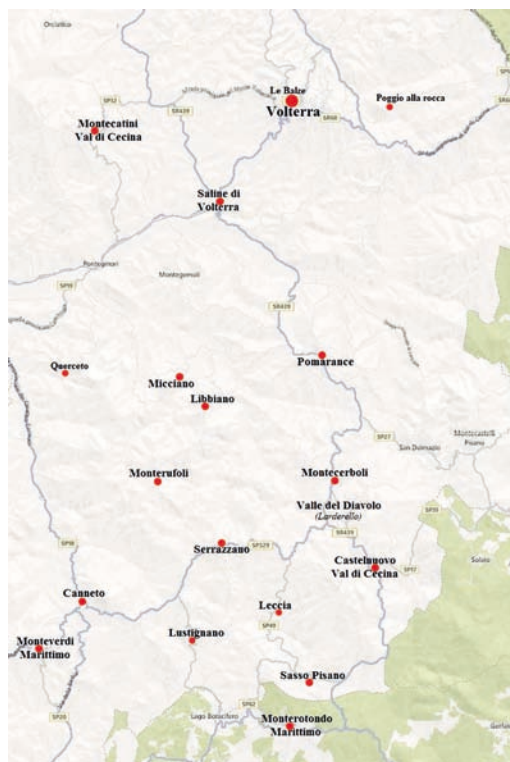


Figura 4: Carta delle località del territorio volterrano visitate da Stenone nel 1668.

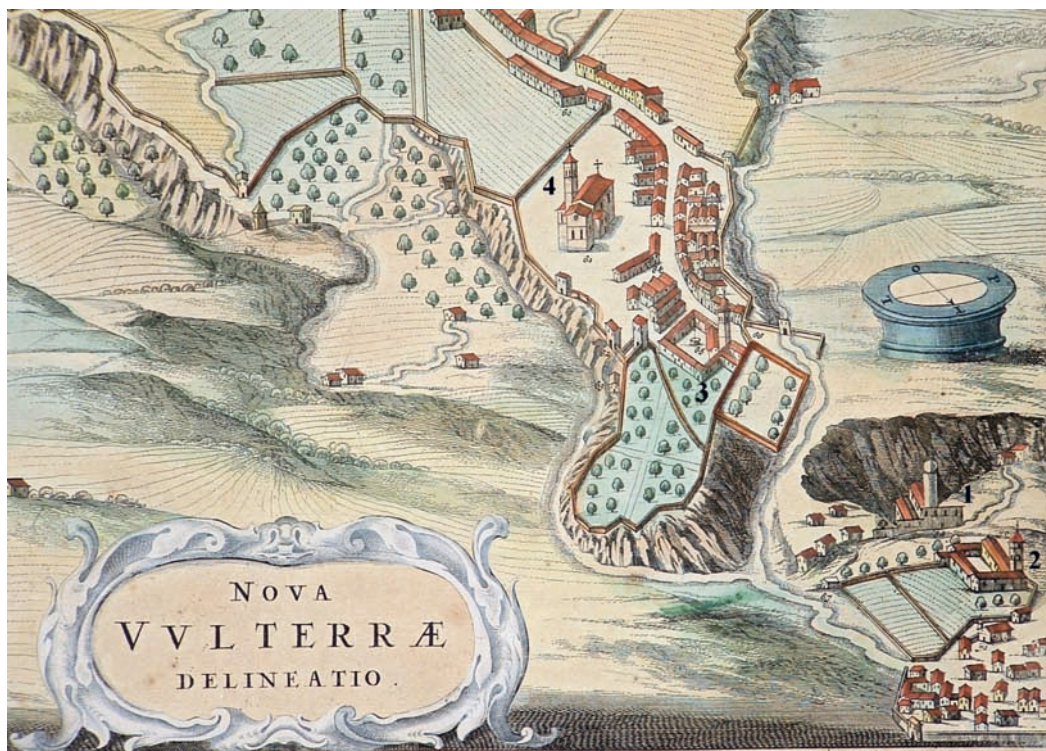


Figura 5: Particolare della stampa di Domenico Vadorini (Anno 1637).

È rappresentata la situazione delle balze di Volterra, in avanzamento verso la città, 40 anni prima della visita di Stenone a Volterra. Nella figura sono visibili e numerati da 1 a 4:

1 - CHIESA DI S. GIUSTO AL BOTRO - costruita alla fine del 700 d.C. venne raggiunta dall'avanzata delle balze ai primi del seicento e precipitò gran parte nella voragine a partire dal 1814; nel 1668 esistevano ancora ruderi della Chiesa; 2 - BADIA CAMALDOLESE - costruita nel 1.030 e dal 1.106 abitata dai Monaci Camaldolesi; fu abbandonata dai monaci nel 1861 la Badia per timore che il fronte delle balze raggiungesse il monastero; 3 - CONVENTO DI S. MARCO - Citato per la prima volta nel calendario d'Ugo nel 1.161, in un documento del 1.213 viene anche chiamata chiesa di Prato Marzio. Fu abbandonato nel 1710 ed oggi resta solo parte della facciata peraltro ampiamente rimaneggiata; 4 - Nuova Chiesa di S. Giusto, iniziata a partire dai primi del seicento.

Volterra e dintorni (in compagnia di Ludovico Maffei)

Le Balze – Montebradoni – Porta Diana – Ulimateo. La Nera (Fonte del latte) – Poggio alla Rocca – Sant'Anastasio, Saline (Moje vecchie).

Zona di Pomarance (in compagnia di Ottaviano Cavalcanti)

Libbiano, Pomarance, Montecerboli, Castelnuovo V.C., Sasso Pisano, Serrazzano, Monterufoli,

Lustignano, Leccia, Monterotondo. In queste zone studiò le “esalazioni fetide, le calde ebollizioni di fuoco” e altri fenomeni descritti a pagina 35 del Prodromo.

Si recò poi a Monteverdi, Canneto, Bibbona, Casale, Gello, Querceto, Montecatini V.C. (Miniera di rame).

Passiamo ora in rassegna alcuni luoghi più significativi visitati da Stenone durante il soggiorno volterrano.

4.1. LE BALZE e i ruderi dell'antico abitato di San Giusto in Botro

La voragine delle balze di Volterra, situata oggi alla periferia nord dell'abitato, vicinissima all'odierno Borgo San Giusto, era abbastanza diversa nel 1668. Un'idea di come si presentava all'epoca in cui la visitò Niccolò Stenone si può avere osservando la (fig. 5), particolare di una stampa datata 1637 di Domenico Vadorini da Pomarance. Probabilmente Stenone poté osservare la voragine arrivando fino ai ruderi della Chiesa di San Giusto in Botro che era situata sul ciglio della parete di balza all'epoca sottostante la Badia. Ludovico Maffei potrebbe avere accompagnato lo Scienziato anche lungo la strada di Doccia, da dove era possibile, allora come ora, osservare la voragine dal fianco sinistro della valle del Botro dell'Alpino (fig. 3)

Se Stenone osservò i fossili di conchiglie incastriati nelle bozze di arenaria panchina (fig.6) di cui erano costituite le lastre delle pavimentazioni urbane, uno dei pochi luoghi in cui si rinvenivano e si possono estrarre fossili immersi nella sabbia gialla sciolta (sabbione) è *Lo Spuntone*, sotto la Badia Camaldolese. Lo spuntone è un luogo impervio ma all'epoca di Stenone vi passava accanto l'antica via Pisana, il cui tracciato è attualmente ridotto ad un sentiero mal praticabile. Visto il grande interesse che Stenone dimostrò per le conchiglie di Volterra è logico pensare che egli abbia visitato anche questo luogo, proprio perché si trovava lungo una via maestra dell'epoca. Stenone si sofferma abbastanza a lungo in con-



Figura 6: Bozza di arenaria volterrana denominata panchina contenente gusci fossili di molluschi lamellibranchi della famiglia dei Pettinidi.

siderazioni sulle conchiglie di Volterra (p. 63 e seguenti del *Prodromus*). Egli scrive: “tra i solidi inclusi naturalmente in un corpo solido nessuno si incontra più spesso ne solleva più dubbi delle conchiglie ...” e prosegue distinguendo le conchiglie del mare e quelle che si trovano nelle montagne incluse dentro altri corpi solidi (le rocce). Egli giunge infine ad ammettere che queste ultime un tempo appartenevano ad animali vissuti in mare. Il problema era il tempo in cui le conchiglie di Volterra vissero ... in mare. Stenone fece rientrare le vicende geologiche nei brevi tempi biblici, ammettendo che le conchiglie risalivano all'epoca del diluvio universale. Se avesse sconfinato la datazione dei fossili oltre il diluvio universale avrebbe urtato inevitabilmente certi assiomi biblici.

4.2. La terra dei Soffioni (“le esalazioni fetide – le calde ebollizioni di fuoco” – *Prodromus* pagina 35)

“Versan le vene le fumifere acque pe’ li vapor che la terra ha nel ventre che d’abisso li tira suso in alto ...” (**Dante Alighieri** – *RIME diverse* – *Canzone XVIII* – inizio 5^a Strofa)

“Montecerboli apparve inerpicato su per la sua rupe conica di gabbro, le ripe incenerite della Posera biancarono”.

E ancora: “Una raffica repente schiacciava il vapore contro il suolo, lo ricacciava nelle pozze, lo addensava negli anfratti del monte. Tutto si confondeva nella nebbia crassa...” (dal “Forse che sì, forse che no” **Gabriele D’Annunzio**, 1910).



Figura 7: Panoramica della zona geotermica compresa fra Sasso pisano e Monterotondo M.mo ripresa da Sassetta.

Si notino le colonne di vapore prodotto dai pozzi geotermici accanto ai banchi di nebbia.

Montecerboli e la Valle del diavolo

Quando STENONE nella primavera del 1668 visitò la regione boracifera non esisteva ancora l'abitato di Larderello ma soltanto il paese di Montecerboli (Mons Cerberi). La valle del Torrente Pössera, a ridosso della quale oggi si fronteggiano i due paesi, era nota come "Valle del diavolo", verosimilmente per l'ambiente fumoso, bollente e per l'odore di acido solfidrico che vi si respirava (*"Exhalationes faetidae, ignis ebullitiones calidae, etc."* descritte da Stenone a pagina 35 del Prodomus).

Una figura tratta da una stampa dei primi dell'ottocento, in epoca anteriore allo sfruttamento dei soffioni per la produzione di acido borico, ci dà l'idea di come doveva presentarsi la valle del diavolo 130 anni prima, al tempo della visita di Stenone (fig. 8sin).



La figura 8dx mostra la Valle del diavolo dopo la costruzione degli impianti industriali di Larderello, iniziata a partire dal 1818 e denominati in un primo tempo Fabbriche di Montecerboli⁵. Prima dell'inizio dello sfruttamento del vapore nei lagoni coperti per la produzione di acido borico, nel sottosuolo della valle del diavolo, ad una certa profondità, era presente acqua surriscaldata ($T > 100^{\circ}\text{C}$) che si trasformava in vapore per diminuzione della pressione vicino alla superficie, nelle zone dove fratture nella copertura argillitica impermeabile permetteva la risalita dei fluidi geotermici. Ciò dava origine alle imponenti manifestazioni naturali (soffioni, lagoni, fumarole, putizze) osservate anche da Stenone nel 1668. Tali manifestazioni naturali sono oggi scomparse completamente nella Valle del diavolo a causa dell'intenso sfruttamento della risorsa geotermica.



Figura 8: a sinistra: la Valle del diavolo agli inizi dell'800 – a destra: le Fabbriche di Montecerboli costruite per la produzione dell'acido borico da Francesco De Larderel.

Nella Valle del diavolo prospiciente il paese di Montecerboli Stenone osservò le manifestazioni geotermiche naturali descritte a pagina 35 del Prodomus.

A quell'epoca non esistevano le fabbriche per la produzione del boro che furono realizzate da Francesco De Larderel a partire dal 1818.

Nel 1842 la località prese il nome di Larderello.

Le putizze del Sasso Pisano. Le fumarole e il lagone Cerchiaio a Monterotondo M.mo

Il chimico tedesco Uberto Francesco Hofer, direttore delle speziere granducali della Toscana, scoprì nel 1777 la presenza dell'acido borico in due lagoni, uno a Monterotondo e l'altro a Castelnuovo. Nel 1779 Paolo Mascagni (Pomaranche, 25 gennaio 1755 – Chiusdino, 19 ottobre 1815), all'epoca professore all'Università di Siena, confermò la scoperta dell'Hoeffler

anche in altri lagoni del Sasso, di Serrazzano e della valle del Diavolo ma solo nel 1818 Francesco De Larderel iniziò l'estrazione industriale dell'acido borico da queste acque, dapprima facendole evaporare in vasche riscaldate con fuoco di legna e dal 1827 in poi utilizzando lo stesso calore prodotto dai vapori dei lagoni naturali che vennero coperti con cupole di laterizio (lo storico lagone coperto della Larderello S.p.A.).



Figura 9: Putizze al Sasso pisano.



Figura 10: Fumarola sul poggio fra Monterotondo e il Sasso.



Figura 11: Lo storico lago Cerchiaio a Monterotondo M.mo.

Al Sasso pisano e a Monterotondo M.mo sono presenti le manifestazioni geotermiche naturali che Stenone nel 1668, poco più di un secolo prima della scoperta del boro nelle acque dei lagoni, deve aver visitato durante le escursioni nel territorio volterrano, accompagnato da Ottaviano Cavalcanti di Libbiano. (fig. 9 - 10 - 11).

4.3. Monterufoli e i suoi calcedoni

La visita a Monterufoli era d'obbligo per Niccolò Stenone, per diversi motivi.

Il primo è che in quel luogo era attiva a quell'epoca l'estrazione dei calcedoni lavorati nell'opificio delle pietre dure a Firenze, istituito nel 1588 nell'ex-convento di San Niccolò dal Granduca Ferdinando I de' Medici. Il secondo è che la villa di Monterufoli (detta oggi delle "cento stanze") e l'omonima fattoria, erano nel 1668 proprietà della famiglia Maffei di Volterra, dunque è probabile che Stenone – che era ospite dei Maffei – vi abbia anche pernottato. Inoltre, data la vicinanza di Monterufoli a Libbiano, il luogo era facilmente raggiungibile anche dall'altro personaggio che fece da guida a Stenone, ossia Ottaviano Cavalcanti che abitava appunto a Libbiano.

Il calcedonio è silice (SiO_2) microcristallina anidra a struttura fibrosa di aspetto ceroide, semitrasparente o traslucido di durezza (6,5) alquanto inferiore a quella del quarzo.

I calcedoni di Monterufoli erano ricercati per la varietà dei colori, spesso ricchi di bellissime



Figura 12: Geode sezionata di calcedonio proveniente da Monterufoli.

sfumature e trasparenze e venivano impiegati sia nella composizione a mosaico di motivi decorativi che per la produzione di oggetti ornamentali.

In figura 12 è ripreso un bell'esemplare di calcedonio azzurrino di Monterufoli. Si tratta di un geode aperto rinvenuto entro un filone siliceo incluso nelle serpentine alterate.

Dalla osservazione dei minerali, specialmente quarzo delle Apuane ed Ematite dell'Isola d'Elba, Stenone dedusse la prima legge della cristallografia sulla costanza degli angoli diedri (fig. 13).

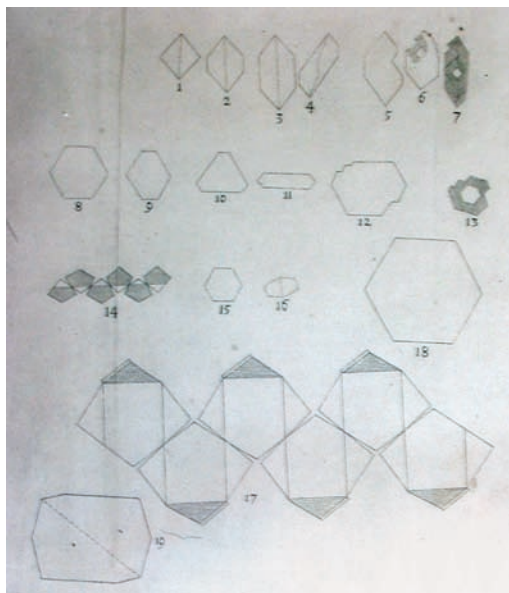


Figura 13: Parte alta dell'unica tavola contenente disegni allegati al *Prodomus*.

È considerata l'atto di nascita della cristallografia ed illustra il principio della costanza degli angoli diedri (*Non mutatis anguli*) e dell'accrescimento dei cristalli per aggiunta naturale di materia sopra le facce delle piramidi enunciato da Stenone nella *EXPLICATIO FIGURARUM del Prodomus* (7. figura in plano axis indicat quomodo ex superimposita planis pyramidum nova materia crystallina laterum, & numerus, & longitudo varie modo augentur, modo imminuntur).

5. Ringraziamenti

Desidero esprimere la mia gratitudine:

A Mons. Angelo Livi, Priore della Basilica di San Lorenzo in Firenze per la squisita e simpatica accoglienza in canonica, l'emozionante visita al sarcofago del Beato Nicolai Stenonis e per i diversi libri regalatimi;

- al Dr. Stefano Miniati di Prato, Docente Universitario a Siena, autore dell'ultimo libro in lingua inglese su Nicholas Steno (vedi bibliografia), per avermi indirizzato, agli inizi del lavoro, alla consultazione dei testi su Stenone;
- al Geologo Dr. Fabio Saggini e al Dr. Alessandro Furiesi (Segreteria Vescovado Volterra) per l'aiuto prestato nella traduzione dal latino delle pagine essenziali del *Prodomus*;
- alla Sig.ra Nadia Alpi, segretaria dell'Istituto Stensen di Firenze, per avermi agevolato nella consultazione dei testi della Biblioteca Stenoniana;
- al personale della Biblioteca Guarnacci di Volterra, per avermi messo a disposizione l'edizione originale del *Prodomus* e i pannelli iconografici della mostra su Stenone del giugno 1997.

Note

¹ Per "Volterrano" si intende il vasto territorio storicamente appartenente all'antico Municipio Romano e ricalcante i confini della precedente lucumonia etrusca (VELATHRI), attualmente rappresentato dai confini della Diocesi di Volterra (questi ultimi alquanto ridotti rispetto ai primi). È un territorio oggi diviso fra le province di Pisa, Firenze, Siena, Grosseto, Livorno e comprende, a nord le colline della media Val d'Era (Chianni, Lajatico, Terricciola, Pèccioli) e parte della Val d'Elsa (Montaione, Gambassi). Il confine del territorio Volterrano ad est della città è il fiume Elsa (in epoca etrusco-romana il confine giungeva fino al fiume Pesa), con il territorio di Castelfiorentino a sinistra del Fiume e di Gambassi. A sud il confine è segnato dai Comuni di Montieri e Monterotondo M.mo, mentre ad ovest il territorio volterrano giunge fino alla linea di costa e comprende Bibbona, Cecina e Vada (ex porto di Volterra).

² Raffaello MAFFEI (1605-1673) era il procuratore del sale del Granduca, oltre che storico, letterato e conoscitore delle risorse naturali del territorio volterrano. Autore di vari scritti sulle moje, le acque, le terme e i

minerali del volterrano, Raffaello Maffei fu una guida preziosa per Stenone anche se la guida di campagna fu il figlio Ludovico.

³ Il Beato Nicolaus Stenonis ci ha lasciato fra l'altro una bella preghiera indirizzata direttamente a Dio:

*“Onnipotente Dio e Padre,
senza il tuo benepiacito,
né un capello del capo,
né una foglia dell'albero,
né un uccello dal cielo cade;
né il pensiero allo spirito,
né la parola alla lingua,
né l'azione alla mano riesce.*

*Tu mi hai guidato per sentieri sconosciuti!
Guidami ancora in futuro sul sentiero della grazia,
sia che io veda che non veda.
Infatti: per te è più facile guidarmi
La dove vuoi,
che per me lasciare
ciò a cui mi attira il mio desiderio.
Amen”*

⁴ Il termine “*facies*” (dal latino, “*aspetto*”) fu adottato per la prima volta da STENONE per indicare l'insieme dei caratteri geolitologici e paleontologici che contraddistinguono una Formazione geologica.

⁵ Dal 1828 iniziarono anche le perforazioni per reperire maggiore energia termica dai soffioni. Nel 1842 il Granduca Leopoldo II in riconoscimento dell'opera e dei meriti di Francesco Larderel chiamò Larderello le Fabbriche di Montecerboli (figura 8dx).

La produzione dell'acido borico con il metodo dei lagoni coperti ideato dal geniale De Larderel continuò fino alla fine dell'800 ed oltre perfezionando sia i metodi di perforazione per raggiungere i fluidi endogeni, sia gli impianti produttivi. A partire dal 1956 la produzione del boro e suoi derivati sfruttando le acque boriche della zona geotermica cessò. La materia prima per la produzione dei boro derivati divenne il minerale Colemanite ($\text{Ca}_2\text{B}_6\text{O}_{11}\cdot 5\text{H}_2\text{O}$) proveniente da Panderma in Turchia.

Parallelamente all'industria chimica del boro si delineò ai primi del '900 la possibilità di utilizzare l'energia geotermica per la produzione di energia elettrica. Nel 1904 il principe Piero Ginori Conti riuscì a trasformare l'energia termodinamica dei soffioni in elettricità e il 10 marzo del 1914 venne allestita la prima centrale geotermoelettrica a cui seguì nei decenni successivi, ad opera della Larderello S.p.A., la costruzione di numerose altre centrali alimentate dall'energia geotermica. Con la nazionalizzazione dell'energia elettrica, nel 1963, la società Larderello S.p.A. fu incorporata dalla neonata ENEL S.p.A. che a tutt'oggi gestisce gli impianti geotermoelettrici di Larderello, mentre lo stabilimento chimico della Società Larde-

rello per la produzione di boro e derivati passò nel 1966 in gestione compartecipata ad ANIC e Solvay, tramite la S.C.L. (Società Chimica Larderello S.p.A.). Nel 1973 l'ANIC (gruppo ENI) liquidò la Solvay, mantenendone la proprietà fino agli anni '90, allorché fu venduta al gruppo americano Harris, prima società di numerose altre che nell'ultimo ventennio si sono avvicinate, fino alla recente acquisizione da parte di imprenditori italiani.

Approfondimenti sulla storia di Larderello e della Geotermia sul sito <http://geomuseo.enel.com/>

6. Bibliografia

[1] Aa.Vv., Atti del Convegno “Il Tempo profondo - da Stenone a Darwin” - Firenze, 6 febbraio 2009.

[2] A. Azzaroli, L'opera di N. Stenone nel campo della geologia e della paleontologia - Atti Convegno “Niccolò Stenone 1638-1686” - Firenze 17-18 novembre 1986 - Bibl. di Storia della Scienza, vol. 27 - L. S. Olschki Editore - FI, 1988.

[3] B. Accordi, Storia della geologia - Zanichelli Editore - Bologna, 1984.

[4] S. Bertini, Una visita dello scienziato danese Niccolò Stenone a Volterra - Rivista “Volterra” - Grafiche U.T.A. Volterra, novembre 1966.

[5] S. Bertini, La visita del danese Stenone a Volterra - Rivista “Volterra” - Grafiche U.T.A. Volterra, gennaio 1967.

[6] R. Cioni, Niccolò Stenone Scienziato e Vescovo - Le Monnier Editore - Firenze, 1953.

[7] C. Cipriani, Stenone e la mineralogia - Atti Convegno “Niccolò Stenone 1638-1686” - Firenze 17-18 novembre 1986 - Bibl. di Storia della Scienza, vol. 27 - L. S. Olschki Editore - FI, 1988.

[8] S. De Rosa, Niccolò Stenone a Volterra 1668 - LoGisma Editore - Firenze, 1996.

[9] S. De Rosa e Angelo Marrucci - Niccolò Stenone a Volterra - Percorso iconografico alle origini della Geologia - Volterra, giugno 1997.

[10] R. Mazzanti, Evoluzione del pensiero geologico in Europa e in Toscana dalle origini a tutto il XIX secolo - Relazione inedita.

[11] S. Miniati, Nicholas Steno's - Challenge for truth - Reconciling science and faith - Franco Angeli Editore - Milano, 2009.

[12] G. Scherz, Niccolò Stenone - La Civiltà Cattolica - Roma, 1965.

- [13] N. STENONIS - Elementorum myologiae - ex Tipografia sub signo Stellae, Firenze 1667.
- [14] N. STENONIS - Canis Carcharie dissectum caput - (*appendice a Elementorum Miologiae specimen*) ex Tipografia sub signo Stellae, Firenze 1667.
- [15] N. STENONIS - DE SOLIDO INTRA SOLIDUM NATURALITER CONTENTO DISSERTATIONIS PRODRROMUS” - ex Tipografia sub signo Stellae, Firenze 1669.

Determinazione del contenuto di contaminanti organici di origine antropica nel piumaggio di gabbiani

V. Cantini, A. Ceccarini*, A. Conti, S. Giannarelli

Parole chiave: ambiente, bioindicatori, inquinanti organici persistenti

Le piume degli uccelli possono essere utilizzate come bioindicatori dei livelli di contaminazione sia per inquinanti organici che inorganici. I vantaggi sono legati alla facilità di campionamento, conservazione e, soprattutto, al rispetto dell'animale. Il rivestimento idrofobico secreto dalla ghiandola uropigiale e disperso sull'intero piumaggio tramite il becco presenta, infatti, caratteristiche che favoriscono l'accumulo di contaminanti organici.

Questo studio riguarda la messa a punto di una metodologia per la determinazione di POC, PCB e IPA sul piumaggio di gabbiani, verificandone l'applicabilità come metodo di monitoraggio della diffusione nell'ambiente di questo tipo di contaminanti.

La procedura ottimizzata in questo lavoro ha permesso la determinazione di 14 congeneri di PCB, 6 pesticidi organoclorurati e 5 composti appartenenti alla classe degli IPA in intervalli di concentrazione totale, rispettivamente di 5-170 ng/g, 6-660 ng/g e 0,6-77 ng/g, con recuperi superiori al 96% e una riproducibilità delle misure del 7%.

La procedura è stata utilizzata per l'analisi di campioni provenienti da zone soggette a differenti livelli di impatto antropico. In particolare sono state considerate tre zone rurali (Peccioli, Donoratico e San Rossore) e due zone urbane (Livorno e Travemünde - Germania), che hanno mostrato diversi livelli di contaminazione e una significativa differenziazione nella distribuzione dei contaminanti presenti.

Introduzione

Numerosi studi descritti in letteratura hanno dimostrato che gli uccelli, in particolare le specie acquatiche, possono costituire utili indicatori dei cambiamenti ambientali e dei livelli di inquinamento ambientale anche in zone lontane dalle sorgenti di inquinamento. La composizione chimica dell'olio uropigiale, pur presentando variazioni tra le varie specie di uccelli e differenziazioni a livello sessuale, risulta ricca di idrocarburi saturi ed insaturi e di esteri con catene di composizione e lunghezze diverse che formano complesse miscele di sostanze cerosi e che, oltre a conferire alle piume la loro caratteristica idrofobicità favorisce l'adsorbimento di contaminanti organici promuovendo i proces-

si di bioaccumulo [1-5].

La caratterizzazione dei contaminanti presenti nel piumaggio dei volatili rappresenta, quindi, un valido metodo per il monitoraggio della diffusione sul territorio di tali inquinanti i cui vantaggi sono legati alla facilità di campionamento, conservazione e, soprattutto, al rispetto dell'animale.

La contaminazione del piumaggio può essere distinta in interna ed esterna: la prima comprende l'accumulo di contaminanti che raggiunge la penna attraverso il flusso sanguigno, la seconda comprende l'accumulo di contaminanti sulla parte superficiale delle piume, trasferiti per contatto diretto. La contaminazione interna cresce nella penna solamente in fase di sviluppo e riflette lo stato di inquinamento a cui l'animale

è stato esposto al momento della crescita del piumaggio. Al termine della loro formazione, infatti, le piume vengono isolate dal resto del corpo e ciò, impedisce, quindi, l'ulteriore afflusso di contaminante per via interna. La contaminazione esterna, oltre a dipendere dall'esposizione diretta comprende anche i contaminanti già presenti nell'olio prodotto dalla ghiandola uropigiale.

Anche se dal punto di vista analitico è possibile differenziare tra i due contributi la maggior parte della contaminazione proviene da tessuti interni dell'animale così la maggior parte degli studi considera, più semplicemente, il contenuto totale di contaminanti [6].

Studi condotti fino ad oggi su numerose specie di uccelli (gazza (*Pica pica*) [6, 7], cinciallegra (*Parus major*) [8], airone grigio (*Ardea cinerea*), gabbiano reale (*Larus argentatus*), gallinella d'acqua (*Gallinula chloropus*), barbagianni (*Tyto alba*), gufo (*Asio otus*), poiana (*Buteo buteo*), gheppio (*Falco tinnunculus*), sparvierio (*Accipiter nisus*) [9, 10], anatraia maggiore (*Aquila clanga*), smeriglio (*Falco columbarius*), falco lodaiolo (*Falco subbuteo*), upupa (*Upupa epops*) [11]) hanno dimostrato non solo che è evidente la correlazione tra le concentrazioni di contaminanti misurate nelle penne e quelle misurate nei tessuti quali fegato e muscolo, ma anche che questa migliora salendo nella catena trofica soprattutto per uccelli di grandi dimensioni come i rapaci evidenziando fenomeni di bioaccumulo e di biomagnificazione dei contaminanti organici. [8, 11-17]

Studi condotti su campioni provenienti da aree soggette a diversa tipologia di inquinamento hanno, inoltre, evidenziato una contaminazione prevalente di PCB e PBDE del piumaggio campionato in aree urbane rispetto ad un maggior contenuto di pesticidi in campioni provenienti da aree rurali. ali [7, 8]

Sebbene gli studi descritti in letteratura non evidenzino differenze sostanziali nella capacità di accumulo di contaminanti organici tra le diverse tipologie di piume (primarie, della coda, delle ali) o tra i due sessi [6-10], differenze significative sono state invece riscontrate tra le piume più interne e quelle più esterne dell'animale derivanti da mute successive e da una diversa influenza della contaminazione esterna via aria [7, 10] sulle due tipologie di

piume, dettata principalmente da una differente durata dell'esposizione alla sorgente di contaminazione.

Alcuni studi hanno dimostrato inoltre che i profili di contaminazione subiscono variazioni stagionali, ipotizzando una correlazione con la disponibilità di cibo e con la qualità del cibo stesso [18, 19]. Ciò risulta particolarmente evidente nella specie dei gabbiani, i cui livelli di contaminazione mostrano picchi di aumento nella stagione autunnale quando il normale cibo risulta più scarso e i gabbiani cercano nuovo cibo nelle discariche di rifiuti solidi urbani [18]. Più in generale, il gabbiano rappresenta una delle specie più significative su cui effettuare studi di bioaccumulo in quanto tende a colonizzare in maniera sempre più massiccia le zone urbane dove staziona principalmente in cerca di cibo. Ad esempio, nella sola città di Livorno sono state contate un centinaio di coppie nidificanti con una distribuzione di densità del 76% nel centro città [20].

Il gabbiano è un animale onnivoro e la sua colonizzazione dei centri urbani ha fatto sì che si adattasse a trovare cibo anche tra i rifiuti solidi urbani ed attorno ai centri di attività umana, abitudine che espone la specie ad un contatto diretto e prolungato con le principali fonti di contaminazione derivanti, appunto, dall'attività antropica.

Dal punto di vista analitico le procedure utilizzate negli studi di letteratura mostrano che quantità di campione dell'ordine di 100-500 mg, l'equivalente di una singola piuma, sono sufficienti a contenere livelli ben misurabili di policlorobifenili (PCB), polibromodifenileteri (PBDE) e pesticidi. [6, 8-11]

La ricerca descritta in questo lavoro ha avuto come obiettivo l'ottimizzazione e la validazione di una procedura analitica per la quantificazione di contaminanti organici appartenenti alla classe dei pesticidi organoclorurati, dei policlorobifenili

gli autori

Dipartimento di Chimica
e Chimica Industriale
Università di Pisa
Pisa, Italia

e degli idrocarburi policiclici aromatici nel piumaggio di gabbiano. In particolare, la metodologia descritta è stata utilizzata nella determinazione di esaclorobenzene, p,p'-DDT, p,p'-DDE, p,p'-DDD, dieldrin, trans-nonacloro, cis-clordano, mirex, eptacloro ed eptacloro epossido e di policlorobifenili. In aggiunta alle metodiche descritte in letteratura è stata verificata la possibilità di determinare anche i seguenti IPA: benzo[b]fluorantene, benzo[k]fluorantene, benzo[a]pirene, indeno[1,2,3-cd]pirene e benzo[ghi]perilene.

La metodologia analitica messa a punto potrà essere utilizzata per la valutazione dell'entità della diffusione di contaminanti dovuta a migrazioni brevi come quelle giornaliere che portano gli uccelli dal loro habitat notturno a quello giornaliero in cui trovano il cibo.

Dati sperimentali

Da luglio a settembre 2010 sono stati raccolti otto campioni di piume nei seguenti siti: due zone urbane, Livorno e Travemünde (Germania), tre zone rurali, Donoratico, Peccioli e San Rossore (Parco Naturale di Migliarino San Rossore). In particolare per la città di Livorno un campionamento è stato effettuato in prossimità dell'inceneritore cittadino (Livorno città) mentre un secondo campionamento è stato effettuato sul litorale (Livorno mare).

All'interno della Tenuta di Migliarino San Rossore, in prossimità del mare, sono stati raccolti due campioni differenziando le penne che risultavano depositate da poco tempo (penne in migliore stato di conservazione) da quelle che avevano subito un parziale lavaggio ad opera dell'acqua di mare (penne in peggiore stato di conservazione).

I campioni di penne del peso indicativo di 10 g sono stati conservati in sacchetti di polietilene a temperatura ambiente e analizzati nel più breve tempo possibile, generalmente nell'arco delle 48 ore; ha fatto eccezione il campione di penne proveniente da Travemünde che è stato conservato in sacchetti di polietilene alla temperatura di +4°C e analizzato dopo circa 20 giorni.

Per valutare una eventuale contaminazione del sacchetto utilizzato per la conservazione dei

campioni, una porzione dell'ordine di 100 cm² è stata estratta con la stessa miscela di estrazione utilizzata per i campioni di penne. L'analisi GC-MS dell'estratto non ha mostrato concentrazioni rilevabili dei composti presi in esame.

Le penne raccolte sono state pulite da eventuale sporco esterno (sabbia, polvere) e una quantità variabile tra 1 e 5 grammi è stata suddivisa in più parti, scartando la parte terminale come mostrato in Figura 1. La metodologia analitica utilizzata prevede uno stadio di idrolisi acida contestuale alla fase di estrazione liquido-liquido con una miscela esano-diclorometano 3:1 (v:v) come suggerito nei lavori di Dauwe [8]. In una beuta con tappo smerigliato sono stati posti da 1 a 5 grammi di campione di penne, 50 ml di HCl 4 M e un volume compreso tra 50 a 100 ml di miscela esano-diclorometano 3:1 (v:v). Per facilitare la procedura di estrazione il campione è stato posto in bagno ad ultrasuoni a temperatura di 40°C per un tempo di 40 min. La miscela così ottenuta è stata lasciata in agitazione per 12 ore a temperatura ambiente.

La soluzione è stata filtrata e le parti solide rimaste sono state ulteriormente estratte con piccole aliquote di miscela esano-diclorometano 3:1.

La fase organica è stata separata dalla fase acquosa in imbuto separatore e riunita alle soluzioni organiche derivanti dalle successive estrazioni del solido non idrolizzato e dai lavaggi della vetreria.

Le soluzioni organiche sono state riunite e la soluzione risultante è stata trattata con solfato di sodio anidro per eliminare i residui di fase acquosa rimasti e concentrata in corrente di azoto fino ad un volume inferiore ad 1 ml.



Figura 1: Suddivisione delle piume da sottoporre alla procedura di estrazione.

Il concentrato è stato purificato per passaggio su colonna di Florisil (Supelco da 6 ml). Gli analiti di interesse sono stati recuperati per eluizione con 10 ml di miscela esano/diclorometano 3:2 (v:v). La frazione raccolta è stata nuovamente concentrata in corrente di azoto fino ad un volume inferiore al millilitro e trasferita quantitativamente nel vial utilizzato

dall'autocampionatore del GC-MS. Dopo allontanamento del solvente sono stati aggiunti 50 µl di bis(trimetilsilil)-trifluoroacetamide (BSTFA) e il vial è stato riscaldato a 60°C in bagnomaria. Al termine della derivatizzazione è stato aggiunto 1 ml di esano ottenendo la soluzione destinata all'analisi strumentale. L'aggiunta di BSTFA è stata effettuata per la derivatizzazione di molecole contenenti gruppi acidi o alcolici, eventualmente non allontanati durante la fase di purificazione, che potrebbero, dopo poche iniezioni, compromettere l'efficienza della colonna cromatografica.

Tutta la vetreria utilizzata è stata lavata con acqua, acetone ed esano e il livello di pulizia è stato controllato effettuando prove di bianco.

La quantificazione degli analiti è stata effettuata con un gascromatografo Agilent 6830N equipaggiato con iniettore PTV, colonna cromatografica Agilent HP5MS (30m x 25mm x 0.25µm), e con rivelatore a spettrometria di massa a singolo quadrupolo. Come gas di trasporto è stato utilizzato elio. Il programma di temperatura dell'iniettore è stato il seguente: 55°C (0.5 min), 500°C/min fino a 280°C (5 min); il programma di temperatura del forno è stato il seguente: 50°C (5 min), 10°C/min fino a 150°C (8 min), 2°C/min fino a 230°C (6 min), 10°C/min fino a 300°C (9 min); il volume di iniezione è stato di 25 µl.

Le analisi dei campioni sono state condotte utilizzando la sorgente di ioni sia in modalità *ionizzazione chimica* (IC) che in modalità *impatto elettronico* (IE). La modalità IE ha fornito, per ciascun picco cromatografico, uno spettro di massa utile all'identificazione degli analiti eluiti mentre la modalità IC mostra una sensibilità migliore soprattutto per i composti appartenenti alla classe dei pesticidi clorurati necessaria alla quantificazione ai livelli di concentrazione osservati negli estratti organici. In Tabella 1 sono riportati i tempi di ritenzione e i rapporti massa/carica per gli analiti considerati

Tabella 1: Valori di rapporto massa/carica, caratteristici degli analiti indagati, utilizzati per la rivelazione in modalità SIM.

Analita	M/Z	Tr
Esaclorobezene	284, 286, 282	25.8
γ-HCH	255, 71-257	28.0
Eptacloro	237-235-239	37.2
Eptacloro epossido	237-318-320-316	41.0
PCB 66	292, 290, 294	42.3
Cis-Clordano	410-408-412	44.6
Trans-nonacloro	444-446-442	45.1
Dieldrin	237-346-348	46.5
PCB 87	324-326-328	46.8
4,4'-DDE	318-316-283	47.2
PCB 77	290-292-294	47.7
PCB 118	326-328-324	50.1
PCB 188	394-396-398	51.4
PCB 153	360-362-358	52.1
PCB 105	326-328-324	52.2
PCB 138	360-362-358	54.4
PCB 126	326-324-328	55.2
PCB 187	394-396-398	55.9
PCB 128	360-362-358	56.6
PCB 201	430-428-432	59.2
PCB 180	394-396-398	60.3
Mirex	368-370-404	61.4
PCB 169	372-374-370	62.1
PCB 170	394-396-398	62.7
PCB 195	430-428-432	66.7
PCB 194	430-428-432	69.1
Benzo(b)furanthene	252-253	69.8
Benzo(k)fuoranthene	252, 253	70.2
PCB 206	464-462-466	71.9
Benzo(a)pirene	252-253	72.3
PCB 209	498-500-496	73.3
Indeno(1,2,3-cd)pirene	276-277	76.9
Benzo(g,h,i)perilene	276-277	77.7

analizzati in modalità ionizzazione chimica e acquisizione SIM.

La procedura analitica è stata validata mediante aggiunta nella miscela di estrazione di una soluzione standard contenente i seguenti composti marcati: ^{13}C -PCB 77, ^{13}C -PCB 153, ^{13}C -PCB 138, ^{13}C -PCB 169, ^{13}C -PCB 105, ^{13}C -PCB 126, ^{13}C -PCB 180, ^{13}C -PCB 209, Benzo(b)fluorantene, Benzo(k)fluorantene. Come mostrato in Tabella 2, i valori di recupero cadono in un intervallo compreso tra 96% e 111%, in linea con quanto riportato in letteratura [11] per PCB e POC. È stato, inoltre, possibile estendere la validazione della metodologia anche a due componenti della classe degli IPA, che non risultavano trattati nelle metodologie descritte in letteratura. Sulla base di questo risultato è ragionevole assumere che il recupero sia quantitativo anche per tutti gli altri analiti considerati.

Tabella 2: Percentuale di recupero dei PCB e IPA utilizzati per la validazione della metodologia.

Analita	M/Z	Percentuale di recupero
^{13}C -PCB 77	304, 306, 302	97
^{13}C -PCB 153	372, 374, 370	101
^{13}C -PCB 138	372, 374, 370	104
^{13}C -PCB 169	372, 374, 370	104
^{13}C -PCB 105	338, 336, 340	96
^{13}C -PCB 126	338, 336, 340	97
^{13}C -PCB 180	406, 408, 404, 410	101
^{13}C -PCB 209	510, 512, 508	104
D ₁₂ -Benzo(b) fluorantene	264	107
D ₁₂ -Benzo(k) fluorantene	264	111

Risultati e conclusioni

L'analisi degli estratti in modalità IE ha permesso, oltre alla determinazione dei tempi di ritenzione degli analiti, di raccogliere informazioni più generali sulla tipologia di molecole che

costituiscono l'intera matrice. In particolare risultano essere presenti idrocarburi saturi e ftalati oltre ad essere chiaramente identificabili i picchi cromatografici corrispondenti agli esteri presenti naturalmente nella cheratina delle piume.

In Figura 2 è riportato un esempio di cromatogramma ottenuto dall'analisi del campione di penne provenienti da San Rossore, operando in modalità ionizzazione chimica e acquisizione SIM.

Dal confronto dei picchi cromatografici ottenuti dall'iniezione dei campioni con quelli delle soluzioni standard è stato possibile quantificare 25 specie di contaminanti appartenenti alle classi dei pesticidi, dei PCB e degli IPA e il risultato delle analisi è riportato in Tabella 3. In particolare sono stati identificati 14 congeneri di PCB (66, 87, 77, 118, 188, 153, 138, 126, 128, 180, 169, 170, 194, 209), 6 pesticidi clorurati (HCB, γ -HCH, eptacloro, eptacloro epossido, 4,4' DDE, mirex) e 5 IPA (benzo(b)fluorantene, benzo(k)fluorantene, benzo(a)pyrene, indeno(1,2,3-cd)pyrene, benzo(g,h,i)perylene).

I composti cis-clordano, trans-nonacloro, dieldrina, PCB 105, PCB 187, PCB 201, PCB 195, e PCB 206, presenti nelle soluzioni standard utilizzate per la costruzione dei diagrammi di calibrazione, sono risultati al di sotto del limite di rivelabilità in tutti i campioni analizzati.

I limiti di rivelabilità per questa metodologia sono risultati per i composti indagati dell'ordine di 0.1 ng/g di penne e le misure effettuate hanno mostrato una riproducibilità media del 7%.

Come è mostrato in Tabella 3, l'incidenza maggiore di contaminazione si ha su uno dei campioni provenienti da Livorno (città). Più in generale, i composti esaclorobenzene, PCB 66, 4,4'-DDE, PCB 118 e PCB 153 sono risultati presenti in tutti i campioni analizzati e la classe dei pesticidi risulta avere, in generale, un'incidenza maggiore sulla contaminazione delle penne rispetto alle altre classi di composti ricercate, in tutti i campioni presi in esame, fatta eccezione per i campioni provenienti da Livorno (mare) e da San Rossore (piume di migliore stato di conservazione), e presenta uniformità di diffusione sia nelle aree classificabili come urbane sia nelle aree classificabili come rurali. In particolare il metabolita 4,4'-DDE è risultato

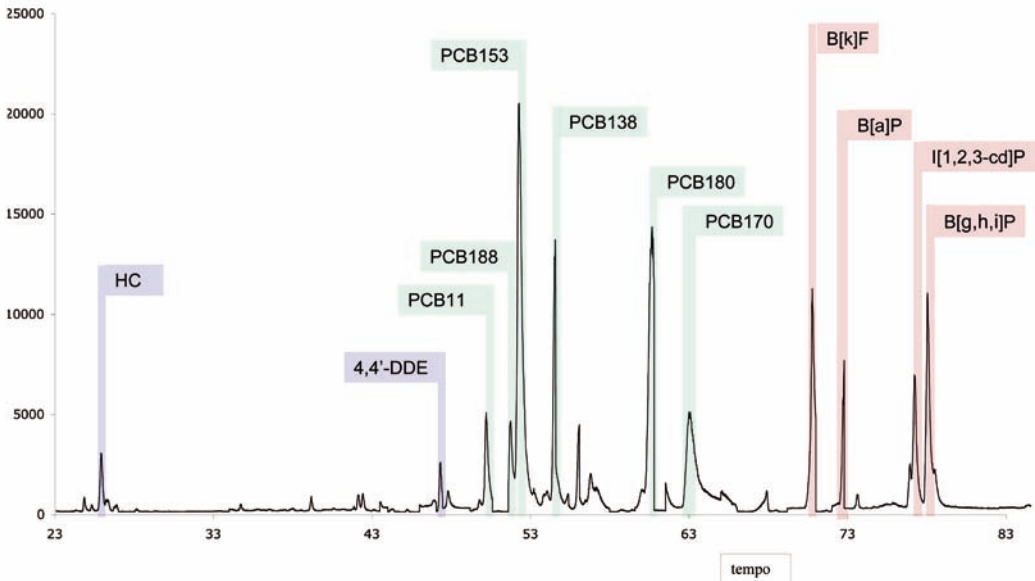


Figura 2: Cromatogramma relativo al campione San Rossore. Modalità di acquisizione: SIM, IC.

essere predominante, incidendo per oltre il 50% sulla concentrazione totale di OCP nei campioni più contaminati.

La classe dei PCB risulta comune a tutti i campioni, anche se si osserva una maggiore varietà di distribuzione tra le varie tipologie di campione. La distribuzione nelle aree rurali risulta, invece, più uniforme. A parte i campioni provenienti da Peccioli e da Livorno (città), si osserva una distribuzione più o meno uniforme tra le varie tipologie di campioni che, confrontando i campioni provenienti da San Rossore, sembra essere indipendente anche dallo stato di conservazione delle penne.

Per quanto riguarda la classe degli IPA, è possibile evidenziare una maggiore varietà di distribuzione rispetto alle altre classi considerate. In particolare gli IPA sono presenti in quantità maggiore nei campioni provenienti da Livorno C5 mentre le concentrazioni risultano inferiori al disotto del limite di rilevabilità nei campioni provenienti da Travemünde.

In Tabella 3 sono riportati, a titolo di esempio, i risultati dell'analisi di un campione di piume di piccione raccolto a Pisa e sottoposto alla stessa

procedura di analisi utilizzata per le piume di gabbiano.

Il campione presenta concentrazioni misurabili di solo 6 dei 25 contaminanti identificati negli altri campioni.

In particolare sono presenti: esaclorobenzene, esaclorocicloesano, PCB 66, benzo[b]fluorantene (presente solo in questo campione), benzo[k]fluorantene, benzo[a]pirene.

È da sottolineare l'assenza della quasi totalità dei congeneri di PCB e di 4,4'-DDE mentre presenta il maggiore contenuto di IPA.

Una diversa distribuzione di contaminanti è sicuramente imputabile alla diversa capacità di accumulo di contaminante da parte della piuma di piccione rispetto a quella di gabbiano oltre ad una diversa predisposizione al processo di bioaccumulo del metabolismo di questa specie.

Tabella 3: Concentrazioni dei singoli contaminanti quantificati nei diversi campioni di penne analizzati.

Analita	Peccioli	Livorno (città)	Livorno (mare)	Donoratico	Pisa ^a	San Rossore ^b	Travemünde	San Rossore ^c
Esaclorobenzene	3,4	30,3	1	1,5	3,1	1,1	1,4	0,6
γ-HCH	5,3	27,1	5,3	1,2	3,1	0,9	1,8	0
eptacloro	9,2	113,3	2,5	3,8	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
eptacloro epossido	4	6,6	5,9	1,9	n.d.	n.d.	18,1	6
2,4'-DDE	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Cis-clordano	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Trans-nonacloro	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Dioldrin	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
mirex	26,5	2,7	n.d.	n.d.	n.d.	1,8	4,8	33,7
ΣPOC	120	660	38,8	27,2	6,2	11,1	27,8	43,3
PCB 87	18,6	n.d.	0,5	1	n.d.	0,4	n.d.	n.d.
PCB118	9,3	28,7	1,5	1,4	n.d.	0,7	1,9	1,5
PCB188	4,5	11,6	1,2	1,8	n.d.	1,3	n.d.	1,6
PCB153	20,6	31,2	6	6,1	n.d.	4,9	14,6	15,1
PCB105	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
PCB138	6	37,1	2	n.d.	n.d.	2,2	n.d.	0,9
PCB126	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	0,5	n.d.
PCB187	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
PCB128	3,2	n.d.	n.d.	0,2	n.d.	0,3	1,6	2,6
PCB201	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
PCB180	2,7	6,9	1,9	0,6	n.d.	1,4	n.d.	1,8
PCB169	n.d.	n.d.	4,8	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
PCB170	2,1	n.d.	0,6	1,1	n.d.	1,6	1,4	4,1
PCB195	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
PCB194	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	1,6
PCB206	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
PCB209	n.d.	n.d.	1,51	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
ΣPCB	83,1	170	24,6	18,7	5,2	16,3	24,3	38,3
Benzo(b)fluorantene	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	1,4	n.d.	n.d.	n.d.
Benzo(k)fluorantene	2,6	26,5	45,3	3,2	25,8	10,4	n.d.	0,6
Benzo(a)pyrene	2,5	32,3	11,2	1,2	6,1	2,2	n.d.	n.d.
Indeno(1,2,3-cd)pyrene	n.d.	n.d.	7	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Benzo(g,h,i)perylene	n.d.	n.d.	13,4	n.d.	n.d.	2,2	n.d.	n.d.
ΣIPA	5,1	58,8	76,9	4,4	33,3	14,8	n.d.	0,6

^a Penne di piccione.

^b Penne in migliore stato di conservazione.

^c Penne in peggiore stato di conservazione.

Ringraziamenti

Si ringrazia l'Ente Parco Migliarino San Rossore Massaciuccoli per la collaborazione e l'ospitalità concesse per la raccolta dei campioni all'interno del Parco.

Bibliografia

- 1- R. Bargagli, "Environmental contamination in Antarctic ecosystem", *Science of the Total Environment* 400 (2008) 212-226.
- 2- E. S. Choy, L. E. Kimpe, M. L. Mallory, J. P. Smol, J. M. Blais, "Contamination of an arctic terrestrial food web with marine-derived persistent organic pollutants transported by breeding seabirds" *Environmental Pollution* 158 (2010) 3431-3438.
- 3- D. Montalti, A. M. Gutierrez, G. Reboredo, A. Salibian, "The chemical composition of the uropygial gland secretion of rock dove *Columba livia*", *Comparative Biochemistry and Physiology Part A* 140 (2005) 275-279.
- 4- A. Salibian, D. Montalti, "Physiological and biochemical aspects of the avian uropygial gland", *Braz. J. Biol.* 69(2) (2009) 437-446.
- 5- J. Reneerkens, T. Piersma, J. S. Sinninghe Damstè J.S., "Discerning adaptive value of seasonal variation in preen waxes: comparative and experimental approaches" *Acta Zoologica Sinica* 52 (supplement) (2006) 272-275.
- 6- V. L. B. Jaspers, A. Covaci, P. Deleu, H. Neels, M. Eens M., "Preen oil as the main source of external contamination with organic pollutants onto feathers of the common magpie (*Pica pica*)", *Environment International* 34 (2008) 741-748.
- 7- V. L. B. Jaspers, A. Covaci, P. Deleu, M. Eens, "Concentrations in bird feathers reflect regional contamination with organic pollutants" *Science of the total environment* 407 (2009) 1447-1451.
- 8- T. Dauwe, V. L. B. Jaspers, A. Covaci, P. Schepens, M. Eens, "Feathers as a nondestructive biomonitor for persistent organic pollutants", *Environmental Toxicology and Chemistry* 24 (2005) 442-449.
- 9- V. L. B. Jaspers, S. Voosproels, A. Covaci, G. Lepoint, M. Eens, "Evaluation of the usefulness of bird feathers as a non-destructive biomonitoring tools for organic pollutants: A comparative and meta-analytical approach", *Environment International* 33(2007) 328-337.
- 10- V. L. B. Jaspers, A. Covaci, E. Van den Steen, M. Eens. "Is external contamination with organic pollutants important for concentrations measured in bird feathers?", *Environmental International* 33 (2007) 766-772.
- 11- R. D. Behrooz, A. Esmaili-Sari, S. M. Ghasempouri, N. Bahramifar, A. Covaci, "Organochlorine pesticide and polychlorinated biphenyl residues in feathers of birds from different trophic levels of South-West Iran", *Environment International* 33 (2009) 285-290.
- 12- T. A. Albanis, D. Hela, G. Papakostas, V. Gounter, "Concentration and bioaccumulation of organochlorine pesticide residues in herons and their prey in wetlands of Thermaikos Gulf, Macedonia, Greece", *The Science of the Total Environment* 182 (1996) 11-19.
- 13- A. Binelli, A. Provini, "The PCB pollution of Lake Iseo (N: Italy) and the role of biomagnification in the pelagic food web", *Chemosphere* 53(2003)143-151.
- 14- K Borgå, G. W. Gabrielsen, J. U. Skaare, Biomagnification of organochlorines along a Barents Sea food chain" *Environmental Pollution* 11 (2001) 187-198.
- 15- D. Mackay, A. Fraser, "Bioaccumulation of persistent organic chemicals: mechanisms and models" *Environmental Pollution* 110 (2000) 375-391.
- 16- E. Nfon, I. T. Cousins, "Interpreting time trends and biomagnification of PCBs in the Baltic region using equilibrium lipid partitioning approach", *Environmental Pollution* 144 (2006) 994-1000.
- 17- J. P. Wu, X. J. Luo, Y. Zhang, M. Yu, S. J. Chen, B. X. Mai, Z. Y. Yang, "Biomagnification of polybrominated diphenyl ethers (PBDEs) and polychlorinated biphenyls in a highly contaminated food web from South China", *Environmental Pollution* 157 (2009) 904-909.
- 18- D. W. Anderson, J. J. Hickey, "Dynamics of storage of organochlorine pollutants in herring gulls", *Environmental Pollution* 10 (1976)183-200.
- 19- J. O. Bustnes, K. E. Erikstad, V. Bakken, F. Mehlum, J. U. Skaare, "Feeding Ecology and the Concentration of Organochlorine in Glaucous Gulls", *Ecotoxicology* 9 (2000) 179-186.
- 20- E. Arcamone, A. Franceschi, "Monitoraggio della nidificazione del gabbiano reale *Larus Michahellis* nella città di Livorno" *Alula XIII* 1-2 (2006) 151-156.

Analisi antropologica dei resti ossei rinvenuti in 4 tombe nella Chiesa di San Ferdinando (Livorno)

Emiliano Carnieri^{*1}, Annalisa Faggi², Silvia Pagni³, Laura Peruzzi⁴, Flavio Pucci⁵

Parole chiave: Chiesa di San Ferdinando, archeologia, antropologia

A partire dall'aprile 2010 sono stati effettuati degli scavi e degli interventi di restauro presso la Chiesa di San Ferdinando a Livorno. In particolare sono state indagate 5 camere sepolcrali del XVIII secolo, che hanno dato alla luce interessanti elementi di corredo funebre e numerose ossa umane. Il non buono stato di conservazione di quest'ultime non ha impedito di effettuare un'accurata analisi dei reperti, di stimare il numero minimo degli individui sepolti, di determinare in molti casi il sesso e l'età alla morte e di osservare alcune patologie. In conclusione i reperti ossei umani oggetto del presente studio hanno permesso di ricavare importanti informazioni su un campione umano della seconda metà del XVIII secolo della città labronica.

Introduzione

La Chiesa di San Ferdinando (F.P.)

Iniziata nel 1707 su progetto di Giovan Battista Foggini, architetto granducale, la chiesa venne conclusa dopo dieci anni di lavori da Giovanni del Fantasia, nel 1717, e intitolata a San Ferdinando Re di Castiglia, per rendere omaggio al Principe Ferdinando de' Medici, figlio del Granduca Cosimo III. Mentre all'esterno si contraddistingue per la sua semplicità, dovuta soprattutto alla facciata incompleta, priva del rivestimento marmoreo previsto in origine (figura 1), all'interno l'edificio si contraddistingue per la pianta a croce latina, con splendida navata centrale coperta da una volta a botte e affiancata da piccole cappelle laterali adorne di marmi pregiati, che la rendono il più notevole esempio di architettura barocca di Livorno ed uno dei principali di Toscana. All'incrocio tra il transetto e la navata si apre poi una cupola circolare, che è all'esterno completamente nascosta da un tiburio ottagonale. Numerosi altari si ergono lungo le cappelle, ma l'opera di maggior pregio custodita all'interno è senza dubbio il gruppo scultoreo



Figura 1: Facciata della Chiesa di San Ferdinando.

de *Gli schiavi liberati*, di Giovanni Baratta. L'opera, posta dietro l'altare maggiore, simboleggia la missione dei Trinitari e rappresenta un angelo intento a liberare due schiavi, un cristiano e un musulmano. Cuore del quartiere della Venezia Nuova nel XVIII e XIX secolo, durante la seconda guerra mondiale fu duramente colpita dalle bombe americane che vennero sganciate su Livorno. La sua posizione, non molto lontana dal porto cittadino, la rese bersaglio dell'aviazione alleata che ne rase al suolo il campanile ed i locali ad essa attigui. La chiesa di San Ferdinando riuscì miracolosamente a salvarsi, anche se il bellissimo pavimento in marmo policromo, il campanile e parte del lato ovest vennero gravemente danneggiati. La ricostruzione avvenne a più riprese e fu completata solo nel 1955, anche se la Chiesa fu riaperta al culto a partire dal 1950.

Il sepolcreto (S.P.)

Lo splendido pavimento marmoreo che riveste il sepolcreto occupa quasi interamente la superficie del transetto (figura 2). I marmi sono distribuiti secondo un preciso disegno geometrico: tre circonferenze concentriche ripartite in settori circolari di uguali dimensioni. La linea trapezoidale che delimita il piano sopraelevato del Presbiterio risulta tangente alla circonferenza minore, mentre interrompe lo sviluppo completo delle altre due. Nelle corone circolari di ugual dimensione, ma diversa superficie, sono disposte a raggiera rispettivamente cinque tombe nella prima e undici nella seconda. Su ogni lastra, oltre le generalità della famiglia, è raffigurato il relativo blasone realizzato con raffinati ed artistici intarsi marmorei policromi. Nella parte più larga è collocato il coperchio di forma ellittica, in corrispondenza dell'apertura per accedere alla tomba. L'uso sapiente dell'alternanza cromatica dei marmi impiegati unita ad accorgimenti prospettici, crea l'effetto ottico di una superficie ondulata che ammorbidisce le geometrie dell'intero disegno, ispirato dalla tipica rappresentazione della Santissima Trinità. L'aspetto peculiare consiste nel fatto che la struttura portante delle tombe risulta in perfetta sintonia con lo schema del rivestimento, a dimostrazione dell'unitarietà del processo progettuale. Il sepolcreto è costituito da sedici tombe disposte intorno alla tomba cilindrica centrale, dedicata alla sepoltura dei Padri Trinitari, come



Figura 2: Veduta del sepolcreto e dell'altare maggiore.

rappresentato nella ipotetica ricostruzione del complesso, sulla base dei rilievi effettuati nelle tombe ispezionate [1]. Ogni tomba, ideata ed eseguita con notevole cura, presenta le seguenti caratteristiche:

- copertura a volta a botte, ad arco ribassato, 15 cm. di spessore ed altezza massima di 2,30 m, sostenuta da pareti verticali in mattoni pieni che servono anche da divisori;
- superficie utile di circa 5 mq, nonostante le difformità formali più o meno marcate;
- pavimentazione in piastrelle di cotto posate sfalsate, con fascia decorativa perimetrale trasversale;
- presenza di intonaco e tinteggiatura monocolora sull'intera superficie delle parti murarie.

Le famiglie (L.P.)

Delle sedici camere sepolcrali presenti, quattro sono state indagate; quella circolare al centro del sepolcreto era riservata alla sepoltura dei Padri Trinitari, le altre tre invece appartenevano ad altrettante famiglie di devoti e benefattori che vollero farsi seppellire all'interno di San Ferdinando.

gli autori

- ¹ Provincia di Livorno, via Galileo Galilei 40, 57122 Livorno - emiliano.carnieri@alice.it
²⁻⁵ Studio Associato di archeologia Thesan - via Paolo Emilio Demi 39, 57125 Livorno

Risulta infatti dall'archivio della Casa della Santa Trinità e degli schiavi di Livorno che il Sig. Pietro Issautieri, il Sig. Giovanni Giuseppe Conti e la Sig.ra Maria Palmieri, si presentarono il 16 Agosto 1717 a chiedere di prendere per sé e per i propri eredi, discendenti ed amici, un luogo di sepoltura all'interno del primo circolo, impegnandosi a pagare 125 pezze per ciascun sepolcro. Sopra ogni camera fecero apporre un pavimento di pregiati ed intricati marmi rappresentante gli stemmi delle loro famiglie e delle iscrizioni in bronzo. Gli studi preliminari fino ad ora condotti all'interno dell'archivio della Casa della Santa Trinità e degli schiavi di Livorno, nell'Archivio arcivescovile e nell'Archivio di Stato di Livorno, non hanno ancora fornito informazioni sufficientemente dettagliate sui singoli individui che componevano queste famiglie e su tutti quelli che vennero sepolti all'interno del sepolcreto. Analizzando i registri delle nascite e delle morti avvenute a Livorno nel corso del XVIII secolo, è stato possibile ricostruire gli alberi genealogici delle famiglie Conti ed Issautieri sepolti in San Ferdinando. Nessun esponente dei Palmieri è stato invece individuato. Degna di nota risulta l'origine della famiglia Issautieri, discendenti da una famiglia di antica nobiltà francese, i d'Eyssautier di Barcellonette, luogo d'origine di San Giovanni de Matha, fondatore dell'Ordine della SS. Trinità. Dagli archivi, alcune risposte ci sono state fornite relativamente al mestiere svolto in vita da queste persone. Sappiamo ad esempio che, nel Giugno del 1706 Pietro Issautieri richiese di farsi sostituire quale mezzano pubblico da suo figlio Matteo, così da permettere a lui di diventare sensale. Trent'anni più tardi, nel '36, '37, '38, '39 e '40, nel "Registro delle tasse dei sensali cristiani", sono presenti Matteo Issautieri e suo fratello Giovanni. Quindici anni dopo, tra il '55 ed il '58, risultano pagare la tassa di sensale Carlo Issautieri e Antonio e Giovanni Conti [1].

Materiali e metodi

Le indagini archeologiche (A.F.)

Le indagini archeologiche effettuate all'interno della Chiesa di San Ferdinando sono partite nell'aprile 2010 quando si è resa necessaria l'apertura delle camere sepolcrali, al fine di valu-

tare la stabilità delle fondamenta dell'edificio. Si tratta di sepolture del XVIII secolo appartenenti, come già sopra riportato, a diverse famiglie livornesi, nonché agli stessi Frati Trinitari, le tombe sono segnalate da lastre marmoree realizzate in marmo bianco di Carrara incorniciato da marmo portoro di Nava, su cui troviamo gli stemmi araldici delle famiglie in marmi policromi e l'epigrafe funeraria in lettere di bronzo. Al di sotto di questo si trovano le camere sepolcrali a cui si accedeva tramite botole ovali con coperchio in marmo bardiglio alle quali probabilmente venivano agganciate delle scale per consentire la discesa e la deposizione dei defunti. In ognuna di esse, è stato possibile rinvenire numerose macerie, scaricate probabilmente durante i lavori di ristrutturazione della Chiesa nel dopoguerra, che in alcuni casi coltavano completamente l'ambiente. Questa prima campagna di indagine ha interessato 4 delle circa 30 tombe presenti nella Chiesa. Ad esse sono stati assegnati, per esigenze di catalogazione, dei numeri progressivi secondo l'ordine di apertura: tomba n. 1 (frati Trinitari), tomba n. 2 (famiglia Issautieri), tomba n. 3 (famiglia Palmieri), tomba n. 4 (famiglia Conti). Fin dall'inizio le operazioni di scavo e di ripulitura delle tombe hanno presentato notevoli difficoltà sia a causa della forte risalita dell'acqua di falda che filtrava da alcune fessure nel pavimento e nelle pareti, sia a causa delle suddette macerie (figura 3). Una volta liberate le tombe dai detriti e aspirata l'acqua tramite una pompa idrovora, è stato possibile individuare lo strato comprendente le ossa dei defunti. Nelle tombe n. 1 e n. 4 i resti ossei, completamente immersi in acqua, si presentavano in pessimo stato di conservazione, frammentari e senza traccia di connessione anatomica tra loro (figura 4). Nella tomba n. 3 i resti ossei, non immersi in acqua, erano meglio conservati ma erano stati accatastati uno sull'altro senza un ordine, rendendo impossibile attribuirle a specifici individui. Nella tomba n. 2 sono stati invece rinvenuti i resti di numerosi individui di cui almeno 5 inumati adagiati sul pavimento e disposti l'uno accanto all'altro con le ossa ancora in connessione, anche se mancanti di alcune parti. Insieme ai reperti osteologici sono stati recuperati anche alcuni oggetti appartenuti al corredo dei defunti. All'interno di ciascuna tomba i crani e le ossa di dimensioni maggiori, documentati

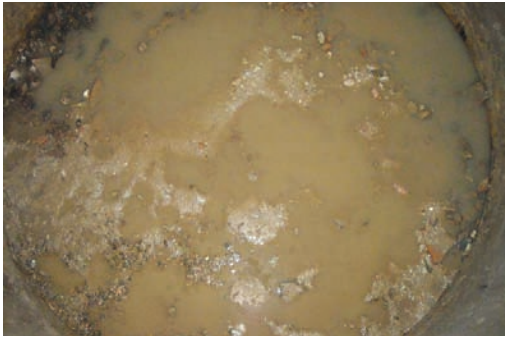


Figura 3: Tomba n. 1 ricoperta dall'acqua di falda.



Figura 4: Tomba n. 2, particolare delle ossa lunga in connessione anatomica.

tramite fotografie e disegni, sono stati rimossi per primi. Si è proceduto poi al recupero dei frammenti ossei di dimensioni ridotte che, misti ad uno strato melmoso, sono stati accuratamente setacciati per poterli separare dal terreno e per recuperare ogni più piccolo oggetto.

Il materiale archeologico recuperato (F.P.)

All'interno delle quattro camere sepolcrali indagate è stato possibile rinvenire un cospicuo numero di reperti, riferibili per gran parte alla sfera devozionale dei defunti ai quali erano originariamente correlati. L'insieme dei materiali bronzei è stato rinvenuto associato ad uno strato di terra e frammenti ossei, ed è composto prevalentemente da Cristi (35 esemplari), medagliette votive (75 esemplari) e da grani di rosario (680 pezzi). Mentre i Cristi dovevano essere connessi a croci lignee, talvolta poste a conclusione di rosari, le medagliette erano posizionate attorno al collo dei defunti, oppure inserite tra le vesti con le quali il corpo era stato deposto e fermate con spilli. Alcuni frammenti dei tessuti che componevano l'abbigliamento degli inumati, sono stati rinvenuti sulla superficie di alcune delle medaglie recuperate. Abbinati al vestiario dei defunti erano anche i bottoni, in osso e legno, che sono stati ritrovati grazie all'attenta setacciatura effettuata durante le operazioni di scavo. Sono state poi ritrovate alcune coppie di gemelli in bronzo e numerosi anelli in legno. Reperti particolari sono poi le numerose *appliques* bronzee che, assieme ai rivestimenti che ricoprivano le estremità delle croci lignee, occupavano la su-

perficie non interessata dal Cristo. Alcuni esemplari presentano ancora residui di una doratura che ne doveva ricoprire l'intera superficie. Sono inoltre state ritrovate due monete, entrambe successive al periodo delle ultime deposizioni effettuate in San Ferdinando: un esemplare da 2 centesimi di lira con effigie di Vittorio Emanuele II, datato 1861, e un esemplare da 10 centesimi di lira con effigie di Vittorio Emanuele III, datato tra il 1920 e il 1930. Degne di citazione sono infine le tre medaglie sulla cui superficie è rappresentata, in una la croce dei Cavalieri di Santo Stefano, nell'altra San Giovanni de Matha e al retro la Madonna del Buon Rimedio, e nella terza è incastonata una pietra scelta probabilmente perché le sue venature sembrano riprodurre una croce [1].

Lo studio antropologico (E.C.)

Durante lo scavo sono stati portati alla luce oltre 3.000 reperti ossei umani, più o meno frammentati (figura 5). Le ossa sono state recuperate dalle tombe 1 (frati Trinitari), 2 (famiglia Issautieri), 3 (famiglia Palmieri) e 4 (famiglia Conti). Lo stato di conservazione del materiale differisce da tomba a tomba ed è stato condizionato dalla risalita della falda freatica, che ha determinato parte dello sconvolgimento delle sepolture [2]. Inoltre, il cattivo stato di conservazione delle ossa e la perdita delle connessioni anatomiche sono state causate dal fatto che alla fine della seconda guerra mondiale le strutture tombali della chiesa sono state utilizzate come discarica per le macerie. Quindi, le non buone condizioni di

conservazione hanno reso difficoltoso lo studio antropologico. In generale sono maggiormente rappresentate, seppur in stato a volte estremamente frammentario, le ossa degli arti superiori e inferiori. I resti craniali si presentano, in alcuni casi, in un buon stato di conservazione, ma nella maggior parte risultano essere ridotti in frammenti più o meno piccoli, specialmente quelli più fragili dei bambini. Il calcolo del numero minimo di individui è stato effettuato sul numero delle ossa degli arti inferiori (femore e tibia), il sesso è stato determinato dal bacino e dai resti craniali, mentre l'età alla morte prevalentemente dal bacino, dalle suture craniche e, nei bambini dal grado di eruzione dentale [3]. Sono state infine studiate le patologie osservabili sulle ossa e a carico dall'apparato stomatognatico.



Figura 5: Reperti ossei provenienti dalla tomba n. 3.

Discussione e conclusioni

Analisi dei reperti (E.C.)

Nella tomba 1 (frati Trinitari) sono stati individuati un numero minimo di circa 5 individui, che non corrisponde con l'elenco presente nell'archivio della chiesa. L'ipotesi è che la maggior parte delle ossa siano state traslate in un'altra struttura sepolcrale. È stato possibile determinare il sesso degli individui, che sono risultati appartenere a 2 maschi e 3 femmine, di età compresa tra i 20 e i 30 anni. Non sono state osservate patologie di rilievo.

Nella tomba 2 (famiglia Issautieri) sono stati individuati un numero minimo di 11 individui, prevalentemente adulti. Lo stato non buono di conservazione e frammentazione dei reperti non ha permesso un'analisi dettagliata. È stato possibile individuare il sesso di tre individui, 2 femmine (di cui una di circa 30 anni) e 1 maschio di oltre 50 anni. Anche sulle ossa rinvenute in questa tomba non sono state riscontrate patologie.

La tomba 3 (famiglia Palmieri) risulta essere quella più ricca di reperti, nella quale sono stati rinvenuti circa 63 individui adulti e 20 bambini di età compresa tra 1 e 10 anni (figura 6).

È stata determinata l'età alla morte di 30 individui adulti: due individui sono deceduti ad un'età compresa tra i 18 e 21 anni, uno tra i 22 e ed i 26,



Figura 6: Tre frammenti di neurocranio di bambini provenienti dalla tomba 3.



Figura 7: Mandibola di un individuo dalla tomba 3 con molare con carie penetrante.



Figura 8: Particolare di un mascellare di un individuo proveniente dalla tomba 3.

uno tra i 36 e i 44, dieci tra i 45 e i 50, infine sedici oltre i 51 anni. Tra gli adulti è stato possibile determinare il sesso di 47 individui: 30 femmine e 17 maschi. Molti individui presentano patologie all'apparato stomatognatico: sono state registrate 16 carie (figura 7), 4 ascessi, 17 perdite di denti *intra vitam* (figura 8) e 2 casi di edundilia. Sono stati osservati becchi osteofitici su 13 reperti, 3 casi di osteoporosi su 3 femmine di età compresa tra i 45 e i 50 anni, un piede destro di un adulto con tutte le ossa della pianta fuse tra loro, una tibia destra con frattura alla diafisi

ricomposta. Inoltre sono stati individuati una displasia scheletrica ereditaria (sterno perforato), un femore con una massa tumorale, un temporale destro con un foro uditivo obliterato da osso di neoformazione. Infine su di un frontale di un bambino di circa 8 anni sono state osservate *cribra* sulla superficie esterna.

Nella tomba 4 (famiglia Conti) sono stati rinvenuti circa 30 individui adulti e un elevato numero di bambini e neonati (circa 30, di cui 10 neonati). È stato possibile determinare il sesso di 15 individui, di cui 9 maschi e 6 femmine. Non è stato possibile stabilire con esattezza l'età alla morte degli individui adulti rinvenuti nella tomba 4, a causa della frammentarietà e dell'incompletezza in particolare delle ossa del bacino. Sono state osservate alcune patologie, tra cui 5 casi di carie e becchi osteofitici in 8 reperti.

I reperti ossei umani rinvenuti durante gli scavi nella Chiesa di San Ferdinando, nonostante la frammentarietà degli stessi e lo sconvolgimento delle sepolture, hanno permesso di ricavare importanti informazioni su un campione umano della seconda metà del XVIII secolo della città labronica. È stato possibile determinare sia il sesso che l'età alla morte di una buona parte degli individui rinvenuti. In particolare nella tomba n. 3 si segnala che più del 50 % degli individui adulti è deceduto oltre i 51 anni. Risulta evidente che il campione della popolazione oggetto del presente studio è caratterizzato da un elevato tasso di mortalità infantile. Tuttavia il dato non si discosta da analoghi studi effettuati in campioni umani coevi o più antichi. Le cause principali di questo fenomeno sono da ricercare nella mancanza di cure adeguate ed efficaci, in particolare per le malattie infettive, e per le cattive condizioni igienico-sanitarie in cui vivevano le popolazione del passato. Inoltre, le patologie riscontrate a carico dell'apparato stomatognatico evidenziano una cattiva igiene orale, una probabile dieta ricca di carboidrati e una scarsa attenzione nella preparazione del cibo. Le altre patologie, nel numero dei casi registrati, rientrano nella normale casistica di un campione umano. È auspicabile, per avere un quadro più completo ed esaustivo, lo scavo delle altre strutture sepolcrali della Chiesa di San Ferdinando con il conseguente recupero dei reperti ossei in esse contenuti.

Ringraziamenti

Gli autori desiderano ringraziare la Soprintendenza BAPSAE per le provincie di Pisa e Livorno, la Fondazione Cassa di Risparmio di Livorno, la Parrocchia di San Ferdinando.

Bibliografia

- [1] Aa.Vv., Chiesa di San Ferdinando - Scavi e restauri. Erasmo Edizioni. Livorno: 2011.
- [2] F. Mallegni e M. Rubini, Recupero dei materiali scheletrici umani in archeologia. CISU. Roma: 1994.
- [3] A. Canci e S. Minozzi, Archeologia dei resti umani - Dallo scavo al laboratorio. Carocci Editore. Roma: 2005.

La flora vascolare endemica di Toscana ed aree contermini: stato delle conoscenze floristiche, biosistematiche, ecologiche e conservazionistiche

Lorenzo Peruzzi*, Angelino Carta, Gianni Bedini

Parole chiave: botanica sistematica, conservazione, ecologia, endemismo, evoluzione, fitogeografia, flora, citotassonomia, Toscana

La flora vascolare endemica della Toscana e di aree contermini (intesa come presente in non più di due regioni italiane – o la Corsica – oltre alla Toscana) ammonta a 97 entità attualmente accertate. Tra questi taxa, 59 risultano esclusivi della regione. Alcune aree risultano dei veri e propri hotspot del territorio regionale, particolarmente ricchi in endemiti, come ad esempio l'Arcipelago Toscano (21 entità esclusive) e le Alpi Apuane (14 entità esclusive). Particolarmente rilevante risulta anche il contingente di specie ad areale sardo-corso, con ben 12 taxa nell'Arcipelago Toscano. Dal punto di vista tassonomico, sono rappresentate 29 famiglie (29% Asteraceae, 16% Plumbaginaceae, 6% Poaceae etc.) e 53 generi (13% Centaurea L., 11% Limonium Mill., 4% Festuca L. e Hieracium L. etc.). La forma biologica dominante è di gran lunga quella delle emicriptofite (75%), presenti in ambienti rupestri montani e costieri, garighe montane e affioramenti serpentinicoli. Le geofite (10,4%) sono invece tipiche di ambienti prativi, mentre risultano nettamente meno rappresentate le camefite (8,4%) e le nanofaneroofite (3,4%). Considerando il numero cromosomico, per 16 taxa (17%), la metà dei quali esclusivi della Toscana, non risulta alcun dato disponibile. Il numero cromosomico medio degli endemiti toscani è $2n = 28,13 \pm 16,47$, significativamente inferiore al dato relativo agli endemiti italiani in toto ed in generale alla flora italiana. Ciò indica, probabilmente, una minore propensione all'origine per poliploidia della componente endemica della nostra flora, confermata anche dal fatto che soltanto il 27% degli endemiti di Toscana ed aree contermini risulta poliploide, contro il 29% del totale degli endemiti italiani. Per quanto riguarda lo stato di conservazione 35 sono le specie valutate con i criteri IUCN e 66 inserite in liste di attenzione regionali (RE.NA.TO; allegati della L.R. 56/2000). Per 24 taxa, inclusi quelli di recente descrizione, non sono disponibili valutazioni dello stato di conservazione.

Introduzione

La flora endemica di Toscana ed aree contermini desta da sempre l'interesse dei botanici, tanto che recentemente è stata iniziata una serie di lavori [1, 2, 3, 4] volti a chiarirne la distribuzione, la sistematica e lo stato di conservazione. D'altro canto le stesse conoscenze di base, nonostante la lunga tradizione di studi, possono dirsi ben lungi dall'essere complete. Basti pensare che solamente negli ultimi cinque anni, sono state descritte ben 16 entità endemiche, tra specie

e sottospecie [5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15]. Il presente lavoro si propone di fare il punto della situazione sulle conoscenze della componente di maggior pregio della nostra flora, quella endemica appunto, tramite una sintesi dei dati distributivi, ecologici, cariologici e conservazionistici.

Materiali e Metodi

Le informazioni ecologiche, distributive e sistematiche circa i taxa oggetto di studio sono state

raccolte tramite l'analisi della letteratura scientifica pubblicata al Settembre 2011, tramite la scansione delle più importanti riviste che pubblicano questo tipo di dati per la Toscana (Atti della Società Toscana di Scienze Naturali, Memorie, serie B, Informatore Botanico Italiano, Webbia, Flora Mediterranea etc.). Le informazioni cariologiche sono state invece ricavate dal database liberamente consultabile online "Chrobase.it" [16].

Con i dati distributivi è stata costruita una matrice binaria, le cui OGU (Operational Geographic Units) coincidono con le circoscrizioni geografiche e gli acronimi riportati in Figura 1 ed in Tabella 1. In virtù delle sue caratteristiche di "paleoisola", anche il promontorio dell'Argentario è stato inserito nell'ambito dell'Arcipelago Toscano. La matrice è stata sottoposta a *Cluster Analysis* (WPGMA, [17]), utilizzando l'indice di associazione di Baroni, Urbani & Buser, particolarmente adatto allo scopo quando le conoscenze distributive sui taxa indagati sono buone, in quanto considera anche le coassenze ma soltanto se almeno un attributo positivo viene condiviso [18].

Le OGU rappresentate nella Figura 1 sono state delimitate seguendo diversi criteri: a) fisiografico per l'Arcipelago Toscano, la costa Toscana e la Toscana centro-settentrionale collinare; b) geologico-strutturale per le Alpi Apuane, la Maremma settentrionale e la Maremma meridionale; c) substrato geologico per l'Appennino settentrionale calcareo, per l'Appennino arenaceo e per gli affioramenti di serpentini. Tali affioramenti sono stati scomposti in due OGU come suggerito da altri autori [19].

La rappresentazione grafica della composizione su base distributiva della flora endemica in ogni OGU è rappresentata da un cartogramma a torta che nell'OGU "Arcipelago Toscano" è stata realizzata senza distinzione in sottounità.

L'ecogramma per la flora endemica di Toscana è stato ricavato dalle medie dei valori relativi ai sei fattori ecologici (Indici di Ellenberg): L – luce; T – temperatura; C – continentalità; U – umidità; R – reazione del suolo; N – nutrienti come indicato in [20].

I dati relativi allo stato di conservazione fanno riferimento alle categorie IUCN pubblicate in [21] (e successivi aggiornamenti, specificati caso per caso) e all'inclusione nella lista degli elementi di attenzione di RENATO (flora) pubblicata in [22].

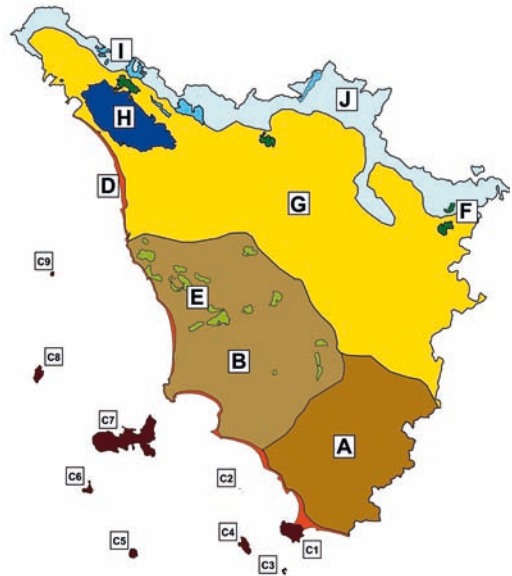


Figura 1: Mappa della Toscana suddivisa in 10 Operational Geographic Units (OGU: A, B, C, D, E, F, G, H, I, J) delle quali la OGU relativa all'Arcipelago Toscano (C) è ulteriormente suddivisa in 9 sottounità.

Risultati e Discussione

I taxa endemici esclusivi della Toscana sono 59 (tra entità specifiche e sottospecifiche). Considerando anche le entità la cui distribuzione coinvolge la Toscana e non più di due "regioni" contigue (ivi inclusa la Corsica), si arriva invece a 97 taxa (Tabella 1).

gli autori

Dipartimento di Biologia,
Unità di Botanica generale e sistematica,
via Luca Ghini 5, 56126, Pisa,
lperuzzi@biologia.unipi.it

* autore per corrispondenza

Tabella 1: Elenco generale delle entità endemiche di Toscana ed aree contermini, aggiornato al Settembre 2011. COR = Corsica, EMR = Emilia-Romagna, LAZ = Lazio, LIG = Liguria, SAR = Sardegna, UMB = Umbria. A = Maremma meridionale, B = Maremma settentrionale, C = Arcipegago Toscano (C1 = Argentario, C2 = Formiche di Grosseto, C3 = Giannutri, C4 = Giglio, C5 = Montecristo, C6 = Pianosa, C7 = Elba, C8 = Capraia, C9 = Gorgona), D = coste della Toscana continentale, E = affioramenti di serpentino delle coste, F = affioramenti di serpentino interni, G = Toscana centro-settentrionale collinare, H = Alpi Apuane, I = Appennino settentrionale calcareo, J = Appennino settentrionale siliceo. I taxa in grassetto sono esclusivi della Toscana. 0 = presenza non confermata dopo il 1950. * = riferito alla specie.

Taxon	solo Toscana	anche altre "regioni" (max. 2)
<i>Alchemilla ceroniana</i> Buser	J	
<i>Allium anzalonei</i> Brullo, Pavone & Salmeri	A	LAZ
<i>Anthyllis hermanniae</i> L. subsp. <i>corsica</i> Brullo & Giusso	C8 (0)	COR
<i>Aquilegia lucensis</i> Nardi	J	EMR
<i>Armeria denticulata</i> (Bertol.) DC.	E, F	LIG
<i>Armeria marginata</i> (Levier) Bianchini	H, J	EMR
<i>Armeria saviana</i> Selvi	A	
<i>Asperula purpurea</i> (L.) Ehrend. subsp. <i>apuana</i> (Fiori) Bechi & Garbari	H	
<i>Astrantia pauciflora</i> Bertol. subsp. <i>pauciflora</i>	H	
<i>Athamanta cortiana</i> Ferrarini	H	
<i>Bellevalia webbiana</i> Parl.	G	EMR
<i>Biscutella apuana</i> Raffaelli	H	
<i>Biscutella mollis</i> Loisel.	A	LAZ
<i>Biscutella pichiana</i> Raffaelli subsp. <i>pichiana</i>	B, E	
<i>Biscutella pichiana</i> Raffaelli subsp. <i>ilvensis</i> Raffaelli	C7	
<i>Borago pygmaea</i> (DC.) Chater & Greuter	C8	COR, SAR
<i>Buphthalmum salicifolium</i> L. subsp. <i>flexile</i> (Bertol.) Garbari	H, I	
<i>Carex macrostachys</i> Bertol.	H, I	EMR, LIG
<i>Carum apuanum</i> (Viv.) Grande	H	
<i>Centaurea aetaliae</i> (Sommier) Bég.	C7	
<i>Centaurea aplolepa</i> Moretti subsp. <i>carueliana</i> (Micheletti) Dostál	E, F	
<i>Centaurea aplolepa</i> Moretti subsp. <i>cosana</i> (Fiori) Dostál	C1	
<i>Centaurea aplolepa</i> Moretti subsp. <i>lumensis</i> (Fiori) Dostál	F	LIG
<i>Centaurea aplolepa</i> Moretti subsp. <i>maremmana</i> (Fiori) Dostál	B, E	
<i>Centaurea aplolepa</i> Moretti subsp. <i>subciliata</i> (DC.) Arcang.	D	
<i>Centaurea gymnocarpa</i> Moris & De Not.	C8	
<i>Centaurea ilvensis</i> (Sommier) Arrigoni	C7	

<i>Centaurea litigiosa</i> (Fiori) Arrigoni	C1	
<i>Centaurea montis-borlae</i> Soldano	H	
<i>Centaurea arachnoidea</i> Viv. subsp. <i>arachnoidea</i>	H	
<i>Centaurea arachnoidea</i> Viv. subsp. <i>montis-ferrati</i> Ricceri, Moraldo & F. Conti	F	
<i>Cerastium apuanum</i> Parl.	H, I	
<i>Cirsium alpis-lunae</i> Brill-Catt. & Gubellini	J	EMR
<i>Cirsium bertolonii</i> Spreng.	H, J	EMR
<i>Crocus ilvensis</i> Peruzzi & Carta	C7	
<i>Crocus etruscus</i> Parl.	A, B	
<i>Crocus minimus</i> DC.	C8 (0)	COR, SAR
<i>Festuca apuanica</i> Markgr.-Dann.	H	
<i>Festuca gamisansii</i> Kerguélen subsp. <i>aethaliae</i> Signorini & Foggi	C7	
<i>Festuca ricceri</i> Foggi & Rossi	J	EMR
<i>Festuca violacea</i> Schleich. ex Gaudin. subsp. <i>puccinellii</i> Foggi, Rossi & Signorini	H, I, J	EMR
<i>Gagea tisoniana</i> Peruzzi, Bartolucci, Frignani & Minut.	B	LAZ, UMB
<i>Galium caprarium</i> Natali	C8, C9	COR
<i>Globularia incanescens</i> Viv.	H, I	EMR, LIG
<i>Hieracium boreoapenninum</i> Gottschlich	J	EMR, LIG
<i>Hieracium faucisjovis</i> Gottschlich	J	EMR
<i>Hieracium lanudae</i> Gottschlich	J	EMR
<i>Hieracium umbrosoides</i> Gottschlich	J	EMR
<i>Koeleria splendens</i> C. Presl subsp. <i>ophiolitica</i> Brullo, Giusso & Miniss.	E, F	
<i>Leontodon anomalus</i> Ball	H, I	EMR, LIG
<i>Limonium caprariae</i> Rizzotto	C8	
<i>Limonium dianium</i> Pignatti	C3	
<i>Limonium doriae</i> Pignatti	C2	
<i>Limonium etruscum</i> Arrigoni & Rizzotto	D	
<i>Limonium gorgonae</i> Pignatti	C9	
<i>Limonium ilvae</i> Pignatti	C7	
<i>Limonium montis-christi</i> Rizzotto	C5	
<i>Limonium multiforme</i> Pignatti	C1, D	
<i>Limonium planesiae</i> Pignatti	C6	
<i>Limonium sommieranum</i> (Fiori) Arrigoni	C3, C4	
<i>Linaria capraria</i> Moris & De Not.	C4 (0), C5, C6 (0), C7, C8, C9	

<i>Narcissus etruscus</i> Parl.	G	
<i>Mentha requienii</i> Benth. subsp. <i>bistaminata</i> Mannocci & Falconcini	C5, C8	(COR, SAR)*
<i>Moltkia suffruticosa</i> (L.) Brand subsp. <i>bigazziana</i> Peruzzi & Soldano	H, I	
<i>Murbeckiella zanonii</i> (Ball) Rothm.	I, J	EMR
<i>Ophrys argentaria</i> Devillers-Tersch. & Devillers	C1, C4	LAZ, UMB
<i>Pancratium illyricum</i> L.	C7, C8	COR, SAR
<i>Pinguicula apuana</i> Ansaldi & Casper	H	
<i>Pinguicula mariae</i> Casper	H, I	
<i>Polygala carueliana</i> (Benn.) Burnat	H, I	
<i>Primula apennina</i> Widmer	I (0), J	EMR
<i>Rhamnus glaucophylla</i> Sommier	H, I	
<i>Rhinanthus apuanus</i> Soldano	H, I, J	EMR
<i>Romulea insularis</i> Sommier	C8	
<i>Sagina revelieri</i> Jord. & Fourr.	C7, C8	COR, SAR
<i>Salix crataegifolia</i> Bertol.	H	
<i>Santolina etrusca</i> (Lacaita) Marchi & D'Amato	A	EMR, LAZ
<i>Santolina leucantha</i> Bertol.	H	
<i>Saxifraga corsica</i> (Duby) Gren. subsp. <i>corsica</i>	C7, C8	COR, SAR
<i>Scrophularia trifoliata</i> L.	C5, C9	COR, SAR
<i>Senecio nemorensis</i> L. subsp. <i>apuana</i> (Tausch) Greuter	H, J	
<i>Silene capraria</i> Sommier	C8	
<i>Silene lanuginosa</i> Bertol.	H	
<i>Silene pichiana</i> Ferrarini & Cecchi	H	
<i>Solidago litoralis</i> Savi	D	LIG (0)
<i>Stachys glutinosa</i> L.	C8	COR, SAR
<i>Stachys salisii</i> Jord. & Fourr.	C7, C8	COR, SAR
<i>Stipa etrusca</i> Moraldo	E, F	
<i>Taraxacum aemilianum</i> Foggi & Ricceri	J	EMR
<i>Taraxacum gianninii</i> Arrigoni, Ferretti & Padula	I	
<i>Taraxacum lucensis</i> Arrigoni, Ferretti & Padula	I	
<i>Thesium sommieri</i> Hendrych	H, I, J	EMR
<i>Verbascum conocarpum</i> Moris subsp. <i>conocarpum</i>	C5, C7	COR, SAR
<i>Veronica aphylla</i> L. subsp. <i>longistyla</i> (Ball) Arcang.	H	
<i>Viola corsica</i> Nyman subsp. <i>ilvensis</i> (W. Becker) Merxm.	C7	
<i>Viola etrusca</i> Erben	B	
<i>Viola ferrarinii</i> Moraldo & Ricceri	H, J	EMR, LIG

Distribuzione e ecologia

Alcune aree risultano particolarmente ricche in endemiti, come ad esempio l'Arcipelago Toscano (21 entità esclusive) e le Alpi Apuane (14 entità esclusive). Particolarmente rilevante risulta anche il contingente di specie ad areale sardo-corso, con ben 12 taxa nell'Arcipelago Toscano. Le zone C2, C3 e C6 dell'Arcipelago Toscano presentano soltanto endemiti esclusivi della Toscana (Figura 2), mentre la zona J (Appennino settentrionale siliceo) ospita per la gran parte endemiti che sconfinano in altre regioni (prevalentemente Emilia-Romagna). A tal proposito, un'ulteriore specie endemica della zona J, afferente al genere *Pinguicula*, è attualmente in corso di descrizione (L. Peruzzi e G. Gestri, in prep.). La OGU E non mostra alcuna entità esclusiva. Generalmente, le affinità della flora endemica con i territori circostanti riflettono la vicinanza geografica; fanno eccezione

le Alpi Apuane, che non ospitano nessun taxon in comune con la sola Liguria, ma con un più vasto territorio Ligure-Emiliano o con l'Emilia-Romagna (Figura 3). Il contingente strettamente ligure di endemiti è invece maggiormente rappresentato sugli affioramenti di serpentino (E, F). I taxa che sconfinano in Lazio o Umbria sono presenti in 6 zone: A, B, C1, C4, E, F. La OGU meno ricca di endemiti è anche quella più vasta: la Toscana centro-settentrionale collinare (G), con una equa ripartizione (50%) di endemiti esclusivi (*Narcissus etruscus*) e sconfinanti fuori regione (*Bellevalia webbiana*).

A conferma di ciò, la *Cluster Analysis* (Figura 4) evidenzia due grossi gruppi di affinità tra aree: parte dell'Arcipelago Toscano (C5-C9) + Corsica e Sardegna formano un gruppo unito al resto dell'Arcipelago Toscano (C1-C4) + Maremma (A, B) + Lazio, Umbria. Nell'altro gruppo abbiamo il resto della Toscana continentale (D-J) + Emilia-Romagna e Liguria. Nel primo gruppo, Argentario, Giglio e Giannutri si distinguono bene dal resto dell'Arcipelago, che presenta invece più nette affinità con Sardegna e Corsica (in particolare Capraia ed Elba). Nel secondo gruppo, l'area collinare interna della Toscana (G) rimane abbastanza isolata dalle altre, che invece vanno a formare due *cluster*: uno che include tutte le aree montane (H-J) + Emilia-Romagna, l'altro che include le coste toscane continentali (D), gli affioramenti di serpentiniti (E, F) e la Liguria. Le Formiche di Grosseto (C2), con sola presenza di un endemita esclusivo (vedi anche Figura 2), non presentano particolari affinità con altre aree e rimangono pertanto abbastanza isolate. Dal punto di vista tassonomico, sono rappresen-

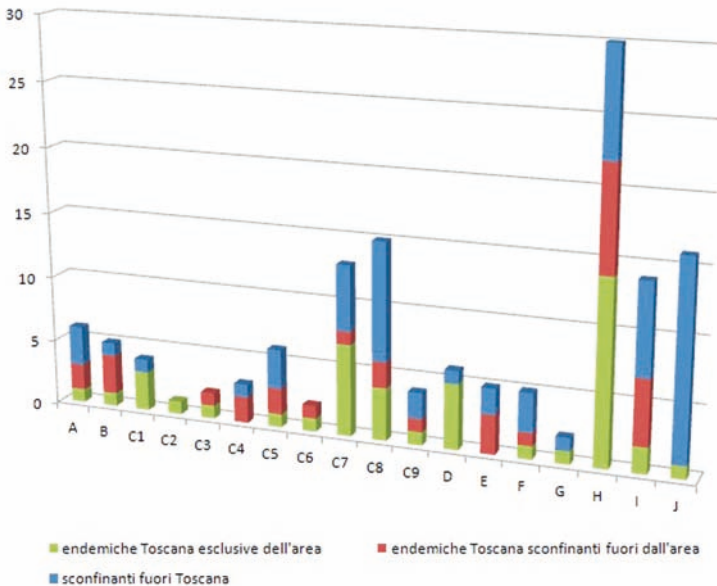


Figura 2: Istogramma che mostra, per ogni OGU, il numero di entità endemiche esclusive dell'area considerata, il numero di entità endemiche toscane sconfinanti però all'esterno della singola area considerata, il numero di entità endemiche sconfinanti al di fuori dei limiti amministrativi della Toscana (massimo in due "regioni" contigue). Per la spiegazione delle sigle usate, vedi la legenda della Tabella 1.

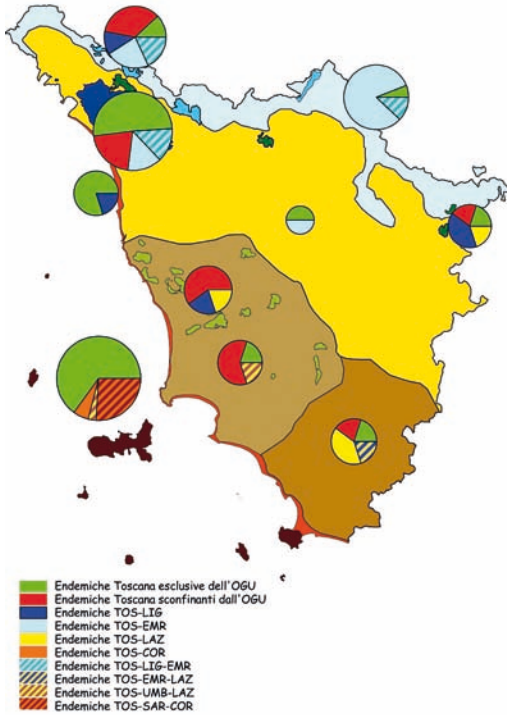


Figura 3: mappa della Toscana con i cartogrammi che illustrano per ogni OGU la percentuale di endemiti esclusivi, sconfinanti in altre OGU o sconfinanti in regioni contermini. Il diametro dei cerchi è proporzionale al numero di taxa endemici presenti nell'OGU.

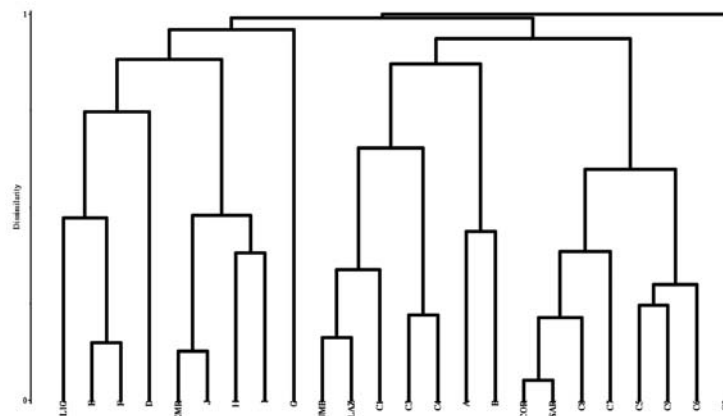


Figura 4: WPGMA Cluster Analysis delle OGU toscane e delle "regioni" contigue coinvolte. Per la spiegazione delle sigle e degli acronimi usati, vedi la legenda della Tabella 1.

tate 29 famiglie (29% Asteraceae, 16% Plumaginaceae, 6% Poaceae etc.) e 53 generi (13% *Centaurea* L., 11% *Limonium* Mill., 4% *Festuca* L. e *Hieracium* L. etc.). La forma biologica dominante è di gran lunga quella delle emicriptofite (H, 75%), presenti in ambienti rupestri montani e costieri, garighe montane e affioramenti serpentini. Le geofite (G), tipiche di ambienti prativi, rappresentano il 10,4% della flora endemica toscana; poco rappresentate sono le camefite (Ch, 8,4%), le nanofanerofite (NP, 3,4%) e le terofite (T, 2,3%). Questi dati si discostano in modo significativo da quelli della flora endemica italiana, in particolare per la bassa presenza di camefite e terofite, e per una maggiore presenza di geofite ed emicriptofite.

Confrontando gli ecogrammi relativi alla flora endemica toscana ed italiana si osserva una maggiore presenza di specie termofile (T) e eliofile (L) in Toscana (Figura 5).

Cariologia

Considerando il numero cromosomico, per 19 taxa (18%), 5 dei quali esclusivi della Toscana, non risulta alcun dato disponibile: *Alchemilla ceroniana*, *Aquilegia lucensis*, *Armeria marginata*, *Centaurea litigiosa*, *Hieracium boreoapenninum*, *H. faucisjovis*, *H. lanudae*, *H. umbrosoides*, *Koeleria splendens* subsp. *ophiolitica*, *Murbeckiella zanonii*, *Ophrys argentaria*, *Rhynanthus apuanus*, *Sagina revelieri*, *Silene capraria*, *Stipa etrusca*, *Taraxacum gianninii*, *T. lucensis*, *Thesium sommieri*, *Verbascum conocarpum* subsp. *conocarpum*. Da evidenziare anche che tre dei taxa noti cariologicamente presentano conteggi effettuati esclusivamente in Corsica: *Anthyllis hermanniae* subsp. *corsica* e *Crocus minimus* (la cui presenza in Toscana è tuttora da confermare) e *Saxifraga corsica* subsp. *corsica*. Il numero cromosomi-

mi-

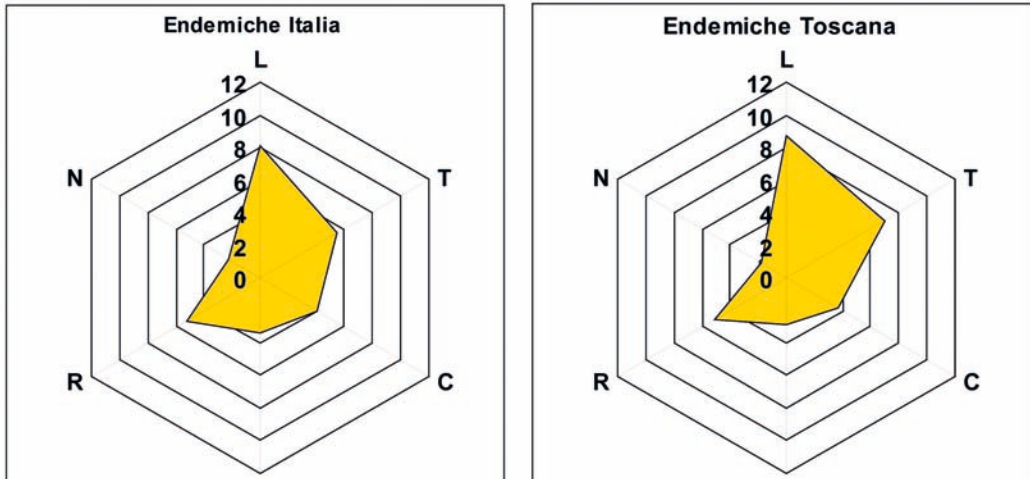


Figura 5: Ecogramma per la flora endemica di d'Italia e di Toscana, ricavato dalle medie dei valori relativi ai sei fattori ecologici: L – luce; T – temperatura; C – continentalità; U – umidità; R – reazione del suolo; N – nutrienti.

co medio degli endemiti toscani è $2n = 28,13 \pm 16,47$ DS, la mediana e la moda risultano $2n = 18$. I dati sono significativamente inferiori a quelli relativi agli endemiti italiani *in toto* [23] ed in generale alla flora italiana [24]. Ciò indica, probabilmente, una minore propensione all'origine per poliploidia della componente endemica della nostra flora, confermata anche dal fatto che soltanto il 27% degli endemiti di Toscana risulta poliploide.

In una prospettiva biogeografica, considerando che nella flora italiana il numero cromosomico medio aumenta con la latitudine [24], il dato relativo agli endemiti toscani potrebbe segnalarne la maggiore affinità con elementi meridionali anziché settentrionali. Questa ipotesi è coerente con la maggiore termofilia ed eliofilia degli endemiti toscani rispetto al complesso degli endemiti italiani.

Conservazione

Per quanto riguarda lo stato di conservazione, le specie inserite nella lista rossa nazionale [21] sono 35 (1 gravemente minacciata, 3 minacciate, 9 vulnerabili, 22 a basso rischio), mentre sono 66 quelle considerate a livello regionale

[22]. Per le rimanenti 24 non sono disponibili valutazioni dello stato di conservazione.

L'unico endemita attualmente classificato come gravemente minacciato (CR) è *Athamanta cortiana* [25], ristretto alle parti più elevate delle Alpi Apuane. Tre endemiti risultano minacciati (EN): *Bellevalia webbiana* [2] a cavallo tra Toscana ed Emilia-Romagna, *Centaurea gymnocarpa* dell'Arcipelago Toscano [26] e *Limonium etruscum* [3] della costa toscana. Le 9 entità vulnerabili (VU) sono distribuite principalmente nelle Alpi Apuane e nell'Arcipelago Toscano: *Borago pygmaea*, *Centaurea apolepa* subsp. *subciliata*, *C. montis-borlae* (vedi anche [27]), *Globularia incanescens*, *Limonium doriae*, *Primula apennina*, *Rhamnus glaucophylla*, *Romulea insularis*, *Salix crataegifolia*. Le 22 a basso rischio sono *Armeria marginata*, *Biscutella pichiana* subsp. *ilvensis*, *Carum apuanum* subsp. *apuanum*, *Centaurea litigiosa*, *Cirsium alpis-lunae*, *Crocus etruscus* [1], *Festuca apuanica*, *F. gamisansii* subsp. *aethaliae*, *Gagea tisoniana* [4], *Limonium dianium*, *L. gorgonae*, *L. ilvae*, *L. multiforme*, *L. planesiae*, *L. sommieranum*, *Linaria capraria*, *Mentha requienii* subsp. *bistaminata*, *Moltkia suffruticosa* subsp. *bigazziana*, *Polygala carueliana*, *Santolina etrusca*, *S. leucantha*, *Silene lanuginosa*, *Viola corsica* subsp. *ilvensis*.

Athamanta cortiana, *Bellevalia webbiana*, *Centaurea gymnocarpa*, *Crocus etruscus* e *Primula apennina* sono inseriti anche nella Global Red List della IUCN (<http://www.iucnredlist.org/apps/redlist/>).

Per mancanza di dati adeguati, non risulta disponibile lo stato di conservazione delle specie di più recente descrizione: *Aquilegia lucensis*, *Armeria saviana*, *Crocus ilvensis*, *Pinguicula apuana*, *P. mariae*, *Koeleria splendens* subsp. *ophiolitica* e *Viola ferrarinii*. Tuttavia, anche specie descritte da tempo e per le quali è ben nota la distribuzione non sono valutate dal punto di vista dello stato di conservazione; tra queste rientrano, ad esempio, *Centaurea arachnoidea*, *Narcissus etruscus*, *Viola etrusca*.

Per quanto riguarda le azioni volte alla tutela, circa l'80% delle specie endemiche presentano uno o più popolamenti che ricadono all'interno di aree protette. Questo dato riflette l'attenzione data alla conservazione *in situ*, visto che le aree dove si addensano le specie endemiche sono in gran parte costituite come Parchi Nazionali, Parchi Regionali o SIC/SIR. Al contrario le specie inserite in programmi di conservazione *ex situ* sono relativamente poche: solo il 38% dei *taxa* è conservato nella banche del germoplasma dell'Orto Botanico di Pisa e del Museo di Storia Naturale del Mediterraneo di Livorno. Tuttavia, la percentuale sale al 57% se si considerano le sole specie censite in [21] e al 85% se si considerano quelle incluse nella lista regionale RE.NA.TO [22]. L'attenzione alle specie minacciate è dunque soddisfacente, ma si deve notare che la copertura ecogeografica attualmente garantita dalle collezioni *ex situ* è lungi dall'essere completa [28], con ripercussioni negative sulla variabilità genetica dei campioni raccolti.

Conclusioni

L'analisi della componente endemica, conferma che le Alpi Apuane, l'Arcipelago Toscano e gli affioramenti di serpentini si differenziano notevolmente dagli altri territori. In particolare, per quanto riguarda le affinità tra le isole dell'Arcipelago Toscano, facendo riferimento alle sole endemiche si confermano parzialmente i *pattern* ottenuti da [29] sulla base delle flore insulari *in*

toto. Ad esempio, in [29] le affinità floristiche tra le Isole Elba, Giglio e Capraia sono sostenute dalle dimensioni delle isole e dalle potenzialità vegetazionali, ma considerando la sola componente endemica il Giglio risulta ben separato da Elba e Capraia, che sono anche le isole che presentano il maggior contributo di endemiti in comune con Sardegna e Corsica.

Dal punto di vista bio-ecologico si osserva una superiore termofilia rispetto alla flora endemica italiana e soprattutto un grosso contingente di emicriptofite costituito in particolare da casmofite degli ambienti rupestri montani e insulari. Tali ambienti sono notoriamente molto conservativi e ciò potrebbe spiegare la scarsa propensione degli endemiti toscani alla poliploidia. Questi dati, insieme alle peculiarità carilogiche sopra evidenziate potrebbero indicare un rapporto tra endemiti toscani e elementi meridionali come suggerito da altri autori [30]. Numerosi aspetti biosistematici e distributivi restano tuttavia ancora da chiarire, in particolare per quanto riguarda *Narcissus etruscus* e *Koeleria splendens* subsp. *ophiolitica* [31], entità controverse di dubbio valore tassonomico, ed alcune tra le sottospecie di *Centaurea aplolepa*, scarsamente differenziate tra loro sia dal punto di vista morfologico che ecologico (es. subsp. *carueliana* vs. subsp. *marremmana*).

Gli endemiti in Toscana si concentrano nelle zone dove sono maggiori le forze di selezione naturale (es. ambienti rupestri) o dove si è assistito ad un isolamento attuale o pregresso (isole, cime montuose) [32]; fanno eccezione le zone costiere che presentano un basso livello di endemismo nonostante siano ambienti molto selettivi in termini ecologici.

Sotto l'aspetto conservazionistico si evidenziano alcune criticità relative 1) alla determinazione dello stato di conservazione in base ai criteri IUCN, disponibile solo per circa un terzo delle specie indagate, e 2) per la insufficienza delle collezioni *ex situ*, sia a livello di specie, sia a livello di copertura ecogeografica. Anche sotto questo profilo, dunque, è necessario intensificare l'impegno per completare la conoscenza del contingente più nobile del patrimonio floristico regionale.

Bibliografia

- [1] A. Carta, B. Pierini, A. Alessandrini, F. Frignani, L. Peruzzi, *Inform. Bot. Ital.* 2010, 42(1): 47.
- [2] G. Gestri, A. Alessandrini, N. Sirotti, A. Carta, L. Peruzzi, *Inform. Bot. Ital.* 2010, 42(2): 449.
- [3] D. Viciani, B. Foggi, G. Ferretti, L. Dell'Olmo, M. Mannocci, *Inform. Bot. Ital.* 2011, 43(1): 85.
- [4] F. Falcinelli, G. Gestri, V. Lazzeri, A. Carta, D. Donnini, L. Peruzzi, *Inform. Bot. Ital.* 2012, 44(1): in stampa.
- [5] P. V. Arrigoni, G. Ferretti, M. Padula, *Parlatorea* 2006, 8: 5.
- [6] L. Peruzzi, F. Bartolucci, F. Frignani, F. Minutillo, *Bot. J. Linn. Soc.* 2007, 155(3): 337.
- [7] G. Gottschlich, *Webbia* 2009, 64(1): 3.
- [8] F. Selvi, *Nord. J. Bot.* 2009, 27: 125.
- [9] S. Brullo, G. P. Giusso del Galdo, P. Minissale, *Pl. Biosystems* 2009, 143(1): 140.
- [10] M. Ansaldi, S. J. Casper, *Wulfenia* 2009, 16: 1.
- [11] L. Peruzzi, A. Soldano, *Inform. Bot. Ital.* 2010, 42(1): 385.
- [12] L. Peruzzi, A. Carta, *Nord. J. Bot.* 2011, 29: 6.
- [13] B. Moraldo, C. Ricceri, G. Fiorini, G. Demaria, *Webbia* 2011, 66(1): 45.
- [14] F. Conti, C. Giordano, B. Moraldo, C. Ricceri, *Ann. Bot. Fenn.* 2011, 48: 193.
- [15] E. Nardi, *Webbia* 2011, 66(2): 231.
- [16] G. Bedini, F. Garbari, L. Peruzzi (editori), *Chrobase.it – Chromosome numbers for the Italian flora*. <http://www.biologia.unipi.it/chrobase>.
- [17] P. H. A. Sneath, R. R. Sokal, *Numerical taxonomy*. Freeman. San Francisco CA, USA: 1973.
- [18] M. Biondi, *Biogeographia* n.s. 2006, 27: 227.
- [19] F. Selvi, *Biodiversity and Conservation* 2007, 16: 1423.
- [20] S. Pignatti, P. Menegoni, S. Pietrosanti, *Braun-Blanquetia* 2006, 39.
- [21] A. Scoppola, G. Spampinato, *Atlante delle specie a rischio di estinzione*. Roma, Palombi Editori: 2005.
- [22] C. Castelli, P. Sposimo, Renato: *repertorio naturalistico toscano*. Regione Toscana: 2009.
- [23] G. Bedini, F. Garbari, L. Peruzzi, in preparazione.
- [24] G. Bedini, F. Garbari, L. Peruzzi, *Pl. Biosystems* 2011: DOI: 10.1080/11263504.2011.611182.
- [25] M. Ansaldi, S. Bacci, G. Bedini, A. Carta, *Inform. Bot. Ital.* 2010, 42(2): 552-553.
- [26] B. de Montmollin, W. Strahm, *The Top 50 Mediterranean island plants: wild plants at the brink of extinction, and what is needed to save them*. IUCN SSC Mediterranean Islands Plant Specialist Group. IUCN, Gland, Switzerland and Cambridge, UK: 2005.
- [27] G. Bedini, M. Boracchia, *Inform. Bot. Ital.* 2008, 40(suppl. 1): 64-65.
- [28] G. Bedini, A. Carta, *Kew Bull.* 2010, 65(4): 649.
- [29] P. V. Arrigoni, R. M. Baldini, B. Foggi, M. A. Signorini, *Bocconea* 2003, 16(1): 245.
- [30] E. Ferrarini, *Lav. Soc. Ital. Biogeogr.*, n.s. 1970, 1: 68.
- [31] L. Peruzzi, M. Barbo, F. Bartolucci, M. Bovio, A. Carta, D. Ciccarelli, F. Conti, S. Costalonga, R. Di Pietro, G. Galasso, G. Gestri, E. Lattanzi, P. Lavezzo, S. Marsili, S. Peccenini, B. Pierini, F. M. Tardella, V. Terzo, R. E. Turrisi, G. Bedini, *Inform. Bot. Ital.* 2011, 43(1): 3.
- [32] F. Garbari, *Studi Trent. Sci. Nat., Acta Biol.* 1990, 66: 113.

Elenco analitico dei ricoveri di ardeidi presso il Centro di Recupero Uccelli Marini e Acquatici della LIPU a Livorno, dal 1987 al 2010

Silvia Galli¹, Valerio Palladini¹, Chandra Brondi¹, Cristina Barbieri¹, Paola Zintu¹, Roberta Lista¹, Riccardo Gherardi¹, Renato Ceccherelli¹, Gianluca Bedini^{*1}

Parole chiave: CRUMA, aironi, recupero fauna selvatica

Il CRUMA (Centro di Recupero Uccelli Marini ed Acquatici) di Livorno, gestito dalla LIPU, è un centro per il recupero della fauna selvatica specializzato nel ricovero, nella cura, nella riabilitazione e nel reinserimento in natura di uccelli marini e acquatici.

Dal 1987, anno della sua istituzione, fino ad oggi, il numero di animali che annualmente arrivano presso questa struttura è andato sempre di più aumentando, a partire dai 68 pazienti del primo anno di attività fino ai oltre 3338 del 2010.

In questo contesto, sono stati 945 gli Ardeidi che fin dai primi anni di vita del Centro sono stati ospitati per i più disparati motivi, che vanno dall'intossicazione ai traumi da impatto, all'imbrigliamento con lenze da pesca, fino al ritrovamento di nidiacei in primavera ed estate.

Nel presente lavoro presentiamo tutti i dati disponibili negli archivi del CRUMA, dalla sua fondazione al 2010, riguardanti gli Ardeidi, al fine di poter valutare come in questo spazio temporale sia distribuito il numero dei ricoveri, quali siano i periodi dell'anno di maggiore afflusso, quali le cause più frequenti e quali infine siano stati gli esiti

Introduzione

Il CRUMA (Centro Recupero Uccelli Marini e Acquatici) è uno dei Centri LIPU che si occupa di curare, riabilitare e rilasciare la fauna selvatica che viene recuperata dagli enti, dalle altre associazioni e dai cittadini. A dispetto del nome, che indica semmai la tipologia di animali per i quali il CRUMA è altamente specializzato rispetto agli altri Centri, il Centro Recupero Uccelli Marini e Acquatici si occupa anche di altre specie animali appartenenti alla fauna selvatica. In particolar modo il Centro riceve uccelli, ma non mancano i ricoveri di rettili, come le tartarughe, e di mammiferi, come ricci, pipistrelli, scoiattoli, ghiri, volpi, tassi e istrici. Nel corso dei suoi ventiquattro anni di attività il CRUMA ha ospitato esemplari di tutte le specie di ardeidi appartenenti alla fauna italiana [1].

Scopo di questa comunicazione è quello di proseguire nel processo di divulgazione dei dati raccolti nei ventiquattro anni di attività del CRUMA, iniziato a partire dal 2008 [2, 3, 4, 5] per dare un contributo alla conoscenza della fauna toscana (nel caso specifico quella degli ardeidi), sia dal punto di vista della presenza che dal punto di vista delle minacce alle quali questa è sottoposta.

gli autori

¹ Centro Recupero Uccelli Marini e Acquatici L.I.P.U. -
Via delle Sorgenti, 430 - 45121 Livorno,
cruma.livorno@lipu.it

* autore per corrispondenza

Materiali e Metodi

Il ricovero di ogni singolo animale arrivato al CRUMA è sempre stato registrato in un archivio elettronico. Dal 1987 al 2005 gli arrivi presso il Centro sono stati registrati utilizzando il programma File Maker su macchine Macintosh; dal 2006 gli arrivi sono stati registrati utilizzando il programma Microsoft Access su Personal Computer con sistemi operativi Microsoft. Per ogni scheda i dati raccolti sono stati: numero progressivo, nome della specie, data di arrivo presso il Centro, nome cognome e indirizzo del mittente, luogo e data del ritrovamento, cause dell'ammissione. Altri dati ritenuti di volta in volta utili sono stati registrati in spazi dedicati alle note. A conclusione della permanenza presso il centro, è stato per ogni animale registrato anche l'esito (liberazione, trasferimento presso altre strutture, decesso). Le singole schede degli animali sono inoltre state stampate su carta e raccolte in faldoni per conservare copia di sicurezza degli archivi stessi. L'archivio elettronico relativo all'anno 2003 è andato perduto.

Per elaborare i dati relativi a questo lavoro gli archivi elettronici dal 1987 al 2005 sono stati memorizzati su PC con l'utilizzo del programma File Maker Pro 5 e i dati sono stati trasferiti con gli appositi strumenti di conversione del programma su Microsoft Excell. Per quanto riguarda il quinquennio 2006-2010, sono stati trasferiti su Microsoft Excell i dati archiviati

con Microsoft Access utilizzando la funzione preposta di tale programma. Per quanto riguarda i dati relativi all'anno 2003 questi sono stati digitati manualmente su file di Microsoft Excell utilizzando come riferimento la copia cartacea di sicurezza dell'archivio relativo.

Una volta uniformati i dati raccolti su file Microsoft Excell è stato possibile estrarre omogeneamente per tutti gli anni le informazioni relative alla consistenza numerica degli animali, alla loro provenienza, alle cause di ammissione e agli esiti dei ricoveri.

Risultati

Dal 1987 al 2010 sono stati ricoverati presso il CRUMA 945 ardeidi come riepilogato in Tab. 1. La provenienza geografica degli animali ricoverati è disomogena nel tempo: in particolare dal 1987 al 1999 vi è un consistente contributo numerico di animali provenienti da fuori Toscana che diventa minimo negli anni seguenti (Fig. 1). Le due principali cause di ammissione sono state il trauma da impatto e il colpo di arma da fuoco: rispettivamente il 45% e il 29% dei ricoverati (Fig. 2). Dal 1987 al 2010 la percentuale delle liberazioni tende ad aumentare rispetto a quella dei decessi, contemporaneamente a un decremento del numero di individui che giungono morti prima di potere essere visitati dai veterinari (Fig. 3).

Tabella 1: Ardeidi ricoverati presso il CRUMA dal 1987 al 2010.

Specie	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	Totali per specie
Airone cenerino	9	30	39	40	29	13	32	33	25	19	12	21	7	14	4	4	1	8	6	4	10	6	4	7	380
Airone bianco maggiore	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	5
Airone guardabuoi	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	2	4	1	3	1	4	8	3	2	31
Airone rosso	0	5	4	3	3	1	5	5	3	3	2	0	1	4	1	0	1	0	1	2	1	1	3	4	53
Garzetta	0	8	8	10	10	10	5	3	2	2	1	10	2	0	1	2	4	2	6	5	1	1	2	4	99
Nitticora	0	13	7	14	13	8	14	6	10	6	7	5	1	2	1	0	4	2	1	2	0	0	1	1	118
Sgarza ciuffetto	0	1	1	1	0	1	0	0	0	0	1	0	0	2	0	1	1	1	0	0	1	1	0	1	13
Tarabusino	0	10	12	24	15	18	7	10	17	14	8	6	9	12	4	5	4	3	4	5	8	7	4	7	213
Tarabuso	0	1	3	4	3	3	1	2	1	1	3	0	1	0	1	2	0	0	1	2	2	1	0	0	32
Totali per anno	9	69	74	97	73	55	64	60	58	45	35	42	21	34	13	16	19	17	22	21	29	26	17	26	945

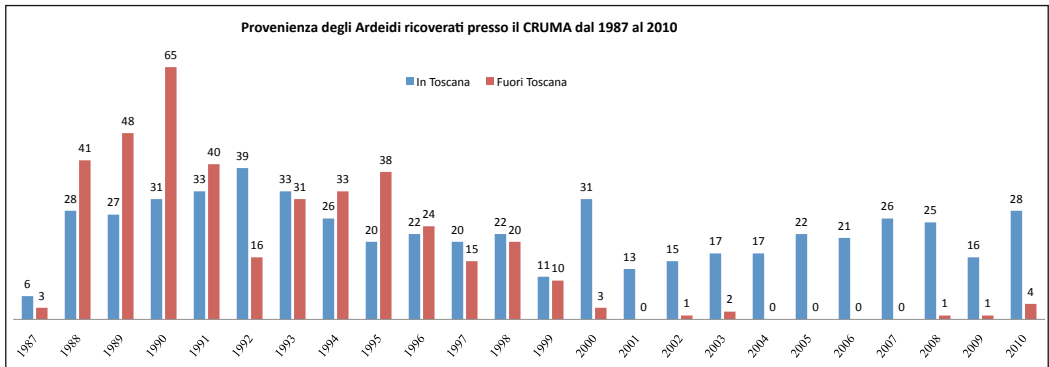


Figura 1: Grafico raffigurante il ricovero di Ardeidi presso il CRUMA nel periodo 1987-2010 suddivisi in base alla provenienza geografica: gli istogrammi blu rappresentano quelli recuperati in Regione Toscana, quelli rossi rappresentano gli animali recuperati al di fuori del territorio regionale Toscano.

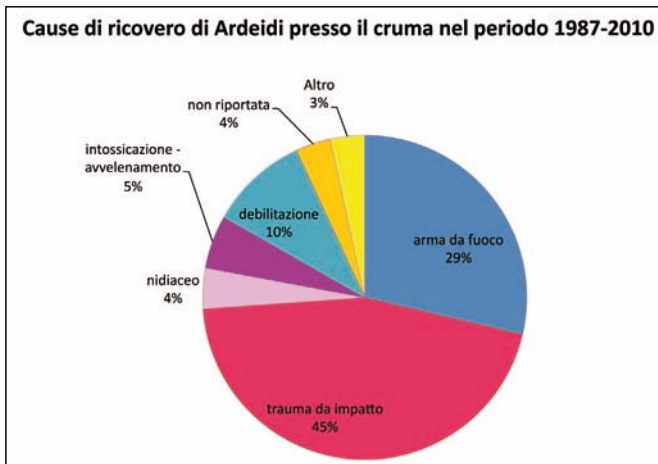


Figura 2: Grafico raffigurante le cause di ricovero di Ardeidi presso il CRUMA nel periodo 1987-2010.

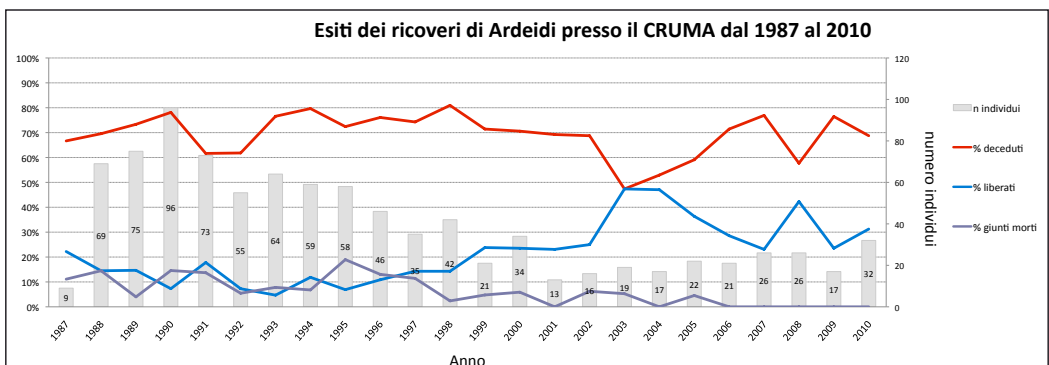


Figura 3: Grafico raffigurante gli esiti dei ricoveri di Ardeidi presso il CRUMA nel periodo 1987-2010. Gli istogrammi rappresentano il numero di individui ricoverati. Le linee rappresentano le percentuali degli individui deceduti, liberati e giunti morti.

Airone cenerino *Ardea cinerea*

Dal 1987 al 2010 sono stati ricoverati presso il CRUMA 380 esemplari di Airone Cenerino. Di questi 185 di provenienza toscana e 195 di provenienza extraregionale (Fig. 4). Le due principali cause di ammissione sono state il colpo di arma da fuoco e il trauma da impatto: rispettivamente

il 50% e il 31% dei ricoverati. Dal 1987 al 2010 la percentuale delle liberazioni tende ad aumentare rispetto a quella dei decessi, contemporaneamente a un decremento del numero di individui che giungono morti prima di potere essere visitati dai veterinari.

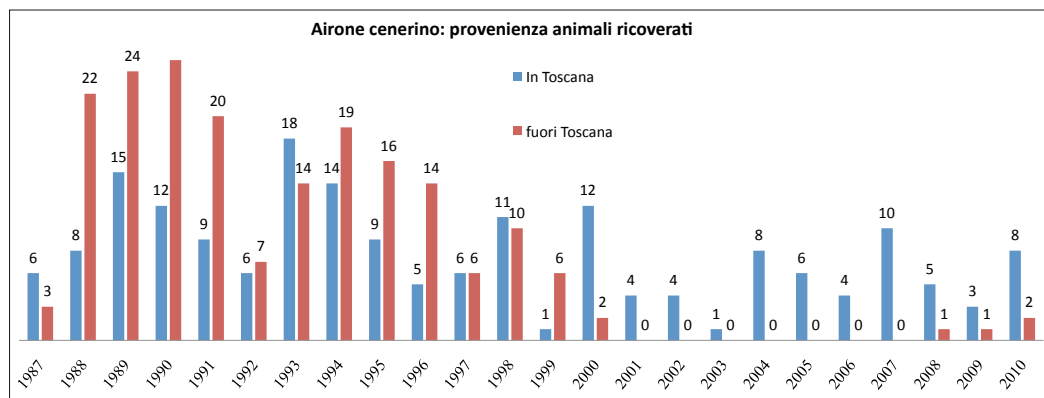


Figura 4: Grafico raffigurante il ricovero di Aironi cenerini presso il CRUMA nel periodo 1987-2010 suddivisi in base alla provenienza geografica: gli istogrammi blu rappresentano quelli recuperati in Regione Toscana, quelli rossi rappresentano gli animali recuperati al di fuori del territorio regionale Toscano.

Airone rosso *Ardea purpurea*

Dal 1987 al 2010 sono stati ricoverati presso il CRUMA 53 esemplari di Airone rosso. Di questi 29 di provenienza toscana e 24 di provenienza extraregionale. La provenienza geografica degli animali ricoverati è disomogena nel tempo: in particolare dal 1987 al 1996 vi è un consistente contributo numerico di animali provenienti da fuori Toscana che si azzerà negli anni seguenti, salvo un individuo nel 2010. La principale causa di ammissione è il trauma da impatto con il 59% dei casi; seguono per importanza la debilitazione e il colpo di arma da fuoco che interessano rispettivamente il 15% e il 13% dei ricoverati. La percentuale dei decessi è pari al 74% mentre quella degli animali giunti morti prima di potere essere visitati dai veterinari è pari all'11%.

Airone bianco maggiore *Ardea alba*

Dal 1987 al 2010 sono stati ricoverati presso il CRUMA cinque esemplari di Airone bianco maggiore. Di questi quattro di provenienza to-

scana (due dalla Provincia di Arezzo, uno dalla Provincia di Firenze, uno dalla Provincia di Lucca) e uno di provenienza calabrese (Lamezia terme, CZ).

Per quanto riguarda le cause di ammissione due animali sono stati ricoverati per trauma da impatto, due per colpo di arma da fuoco, e uno perché caduto dal nido e ritrovato in stato di grave deperimento organico. Tutti gli esemplari sono deceduti.

Garzetta *Egretta garzetta*

Dal 1987 al 2010 sono stati ricoverati presso il CRUMA 99 esemplari di Garzetta. Di questi 64 di provenienza toscana e 35 di provenienza extraregionale. La provenienza geografica degli animali ricoverati è disomogena nel tempo: in particolare dal 1987 al 1996 vi è un consistente contributo numerico di animali provenienti da fuori Toscana che si azzerà negli anni seguenti, salvo un individuo nel 2010. La principale causa di ammissione è il trauma da impatto con il 49%

dei casi seguita dal colpo di arma da fuoco con il 27% dei casi. La percentuale dei decessi è pari al 66% mentre quella degli animali giunti morti prima di potere essere visitati dai veterinari è pari al 5%.

Sgarza ciuffetto *Ardeola ralloides*

Dal 1987 al 2010 sono stati ricoverati presso il CRUMA 13 esemplari di Sgarza ciuffetto. Di

questi, come evidenziato in figura 5, 6 di provenienza toscana e 7 di provenienza extraregionale (Sicilia, Calabria, Liguria, Lazio, Emilia Romagna). La principale cause di ricovero presso il CRUMA per la Sgarza ciuffetto è stata il trauma da impatto che ha interessato 9 dei 13 individui ricoverati (69%). Dei 13 animali ricoverati 1 è giunto morto, 7 sono deceduti e 5 sono stati liberati.

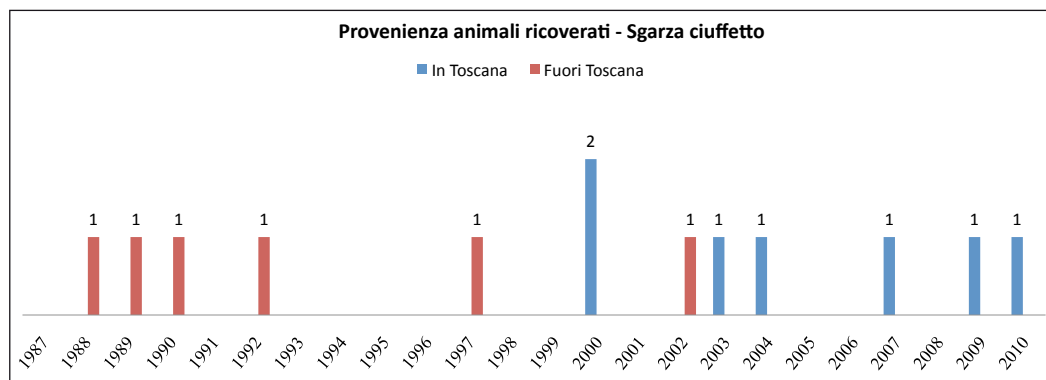


Figura 5: Grafico raffigurante il ricovero di Sgarze ciuffetto presso il CRUMA nel periodo 1987-2010 suddivisi in base alla provenienza geografica: gli istogrammi blu rappresentano quelli recuperati in Regione Toscana, quelli rossi rappresentano gli animali recuperati al di fuori del territorio regionale Toscano.

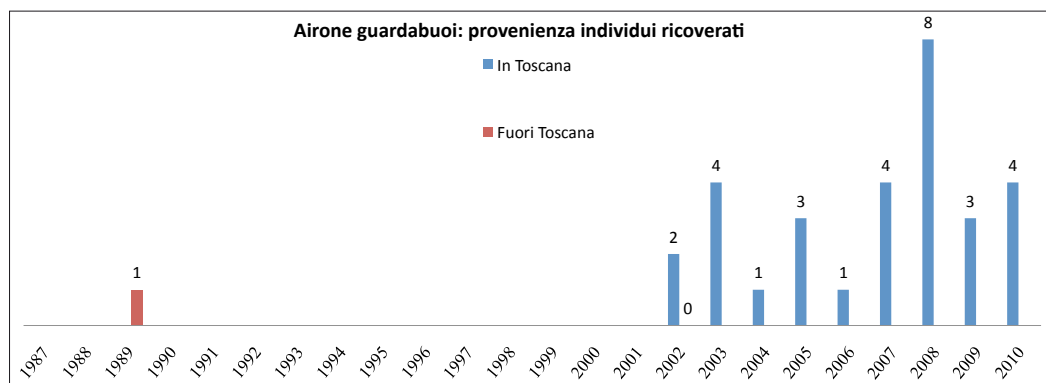


Figura 6: Grafico raffigurante il ricovero di Aironi guardabuoi presso il CRUMA nel periodo 1987-2010 suddivisi in base alla provenienza geografica: gli istogrammi blu rappresentano quelli recuperati in Regione Toscana, quelli rossi rappresentano gli animali recuperati al di fuori del territorio regionale Toscano.

Airone guardabuoi *Bubulcus ibis*

Dal 1987 al 2010 sono stati ricoverati presso il CRUMA 31 esemplari di Airone guardabuoi. Di questi 30 di provenienza toscana e 1 proveniente dalla Provincia di Savona in Liguria (Fig. 7). La provenienza temporale degli animali ricoverati è disomogena: in particolare, eccetto un arrivo nel 1989, presso il CRUMA non ci sono stati ricoveri di Airone guardabuoi fino al 2002 (Fig. 7). La principale cause di ricovero presso il CRUMA per la Sgarza ciuffetto è stata il trauma da impatto che ha interessato il 59% degli individui ricoverati; a seguire il colpo di arma da fuoco e l'intossicazione-avvelenamento rispettivamente con il 16% e 13%. Dei 31 animali ricoverati 2 sono giunti morti, 18 sono deceduti e 11 sono stati liberati.

Nitticora *Nycticorax nycticorax*

Dal 1987 al 2010 sono stati ricoverati presso il CRUMA 118 esemplari di Nitticora. Di questi, come evidenziato in figura 7, 55 di provenienza toscana e 63 di provenienza extraregionale. La provenienza geografica degli animali ricoverati è disomogena nel tempo: in particolare dal 1987 al 1996 vi è un consistente contributo numerico di animali provenienti da fuori Toscana (Emilia Romagna, Veneto, Lombardia,

Liguria, Piemonte, Sicilia, Calabria) che si azzerà negli anni seguenti, salvo due individui nel 2003.

La principale causa di ammissione è il trauma da impatto con il 56% dei casi seguita dal colpo di arma da fuoco con il 22% dei casi.

La percentuale dei decessi è pari al 70% mentre quella degli animali giunti morti prima di potere essere visitati dai veterinari è pari al 13%.

Tarabusino *Ixobrychus minutus*

Dal 1987 al 2010 sono stati ricoverati presso il CRUMA 213 esemplari di Tarabusino. Di questi 158 di provenienza toscana e 55 di provenienza extraregionale. La provenienza geografica degli animali ricoverati è disomogena nel tempo: in particolare gli animali provenienti da fuori Toscana danno un consistente contributo numerico dal 1988 al 2000 che si azzerà negli anni seguenti.

La principale causa di ricovero presso il CRUMA per il Tarabusino è stata il trauma da impatto (58%), seguita dalla debilitazione (18%). La percentuale dei decessi è pari al 70% mentre quella degli animali giunti morti prima di potere essere visitati dai veterinari è pari all'8%.

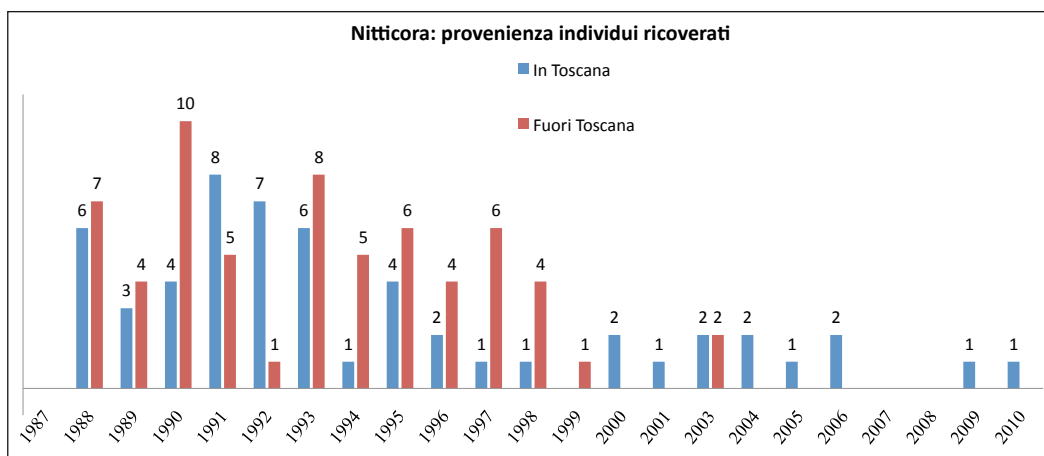


Figura 7: Grafico raffigurante il ricovero di Nitticore presso il CRUMA nel periodo 1987-2010 suddivisi in base alla provenienza geografica: gli istogrammi blu rappresentano quelli recuperati in Regione Toscana, quelli rossi rappresentano gli animali recuperati al di fuori del territorio regionale Toscano.

Tarabuso *Botaurus stellaris*

Dal 1987 al 2010 sono stati ricoverati presso il CRUMA 32 esemplari di Tarabuso. Di questi, come evidenziato in figura 8, 17 di provenienza toscana e 15 di provenienza extraregionale (Emilia Romagna, Lazio, Liguria, Lombardia,

Piemonte, Campania, Sicilia). Le principali cause di ricovero presso il CRUMA per il Tarabuso sono state il trauma da impatto (41%), la debilitazione (28%) e le ferite causate da arma da fuoco (19%). Dei 32 animali ricoverati 3 sono giunti morti, 22 sono deceduti e 7 sono stati liberati.

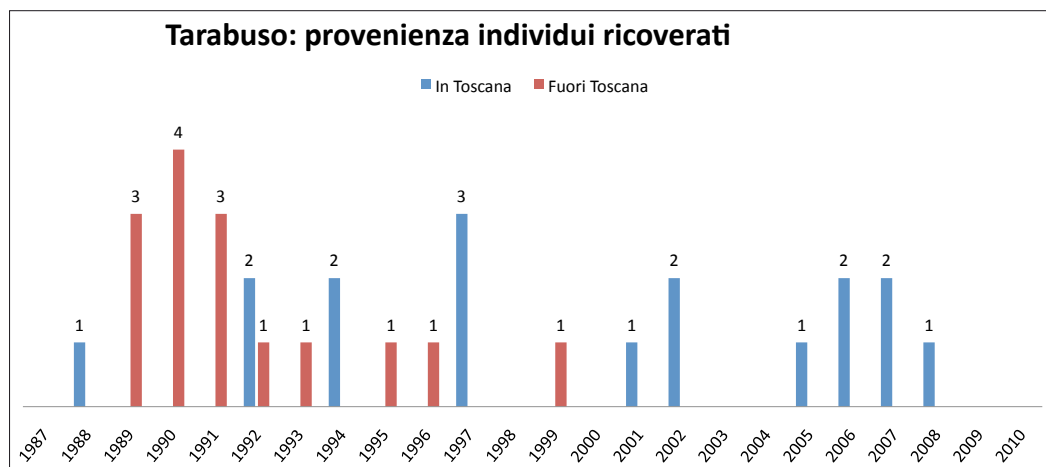


Figura 8: Grafico raffigurante il ricovero di Tarabusi presso il CRUMA nel periodo 1987-2010 suddivisi in base alla provenienza geografica: gli istogrammi blu rappresentano quelli recuperati in Regione Toscana, quelli rossi rappresentano gli animali recuperati al di fuori del territorio regionale Toscano.

Discussione e Conclusioni

La disomogeneità temporale in base alla provenienza geografica degli animali ricoverati è spiegabile con il fatto che fino al 1999 la LIPU aveva una convenzione con le Ferrovie dello Stato grazie alla quale da qualsiasi stazione ferroviaria italiana era possibile spedire via treno animali feriti al CRUMA o ad altri Centri di recupero LIPU; inoltre, negli ultimi anni il numero di Centri di Recupero Fauna Selvatica sono andati aumentando più o meno su tutto il territorio nazionale. Dal 2000 in poi sono sensibilmente calati i casi di animali giunti morti presso il Centro. Fatto questo relazionabile con i lunghi viaggi cui erano costretti taluni animali prima di potere essere sottoposti a cure mediche presso il CRUMA e che potrebbe anche avere potuto sbilanciare il rapporto tra decessi e liberazioni tenendo conto che non sono cessati solo gli arrivi di animali morti a

causa dello stress, ma anche di quelli di animali moribondi per gli stessi motivi.

Per quanto riguarda le cause di ammissione, i dati in nostro possesso sono in accordo con la letteratura più recente [1] che, dopo la distruzione degli habitat riporta le uccisioni illegali come la principale minaccia per la conservazione delle specie seguite dagli impatti (soprattutto con cavi aerei), dagli avvelenamenti e in generale dal disturbo antropico.

Tendenzialmente le percentuali di liberazione degli animali selvatici rispetto a quelle di guarigione degli animali domestici sono molto più basse, soprattutto in conseguenza dell'impossibilità di vedere gradualmente i sintomi di una eventuale malattia e del fatto che alcuni incidenti come ad esempio il colpo di arma da fuoco è più facile che accorran ai selvatici che non agli animali domestici.

L'abbondanza di ricoveri presso il CRUMA di

Airone cenerino, specie svernante ed estivante, rispecchia la presenza degli individui sul territorio: infatti la specie risulta essere tra gli ardeidi quella più diffusa sul territorio toscano con 150-170 coppie nidificanti stimate nel 1995 e 1000-1300 individui stimati come svernanti nell'inverno 1994-1995 [6]. La letteratura più recente [7] riporta per la toscana una media di 1567,2 individui censiti come svernanti nel quinquennio 2001-2006 e lo classifica come la specie in assoluto più diffusa tra tutti gli uccelli acquatici che ha fatto registrare una crescente diffusione negli anni, soprattutto nella parte settentrionale della regione. Contrariamente al trend positivo della diffusione della popolazione Toscana e nazionale [1], come visibile dalla Tabella 1, i ricoveri di Airone Cenerino sono andati calando nel corso degli anni. Questo fatto è spiegabile tenendo presente la già menzionata convenzione con le Ferrovie dello Stato.

Il numero di ricoveri presso il CRUMA di individui di Airone rosso, specie estivante nidificante inclusa tra le specie rare nella Lista Rossa Toscana [8], rispecchia la consistenza numerica della specie sul territorio con circa 40 coppie stimate come nidificanti ogni anno in Toscana tra il 1982 e il 1992 [6]. Importante per la specie è inoltre la presenza della garzaia del Lago di Massaciuccoli, a solamente circa 40 km dal CRUMA dove la specie è stata presente con 10 coppie nel 1980, 30-35 coppie nel 1993 fino alle 62-66 coppie stimate nel 1999 [1].

I motivi di ricovero e gli esiti sono coerenti con quelli riportati in generale per tutta la famiglia degli ardeidi.

Il numero di ricoveri presso il CRUMA di individui di Airone bianco maggiore, specie svernante rispecchia la consistenza numerica della specie sul territorio. In Toscana tra il 1982 e il 1992 è riportata la presenza di un massimo di 30 individui all'anno con una tendenza all'aumento esplicitata nei 140 individui censiti nell'inverno 1992-1993 e nei 318 dell'inverno 1994-95 [6] e dai 618 individui osservati mediamente ogni anno su tutto il territorio regionale nel quinquennio 2001-2006 [7]. La maggior diffusione e concentrazione di individui a livello regionale si ha nel sud (Orbetello, Burano, Maremma grossetana) ma la specie trova il suo habitat ideale anche nelle pianure di Pisa e Lucca, con una media di 23,6 individui all'anno nel quindicennio

1991-2006 che sale 42 individui nel quinquennio 2001-2006 [7].

Per quanto riguarda le cause di ricovero e gli esiti degli individui ricoverati presso il Centro, la casistica è troppo limitata per potere fare considerazioni generali, ma le cause rientrano comunque tutte nella casistica riportata in letteratura [1], e sostanzialmente riconducibile al disturbo antropico, e gli esiti, relativamente ai singoli casi sono risultati prevedibili in base alle gravi condizioni in cui versavano gli individui ricoverati.

Il numero di ricoveri presso il CRUMA di individui di Garzetta, specie nidificante migratrice e svernante [1, 6] inclusa tra le specie rare nella Lista Rossa Toscana [8] rispecchia la consistenza numerica della specie sul territorio con circa 170-250 coppie stimate come nidificanti ogni anno in Toscana tra il 1982 e il 1992 e 560-720 coppie stimate nel 1995 [6] mentre per la popolazione svernante era compresa tra i 100 e i 200 individui tra il 1982 e il 1992 e tra 300 e 450 individui nel triennio 1995-1997 [6]. Attualmente (2001-2006) la popolazione svernante è cresciuta fino a toccare medie di 903,5 individui all'anno, dei quali 136 solo nel vicino Lago di Massaciuccoli che per la Garzetta è considerato un sito di importanza nazionale [7].

I motivi di ricovero e gli esiti sono coerenti con quelli riportati in generale per tutta la famiglia degli ardeidi.

Il numero di ricoveri presso il CRUMA di individui di Sgarza ciuffetto, specie nidificante migratrice e svernante irregolare [1] definita come accidentale in Toscana [6] inclusa tra le specie rare nella Lista Rossa Toscana [8] rispecchia la consistenza numerica della specie sul territorio con circa 50 coppie stimate come nidificanti ogni anno in Toscana tra il 1982 e il 1992 [6] delle quali la maggior parte distribuite nella parte settentrionale della regione [7].

Per quanto riguarda le cause di ricovero e gli esiti degli individui di Sgarza ciuffetto ricoverati presso il Centro, la casistica è troppo limitata per potere fare considerazioni generali, ma le cause rientrano comunque tutte nella casistica riportata in letteratura [1], e sostanzialmente riconducibile al disturbo antropico, e gli esiti, relativamente ai singoli casi sono risultati prevedibili in base alle condizioni in cui versavano gli individui ricoverati.

Il numero di ricoveri presso il CRUMA di individui di Airone guardabuoi, specie nidificante parzialmente migratrice e svernante [1] rispecchia la consistenza numerica e la storia della colonizzazione della specie sul territorio. 1997 la specie era considerata rara in Toscana, ma comunque in espansione come su tutto il territorio nazionale [6]. In letteratura è riportato il 2001 come anno in cui l'espansione della specie è stata particolarmente evidente [7] e dal 2002, come riscontrabile in tabella 1 i ricoveri presso il CRUMA di individui di Airone guardabuoi si fanno più frequenti. È interessante anche notare che la specie tra il 1991 e il 2006 è stata numericamente più presente in cinque macrozone territorialmente molto connesse al territorio del CRUMA (in ordine di importanza San Rossore – Migliarino, Laghi di Cenaia, Massaciuccoli, Bolgheri, Livorno) [7].

Per quanto riguarda le cause di ricovero e gli esiti degli individui di Airone guardabuoi ricoverati presso il Centro, la casistica è troppo limitata per potere fare considerazioni generali, ma le cause rientrano comunque tutte nella casistica riportata in letteratura [1], e sostanzialmente riconducibile al disturbo antropico, e gli esiti, relativamente ai singoli casi sono risultati prevedibili in base alle condizioni in cui versavano gli individui ricoverati.

Il numero di ricoveri presso il CRUMA di individui di Nitticora, specie nidificante migratrice regolare e svernante [1] rispecchia la consistenza numerica della specie sul territorio. In riferimento alla Tabella 1, come per l'Airone cenerino l'abbondanza di arrivi fino al 1999 rispetto agli anni successivi è da mettere in relazione con l'arrivo di animali da fuori Regione grazie alla già citata convenzione con le Ferrovie dello Stato. La specie è stata inclusa tra le specie rare nella Lista Rossa Toscana [8] nonostante il suo trend sia positivo e in controtendenza rispetto a quello nazionale [1,6]. La popolazione toscana nidificante è stata stimata 300-400 coppie nel decennio 1982-1992 [6], 610-750 coppie nel 1997 [6].

I motivi di ricovero coerenti con quelli riportati in generale per tutta la famiglia degli ardeidi. Per quanto riguarda gli esiti l'alto numero di individui giunti morti è stata prerogativa del periodo in cui era attiva la convenzione con le Ferrovie dello Stato, come se la specie risultasse più sensibile delle altre a un possibile stress

da viaggio, nel periodo più recente il numero di individui è troppo limitato per potere fare considerazioni generali.

Il numero di ricoveri presso il CRUMA di individui di Tarabusino, specie migratrice nidificante [1,6] non rispecchia pienamente la consistenza numerica della specie sul territorio che sta registrando un trend marcatamente negativo, come ad esempio la riduzione del 50% della popolazione nidificante a Massaciuccoli [6].

I motivi di ricovero e gli esiti sono coerenti con quelli riportati in generale per tutta la famiglia degli ardeidi. Anche in questo caso è da notare la scomparsa di individui giunti morti a partire dal 1999.

Il numero di ricoveri presso il CRUMA di individui di Tarabuso, specie nidificante migratrice e svernante regolare [1,6] inclusa tra le specie rare nella Lista Rossa Toscana [8], rispecchia la consistenza numerica a carattere fluttuante della specie sul territorio. Dal 1993 al 1998 la specie ha avuto un forte incremento sul Lago di Massaciuccoli, seguito da un decremento di circa il 70% [1]. Dal grafico di figura 8 si evince quanto abbia influito nel ricovero di Tarabusi al di fuori del territorio regionale la convenzione con le Ferrovie dello Stato, chiusa nel 1999, anno in cui è stato ricoverato presso il CRUMA l'ultimo Tarabuso proveniente al di fuori della Toscana.

Per quanto riguarda le cause di ricovero e gli esiti degli individui di Tarabuso ricoverati presso il Centro, la casistica è troppo limitata per potere fare considerazioni generali, ma le cause rientrano comunque tutte nella casistica riportata in letteratura [1], e sostanzialmente riconducibile al disturbo antropico, e gli esiti, relativamente ai singoli casi sono risultati prevedibili in base alle condizioni in cui versavano gli individui ricoverati.

Ringraziamenti

Gli Autori desiderano ringraziare tutti i volontari, i tirocinanti, i tesisti e i serviziocivili del CRUMA che nel corso degli anni hanno contribuito a cercare di mantenere aggiornato l'archivio delle presenze degli animali. È inoltre desiderio degli Autori ringraziare il Dottor Paolo Teglia e il Dottor Alvaro Freschi del Dipartimento Programmazione Economica Unità

di Servizio: “Sviluppo Rurale” della Provincia di Livorno per il costante impegno nei confronti del CRUMA e per il proficuo rapporto di collaborazione che si è instaurato nella gestione della fauna selvatica in difficoltà sul territorio.

1984-2006. Edizioni Regione Toscana. Centro Stampa Giunta Regionale Toscana: 2007.

[8] P. Sposimo, G. Tellini, Lista rossa degli uccelli nidificanti in Toscana. Rivista Italiana di Ornitologia. 1995, 64: 131

Bibliografia

[1] P. Bricchetti, G. Fracasso, Ornitologia italiana. Vol. 1 - Gaviidae-Falconidae. Alberto Perdisa Editore. Bologna: 2003.

[2] Bedini G., Ceccherelli R., Gherardi R.: Considerazioni sui ricoveri di rapaci notturni presso il Centro di Recupero Uccelli Marini ed Acquatici della LIPU a Livorno. Atti del II Congresso di Scienze Naturali della Regione Toscana. Codice Armonico. Castello Pasquini. Castiglioncello 11-13 marzo 2010. pp. 24-29. Edizioni ETS

[3] Ceccherelli R., Ceccherelli G., Gherardi R., Bedini G.: Principali cause di ricovero di Rondone (*Apus apus*) presso il Centro LIPU CRUMA di Livorno nell'anno 2008: aspetti veterinari e biologici. Atti del II Congresso di Scienze Naturali della Regione Toscana. Codice Armonico. Castello Pasquini. Castiglioncello 11-13 marzo 2010. pp. 235-237. Edizioni ETS.

[4] Stanzione V., Messinese M., Gherardi R., Ceccherelli R., Bedini G. (2009) Elenco analitico dei ricoveri di Gabbiano reale mediterraneo (*Larus michahellis*) presso il Centro di Recupero Uccelli Marini ed Acquatici della LIPU a Livorno, dal 1987 al 2008. Alula XVI (1-2) pp: 139-141.

[5] Riccardo Gherardi, Renato Ceccherelli, Gianluca Bedini (2009). Elenco analitico dei ricoveri di Passera d'Italia (*Passer italiae*) presso il Centro di Recupero Uccelli Marini ed Acquatici della LIPU a Livorno, dal 1987 al 2007. Passeri in crisi? Da “pest” a “species of conservation concern”: biologia, problematiche e conservazione dei passerii. Proceedings Conference on Sparrows. Pisa, 20 marzo 2009. Ecologia Urbana. Anno XXI (1) 2009. pp. 90-92.

[6] G. Tellini Florenzano, E Arcamone, N. Baccetti, E. Meschini, P. Sposimo. Atlante degli uccelli nidificanti e svernanti in Toscana (1982-1992). Quaderni del Museo di Storia Naturale di Livorno Serie Monografie 1. eds. Livorno: 1997.

[7] E. Arcamone, P. Dal'Antonia, L. Puglisi, Lo svernamento degli uccelli acquatici in Toscana

Sul ruolo degli enzimi fenolossidasi e glucoso-ossidasi nei meccanismi di difesa dell'ape mellifica (*Apis mellifera* L.) contro la peste americana

Simona Sagona^{1*}, Matteo Giusti¹, Alberto Niccolini¹, Lorenzo Guglielminetti², Antonio Felicioli¹

Parole chiave: *Apis mellifera*, sistema immunitario innato, peste americana, spettrofotometria, fenolossidasi, glucoso-ossidasi

La peste americana è una malattia della covata causata da un batterio, il Paenibacillus larvae subsp. larvae (White), che sotto forma di spore affligge le larve delle api infettate tramite le api adulte nutrici. Scopo di questo lavoro è stato quello di verificare l'esistenza di differenze nella cinetica enzimatica della fenolossidasi e della glucoso-ossidasi in api adulte provenienti da colonie sane e da colonie infette.

La fenolossidasi è uno degli enzimi che agiscono nell'ambito del sistema immunitario innato dell'individuo ape e si trova nell'emolinfa sotto forma di profenolossidasi. La fenolossidasi è coinvolta nei processi di coagulazione, fagocitosi, formazione di noduli e incapsulamento, tutti meccanismi di difesa che agiscono nell'ape a livello individuale.

La glucoso-ossidasi è espressa nelle ghiandole cefaliche e toraciche dell'ape ed è secreta in alcuni prodotti come il miele e la gelatina reale. Questo enzima acidifica il miele tramite il prodotto di reazione acido gluconico e agisce come antisettico per mezzo dell'acqua ossigenata formata dalla reazione $D\text{-glucoso} + O_2 \rightarrow D\text{-glucosolattone} + H_2O_2$. L'azione antisettica di quest'enzima, la sua inducibilità ed il fatto che la sua azione si svolga al di fuori dell'individuo ape lo rendono un importante mezzo di difesa a livello di colonia e di superorganismo ape, pertanto potrebbe essere considerato un analogo del sistema immunitario di tipo adattativo tipico degli animali superiori. Mediante analisi spettrofotometrica e activity staining si è indagata la cinetica enzimatica dei due enzimi in campioni di api neosfarfallate e api nutrici provenienti da famiglie malate, sane e sottoposte ad un procedimento biomeccanico sperimentale di risanamento basato sulla tecnica della messa a sciami. Dall'indagine risulta che nelle neosfarfallate la fenolossidasi presenta maggiore attività nelle api provenienti da famiglia sana rispetto a quelle provenienti da famiglia malata. Nel momento in cui si cerca di risanare la famiglia malata le api neosfarfallate di questa mostrano un'attività di questo enzima maggiore di quelle provenienti dalla famiglia sana. Nelle nutrici provenienti dalla famiglia sana l'attività della fenolossidasi risulta essere inferiore di quella mostrata dalle api nutrici provenienti dalla famiglia malata. Questa attività della fenolossidasi mostra un ulteriore aumento nelle nutrici provenienti dalle famiglie malate una volta sottoposte al processo di risanamento. Per quanto riguarda la glucoso-ossidasi dall'indagine appare evidente che la sua attività aumenta nelle api neosfarfallate provenienti da famiglie malate rispetto a quelle provenienti da famiglie sane. Anche in questo caso l'attività enzimatica mostra una forte attività nelle neosfarfallate provenienti da famiglie sottoposte al risanamento. Sorprendentemente al contrario delle neosfarfallate, le api nutrici campionate da famiglie sane mostrano un'attività della glucoso-ossidasi superiore delle nutrici provenienti da famiglie malate. Le nutrici nate da uova deposte su favo già risanato mostrano un'attività della glucoso-ossidasi molto più bassa rispetto alle nutrici provenienti dalla famiglia malata.

Introduzione

Il sistema immunitario innato dell'Ape mellifica ha iniziato ad interessare gli scienziati a partire dagli anni '60 quando alcuni studiosi (A.I. Schepartz, M.H. Subers e Jonathan W. White, 1963) indagarono alcuni enzimi che avevano proprietà antibatteriche nel miele. In particolare sono stati individuati due enzimi, la fenolossidasi e la glucoso-ossidasi. La prima rappresenta insieme agli ematociti l'immunità innata dell'ape. La fenolossidasi, infatti, è presente in maniera costitutiva nell'emolinfa dell'ape soprattutto sotto forma del suo precursore, la profenolossidasi, che, in condizioni sia fisiologiche che indotte viene attivata dalla α -chimotripsina per dare un prodotto finale che è la melanina. L'espressione della fenolossidasi nell'ape aumenta con l'età raggiungendo un picco massimo tra i 5 e gli 11 giorni di vita da immagine [1]. L'attività fenolossidasi non è stata trovata nei primi due giorni di età larvale, ma è risultata aumentare soltanto in seguito [2]. L'attività della fenolossidasi, oltre alla formazione fisiologica dell'esoscheletro nello stadio di pupa [3], determina l'incapsulamento e la sclerotizzazione di alcuni patogeni. Anche la glucoso-ossidasi, nell'ape, ha un ruolo difensivo. Ma essendo un enzima secreto all'esterno dell'organismo ape mediante alcuni prodotti apistici quali la gelatina reale, il pan d'ape e il miele [4] esso è ipotizzato avere un ruolo nella immunità sociale del superorganismo ape [5]. La glucoso-ossidasi secreta quando nella gelatina reale, quando nel pan d'api, quando nel miele, catalizza la seguente reazione:

$D\text{-glucosio} + O_2 = D\text{-glucosio} \delta \text{ lattone} + H_2O_2$ [6]. I prodotti di questa reazione, l'acido gluconico e il perossido di idrogeno, contribuiscono a mantenere un basso livello di batteri patogeni nella cera delle celle e negli altri prodotti dell'ape contribuendo così a limitare possibili contaminazioni e l'insorgere di malattie nell'ape a livello di società [5].

La peste americana è una delle più diffuse malattie della covata causata da un batterio sporigeno gram positivo, il *Paenibacillus larvae* subsp. *larvae* (White). Sebbene questo microorganismo sia stato caratterizzato a livello genotipico e fenotipico [7], non esistono trattamenti per debellarla.

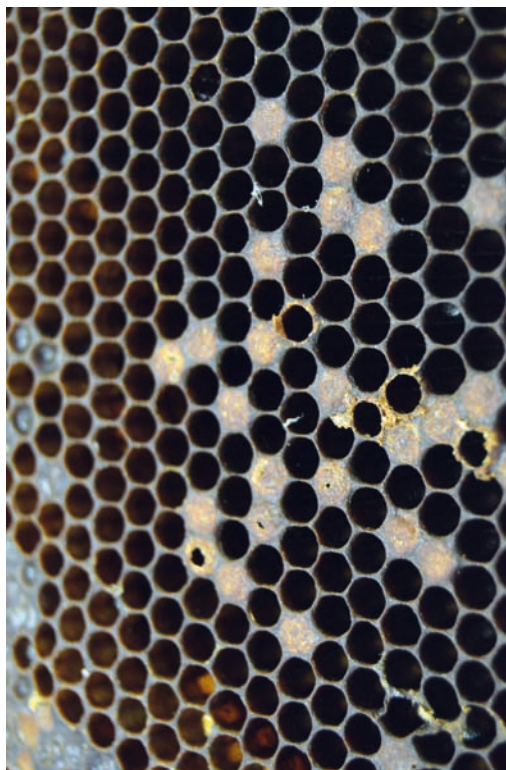


Figura 1: Telaio contaminato dal *Paenibacillus larvae* subsp. *larvae*, agente eziologico della peste americana. Caratteri patognomici di questa patologia sono gli opercoli forati, depressi e scuriti.

gli autori

- ¹ Dipartimento Scienze Fisiologiche, Università di Pisa, simonasagona@tiscali.it, giusti.matteo@hotmail.it, aniccolini@yahoo.com, a.felicioli@vet.unipi.it
² Dipartimento di Biologia, Università di Pisa, lguglielminetti@biologia.unipi.it

* Autore per corrispondenza. Simona Sagona



Figura 2: La peste americana colpisce le larve dal primo giorno di nascita fino a dopo l'opercolatura a cui ha seguito setticemia che determina la morte della larva. Caratteristica di questa patologia sono le larve "filanti" come mostrato nella figura.

Poiché le spore per germinare necessitano di un ambiente semi-aerobico esse lo trovano nell'apparato digerente delle giovani larve fino a 24 h dalla schiusa. Le larve colpite non muoiono immediatamente e debbono trascorrere 7 giorni prima che la malattia si manifesti, quando cioè la larva è già stata opercolata. Durante la fase vegetativa i batteri migrano, grazie ai loro flagelli, dall'intestino verso le zone più ricche di ossigeno, provocando una vera e propria setticemia. Al sopraggiungere della morte della larva i batteri assumono la forma di spore [8]. Quando si ha la sporulazione le larve si decompongono e assumono l'aspetto caratteristico marrone e mucillaginoso (Fig. 2) [9]. Le curbiolette, il pane d'api, la pappa da operaia e la pappa reale inibiscono la crescita batterica.

Materiali e metodi

Il presente lavoro è stato realizzato utilizzando campioni di *Apis mellifera* provenienti da famiglie sane e da famiglie dove erano palesemente rilevabili i sintomi della peste americana. In

particolare sono state campionate api neosfarfallate e api con 6-12 giorni di vita da immagine (nutrici). Inoltre campioni aggiuntivi di api neosfarfallate e nutrici sono stati prelevati da famiglie risultate sopravvissute da un'operazione sperimentale di risanamento. Le attività della fenolossidasi e della glucoso-ossidasi, sono state effettuate tramite lo spettrofotometro, Ultrospec 2100 PRO (Amersham Biosciences), e tramite elettroforesi SDS-PAGE con activity staining su una unità SE260 (Amersham Biosciences).

Per la fenolossidasi è stato utilizzato il substrato dell'enzima L-dopa (3,4-Dihydroxy-L-phenylalanine) [10] che, convertendosi dopo la reazione in melanina, determina di per sé un viraggio [11]. Per la glucoso-ossidasi [12], invece, sono stato utilizzati la perossidasi e un cromogeno e in particolare ne sono stati utilizzati due: il DAB (3-3'-Diaminobenzidine tetrahydrochloride hydrate) [13] e la O-Dianisidine [5]. Entrambi sfruttano la presenza di perossido di idrogeno, come sottoprodotto della reazione che, tramite perossidasi, viene scisso in acqua e ossigeno ed è proprio questo che ossidando il cromogeno, determina l'evidenza della reazione [14].



Figura 3: Lo spettrofotometro e il porta-cuvette utilizzati per i saggi enzimatici.

Delle api campionate sono state utilizzate le teste, in quanto contenenti sia parte dell'emolinf, sede della fenolossidasi e le ghiandole ipofaringee, sede della glucoso-ossidasi. Per il saggio sulla fenolossidasi sono state prese 3 teste e vi sono stati aggiunti 200 μ l di PBS (Phosphate



Figura 4: Corsa in atto di SDS-PAGE per activity staining su una unità SE260.

buffered saline) pH 7,4, Triton X-100 1%. Sono state poste a -20°C per 20' e successivamente omogeneizzate per mezzo di un pestello di teflon da eppendorf. Recuperato il soprannatante sono stati aggiunti 200 μl di PBS pH 7,4 e recuperato l'estratto. Infine si è proceduto con una centrifuga a 14000rpm a 4°C per 20'. Per quanto riguarda l'estratto della glucosio-ossidasi si è proceduto come per l'estratto della fenolossidasi con l'eccezione che non è stato usato al primo lavaggio Triton X 100 all'1% ma solo PBS pH 7,4.

Le proteine sono state quantificate per $\mu\text{g}/\mu\text{l}$ tramite fluorimetro, QBit (Invitrogen).

L'analisi della fenolossidasi presente nei campioni tramite spettrofotometro è stata effettuata prendendo delle cuvette semimicro e ponendo in ciascuna 675 μl di acqua milliQ, 475 μl di tampone PBS pH 7,4 e 50 μl di campione, diluito opportunamente con il PBS in modo da caricare per ciascun campione stesso volume e stessa quantità di proteine totali.

Dopo 5' di incubazione a 37°C è stato aggiunto 300 μl L-Dopa (2mg/ml) e si è proceduto alla lettura allo spettrofotometro alla lunghezza d'onda di 490nm per 10'.

L'esperimento di activity staining è stato effettuato caricando un gel di poliacrilamide al 10%, 20mA/ gel e, finita la corsa elettroforetica, ponendolo in una soluzione contenente 140 ml acqua milliQ, 20 ml L-Dopa(4mg/ml), 20ml PBS pH 7,4 per 2h.

L'attività della glucosio-ossidasi è stata misurata

utilizzando 2 protocolli diversi. Il primo utilizzando il cromogeno O-Dianisidine. In particolare nelle cuvette semimicro da 1,5ml sono stati aggiunti in ciascuna 750 μl di acqua milliQ, 375 μl Hepes 100mM pH 7, EDTA 100mM, 150 μl glucosio 100 mM in Hepes 100mM pH 7, 75 μl perossidasi (0,02 mg/ml), 50 μl campione. Dopo incubazione a 37°C per 10' sono stati aggiunti 150 μl di O-Dianisidine 3mM e i campioni sono stati letti allo spettrofotometro alla lunghezza d'onda di 430nm per 1h30'.

Per il secondo è stato utilizzato il cromogeno DAB, che prevede una soluzione da 1,5ml per cuvetta contenente Hepes 100mM pH 7, EDTA 0,1M, glucosio 5mM, DAB 0,18mg/ml, perossidasi 0,02 mg/ml a cui sono stati aggiunti 50 μl di campione. La lettura allo spettrofotometro è stata eseguita alla lunghezza d'onda di 352nm per 2h.

Infine l'activity staining per la glucosio-ossidasi prevede una corsa elettroforetica su gel di poliacrilamide al 10%, 20 mA/ gel, finita la quale il gel viene incubato con una soluzione di 80 ml Hepes 100mM, 2,4 mg EDTA, 10 ml DAB (4 mg/ml), 4ml perossidasi (1 mg/ml), 5ml glucosio 3M per 2h. I dati sono stati analizzati tramite il software "R" [15] con analisi statistica ANOVA.

Risultati

Sono stati effettuati 7 esperimenti per la fenolossidasi, di cui tre con activity staining, e 11 esperimenti per la glucosio-ossidasi, di cui 4 con activity staining, replicando gli estratti due volte e, per ogni estrazione, sono state fatte allo spettrofotometro misurazioni in tre repliche. In tabella 1 sono riportati i dati sintetici dei confronti ottenuti tra i risultati significativi degli esperimenti, mentre, nella tabella 2, sono quantificate le significatività dei diversi confronti tra i campioni in merito ai due enzimi. Le significatività sono state calcolate per mezzo del software "R" tramite misurazioni dell'ANOVA.

Tabella 1: Confronto delle attività della fenolossidasi e della glucoso-ossidasi nei campioni oggetto di indagine (PheOX= fenolossidasi, GOX= glucoso-ossidasi, S= sane, M=malate, R= risanate. “>”o”<” è riferito all’attività dell’enzima).

Campione	PheOX	GOX
Neosfarfallate	S > M	S < M
Neosfarfallate	M < R	M < R
Neosfarfallate	S < R	S < R
Nutrici	S < M	S > M
Nutrici	M < R	M > R
Nutrici	S < R	S > R

Tabella 2: Significatività dei singoli risultati ottenuti (PheOX= fenolossidasi, GOX= glucoso-ossidasi, R-M= risanate-malate, S-M= sane-malate, S-R= sane-risanate).

Campione		PheOX	GOX
Neosfarfallate	R-M	P<5e-07	P<0,009
Neosfarfallate	S-M	P<0,05	P<0,002
Neosfarfallate	S-R	P<5e-07	P<0,0001
Nutrici	R-M	P<0,002	P<1,38e-05
Nutrici	S-M	P<0,01	P<1,95e-05
Nutrici	S-R	P<7e-04	P<4e-07
Differenza neosfarfallate/nutrici		P<0,01	P<0,05

I risultati ottenuti in questa indagine mostrano un’attività fenolossidasi costitutiva maggiore nelle neosfarfallate sane rispetto a quando sono affette dalla peste americana. Nel momento in cui si cerca di risanare la famiglia malata le api neosfarfallate di questa mostrano un’attività fenolossidasi maggiore di quelle provenienti dalla famiglia sana.

Nelle nutrici provenienti dalla famiglia sana l’attività della fenolossidasi risulta essere significativamente inferiore di quella mostrata dalle api nutrici provenienti dalla famiglia malata. Questa attività della fenolossidasi mostra un ulteriore incremento nelle nutrici provenienti dalle famiglie malate una volta sottoposte al processo di risanamento.

Per quanto riguarda la glucoso-ossidasi dall’indagine appare evidente che la sua attività aumenta nelle api neosfarfallate provenienti da famiglie malate rispetto a quelle provenienti da famiglie sane. Anche in questo caso l’attività enzimatica mostra una forte attività nelle neosfarfallate provenienti da famiglie sottoposte al risanamento.

Sorprendentemente, al contrario delle neosfarfallate, le api nutrici campionate da famiglie sane mostrano un’attività della glucoso-ossidasi superiore a quella delle nutrici provenienti da famiglie malate. Le nutrici nate da uova deposte su favo già risanato mostrano un’attività della glucoso-ossidasi molto più bassa rispetto alle nutrici provenienti dalla famiglia malata.

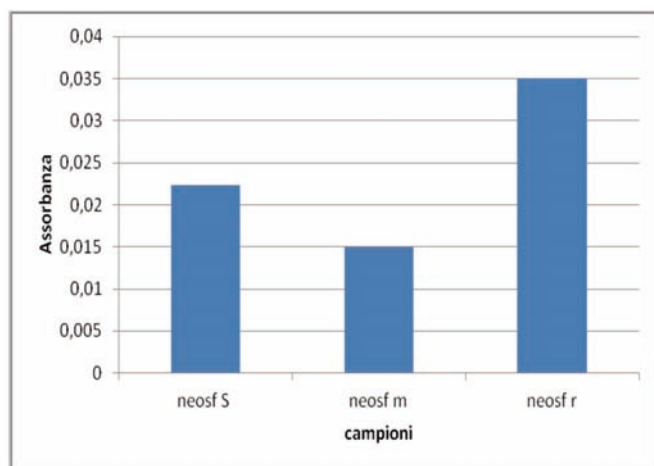


Figura 5: Attività della fenolossidasi in api neosfarfallate. (neosf S = neosfarfallate sane, neosf m = neosfarfallate malate, neosf ris = neosfarfallate risanate).

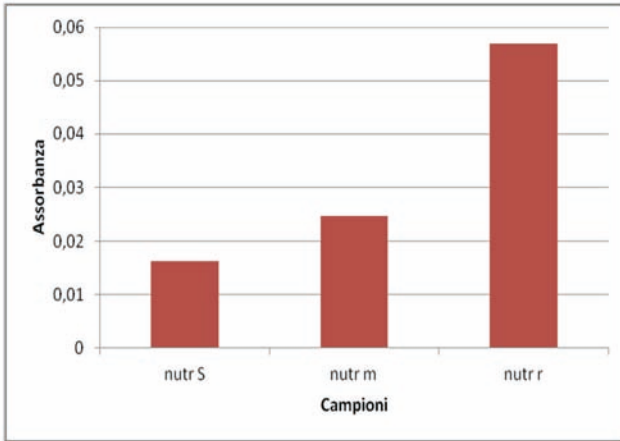


Figura 6: Attività della fenolossidasi nelle api nutrici. (nutr S = nutrici sane, nutr m = nutrici malate, nutr r = nutrici risanate).

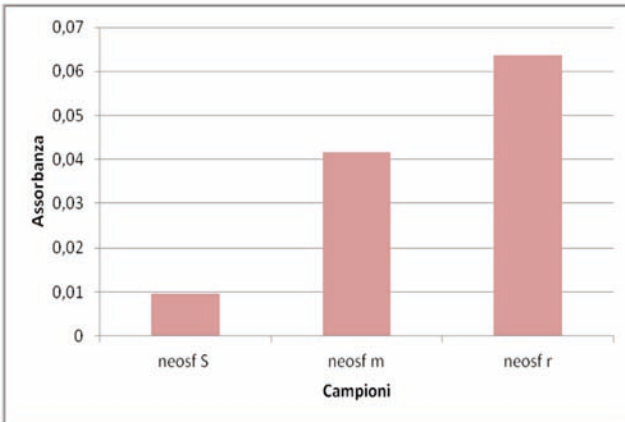


Figura 7: Attività della glucoso-ossidasi nelle api neosfarfallate. (neof S = neosfarfallate sane, neof m = neosfarfallate malate, neof ris = neosfarfallate risanate).

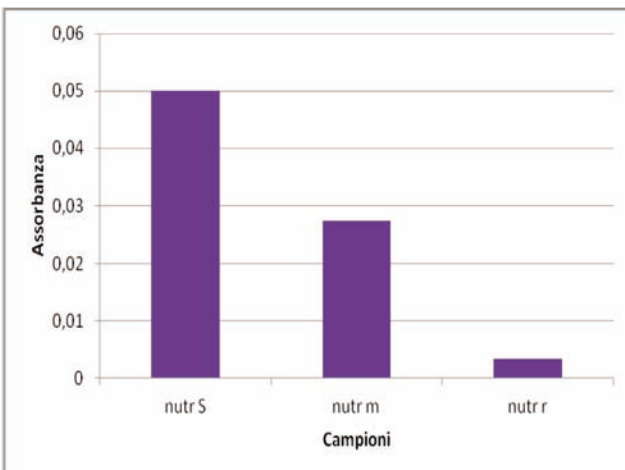


Figura 8: Attività della glucoso-ossidasi nelle api nutrici. (nutr S = nutrici sane, nutr m = nutrici malate, nutr r = nutrici risanate).

Discussione e conclusioni

Gli insetti sociali che vivono in colonia come le vespe, i bombi, le termiti e le api, hanno sviluppato un sistema di difesa collettivo contro alcuni patogeni e alcuni parassiti [16]. Queste difese possono essere sia di natura comportamentale, sia fisiologica che biochimica.

In particolare nelle Api mellifiche si possono trovare comportamenti igienici [17] (le api operaie adulte hanno l'abilità di rimuovere gli organismi che causano la malattia di covata quando sono nello stadio di infezione di spora rimuovendo le larve infette [18]), variazioni fisiologiche (le api adulte possono aumentare contemporaneamente la temperatura del proprio corpo in modo da uccidere con il calore batteri presenti nell'alveare [16]) meccanismi biochimici come ne sono esempi la presenza di apalbumine [19] e la glucosio ossidasi [5]. L'Ape mellifica è inoltre caratterizzata da meccanismi di difesa che agiscono a livello individuale. Tra questi la fenolossidasi è uno degli enzimi che agiscono nell'ambito del sistema immunitario innato dell'individuo ape [20]. Essa si trova nell'emolinfa sotto forma di profenolossidasi ed è coinvolta nei processi di coagulazione, fagocitosi, formazione di noduli e incapsulamento di alcuni patogeni.

Dai risultati ottenuti in questa indagine emerge una relazione tra le condizioni delle famiglie (la presenza della malattia e la conduzione tecnica dell'apiario) e l'attività dei due enzimi indagati. Particolarmente interessante è la differenza significativa tra la condizione di sano e malato nelle api neosfarfallate sia per quanto riguarda la fenolossidasi (sistema immunitario innato dell'ape) sia per quanto riguarda la glucosio-ossidasi (sistema immunitario sociale). L'attività della fenolossidasi subisce una riduzione significativa nelle malate mentre l'attività della glucosio-ossidasi subisce un aumento significativo nelle malate. Questo pattern è a sua volta invertito per quanto riguarda le nutrici. Pur essendo ancora limitate le conoscenze su questo fenomeno si può tentare di speculare un ruolo dell'età e quindi della maturazione delle ghiandole nei due tipi di immunità presa in considerazione. Ancor più difficile è tentare di interpretare i risultati ottenuti a seguito dell'operazione di "risana-

mento". Nonostante ciò proprio il proseguio di questo tipo di indagine potrebbe consentire la delineazione di pratiche apistiche su base meccanico-fisiche che risultino vantaggiose per il contenimento di questa malattia temibile delle api.

Bibliografia

- [1] Noah Wilson-Rich, Stephanie T. Dres, Philip T. Starks, *Journal of Insect Physiology*, 2008, 54: 1392.
- [2] W.T. Chan, Andony P. Melathopoulos, Stephen F. Pernal and Leonard J. Foster, *BMC Genomics* 2009, 10: 387.
- [3] M.M.G. Bitondi, I.M. Mora, Z.L.P. Simões, V.L.C. Figueiredo, *Journal of Insect Physiology*, 1998, 44: 499.
- [4] J. W. White, JR., Mary H. Subers and Abner I. Schepartz, *Biochim. Biophys. Acta*, 1963, 73: 57.
- [5] Cédric Alaux, François Ducloz, Didier Crauser and Yves Le Conte, *Biol. Lett.*, 2010.
- [6] Abner I. Schepartz and Mary H. Subers, *Biochim. Biophys. Acta*, 1964, 85: 228.
- [7] K. Antúñez, C. Piccini, S. Castro-Sowinski A.S. Rosado, L. Seldin, P. Zunino, *Veterinary Microbiology*, 2007, 124: 178.
- [8] Alberto Contessi, *Le Api Biologia, allevamento, prodotti Ed. Agricole*, 2007.
- [9] Anders Lindström, Seppo Korpela, Ingemar Fries, *Journal of Invertebrate Pathology*, 2008, 99: 82.
- [10] Alice M. Laughton, Michael T. Siva-Jothy, *Apidologie*, 2010.
- [11] Martin R. Schmid, Axel Brockmann, Christian W.W. Pirk, David W. Stanley, Jürgen Tautz *Journal of Insect Physiology*, 2008, 54: 439.
- [12] Abner I. Schepartz, *Biochim. Biophys. Acta*, 1965, 96: 334.
- [13] Harvey J. Cohen *Analytical Biochemistry*, 1973, 53: 208.
- [14] Abner I. Schepartz, *Biochim. Biophys. Acta*, 1965, 99: 161.
- [15] R Development Core Team 2011., *R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0, URL <http://www.R-project.org/>*
- [16] Sylvia Cremer, Sophie A.O. Armitage, and

Paul Schmid-Hempel, *Current Biology*, 2007, 17: 693.

[17] Marla Spivak, Gary S. Reuter, *Apidologie*, 2001, 32: 555.

[18] Noah Wilson-Rich, Marla Spivak, Nina H. Fefferman, and Philip T. Starks, *Annu. Rev. Entomol.*, 2009, 54: 405.

[19] R. Scarselli, E. Donadio, M. G. Giuffrida, D. Fortunato, A. Conti, E. Balestreri, R. Felicioli, M. Pinzauti, A. G. Sabatini, A. Felicioli, *Proteomics*, 2005, 5: 769.

[20] Alice M. Laughton, Michael Boots, Michael T. Siva-Jothy, *Journal of Insect Physiology*, 2011, 57: 1023.

Formazione di schiume persistenti nell'area marino-costiera di Rosignano Marittimo: approccio multicriterio per l'analisi dei principali fattori coinvolti nel fenomeno

Monia Renzi*¹, Arianna Lobianco², Andrea Giovani³, Elena Mari³, Guido Perra², Marcella Ruta², Valerio Volpi², Cristiana Guerranti², Michela Mariottini², Milva Pepi¹, Silvano E. Focardi^{1,2}

Parole chiave: Tirreno Centrale, qualità delle acque, formazione di schiume persistenti

La fascia marino-costiera di competenza del Comune di Rosignano Marittimo è da tempo interessata dall'insorgere periodico di formazioni schiumose dense e persistenti, ricorrenza particolarmente evidente durante l'estate con conseguenti ripercussioni negative sull'economia locale basata sulla fruizione turistico-ricreativa della risorsa.

Le ricerche condotte in passato non hanno consentito di evidenziare criticità tali da poter giustificare l'occorrenza del fenomeno alle intensità osservate. L'assenza di risultati decisivi sembra attribuibile, almeno in parte, al carattere frammentario del processo di acquisizione dei dati basato sulla focalizzazione saltuaria soltanto di alcuni tra i possibili e molteplici fattori coinvolti nella produzione delle schiume in mare.

Il contributo qui proposto riassume i principali risultati conoscitivi ottenuti in seguito all'applicazione di una strategia di analisi sistematica e multicriterio finalizzata all'integrazione di conoscenze e competenze settoriali sviluppate nel corso del tempo dai diversi soggetti operanti, a vario titolo, nell'area di studio.

I dati acquisiti evidenziano che il fenomeno di formazione delle schiume non induce un'alterazione delle acque tale da costituire un possibile rischio per la salute pubblica.

Per quanto riguarda le attività produttive presenti nell'area e soggette a monitoraggio periodico delle emissioni, queste, sebbene non eccedano mai gli standard di qualità imposti dalle normative attualmente vigenti in materia di scarico in acque superficiali (D.Lgs. 152/06), producono, tuttavia, fenomeni di tipo sinergico in grado di favorire la formazione delle masse schiumose. Ad esempio, le elevate concentrazioni di carbonato di calcio tipiche delle acque marine in area Rosignano-Solvay stabilizzano le formazioni schiumose aumentando la persistenza.

Un contributo rilevante è attribuibile allo scarico dell'impianto di depurazione dei reflui urbani (alterazione di nutrienti ed immissione di molecole schiumogene). Infatti, il peculiare andamento batimetrico a lento declivio determina, la sovrapposizione della quota di termoclino stagionale con la zona di diffusione delle acque in uscita dalla condotta di scarico dell'impianto di trattamento dei reflui civili. La risalita in superficie di queste acque è favorita dall'andamento della linea di costa e dalla presenza delle correnti di Langmuir lungo una linea parallela alla costa localizzata all'interno di una fascia compresa tra 150-300 m di distanza dalla battigia.

Le peculiari condizioni geomorfologiche locali quali la presenza di una marcata anomalia termica e chimico-fisica (alterazione del pH, della salinità), e la morfologia dei fondali rappresentano un importante fattore additivo.

Oltre ai risultati scientifici sensu stricto, l'organizzazione della piattaforma operativa condivisa costituisce un risultato metodologico non di secondaria importanza.

Infatti, il colloquio strutturato tra soggetti operanti a diverso titolo nell'area di indagine quali, ad esempio, il gestore dell'impianto di trattamento dei reflui civili, l'agenzia regionale protezione ambiente, la

capitaneria di porto, i volontari per l'intervento in mare, gli incaricati comunali ed i vari soggetti di ricerca rappresenta uno strumento potente nelle indagini ambientali da perseguire, incentivare ed ottimizzare in modo organizzato anche in altre realtà. ha consentito di evidenziare una criticità ambientale non dovuta a singoli superamenti dei parametri rispetto alle prescrizioni legislative bensì alla occorrenza di effetti sinergici peculiari.

Il processo di integrazione, sviluppato con tavoli di concertazione, ha consentito l'instaurarsi per la prima volta di un dialogo efficace tra soggetti operanti contestualmente nonchè un ampliamento esponenziale del database elaborabile grazie all'acquisizione condivisa del materiale disponibile ad ogni singolo interlocutore riducendo anche gli attriti esistenti tra soggetti controllori e controllati.

Questo tipo di approccio può pertanto essere considerato come un modello operativo funzionale alla risoluzione di problematiche gestionali complesse in ambito marino-costiero in grado di integrare in modo efficiente il mondo della ricerca con le amministrazioni locali ed i soggetti privati presenti nello stesso contesto geografico.

1. Introduzione

Il Comune di Rosignano Marittimo da anni è soggetto alla formazione periodica di schiume in mare dense e persistenti. Il fenomeno, che ricorre nel tratto costiero compreso tra Rosignano Solvay e Castiglioncello, ha indotto l'interessamento della pubblica amministrazione vista la periodicità atipica e le conseguenti ripercussioni negative sul turismo estivo.

Per escludere possibili rischi legati alla tutela della salute pubblica e della risorsa mare, l'Agenzia Regionale per la Protezione dell'Ambiente della Toscana (ARPAT) ha effettuato indagini di controllo sul materiale schiumoso. I risultati delle analisi condotte hanno evidenziato valori inferiori ai limiti consentiti dalla normativa sulla balneabilità non consentendo, tuttavia, di individuare le cause scatenanti il fenomeno. Visto il ripetersi nel tempo degli episodi di formazione delle schiume, l'Amministrazione comunale di Rosignano Marittimo ha finanziato ricerche scientifiche mirate ad approfondire la problematica (dati ARPAT, 2004; Università degli Studi di Firenze, 2000).

Le cause alla base della formazione di schiume in mare possono essere sia di origine naturale che dovute alle attività umane. Un ruolo chiave nelle dinamiche di innesco del fenomeno può essere svolto da fattori locali quali, ad esempio, la presenza di tensioattivi, di idrocarburi, di microrganismi filamentosi, di condizioni favorevoli per lo sviluppo di popolazioni batteriche

e del fitoplancton. Sebbene il contributo di ogni singolo fattore possa non essere tale da giustificare l'occorrenza del fenomeno, la loro sovrapposizione può dare luogo ad importanti effetti additivi e sinergici. Nello studio di sistemi complessi, comprendere il peso relativo di ognuno di essi può consentire lo sviluppo di programmi di gestione mirati alla risoluzione di criticità locali e, pertanto, più efficaci.

Questo lavoro descrive i risultati ottenuti dall'applicazione di un approccio multicriterio per l'analisi dei principali fattori coinvolti nel fenomeno di formazione di schiume persistenti nell'area marino-costiera di competenza del Comune di Rosignano Marittimo.

gli autori

¹ Centro Ricerche di Ecologia, acquacoltura e pesca (Ecolab), Polo Universitario Grossetano, via lungolago dei pescatori sn, 58015 Orbetello (GR)

² Dipartimento di scienze Ambientali, Università degli studi di Siena, via Mattioli, 4, 53100 Siena

³ Consorzio Nazionale Interuniversitario delle Scienze Applicate al Mare (CoNISMa), via Isonzo 32, 00198 Roma

* autore per corrispondenza: renzi2@unisi.it

2. Rationale

Lo studio condotto è stato articolato durante due anni solari ed organizzato su quattro linee di intervento principali: *i)* raccolta ed analisi critica delle informazioni bibliografiche esistenti; *ii)* raccolta ed elaborazione dei dati disponibili da attività pregresse e/o in corso di svolgimento nell'area geografica di interesse (periodo 1997-2009); *iii)* monitoraggio visivo del fenomeno durante il biennio di indagine; *iv)* campagna di acquisizione dati nel biennio 2008-2010 ad integrazione delle informazioni disponibili ed acquisite dalle linee di intervento precedenti.

L'ottimizzazione delle fasi *i)* e *ii)* propedeutiche al progetto è stata condotta mediante l'organizzazione di una piattaforma operativa condivisa in grado di massimizzare l'acquisizione dei dati disponibili grazie all'integrazione di competenze presenti sul territorio. Il gruppo di lavoro ha previsto il confronto tra esperti operanti nell'area di studio per conto delle principali strutture di ricerca e non presenti sul territorio. Tale impostazione procedurale ha favorito lo scambio, l'integrazione e la rielaborazione critica di dati recenti e pregressi acquisiti in modo disgiunto nell'area di indagine da ogni soggetto consentendo, inoltre, un corretto inquadramento metodologico di

tutti i valori inseriti nel *database* comune. Infatti, per poter organizzare una banca dati statisticamente significativa ed in grado di consentire valutazioni inerenti la variabilità di descrittori stagione dipendenti, è necessario disporre di un numero di rilievi molto elevato. Infatti, per non ridurre la significatività della risposta ottenuta dai test statistici, i dati acquisiti con protocolli, metodi analitici, sensibilità ed unità di misura diversi devono essere uniformati prima del loro inserimento nella banca dati individuando e scartando eventuali incoerenze riscontrate.

I dati rilevati per ogni stazione di campionamento sono stati, inoltre, georeferiti in modo da poter effettuare cartografie relative agli andamenti spaziali e temporali dei descrittori di interesse specifico.

I soggetti partecipanti alla piattaforma operativa condivisa sono stati coinvolti in tutte le fasi progettuali per sviluppare una sinergia che consentisse la costruzione di un percorso conoscitivo condiviso ed articolato secondo procedure metodologiche concordate *a priori*. Il processo di lavoro adottato dal gruppo è schematizzato in figura 1. Dal confronto è emersa l'esistenza, seppure in forma frammentaria e disomogenea, di un gran numero di dati analitici sull'area in esame sia per quanto riguarda le matrici ambientali (sedimenti, colonna d'acqua) che per il biota (molluschi bivalvi, fitoplancton e zooplancton) che potevano consentire di effettuare ricostruzioni affidabili degli andamenti dei descrittori sia stagione che profondità dipendenti a partire dal 1997. In particolare, ASA ha fornito i dati analitici relativi alle caratteristiche chimiche delle acque ed alle portate medie dello scarico dell'impianto di depurazione dei reflui civili sito in località Rossignano Solvay (scarico a mare con e senza il trattamento di ossigenazione ed ingresso in



Figura 1: Articolazione del lavoro.

Aretusa). ARPAT ha reso disponibili le banche dati delle campagne di monitoraggio effettuate in ottemperanza alla Legge n. 152/99, alla balneabilità, al monitoraggio effettuato nell'area marina prospiciente la zona industriale *Solvay*.

2.1. Gestione delle criticità

Questa tipologia di organizzazione ha consentito, in fase di elaborazione statistica, l'analisi e la gestione ottimale delle principali criticità rilevate sulla banca dati. In particolare: *i)* selezione dei descrittori utilizzabili. I descrittori per i quali è stata osservata una elevata sporadicità di acquisizione dati sono stati eliminati dall'analisi; *ii)* gestione dei dati mancanti per i descrittori individuati. Questo tipo di problematica è particolarmente importante nel caso dei rilievi sulla colonna d'acqua dovuti a malfunzionamenti delle sonde da campo; *iii)* difformità nei descrittori acquisiti sull'acqua in relazione al fattore profondità; *iv)* variazione temporale dei descrittori acquisiti. La variazione dei descrittori acquisiti da ARPAT nel tempo è attribuibile a modifiche successive del quadro normativo nel contesto nazionale (i.e. D.M. 152/99, D.L.vo 152/2006).

2.2. Campagna di acquisizione dati nel biennio 2008-2010

Nel corso del biennio 2008-2010 sono stati effettuati rilievi dei descrittori della colonna d'acqua e campionamenti sistematici di acqua e schiume su base stagionale ad integrazione dei dati già esistenti. Lo scopo della campagna è stato acquisire gli andamenti dei descrittori di interesse selezionati con una frequenza campionaria superiore rispetto a quella disponibile (66 stazioni localizzate nell'area di studio a tre quote batimetriche di profondità) in modo da poter effettuare cartografie geostatistiche. Inoltre sono stati acquisiti dati relativi da descrittori aggiuntivi associati in modo specifico alla formazione di schiume in mare, sia nell'area di studio che in stazioni di controllo opportunamente selezionate, allo scopo di rilevare relazioni statisticamente significative. I controlli sono stati posizionati all'interno delle Aree a tutela dell'Arcipelago Toscano (isole del Giglio, Giannutri, Capraia, Gorgona, Pianosa, Elba) e le stazioni di Bandiera

Blu localizzate a Sud del comune di Rosignano Marittimo. In questo progetto sono stati rilevati i principali descrittori chimico-fisici delle masse d'acqua, i descrittori microbiologici (indicatori fecali e batteri filamentosi o idrocarburo-degradanti), i contaminanti ambientali, i macronutrienti, la presenza/assenza di proliferazioni microalgali e/o di mucillagini.

2.3. Ricerca bibliografica

La principale difficoltà nelle attività di ricerca in ambiente marino-costiero è rappresentata dal fatto che le dinamiche coinvolte nella manifestazione di un fenomeno ecologico sono spesso complesse ed implicano diversi comparti ambientali in grado di autodeterminarsi reciprocamente. La comprensione di questi processi non può esulare dalla conoscenza delle molteplici relazioni reciproche che governano l'area in esame in un approccio quanto più possibile multidisciplinare e sistemico. Questo implica la necessità di acquisire dati disponibili riguardo le specifiche dinamiche del sistema di studio.

In questo senso, la ricerca bibliografica condotta è stata finalizzata all'acquisizione, valutazione ed analisi di lavori pregressi disponibili in rete e nelle banche dati bibliotecarie allo scopo di ottenere un primo quadro conoscitivo quanto più completo possibile che consentisse lo sviluppo di programmi di lavoro ed ipotesi sperimentali idonee alla realtà specifica. Le informazioni ricercate hanno riguardato in sintesi: le dinamiche connesse alla specifica problematica del sistema marino costiero mediterraneo ed in particolare del sistema marino da Livorno a Scarlino; le principali caratteristiche correntometriche, morfologiche, sedimentologiche, meteorologiche, idrometriche del bacino; le relazioni con i bacini imbriferi terrestri ed i principali corpi fluviali; le biocenosi e le associazioni presenti, l'uso prevalente del territorio le principali fonti di impatto antropico presenti, lo sfruttamento delle risorse dell'area di studio; i dati relativi ai livelli di contaminazione ambientale; gli indici di qualità delle acque. Queste informazioni hanno consentito di individuare zone critiche e zone di controllo, strategie sperimentali e di monitoraggio agevolando l'interpretazione critica dei risultati.

2.4. Elaborazione dei dati

Allo scopo di creare un *database* sintetico ed omogeneo, i dati raccolti sono stati uniformati per unità di misura e periodo storico e si è effettuato il controllo di qualità eliminando gli *out-layers*. Ove possibile, si è inserito per ogni stazione di prelievo, la corrispondente coordinata spaziale. Per poter effettuare elaborazioni statistiche significative si è proceduto escludendo per ogni frequenza campionaria i parametri rilevati con frequenza difforme dalla frequenza campionaria stessa. Le variabili per le quali i livelli misurati sono risultati essere inferiori al limite di rilevabilità del metodo, sono state poste uguali alla metà dell'ultima cifra significativa con cui sono stati riportati i dati. Per le metodiche analitiche con le quali sono stati acquisiti e validati i dati ARPAT trattati nel presente studio si rimanda al sito ufficiale ARPAT ed alle specifiche normative cui questo Ente fa riferimento. Dati relativi a matrici diverse sono stati trattati separatamente come pure dati con frequenze campionarie diverse. I dati sono stati analizzati utilizzando i software di calcolo GraphPad Prism v. 5.00 (GraphPad Software, San Diego California USA, www.graphpad.com) e Primer v. 6.1.11, Primer-e Ltd.

3. Risultati

Il monitoraggio visivo del fenomeno ha evidenziato la presenza di formazioni schiumose eterogenee sia dal punto di vista morfologico che spazio-temporale (fig. 2) sebbene siano state osservate alcune interessanti ricorrenze. Infatti, il fenomeno si manifesta generalmente in condizioni di mare calmo. Le schiume risultano essere ben visibili durante le prime ore del mattino (circa 6.00-10.30) per scomparire completamente nel primo pomeriggio. La distanza degli avvistamenti dalla linea di costa è quasi sempre compresa tra i 100 ed i 300 metri.

Le formazioni schiumose osservate tendono ad aggregare corpuscoli normalmente presenti sulla superficie marina come, ad esempio, il poline. Il numero di individui di fitoplancton (con dominanza di Diatomee) nei campioni di schiume raccolti è risultato essere molto elevato in particolare nella stagione primaverile. Occasionalmente sono state osservate formazioni algali filamentose di tipo mucillaginoso (aprile 2009) associate ai campioni di schiuma.

Alcune delle formazioni, al contrario, mostravano una chiara origine antropica associabile a sversamenti di acque nere o idrocarburi da imbarcazioni in transito oppure da perdite accidentali della condotta sottomarina di scarico dell'impianto di depurazione dei reflui urbani presso le Spiagge bianche di Rosignano Solvay (fig. 3).

Per valutare la presenza di una anomalia dei

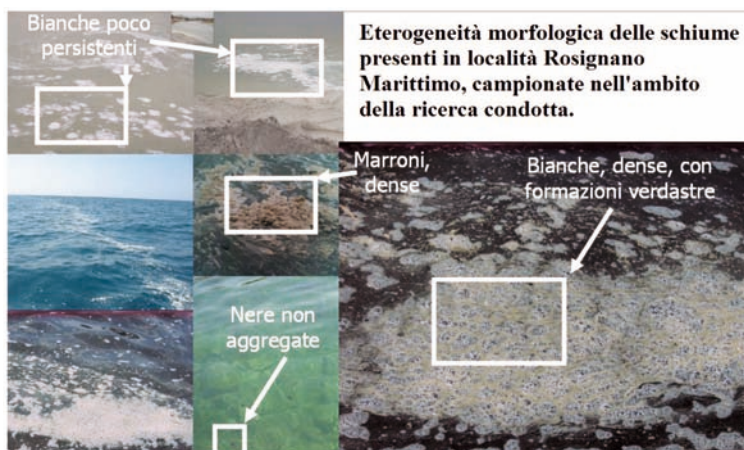


Figura 2: Sintesi delle principali strutture morfologiche delle schiume.

descrittori selezionati nell'area di studio rispetto al loro andamento generale all'interno del bacino del quale l'area di studio è parte, i dati raccolti sono stati confrontati su base statistica multivariata con quelli relativi alle zone di controllo individuate (aree a protezione parziale ed integrale delle Isole dell'Arcipelago Toscano).

I dati relativi ai macronutrienti in acqua ed ai livelli di contaminazione dei sedimenti

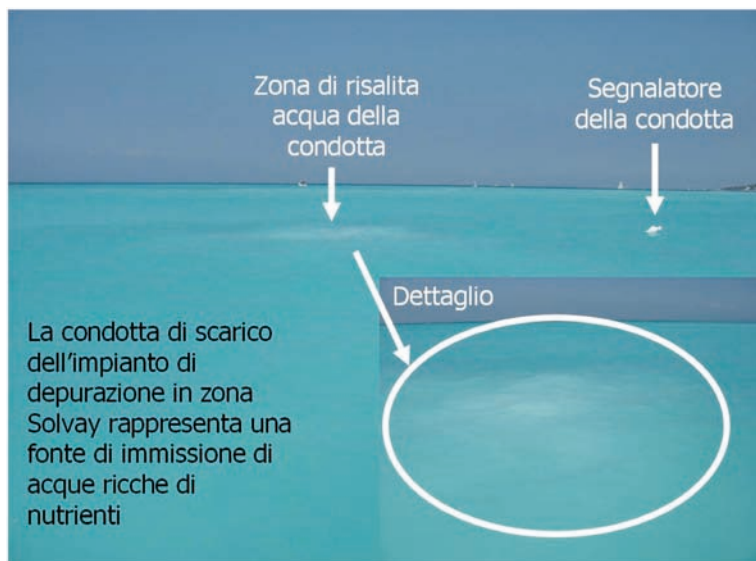


Figura 3: Sversamento della condotta del depuratore dei reflui urbani in località Spiagge bianche.

mostrano una distinzione significativa dei controlli (Anosim test, $R=0,964$, $p<0.01$) rispetto all'area di studio. Livelli contenuti di contaminanti ambientali potenzialmente associabili alla formazione delle schiume (idrocarburi) sono stati registrati anche nelle stazioni di controllo (aree a riserva integrale *no-take, no-access zone*) associati alla presenza di batteri idrocarburo-degradanti.

Per quanto riguarda la presenza di mucillagini, sono state riscontrate formazioni alle quote comprese tra -15 m e -20 m durante la stagione di massima fioritura anche all'interno delle stazioni di controllo. I dati ottenuti per i controlli ed il loro confronto con quelli dell'area di studio suggeriscono che il fenomeno di formazione di mucillagini, riscontrato anche nell'area oggetto di indagine, non abbia base locale ma sia piuttosto legato all'esistenza di dinamiche che coinvolgono l'intero bacino. Al contrario, l'area di studio presenta una evidente anomalia per quanto riguarda il contenuto in contaminanti ambientali nei campioni di acqua superficiale.

Considerando tutto il *database* acquisito nell'area di studio, l'analisi statistica ha evidenziato, come da attese, la dipendenza del contenuto in macronutrienti in relazione al fattore

“stagione” (Anosim test, $R=0,956$, $p<0.01$). Si è, tuttavia, osservata anche la dipendenza rispetto al fattore temporale “anno” (Anosim test, $R=0,831$, $p<0.01$) ed al fattore geografico “stazione di campionamento”. In particolare, per questo ultimo fattore sono state osservate differenze significative in relazione alla distanza della stazione dalla linea di costa (Anosim test, $R=0,883$, $p<0.01$) ed all'orientamento geografico Sud-Nord (Anosim test, $R=0,782$, $p<0.01$).

Questi risultati suggeriscono: *i*) la presenza di dinamiche temporali

in grado di agire su base annuale e non solo stagionale quali, ad esempio, una modificazione dei carichi di nutrienti immessi nel corso del tempo oppure il progressivo incremento termico delle acque marine; *ii*) la presenza di fattori in grado di alterare i livelli di nutrienti in relazione alle direttrici spaziali costa-largo e Sud-Nord quali, ad esempio, l'andamento batimetrico e le correnti locali prevalenti.

L'area Solvay risulta critica per lo ione ammonio misurato a livelli significativamente superiori rispetto ai livelli delle aree limitrofe sia nella stagione estiva che invernale (fig. 4). Le indagini di dettaglio (fig. 5) sulla componente microbiologica evidenziano livelli massimi di ione ammonio associati alle concentrazioni massime di indicatori di contaminazione fecale (coliformi totali, coliformi fecali, streptococchi fecali) e di tensioattivi di origine umana (MBAS). Si è riscontrata, inoltre, la presenza di proliferazioni fitoplanctoniche spesso associate ai massimi di ione ammonio. I risultati ottenuti suggeriscono una comune origine della contaminazione attribuibile allo scarico dell'impianto di depurazione. Per quanto riguarda la componente microbiologica considerata in questo studio è da precisare che, sebbene il gruppo dei coliformi totali, che

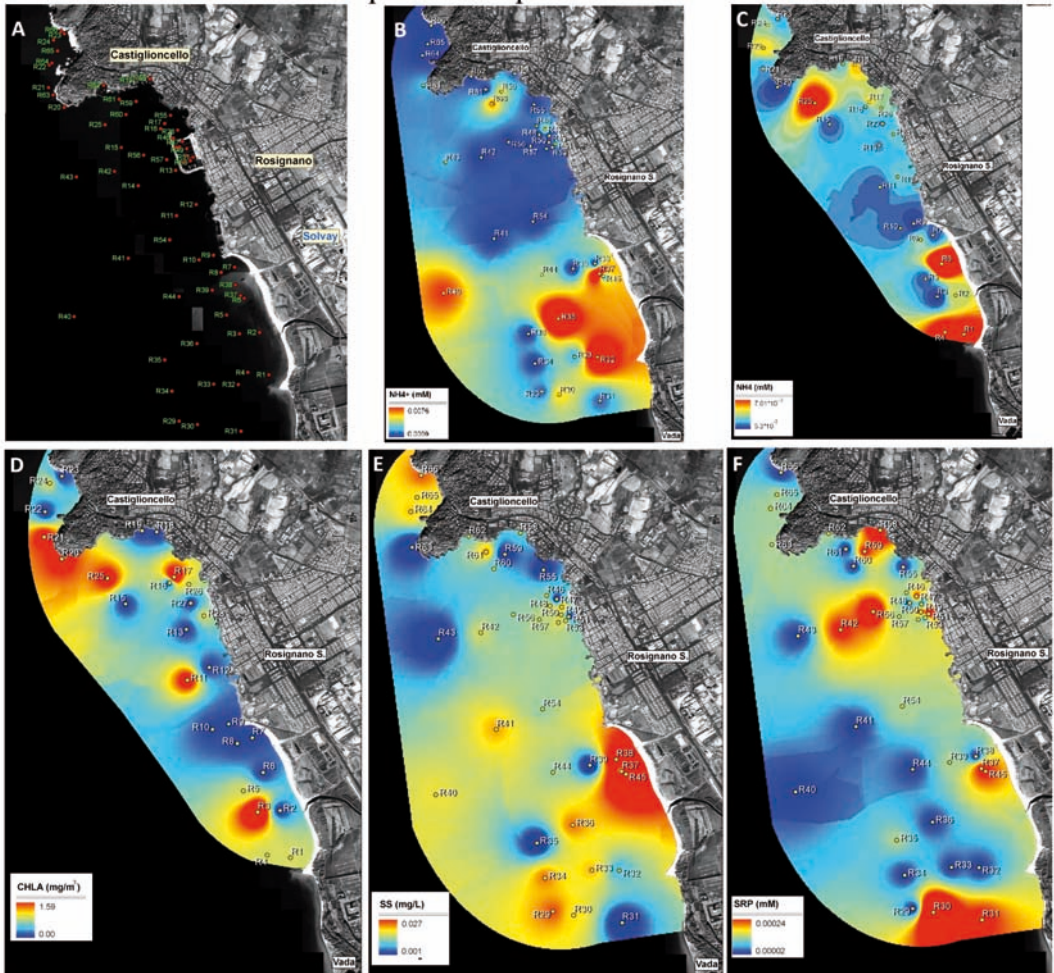


Figura 4: Livelli dei principali macronutrienti durante la stagione estiva ed invernale.

Legenda: A, localizzazione geografica delle stazioni di campionamento invernali ed estive; B, livelli di ammonio nei campioni di acqua superficiale nella stagione estiva; C, livelli di ammonio nei campioni di acqua superficiale nella stagione invernale; D, livelli di clorofilla-a associati allo ione ammonio nella stagione invernale; E, solidi sospesi totali stagione estiva; F, fosforo reattivo solubile stagione estiva. La stazione di campionamento denominata R40 è posizionata in corrispondenza del diffusore della condotta uscente dall'impianto di depurazione dei reflui urbani.

include specie come *Klebsiella*, *Enterobacter* e *Citrobacter*, non sia strettamente legato al tratto intestinale di animali a sangue caldo in quanto ampiamente distribuito nel suolo e nelle acque superficiali, questi sono ancora ampiamente uti-

lizzati in letteratura per evidenziare fenomeni di inquinamento ambientale dovuti ad attività antropica. Al contrario, i coliformi fecali, il cui esponente più rappresentativo è *E. coli*, sono microrganismi specificatamente ospiti del tratto

intestinale di animali a sangue caldo. Per questo motivo sono considerati i più significativi indicatori di contaminazione fecale e pertanto utilizzati per la valutazione di qualità microbiologica delle acque. Poiché non sopravvivono a lungo in acque salate la loro densità diminuisce rapidamente una volta dispersi in mare e sono pertanto indicatori di contaminazione fecale recente. Il gruppo degli Streptococchi fecali,

infine, racchiude differenti specie e varietà (tra le altre, *S. faecalis*, *S. faecium*, *S. bovis*, *S. equinus*). In acque salate e salmastre hanno capacità di sopravvivenza maggiore rispetto ai coliformi e sono sicuro indice di inquinamento fecale. L'andamento temporale su lungo periodo (1997-2008) dei livelli di ione ammonio nelle acque superficiali dell'area di indagine è stato ottenuto dall'analisi dei dati forniti da ARPAT (fig. 6).

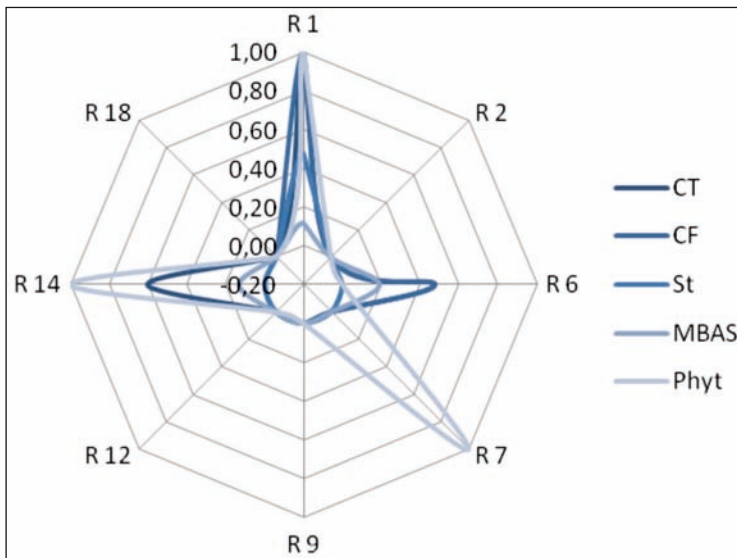


Figura 5: Associazione tra i livelli dei descrittori di contaminazione antropica.

Legenda: CT, coliformi totali; CF, coliformi fecali (*E. coli*); St, Streptococchi fecali; MBAS, tensioattivi anionici reattivi al blu di metilene; Phyt, presenza di proliferazioni fitoplanctoniche.

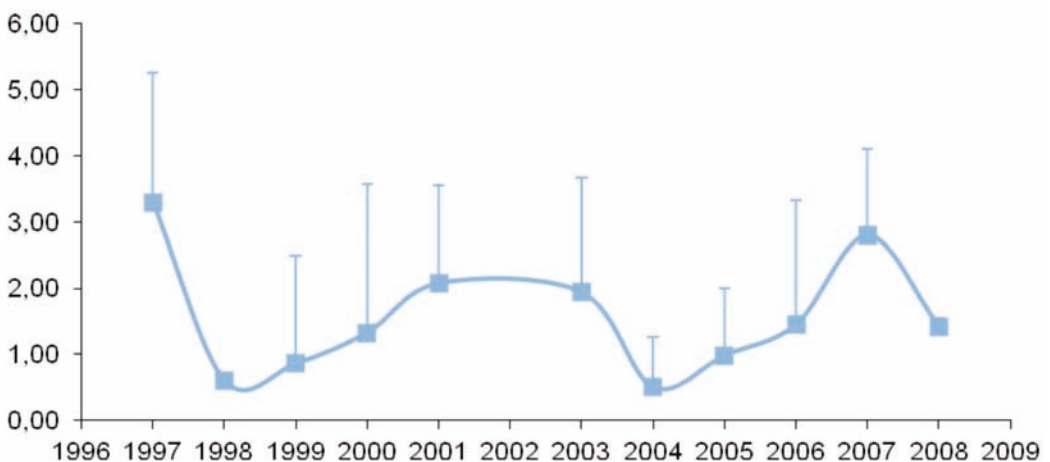


Figura 6: Andamento medio (+DS) dei livelli (μM) di ione ammonio nelle acque superficiali (dati ARPAT).

Confrontando i dati delle presenze turistiche con i livelli medi di ione ammonio (μM) si osserva una corrispondenza significativa (T-test, $p < 0.01$) tra le due popolazioni di dati. In particolare, i massimi livelli di ione ammonio in acqua sono associati ai massimi delle presenze turistiche con incremento fino all'anno 2003 e flessione nel periodo 2004-2005.

4. Discussione

Il fenomeno della formazione di schiume è un evento la cui ricorrenza è riscontrabile in tutta la zona costiera della Toscana ed in generale è attribuibile all'eutrofizzazione delle acque. L'area di studio ha presentato, tuttavia, frequenze ed entità sostanzialmente superiori a quelle normalmente riscontrate.

Il sistema di studio presenta fonti di impatto antropiche diffuse sia di piccola entità (stabilimenti balneari, insediamenti umani, scarichi a dispersione, attività portuale ed attracchi portuali diportistici di piccole dimensioni ecc.), sia di entità considerevole (stabilimento industriale zona *Solvay*, sistema di depurazione dei reflui civili di Rosignano e Cecina). Sono presenti due apporti fluviali significativi, quello del fiume Cecina e quello del fiume Fine. Sia dagli studi pregressi che dalle immagini satellitari è evidente come la zona *Solvay* presenti una alterazione del contenuto in carbonati del sedimento. Sebbene gli studi precedentemente condotti abbiano dimostrato che non si riscontrano significativi segnali di sofferenza delle biocenosi locali, ad eccezione di un riassetto delle popolazioni bentoniche, è da sottolineare come il carbonato possa avere un ruolo importante nella stabilizzazione di eventuali fenomeni di formazioni schiumose.

Le analisi microbiologiche condotte sui campioni di acqua e di schiume evidenziano la presenza di una cospicua popolazione di batteri marini e la presenza di attinomiceti e dei batteri idrocarburo-degradanti a livelli variabili ed in relazione alla tipologia di campione. Il rilevamento di batteri idrocarburo-degradanti è da interpretare come una possibile conseguenza della presenza di idrocarburi dispersi a partire dalle aree portuali, che possono aver permesso il loro sviluppo. Questi batteri sono stati isolati,

seppure a livelli modesti, anche nei campioni prelevati dalle aree marine protette, evidenziando il verificarsi del fenomeno in tutto il bacino preso in considerazione. In linea generale è emersa una scarsa presenza di indici di contaminazione fecale.

I ceppi batterici idrocarburo-degradanti e gli actinomiceti, potrebbero avere un ruolo nella formazione delle schiume sia per la capacità di metabolizzare gli eventuali idrocarburi presenti come contaminanti in aree in prossimità di siti portuali o zone ad elevato diportismo, sia per la struttura filamentosa che caratterizza alcuni ceppi batterici, rispettivamente. Entrambi questi aspetti possono avere un ruolo nella formazione delle schiume e possono essere legati ad eventi fisici, come l'aumento delle temperature ed il movimento ondoso e l'eventuale presenza di fonti di carbonio come idrocarburi che, complessivamente, provocano un innesco della crescita batterica. La crescita batterica sugli idrocarburi, in particolare, può dar luogo ad emulsioni che possono agire da elemento aggregante per la formazione di schiume.

È da segnalare che, sebbene con livelli modesti, gli indicatori di contaminazione fecale hanno evidenziato positività di tipo *hot spot* per le stazioni in corrispondenza della condotta di scarico del depuratore in area Rosignano *Solvay* (R1, R6, aprile 2009, stazione 7 del 5 agosto 2008) e per le formazioni schiumose prelevate in località villa Buitoni e Scogli Pungenti del 31 luglio 2008.

Solitamente, salvo alcune eccezioni, le schiume campionate non presentano indicatori di contaminazione antropica (i.e. tensioattivi MBAS). In alcuni casi, invece, sono state isolate schiume provenienti dalla zona Vada Spiagge Bianche (10 Luglio 2007) caratterizzate da livelli contenuti di tensioattivi MBAS (tra 0,25-0,83 mg/L) ed idrocarburi $C > 12$ (0,13-0,32 $\mu\text{g/L}$). Ovviamente, data la localizzazione geografica del prelievo, la presenza di carbonati nelle schiume e nelle acque è risultata, in questo caso, significativamente elevata. Anche le schiume prelevate in data 31 luglio 2008 nel corridoio di lancio delle imbarcazioni in località Trescogli presentano livelli elevati di idrocarburi, indicando una loro chiara origine antropica.

Una dominante nella formazione delle schiume è sicuramente rappresentata da fenomeni di eutrofizzazione delle acque che determinano un arricchimento dei nutrienti. L'accresciuta disponibilità locale di nutrienti, in particolare a base di azoto, conduce ad un aumento della biomassa vegetale fitoplanctonica naturale. Di particolare rilievo è l'incremento dei carichi trofici, come evidenziato dall'andamento dei livelli medi di ione ammonio nelle acque superficiali, dovuti all'aumento delle presenze turistiche che si registra da maggio a settembre in tutta l'area di studio. È di particolare interesse notare che i livelli medi annui di ione ammonio nei campioni di acque superficiali seguono il *trend* evidenziato dalle presenze turistiche ufficiali. L'aumento delle presenze nella stagione di massima produttività primaria determina un sovraccarico del sistema di depurazione e dell'apporto di nutrienti liberati in mare mediante la condotta sottomarina.

Sebbene l'impiego dello ione ammonio come *marker* chimico della presenza di scarichi fognari consenta di ottenere un'immagine chiara della presenza di fonti di immissione, gli altri indicatori utilizzati in questo studio (Clorofilla, solidi sospesi, fosforo reattivo solubile), non consentono di evidenziare una corrispondenza con le acque in uscita dal depuratore ma presentano, al contrario, una distribuzione spaziale discontinua.

Sono da segnalare, inoltre, alcuni periodici malfunzionamenti della condotta che determinano sversamenti di liquami nella zona prossima alla costa sopra alla barriera naturale del termoclino. È da notare come la zona *Solvay* rappresenti un'anomalia per molte variabili indagate. In questo contesto, fenomeni globali quale l'aumento della temperatura delle acque, possono accelerare il fenomeno.

Il meccanismo fisico che determina la formazione delle schiume in seguito a fenomeni eutrofici può essere riassunto come segue. In associazione a venti di modesta intensità nelle acque vicino alla superficie si forma una particolare circolazione detta di *Langmuir* che forma linee parallele alternate di convergenza e divergenza (*Langmuir*, 1938). La circolazione di *Langmuir* è una corrente che spiralizza intorno ad un asse parallelo alla direzione del vento. Quando si instaura questa circolazio-

ne, nelle zone di divergenza il plancton naturale risale in superficie per concentrarsi nelle zone di convergenza dove si possono formare aggregati schiumosi anche molto estesi dovuti all'attività metabolica naturale del fitoplancton. Questi organismi producono acidi grassi a catena corta (saponine) che possono dare luogo a formazioni schiumose stabili. Le schiume, una volta prodotte, costituiscono fattore privilegiato di accumulo di microrganismi naturalmente presenti in mare e di contaminanti localmente ed occasionalmente dispersi determinando la variabilità locale osservata e la presenza di batteri filamentosi ed idrocarburo degradanti. Il fenomeno è incrementato nel periodo estivo quando il fotoperiodo e le temperature superficiali sono maggiori e maggiori sono anche i carichi locali di nutrienti. Anche la geomorfologia della linea di costa può avere effetto notevole sul fenomeno.

Sebbene i dati acquisiti suggeriscano anche la presenza di fattori globali, difficilmente controllabili, alcuni interventi possono contribuire a ridurre i carichi trofici a livello locale. I fattori locali che possono contribuire ad accentuare l'occorrenza delle manifestazioni sono costituiti da: anomalia termica, presenza di sostanze chimiche stabilizzanti (carbonati), incremento locale di nutrienti biodisponibili, batimetrie favorevoli i fenomeni di *up-welling* dal fondo.

Il controllo di alcuni tra questi fattori tra i quali l'allontanamento del diffusore della condotta di scarico del depuratore, potrebbe contribuire significativamente a ridurre l'occorrenza del fenomeno sia per entità che per frequenza riportando le manifestazioni ai valori prossimi la media della fascia costiera Toscana.

5. Ringraziamenti

Il presente studio coordinato dal Dipartimento di Scienze Ambientali dell'Università degli studi di Siena in collaborazione con il Polo Universitario Grossetano (DiScAm-UNISI), è stato realizzato grazie alla collaborazione attiva di altri soggetti locali operanti, a vario titolo, nell'area di studio. In particolare, hanno preso parte alla piattaforma di condivisione esperti operanti in nome e per conto di: Agenzia Servizi Ambien-

tali SpA di Livorno – Gestione impianti di depurazione (ASA), Agenzia Regionale Protezione Ambiente Toscana (ARPAT) - Dipartimento provinciale di Livorno ed ARPAT Area Mare (ovvero Area per la Tutela dell'ambiente Marino, Lagunare, Lacustre, Costiero e dell'ittiofauna), Centro di Assistenza Soccorso in Mare (CASM) di Rosignano, Consorzio Nazionale Interuniversitario delle Scienze Applicate al Mare (CoNISMa).

Le ricerche sono state interamente finanziate dal Comune di Rosignano Marittimo.

Note

¹ Il Decreto Ministeriale n. 152/99 è stato attualmente integrato e completamente sostituito dal D.L.vo n. 152/06, noto anche come testo unico sull'ambiente. Si è deciso, tuttavia di lasciare a riferimento il precedente decreto perché i dati forniti da ARPAT sono stati acquisiti con le modalità e secondo i parametri in esso previsti.

6. Bibliografia

Agenzia Regionale per la Protezione Ambientale della Toscana (ARPAT), 2007 Programma di monitoraggio dell'ambiente marino costiero della Toscana Attività luglio 2006-gennaio 2007, Relazione finale, pp. 85

ASA, 2005. IV. Performance Ambientale: Solvay e l'ambiente - Anno 2005", Bilancio di Sostenibilità Solvay 2005, pp. 58-77.

Università degli Studi di Firenze, 2000 – Studio relativo al fenomeno dell'inquinamento ambientale delle acque di mare prospicienti il fosso Bianco. Relazione finale ad opera del Consorzio per il centro interuniversitario di biologia marina ed ecologia applicata "G. Bacci", prof. Luciano Lepri, 9/10/2000, pp. 13.

Colonizzazione biologica di un relitto marino: i 67 anni del Genepesca (Vada)

Ferruccio Chiesa¹

Parole chiave: Relitti navali, Colonizzazione biologica, Oasi biologiche, Biotopo anchialino, Nurseryes

A seconda della profondità e delle caratteristiche fisico-chimiche delle acque marine in cui sono affondati, i relitti navali subiscono nel tempo una progressiva colonizzazione da parte di numerose specie di invertebrati ed alghe, fino talora a risultarne completamente ricoperti.

A largo delle Secche di Vada, su un fondo di 32 metri, giace da 67 anni il grande relitto della motonave da pesca atlantica "Genepesca I".

Sul suo scafo è possibile osservare e classificare una cospicua quantità di specie colonizzanti di notevole interesse ecologico e biologico. Con l'aiuto di una dettagliata documentazione fotografica e di un'ampia documentazione bibliografica l'Autore descrive tale ricca popolazione, che rappresenta ormai una vera e propria oasi di ripopolamento e nutrizione per animali bentonici e per numerose specie di pesci.

La superficie di qualsiasi oggetto immerso in acqua marina viene nel tempo colonizzata da numerose specie vegetali ed animali, con tempi, modalità ed intensità dipendenti da molteplici fattori, quali la profondità, la temperatura, la trasparenza e la esposizione alla luce solare, i flussi acquatici (correnti e moto ondoso), le eventuali presenze di agenti inquinanti e di attività umane (azioni di recupero, pesca, immersioni subacquee).

I relitti di navi o aerei che si trovano assai numerosi a largo delle coste mediterranee specialmente dopo l'ultimo conflitto mondiale [1] non sfuggono alla progressiva invasione di specie viventi.

Le prime colonizzazioni [2] sono di natura vegetale: alghe fotofile (nella *zona eufotica*) ed alghe sciafile (a maggiore profondità) vanno a costituire nel tempo una presenza talora così estesa e rigogliosa da divenire vere e proprie "oasi biologiche" di particolare interesse ecologico quali centri di ripopolamento ittico (*nurseryes*).

Seguono nel tempo insediamenti animali di spugne, di celenterati (gorgonie, anemoni, madrepori, forme polipoidi di meduse, idrozoi), di

briozoi, di molluschi bivalvi, di vermi sedentari, di tunicati.

Un ambiente particolare, detto "biotopo anchialino" per similitudine con quello proprio delle grotte sottomarine, è rappresentato dalle parti coperte o interne dei relitti, dove la luce penetra con difficoltà e lo sviluppo di specie fotofile è limitato.

In contemporanea alla colonizzazione biologica superficiale i materiali costitutivi dei relitti vengono logorati nella loro consistenza strutturale e in buona parte progressivamente distrutti: il *legno* viene perforato e digerito da molluschi e vermi perforatori; il *ferro*, oltre a subire corrosione interna di tipo galvanico (per contatto con piombo, bronzo, ottone ed altri metalli e leghe), viene attaccato, specialmente a grandi profondità, da microrganismi e batteri che vanno a formare cospicui agglomerati detti "*rusticles*", la cui complessa composizione biologica è tuttora in studio. Nonostante alte o altissime profondità e in assenza totale della luce anche grandi scafi come quello del Titanic [3] (fondo di 3787 metri) e quello della corazzata Bismark (fondo di 4791 metri) subiscono una progressiva, lenta ed ine-

sorabile distruzione di natura anche biologica. Il futuro di ciascun relitto marino evolve dunque verso una lenta ma inesorabile distruzione. Nel 1945, durante la navigazione da Tunisi a Livorno, la grande motonave da pesca atlantica "Genepesca I" (lunghezza 78,71 metri per 1600 tonnellate di stazza) a causa dell'urto con una mina sommersa affondò in prossimità del faro di Vada, su un fondale di sabbia e pietrisco, a 32 metri di profondità. Successivi tentativi di recupero portarono alla frattura dello scafo in due tronconi: la prua, posizionata sul fondo in posizione quasi verticale e la parte medio-poppiera adagiata a circa 40 metri di distanza.

Nel corso degli anni il relitto è stato oggetto di numerosi anche se parziali lavori di recupero da parte di subacquei dotati di autorespiratori, ed è frequentissima sede di immersioni a scopo ricreativo: per tali motivi le volte delle sue parti interne raccolgono e conservano spesso bolle di aria, con relativa facilitazione di erosione ossidativa. Le parti più alte del Genepesca si raggiungono già a 19 metri di profondità, pertanto tra il fondo e questa quota intercorrono 13 metri. Le caratteristiche fisiche dell'ambiente in cui il relitto è immerso sono riportate dalla Tabella 1. La presente ricerca è stata eseguita nel corso di mesi estivi.

Coordinate del relitto:	43-17-260 N ; 010-20-995 E
Trasparenza dell'acqua:	generalmente buona; talora ridotta da presenza di polveri inerti
Correnti stagionali:	prevalenti da scirocco o maestrale, con intensità media, non infrequenti correnti di tramontana.
Moto ondoso:	zona frequentemente battuta da forti venti di tramontana, scirocco e libeccio
Temperatura minima:	12-14°C (inverno)
Temperatura massima:	20-27°C (estate)
Salinità:	38,6-38,7 ‰
Tipologia del fondo:	sabbia e pietrisco

Tabella 1: Caratteristiche fisiche dell'ambiente in cui è immerso il relitto del Genepesca I.

Dopo 67 anni di permanenza sul fondo il Genepesca presenta oltre ai danni conseguenti alla esplosione del '45, segni evidenti di deterioramento strutturale (parziale collasso delle strutture del ponte e sala macchine) ed appare quasi completamente coperto da ampia e diversificata colonizzazione biologica di natura vegetale ed animale. Il presente studio ha lo scopo di evidenziare e classificare il biotopo (limitatamente alle sole specie che vivono adese e fisse al relitto) che si è venuto a costituire in oltre mezzo secolo sul Genepesca. Con l'ausilio di una dettagliata documentazione fotografica vengono di seguito riportate per phyla le specie presenti e la loro distribuzione sul relitto [4, 5, 6, 7,8, 9].

Alghe:

Liagora viscida, presente sulle parti più alte del relitto (fiancate laterali, ponte, prua), spesso in

fase di degenerazione "cotonosa".

Lithophyllum lichenoides, abbondante nelle parti alte esterne, poco rappresentata all'interno del relitto.

Peyssonella squamaria, presente su pareti poco luminose (Figura 1).

Padina pavonica, scarsamente rappresentata, solo nelle parti più alte.

Udotea petiolata, scarsamente rappresentata in alto.

gli autori

¹ Medico cardiologo ed iperbarico, docente presso il master, 'Medicina Iperbarica e Subacquea', Scuola Superiore Sant'Anna - CNR - Pisa, cardisub@libero.it



Figura 1: L'alga *Peyssonella squamaria* predilige ambienti poco luminosi.

Dictyota dichotoma, alcuni esemplari in alto.
Jania rubens, presente con alcuni esemplari in alto.
Corallina elongata, rari esemplari.
Sargassum sp., alcuni esemplari lungo i bordi del relitto.

Spugne:

Phorbas tenacior, abbondantemente rappresentata su tutte le parti esterne, ma anche in zone poco luminose (Figura 2).
Spongia officinalis, alcuni esemplari in varie sedi.
Axinella cannabina, alcuni esemplari in zone poco luminose.
Ircinia variabilis, scarsa presenza.
Spirastrella cunctatrix, scarsa presenza.
Clathrina clathrus, scarsa presenza.



Figura 2: La spugna incrostante *Phorbas tenacior* tappezza molte parti dello scafo sommerso.

Crambe crambe o Spugna dello Spondilo (vedi a Molluschi).

Cnidari (o Celenterati):

Leptosammia pruvoti, uniformemente diffusa su tutto il relitto, anche in zone interne con scarsa illuminazione (Figura 3).



Figura 3: Uno degli ospiti più presenti sul relitto: lo cnidario *Leptosammia pruvoti*.



Figura 4: Un esemplare di *Eunicella cavolinii*, poco rappresentata sul relitto.

Cladocora caespitosa, alcune colonie in zone luminose.

Eunicella cavolinii, alcuni esemplari nelle fiancate laterali (Figura 4).

Cerianthus membranaceus, alcuni esemplari sul ponte.

Eudendrium sp., presente nelle parti più alte e luminose.

Caryophyllia smithii, alcuni esemplari in sedi poco luminose.

Tunicati:

Clavelina lepadiformis, molto rappresentata lungo i margini alti del ponte (Figura 5).

Halocintya papillosa, alcuni esemplari sulle fiancate.



Figura 5: Il tunicato *Clavelina lepadiformis* è abbondantemente presente sulle parti più luminose del relitto.

Briozoi:

Pentapora fascialis, presenti alcune colonie lungo il bordo esterno, in alto (Figura 6).



Figura 6: Un esemplare di *Pentapora fascialis*, comunemente detta Corna di alce.

Vermi sedentari:

Sabella spallanzanii, alcuni esemplari sul ponte (Figura 7).

Protula tubularia, alcuni esemplari in sedi varie.
Bispira volutacornis, frequente lungo le pareti laterali.



Figura 7: Lo splendido verme sedentario *Sabella spallanzanii* fa bella mostra di sé sull'albero del Genepesca.

Serpuloidei, assai diffusi anche nelle zone poco luminose.

Molluschi

Spondylus gaederopus, presente con frequenza sulle fiancate del relitto. È normalmente ricoperto e nascosto dalla spugna rossa incrostante Crambe crambe (Figura 8).



Figura 8: Il mollusco lamellibranco *Spondylus gaederopus* è completamente ricoperto dalla spugna rossa *Crambe crambe*.

alla luce. Molto rappresentate, anche in zone poco luminose, le specie di vermi sedentari, tra cui primeggiano abbondanti Serpuloidei.

Numerosi esemplari di Spondylus gaederopus rivestiti dalla rossa spugna Crambe crambe punteggiano ad ogni livello le pareti laterali del relitto.

Il ricco biotopo che si è sviluppato sul relitto, interrompendo un tratto di fondale prevalentemente sabbioso e povero di vita, rappresenta ormai una vera e propria oasi di ripopolamento per molte specie bentoniche (molluschi, crostacei ed echinodermi in particolare) e per un buon numero di pesci (saraghi, castagnole, triglie, ombrine, cernie, dentici, ricciole, gronghi, murene) che tra le lamiere della vecchia nave trovano buon rifugio ed ottimo nutrimento. Un limite importante alla colonizzazione biologica del relitto è senz'altro rappresentato dalla abbondante ricaduta di sottili polveri inerti (carbonato di Calcio) di provenienza industriale, che in certi periodi dell'anno, in relazione a correnti e moti ondosi, condizionano una sorta di "asfissia" particolarmente sofferta dalle componenti vegetali.

Conclusioni

A distanza di oltre mezzo secolo dal naufragio il relitto del Genepesca I appare oggi strutturalmente deteriorato sia per una intensa e protratta azione ossidativa ed elettrolitica, sia per la violenza fisica dei moti ondosi e delle correnti. Le parti interne del relitto, dove più carente è l'intensità luminosa, appaiono molto parzialmente colonizzate da una disseminata presenza di Leptosammia pruvoti. Anche sulle superfici esterne, in particolare sulle fiancate, la Leptosammia appare la specie maggiormente rappresentata. Diffusa ed importante la presenza di spugne prevalentemente incrostanti, tra le quali primeggia la Phorbis teniacior.

Agglomerati di alghe verdi fotofile, prevalentemente rappresentate da Liagora viscida, sono limitati alla parte alta del relitto ed alla sue sovrastrutture, mentre sulle pareti laterali si osserva anche una nutrita presenza di Litophyllum lichenoides. Sulle parti più alte, in particolare lungo i bordi laterali, numerose sono le colonie di Clavelina lepadiformis, mentre sporadici esemplari di Cladocora caespitosa aderiscono alle zone più esposte

Bibliografia essenziale

- [1] Cullimore R., Johnston L., Microbiology and Rusticles science, Website navigation, 2006.
- [2] Mojetta A., Ghisotti A., Flora e Fauna del Mediterraneo, Mondadori Ed.m Milano 1999.
- [3] National Geographyc Italia: il Titanic affonda di nuovo, Agosto 2010.
- [4] Neto G., Guerrieri S., Mare nostrum, Pacini Ed., 2007.
- [5] Riedl R., Biologie der Meershoelen, Parey Ed., 1966.
- [6] Riedl R., Fauna e flora del Mediterraneo, Muzzio Ed., 1991.
- [7] Ruppert E.E., Barnes R.D., Zoologia degli Invertebrati, Piccin Ed., 1997.
- [8] Thorson G., Biologia del mare, Zanichelli Ed., 1971.
- [9] Zanna B., Barbieri F., Meraviglie del Mediterraneo, Gribaudo Ed., 2001.

***Orchis anthropophora*: quali misteriose attrazioni attua per la sua impollinazione?**

*Luciano Filippi, **Gianluca Bedini, ** Antonio Felicioli, ***Guido Flamini,
***Pierluigi Cioni, **Mauro Pinzauti

Parole chiave: *Orchis anthropophora*, impollinazione, composti volatili, inganno, SPME/GC-MS.

Nonostante che in natura l'orchidea della specie O. anthropophora mostri numerose forme ibride palesando la possibilità che sia una pianta ad impollinazione entomofila gli impollinatori di O. anthropophora sono ancora oggi sconosciuti e tra gli insetti visitatori di questa pianta in letteratura si fa riferimento solo ad alcuni Coleotteri Elateridi fitofagi della specie Cidnopus minutus Linnaeus, 1758. Questi Coleotteri sono stati osservati mentre visitano una pianta di O. anthropophora e uno di loro fotografato con pollinidi attaccati alla testa [3]. Ancor meno conosciuti sono i meccanismi di attrazione esercitati dalla pianta verso i potenziali impollinatori tra i quali si ipotizza il ruolo determinante di alcuni Apoidei solitari impollinatori delle altre specie di orchidee spontanee. In questo lavoro è stata indagata la presenza di sostanze volatili emesse dalla pianta durante la sua fase di antesi. Molti dei composti volatili emessi da specie in antesi e campionati mediante la tecnica SPME ed identificati per GC-MS sono risultati essere sostanze volatili tipiche di molti olii essenziali secreti da piante di altre famiglie e che spesso sono bottinati attivamente da molti Apoidei solitari delle famiglie Apidae, Anthophoridae, Halictidae e Andrenidae. Questa pianta però non mostra strutture ghiandolari per la secrezione di olii essenziali, generando così forti perplessità sulla funzione dei volatili emessi. I risultati ottenuti in questa indagine inducono gli Autori a rinforzare l'idea che questa orchidea possa essere visitata da alcuni Imenotteri Apoidei solitari, e che le visite possano essere il frutto di un "inganno" esercitato dai fiori di questa orchidea e che così consentirebbe l'impollinazione di alcuni di essi. In sostanza il fiore "promette" la possibilità di raccogliere olii, per poi non mantenere la promessa. Questa orchidea potrebbe essere quindi una orchidea "inganno" come quelle del genere Ophrys.

Introduzione

Le *Orchidee* o *Orchidacee* sono piante altamente specializzate comparse recentemente sul nostro pianeta [6]. L'impollinazione è generalmente entomofila e gli insetti durante la loro visita al fiore traggono quando nettare, quando polline, quando riparo, quando calore, quando sesso, quando solo la promessa di tutto ciò [4]. Alcune di loro in condizioni ambientali difficili adottano, per la sopravvivenza della specie risorse individuali autonome come la propagazione agamica, la cleistogamia, la apomissia, alcune specie infine mettono in atto

sistematicamente l'autogamia, modalità per la verità che sembra più un sistema di conservazione in attesa di tempi migliori [2].

La *Orchis anthropophora* (L.) All. 1785. Basionimo: *Ophrys anthropophora* L. 1753. Sinonimo: *Aceras anthropophorum* (L.) R.Br. in W.T. Aiton. [6] è una pianta delle *Orchidacee* che ha da sempre tenuta aperta la discussione tra i tassonomi per il suo collocamento nella Famiglia *Orchidaceae*, ultimamente è stata destinata tra le specie *Orchis* per la sua parentela, dimostrata da recenti analisi molecolari, con il gruppo di *Orchis militaris* e specie affini [6]. È una pianta con altezza variabile fino a 60 cm.,



1- *O. anthropophora*



2- particolare dei fiori



3- un solo ovario impollinato

infiorescenza spiralata molto allungata fino a 80 e più fiori giallo-verdastri o giallo-brunastri con tepali conniventi, labello diviso in tre lacinie, le laterali allungate, la mediana più lunga è divisa a sua volta in due lobi allungati, talora separati da un minuscolo dente [2]. Distribuzione mediterraneo atlantica, in Italia si trova da 0 a 1600 metri s.l.m., è abbastanza frequente nelle regioni litoranee, più rara al nord. Questa pianta mostra ibridi con altre specie di orchidee che testimoniano l'esistenza di impollinazione incrociata a carico di insetti [6]. Sui fiori di questa orchidea non sono mai stati osservati Imenotteri Apoidei impollinatori ma solo alcune visite documentate con fotografia di Coleotteri della specie *Cidnopus minutus* [3]. Inoltre al contrario delle altre orchidee del genere *Orchis* è l'unica dove si rileva la mancanza di sperone o sprone, protuberanza cava, di forma cilindrica, conica o globosa, posta alla base del labello e contenente normalmente del nettare tra la membrana interna e esterna [2], gli insetti impollinatori lacerano con la ligula la carne papillosa della membrana interna per accedere al nettare [1]. L'assenza dello sperone e la mancanza di strutture ghiandolari contenenti olii essenziali, associate all'assenza di visite da parte di Apoidei creano un alone di mistero e di incertezza sulla identità degli impollinatori che la visitano e sul perché di tali visite. Lo sco-

po di questo lavoro è stato quello di indagare la presenza di sostanze volatili emesse dal fiore riconducibili a meccanismi di attrazione tra questa pianta e gli Imenotteri della superfamiglia degli Apoidei.

Materiali e metodi

Questa indagine è stata condotta per due stagioni di fioritura successive presso il territorio dell'Etruria marittima nel mese di aprile, dove insistono popolazione naturali di *Orchis anthropophora*. Le piantine di Orchidee sono state pre-

gli autori

* Gruppo Italiano Ricerca
Orchidee Spontanee, via Napoli 30,
57023 Cecina (LI)

** Dip. Scienze Fisiologiche -
Università di Pisa

*** Dip. Scienze Farmaceutiche,
sede di Chimica Biorganica
e Biofarmacia Università di Pisa

Autore per corrispondenza: Luciano Filippi



4- due ovari impillinati



5- ibrido con *O. simia*



6- *O. simia*

levate dall'ambiente, invasate e trasportate nel laboratorio di Chimica Biorganica e Biofarmacia dell'Università di Pisa per le analisi. Dopo le analisi, esse, sono state rimesse nell'ambiente in cui erano state prelevate e l'anno successivo hanno rifiorito regolarmente. Le analisi SPME (Solid-Phase Micro Extraction) sono state eseguite per mezzo di fibre prodotte da Supelco e rivestite con polidimetilsilossano (PDMS, 100 mm) che sono state usate per campionare lo spazio di testa di 1-2 fiori viventi inseriti in una fiala da 4 ml, chiusa da un setto in Teflon perforabile, e lasciata equilibrare per 20 min. Trascorso tale tempo la fibra è stata esposta allo spazio di testa per 30 min. a temperatura ambiente. Terminato il campionamento la fibra è stata retratta all'interno dell'ago e trasferita all'iniettore del sistema GC-MS.

Le analisi GC-MS sono state eseguite con un gas-cromatografo Varian CP-3800 equipaggiato con una colonna capillare DB-5 (30 m x 0.25 mm; spessore del film 0.25 mm) ed un rivelatore di massa a trappola ionica Varian Saturn 2000. Condizioni analitiche: temperature dell'iniettore e della transfer line 250 e 240°C rispettivamente; temperatura del forno programmata da 60°C a 240°C alla velocità 3°C/min.; gas di trasporto elio ad un flusso di 1 ml/min.; tecnica di iniezione splitless.

L'identificazione dei costituenti si è basata sul

confronto dei tempi di ritenzione con quelli di standard autentici (quando disponibili), confrontando i loro indici di ritenzione lineare relativi alla serie di n-idrocarburi e sul matching con biblioteche di spettri di massa commerciali (NIST 98 ed ADAMS) e autocostruite a partire da sostanze pure, da costituenti di oli noti e da dati di letteratura [7-8-9-10-11-12].

Risultati

In tabella 1 sono riportati risultati riferiti alle sostanze volatili rinvenute, mediante GC-MS nei fiori di *Orchis anthropophora* nelle due stagioni di fioritura oggetto di indagine. In particolare le analisi della prima stagione di fioritura si riferiscono al periodo dell'antesi, cioè quando solo una decina di fiori sono già aperti, mentre quelle della seconda stagione si riferiscono al periodo cruciale dell'antesi quando oltre la metà dei fiori sono sbocciati.

Dalla semplice osservazione dei dati riportati in tabella 1, inizio antesi e piena fioritura, si possono osservare notevoli differenze sostanziali in percentuali delle sostanze volatili emesse dai fiori tra i due periodi di campionamento, in particolare del *p-metyl anisolo*, *meta-cresol*, *limonene*, β -*caryophyllene*, *coumarin*.

Tabella 1: analisi dei volatili emessi dalle infiorescenze di *Orchis anthropophora*.

L.ri	Costituenti	% relativa		
		inizio antesi	piena antesi	
986	6-methyl-5-hepten-2-one	0,4	–	Chetone non terpenico
1019	p-methyl anisole	12,0	3,4	fenilpropanoide
1031	limonene	2,1	7,1	monoterpene ossigenato
1075	meta-cresol	44,6	10,3	Fenolo non terpenico
1099	linalool	0,5	3,7	monoterpene ossigenato
1102	nonanal	1,4	0,8	Aldeide non terpenico
1178	4-terpineol	–	0,7	monoterpene ossigenato
1205	decanal	1,5	2,5	Aldeide non terpenico
1300	n-tridecane	–	0,7	Idrocarburo non terpenico
1391	β -elemene		0,7	sesquiterpene idrocarburo
1400	tetradecane	0,3	0,6	Idrocarburo non terpenico
1407	dodecanal	–	1,4	Aldeide non terpenico
1418	β -caryophyllene	16,7	60,6	sesquiterpene idrocarburo
1434	coumarin	11,8	–	coumarina
1453	(E)-geranyl acetone	2,8	0,9	monoterpene ossigenato
1455	α -patchoulene	0,7	–	sesquiterpene idrocarburo
1496	valencene	0,3	–	sesquiterpene idrocarburo
1500	n-pentadecane	0,4	1,2	Idrocarburo non terpenico
1700	n-heptadecane	0,4	0,5	Idrocarburo non terpenico
	hexadecane	0,3	–	Idrocarburo non terpenico
	Benzyl nitrile	0,6	–	aromatico azotato
	Totale %	96,8	95,1	

Il *meta-cresol* (inizio antesi 44,6%, piena fioritura 10,3%) è un alcool aromatico usato nella fabbricazione dei disinfettanti e delle resine sintetiche, questa sostanza volatile emessa anche da altre piante di orchidee spontanee, in particolare dai fiori in boccio, scompare poi gradatamente dal fiore quando è sbocciato, vedi tabella 2. In quantità % variabile anche nella *O. anthropophora*, molto probabilmente viene usata dalle piante a difesa del fiore nel periodo in cui la pianta si prepara alla riproduzione.

Discussione

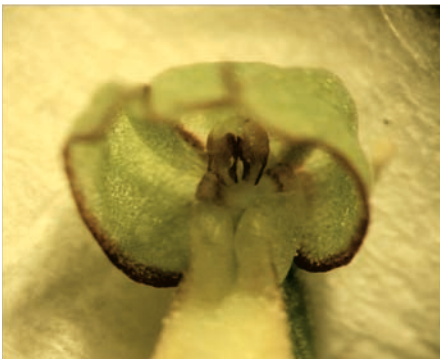
Il metodo “in vivo” non distruttivo sperimentato nei nostri laboratori dagli autori (G.F. e P.L.C.), ha permesso senza provocare traumi alla pianta una lettura molto vicina alla realtà delle emissioni volatili, che la pianta mette in atto per comunicare con l'ambiente, per le sue difese e il richiamo degli insetti impollinatori. Analizzando i dati troviamo delle differenze sostanziali nella presenza di certi componenti invece di altri, ma ciò che risalta maggiormente è la variabilità di

Tabella 2: percentuali di meta-cresol ottenute mediante la tecnica SPME da diverse specie di Orchidacee.

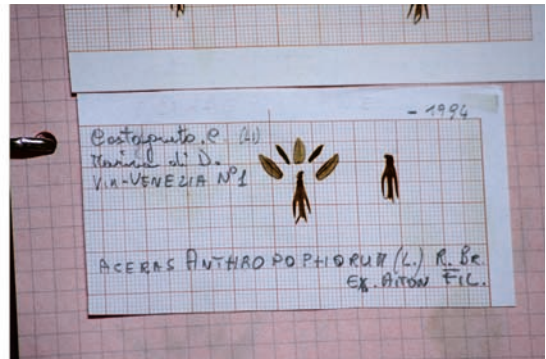
Specie	Meta-cresol %	Condizioni della pianta
<i>Ophrys sphegodes</i>	44,8	Pianta in vaso -bocci
<i>Ophrys sphegodes</i>	-	Pianta in vaso- fiori
<i>Ophrys exaltata</i>	47,9	Pianta in vaso - bocci
<i>Ophrys exaltata</i>	2,2	Pianta in vaso- fiori
<i>Ophrys crabronifera</i>	77,7	Pianta in vaso - bocci
<i>Ophrys crabronifera</i>	13,8	Pianta in vaso- fiori
<i>Ophrys apifera</i>	21,3	Pianta in vaso - bocci
<i>Ophrys apifera</i>	-	Pianta in vaso- fiori
<i>Ophrys holosericea</i>	77,4	Pianta in vaso - bocci
<i>Ophrys holosericea</i>	-	Pianta in vaso- fiori
<i>Ophrys fusca</i>	25,7	Pianta in vaso - bocci
<i>Ophrys fusca</i>	2,6	Pianta in vaso- fiori

alcuni di loro. La *coumarin* è un composto presente in molte specie vegetali usato da molte piante erbacee per sopprimere l'appetito degli animali da pascolo a scopo difensivo, identificata anche in *O. anthropophora*, durante la fase in cui la pianta potrebbe essere preda di animali erbivori.

Il β -caryophyllene, limonene, *p-metyl anisolo*, 4-terpineol sono componenti di olii essenziali, ricercati dalle femmine degli Imenotteri Apoidea che hanno necessità di proteggere il nido pedotrofico, in particolari momenti con microclimi favorevoli da aggressioni microbiche e fungicide [5]. La conformazione anatomica della *O. anthropophora* con i sepali e petali riuniti saldamente a caschetto protettivo dell'apparato riproduttivo, impediscono di fatto impollinazioni accidentali, la pianta non attua nessuna sorta di autogamia, infatti solo a pochi esemplari vengono impollinati rari ovari, se lo facesse tutti gli ovari o quasi risulterebbero impollinati, come nelle specie che la attuano. Anche dopo molte ore di osservazione in tempi conseguenti e alternati non abbiamo osservato nessun insetto visitare le piante in antesi. In letteratura non sono state riportate osservazioni con insetti impollinatori alla pianta, solo visite da Coleotteri fitofagi dei quali uno fotografato con pollinidi sulla testa. Eppure questa pianta ha ibridi con altre specie di orchidee spontanee del gruppo di *Orchis militaris* [6], sul territorio in cui abbiamo fatto questa indagine sono presenti ibridi con *Orchis simia* e *Orchis italica*. Gli ibridi testimoniano l'avvenuta impollinazione incrociata e la emissione di volatili tipici di molti olii essenziali bottinati da Apoidei è compatibile con l'idea che alcune api possano essere le maggiori responsabili di questa impollinazione. Le poche visite documentate dei Coleotteri fitofagi associate alla presenza fotografata dei pollinidi potrebbero contribuire ai meccanismi di impollinazione di questa pianta e, se da un lato spiegare così



7- particolare del ginostemio



8- essicata

la presenza di ibridi e l'esiguo numero di fiori fecondati per pianta, dall'altro difficilmente dà ragione dell'alto numero di ibridi rinvenibili in una stessa area.

Conclusioni

Dalle nostre osservazioni non sono state accertate visite di insetti impollinatori, e dalla letteratura sono solo state riferite visite sporadiche di alcuni Coleotteri fitofagi. L'infiorescenza è composta da numerosi fiori che alla fine dell'antesi risultano fecondati in uno, due o tre ovari, anche se molto spesso nessuno ovario appare gonfio di semi. I risultati inerenti lo studio delle emissioni volatili di questa misteriosa pianta ci inducono a formulare l'ipotesi che anche questa orchidea possa essere una orchidea che pratica l'inganno e che con il perseverare delle osservazioni in pieno campo e con estensione di queste in altre fasce temporali e climatiche si possa effettivamente verificare la presenza anche di altri impollinatori e che questi possano essere una o più specie della superfamiglia degli Apoidei. Questo mutuo soccorso risulterebbe molto conveniente alla pianta, che con il minimo dispendio energetico riuscirebbe ad ottenere l'impollinazione, avendo potenzialmente a disposizione molti insetti, questa può non verificarsi mancando le condizioni ambientali per la raccolta, scelta del tipo di olii, della pianta più conveniente come distanza dal nido e quantità della raccolta. In letteratura sono citati ibridi con orchidee che hanno l'antesi contemporanea, potrebbero proprio essere gli insetti che cercano oli essenziali ad effettuare l'impollinazione della *A. anthropophora* e la formazione dei suoi ibridi.

Bibliografia

- [1] Darwin C., 1883: Diversi apparecchi col mezzo dei quali le Orchidee vengono fecondate dagli insetti. Traduzione italiana col consenso dell'Autore di G. Canestrini e L. Moschen. Unione Tipografica Editoriale, Torino.
- [2] Del Prete C., Tosi G., 1988: Orchidee spontanee d'Italia. Mursia, Milano.
- [3] Hans R. Reinhard, Peter Gözl, Ruedi Peter, Hansruedi Wildermuth., 1991: Die Orchideen

der Schweiz und angrenzender Gebiete – Foto-rotar AG, Druk+ Verlag, CH-8132 Egg.

- [4] Felicioli A., Strumia F., Filippi L., Pinzauti M., 1998: Observation on the relation between orchids of the genus *Serapias* and pollinators in an area of central Tuscany. – *Frustula Entomologica*, n.s., XXI (XXXIV): 103-108

- [5] Filippi L., Marcucci S., Pinzauti M., Lenzi V., Bedini G., Felicioli A., 2006: Considerazioni su un possibile ruolo delle sostanze volatili liberate dal fiore nella biologia di alcune specie di Apoidei. – Atti del I Congresso di Scienze Naturali della Regione Toscana. Codice Armonico. Castello Pasquini Castiglioncello, 17-19 Febbraio : 133/135.

- [6] Giros – Gruppo Italiano Per La Ricerca Orchidee Spontanee, 2009 : Orchidee d'Italia, guida alle orchidee spontanee. – Il Castello srl, Via Milano 73/75 – 20010 Cormaredo (MI).

- [7] A. Stenhagen E, Abrahamsson S, McLafferty FW. In *Registry of Mass spectral data*, J. Wiley & Sons, New York, 1974.

- [8] B. Massada Y. In *Analysis of Essential Oils by Gas Chromatography and Mass Spectrometry*, J. Wiley & Sons, New York, 1976.

- [9] C. Jennings W, Shibamoto T. In *Qualitative Analysis of Flavor and Fragrance Volatiles by Glass Capillary Chromatography*, Academic Press, New York, 1980.

- [10] D. Davies NW. *J. Chromatogr.*, 1990, 503, 1-24.

- [11] E. Swigar AA, Silverstein RM. In *Monoterpenes*, Aldrich Chem. Comp., Milwaukee, 1981

- [12] F. Adams RP. In *Identification of essential oil components by gas chromatography?mass spectroscopy*, Allured Publ. Corp., Carol Stream, Illinois, 1995.

- [13] Pedroni G. e Platia G. - 2010; il popolamento a Coleotteri Elateridi dell'Albania, Bollettino del Museo Civico di Verona, Zoologia Botanica 34: 65-86

Riproduzione del corallo solitario *Caryophyllia inornata* (Scleractinia, Caryophylliidae)

Stefano Goffredo¹, Chiara Marchini¹, Marta Rocchi¹, Valentina Airi^{*1}, Erik Caroselli¹, Giuseppe Falini², Oren Levy³, Zvy Dubinsky³, Francesco Zaccanti¹

Parole chiave: Scleractinie, embriogenesi, riproduzione

*Le conoscenze sulla biologia riproduttiva dei coralli delle zone temperate sono ancora molto limitate, in modo particolare per le scleractinie del Mediterraneo. È necessario incrementare gli studi sulla riproduzione di questi organismi e quantificarne la resilienza al potenziale impatto dei cambiamenti climatici, che si prevede più importante nella fascia temperata rispetto a quella tropico-equatoriale. Scopo di questo studio è definire il ciclo riproduttivo di *Caryophyllia inornata* (Duncan, 1878), specie temperata, che ha una distribuzione geografica dal Mediterraneo alle coste Atlantiche nord-orientali. Questa ricerca rientra nel progetto FP7-IDEAS-ERC “CoralWarm” (<http://www.CoralWarm.eu/>) che si propone di studiare l’influenza dell’aumento della temperatura del mare sulla biologia delle scleractinie del Mediterraneo e del Mar Rosso.*

*Polipi di *C. inornata* sono stati raccolti all’isola d’Elba in 18 campionamenti mensili, mediante immersioni subacquee. I campioni sono stati analizzati utilizzando comuni tecniche istologiche. Sui preparati sono stati eseguiti i rilevamenti citometrici. Questa popolazione costituisce la prima delle sei che verranno analizzate lungo un gradiente latitudinale che si estende per oltre 1000 km, dalla Liguria al Canale di Sicilia. Le caratteristiche biologiche delle popolazioni saranno messe in relazione con le variazioni latitudinali di temperatura e irradianza.*

*Individui sessualmente attivi di *C. inornata* sono risultati o spermatogenetici o ovogenetici; la coesistenza di cellule germinali maschili e femminili nello stesso individuo non è mai stata riscontrata. Le dimensioni degli individui spermatogenetici non hanno presentato differenze significative da quelle degli individui ovogenetici. L’embriogenesi avveniva sia negli individui ovogenetici che spermatogenetici e anche in individui non gametogenetici. La gametogenesi maschile mostrava 5 stadi di maturazione. Gli ovociti maturi mantenevano un elevato rapporto nucleol/citoplasma.*

*Questa ricerca rappresenta la prima analisi dettagliata sulla biologia riproduttiva della specie *C. inornata*. Dall’analisi di questi dati preliminari risulta una condizione sessuale gonocorica accompagnata da un inusuale modello di produzione embrionale. La presenza di embrioni in individui spermatogenetici (maschi) o gameticamente inattivi fa ipotizzare che l’embriogenesi possa avvenire anche per via agamica.*

Introduzione

Le conoscenze della biologia riproduttiva delle scleractinie delle zone temperate sono ancora esigue [1]. In particolare, i pochi dati del mar Mediterraneo provengono da alcune osservazioni di [2], da recenti studi approfonditi su *Balanophyllia europaea* (Risso, 1826) [3], *Leptopsammia pruvoti* (Lacaze-Duthiers, 1897)

[4], *Astroides calycularis* (Pallas, 1766) [5] e da alcune osservazioni su *Cladocora caespitosa* (Linneo, 1767) [6].

Vari studi condotti negli anni ’80 hanno dimostrato che in diversi antozoi ovovivipari le planule possono essere prodotte da processi di riproduzione asessuata [7], contraddicendo l’assunzione che le planule degli antozoi siano esclusivamente di origine sessuale [8]. Quando le condizioni

locali sono favorevoli, l'investimento energetico nella propagazione asessuale predomina. Questa genera una linea clonale che potrebbe contribuire a mantenere le popolazioni all'interno della zona dell'habitat parentale, propagando genotipi ben adattati a livello locale. Al contrario, quando le condizioni locali sono sfavorevoli e i livelli di disturbo sono alti, verrà investita più energia nella riproduzione sessuale producendo una progenie genotipicamente differente permettendo un'ampia dispersione o la ricolonizzazione di habitat più eterogenei, aumentando la fitness e la sopravvivenza della specie [9].

Caryophyllia inornata (Duncan, 1878) (Fig. 1), specie solitaria azooxantellata, è segnalata nella parte orientale ed occidentale del bacino del Mediterraneo e si estende fino alle coste dell'Atlantico nord orientale. Colonizza grotte, pareti e relitti, a partire dalla superficie fino ai 100 metri di profondità in ambienti poco illuminati [10]. Questo studio si colloca all'interno di ricerca più ampia, il progetto europeo "CoralWarm" [11], finalizzato ad incrementare le conoscenze sulle scleractinie mediterranee in relazione ai cambiamenti climatici causati dall'emissione di CO₂.



Figura 1: Esempio di *Caryophyllia inornata*.

Materiali e Metodi

I campioni di *C. inornata* sono stati raccolti sul relitto di un aereo all'isola d'Elba, Toscana (42°45'N, 10°24'E), in 18 campionamenti mensili, (Maggio 2009-Ottobre 2010) ad una profondità compresa tra i 12 e i 15 metri. Luogo, data, ora, temperatura dell'acqua sono state riportate in seguito ad ogni campionamento. Il fotoperio-

do è stato ricavato dal database online EuroMETEO [12]. I polipi prelevati sono stati fissati in una soluzione di formalina e inviati ai laboratori del Dipartimento di Biologia Evoluzionistica Sperimentale dell'Università di Bologna.

L'analisi biometrica è stata eseguita procedendo alla misurazione della lunghezza (L, asse maggiore del disco orale), della larghezza (l, asse minore del disco orale) e dell'altezza (h, asse oro-aborale del polipo) di ogni singolo polipo, utilizzando un calibro sessagesimale (Fig. 2). Il volume (V) del singolo polipo è stato calcolato usando la formula: $V = h * (L/2) * (l/2) * \pi$ [3].

I campioni post-fissati nella soluzione di Bouin, decalcificati in EDTA e disidratati, sono stati inclusi in paraffina e sezionati secondo una sequenza seriale dal polo orale al polo aborale. I preparati sono stati colorati con emallume di Mayer ed eosina.

Sui preparati istologici sono stati eseguiti i rilevamenti citometrici mediante due analizzatori di immagine: NIKON NIS-Elements D 3.1 e LEICA Q500IW. Sono stati misurati l'asse maggiore e minore degli ovociti in sezione nucleata e degli spermari. La dimensione di ciascun elemento riproduttivo è stata considerata come la media tra i due diametri. Si è proceduto alla registrazione della presenza degli embrioni nella cavità celenterica e nei setti mesenterici e all'identificazione del loro stadio di maturazione. Di ciascun embrione è stato misurato l'asse maggiore e minore e la sua dimensione è stata considerata la media tra i due.

gli autori

¹ Alma Mater Studiorum -
Università di Bologna, Dipartimento
di Biologia Evoluzionistica Sperimentale,
Marine Science Group
Via Selmi, 3, 40126, Bologna, Italia

² Alma Mater Studiorum
Università di Bologna,
Via Selmi, 2, 40126, Bologna, Italia

³ The Mina & Everard Goodman Faculty
of Life Sciences, Bar-Ilan University,
Ramat-Gan, 52900, Israel

* valentina@marinesciencegroup.org

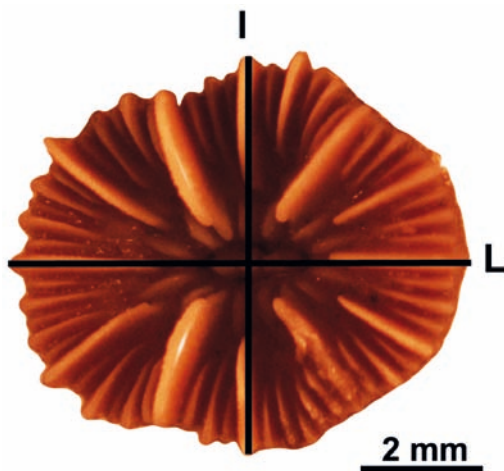


Figura 2: Caryophyllia inornata fotografata in laboratorio L: asse maggiore del polipo; l: asse minore del polipo).

Questa popolazione costituisce la prima delle sei che verranno analizzate lungo un gradiente latitudinale che si estende per oltre 1000 km, dalla Liguria al Canale di Sicilia.

Risultati

Sessualità

Per questo studio sono state eseguite le analisi istologiche su 62 polipi (Tabella 1). Gli individui sessualmente attivi presentavano o cellule germinali maschili o femminili; nessun individuo conteneva entrambi i tipi di cellule germinali. Non è stato osservato dimorfismo sessuale e non si sono rivelate differenze significative nelle dimensioni medie tra individui spermatogenetici e ovogenetici (test *t* di Student per L: $t=0.679$, $p=0.524$; test *t* di Student per V: $t=2.041$, $p=0.169$; Tabella 2). La *sex ratio* dei polipi sessualmente attivi, era significativamente diversa da 1 con un rapporto 1:3.1 a favore degli individui spermatogenetici (test del chi-quadro, $\chi^2=7.76$, $gl=1$, $p=0.005$). L'83.9% dei polipi analizzati presentava embrioni localizzati nella cavità celenterica e/o all'interno dei setti mesenterici (Tabella 1). Embrioni sono stati rilevati in tutti i campionamenti mensili e

all'interno di individui ovogenetici, spermatogenetici e inattivi. Tutti i 7 polipi ovogenetici presentavano embrioni (L=7.21 mm, ES=0.34, N=7; V= 334.18 mm³, ES= 50.86, N=7). Dei 22 polipi spermatogenetici, 19 presentavano embrioni (L=7.02 mm, ES=0.19, N=19; V=251.66 mm³, ES=18.36, N=19) e 3 erano senza embrioni (L=6.58 mm, ES=0.63, N=3; V=259.16 mm³, ES=27.92, N=3). Dei 33 polipi inattivi, 26 erano embriogenetici (L=8.45 mm, ES=0.31, N=26; V=401.50 mm³, ES=43.70, N=26) e 7 non presentavano embrioni (L=6.89 mm, ES=0.64, N=7; V=317.70 mm³, ES=102.81, N=7). Le dimensioni medie dei 7 polipi inattivi senza embrioni non erano significativamente diverse da quelle dei 29 polipi sessualmente attivi analizzati (test *t* di Student per L: $t=0.289$, $p=0.851$; test *t* di Student per V: $t=0.746$, $p=0.678$; Tabella 2). Mentre le dimensioni medie dei polipi inattivi con embrioni sono risultate significativamente maggiori di quelle degli individui sessualmente attivi (test *t* di Student per L: $t=4.229$, $p=0.0002$; test *t* di Student per V: $t=2.837$, $p=0.010$; Tabella 2).

Gametogenesi maschile

Gli spermari erano localizzati nei setti mesenterici ed erano formati da gruppi di cellule germinali e delimitati da una parete di mesoglea (Fig. 3). Sono stati riconosciuti 5 stadi di maturazione:

Stadio I - cellule germinali indifferenziate migravano dal gastroderma verso la porzione centrale del mesentere e nella mesoglea e si raggruppavano a formare lo spermario costituito da un iniziale aggregato di pochi spermatogoni (Fig. 3 B). Il diametro medio degli spermari era di 31.93 μm (ES=1.69; N=38).

Stadio II - lo spermario era costituito da un ammasso di spermatociti impegnati nella meiosi. Lo strato di mesoglea intorno allo spermario non aveva ancora formato una parete completa (Fig. 3 C). Il diametro medio degli spermari era di 57.46 μm (ES=1.55; N=232).

Stadio III - lo spermario, formato da un ammasso di spermatociti impegnati nel processo di meiosi, era circondato da una parete che aveva preso origine dalla mesoglea (Fig. 3 D). Il diametro medio degli spermari era di 86.29 μm (ES=0.55; N=4859).

Tabella 1: *Caryophyllia inornata*. Dimensione e stato riproduttivo dei polipi misurati. L: asse maggiore del disco orale; l: asse minore del disco orale; h: asse oro-aborale; V: volume del polipo; O: ovogenetico; S: spermatogenetico; I: inattivo; R: rovinato, analisi quantitativa non eseguita, rilevata la presenza di embrioni.

data	codice polipo	L (mm)	l (mm)	h (mm)	V (mm ³)	stato riproduttivo	totale ovociti	totale spermiazi	embrioni incubati			Note
									precoci	intermedi	avanzati	
14-mag-09	CI-140509-P1	8.40	7.10	9.05	423.91	I	-	-				R
	CI-140509-P2	7.20	6.45	11.20	408.51	S	-	285	2	7	20	
	CI-140509-P3	5.35	5.00	10.00	210.09	S	-	8	-	-	-	
	CI-140509-P4	7.00	6.20	9.00	306.78	S	-	131	-	-	-	
	CI-140509-P5	6.70	6.35	6.10	203.83	S	-	43	5	17	12	
	CI-140509-P6	7.05	6.40	6.65	235.66	S	-	-				R
	CI-140509-P7	6.25	5.30	6.70	174.31	S	-	27	-	8	9	
	CI-140509-P8	7.00	6.10	8.10	271.65	I	-	-	-	27	8	
	CI-140509-P10	6.05	5.30	5.80	146.07	S	-	647	-	4	15	
	CI-140509-P12	9.60	8.10	13.50	824.48	I	-	-	-	-	-	
	CI-140509-P13	8.00	7.45	8.55	400.22	O	2016	-	-	14	36	
	CI-140509-P14	5.00	5.80	7.70	175.38	S	-	124	-	-	12	
	CI-140509-P17	9.45	8.35	10.30	638.33	I	-	-	2	-	19	
	CI-140509-P19	7.65	6.70	7.05	283.80	S	-	909	2	11	7	
CI-140509-P22	7.35	6.30	7.30	265.49	S	-	-				R	
CI-140509-P23	7.00	6.80	8.10	302.82	S	-	1800	-	1	5		
14-giu-09	CI-140609-P1	7.50	6.20	7.25	264.78	I	-	-				R
	CI-140609-P2	8.05	8.00	9.05	457.75	O	865	-	2	-	61	
	CI-140609-P7	7.35	5.30	10.00	292.76	S	-	442	-	1	30	
	CI-140609-P10	5.85	5.35	7.25	178.21	O	56	-	2	-	1	
	CI-140609-P12	6.90	5.60	5.40	163.88	S	-	770	-	3	8	
	CI-140609-P13	6.45	5.65	8.40	240.42	O	315	-	1	25	3	
12-lug-09	CI-120709-P1	8.15	7.05	10.65	480.60	I	-	-	-	-	4	
	CI-120709-P2	8.20	7.90	10.70	544.40	O	79	-	-	-	3	
	CI-120709-P5	8.30	7.80	10.40	528.81	I	-	-	-	-	2	
	CI-120709-P6	7.40	5.37	8.35	260.60	S	-	2	-	-	-	
CI-120709-P14	5.15	4.60	6.40	119.08	I	-	-	-	-	-		
14-ago-09	CI-140809-P1	8.20	7.80	10.00	502.34	I	-	-	-	-	-	
	CI-140809-P2	6.80	7.15	7.20	274.94	I	-	-	-	-	-	
	CI-140809-P3	6.20	7.30	9.40	334.14	I	-	-	-	1	1	
	CI-140809-P4	7.15	7.40	8.15	338.68	I	-	-	-	-	-	
	CI-140809-P5	7.60	7.00	8.75	365.60	S	-	39	-	1	-	
	CI-140809-P6	7.70	6.30	4.95	188.59	I	-	-	4	1	18	
CI-170909-P2	10.25	9.00	11.15	807.85	I	-	-				R	
CI-170909-P3	7.25	6.25	8.00	284.71	I	-	-	4	-	2		
17-set-09	CI-170909-P4	8.35	7.20	6.70	316.36	I	-	-	1	-	-	
	CI-170909-P5	11.70	9.30	7.35	628.12	I	-	-	-	2	5	
	CI-170909-P6	6.90	6.30	5.90	201.43	I	-	-	-	1	-	

data	codice polipo	L (mm)	l (mm)	h (mm)	V (mm ³)	stato riproduttivo	totale ovociti	totale spermriari	embrioni incubati			Note
									precoci	intermedi	avanzati	
19-ott-09	CI-191009-P1	8.45	6.30	8.10	338.67	I	-	-	2	6	6	
	CI-191009-P3	10.40	9.70	11.00	871.54	I	-	-	-	1	-	
	CI-191009-P4	8.45	7.35	6.10	297.55	I	-	-	3	1	1	
	CI-191009-P5	6.25	5.80	5.00	142.35	S	-	1	-	3	1	
	CI-191009-P7	5.40	4.70	3.40	67.77	I	-	-	-	-	-	
18-nov-09	CI-181109-P1	5.35	5.00	4.60	96.64	I	-	-	-	-	-	
	CI-181109-P2	7.05	6.25	6.10	211.10	S	-	7	1	-	16	
15-dic-09	CI-151209-P1	8.45	7.55	6.95	348.24	S	-	71	2	8	21	
	CI-151209-P2	6.65	6.55	6.30	215.52	S	-	5	2	1	2	
	CI-151209-P3	7.65	6.70	5.65	227.44	S	-	37	-	-	10	
	CI-151209-P4	7.20	6.35	6.20	222.63	I	-	-	1	-	2	
	CI-130110-P2	9.15	6.90	5.55	275.20	I	-	-	-	-	3	
	CI-130110-P4	7.70	6.60	7.30	291.37	I	-	-	-	-	-	R
13-gen-10	CI-130110-P5	6.45	5.75	5.30	154.38	I	-	-	-	2	3	
	CI-130110-P7	6.00	5.05	4.35	103.52	I	-	-	1	-	5	
	CI-130110-P10	10.00	8.10	7.45	473.95	I	-	-	-	8	51	
7-feb-10	CI-070210-P1	8.20	6.95	6.00	268.56	I	-	-	4	1	1	
	CI-070210-P2	6.60	6.50	7.15	240.91	S	-	4	2	-	21	
	CI-070210-P3	6.90	5.95	8.50	274.08	O	3	-	-	-	3	
12-mar-10	CI-120310-P3	11.10	8.75	11.55	881.05	I	-	-	-	22	43	
	CI-120310-P4	11.60	8.55	8.55	666.01	I	-	-	-	45	73	
18-apr-10	CI-180410-P3	6.75	6.20	6.85	225.15	I	-	-	-	1	9	
	CI-180410-P6	8.60	7.15	7.55	364.62	S	-	1922	-	3	28	
20-mag-10	CI-200510-P1	7.05	6.30	7.00	244.18	O	1573	-	1	4	8	

Stadio IV - gli spermriari presentavano sia spermatociti che spermatidi: i primi, formati da cellule meno mature e di dimensioni maggiori rispetto ai secondi, si trovavano alla periferia dello spermriario; gli spermatidi, invece, erano formati da cellule più piccole e più mature e si trovavano nella parte centrale dello spermriario (Fig. 6 E, F). Il diametro medio degli spermriari è di 118.71 μm (ES=1.46; N=1124).

Stadio V - durante questo stadio si formavano gli spermatozoi veri e propri e lo spermriario assumeva una forma a *bouquet* con le code degli spermatozoi, orientate tutte nella stessa direzione (Fig. 6 G). Il diametro medio degli spermriari è di 115.21 μm (ES=1.69; N = 1021).

Gametogenesi femminile

Gli ovociti erano localizzati nello strato centrale della mesoglea dei mesenterici e avevano una forma ovale (Fig. 4). Il diametro degli ovociti variava da un minimo di 15.61 μm ad un massimo di 141.16 μm e il loro diametro medio era di 69.49

μm (ES=0.26; N=4907). Quelli di stadio più precoce presentavano un nucleo sferico localizzato centralmente con un elevato rapporto fra nucleo e citoplasma (Fig. 4 B).

Negli stadi intermedi, gli ovociti presentavano ancora un nucleo sferico e riducevano il rapporto nucleo/citoplasma per l'accumularsi di vitello (Fig. 4 C).

Negli stadi più avanzati il nucleo cambiava posizione migrando dal centro alla periferia della cellula, dove aderiva strettamente alla membrana plasmatica dell'ovocita (Fig. 4 D, E). Durante l'ovogenesi il nucleolo si trovava sempre alla periferia del nucleo (Fig. 4 D, E).

Sviluppo embrionale

Gli embrioni erano localizzati sia nei setti mesenterici, all'interno dello strato mesogleale e avvolti dal gastroderma, che nella cavità celeneterica di individui ovogenetici, spermatogenetici e sessualmente inattivi (Fig. 5 A, C, D). Lo sviluppo procedeva attraverso la formazione di embrioni che non presentavano la cavità bla-

Tabella 2: *Caryophyllia inornata*. *Dimensioni medie ed errore standard dei polipi analizzati. Individui sessualmente attivi (S: spermatogenetici, S+E: spermatogenetici con embrioni, O: ovogenetici e O+E: ovogenetici con embrioni) e sessualmente inattivi (I: inattivi e I+E: inattivi con embrioni). L: asse maggiore del disco orale del polipo, V: volume del polipo, N: numero dei polipi esaminati.*

	L (mm)	V (mm ³)
Sessualmente attivi	7,0 ± 0,2 (N=29)	272,4 ± 18,0 (N=29)
S	6,6 ± 0,6 (N=3)	259,2 ± 27,9 (N=3)
S+E	7,0 ± 0,2 (N=19)	251,7 ± 18,4 (N=19)
O	-	-
O+E	7,2 ± 0,3 (N=7)	334,2 ± 50,9 (N=7)
Sessualmente inattivi	8,1 ± 0,3 (N=33)	383,7 ± 40,4 (N=33)
I	6,9 ± 0,6 (N=7)	317,7 ± 102,8 (N=7)
I+E	8,5 ± 0,3 (N=26)	401,5 ± 43,7 (N=26)

stocelica (Fig. 5 B). Spesso, embrioni precoci localizzati nella cavità celenterica apparivano in stretta continuità morfologica con setti mesenterici o distaccarsi da questi (Fig. 5 A dettaglio). Inoltre embrioni precoci sono stati localizzati anche all'interno del corpo di embrioni in stato più avanzato di sviluppo, mostrando continuità con i tessuti dell'ospite (Fig. 5 E). Il diametro degli embrioni precoci variava da un minimo di 68.16 µm ad un massimo di 385.30 µm. Il diametro medio era di 159.00 µm (ES=9.90, N=44). Durante lo stadio intermedio lo strato ectodermico, formato da più strati di cellule, appariva chiaramente differenziato e separato dalla massa centrale endodermale da uno strato mesogleale ben definito (Fig. 5 F). Il diametro delle stereogastrule variava da un minimo di 82.64 µm ad un massimo di 853.68 µm. Il diametro medio era 310.03 µm (ES=4.87, N=818). Nel corso degli stadi avanzati dello sviluppo, gli embrioni evidenziavano un'invaginazione delle cellule ectodermali, che portavano alla formazione dello stomodeo (Fig. 5 H, I, J) e il differenziamento dei setti mesenterici tramite l'invaginazione dello strato mesogleale verso il centro dell'embrione (Fig. 5 G).

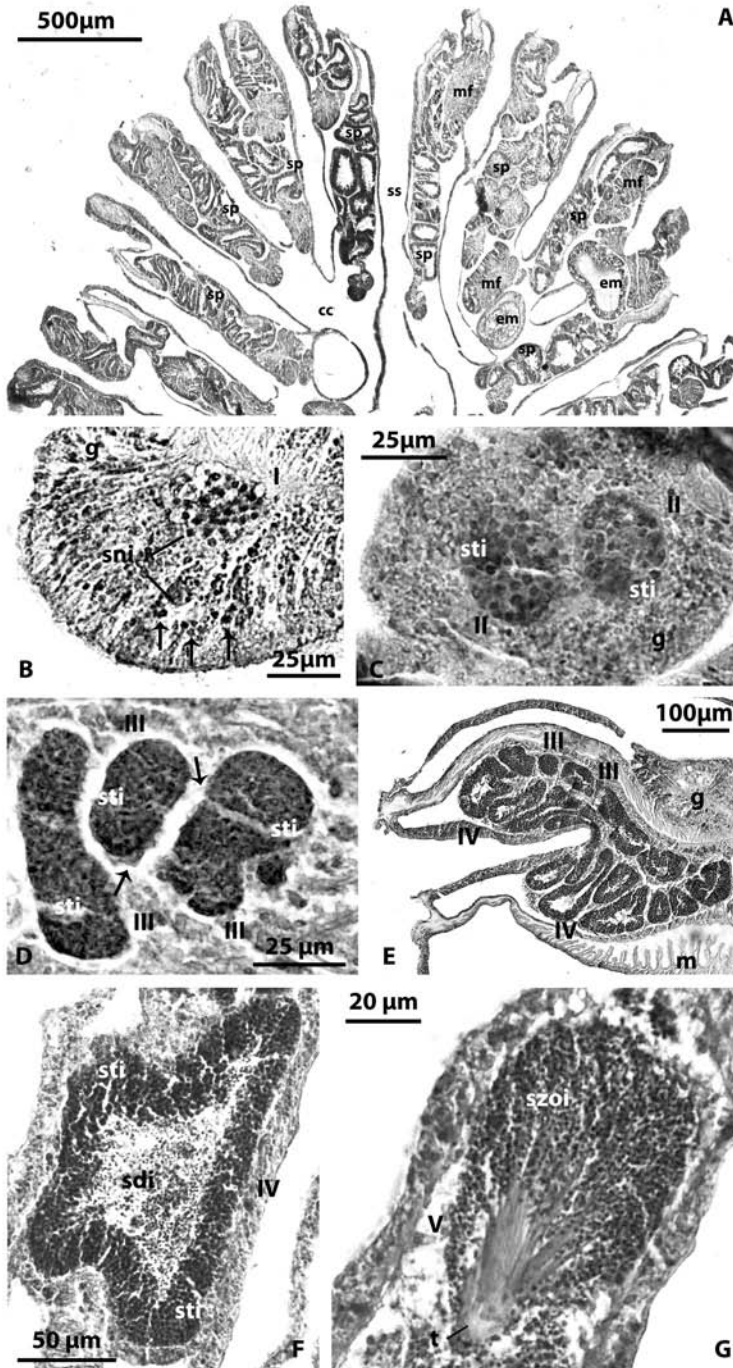


Figura 3: A-G. Caryophyllia inornata. Spermatogenesi. (A) Localizzazione degli spermari nei setti mesenterici. (B) Stadio I: spermatogoni negli strati gastrodermali dei mesenterici (freccia). (C) Stadio II: lo spermario è costituito da un ammasso di spermatociti impegnati nel processo di meiosi. (D) Stadio III: lo spermario è circondato da una parete che ha preso origine dalla mesoglea (freccia). (E) Spermari di III e IV stadio localizzati in un setto mesenterico. (F) Stadio IV: lo spermario presenta un ampio strato esterno di spermatociti e un ammasso centrale di spermatidi. (G) Stadio V: gli spermari sono costituiti da una massa di spermatozoi maturi che formano un bouquet con le code orientate tutte nella stessa direzione (freccia). [cc: cavità celerenterica; m: mesoglea; ss: setto scheletrico; mf: filamento mesenteriale; sp: spermario; em: embrione; g: gastroderma; sni: spermatogoni; sti: spermatociti; sdi: spermatidi; szo: spermatozoi; t: code degli spermatozoi; I, II, III, IV, V: stadi di sviluppo degli spermari].

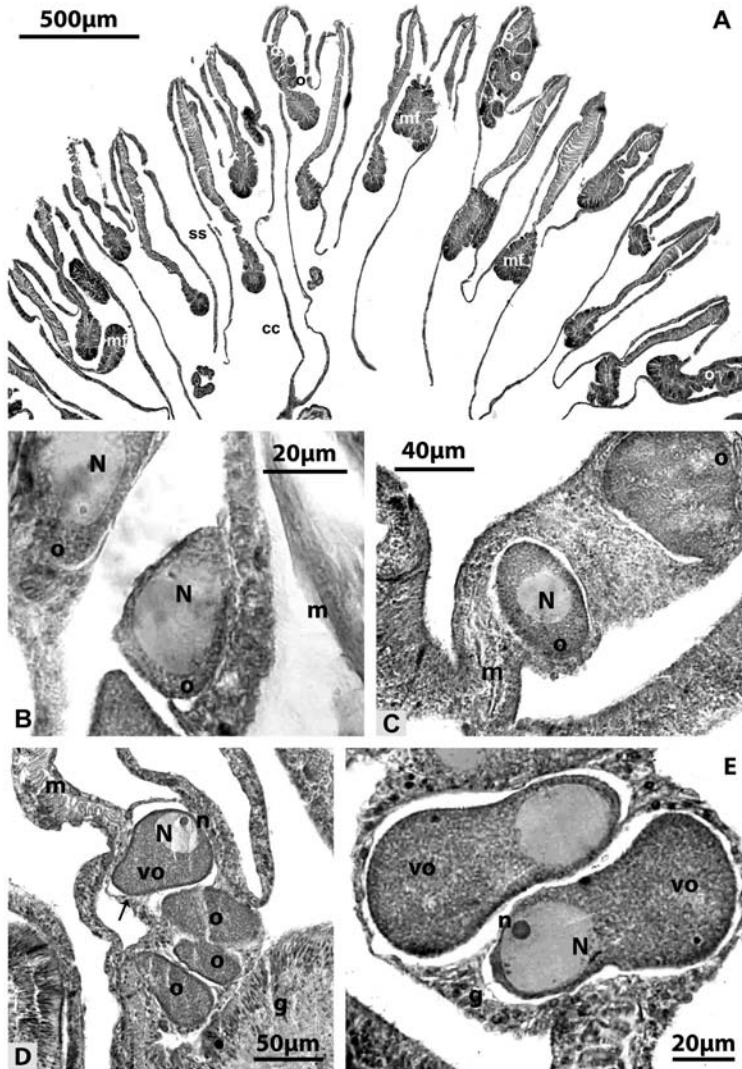


Figura 4: A-E. *Caryophyllia inornata*. Ovogenesi. (A) Localizzazione degli ovociti all'interno dei setti mesenterici. (B) Stadio precoce: due ovociti previtellogenitici nel gastroderma del mesentere, caratterizzato da un alto rapporto nucleol/citoplasma. (C) Stadio intermedio: ovocita vitellogenetico localizzato nella mesoglea. (D) Stadio vitellogenetico avanzato: il nucleo dell'ovocita, con il proprio nucleolo, comincia a migrare verso la periferia della cellula. Si noti la membrana dell'ovocita ben definita (freccia). (E) Stadio avanzato: ovociti maturi; il rapporto nucleol/citoplasma è fortemente diminuito. [cc: cavità celenterica; mf: filamento mesenteriale; ss: setto scheletrico; o: ovocita; m: mesoglea; N: nucleo; n: nucleolo; vo: ovocita vitellogenetico; g: gastroderma].

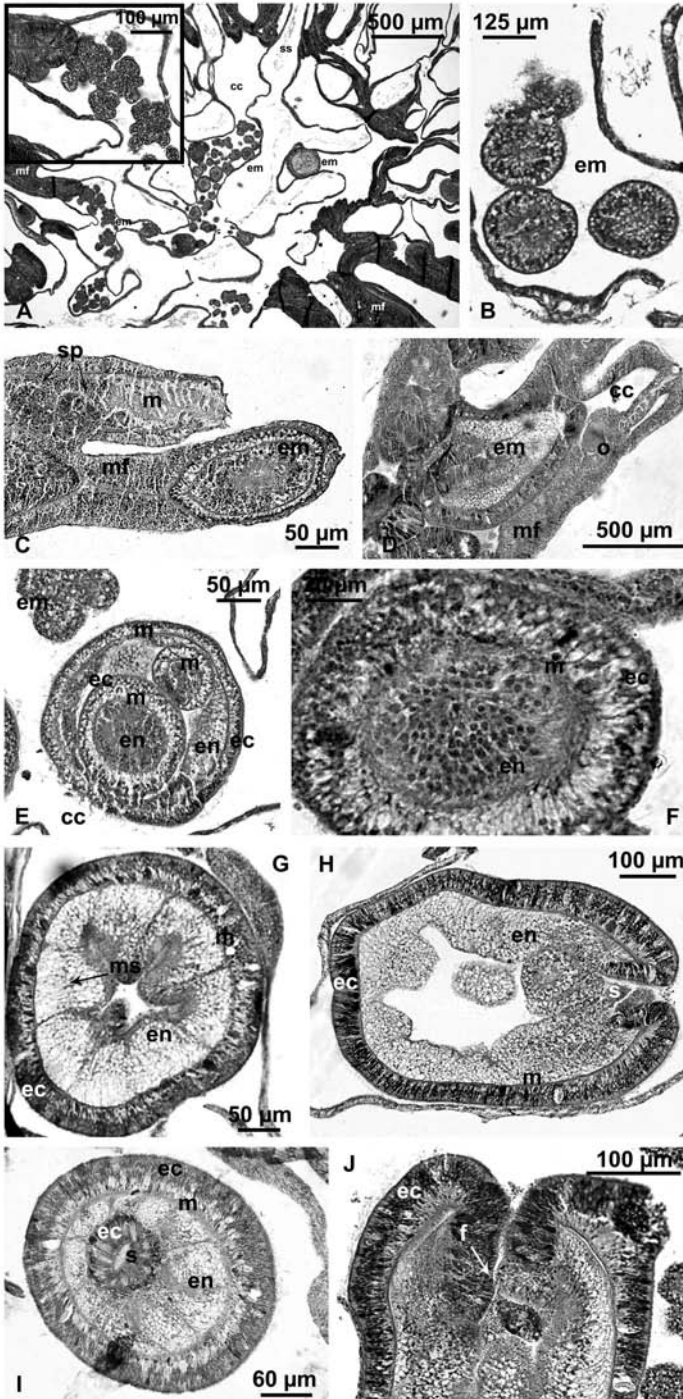


Figura 5: A-J. Caryophyllia inornata. Embriogenesi. (A, dettaglio nel riquadro) Localizzazione degli embrioni nella cavità celenterica e in stretta continuità morfologica con setti mesenterici. (B) Embrioni precoci privi di cavità blastocelica. (C) Stadio intermedio: la stereogastrula si trova all'interno del setto mesenterico. Si noti la presenza di due spermari (freccia). (D) Stereogastrula nella cavità celenterica circondata dai tessuti mesenterici, si noti la presenza di un ovocita. (E) Embrioni precoci localizzati all'interno di un embrione in stato più avanzato di sviluppo. (F) Stereogastrula stadio intermedio. Visibile lo strato di mesoglea che separa l'ectoderma esterno dalla massa endodermale interna. (G) Stereogastrula avanzata, sezione trasversale. Differenziazione dei setti mesenterici dovuta all'introflessione della mesoglea (freccia). (H) Sezione longitudinale. Dettagli dell'invaginazione stomodeale. (I) Sezione trasversale. Si noti l'apertura stomodeale, circondata dall'ectoderma e la formazione dei setti mesenterici. (J) Dettaglio di stereogastrula avanzata. La freccia indica il faringe. [cc: cavità celenterica; ss: setto scheletrico; mf: filamento mesenteriale; em: embrione; sp: spermario; m: mesoglea; o: ovocita; ec: ectoderma; en: endoderma; ms: setto mesenterico; s: invaginazione stomodeale; f: faringe].

Discussione

Sessualità

Caryophyllia inornata ha una sessualità gonocorica. Tutti i polipi sessualmente attivi esaminati sono risultati a sessi separati. Gli individui maschili e femminili di *C. inornata* presentavano dimensioni non significativamente diverse. Gli ermafroditi sequenziali, presentano un'inversione sessuale tra stagioni riproduttive consecutive o nell'arco della loro vita. La direzione dell'inversione sessuale (proterandria o proteroginia) è determinata dal relativo successo riproduttivo di un sesso rispetto all'altro nelle differenti fasi di crescita e sviluppo. In tre specie di *Caryophyllia* di acque profonde è stata osservata una sessualità ermafrodita ciclica. Nell'ermafroditismo ciclico lo sviluppo gonadico è asincrono e la maturazione delle cellule germinali non mostra alcuna stagionalità. Cellule germinali maschili e femminili, a differenti stadi di maturazione, erano rilevate nei mesenteri dello stesso individuo in tutti i campioni delle tre specie [13]. In *C. inornata* le cellule germinali mature di sesso opposto venivano osservate nello stesso periodo dell'anno, sempre in individui differenti, mostrando una evidente stagionalità e sincronia.

La *sex ratio* in una popolazione con accoppiamenti casuali è normalmente 1:1. Lo scostamento da questa norma indica errori di campionamento o propagazione clonale [14]. Escludiamo l'errore di campionamento perché sono stati campionati in maniera casuale oltre 315 polipi in 18 mesi (circa 15-20 polipi mensilmente). La *sex ratio* spostata verso i maschi, potrebbe essere spiegata quindi attraverso una propagazione clonale. I quadri morfologici descritti in questo studio suggeriscono che una propagazione clonale possa avvenire nella formazione di nuovi propaguli. L'86.4% degli individui spermatogenetici (maschi) e il 78.8% di individui sessualmente inattivi, presentavano embrioni a diversi stadi di maturazione e questa produzione di embrioni appariva continua, durante tutto l'anno senza pattern stagionali. La produzione asessuata di planule, in specie che incubano gli embrioni, è stata dimostrata in alcune popolazioni di *Pocillopora damicornis* [15], in *Tubastrea coccinea* [16] e *Tubastrea diaphana* [7]. Nel caso di *C. inornata*, gli individui

sessualmente inattivi con embrioni, avendo dimensioni maggiori di quelli sessualmente attivi con embrioni, potrebbero in realtà essere individui sessualmente senili che mantengono la capacità di produrre embrioni per via agamica. [17] afferma che nei metazoi si può osservare la senescenza, intesa come progressivo declino delle funzioni fisiologiche che porta ad un aumento del tasso di mortalità. Lo stesso autore ha osservato che *Hydra sp.* sfugge alla senescenza adottando un ciclo di vita in cui la proliferazione e la crescita della popolazione si manifesta esclusivamente per via asessuale.

Gametogenesi maschile

I quadri morfologici della gametogenesi maschile di *C. inornata* sono corrispondenti a quelli di altre specie del genere *Caryophyllia*, descritti in coralli ermafroditi a fecondazione esterna (*C. ambrosia*, *C. sequenzae* e *C. cornuformis*; [13]) e nella gonocorica *C. smithii*, segnalata per alcune popolazioni a fecondazione esterna [18] e per altre a fecondazione interna [19]. Nell'ambito della famiglia Caryophylliidae, *C. inornata* ha presentato quadri morfologici della gametogenesi maschile simili a quelli della specie gonocorica, coloniale *Lophelia pertusa* (Linneo, 1758) [13].

Gametogenesi femminile

I quadri morfologici della gametogenesi femminile in *C. inornata* sono sostanzialmente simili a quelli descritti in altre specie dello stesso genere. [13] hanno notato che nel genere *Caryophyllia* la dimensione dell'ovocita maturo aumenta all'aumentare della profondità caratteristica dell'habitat della specie, procedendo in uno sviluppo lecitotrofico. *Caryophyllia inornata* presenta dimensioni relativamente piccole degli ovociti e simili a quelle di *C. smithii*, che ha un range di profondità sovrapposto a quello di *C. inornata*. Altre specie dello stesso genere ma di acque abissali, *C. cornuformis*, *C. sequenzae*, *C. ambrosia* presentano dimensioni massime degli ovociti 2-5 volte superiori. La dimensione piccola degli ovociti, associato ad una elevata fecondità, per aumentare la probabilità di reclutamento, suggerisce uno sviluppo planctotrofico. La fecondità stimata per *C. inornata* appare relativamente elevata, dell'ordine di grandezza di alcune migliaia di ovociti per polipo, similmente a quella di *C. smithii*.

Modalità riproduttiva

Caryophyllia inornata rappresenta il primo record sicuro di incubazione degli embrioni, come modalità riproduttiva all'interno del genere. In precedenza, una possibile, non sicura, ovoviviparità è stata riportata per *C. smithii* [19] e per *C. clavus* [20]. Le altre tre specie di cui si conosce la modalità riproduttiva, le specie di profondità *C. cornuformis*, *C. sequenzae*, *C. ambrosia* sono tutte ovipare.

Sviluppo embrionale

Nel nostro studio gli embrioni sono stati osservati nei setti mesenterici, all'interno dello strato mesogleale e avvolti dal gastroderma, oltre che nella cavità celenterica. La formazione della cavità blastocelica non è stata osservata; lo sviluppo embrionale procedeva con la formazione di stereogastrule per delaminazione, dando origine negli ultimi stadi di sviluppo ad embrioni completamente formati, con bocca e faringe chiaramente differenziati e celenteron compartimentato dai setti mesenterici. Secondo le nostre conoscenze questa è la prima descrizione dettagliata dell'embriogenesi nel genere *Caryophyllia*. I quadri morfologici da noi osservati sono simili a quelli di altre scleractinie solitarie del Mediterraneo [3].

Ringraziamenti

Questa ricerca è stata finanziata dall'European Research Council sotto il Settimo Programma Quadro dell'Unione Europea (FP7/2007-2013)/ERC grant agreement n° [249930] "Corals and Global Warming: the Mediterranean versus the Red Sea" [11].

Si ringrazia il centro diving "SubMaldiva" (www.submaldiva.com), il "Marine Science Group" (www.marinesciencegroup.org), la "Scientific Diving School" (www.sdseducational.org) e il fotografo naturalista Gianni Neto (www.giannineto.it) per il supporto logistico, tecnico e scientifico.

Bibliografia

[1] K. A. Beauchamp, *Invert. Repr. Dev.* 1993, 23:171-82.

[2] H. Lacaze-Duthiers, *Arch. Zool. Exp. Gen.* 1873, 2:269-348.

[3] S. Goffredo, S. Arnone, F. Zaccanti, *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 2002, 229:83-94.

[4] S. Goffredo, V. Airi, J. Radetić, F. Zaccanti, *Mar. Biol.* 2006, 148: 923-932.

[5] S. Goffredo, G. Gasparini, G. Marconi, M. T. Putignano, C. Pazzini, V. Airi, F. Zaccanti, *Bull. Mar. Sci.* 2011, 87: 589-604.

[6] P. Kruzic, A. Zuljevic, V. Nikolic, *Coral Reefs.* 2008, 27:337-41.

[7] D. J. Ayre, J. M. Resing, *Mar. Biol.* 1986, 90:187-190.

[8] J. H. Connell, Population ecology of reef-building corals. In: O. A. Jones, R. Endean (eds) *Biology and geology of coral reefs II*. Academic Press, New York, 1973.

[9] P. L. Harrison, Sexual Reproduction of Scleractinian Corals. In: Z. Dubinsky, N. Stambler (eds) *Coral reefs: an ecosystem in transition*. Springer, 2011.

[10] H. Zibrowius, *Mem. Inst. Oceanogr. (Monaco)* 1980, 11: 1-284.

[11] Corals and Global Warming: the Mediterranean versus the Red Sea. (EU FP7-IDEAS-ERC): <http://www.CoralWarm.eu/>.

[12] EuroMETEO®: <http://www.eurometeo.com>.

[13] G. R. Waller, P. A. Tyler, J. D. Gage, *Coral Reefs.* 2005, 24:594-602.

[14] P. L. Harrison, C. C. Wallace, Reproduction, dispersal and recruitment of scleractinian corals. In: Z. Dubinsky, editor. *Sexual reproduction in a Mediterranean endemic coral Ecosystem of the World*. 25. Coral Reefs. Elsevier, Amsterdam, 1990.

[15] C. D. H. Sherman, D. J. Ayre, K. J. Miller, *Coral Reefs.* 2006, 25:7-18.

[16] P. W. Glynn, S. B. Colley, J. L. Mate', J. Corte's, H. M. Guzman, R. L. Bailey J. S. Feingold, I. C. Enochs. *Mar. Biol.* 2008, 153:529-44.

[17] T. C. G. Bosch, *BioEssays.* 2009, 31:478-486.

[18] P. R. G. Tranter, D. N. Nicholson, D. Kington, *J Mar Biol Assoc UK.* 1982, 62:845-854.

[19] K. Hiscock, R. M. Howlett, The ecology of *Caryophyllia smithii* Strokes and Broderip on south-western coasts of the British Isles. In: E. A. Drew, J. N. Lythgoe, J. D. Woods, (eds) *Underwater research*. Accademic, New York, 1977.

[20] Y. H. Fadlallah *Coral Reefs.* 1983, 2:129-50.

Biodiversità sul tetto: realtà o utopia?

Stefano Benvenuti

Parole chiave: tetti verdi, biodiversità, edilizia sostenibile, ecosistema urbano

Uno dei modi possibili per incrementare la biodiversità urbana, tipicamente carente di spazi destinabili a verde, è quello di vegetare i tetti. L'obiettivo del presente lavoro è stato quello di verificare le performances agronomiche ed ecologiche di miscugli di fiori selvatici in grado di attrarre l'entomofauna in vari periodi dell'anno. Le 4 fitocenosi testate hanno dato diversificati risultati in termini di dinamica di copertura del suolo nonché di epoche di fioritura e attenuazione della temperatura rilevata sulla superficie del substrato. L'entomofauna è stata il valore aggiunto a questa biodiversità floristica e composta sia da api domestiche, bombi, api solitarie, ditteri e lepidotteri. Le epoche di fioritura, oscillanti dal fine inverno ad inizio autunno, danno la possibilità di scegliere le fitocenosi più idonee per valorizzare aree urbane in funzione delle rispettive esigenze di impatto estetico-paesaggistico nei vari periodi dell'anno. La gestibilità agronomica di queste associazioni floristiche sarà di cruciale importanza per verificare la sostenibilità ecologica ed economica di queste innovazioni verdi volte ad implementare l'abitabilità dell'ecosistema urbano.

Introduzione

Il progressivo declino della biodiversità nei vari ambienti, unitamente alla crescente esigenza di rendere più confortevole l'ecosistema urbano, hanno recentemente suscitato sorprendenti innovazioni nel settore del verde pensile [1]. I convergenti studi di agronomi ed architetti sulle relazioni tra spazi verdi e confort urbano hanno inoltre sempre più evidenziato che la qualità della vita dipende fortemente da una, spesso inconscia, sensazione di benessere derivante dalla percezione del verde. Ciò soprattutto se diversificato geneticamente e complesso nella sua tipologia di collocazione [2]. La scarsità di spazi urbani destinabili a verde ha inevitabilmente stimolato la ricerca verso la sperimentazione e realizzazione di giardini pensili persino sui tetti degli edifici individuando in spessori di 5-25 cm [3] il compromesso tra il vincolo architettonico (peso a saturazione idrica) e quello biologico (substrato esplorabile dalle radici). Nel Nord Europa tale innovazione è già una realtà da diversi anni [4] ed a tale

scopo sono state utilizzate sia le varie specie di *Sedum* (caratterizzate da estrema rusticità [5]) che altre specie ornamentali con diversificate esigenze agro-ecologiche [6]. In alcuni casi sono persino state impiantate specie a fiore con buone performances sia sotto un profilo estetico-paesaggistico che in termini di biodiversità, ma ciò esclusivamente nel nord Europa laddove la piovosità aiuta fortemente le realizzazioni di verde pensile di tipo estensivo. L'esteticità delle specie a fiore deriva dalla loro tipica entomogamia. Conseguentemente la loro presenza implica l'incremento della biodiversità microfaunistica (api, bombi, lepidotteri, etc.). D'altra parte sono molti i vantaggi che questo "vestito verde" degli edifici comporta sulla qualità dell'ecosistema urbano [7]. Sono sempre più evidenziati dalle sperimentazioni effettuate nell'ambito della cosiddetta bioedilizia sostenibile i vantaggi in termini di regimazione delle acque meteoriche (rallentamento del deflusso da parte dei tetti), l'isolamento termico (con vantaggi alla sostenibilità ecologica ed energetica soprattutto in termini di raffreddamento estivo [8]), la

riduzione dell'inquinamento chimico nonché di quello acustico. Tuttavia, mentre alcune specie sono già state studiate con successo [9], manca una sperimentazione effettuata nel bacino Mediterraneo dedicata alla fattibilità di tetti verdi dedicati a specie spontanee caratterizzate sia da un positivo impatto estetico-paesaggistico, che da una loro attrattività nei confronti degli impollinatori. Questa ultima presenza comporterebbe, infatti, non solo un aspetto ornamentale decisamente positivo (basti pensare all'impatto estetico del volo di farfalle in città), ma anche educativo dal momento che sono sempre più rari i momenti nei quali gli adolescenti possono fruire di quei piccoli ma importanti messaggi ecologici derivanti da un ecosistema vivo e complesso. Lo scopo della presente sperimentazione è stata quella di verificare la realizzabilità e sostenibilità agro-ecologica di alcune fitocenosi di "wildflowers" (prelevate in ecosistemi Mediterranei) poste in condizioni di crescita senza ricorso all'irrigazione. I criteri di valutazione delle performances della vegetazione inserita sarà valutata non solamente sotto il profilo agronomico (dinamica di crescita) ed ecologico (attenuazione della temperatura), ma anche biologico in termini di biodiversità degli impollinatori attratti all'interno dell'ecosistema urbano.

Materiali e Metodi

Nella stagione estiva ed autunnale 2009 sono stati raccolti i semi (od i bulbi) di 20 specie spontanee presenti in vari ambienti della Toscana al fine di sperimentare il loro allevamento all'interno dell'ecosistema urbano. Il criterio di scelta di tali specie è scaturito dall'esigenza di rappresentare le fioriture presenti nei paesaggi toscani nei vari periodi dell'anno. Ulteriori caratteristiche biologiche desiderate sono state inoltre la tolleranza allo stress idrico (in modo da non implicare spiccate esigenze idriche) nonché l'attitudine ad attrarre una entomofauna impollinatrice (in modo tale da implementare il livello di biodiversità). Le specie sono state inoltre selezionate in funzione del rispettivo calendario di fioritura. Sono stati individuati i seguenti periodi: 1) fine inverno, 2) primavera, 3) estate, 4) fine estate – inizio

autunno. Nel caso di alcune specie (successivamente identificate nelle tabelle sottoriportate) sono stati invece raccolti i bulbi per il fatto che il loro ciclo biologico perennante non avrebbe consentito, se impiantate da seme, di ottenere la fioritura già al primo anno di sperimentazione. Nell'ottobre 2009 è stato costruito il tetto verde simulato a terra nei giardini della Sezione di Orticoltura e Floricoltura del Dipartimento di Biologia delle Piante Agrarie (Università di Pisa) situato lungo il viale delle Piagge della città di Pisa. A tal fine è stato fissato a terra un telaio di legno (3 cm di spessore) formando dei quadrati sperimentali di 2,5 m di lato. Ogni unità, isolata idricamente a terra da un doppio strato di film plastico, è stata riempita per i suoi 20 cm di profondità (larghezza delle tavole utilizzate) con un doppio orizzonte di substrato: i 5 cm più profondi con idroperlite, mentre i successivi 15 con agriterram. Le caratteristiche di tali substrati sono state riportate in precedenti ed analoghe sperimentazioni [10]. Nel novembre 2009 sono state effettuate le semine (od i trapianti nei casi di impianto da organi vegetativi) con il criterio di distribuire 50 individui per m² per ognuna delle 5 specie presenti per parcella. Mentre nel caso del materiale di propagazione vegetativo gli individui inseriti sono stati coincidenti a quelli desiderati (percentuale emergenza supposta vicina al 100%) le dosi di seme sono state incrementate in modo inversamente proporzionale alla rispettiva germinabilità (preventivamente determinata in laboratorio). L'inserimento di nuovi individui nel caso di emergenze carenti (trapiantati da fitocelle) od il diradamento nel caso di emergenze in eccesso ha consentito il raggiungimento di 100 piante m⁻² nelle varie parcelle (20 per ognuna delle 5 specie testate). Nel febbraio successivo sono stati effettuati i rilievi di emergenza effettuando delle conte all'interno di telai metallici

gli autori

Dipartimento di Biologia
delle Piante Agrarie,
Università di Pisa,
Viale delle Piagge, 23 - 56124 Pisa,
sbenve@agr.unipi.it

di dimensioni note (20 x 30 cm) lanciati a caso sulla superficie delle varie parcelle. Per quanto riguarda il grado di copertura percentuale, esso è stato misurato mediante immagini fotografiche effettuate in corrispondenza ai periodi di piena fioritura per ognuna delle epoche di riferimento sopraccitate elaborate poi con già descritte metodologie [10]. All'interno di tali periodi sono stati poi rilevati gli esatti periodi di fioritura delle 5 specie selezionate per ognuna delle 4 epoche. Durante tali periodi di fioritura sono stati infine individuati, conteggiati e classificati nelle rispettive categorie tassonomiche, i vari impollinatori presenti in modo da poter valutare le attitudini delle varie specie sia in termini quantitativi (attrattività complessiva) che qualitativi (eventuale specificità florantomofauna). Le categorie di frequenza delle visite sui fiori sono state definite in funzione delle osservazioni effettuate all'interno di una superficie nota (50 x 50 cm) opportunamente delimitata in modo da conteggiare gli insetti impollinatori presenti al loro interno. Le categorie sono state così distinte: tasso di visite elevate (> 10 visite m² per ogni minuto di osservazione), medie (tra 5 e 10), scarse (< 5). Le osservazioni sono state effettuate per un totale di almeno 20 minuti per specie in giornate non ventose e soleggiate.



Figura 1: Allestimento del tetto verde simulato a terra mediante idroperlite (materiale bianco sottostante) ed agriterram (substrato commerciale ideato per giardini pensili).

Risultati e discussione

Nella tabella 1 sono riportati i risultati del comportamento bio-agronomico delle specie selezionate in funzione della rispettiva precocità di fioritura. Come da aspettative, l'impiego di organi di propagazione vegetativa ha comportato un tasso di emergenza vicina al 100%. Tuttavia, tale dinamica di emergenza non è risultata accompagnata da una altrettanto ottimale dinamica di copertura del suolo dal momento che, nello stadio fenologico di piena fioritura, essa è risultata in ogni caso inferiore al 40% dell'intera superficie. I risultati minori sono stati osservati nelle 3 monocotiledoni mentre le 2 dicotiledoni appartenenti al genere *Anemone* hanno mostrato valori di copertura leggermente maggiori. Questa minore capacità di colonizzazione è tuttavia una caratteristica biologica agronomicamente gestibile mediante una maggiore densità di impianto. Per quanto riguarda la dinamica di fioritura essa ha confermato la spiccata precocità come tipicamente avviene negli ecosistemi naturali dai quali le specie sono state raccolte. Decisamente precoci sono risultate *Narcissus tazetta* e *Crocus Neapolitanus* (circa la metà di gennaio) mentre *Scilla bifolia* ha mostrato fioritura circa 2 settimane più tardi. Tra la fine del mese di febbraio e l'inizio del mese di marzo sono iniziate le fioriture delle due ranunculaceae appartenenti al genere *Anemone*. La frequenza delle visite degli impollinatori è risultata limitata dalle temperature relativamente basse (circa 10°C). Solamente nel caso del *Narcissus tazetta* sono state rilevate delle visite di media intensità probabilmente in seguito alla spiccata attrattività dei fiori dotati del loro caratteristico ed intenso profumo.

Nella tabella 2 sono riportati i medesimi dati sopra discussi riferiti alle specie selezionate per i loro calendari di fioritura in epoca primaverile. Come si può osservare la dinamica di emergenza di 4 delle 5 specie è stata decisamente soddisfacente trattandosi di specie spontanee spesso caratterizzate da semi dormienti. Fa eccezione il caso di *Tuberaria guttata* cistacea che ha mostrato una germinazione di circa il 30%. Tale specie, contraddistinta da caratteristiche macchie alla base dei petali, ha mostrato il più basso grado di copertura (quasi il 40%) per questo raggruppamento di specie. Un grado di ricoprimento più intenso è stato osservato per le altre specie oscil-

Tabella 1: Caratteristiche bio-agronomiche delle wildflowers utilizzate per la realizzazione di tetti verdi a fioritura precosissima (fine inverno).

Specie	Emergenza %	Copertura %	Periodi di fioritura	Visite Impollinatori
Narcissus tazetta *	96 ± 1,1	33 ± 8	20/01 – 5/4	medie
Crocus neapolitanus *	98 ± 0,8	28 ± 3	15/01 – 10/03	scarse
Anemone hortensis *	97 ± 1,0	35 ± 6	1/3 – 20/04	scarse
Anemone coronaria*	95 ± 1,3	38 ± 3	25/02 – 10/04	scarse
Scilla bifolia *	98 ± 0,7	27 ± 2	1/02 – 10/03	scarse

* da bulbo



Figura 2: Lepidottero in fase di suzione di nettare su fiori di *Dianthus cartusianorum* specie a fioritura prolungata anche nei periodi più caldi.

lando tra il 42% della *Nigella damascena* al 53% di *Centaurea cyanus*. Come da aspettative la dinamica di fioritura è stata più tardiva rispetto alle specie precedentemente esaminate ed ha oscillato tra il 25 marzo ed il 10 giugno. Per quanto riguarda il livello di visite esse sono risultate elevate nel caso di *Centaurea cyanus* asteracea specie tipicamente dotata di numerosi e vistosi fiori in grado di attrarre un elevato numero di impollinatori. Soddisfacente è stata l'attrattiva di *Chrysanthemum myconis* e *Anthemis arvensis* mentre di minore impatto per l'entomofauna sono risultati i fiori di *Tuberaria guttata* e *Nigella damascena*.

Nella tabella 3 procede la disamina dei risultati riferiti a specie contraddistinte da epoca di fioritura ricadente nel periodo estivo. In questo caso la dinamica di emergenza è stata decisamente minore dei casi precedentemente discussi non avendo mai raggiunto il 50%.

Tabella 2: Caratteristiche bio-agronomiche delle wildflowers utilizzate per la realizzazione di tetti verdi a fioritura precoce (primavera).

Specie	Emergenza %	Copertura %	Periodi di fioritura	Visite Impollinatori
<i>Centaurea cyanus</i>	67 ± 3	53 ± 5	25/03 – 25/5	elevate
<i>Anthemis arvensis</i>	72 ± 2	47 ± 3	10/4 – 20/05	medie
<i>Chrysanthemum myconis</i>	65 ± 2	51 ± 3	1/5 – 10/06	medie
<i>Tuberaria guttata</i>	32 ± 3	39 ± 3	10/04 – 20/05	scarse
<i>Nigella damascena</i>	65 ± 4	42 ± 6	25/04 – 15/05	scarse

Tabella 3: Caratteristiche bio-agronomiche delle wildflowers utilizzate per la realizzazione di tetti verdi a fioritura a precocità standard (piena estate).

Specie	Emergenza %	Copertura %	Periodi di fioritura	Visite Impollinatori
<i>Consolida regalis</i>	22 ± 3	36 ± 5	20/04 – 10/7	elevate
<i>Scabiosa columbaria</i>	42 ± 2	70 ± 2	10/5 – 10/09	elevate
<i>Calamintha nepeta</i>	28 ± 3	37 ± 3	15/6 – 20/08	media
<i>Anthirrinum majus</i>	37 ± 4	48 ± 3	20/05 – 10/08	medie
<i>Dianthus cartusianorum</i>	44 ± 3	45 ± 5	15/05 – 10/10	elevate

Tabella 4: Caratteristiche bio-agronomiche delle wildflowers utilizzate per la realizzazione di tetti verdi a fioritura tardiva (fine estate).

Specie	Emergenza %	Copertura %	Periodi di fioritura	Visite Impollinatori
<i>Stenbergia lutea</i> *	96 ± 3	22 ± 3	5/09 – 15/10	medie
<i>Scilla autumnalis</i> *	97 ± 2	23 ± 3	20/8 – 5/10	elevate
<i>Odontites lutea</i>	15 ± 2	15 ± 6	5/9 – 10/10	media
<i>Leontodon tuberosus</i>	34 ± 4	31 ± 3	10/09 – 25/10	elevate
<i>Aster lynosiris</i>	22 ± 3	27 ± 2	15/09 – 10/10	medie

* da bulbo

I risultati meno soddisfacenti sono stati quelli di *Consolida regalis* e *Calamintha nepeta* che hanno mostrato valori rispettivamente del 22 e 28%. Più agronomicamente accettabili sono risultati i tassi di emergenza di *Anthirrinum majus*, *Scabiosa columbaria* e *Dianthus cartusianorum* risultati rispettivamente del 37, 42 e 44%. I periodi di fioritura sono ricaduti nel periodo che va dalla primavera inoltrata (20 aprile nel caso di *Consolida regalis*) e persino inizio autunno (10 ottobre nel caso di *Dianthus cartusianorum*). Tale precocità ed amplitudine del periodo delle fioriture può essere legata alla tipica “isola di calore” che si verifica in ambiente urbano (dati non mostrati) consentendo così di rendere meno limitanti le cosiddette somme termiche necessarie per il raggiungimento e mantenimento della fase fenologica di fioritura. Sono inoltre risultati elevati i livelli di

visite degli impollinatori nel caso di *Consolida regalis*, *Dianthus cartusianorum* e *Scabiosa columbaria*. Soddisfacente è risultata l’attrattività di *Anthirrinum majus* e *Calamintha nepeta* che hanno mostrato tassi di visite dell’entomofauna compresa tra i 5 ed i 10 individui per m² per ogni minuto di osservazione.

La tabella 4 illustra infine i dati relativi alla più tardiva delle epoche di fioritura desiderate. Analogamente a quanto discusso nella tabella 1, l’uso di materiale di propagazione vegetativo ha comportato un tasso di emergenza pressochè ottimale come mostrato da *Stenbergia lutea* e *Scilla autumnalis*. Purtroppo sono risultati decisamente bassi i livelli di emergenza di *Leontodon tuberosus* (34%) ed ancor più di *Aster lynosiris* (22%) e *Odontites lutea* (15%). Assolutamente confortante è stata l’epoca di fioritura in quanto decisamente estesa tra fine agosto

Tabella 5: Categorie dell'entomofauna osservate sui fiori delle varie specie (valori espressi come % sul totale).

Specie	Api domestiche	Api solitarie	Bombi	Ditteri	Lepidotteri
<i>Fine inverno (feb-mar)</i>	13	19	15	48	5
<i>Primavera (apr-giu)</i>	20	30	22	18	10
<i>Estate (lug-ago)</i>	29	24	21	4	22
<i>Fine estate- autunno (set-nov)</i>	23	21	18	20	18

(*Scilla autumnalis*) e fine ottobre (*Leontodon tuberosus*) confermando l'ipotesi che sia possibile mantenere prolungati calendari di fioriture mediante l'inserimento di fitocenosi diversificate. Ottimale è inoltre risultata l'attrattività di *Scilla autumnalis* e *Leontodon tuberosus* e soddisfacenti quelle di *Stenbergia lutea*, *Aster linosyris* e *Odontites lutea*.

Tali confortanti risultati in termini di attrattività dell'entomofauna sono probabilmente da attribuire non solamente alle caratteristiche delle specie utilizzate ma anche al fatto che nei periodi di fine estate ed inizio autunno sono solitamente carenti le fioriture delle wildflowers circostanti all'ecosistema urbano con il conseguente scarso livello di competitività tra le varie specie nell'attrazione degli impollinatori.

Nella tabella 5 è riportata la composizione percentuale delle varie categorie di impollinatori osservata nei vari periodi dell'anno sulle fitocenosi contraddistinte da diversificate epoche di fioritura. Come si può osservare non c'è una categoria che tende a prevalere sulle altre fatta eccezione di quella dei ditteri (soprattutto sirfidi) nel periodo di fine inverno, epoca in cui questo raggruppamento raggiunge quasi la metà dell'intera entomofauna presente. Ciò appare probabilmente legato alle loro minori esigenze termiche sia in termini di crescita delle rispettive forme larvali che di attività degli individui adulti. Al contrario i lepidotteri sono risultati la categoria meno attiva durante i periodi più freddi evidenziando una presenza di solo il 5%. Tale categoria di impollinatori è risultata aumentare in modo proporzionale alla temperatura dal momento che i valori maggiori sono stati osservati durante il periodo estivo (22%). Analogamente, anche la presenza di api domestiche è risultata aumentare dai periodi più freddi (13%) a quelli

più caldi (29%). Tuttavia tale fenomeno sembra non derivare solo dalle esigenze termiche di questi pronubi ma anche dal fatto, come precedentemente discusso, che durante il periodo estivo sono tipicamente carenti negli ecosistemi circostanti a quello urbano specie in grado di soddisfare le esigenze di polline e nettare. Le api solitarie hanno mostrato una maggiore presenza nel periodo primaverile estivo e sono state rappresentate soprattutto da Andrenidi, Antoforidi, Melittidi, Colletidi, Alictidi e Megachilidi.

Da sottolineare è inoltre la costante presenza nei vari periodi di sperimentazione di *Xylocopa violacea* ape solitaria osservata dalle precocissime fioriture di *Narcissus tazetta* a quelle tardive di *Scilla autumnalis*. La categoria dei Bombi è stata presente pressoché uniformemente durante i vari periodi oscillando dal 15% del periodo di fine inverno al 22% del periodo primaverile.

Nella tabella 6 sono state riportate le categorie di impollinatori risultati prevalenti sulle varie specie sperimentate. Come già discusso i ditteri sono stati prevalenti nelle specie precocissime come nel caso di *Crocus neapolitanus* e *Narcissus tazetta*. Da segnalare è stata inoltre la prevalenza dei Bombi su *Centaurea cyanus*, *Consolida regalis* e *Scabiosa columbaria* e di *Xylocopa violacea* su *Anthirrinum majus*. Tali confortanti risultati in termini di attrattività dell'entomofauna appaiono tuttavia dovuti anche alla località della sperimentazione che, seppur situata in aree urbane, ha beneficiato dell'importante ruolo di corridoio ecologico del Viale delle Piagge in termini di ingresso dell'entomofauna dalle campagne circostanti verso la città.

Elevata è stata inoltre la presenza di lepidotteri Licenidi su *Anthemis arvensis*, *Odontites lutea* e *Aster linosyris* e di Pieridi su *Dianthus cartusianorum*.

Tabella 6: Entomofauna risultata più frequente nelle varie "wildflowers".

Specie	Entomofauna prevalente
Narcissus tazetta	Ditteri (Sirfidi)
Crocus neapolitanus	Ditteri (Sirfidi)
Anemone hortensis	Imenotteri (Api solitarie)
Anemone coronaria	Imenotteri (Api solitarie)
Scilla bifolia	Imenotteri (Api solitarie)
Centaurea cyanus	Imenotteri (Bombus spp.)
Anthemis arvensis	Lepidotteri (Licenidi)
Chrysanthemum myconis	Ditteri (Sirfidi e Bombilidi)
Tuberaria guttata	Imenotteri (Api solitarie)
Nigella damascena	Imenotteri (Api domestiche)
Consolida regalis	Imenotteri (Bombus spp.)
Scabiosa columbaria	Imenotteri (Bombus spp.)
Calamintha nepeta	Imenotteri (Api solitarie)
Anthriscum majus	Imenotteri (Ape solitaria, Xylocopa violacea)
Dianthus cartusianorum	Lepidotteri (Pieridi)
Stenbergia lutea	Ditteri (Sirfidi)
Scilla autumnalis	Imenotteri (api domestiche)
Odontites lutea	Lepidotteri (Licenidi)
Leontodon tuberosus	Imenotteri (Api domestiche)
Aster linosyris	Lepidotteri (Licenidi)



Figura 3: Impatto estetico di alcune fioriture verificate in tarda primavera.

Conclusioni

Assolutamente confortanti sono risultati sia i risultati relativi alla colonizzazione di spazi ecologici urbani da parte delle wildflowers sperimentate che la loro attrattività nei confronti dell'entomofauna all'interno dell'ecosistema urbano. Affinchè tale biodiversità possa essere ricreata anche in ambienti contraddistinti da elevata cementificazione e scarsità di spazi verdi (aree centrali di grandi città) appare tuttavia essenziale la creazione di corridoi ecologici per favorire l'ingresso dell'entomofauna all'interno dell'ecosistema urbano.

In altre parole, sarà necessaria una pianificazione del territorio urbano che preveda delle seppur piccole oasi di sopravvivenza negli spazi ecologici disponibili. In questo ambito potrà risultare di cruciale importanza non solamente l'allestimento di tetti verdi ma anche la loro integrazione con quei cosiddetti giardini verticali che trovano una loro collocazione come rivestimento di aree cementificate. La possibilità di coordinare associazioni floristiche in grado di fornire nel tempo le risorse trofiche necessarie all'entomofauna appare infine come una ulteriore strategia di creazione di *habitat* urbani idonei alla creazione di ecosistemi artificiali ad elevato valore estetico-paesaggistico.



Figura 4: Lepidottero (*Papilio Machaon*) attratto all'interno dell'ecosistema urbano grazie alle wildflowers collocate sul tetto verde.

Bibliografia

- [1] S. Brenneisen *Urban Habitats* 2006, 4, 27–36.
- [2] E. Oberndorfer, J. Lundholm, B. Bass, R.R. Coffman, H. Doshi, N. Dunnett N, M. Köhler, K.K.Y Liu, B. Rowe, *BioSci.*, 2007, 57, 823-833.
- [3] N. Dunnett, A. Nagase, A. Hallam, *Urban Ecosys.* 2008, 11, 373-384.
- [4] M. Boivin, M.Lamy, A.Gosselin, B. Dansereau, *HortTechnol.* 2001, 11, 409-412.
- [5] A.K. Durhman, D.B. Rowe, C. Rugh, R.D. Bradley, L. Clayton, *HortSci.* 2007, [6] N. Dunnett, A. Nagase, R. Booth, J. Grime, *Urban Ecosystem* 2008, 11, 385-398.
- [7] B.A. Currie, B. Bass *Urban Ecosys.* 2008, 11, 409-422.
- [8] S.E. Gill, J.F. Handley, A.R. Ennos, S. Paulleit, *Build Envir.* 2007, 33,115-133.
- [9] K.L. Getter, D.B. Rowe, *HortSci*, 2006, 41, 1276-1286.
- [10] S. Benvenuti, D. Bacci *Urban Ecosys.* 2010, 13, 349-363.

Approccio metodologico allo studio dell'ambiente marino sul campo e con l'utilizzo di videoproiezioni

Roberto Bedini*¹, Marco Bedini¹, Lisa Bonechi¹

Parole chiave: biologia marina, educazione ambientale, studenti

Siamo fermamente convinti che una vasta parte degli studi relativi alle scienze marine (biologia, ecologia, etologia, ecc.) non possa essere appresa soltanto nelle aule, soprattutto a livello universitario, ma debba essere svolta "sul campo" e in laboratorio, dove gli studenti in prima persona possano utilizzare tecniche e strumenti usati abitualmente per le ricerche sulle diverse aree di studio. Alla luce di tutto questo il nostro Istituto organizza da anni corsi ed altre attività educative per studenti delle scuole di ogni ordine e grado, incluse le università, basati su lezioni e campionamenti di materiale direttamente lungo le nostre coste. Il materiale raccolto dagli studenti viene poi analizzato allo stereomicroscopio nei laboratori dell'Istituto. Inoltre la nostra videoteca (5000 specie marine) permette di affrontare una vastissima varietà di argomenti, inclusi sistematica di piante e animali marini, etologia, anatomia comparata, fisiologia, caratteristiche fisiche dell'ambiente marino (maree, correnti, onde, ecc.). In questo lavoro sono presentati quattro esempi di progetti svolti su quattro diversi argomenti e con quattro diversi livelli di difficoltà (elementari, medie, superiori, università). Il lavoro svolto con alcune classi del Liceo Scientifico e del Liceo Classico di Piombino ha affrontato il tema del movimento e dell'evoluzione delle varie strutture ad esso dedicate, dagli organismi unicellulari fino agli animali superiori.

Ai ragazzi delle scuole medie di Porto Azzurro è stata fornita una conoscenza generale di base dell'ambiente marino (differenze fra ambiente sabbioso e roccioso) con particolare attenzione alle diverse forme di inquinamento; con le scuole elementari di Rio Marina è stato affrontato l'argomento pesca, analizzando le differenze tra il passato e il presente, anche con il coinvolgimento di alcuni pescatori.

Alla fine di ogni percorso gli appunti presi dagli studenti sono stati corretti ed integrati con immagini e disegni e sono andati a formare un libretto che è stato consegnato ad ogni partecipante.

Introduzione

Soffermandosi sulla definizione di "educazione ambientale" data nel corso della conferenza UNESCO svoltasi a Tbilisi nel 1977, in cui si sottolinea come questa abbia come fine quello di "... portare gli individui e la collettività a conoscere la complessità dell'ambiente, sia di quello naturale che di quello creato dall'uomo, complessità dovuta all'interattività dei suoi aspetti biologici, fisici, sociali, economici e culturali... [allo scopo di] acquisire le conoscenze, i valori, i comportamenti e le competenze pratiche necessa-

rie per partecipare in modo responsabile ed efficace alla prevenzione, alla soluzione dei problemi ambientali e alla gestione della qualità dell'ambiente ...", risulta evidente la sua grande importanza soprattutto per ragazzi e ragazze in età scolare. Per questo, fin dalla sua nascita, l'Istituto di Biologia e Ecologia Marina di Piombino ha fatto dell'educazione ambientale uno dei suoi punti di forza, con interventi in scuole di ogni ordine e grado, cercando di sfruttare il più possibile strumenti che possano coinvolgere gli studenti e, soprattutto, facendo sentire gli studenti stessi, in prima persona, sul campo, permetten-

do loro di acquisire le conoscenze per esperienza diretta e di affrontare gli argomenti in modo metodico e con valenza scientifica specifica e adeguata alla loro età. Questa, a nostro parere, è la via migliore per ottenere buoni e, soprattutto, duraturi risultati di apprendimento.

Materiali e metodi

Fra i vari lavori svolti dall'IBEM (Istituto di Biologia ed Ecologia Marina) nel corso degli anni sono stati scelti quattro esempi, uno per ogni ordine scolastico (superiori, medie, elementari) ed uno per le esercitazioni universitarie.

Con gli studenti delle superiori è stato affrontato l'argomento *movimento*: sono state descritte le varie soluzioni adottate dai differenti organismi (dagli unicellulari agli animali superiori): dai primi movimenti utilizzando il battito di ciglia, come nei protozoi o negli ctenofori, alla idropulsione a getto d'acqua come nei cefalopodi; dal movimento tramite contrazioni muscolari nei molluschi che strisciano ai movimenti peristaltici nel lombrico. Con lo sviluppo degli arti abbiamo mostrato la locomozione negli artropodi, il volo negli insetti, negli uccelli e in altri animali che si sono dotati di strutture che permettono loro brevi voli. Per tutti abbiamo dedicato particolare attenzione alla crescente complessità nel corso dell'avanzamento nella scala evolutiva.

Ci siamo poi soffermati sui movimenti e le coordinazioni motorie posturali di parata di molti animali (dagli invertebrati, come i granchi, ai vertebrati, come pesci ed uccelli) sia come richiamo sessuale nel periodo degli amori, sia come atteggiamento di minaccia, sia per altri tipi di comunicazione inter ed intraspecifica. Abbiamo analizzato anche nell'uomo i movimenti innati e quelli appresi. Abbiamo, ad esempio, mostrato come in popolazioni diverse alcune espressioni mimiche siano identiche per esprimere le stesse emozioni e sensazioni o la complessità delle specificità tecniche di molte discipline sportive e il relativo apprendimento motorio specifico.

I ragazzi sono intervenuti confrontando le loro esperienze e le loro conoscenze negli argomenti trattati, prendendo inoltre appunti per una relazione finale su tutto il programma svolto.

Gli appunti sono stati consegnati, per ogni lezione,

in quella successiva e sono stati corretti dai biologi dell'Istituto che hanno aggiunto ai testi le immagini più appropriate per redigere, a fine corso, un libretto con tutto il lavoro svolto, gli interventi e i dibattiti e il nome di tutti gli studenti che hanno fornito materiale scritto.

L'argomento è stato trattato inizialmente con lezioni frontali, svolte con proiezione di immagini dedicate ad una migliore comprensione del tema trattato e, soprattutto, con dibattito.

Alle medie è stato affrontato l'ambiente marino nelle sue caratteristiche generali, per dare una visione d'insieme dell'argomento ed una prima conoscenza di base, che potrà essere approfondita nello specifico negli anni successivi.

Anche in questo caso sono state alternate lezioni con proiezioni di immagini ad esperienze dirette in laboratorio, alle quali gli studenti hanno preso parte attiva. Per spiegare alcune caratteristiche fisiche dell'acqua in generale e dell'acqua di mare nello specifico è stato sufficiente utilizzare una bacinella piena e un po' di borotalco per parlare di tensione superficiale, inchiostro e acqua calda per mostrare come vari la densità in base alla temperatura; sale, acqua e fette di patata per affrontare l'argomento dell'osmosi. Oltre a questo, gli studenti hanno anche potuto effettuare un campionamento, grattando con un apposito retino dotato di lama, una parete sommersa, per catturare molluschi, crostacei, anellidi, ecc, che sono stati poi osservati allo stereomicroscopio per analizzarne le diverse caratteristiche. In alcuni corsi ci siamo serviti di testi di facile consultazione per aiutare gli studenti a cercare di determinare tassonomicamente gli animali osservati allo stereomicroscopio.

Gli animali e i vegetali più significativi riguardo all'argomento trattato sono stati fotografati dagli alunni con una fotocamera digitale collegata ad uno stereomicroscopio in modo da fornire materiale di studio una volta tornati a scuola. Esercitazioni pratiche sono state svolte sulle spiagge, nel nostro acquario mediterraneo e nel museo.

gli autori

¹ Istituto di Biologia ed Ecologia Marina, Piazza Bovio, 3 / 4 57025, Piombino (LI), museomare@biomare.it



Fig. 1: Studenti delle medie allo stereomicroscopio.



Fig. 2: Studenti al museo.

Infine, per le elementari, l'esempio scelto è stato quello della storia della pesca a Rio Marina e Cavo, affrontato con alunni dell'isola d'Elba. Anche in questo caso, dopo brevi lezioni introduttive sull'ambiente mare e sulla pesca, le lezioni si sono spostate direttamente sul porto, all'attracco delle barche dei pescatori, dove i ragazzi hanno intervistato i pescatori, che li hanno resi partecipi delle loro esperienze in mare e si sono cimentati in nodi marinari, a scaricare il pesce e sistemare le nasse per la cala della giornata successiva. Ai ragazzi è stato inoltre dato il compito di cercare di recuperare, dagli abitanti e dai parenti, vecchie foto relative alla pesca nella loro

città, per documentare le varie stagioni delle attività di pesca negli anni passati e nel presente. Per gli studenti universitari, oltre alle lezioni con proiezioni riguardanti gli argomenti scelti da loro e dal professore (di solito inerenti ai programmi di zoologia, fisiologia animale, zoologia sistematica e biologia marina), la parte preponderante e più importante sono state le esercitazioni.

Il nostro Istituto ha i laboratori da esercitazione serviti di acqua marina pompata direttamente dal mare, per cui è possibile organizzare esercitazioni con specie bentoniche vive, che spaziano dalla determinazione tassonomica delle specie, campionate direttamente sul mare dagli studenti o dai nostri biologi in immersione con ARA, ovvero prelevate dagli acquari. È possibile effettuare esercitazioni di anatomia comparata con gli esemplari conservati nel museo o acquistati in pescheria. Si possono effettuare esercitazioni sulle diverse caratteristiche anatomiche dei suddetti animali. Tramite una telecamera posizionata su un microscopio e collegata ad un sistema di videoregistrazione è



Fig. 3: Studenti universitari allo stereomicroscopio.

possibile anche a gruppi di 60 studenti sistemati nell'aula di proiezione osservare, ad esempio, un particolare anatomico di un macroinvertebrato o la struttura di una foglia di posidonia. Per chi è in possesso di un brevetto subacqueo è possibile effettuare un campionamento di materiale da visionare in laboratorio con i nostri biologi subacquei.

Risultati

Nel corso degli ultimi 25 anni i progetti di educazione ambientale dell'istituto hanno coinvolto circa 25.500 ragazzi di età compresa fra i 6 e i 20 anni.

Possiamo affermare con certezza che le esperienze in prima persona sono state quelle maggiormente apprezzate dagli studenti: l'osservazione delle caratteristiche degli animali e dei vegetali marini, quali alghe e *Posidonia oceanica*, nel nostro acquario mediterraneo (con al suo interno 20 vasche di cui tre da 4000 l collegate direttamente con il mare), macroinvertebrati e pesci. Nel nostro museo essi hanno potuto osservare e, cosa particolarmente gradita, *toccare* tartarughe marine e parti di squalo; osservare uno scheletro completo di delfino e le sue sorprendenti caratteristiche determinate dall'evoluzione, echinodermi, molluschi, spugne e così via.

Inoltre, soprattutto per quanto riguarda i corsi svolti per tutto l'anno scolastico, è risultato

evidente come i ragazzi, a fine corso, avessero acquisito la manualità e le capacità operative necessarie per preparare un' esercitazione in modo autonomo, utilizzando pHmetri, bilance di precisione, strumentazioni per la misurazione di O₂ disciolto in acqua, temperatura, salinità, stufe per ottenere il peso secco degli organismi studiati, ecc., doti non acquisibili con i libri di testo. Questo dato è stato riscontrato anche per i corsi svolti alle elementari, dove, dopo alcuni incontri, gli alunni sono stati in grado di organizzare il lavoro per effettuare una raccolta di informazioni relative al passato, attuando, seppur in scala ridotta, un metodo di indagine scientifica, svolgendo una vera e propria ricerca

Conclusioni

Fin dalle scuole elementari la metodologia per l'insegnamento delle scienze naturali, oltre le canoniche lezioni frontali, deve essere indirizzata verso l'apprendimento tramite esperienza diretta da parte degli studenti sia con attività sul campo che in classe o in laboratorio.

Si darà importanza anche alla fase preparatoria delle lezioni e sperimentazioni affinché gli studenti apprendano le tecniche e una buona manualità specifica nell'utilizzo degli strumenti necessari.

Ciò che si apprende con esperienza diretta diventa bagaglio insostituibile di conoscenza. Mano a mano che si opererà con studenti delle classi superiori le attività si faranno più complesse e quanto appreso precedentemente sarà la base su cui formare le nuove attività a livelli scientifici maggiori.

L'uso degli stereomicroscopi aprirà agli studenti la visione di un mondo sconosciuto e affascinante facendo comprendere la complessità di forme, apparati e organismi dai più piccoli ai più grandi, aumentando in loro la consapevolezza della complessità della vita anche di esseri di cui neanche supponevano l'esistenza. Queste conoscenze renderanno più semplice per gli studenti comprendere l'importanza della conservazione di quel mondo di cui cominciano a conoscere la funzione.



Fig. 4: Esercitazione in laboratorio: ricostruzione di Squilla mantis.

I minerali nelle scorie antiche provenienti da località della Toscana centro-occidentale

Francesco Bonotti¹, Michele Degl'Innocenti²

Parole chiave: metalli, scorie metallurgiche, minerali, cristallizzazioni

A partire dal periodo etrusco, proseguendo poi fino a quello tardo-romano e medievale, alcune località toscane furono letteralmente ricoperte da cumuli di materiale di risulta delle lavorazioni per l'estrazione dei metalli. Questi siti, normalmente localizzati in prossimità della costa (come ad esempio lungo il golfo di Baratti) oppure nelle immediate vicinanze delle stesse miniere (come ad esempio Madonna della Fucinaia, nei pressi di Campiglia Marittima), venivano scelti soprattutto sulla base di determinate caratteristiche: facilità di accesso, presenza di acqua, disponibilità di combustibile (carbone di legna) per alimentare i forni fusori.

Queste antiche scorie metallurgiche, dette localmente “loppe” oppure “schiume metalliche”, attrassero l'interesse degli scienziati fin dalla seconda metà del 1700; contenendo ancora alti tenori di minerali utili, soprattutto ferro (fino ad oltre il 60%), sono state in tempi recenti, specie a cavallo delle due Guerre Mondiali nel secolo scorso, fatte oggetto di riciclo all'interno dei moderni stabilimenti siderurgici.

Dalla metà degli anni '80 del XX secolo collezionisti e studiosi si sono appassionati alla ricerca e alla raccolta di queste scorie, specie di quelle che presentano in superficie macchie colorate; fratturandole infatti, queste possono talvolta rivelare al loro interno cavità nelle quali hanno cristallizzato, al momento del raffreddamento della massa incandescente fuoriuscita dai forni, moltissime fasi minerali diverse, quasi sempre di piccole o piccolissime dimensioni, ma con forme e colori che nulla hanno a che invidiare ai loro “fratelli maggiori”, dimensionalmente parlando.

Scopo di questo intervento è quello di fare il punto sullo stato attuale delle ricerche e delle conoscenze in questo campo; ricerche che, limitandoci geograficamente alla Toscana centro-occidentale, grossomodo cioè quella zona compresa sul confine tra le province di Livorno e Grosseto, hanno permesso di riconoscere e classificare fino ad oggi oltre 100 specie mineralogiche differenti, oltre ad una fino ad oggi peculiare esclusivamente di questa giacitura purtroppo non ratificata dall'I.M.A.-C.N.M.M.N. (International Mineralogical Association - Commission on New Minerals and Mineral Names), ma comunque confidenzialmente chiamata tra i collezionisti “barattite”.

Introduzione

La Toscana è stata da sempre, grazie alla ricchezza del suo sottosuolo, sede privilegiata per la ricerca, l'estrazione e la lavorazione dei minerali per ricavarne metalli da parte dei suoi antichi abitanti. Almeno a partire dalla fine del III/inizio II millennio a.C. sono documentate [15] frequentazioni umane connesse alla ricerca di minerali di rame, come ad esempio le sepolture eneolitiche della Grotta di San Giuseppe pres-

so Rio all'isola d'Elba [18]. A partire dal VII secolo a.C. inizia probabilmente lo sfruttamento dei

gli autori

¹ Via Calatafimi, 54 - 56121 Oratoio (PI), francesco.bonotti@fastwebnet.it

² Località Bucine, 45 - 57037 Portoferraio (LI), michele.elba@libero.it

ricchissimi giacimenti di ematite dell'Elba proseguiti poi, forse senza soluzione di continuità, fino ai nostri giorni; coeve si possono ritenere le escavazioni dei filoni polimetallici del campigliese e del massetano. Questi lavori erano condotti al fine di reperire minerali utili per l'estrazione di diversi metalli, principalmente ferro, rame, piombo e stagno.

Nel caso del minerale elbano, grazie agli studi dell'archeometallurgia [1, 5, 6], è stato possibile ricostruire le varie fasi del processo di lavorazione.

La "riduzione" avveniva all'interno di semplici forni[14] "a basso fuoco"¹, previo alcuni passaggi preliminari come la cernita, per scartare parti di materiale non utile, e l'arrostitimento, che permetteva di eliminare in gran parte lo zolfo presente nel minerale. In questo modo gli antichi metallurgisti riuscivano ad ottenere, attraverso il cosiddetto "metodo diretto"², una massa di ferro dolce che successivamente, dopo opportuni trattamenti di "scorificazione", veniva forgiata sotto forma di vari oggetti o semilavorati.

Nell'ambito territoriale preso in esame sono numerosissime le località sede di attività fusoria censite, quasi mai cronologicamente databili con sicurezza, se non nei rarissimi casi in cui il sito è stato oggetto di puntuali scavi archeologici che abbiano rinvenuto in strato materiali datanti, oppure allorquando i siti stessi siano stati sottoposti ad esami al radiocarbonio.

I cumuli di scorie oggi visibili sul terreno, di dimensione e consistenza molto variabili da una località all'altra³, attirarono fin dalla seconda

metà del XVIII secolo l'interesse degli scienziati che, durante le loro campagne di studio, frequentemente vi si imbararono. Soprattutto poi nel periodo a cavallo tra le due Guerre Mondiali queste scorie furono riutilizzate, o come materiali utili per l'estrazione di metalli (dettagliate analisi condotte su materiali rinvenuti nel territorio del golfo di Follonica, dove peraltro sono state censite circa 180 località che presentano resti di attività fusorie, rivelano una presenza in percentuale di Fe fino ed oltre il 60%), oppure come materiale utile per la realizzazione di massicciate stradali, ferroviarie e per colmare zone acquitrinose.

L'attività di fusione produceva ingenti quantità di scarto sotto forma di una massa fusa incandescente. Il lento raffreddamento di questa massa, unito spesso all'azione di acqua di mare, ha consentito il formarsi di scorie, delle dimensioni medie di un pugno, che presentano al loro interno numerose "bollosità" o "geodi", riempite talvolta da minerali di piccole o piccolissime dimensioni (normalmente da sub-millimetriche a millimetriche) ma con forme così nette e colori così brillanti da renderli ambiti dai collezionisti. Nella zona di nostro interesse i siti che ad oggi hanno restituito la maggior varietà di minerali all'interno delle scorie sono il golfo di Baratti [7, 8, 11] (Piombino), Madonna della Fucinaia [2, 4, 9] (Campiglia Marittima), Capattoli (Campiglia Marittima), Val Canina (Sassetta), Montoccoli (Massa Marittima) e La Marsiliana (Massa Marittima). Vista la varietà tipologica delle scorie e delle fasi minerali in esse ricristallizzate, è



Figura 1: 1) Golfo di Baratti: frammenti di scorie e pietre sulla spiaggia; la colorazione scura indica la presenza di minutissimi cristalli di ematite, (foto Bonotti). 2) Madonna della Fucinaia (Campiglia Marittima): resti di forni fusori probabilmente usati per la produzione di rame, (foto Bonotti).



Figura 2: 1) Capattoli (Campiglia Marittima): cumulo di scorie raccolto durante una ricerca; la colorazione esterna rivela una buona mineralizzazione, (foto Bonotti). 2) Madonna della Fucinaia (Campiglia Marittima): una grossa scoria parzialmente fratturata con presenza di bollosità colorate dovute a minerali di rame e piombo, (foto Bonotti).

ragionevole ipotizzare che in alcune località siano stati trattati, magari in un lasso di tempo lungo anche alcuni secoli, materiali di diversa origine e provenienza. Per fare un esempio, la grandissima parte delle scorie presenti fino ad un secolo fa presso il golfo di Baratti erano sicuramente il prodotto di scarto della fusione dell'ematite elbana; queste loppe furono infatti recuperate e rifuse, come detto, per gli alti tenori di ferro che ancora contenevano. La nutrita lista di minerali rinvenuti all'interno delle scorie di questa località, soprattutto minerali di piombo, argento, rame e zinco, unita poi all'estrema rarità in percentuale delle scorie rimineralizzate, ci portano a pensare che esse siano il risultato della lavorazione di un materiale diverso da quello elbano, quasi sicuramente solfuri misti estratti dalle miniere del campigliese. Infatti, dove la tipologia delle scorie è uniforme e queste sono sicuramente riconducibili alla lavorazione dell'ematite, i minerali secondari che si sono prodotti sono incredibilmente pochi [7, 8].

Materiali e metodi

La ricerca attenta [7, 8, 9] da parte di collezionisti italiani e stranieri, condotta anche su giacimenti analoghi di altre località straniere [10, 12, 13], soprattutto dalla seconda metà degli anni '80 dello scorso secolo ha permesso, in collaborazione con vari enti di ricerca sia universitari

che non, di riconoscere e catalogare oltre 100 specie mineralogiche differenti (vedi tabella 1) [17], tutte provenienti dalle località oggetto di questo intervento ed indicativamente ubicate a cavallo tra le province di Livorno e Grosseto, direttamente sul mare o da esso non troppo distanti.

I minerali identificati nei lavori specifici di riferimento [7, 8] sono stati riconosciuti attraverso analisi diffrattometriche a raggi-X ed analisi chimiche sia in microsonda che EDS in microscopia elettronica a scansione; altri, sono stati invece identificati dai vari appassionati di questa disciplina amatoriale, attraverso il semplice raffronto morfologico e dalle caratteristiche macroscopiche con l'aiuto di un microscopio binoculare. Queste ultime identificazioni, doverosamente indicate con un punto interrogativo, per mancanza di dati sperimentali certi, sono state proposte, per analogia di abito cristallino, colore ed associazioni, con altre specie rinvenute ed identificate con certezza in località e giaciture assimilabili.

Ogni singolo campione è controllato accuratamente al momento del ritrovamento sia a vista che con l'aiuto di una lente a forti ingrandimenti, in seguito utilizzando un binoculare di precisione si può arrivare a stabilirne l'identità. Con questo sistema è assai facile cadere in errori e false interpretazioni, ma ogni volta che sorgono dubbi circa l'identificazione, possiamo sempre attingere dalla esperienza consolidata di altri

esperti e studiosi e consultazione di bibliografie inerenti. Nei casi più difficili, i campioni vengono consegnati, per eventuali ulteriori analisi e comparazioni, ad Istituti Universitari o di Ricerca nazionali ed esteri.

Secondo noi, la formazione dei cristalli nelle cavità è avvenuta attraverso processi di cristallizzazione primaria (quando le geodi contenevano sostanze minerali sature), oppure attraverso processi secondari dovuti alla percolazione delle acque. In questo secondo caso le bollosità sono state occupate da soluzioni minerali concentrate dilavate che successivamente si sono cristallizzate. Riteniamo che la perfezione dei cristalli rinvenuti nelle scorie sia dovuta a diversi fattori tra loro concomitanti: saturazione e purezza delle soluzioni minerali, gradualità del raffreddamento ed assenza di elementi disturbatori chimici o meccanici. Tutte queste condizioni evidentemente erano rispettate già al momento della deposizione delle scorie nei luoghi di accumulo.

Risultati

Non tutte le località visitate hanno restituito, all'interno delle scorie raccolte, le stesse serie di minerali; nelle località più prossime alla costa o ubicate direttamente sul mare, si è riscontrata una maggior presenza di cloruri. Diversamente, in luoghi più distanti dal mare, si riscontra un numero maggiore di carbonati, solfati ed arseniati. Quando la massa fusa fuoriuscita dal forno è venuta in contatto con acqua salmastra, si è arricchita di elementi diversi ad essa estranei; fatto questo che ha permesso la formazione, all'interno di una stessa geode, di minerali diversi, anche in associazioni desuete e rare in natura. Interessante poi il fatto che in geodi contigue si possano rinvenire associazioni mineralogiche completamente diverse. L'esigua presenza di solfuri è dovuta essenzialmente al fatto che, come detto in precedenza, il minerale, prima di essere caricato nel forno, subiva alcune lavorazioni: veniva frantumato e quindi "arrostito" affinché perdesse la maggior quantità possibile dello zolfo presente (zolfo che rappresenta uno legante per le particelle metalliche da compattare).

Tabella 1: elenco delle specie mineralogiche sinora identificate nelle scorie della Toscana centro-occidentale. Per le chimiche vedi rif. [17].

ELEMENTI NATIVI (n. 4)	
ARGENTO	Ag
PIOMBO	Pb
RAME	Cu
ZOLFO	S
SOLFURI (n. 3)	
SFALERITE	ZnS
COVELLITE	CuS
GALENA	PbS
CLORURI (n. 21)	
ATACAMITE	Cu ₂ (OH) ₃ Cl
BOLEITE	KPb ₂₆ Ag ₉ Cu ₂₄ (OH) ₄₈ Cl ₆₂
BOTALLACKITE	Cu ₂ ²⁺ (OH) ₃ Cl
CONNELLITE	Cu ₁₉ ²⁺ (SO ₄)(OH) ₃₂ Cl ₄ ·3H ₂ O
COTUNNITE	PbCl ₂
CUMENGEITE	Pb ₂₁ Cu ₂₀ Cl ₄₂ (OH) ₄₀ ·6H ₂ O
DIABOLEITE	Pb ₂ CuCl ₂ (OH) ₄
ECDEMITE	Pb ₆ Cl ₄ (As ₂ O ₇)
FIEDLERITE	Pb ₃ FCl ₄ (OH) ₂ ·H ₂ O
HALITE	NaCl
ELIOFILLITE	Pb ₆ Cl ₄ (As ₂ O ₇)
IODARGIRITE	AgI
LAURIONITE	PbCl(OH)
MATLOCKITE	PbFCl
NEALITE	Pb ₄ Fe ⁺² (As ³⁺ O ₃) _{3/2} Cl ₄ ·2H ₂ O
NANTOKITE	CuCl
PARALAURIONITE	PbCl(OH)
PARATACAMITE	Cu ₃ (Cu,Zn)OH ₆ Cl ₂
PSEUDOBOLEITE	Pb ₃₁ Cu ₂₄ Cl ₆₂ (OH) ₄₈
PENFIELDITE	Pb ₂ Cl ₃ (OH)
THORIKOSITE	Pb ₃ Cl ₂ (OH)(SbO ₃ ,AsO ₃)
OSSIDI (n. 15)	
AKAGANEITE	β-Fe ³⁺ O(OH,Cl)
CUPRITE	Cu ₂ O
CALCOTRICHITE	Cu ₂ O
DELAFOSSITE	CuFeO ₂
EMATITE	α-Fe ³⁺ O(OH)
FEROXYHYTE	Fe ³⁺ O(OH)
FERRIHYDRITE	Fe ₅ ³⁺ O(OH) ₉
GOETHITE	Fe ⁺³ O(OH)
LITARGIRO	PbO
LUDLOCKITE	PbFe ₄ ³⁺ As ₁₀ ³⁺ O ₂₂

MANGANITE	$\text{Mn}^{3+}\text{O}(\text{OH})$
PORTLANDITE	$\text{Ca}(\text{OH})_2$
QUARZO	SiO_2
TOOLEITE	$\text{Fe}_6^{3+}(\text{As}^{3+}\text{O}_2)(\text{SO}_4)(\text{OH}_4)\cdot 4\text{H}_2\text{O}$
ZINCITE	$(\text{Zn},\text{Mn}^{+2},\text{Fe}^{2+})\text{O}$
CARBONATI (n. 16)	
ALUMOIDROCALCITE	$\text{CaAl}_2(\text{CO}_3)_2(\text{OH})_4\cdot 3\text{H}_2\text{O}$
ARAGONITE	CaCO_3
AURICALCITE	$(\text{Zn},\text{Cu})_5(\text{CO}_3)_2(\text{OH})_6$
AZZURRITE	$\text{Cu}_3(\text{CO}_3)_2(\text{OH})_3$
BARSTOWITE	$\text{PbCl}_6(\text{CO}_3)\text{H}_2\text{O}$
BRIANYOUNGITE	$\text{Zn}_3(\text{CO}_3)_2(\text{SO}_4)(\text{OH})_4$
CALCITE	CaCO_3
CERUSSITE	PbCO_3
FOSGENITE	$\text{Pb}_2\text{CO}_3\text{Cl}_2$
GERHARDTITE	$\text{Cu}_2(\text{NO}_3)(\text{OH})_3$
IDROCERUSSITE	$\text{Pb}_3(\text{CO}_3)_2(\text{OH})_2$
LEADHILLITE	$\text{Pb}_4(\text{CO}_3)_2(\text{SO}_4)(\text{OH})_2$
MALACHITE	$\text{Cu}_2(\text{CO}_3)(\text{OH})_3$
RODOCROSITE	MnCO_3
SIDERITE	FeCO_3
SMITHSONITE	ZnCO_3
SOLFATI (n. 30)	
ANGLESITE	PbSO_4
ANTLERITE	$\text{Cu}_3(\text{SO}_4)(\text{OH})_4$
BARITE	BaSO_4
BROCHANTITE	$\text{Cu}_4(\text{SO}_4)(\text{OH})_6$
CALCANTITE	$\text{CuSO}_4\cdot 5\text{H}_2\text{O}$
CALEDONITE	$\text{Cu}_2\text{Pb}_2(\text{SO}_4)_3(\text{CO}_3)(\text{OH})_6$
CHENITE	$\text{Pb}_4\text{Cu}(\text{SO}_4)_2(\text{OH})_6$
CYANOTRICHITE	$\text{Cu}_4\text{Al}_2(\text{SO}_4)(\text{OH})_{12}\cdot 2\text{H}_2\text{O}$
DELAFOSSITE	CuFeO_2
DEVILLINA	$\text{CaCu}_4(\text{SO}_4)_2(\text{OH})_6\cdot 3\text{H}_2\text{O}$
ELYTE	$\text{Pb}_4\text{Cu}(\text{SO}_4)_2(\text{OH})_4\cdot \text{H}_2\text{O}$
ETTRINGITE	$\text{Ca}_6\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3(\text{OH})_{12}\cdot 26\text{H}_2\text{O}$
GIESSO	$\text{CaSO}_4\cdot 2\text{H}_2\text{O}$
JAROSITE	$\text{KFe}_3^{3+}(\text{SO}_4)_2(\text{OH})_6$
LANARKITE	$\text{Pb}_2(\text{SO}_4)_2\text{O}$
LANGITE	$\text{Cu}_4(\text{SO}_4)(\text{OH})_6\cdot 2\text{H}_2\text{O}$
LAUTENTHALITE	$\text{PbCu}_4(\text{SO}_4)_2(\text{OH})_6\cdot 3\text{H}_2\text{O}$
LINARITE	$\text{PbCu}(\text{SO}_4)(\text{OH})_2$
MAMMOTHITE	$\text{Pb}_6\text{Cu}_2\text{AlSb}(\text{SO}_4)_2(\text{OH})_{18}\text{Cl}_4$
NAMUWITE	$(\text{Zn},\text{Cu})_4(\text{SO}_4)(\text{OH})_6\cdot 4\text{H}_2\text{O}$
PLUMBOJAROSITE	$\text{Pb}_{0.5}\text{Fe}_3^{3+}(\text{SO}_4)_2(\text{OH})_6$
POSNAKITE	$\text{Cu}_4(\text{SO}_4)(\text{OH})_6\cdot \text{H}_2\text{O}$

RAMSBECKITE	$(\text{Cu},\text{Zn})_{15}(\text{SO}_4)(\text{OH})_{22}\cdot 6\text{H}_2\text{O}$
SCHULEMBERGITE	$(\text{Cu},\text{Zn})_7(\text{SO}_4\text{CO}_3)_2(\text{OH})_{10}\cdot 3\text{H}_2\text{O}$
SERPIERITE	$\text{Ca}(\text{Cu},\text{Zn})_4(\text{SO}_4)_2(\text{OH})_6\cdot 3\text{H}_2\text{O}$
SPANGOLITE	$\text{Cu}_6\text{Al}(\text{SO}_4)(\text{OH})_{12}\text{Cl}\cdot 3\text{H}_2\text{O}$
SUSANNITE	$\text{Pb}_4(\text{CO}_3)_2(\text{SO}_4)(\text{OH})_2$
THAUMASITE	$\text{Ca}_3(\text{SO}_4)[\text{Si}(\text{OH})_6](\text{CO}_3)\cdot 12\text{H}_2\text{O}$
WOODWARDITE	$\text{Cu}_4\text{Al}_2(\text{SO}_4)(\text{OH})_{12}\cdot 2\cdot 4\text{H}_2\text{O}$
WROEWOLFTEITE	$\text{Cu}_4(\text{SO}_4)(\text{OH})_6\cdot 2\text{H}_2\text{O}$
ARSENIATI (n. 7)	
BAYLDONITE	$\text{PbCu}_3(\text{AsO}_4)_2(\text{OH})_2$
BEUDANTITE	$\text{PbFe}_3(\text{AsO}_4)(\text{SO}_4)(\text{OH})_6$
CALCOFILLITE	$\text{Cu}_{18}\text{Al}_2(\text{AsO}_4)_3(\text{SO}_4)_3(\text{OH})_{27}\cdot 3\text{H}_2\text{O}$
GEORGIADESITE	$\text{Pb}_4(\text{AsO}_3)_4\text{Cl}_4(\text{OH})$
MIMETTITE	$\text{Pb}_5(\text{AsO}_4)_3\text{Cl}$
OLIVENITE	$\text{Cu}_2(\text{AsO}_4)(\text{OH})$
FARMACOSIDERITE	$\text{KFe}_4(\text{AsO}_4)_3(\text{OH})_4\cdot 6\cdot 7\text{H}_2\text{O}$
SILICATI (n. 4)	
CRISOCOLLA	$\text{Cu}_{2x}\text{Al}_x(\text{H}_{2-x}\text{Si}_2\text{O}_5)(\text{OH})_4\cdot n\text{H}_2\text{O}$ (x < 1)
EMIMORFITE	$\text{Zn}_4\text{Si}_2\text{O}_7(\text{OH})_2\cdot \text{H}_2\text{O}$
MONTICELLITE	CaMgSiO_4
SHATTUCKITE	$\text{Cu}_5(\text{Si}_2\text{O}_6)_2(\text{OH})_2$
FLUORURI (n. 2)	
CREEDITE	$\text{Ca}_3\text{SO}_4\text{Al}_2\text{F}_8(\text{OH})_2\cdot 2\text{H}_2\text{O}$
GEARKSUITTE [3]	$\text{CaAlF}_4(\text{OH})\cdot \text{H}_2\text{O}$
NON RATIFICATO IMA (n. 1)	
“BARATTITE”	$\text{Pb}_2\text{Fe}^{3+}\text{Cl}_3(\text{OH})_4\cdot \text{H}_2\text{O}$
TOTALE SPECIE VALIDE: n. 103	

Tra le specie mineralogiche classificate alcune sono estremamente rare, perlomeno a livello nazionale. Tra queste ecdemite, feroxyhyte, fiedlerite, georgiadesite, iodargirite, lautenthalite, mammothite, thorikosite e tooeleite sono state segnalate solamente in una località italiana, chiaramente all'interno di scorie di fusione. Altre come la boleite, la gerhardtite, la nealite e la susannite sono state segnalate solamente in due località italiane e, nella quasi totalità dei casi, ancora solamente in scorie. Caso a parte è poi la cosiddetta “barattite”[16] (il nome è stato scelto per comodità in riferimento alla unica località di ritrovamento, determinato nel 1997 e catalogato come “Unnamed (Pb-Fe Chloride Hydroxide Hydrate)”[17], un cloruro di piombo e ferro fino ad oggi ritrovato soltanto in pochissimi campioni presso Baratti.



Figura 3: 1) Anglesite pseudo cubica, dim. 1,36mm, Val Canina, (foto Chinellato) 2) "Barattite", dim. area 1,33mm, Baratti, (foto Chinellato). 3) Caledonite, dim. 0,7mm, Val Canina (foto Chinellato). 4) Calcofillite, dim. gruppo 1,2mm, M. d. Fucinaia (foto Chinellato).



Figura 4: 1) Cuprite cubica, dim. 0,59mm, M. d. Fucinaia, (foto Chinellato). 2) Delafossite e Cianotrichite, campo 2,47mm, M. d. Fucinaia, (foto Chinellato). 3) Diaboleite, campo 3,6mm, M. d. Fucinaia, (foto Chinellato). 4) Feroxyhyte, campo 1,4mm, Val Canina, (foto Chinellato).

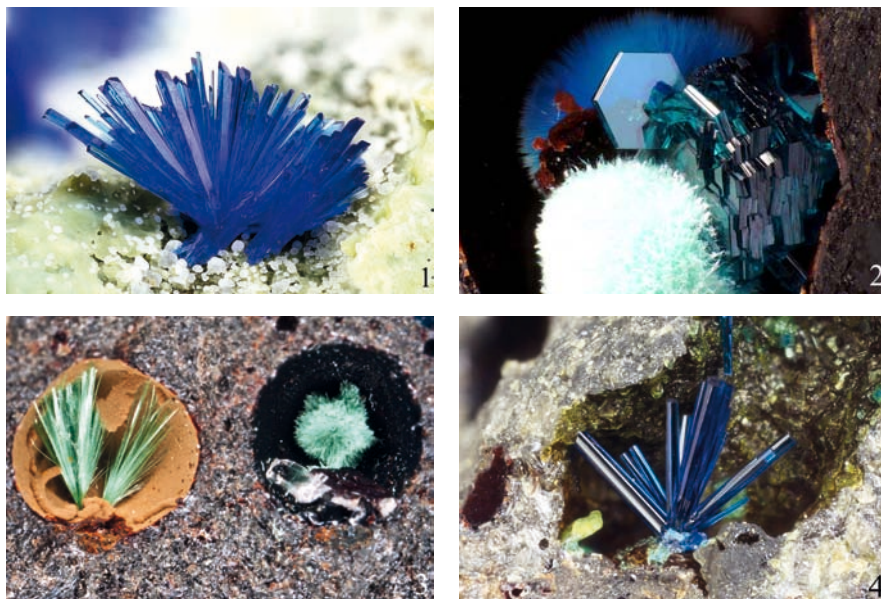


Figura 5: 1) Linarite, dim. 1,89mm, Val Canina, (foto Chinellato). 2) Namuwite, (X esagon. trasparente azzurro), dim.0,5 mm, con Auricalcite e Calcofillite, M. d. Fucinaia, (fotoChinellato). 3) Serpierite, Ø 1,2mm, Auricalcite e Gesso Ø 1,3mm, Capattoli, (fotoBonotti). 4) Connellite, dim.1.3mm, M. d. Fucinaia, (foto Chinellato).

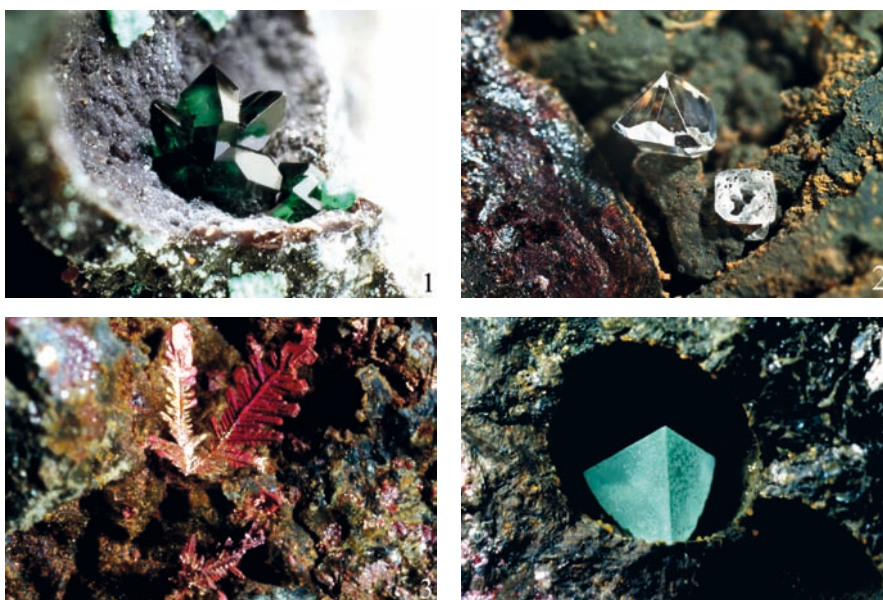


Figura 6: 1) Patacamite, dim. 0,66 mm, M. d. Fucinaia, (foto Chinellato). 2) Cerussite, dim. 0,55 mm, Val Canina. (foto Bonotti). 3) Rame nativo arborecente, dim. 1,12mm, Baratti, (foto Bonotti). 4) Nantokite, dim. 0,62mm, Baratti, (foto Bonotti).



Figura 7: 1) Boleite, dim. gruppo 0,55mm, M. d. Fucinaia, (foto Chiunellato). 2) Brochantite, dim. gruppo 1,9mm, M. d. Fucinaia, (foto Chinellato). 3) Cuprite cubottaedrica, dim. 0,76mm, M. d. Fucinaia, (foto Chinellato). 4) Spangolite, dim. gruppo 1,36mm, Baratti, (foto Bonotti).

Poiché questa fase è nota, oltre che in questa giacitura, solamente come composto sintetico e non è mai stata quindi ritrovata in natura, la commissione dell'I.M.A. delegata ad approvare i nomi dei minerali ha deciso di non considerarla nel novero delle specie valide. Infatti da alcuni anni, questa commissione ha stabilito di non approvare più nuove specie che si siano formate a seguito di un qualsivoglia intervento antropico, sia esso diretto oppure indiretto (come nel nostro caso). Questo ci ha privato, oltre del fatto di poter annoverare una nuova specie con località-tipo toscana, anche dell'interesse che fino a quel momento avevano dimostrato per questi minerali (o più correttamente detto "fasi minerali") studiosi di diverse istituzioni pubbliche e private, spesso felici di collaborare con i collezionisti nella determinazione di quanto veniva rinvenuto. Dal nostro punto di vista, quello di collezionisti-ricercatori, nulla è cambiato da allora; abbiamo infatti continuato e continueremo a raccogliere e classificare questi, che per noi rimangono mi-

nerali tout-court, affascinati dalla bellezza delle loro forme e dei loro colori, come mostrano, più di mille parole le immagini sopra illustrate.

Ringraziamenti

Gli autori ringraziano Matteo Chinellato per le splendide fotografie, ed Alessandro Lenzi per l'incoraggiamento all'esposizione di questo argomento.

Note

¹ Un esempio particolarmente significativo era quello di un forno, scoperto e scavato verso la fine degli anni '80 del secolo scorso presso la spiaggia di Baratti. Datato con il metodo del radiocarbonio a 170 ± 70 anni a.C., grazie alla miopia delle Istituzioni preposte è stato lasciato deperire in maniera irreversibile.

² Il metodo diretto permetteva di estrarre dall'ematite caricata nel forno una certa percentuale di ferro senza che questo raggiungesse lo stato liquido. Poiché con i forni utilizzati non si riuscivano ad ottenere temperature superiori ai 900°C, il ferro si depositava sul fondo degli stessi sotto forma di un ammasso spugnoso detto "bluma".

³ Ad esempio a Baratti la discarica, prima del suo smantellamento, era enorme: basti pensare che aveva letteralmente ricoperto, obliterandola e al tempo stesso preservandola per secoli, la necropoli orientalizzante ed arcaica di S. Cerbone, alle pendici del promontorio di Populonia.

Bibliografia

- [1] Baiocco G., Bucci F., Ferretti L., Geri N., Magagnini R., Verdini L. (1990): Metallurgia antica e medievale nel golfo di Follonica, Comitato Pro Ilva, Follonica.
- [2] Benedettini G. (1983): Le miniere a Campiglia dagli Etruschi ai giorni nostri, Associazione Intercomunale Val di Cornia.
- [3] Boscardin M. (1998): Gearksutite di Monte Trisa, Torrelbelvicino (VC) in *Rivista Mineralogica Italiana*, 4-1998, pag. 17.
- [4] Carli E. (2010): *Etruscan Mines, la complessa storia di un'industria mineraria*, ed. Felici, Pisa.
- [5] Corretti A. (1991): *Metallurgia medievale all'Isola d'Elba. All'insegna del Giglio*, Firenze.
- [6] D'achiardi A. (1927): *L'industria mineraria e metallurgica in Toscana al tempo degli Etruschi*, in *La Miniera Italiana*, n. 3/1927, S.P.I.C.A., Roma.
- [7] Franzini M., Perchiazzi N., Bartoli M.L., Chiappino L. (1992): Baratti (LI) una nuova località mineralogica italiana analoga al Laurion, (1^a parte) in *Rivista Mineralogica Italiana*, 1-1992, pagg. 1-14.
- [8] Franzini M., Perchiazzi N., Bartoli M.L., Chiappino L. (1992): Baratti (LI) una nuova località mineralogica italiana analoga al Laurion, (2^a parte) in *Rivista Mineralogica Italiana*, 2-1992, pagg. 67-75.
- [9] Franzini M., Perchiazzi N., Bartoli M.L., Chiappino L. (1993): I minerali delle scorie di Madonna della Fucinaia (LI), *Rivista Mineralogica Italiana*, 4-1993, pagg. 227-236.
- [10] Gelaude P., Van Kalmthout P., Rewitzer C. (1996): *Laurion - The minerals in the ancient slags*, Nijmegen, The Netherlands.
- [11] Pistolesi C. (2006): *La miniera di Baratti, lo sfruttamento delle scorie etrusche dal 1915 al 1969*, ed. Felici, Pisa.
- [12] Rewitzer C., Furth I.Wald, Hochleitner R. (1989): I minerali delle antiche scorie di Lavrion, Grecia, (1a parte), in *Rivista Mineralogica Italiana* 1-1989, pagg. 21-38.
- [13] Rewitzer C., Furth I.Wald, Hochleitner R., (1989): I minerali delle antiche scorie di Lavrion, Grecia, (2a parte) in *Rivista Mineralogica Italiana*, 2-1989, pagg. 83-100.
- [14] Tanelli G., Benvenuti M. (1998): Guida ai minerali dell'Isola d'Elba e del Campigliese, pagg. 32-33, ed. Il Libraio, Portoferraio.
- [15] Targioni Tozzetti G. (1770). *Relazioni d'alcuni viaggi fatti in diverse parti della Toscana per osservare le produzioni naturali e gli antichi monumenti di essa*. Firenze, Stamperia granducale.
- [16] Pasero M., Perchiazzi N., Bigi S., Franzini M., Merlino S., (1997): $Pb_2Fe_3 + Cl_3(OH)_4 \cdot H_2O$, a newly discovered natural phase from Tuscany Italy, *European Journal Of Mineralogy*, 9, pages 43-51.
- [17] www.mindat.org : Search Pages: Alfabetical Index of Minerals, Search Mindat: slag locality, consultazione del 14.10.2011.
- [18] Cremonesi G., (2001): *La grotta sepolcrale di San Giuseppe all'Isola d'Elba*, Istituto Italiano di Preistoria, Firenze.

Contributo alla conoscenza del genere *Lactarius* Pers. III Studio dell'essiccata di *Lactarius rutaceus* conservata presso l'Herbarium Horti Pisani (PI)

Vincenzo Caroti¹, Alessio Pierotti*²

Parole chiave: *funghi, homobasidiomycetes, russuloid clade, Russulales, Russulaceae, Lactarius rutaceus, Fungi Europaei, Rabenhorst, revisione materiale d'erbario, Orto Botanico di Pisa, PI*

Gli autori presentano lo studio delle exsiccata di Lactarius rutaceus Lasch in Rabeh conservate presso l'erbario micologico dell'Orto Botanico dell'Università degli Studi di Pisa (PI). I campioni, originariamente inseriti nella raccolta di exsiccata Fungi europaei, Klotzschii herbarii mycologici continuatio a cura di Rabenhorst, assumono un grande significato poiché, secondo le indicazioni riportate sul cartellino, sono stati raccolti dall'autore stesso della specie: il naturalista tedesco Lasch. Lo studio ha permesso di comprendere l'identità di questa specie, presentata nel 1845 da Lasch come Agaricus rutaceus e successivamente ricombinata nel genere Lactarius. Ricerche bibliografiche hanno permesso di stabilire con esattezza l'autore della ricombinazione in quest'ultimo genere, solitamente indicato in Saccardo. Gli autori presentano inoltre una breve storia della collezione di Rabenhorst e del suo impatto sulla micologia.

Introduzione

Il nome *Agaricus rutaceus* è stato introdotto nella nomenclatura e nella tassonomia micologica nel 1845 ad opera del naturalista tedesco Lasch con la seguente diagnosi: "606. *Ag. (Gal.) rutaceus* nov. sp. Pileo subdepresso glabrusculo opaco subrubello-cervino, lam. subdecurr. confert. angust. alutaceo-flavescentibus, st. subcavo pallido, lacte albo. In pinetis humidis inter muscos. Odoris Rutae graveolenti sed saporis amaro-acris camphorati".

Il nome è proposto all'atto della pubblicazione della sesta centuria del *Klotzschii Herbarium vivium mycologicum sistens fungorum per totam Germaniam crescentium collectionem perfectam* a cura del botanico tedesco Gottlieb Ludwig Rabenhorst [1]. L'indicazione "Gal." indica l'appartenenza delle specie alla tribù *Galorrhheus*

Fries, corrispondente all'attuale genere *Lactarius* Pers.

La ricombinazione del nome *rutaceus* in quest'ultimo genere è solitamente attribuita al botanico e micologo italiano Pier Andrea Saccardo e datata 1887 [2]. Durante le ricerche bibliografiche per la stesura di questo lavoro abbiamo però verificato che Rabenhorst ha presentato il nome *Lactarius rutaceus* già nel 1859 in occasione della pubblicazione della terza edizione della sua raccolta di essiccata (Rabenhorst [3]). In accordo con l'articolo 11.5 dell'International Code of Botanical Nomenclature (Vienna Code; più avanti ICBN) l'esatta indicazione del nome, completa di autorità, è quindi *Lactarius rutaceus* (Lasch in Rabenh.) Rabenh.

Il nome fu subito destinato all'oblio: gli unici riferimenti bibliografici noti agli autori ad oggi sono infatti quelli di Saccardo [2], Delogne [4]



Figura 1: *Lactarius rutaceus*: *exsiccata conservate in Pisa*.

e Masee [5]. Da sottolineare che si tratta di opere compilative. La specie non è citata nelle opere tarde di Fries [6] e [7] e nelle principali monografie dedicata al genere (Lindbald [8]; Burlingham [9], [10]; Saccardo [11]; Coker [12]; Hesler & A. H. Smith [13]; Heilmann-Clausen [14]; Basso [15]).

L'unico autore a noi noto che cita la specie è Neuhoff: sia nella monografia del 1941 [16] redatta assieme a Knauth che in quella del 1956 [17] il micologo tedesco si limita ad elencare, senza alcuna discussione, *L. rutaceus* tra i sinonimi di *L. camphoratus* (Bull.:Fr.)Fr.

La scoperta nell'erbario micologico dell'Orto Botanico di Pisa di un campione di *L. rutaceus* (Figura 1) ha permesso di determinare l'esatta identità tassonomica di questo nome, sebbene nei limiti discussi nelle conclusioni. Prima di proseguire però, riteniamo interessante, anche ai fini del nostro studio, ripercorrere brevemente la storia e le vicende della collezione di *exsiccata* pubblicata da Rabenhorst.

La raccolta di *exsiccata* di Rabenhorst

Come scritto in precedenza il nome *Agaricus rutaceus* è stato presentato in una raccolta di *exsiccata*. Queste raccolte iniziarono a diffondersi nei primi anni del XIX secolo: si componevano appunto di *exsiccata* e di un testo a stampa. La prima collezione realmente importante, almeno

tra quelle a contenuto strettamente micologico, è la *Scleromiceti Sueciae* edita da Fries tra il 1819 ed il 1822.

Nel panorama di queste collezioni, quella curata da Rabenhorst si distingue come una delle più importanti, se non la più importante in assoluto. I motivi che giustificano una tale affermazione sono diversi: in primo luogo il lungo periodo di edizione. La raccolta rabenhorstiana infatti abbraccia, nelle sue tre edizioni, un arco di tempo di circa settanta anni! Dal 1832 al 1905 furono pubblicate ben 73 centurie: per ognuna di queste, a partire dalla terza, furono diffuse circa 100 copie, un numero insolitamente elevato.

Così come elevato è il numero di nuovi generi e di nuove specie pubblicate in queste centurie. Con queste premesse è facile intuire come la storia della collezione di Rabenhorst sia complessa. Fortunatamente Kolhmayer [18] e Stevenson [19] hanno analizzato in dettaglio le vicende di questa collezione, permettendoci di comprenderne al meglio l'evoluzione ed il valore. Questi due autori sono la fonte esclusiva di quanto scritto nel proseguo di questo paragrafo: a loro si rimanda per approfondimenti e per la bibliografia specifica.

Le origini (1832-1855)

Come accennato, la pubblicazione della collezione ha inizio nel 1832. Il promotore non fu però Rabenhorst bensì Johann Friedrich Klotzsch, naturalista e micologo del giardino botanico di Berlino-Dahlem.

Klotzsch pubblicò in quell'anno due centurie di funghi essiccati dal titolo *Herbarium vivium mycologicum sistens fungorum per totam Germaniam crescentium collectionem perfectam*. Una copia quasi completa di queste due centurie è conservata a Beltsville ed è stata brevemente descritta da Stevenson [19].

Le *exsiccata*, tutte relative a funghi tedeschi, sono accompagnate da due volumi in quarto: nel

gli autori

¹ Via E. Zola 51 - 57122 Livorno

² Via P. Poccianti 12 - 57125 Livorno,
email: alepierotti@yahoo.it

* autore per corrispondenza.

primo di questi due volumi Klotzsch presenta una breve introduzione di due pagine in cui discute le ragioni che lo hanno spinto ad intraprendere questa iniziativa, il metodo di lavoro e un breve resoconto dei progressi della micologia al tempo.

I cartellini a stampa delle *exsiccata* forniscono un numero minimo di informazioni: il nome della specie e l'ospite o il substrato di crescita; il nome della collezione non è presente. L'elenco delle specie comprese nella prima centuria è stato inoltre pubblicato dallo stesso Klotzsch nell'ottavo volume di *Linnaea* nel 1833.

La collezione di Klotzsch fu proseguita da Rabenhorst a partire dalla terza centuria, edita nel 1842, fino alla ventesima, datata 1855. Le centurie pubblicate da Rabenhorst, sempre contenenti funghi esclusivamente tedeschi, differiscono nel titolo dalle prime due per l'aggiunta del riferimento a Klotzsch: *Klotzschii Herbarium vivium mycologicum sistens fungorum per totam Germaniam crescentium collectionem perfectam*. Il testo che accompagnava ogni centuria era pubblicato su due riviste: *Botanische Zeitung* (centurie 3-20) e *Flora* (centurie 9-20).

È stato dimostrato che Rabenhorst pubblicò anche una copia delle prime due centurie: sempre in Beltsville è infatti conservata una copia di questa riedizione (Stevenson [19]).

La copia di Rabenhorst differisce da quella originale per il tipo di carattere utilizzato nella stampa dei cartellini, che mantengono il loro carattere minimalista, e per la sostituzione di alcune specie. Ad esempio la specie numero 29 della collezione originale di Klotzsch, ovvero "*Daedalea gibbosa* Pers.", diventa nella riedizione di Rabenhorst "*Russula vesca* Fr."

Le irregolarità di Rabenhorst

Sebbene sia logico aspettarsi in una collezione di *exsiccata* una uniformità di contenuti, le sostituzioni come quella appena descritta non sono rare nella raccolta di Rabenhorst.

Le irregolarità emerse dal confronto di copie diverse delle collezioni rabenhorstiane sono essenzialmente di due tipi: la sostituzione della specie, come nell'esempio precedente, oppure la sostituzione della collezione (stessa specie ma località di raccolta e raccogliatore differenti).

La giustificazione a questo comportamento è da ricercarsi probabilmente nella difficoltà di

reperire quantità sufficienti di ogni specie, soprattutto di funghi 'agaricoidi', per riuscire a coprire l'elevato numero di copie prodotte per ogni centuria.

La seconda e la terza edizione (1855-1905)

Nel 1855 Rabenhorst inizia la pubblicazione di una seconda edizione, la *Editio Nova*, che terminerà nel 1859 dopo sole otto centurie. Anche in questo caso il testo esplicativo delle centurie era pubblicato sia su *Botanische Zeitung* che su *Flora*.

Proprio nel 1859 Rabenhorst inizia la pubblicazione di una terza edizione, questa volta estesa ai funghi di tutta Europa, dal titolo: *Fungi Europaei exsiccati, Klotzschii herbarii vivi mycologici continuati*. Questa edizione della raccolta, in cui proseguono le irregolarità che abbiamo visto per le precedenti, è stata curata da Rabenhorst fino all'anno della sua morte, ovvero il 1881. La collezione, giunta alla ventesimesima centuria, sopravvisse al suo curatore: proseguita da Winter e successivamente da Pazschke, estesa nel tempo ai funghi extra-europei, si concluse nel 1905 con la pubblicazione della quarantacinquesima centuria.

Anche in questa terza edizione si continuò a pubblicare inizialmente i testi sulle riviste di cui sopra. A partire dalla sesta centuria, edita nel 1863, cessò la collaborazione con *Flora*, sostituita da *Hedwigia*. Quest'ultima divenne nel 1872 (sedicesima centuria) l'unica rivista a pubblicare i testi della collezione.

Materiali e metodi

Frammenti dell'imenio e del rivestimento pileico di ciascuno dei tre esemplari di cui si compone il campione sono stati prelevati cercando di danneggiare il meno possibile gli esemplari stessi. Il prelievo non è stato agevole: gli esemplari sono stati schiacciati sul foglio fino a renderli tanto sottili da avere suggerito ad uno di noi (VC) la definizione di "martellati sul foglio". La reidratazione dei frammenti è stata effettuata in ammoniaca ed in idrato di potassio. Anche in questo caso abbiamo incontrato serie difficoltà: diverse prove hanno dimostrato come i risultati migliori, pur lavorando con frammenti minimi che solitamente richiedono brevi di tempi di rei-

dratazione, si sono ottenuti per tempi di immersione nei liquidi reidratanti molto lunghi, fino a 24 ore. Per l'osservazione i frammenti sono stati montati con Rosso Congo ammoniacale o reattivo di Melzer. Sono stati predisposti per le osservazioni ventidue preparati.

Mentre le spore sono risultate ben evidenti, grazie anche al loro rivestimento amiloide, altrettanto non si può dire delle altre strutture imeniali: nonostante i tempi molto lunghi di idratazione, basidi e cistidi erano per la maggior parte collassati e scarsamente caratterizzabili. Le dimensioni sporiali, determinate sulla base di 30 misurazioni, sono espresse secondo la formula larghezza per lunghezza: è inoltre fornito il valore del rapporto tra queste due misure (Q). Per ognuno di questi parametri si è adottata la formula: (valore minimo) valore medio \pm deviazione standard (valore massimo) [moda; mediana]. La terminologia utilizzata per la descrizione dei caratteri microscopici è quella in uso per il genere *Lactarius* (Heilmann-Clausen et al. [14]; Basso [15]).

Risultati

I tre esemplari mostrano tutti una pileipellis con ife filamentose dominanti; sono inoltre osservabili elementi più o meno isodiametrici, con profilo variabile da globoso (diametro da 20 a 36 μm) ad ellittico (fino a 37 x 55 μm) o irregolare, e ife laticifere.

Gli elementi ifali, di diametro variabile tra 4 ed 8 μm , si presentano più o meno cilindrici, ialini, lisci o appena screziati (non sembra trattarsi comunque di pigmentazione quanto di un raggrinzimento), settati e privi di giunti a fibbia; la parete è evidente ma non inspessita. Alcuni elementi di queste ife, da noi considerati terminali, si caratterizzano per l'insolita lunghezza: fino a 73 μm . Il diametro di questi elementi varia da 4 a 8 μm . Le ife laticifere, localmente abbondanti, hanno un diametro massimo di 13 μm e risultano ben evidenti per la densa massa di cristalli in cui l'essiccazione ha trasformato l'emulsione originale da loro contenuta.

Non è stato possibile ottenere sezioni che fornissero un'idea complessiva dell'organizzazione del rivestimento pileico: in diversi vetrini è stato però possibile osservare brevi porzioni in cui i

diversi elementi sembravano connessi tra di loro anatomicamente (Figura 2). Sulla base di queste porzioni e della tipologia e frequenza degli elementi osservati è logico supporre per la pileipellis una tipologia di tipo (ix) oedotricoderma. Le spore (Figura 2) mostrano un profilo variabile da subgloboso a ellittico; Q: (1,08) $1,21 \pm 0,09$ (1,40) [1,17; 1,20]. Le unità ornamentali amiloidi, alte fino 1,5 μm e quindi distintamente emergenti dal profilo, sono grossolane, connesse tra di loro a formare un reticolo più o meno completo, in alcune occasioni a maglie piuttosto strette: sono state inoltre osservate alcune unità isolate. Le dimensioni del corpo sporale (ornamentazione esclusa) risultanti da 30 misurazioni risultano essere: (5,00) $5,92 \pm 0,37$ (7,00) [6,00; 6,00] x (6,00) $7,15 \pm 0,56$ (8,00) [7,00; 7,00] μm . Sono stati osservati almeno due macrocistidi, non identificabili come pleuro- o cheilomacrocistidi, lunghi rispettivamente 55 e 73 μm con profilo strettamente fusiforme, irregolari, con apice in un caso acuto ed in un caso suddiviso in due escrescenze (Figura 2). I due elementi presentano un contenuto rifrangente.

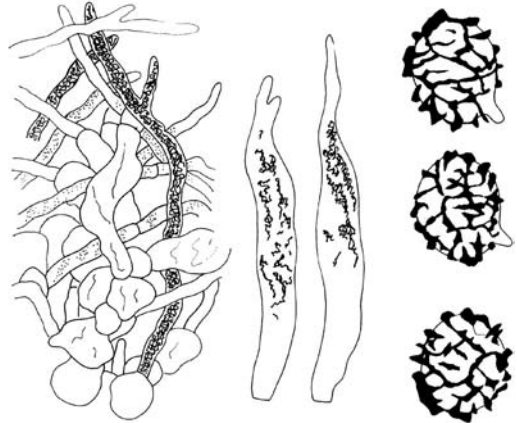


Figura 2: *Lactarius rutaceus*: quadro microscopico.

Conclusioni

Il quadro microscopico definito dalla nostra indagine è sovrapponibile a quello di *L. sphagnetii* (Fr.) Neuhoff (Fries in Lindbald [8]; Neuhoff [17]), così come definito nelle più moderne mo-

nografie (Heilmann-Clausen et al [15]; Basso [15]).

Questo taxon, dalla complessa storia tassonomica e considerato da Knauth e Neuhoﬀ [16] sinonimo di *L. camphoratus* e di *L. rutaceus*, si caratterizza macroscopicamente per le dimensioni piccole o medie (diametro pileico fino a 5 cm) e la colorazione del cappello e delle lamelle. Il cappello è bicolore: la porzione centrale ha un colore variabile dal bruno arancio al bruno rossastro scuro, fino a toni bruno nerastri; in prossimità del margine, che si presenta flessuoso e più o meno scanalato con l'invecchiamento, questi toni tendono ad attenuarsi fino al bruno giallastro o addirittura al crema. Le lamelle hanno inizialmente un colore carnicino che tende a diventare più scuro in relazione alla maturazione delle spore.

L'habitat elettivo di questa specie, inquadrata nella sezione *Russularia* Fr. del sottogenere *Russularia* (Fr.) Kuaffman, è rappresentato dai boschi di conifere di montagna dove cresce preferibilmente tra gli sfagni in zone umide.

Unica obiezione all'identità tra *L. sphagneti* e *L. rutaceus* potrebbe essere data dalla differenza dell'odore: nullo o leggero e simile a quello *Scleroderma* sp. o *L. quietus* per la prima specie, pungente come quello della ruta per la seconda. Il principale carattere distintivo rispetto a *L. camphoratus* è la struttura della pileipellis; in *L. camphoratus* infatti è di tipo pseudoparenchimatrico, ovvero con esclusività di cellule isodiametriche.

Valore della raccolta studiata

Secondo le indicazioni riportate sul cartellino (Figura 1) i tre funghi da noi studiati sono stati raccolti ("leg.") tra il muschio in una pineta umida da Lasch, autore del nome. Questo lascia supporre che si tratti di materiale originale ai sensi dell'ICBN.

La tentazione quindi di presentare il campione conservato in PI come cotipo del nome *L. rutaceus* e di porre definitivamente questo nome in sinonimia con *L. sphagneti*, aprendo spazio al dibattito sulla priorità tra i due nomi (*L. sphagneti* è datato 1956!), è stata quindi forte. Tuttavia non abbiamo ritenuto queste conclusioni pienamente accettabili.

Se leggiamo il cartellino della collezione da noi studiata alla luce della breve storia della colle-

zione di Rabenhorst delineata in precedenza è evidente che i funghi da noi studiati appartengono alla terza edizione ("Fungi Europaei"). Per la precisione i nostri funghi sono stati 'pubblicati' nel 1859 (Rabenhorst [2]): esattamente il 21 luglio sul fascicolo 27 del diciassettesimo volume della rivista Flora; (lo stesso testo sarà poi pubblicato, secondo la consuetudine della doppia pubblicazione a cui abbiamo accennato a proposito della storia della raccolta, il 26 agosto nel trentaquattresimo fascicolo del volume 17 della rivista Botanische Zeitung!

All'atto pratico non esistono garanzie, anche alla luce delle irregolarità di cui si è riferito in precedenza, che la raccolta studiata sia stata effettuata veramente da Lasch. Si consideri inoltre la confusione, sia nomenclaturale che tassonomica, esistente ancora oggi sui lattari più o meno brunastri e di piccola-media taglia.

È nostra opinione che una qualsiasi conclusione sull'identità di *L. rutaceus* non possa non prescindere, per essere considerata definitiva, dallo studio di campioni riferibili alla prima edizione della raccolta rabenhorstiana e possibilmente dalla verifica di più copie della stessa.

Ringraziamenti

Gli autori intendono ringraziare le dottoresse Lucia Amadei e Simonetta Maccioni dell'Orto Botanico dell'Università degli Studi di Pisa, per la pazienza e la disponibilità sempre dimostrata. Gli autori ringraziano inoltre il dottor Alfredo Vizzini, dell'Università degli Studi di Torino, per l'aiuto nel reperimento di parte della bibliografia e per la rilettura critica del manoscritto.

Bibliografia

- [1] L. Rabenhorst, Beil. Bot. Zeit. 1845, 4 (3): 65.
- [2] P. A. Saccardo, Sylloge Fungorum Omnium Hucusque Cognitorum. Vol. V. Sumtibus Auctoris Typis Seminarii. Padova: 1887.
- [3] L. Rabenhorst, Flora 1859, 17 (27): 433.
- [4] C.-H. Delogne, Bull. Soc. Roy. Bot. Belg. 1891, 30 (2): 70.
- [5] G. Masee, European Fungus Flora. Agaricaceae. Duckworth & Co. Londra: 1902.

- [6] E. M. Fries, *Hymenomycetum Sueciae*. Vol. II. Sistens Cortinarios et quae sequuntur Agaricinarum Genera atque Reliquorum Hymenomycetum Enumerationem et Commentarium in Recentiores horum Iconographias. Upsaliae. Typis Excripsit C. A. Leffler: 1863.
- [7] E. M. Fries, *Hymenomycetes Europaei seu Epicriseos Systematis Mycologici Editio Altera*. Upsaliae. Typis Descriptis Ed. Berling: 1874.
- [8] M. A. Lindblad, *Monographia Lactariorum Sueciae*. Upsaliae. Typis descripsit Reg. Acad. Typographus: 1855.
- [9] G. Burlingham, *Mem. Torrey Bot. Club* 1908, 14 (1): 1.
- [10] G. Burlingham, *Lactaria Pers. Tent. Disp. Fung.* 63. 1797. In *Aa.Vv., North American Flora* 9 (3). The New York Botanical Garden: 1910.
- [11] P. A. Saccardo, *Flora Italica Cryptogama. Pars I. Hymeniales. Pars I. (Leucosporae et Rhodosporae)*. Rocca San Casciano. Stabilimento Tipografico L. Cappelli: 1915.
- [12] W. C. Coker, *Journ. Elisha Mitchell Sc. Soc.* 34 (1-2): 1. 1918.
- [13] R. L. Hesler, A. H. Smith, *North American Species of Lactarius*. Ann Arbor. The University of Michigan Press: 1979.
- [14] J. Heilmann-Clausen, A. Verbeken, J. Vesterholt, *The genus Lactarius. Fungi of Northern Europe* 2: 1998.
- [15] M. T. Basso, *Lactarius Pers. Fungi Europaei* 7. Mykoflora. Alassio: 1999.
- [16] B. Knauth, W. Neuhoff: *Die Milchlinge (Lactarii)* 10. Lieferung. In: H. Kniper et al., *Die Pilze Mitteleuropas [...]. Band II. B*). Verlag von Dr. Werner Klinkhardt. Leipzig: 1940.
- [17] W. Neuhoff, *Die Milchlinge (Lactarii). Die Pilze Mitteleuropas. Band IIb*. Verlag Julius Klinkhardt. Bad Heilbrunn Obb: 1956.
- [18] J. Kohlmeyer, *Beih. Nova Hedwigia*, 1962 4: 1.
- [19] J. A. Stevenson, *Taxon* 1967, 16 (2): 112.

Modellistica meteomarina e campagne di misura sull'arcipelago della Toscana

Stefano Taddei^{*1}, Carlo Brandini², Maria Fattorini², Letizia Costanza³, Chiara Lapucci², Sylvain Coudray⁴, Ivane Pairaud⁴, Bartolomeo Doronzo³, Alberto Ortolani², Bernardo Gozzini²

Parole chiave: oceanografia, correnti, monitoraggio marino

L'ambiente marino è di estrema importanza per molte attività umane, ma la conoscenza delle sue proprietà è minore di quella relativa all'ambiente terrestre, soprattutto a causa delle maggiori difficoltà che si presentano nella misura delle caratteristiche marine.

Anche se alcuni parametri superficiali sono ricavabili mediante osservazioni remote (per esempio da satellite), che comunque richiedono un confronto con misure dirette, quelli di profondità sono ottenibili solo tramite osservazioni in situ.

Il ricorso a simulazioni numeriche può consentire la valutazione dei parametri marini, ma anche in questo caso l'attendibilità dei dati prodotti non può prescindere dai dati osservati, che devono essere confrontati con quelli calcolati sia per valutare quantitativamente il livello di attendibilità dei modelli (validazione), sia per ricercare, mediante la variazione di alcuni parametri, la configurazione che fornisce i risultati migliori (calibrazione).

Il progetto MOMAR (sistema integrato per il MONitoraggio e il controllo dell'ambiente MARino) è un progetto di cooperazione transfrontaliera. L'obiettivo del progetto, di cui fanno parte vari Enti italiani e francesi, tra cui il Consorzio LaMMA (Regione Toscana/CNR), è quello di creare un percorso unico sul monitoraggio marino e costiero tra la Toscana, la Liguria, la Sardegna e la Corsica.

La modellistica idrodinamica, all'interno di MOMAR, è basata su codici adatti a studiare le scale di dettaglio e costiere. Questi codici permettono di ottenere una rappresentazione della variabilità delle correnti su tutta l'area di interesse, che fornisce la base per studi biologici e biogeochimici, di diffusione degli inquinanti e dei solidi sospesi.

Nell'ambito di MOMAR si sono svolte diverse campagne oceanografiche nella zona del canale di Corsica e dell'arcipelago della Toscana, dove sono stati misurati vari parametri marini. In particolare sono state effettuate misure delle correnti per la validazione e calibrazione dei modelli numerici idrodinamici, campionamenti per la caratterizzazione biologica delle masse d'acqua, carotaggi dei sedimenti per il monitoraggio dell'inquinamento dei fondali.

Introduzione

Nonostante l'importanza che l'ambiente marino riveste per molte attività umane, le sue proprietà sono molto meno note rispetto a quelle dell'ambiente terrestre, a causa principalmente delle maggiori difficoltà che si presentano nell'organizzazione e nello svolgimento di campagne di misura in mare. Queste campagne sono indispensabili per misurare le variabili dinamiche, termodinamiche,

chimiche e biologiche necessarie a costruire modelli fisico-chimico-biologici degli oceani che permettano di interpretarne le caratteristiche. Per conoscere, calcolare o stimare queste variabili occorrono quindi innanzitutto misure dirette sul posto (in situ), ma purtroppo la disponibilità di queste misure è generalmente molto limitata, sia in termini spaziali che temporali, per le difficoltà di cui sopra.

Alcuni parametri di superficie possono essere ottenuti mediante telerilevamento (in particolare da satellite),

che offre il vantaggio di un'ampia copertura spaziale e di tempi di acquisizione continui o periodici, ma la variabilità di tali parametri lungo la colonna d'acqua è misurabile in generale solo mediante osservazioni in situ. Inoltre il telerilevamento non rappresenta un campionamento diretto del fenomeno, e deve essere in ogni caso calibrato tramite misurazioni sul posto.

Un'altra possibilità è l'uso di simulazioni basate su modelli numerici di circolazione, eventualmente accoppiati a modelli bio-chimici, che consentono di ottenere la distribuzione completa nello spazio e nel tempo di queste variabili. Tuttavia, anche la validità dei dati prodotti da un modello numerico deve essere testata mediante un confronto con le misure, che sono di fondamentale importanza nei processi di calibrazione e validazione necessari per una applicazione scientificamente corretta del modello.

La calibrazione di un modello consiste nel processo di variazione dei valori di alcuni parametri fino ad ottenere la stima migliore, sulla base di definiti criteri di accettabilità, di un insieme di dati osservati. Trovata la configurazione che dà le prestazioni migliori, il modello deve essere verificato nuovamente per assicurare che fornisca stime soddisfacenti anche di altri insiemi indipendenti di dati sperimentali. Il processo relativo a tale verifica è comunemente chiamato validazione. Alla fine di questi due processi, si ottiene un modello numerico ottimizzato attraverso la calibrazione e con un livello di attendibilità certificato dalla validazione. Sulla base di quanto detto fino a questo punto, risulta evidente che le migliori metodologie per lo studio degli oceani sono quelle che utilizzano una combinazione di misure dirette delle variabili marine, dati telerilevati e modelli numerici di dinamica delle masse d'acqua, accoppiati a modelli chimici e biologici.

Consorzio LaMMA

Il Consorzio LaMMA (Laboratorio di Monitoraggio e Modellistica Ambientale per lo sviluppo sostenibile) [1] ha origine dal progetto "Laboratorio di Meteorologia e Modellistica Ambientale" nato nel 1997 su iniziativa della Regione Toscana, in cooperazione con il CNR (Consiglio Nazionale delle Ricerche), con l'obiettivo di creare un'interfaccia fra il mondo delle istituzioni, le componenti di eccellenza scientifica e tecnologica, l'industria e le varie strutture operative. L'attuale Consorzio LaMMA è un ente dipendente dalla Regione Toscana, già istituito ai sensi della legge

regionale 23 febbraio 2005 n. 35, modificata dalla legge regionale 17 luglio 2009 n. 39, al quale partecipano la Regione Toscana ed il CNR.

Il LaMMA presenta due tipologie di attività, strettamente interconnesse fra loro: lo svolgimento di servizi tecnici e le attività, trasversali a queste, di ricerca e innovazione. I principali settori in cui si è specializzato sono la meteorologia, la climatologia, i sistemi informativi geografici (GIS) e la geologia.

In particolare, il LaMMA ha acquisito una notevole esperienza nel campo della modellistica marina ed oceanografica, con l'obiettivo principale della caratterizzazione delle dinamiche marine a scala regionale/costiera. Gli strumenti utilizzati per questo scopo sono la modellistica, il telerilevamento e le misure in situ, mentre i prodotti di riferimento che si stanno sviluppando possono essere suddivisi in due categorie: prodotti operativi (previsione) e prodotti climatologici (supporto alla pianificazione del territorio). Fa parte della prima categoria la generazione di mappe del moto ondoso, delle correnti, delle componenti biogeochimiche e di dispersione degli inquinanti. Fa invece parte della seconda categoria la produzione di atlanti del moto ondoso, delle correnti e delle componenti biogeochimiche.

Nell'ambito di queste attività si è rivelata molto proficua la partecipazione del LaMMA al progetto MOMAR (sistema integrato per il Monitoraggio e il controllo dell'ambiente MARino) [2]. MOMAR è un progetto di cooperazione transfrontaliera cofinanziato dal Fondo Europeo di Sviluppo Regionale e da contropartita nazionale (Fondo di Rotazione per i

gli autori

¹ Consorzio LaMMA,
Piazza Giovine Italia 1, 57126 Livorno,
taddei@lamma.rete.toscana.it

² CNR IBIMET e Consorzio LaMMA,
Via Madonna del Piano 10,
50019 Sesto Fiorentino (FI)

³ CNR IBIMET e Consorzio LaMMA,
Piazza Giovine Italia 1, 57126 Livorno

⁴ IFREMER, Zone Portuaire de Brégailhon,
83507 La Seyne-sur-Mer Cedex

* autore per corrispondenza

partner italiani) nell'ambito del Programma Operativo Italia - Francia "Marittimo", coordinato dal Settore Protezione e Valorizzazione della Fascia Costiera e dell'Ambiente marino della Regione Toscana. Il suo obiettivo è di mettere insieme regioni, centri di ricerca e altri soggetti istituzionali per costruire un percorso comune sul monitoraggio ambientale marino e costiero tra la Toscana, la Liguria, la Sardegna e la Corsica. In particolare, gli obiettivi specifici del progetto sono: progettare un sistema di monitoraggio marino integrato, applicarlo allo studio delle problematiche ambientali dell'area transfrontaliera, sensibilizzare enti, operatori e comunità locali sui temi del rispetto dell'ambiente e coinvolgerli nell'elaborazione di politiche o strategie condivise per il controllo e la protezione dell'ambiente marino e costiero.

Modellistica meteomarina

La modellistica idrodinamica, all'interno del progetto MOMAR, viene svolta seguendo un approccio comune tra i partner LaMMA, IFREMER (Institut français de recherche pour l'exploitation de la mer) [3] e Sardegna Ricerche [4], che prevede: l'utilizzo di modelli adatti a rappresentare le scale di dettaglio e costiere, l'intercalibrazione dei modelli, la rappresentazione degli apporti provenienti da terra tramite modellazione idrologica. In questo modo è possibile pervenire ad una rappresentazione della variabilità delle correnti oceanografiche su tutta l'area e a vari livelli di dettaglio, che è la base per molti studi biologici e biogeochimici, di diffusione degli inquinanti e dei solidi sospesi (Fig. 1).

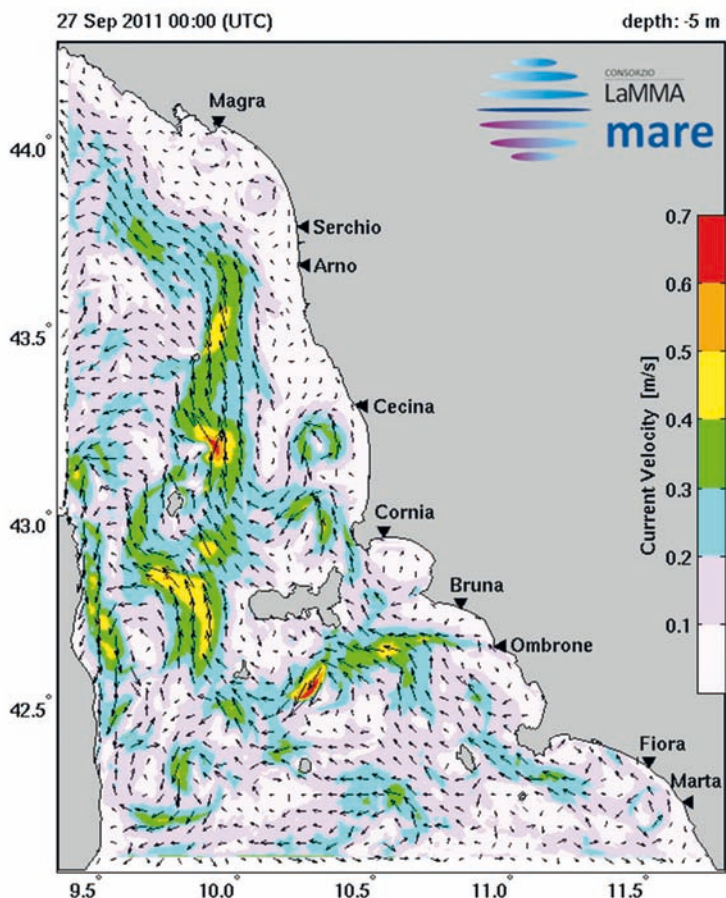


Figura 1: Esempio di mappa di corrente da modelli numerici.

La considerazione simultanea di vari modelli, caratterizzati da un diverso grado di affidabilità o di capacità di descrivere singoli aspetti della dinamica (strutture di circolazione, temperatura e salinità, struttura della masse d'acqua), è oggi un approccio molto diffuso nella comunità scientifica. Non solo è crescente l'utilizzo contemporaneo di più modelli nelle stesse aree, ma gli stessi modelli vengono inoltre eseguiti utilizzando più configurazioni (diversi schemi di turbolenza, condizioni iniziali, forzanti meteo) allo scopo di ridurre l'incertezza delle previsioni, secondo la logica dell'Ensemble o Multiensemble forecast.

L'adozione di queste tecniche richiede un'analisi dell'affidabilità dei risultati tramite il confronto con dati misurati, per valutare la qualità delle prestazioni dei modelli.

In MOMAR vengono eseguiti in particolare due modelli ad alta risoluzione (400 m) a scala regionale-costiera (modello Corsica e modello dell'Arcipelago Toscano) e

due modelli ad altissima risoluzione ad area limitata, in prossimità di due aree costiere in Sardegna e Toscana.

I modelli regionali della Corsica e dell'Arcipelago Toscano hanno molte caratteristiche in comune, quali per esempio risoluzione e viscosità orizzontale, ma si appoggiano su codici di calcolo diversi, rispettivamente MARS-3D e ROMS (Regional Ocean Modelling System), e con alcune parametrizzazioni differenti (schemi di turbolenza verticale). I modelli hanno un'importante area comune (in particolare il Canale di Corsica, dove avviene lo scambio di flussi tra Tirreno Settentrionale e Mar Ligure), utile per realizzare l'intercalibrazione, ovvero per ricercare una configurazione dei modelli che riproduca dinamiche simili in tale area.

Un altro aspetto di massimo interesse è rappresentato dalle scale di dettaglio costiere che permettono di valutare l'effetto delle coste sulla circolazione marina, di caratterizzare il flusso idrodinamico che investe la costa (importante nella valutazione della diffusione di inquinanti e sedimenti sospesi) e di risolvere gli apporti fluviali. In MOMAR sono previsti due domini ad altissima risoluzione (circa 100 m), rispettivamente sul Golfo di Orosei (modello GETM, a cura di Sardegna Ricerche) e sull'area dell'Arcipelago Toscano attorno alla Foce dell'Ombrone (modelli MARS3D e ROMS, a cura di IFREMER e LaMMA).

In entrambi si è adottata la scelta comune di utilizzare i rispettivi modelli idrodinamici e i dati del modello idrologico SWAT che permette la valutazione, oltre del deflusso fluviale, anche di variabili importanti quali sedimenti e nutrienti.

Campagne oceanografiche

Per la misura delle variabili fisiche, chimiche e biologiche nell'area marina di interesse MOMAR è stato necessario organizzare alcune campagne oceanografiche. A questo proposito, già nel 2010 erano stati fatti alcuni rilievi correntometrici preliminari lungo la costa toscana e il lancio di boe derivanti (drifter) grazie a collaborazioni di LaMMA e IFREMER con l'ARPAT [5] e la Corsica Ferries. Nel 2011, invece, si sono svolte nell'area marina dell'Arcipelago Toscano due più estese campagne, in collaborazione tra LaMMA, IFREMER e ARPAT, denominate MELBA e MILONGA.

Queste campagne oceanografiche sono nate sia per rispondere alla necessità di monitorare la variabilità dei principali parametri marini (temperatura, salinità,

correnti) e biogeochimici (per esempio fitoplancton, ossigeno disciolto, nutrienti) dell'area, sia per calibrare e validare i modelli idrodinamici. Questo studio ha anche rappresentato un primo passo verso la realizzazione di un sistema collaborativo e condiviso di monitoraggio dell'area marina toscana, per meglio rispondere ai requisiti imposti dalla Water Framework Directive (WFD) dell'Unione Europea (recepita dal D.Lgs. 152/06) e della Marine Strategy, tramite l'integrazione delle misure in continuo da piattaforma fissa (CF-SIR), l'attività di monitoraggio svolta sistematicamente da ARPAT, le attività di modellistica oceanografica e analisi di immagini satellitari sviluppata da LaMMA.

A questo proposito sono state utilizzate sia metodologie tradizionali (campionamenti, CTD), che metodologie innovative (correntometro trainato, strumenti lagrangiani di misura). Queste metodologie hanno richiesto l'uso di diversi tipi di strumenti. In particolare sono stati utilizzati CTD, ADCP e bottiglie Niskin.

Il CTD (acronimo inglese dei tre parametri: conduttività, temperatura e profondità) è forse lo strumento più comunemente usato in oceanografia. Misura un profilo di temperatura, pressione e conducibilità; da queste variabili possono essere calcolate la profondità e la salinità (Fig. 2). Inoltre alla sonda possono essere aggiunti altri sensori per la misura, ad esempio, di ossigeno disciolto, clorofilla, pH e torbidità (sonda multiparametrica).

LADCP (Acoustic Doppler Current Profiler) è uno strumento che funziona misurando lo spostamento in frequenza (effetto Doppler) tra gli impulsi sonori emessi e gli echi ricevuti da elementi riflettenti presenti in acqua. Questi elementi sono costituiti dalla miriade di minuscole particelle disperse in acqua e che si muovono con essa; l'assunto fondamentale è quindi che in media tali particelle si muovono alla stessa velocità dell'acqua. Lo spostamento Doppler misurato permette dunque di calcolare direttamente la velocità della corrente (intensità e direzione) attraverso l'intera colonna d'acqua.

Infine, per verificare la validità dei dati relativi a parametri biochimici ottenuti da satellite, possono essere effettuati campionamenti di acqua con condizioni di cielo chiaro. L'acqua viene raccolta mediante un'apposita bottiglia (Niskin) e poi filtrata a bordo in un laboratorio umido per analisi quali-quantitative del pigmento (clorofilla e altri pigmenti algali), assorbimento particolato, sedimenti in sospensione, sostanza organica colorata disciolta (Fig. 3). L'acqua può essere anche immagazzinata per una successiva

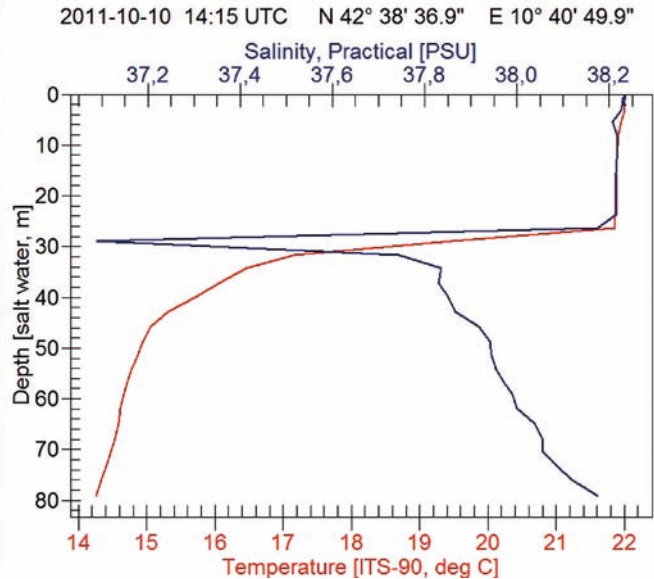
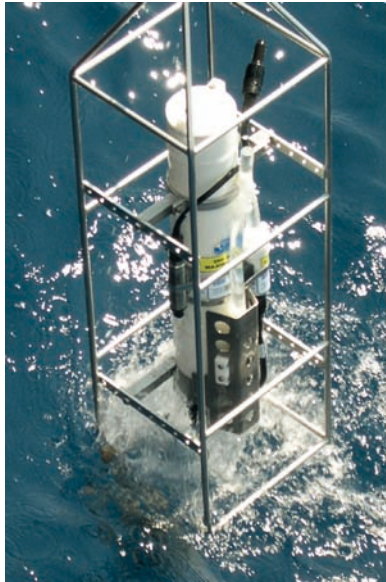


Figura 2: Immersione in acqua del CTD e profili verticali di temperatura e salinità.

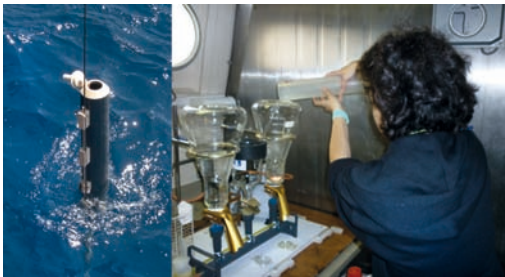


Figura 3: Campionamento con bottiglia Niskin e filtrazione d'acqua.

determinazione dei nutrienti e un'analisi microscopica del fitoplancton. I dati di clorofilla ottenuti dall'analisi dell'acqua di mare servono sia per verificare la performance degli algoritmi di interpretazione dei dati satellitari, che per calibrarli sull'area di interesse.

Campagna MELBA

Tra il 1 e il 19 Maggio 2011 si è svolta la campagna oceanografica MELBA a bordo della nave francese L'EUROPE, di proprietà di IFREMER, nell'area compresa tra la costa toscana, l'isola d'Elba e la Corsica.

La campagna aveva tre obiettivi principali: misurare profili verticali delle correnti lungo transetti (tragitti rettilinei) per la calibrazione e validazione di modelli idrodinamici nel Canale di Corsica e nell'Arcipelago Toscano; prelevare campioni d'acqua per analizzare la concentrazione di clorofilla, utilizzata a livello europeo come indicatore di qualità, ed altri componenti; prelevare campioni di sedimenti in alcuni punti predefiniti per l'analisi tossicologica.

La campagna si è svolta in tre tappe. Durante la prima tappa sono stati raccolti campioni di sedimenti nella zona di Livorno-Elba-Capraia, con fondali di 50-150 metri. Per verificare la corrispondenza dei dati misurati con quelli ottenuti dai satelliti MODIS AQUA e MERIS sono stati inoltre effettuati tutti i giorni campionamenti e filtraggi di acqua a bordo. Altri campioni di acqua sono stati conservati e successivamente analizzati nel Laboratorio di Ecologia Vegetale dell'Università degli Studi di Firenze. In corrispondenza alle varie stazioni di campionamento sono stati effettuati anche alcuni profili verticali di CTD e, lungo i percorsi tra le stazioni, diversi profili di corrente usando un ADCP da 300 kHz (in grado di misurare le correnti fino a circa 80-100 m di profondità) montato su un palo collegato alla nave.

La seconda e la terza tappa sono state dedicate alla realizzazione di misure oceanografiche tramite un som-



Figura 4: Profili di corrente con ADCP trainato.

mergibile autonomo o AUV (Autonomous Underwater Vehicle) tra la Corsica, le isole di Capraia e Pianosa, e la parte meridionale dell'Arcipelago.

La seconda tappa, in particolare, è servita a testare l'utilizzo di un ADCP a bordo dell'AUV in combinazione con un ADCP trainato dalla nave tramite un apposito supporto aerodinamico immerso (pesce) (Fig. 4). L'ADCP nel pesce misurava dall'alto in basso circa 80 m, quello montato sull'AUV era autonomo e misurava verso l'alto circa 80 m, inclinato leggermente in avanti per evitare interferenze. L'AUV era inoltre dotato di un sistema acustico Doppler orientato verso il basso per l'individuazione del fondo. Il veicolo doveva infatti navigare tra i 40 m e i 150 m sopra il fondo, in modo da avere un riferimento necessario per la sua guida automatizzata.

La terza tappa, originariamente prevista per consentire un test di configurazione su fondali di circa 170 m, si è potuta svolgere solo a nord dell'Elba, su fondali di circa 100 m nei pressi della costa, a causa delle avverse condizioni atmosferiche. Sono stati comunque effettuati test per verificare l'assenza di interferenze e per confrontare i dati tra l'ADCP trainato e quello su AUV.

Campagna MILONGA

Tra settembre e ottobre 2011 si è svolta la campagna oceanografica MILONGA (MISure Lagrangiane OceaNoGrafiche nell'Arcipelago Sud Toscano), inserita anch'essa nell'ambito del progetto transfrontaliero MOMAR, che ha visto coinvolti, oltre ai ri-

cercatori del Consorzio LaMMA, quelli dell'Istituto Nazionale di Oceanografia e Geofisica Sperimentale (OGS) di Trieste, dell'IFREMER e della Scripps Institution of Oceanography di San Diego, US. La missione, in continuità con le precedenti campagne di misura e in particolare con la campagna MELBA, si è svolta a bordo del battello oceanografico Poseidon dell'ARPAT e della nave scuola Alfredo Cappellini dell'Istituto Navale di Livorno. Le misure fatte dall'equipe internazionale di ricercatori si sono concentrate in particolare nell'area compresa tra Elba, Montecristo, Pianosa, Giglio, Argentario e la costa grossetana, che era stata meno studiata nella campagna precedente.

Durante la campagna MELBA è stata sfruttata una combinazione di metodologie tradizionali come profili CTD e campionamenti, in particolare prelievo di campioni d'acqua per analizzare la concentrazione di clorofilla ed altri componenti e prelievo di campioni di sedimenti per l'analisi tossicologica, e più innovativi come profili di corrente mediante ADCP trainato e strumenti di tipo lagrangiano (boe derivanti o drifter ed un profilatore lagrangiano o float), ovvero boe che vengono rilasciate in mare libere di spostarsi alla deriva trasportate dalle correnti. Questi strumenti lagrangiani consentono di produrre mappe diffuse e continue nel tempo ed il loro utilizzo nasce dalla collaborazione del LaMMA con l'OGS e con la Scripps, all'avanguardia nella ricerca in questo ambito.

I risultati attesi dalla campagna oceanografica erano di vario genere: caratterizzazione idrodinamica e biogeochimica dell'Arcipelago Toscano, a Sud

dell'Isola d'Elba; costruzione di un data set di misure coerenti con le altre misure oceanografiche effettuate nell'ambito del progetto MOMAR (MELBA); miglioramento delle prestazioni dei modelli idrodinamici e biogeochimici a scala regionale/costiera, mediante calibrazione e validazione sui dati misurati; approfondimento della cooperazione tra le autorità locali che si occupano di monitoraggio marino in termini di costruzione di strumenti di lavoro collaborativi e condivisi; rafforzamento della rete di collaborazioni scientifiche per la ricerca nel campo dell'oceanografia costiera e regionale.

La campagna si è articolata in due fasi. La prima, svoltasi tra il 19 e il 22 settembre 2011, è stata limitata da condizioni atmosferiche avverse, ma ha comunque permesso di eseguire alcuni campionamenti, CTD e transetti con ADCP.

La seconda fase si è svolta dal 10 al 13 ottobre 2011. Sono stati eseguiti gli stessi tipi di misure della prima fase e in più misure con strumenti lagrangiani (Fig. 5). In particolare sono stati lanciati quindici drifter e un float, distanti tra loro circa 9 miglia nautiche in modo da coprire tutta l'area. In questo modo alle mappe di correnti ricavabili dai transetti lungo traiettorie assegnate saranno associate mappe diffuse e continue nel tempo delle correnti stimate dalla posizione delle boe derivanti, oltre alla mappatura tridimensionale

della temperatura, salinità, nutrienti e fitoplancton. Altri drifter e boe sono stati calati e tenuti in mare per tutto il periodo della campagna, in collaborazione con ricercatori della Scripps di San Diego.

Per finire, il 18 ottobre 2011, è stata eseguita un'ultima serie di misure con ADCP trainato, profili di temperatura, salinità e clorofilla (sonda multiparametrica). Durante la campagna sono stati effettuati 17 punti di misura, ciascuno dei quali a più profondità, per campionamenti di clorofilla, sedimenti sospesi, sostanza gialla, torbidità, nutrienti, e riconoscimento di specie fitoplanctonica al microscopio.

La campagna MILONGA ha anche offerto l'opportunità ad alcuni studenti dell'Istituto Nautico di Livorno di seguire sulla barca Alfredo Cappellini la missione di ricerca oceanografica. I ragazzi sono stati a contatto per diversi giorni con l'equipe internazionale di ricercatori, collaborando attivamente alle misure e ai campionamenti effettuati. Un'occasione per poter conoscere scienziati con diverse competenze e ambiti di ricerca, dai fisici e modellisti ai biologi marini, che hanno mostrato ai ragazzi le varie metodologie di ricerca usate. In questo contesto, la ricerca nel suo svolgersi è diventata una straordinaria occasione di divulgazione scientifica, grazie anche alla capacità dell'istituzione scolastica di cogliere e valorizzare questa opportunità di "imparare - facendo".



Figura 5: Messa a mare di un drifter.

Risultati preliminari

La consistente mole di dati raccolti necessita adesso di essere analizzata. Al momento sono state eseguite solo alcune analisi preliminari, che hanno comunque evidenziato la validità e il notevole interesse delle misure fatte. Di seguito alcuni esempi di elaborazioni effettuate dai ricercatori. In Figura 6 si può vedere la sovrapposizione tra l'uscita del modello ROMS e

le misure effettuate nella campagna MELBA. Si vede qui una buona corrispondenza tra la simulazione della velocità di corrente del modello (freccine nere) e quella reale misurata (freccine rosse).

In Figura 7 sono rappresentate alcune traiettorie dei drifter e misure di corrente con ADCP lungo transetti rettilinei.

Infine, in Figura 8, sono mostrate alcune mappe della concentrazione di clorofilla, ottenute da dati satellitari MODIS Aqua, nel periodo corrispondente alla

campagna MILONGA; in queste mappe sono anche evidenziate le posizioni delle stazioni di misura.

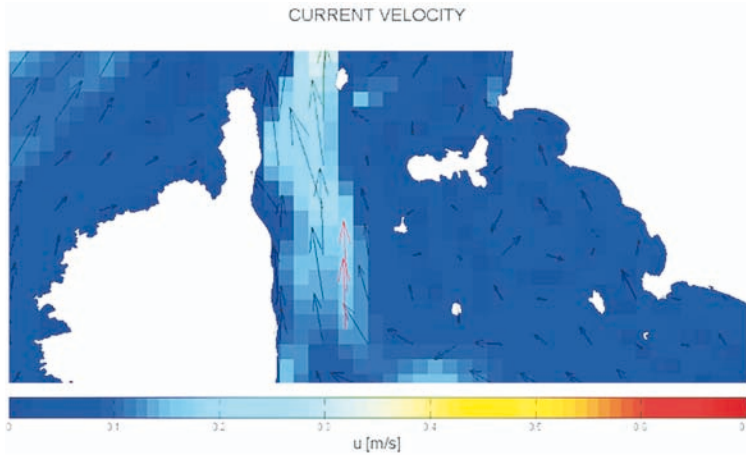


Figura 6: Confronto tra i dati del modello idrodinamico e i valori misurati con ADCP.

Ringraziamenti

L'organizzazione e lo svolgimento delle attività descritte in questo articolo hanno richiesto la collaborazione di molte persone, oltre a quelle che hanno partecipato più direttamente ad esse. Si ringraziano quindi i colleghi Andrea Antonini, Riccardo Benedetti, Gabriele



Figura 7: Traiettorie lagrangiane e profili di corrente.

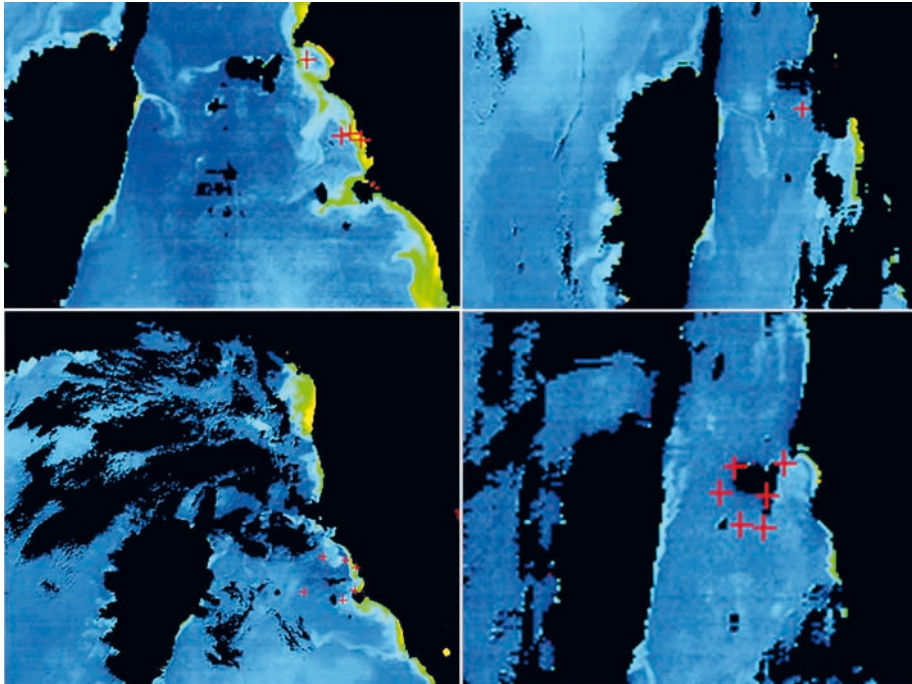


Figura 8: Mappe della concentrazione di clorofilla: le aree verdi, sotto costa, sono quelle dove la concentrazione è più elevata, mentre i simboli rossi rappresentano le stazioni di misura.

Brugnoni, Simone Cristofori, Francesco Pasi, Laura Pellegrino, Graziella Rossini del Consorzio LaMMA, Fabio Maselli dell'Istituto di Biometeorologia del CNR, Yoann Baldi, Francois Galgani dell'IFREMER; l'Istituto Nautico Cappellini di Livorno, in particolare la dirigente scolastica Francesca Nacci, il prof. Silvestro Raffone, comandante dell'Alfredo Cappellini, e gli allievi Matteo Ferrari, Filippo Maffei, Alberto Seghezzi, Leonardo Zaccagna; la Regione Toscana, in particolare la dirigente del Settore Protezione e Valorizzazione Fascia Costiera e dell'Ambiente Marino Gilda Ruberti; l'Area Mare di ARPAT; Luca Massi del Dipartimento di Ecologia Vegetale dell'Università degli Studi di Firenze; Riccardo Gerin e Pierre Poulain dell'Istituto nazionale di Oceanografia e Geofisica Sperimentale; Luca Centurioni e Christofer McCall della Scripps Institution of Oceanography; la Corsica Ferries e, in particolare, il comandante Gabriele Luschi. In ricordo del nostro collega e amico Nicolas Ganzin dell'IFREMER.

Bibliografia

- [1] Consorzio LaMMA: <http://www.lamma.rete.toscana.it/>.
- [2] MOMAR: <http://www.mo-mar.net/>.
- [3] IFREMER: <http://www.ifremer.fr/institut>.
- [4] Sardegna Ricerche: <http://www.sardegna ricerche.it/>.
- [5] Area mare ARPAT: <http://www.arpat.toscana.it/temi-ambientali/acqua/acque-marine-e-costiere>.

Spiaggiamenti di cetacei in Toscana: resoconto dell'attività del progetto GIONHA nel periodo 2009-2011

C. Mancusi*¹, L. Marsili², M. Baini², F. Cancelli³, S. Mazzariol⁴, T. Renieri³, A. Voliani¹, S. Ventrella⁵, F. Serena¹

Parole chiave: cetacei, spiaggiamento, rete regionale, Mediterraneo nord-occidentale

Al termine di due decenni di attività, il Centro Studi Cetacei (CSC) si è sciolto, procurando una grave lacuna alla conoscenza scientifica di queste specie. Nel 2007 è nato l'Osservatorio Toscano per i cetacei con lo scopo di riunire in una rete di collaborazione vari enti del territorio regionale che già da tempo si occupano del censimento ed il recupero degli esemplari di cetacei spiaggiati sulle coste della Toscana. Nel 2009 questo strumento di monitoraggio è stato inglobato nel progetto transfrontaliero GIONHA (Governance and Integrated Observation of Marine Natural Habitat), con lo scopo di consolidare e ampliare la rete regionale di collaborazione. Nel periodo 2009-2011 sono stati recuperati sulle coste della Toscana 74 cetacei, di cui 43 appartenenti alla specie stenella striata (Stenella coeruleoalba), 23 tursiopi (Tursiops truncatus), 2 balenottera comune (Balaenoptera physalus), 1 zifio (Ziphius cavirostris) e 5 cetacei non meglio identificati a causa dell'avanzato stato di decomposizione.

Introduzione

Gli spiaggiamenti dei cetacei in Toscana sono stati segnalati con buona regolarità fin dal 1986 su iniziativa di istituzioni e organismi pubblici e privati appartenenti al Centro Studi Cetacei (CSC, presso il Museo Civ. St. Nat. di Milano). Dopo due decenni di attività, il CSC è andato sfaldandosi per cui, nel 2007, è nato l'Osservatorio Toscano per i cetacei con lo scopo di riunire in una rete di collaborazione vari enti del territorio regionale che già da tempo si occupavano del censimento e recupero di esemplari di cetacei spiaggiati sulle coste toscane [1,2]. Nel 2008 questo strumento di monitoraggio è stato inglobato nell'ambito del progetto transfrontaliero GIONHA (Governance and Integrated Observation of Marine Natural Habitat), che ha intrapreso un'azione di consolidamento e ampliamento della rete regionale di collaborazione. All'interno di questo contesto ARPAT si identifica come soggetto coordinatore degli

interventi di campo a carico dei diversi enti aderenti al progetto. In particolare, in Toscana il recupero degli esemplari è stato possibile grazie all'operatività delle seguenti strutture: il Museo di Storia Naturale dei Fisiocritici ed il Dipartimento di Scienze Ambientali dell'Università di Siena, l'Istituto Zooprofilattico del Lazio e Toscana, l'Associazione CE.T.U.S di Viareggio, con la collaborazione della Capitaneria di Porto, Vigili del Fuoco e Corpo Forestale dello Stato. Inoltre la collaborazione con il Dipartimento di Sanità Pubblica, Patologia Comparata e Igiene Veterinaria della Facoltà di Medicina Veterinaria dell'Università di Padova assicura l'intervento di veterinari e tecnici specializzati soprattutto in caso di spiaggiamenti di grandi cetacei [5] e l'espletamento di analisi di laboratorio ai fini di accertare la presenza di patologie spontanee e trasmissibili. Il progetto GIONHA ha dunque contribuito allo sviluppo di un network esteso a livello regionale e sovra-regionale, al quale guarda costiera, pescatori o chiunque altro avvisti

cetacei spiaggiati o in difficoltà possa rivolgersi. La collaborazione stabilitasi fra i vari enti permette di suddividere il lavoro sul territorio, in modo da garantire un intervento tempestivo degli operatori, specialmente nei casi in cui l'animale sia ancora vivo. Consente inoltre la possibilità di effettuare esami di diverso tipo, a seconda delle specializzazioni dei vari enti e la costituzione di un database unico e integrato, con lo scopo di censire gli spiaggiamenti e di fornire indicazioni sulla causa degli stessi e stabilire eventuali misure preventive.

Materiali e Metodi

A seguito di segnalazioni della Capitaneria di Porto o di privati cittadini, un team di operatori viene inviato sul campo per l'identificazione tassonomica dell'esemplare spiaggiato. In tale occasione vengono determinate la lunghezza, il sesso, lo stato di decomposizione della carcassa ed acquisite immagini fotografiche.

Per ogni intervento viene inoltre compilata la scheda standard, destinata al Centro di Coordinamento per la Raccolta dei Dati sugli Spiaggiamenti di Mammiferi Marini (Banca Dati Spiaggiamenti) presso il CIBRA dell'Università degli Studi di Pavia [8]. Campioni di tessuti sono inoltre inviati alla Banca Tessuti dei mammiferi marini dell'Università di Padova [9]. Qualunque sia lo stato di conservazione degli esemplari, questi devono essere rimossi dalla spiaggia ed inviati allo smaltimento in tempi brevi (come richiesto dalla Capitaneria di Porto in accordo con le normative igienico-sanitarie). Se il cetaceo recuperato non è ancora in stato di decomposizione, è possibile procedere con un'accurata dissezione e, quindi, con il prelievo di organi e tessuti per le analisi tossicologiche e virologiche previste, che vengono effettuate rispettivamente dalle Università di Siena e di Padova [6]. Durante l'attività di recupero dei cetacei spiaggiati degli ultimi anni, proprio nell'ambito del progetto GIONHA, si è cercato di raccogliere gli stomaci dei cetacei in buono stato di conservazione per un'analisi dettagliata dei contenuti stomacali [7]. Per la piena valorizzazione degli esemplari spiaggiati, alcuni scheletri sono stati recuperati e conservati presso i musei toscani (e non solo) per motivi di studio e ostensione al

pubblico. L'attività della rete toscana si colloca nell'ambito del lavoro di creazione di una Rete Nazionale di Monitoraggio degli Spiaggiamenti rilanciato dagli IZS, dalle Università di Padova e Pavia, dal Museo di Storia Naturale di Milano, sostenuti dal Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare e dal Ministero della Salute.

Risultati

Nel periodo 2009-2011 sono stati recuperati 74 esemplari di cetacei spiaggiati, di cui 43 stenelle striate (*Stenella coeruleoalba*), 23 tursiopi (*Tursiops truncatus*), 2 balenottera comune (*Balaenoptera physalus*), 1 zifio (*Ziphius cavirostris*) e 5 cetacei non identificati a causa dell'avanzato stato di decomposizione.

In particolare, nel 2009 si sono registrati 16 eventi di spiaggiamento ed il 2010 si è concluso con lo spiaggiamento di 30 animali. (Tab. 1; Fig. 1).

gli autori

¹ ARPAT Risorse Ittiche e Biodiversità Marina, Via Marradi, 114 - 56126 Livorno, c.mancusi@arpat.toscana.it, f.serena@arpat.toscana.it, a.voliani@arpat.toscana.it

² Dip. di Scienze Ambientali, Università di Siena, marsilil@unisi.it

³ Accademia dei Fisiocritici, Siena, renierit@unisi.it

⁴ Dip. di Sanità Pubblica, Patologia Comparata e Igiene Veterinaria, Università degli Studi di Padova, sandro.mazzariol@unipd.it

⁵ Osservatorio Toscano Cetacei, Firenze, sergio.ventrella@regione.toscana.it

* autore per corrispondenza c.mancusi@arpat.toscana.it

Tabella 1: Spiaggiamenti in Toscana nel periodo 2009-2011.

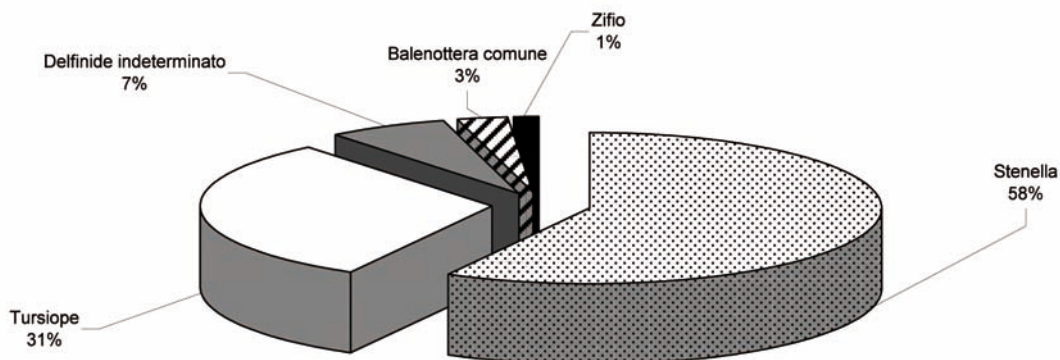
	2009	2010	2011	TOTALE
Stenella	11	21	11	43
Tursiope	3	7	13	23
Delfinide indeterminato	2	2	1	5
Balenottera comune			2	2
Zifio			1	1
TOTALE	16	30	28	74

Nel 2011, tra i 22 interventi registrati devono essere ricordati lo spiaggiamento della balenottera nel parco di San Rossore (Pisa) a gennaio ed il ritrovamento del rarissimo zifio a Marina di Pietrasanta a settembre.

La balenottera *B. physalus* era un maschio lungo 16,80 m e pesante 16-18 tonnellate. Dalle analisi effettuate sui campioni prelevati dall'esemplare spiaggiato è emerso che la balenottera era affetta da morbillivirus, unico caso mai segnalato per questa specie. In seguito alla difficoltà di praticare uno smaltimento della carcassa tramite interrimento o trasporto in altro luogo, via mare o via terra, è stato preso in considerazione un protocollo che propone l'affondamento in mare, proposto dal Museo di Storia Naturale dal Dipartimento di Scienze della Terra di Firenze. Tale progetto si propone di studiare le comunità di organismi marini

che si nutrono dei tessuti dell'animale, tornando a monitorare la carcassa con l'uso di veicoli a controllo remoto in tempi successivi. Gli studi in aree extramediterranee, infatti, hanno mostrato che a grandi profondità le carcasse ospitano organismi specializzati nello sfruttamento delle ossa, conosciuti come "Whale Fall Communities" (WFC=comunità di carcassa di balena) [3, 4]. Per il Mediterraneo lo stato delle conoscenze è ancor più frammentario, per cui una vera e propria WFC non è mai stata studiata. Di concerto con i veterinari dell'ASL e dell'Università di Padova, è stato deciso di affondare la carcassa della balenottera ad una profondità di circa 50 m a circa 10 miglia dalla costa della Tenuta di San Rossore.

Lo zifio è un grosso cetaceo, presente nel Mediterraneo ma che si avvista difficilmente in quanto sembra prediligere aree di grande profondità con canyon e rilievi sottomarini, come ad esempio le aree di scarpata continentale del Mar Ligure occidentale e del Tirreno. Gli spiaggiamenti di questa specie sono piuttosto rari ed in Toscana, dal 1986 ad oggi, si sono registrati solo 5 animali. L'esemplare ritrovato a Pietrasanta, morto da diversi giorni, era lungo quasi 5 metri ed è stato recuperato per finalità di studio e di ricerca scientifica; lo scheletro verrà conservato presso il Museo di Storia Naturale dei Fisiocritici di Siena. Lo zifio è una specie emblematica per le ricerche di bioacustica dell'ultimo decennio. Si tratta di una specie in precedenza poco nota venuta alla ribalta delle

**Figura 1: Riepilogo degli spiaggiamenti in Toscana nel periodo 2009-2011.**

cronache in quanto particolarmente sensibile a certe categorie di sonar militari e per questo ripetutamente coinvolta, soprattutto all'estero, in spiaggiamenti avvenuti in concomitanza con esercitazioni navali.

Quasi tutti gli esemplari erano morti al momento dell'intervento degli operatori e molti di essi sono stati ritrovati in avanzato stato di decomposizione. Solo in un caso, l'ultimo osservato nel mese di agosto, non è stato possibile recuperare l'animale: la segnalazione pervenuta ha fornito un punto di localizzazione (latitudine e longitudine) dell'animale che stava galleggiando in mare aperto; il sopralluogo dei biologi dell'Università di Siena sul posto non ha però consentito il ritrovamento della carcassa. Nel 2011 si sono registrati 4 spiaggiamenti di giovanissimi esemplari appartenenti alla specie *T. truncatus* che erano ancora in fase di allattamento. In due casi, invece, il cetaceo, sempre rappresentato da stenella striata, si è spiaggiato ancora vivo. Ad ottobre, grazie all'intervento della Capitaneria di Porto e di alcuni volontari, le due stenelle sono state nuovamente riportate in mare aperto.

A novembre, invece, una femmina adulta è entrata nel porto di Livorno e, dopo un giorno e mezzo all'interno dei canali del porto con fallimento dei numerosi tentativi effettuati per riportarla in mare, si è infilata dentro il canale dello Scolmatore dove è morta.

Conclusioni

Risalire alle cause di morte dei delfini spiaggiati in Toscana, come anche è stato per l'evento dei capodogli spiaggiati sulle coste pugliesi, risulta estremamente difficile, poiché spesso non possiamo disporre di tutte le informazioni necessarie. Non si può certo escludere che la morte, soprattutto dei giovani (probabilmente ancora in fase di allattamento), possa essere spesso causata da una separazione prolungata dalla madre, dovuta alle cattive condizioni del mare. Il numero di spiaggiamenti del 2010 si colloca ben al di sopra della media annuale per la Toscana, che è di 14 eventi ed è calcolata sulla base di dati raccolti a partire dal 1986 (Fig. 2).

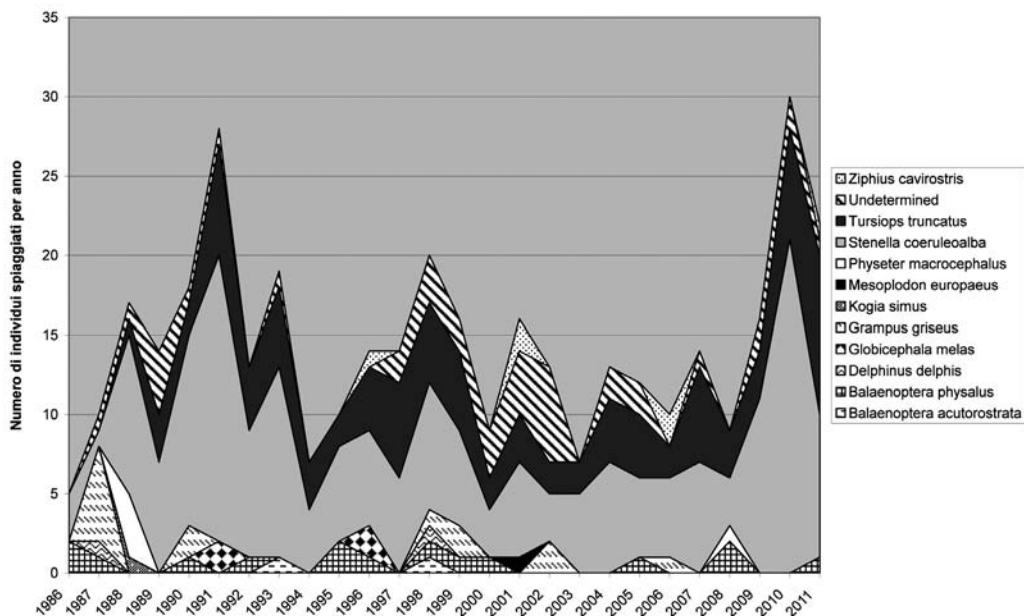


Figura 2: Numero di spiaggiamenti per anno in Toscana (periodo 1986-2011).

Ringraziamenti

Si ringraziano la Capitaneria di Porto ed i Vigili del Fuoco per la disponibilità e la preziosa collaborazione durante le fasi di recupero degli animali. Un sentito ringraziamento è doveroso per i colleghi Silvia Maltese, Daniele Coppola, Matteo Giannetti, Tommaso Campani dell'Università di Siena per il supporto durante le attività di campo e la collaborazione a tutte le fasi di dissezione ed analisi dei campioni, e per i colleghi Davide Bedocchi e Silvio Nuti della CETUS di Viareggio per l'aiuto nell'intervento su alcuni esemplari spiaggiatisi nella zona di Viareggio.

Bibliografia

- [1] Aa.Vv., 2007. L'osservatorio Toscano dei Cetacei. Delibera di Giunta del 10 aprile 2007, 24pp.
- [2] Aa.Vv., 2008. L'osservatorio Toscano dei Cetacei. Primo report aprile 2007 maggio 2008, 18pp.
- [3] Dominici S., Cioppi E., Ise S., Betocchi U., Gallai G., Tangocci F., Valleri G., Monechi S. 2009. Mediterranean fossil whale falls and the adaptation of mollusks to extreme habitats. *Geology*, 37(9): 815-818.
- [4] Dominici S., Danise S., 2010. Una comunità tutta italiana. *Le Scienze*, aprile 2010: 92-99.
- [5] Mazzariol S., Palmisano G., Giurisato M., Marcer F., Cozzi B., 2009. Attività dell'unità per le necroscopie dei grandi cetacei nel periodo 2006-2008. 8° convegno Nazionale sui Cetacei e sulle Tartarughe, Pescara 29-30 ottobre 2009.
- [6] Pretti C., Mancianti F., Nardoni S., Ariti G., Monni G., Di Bello D., Marsili L., Papini R. (2010). Detection of *Toxoplasma gondii* infection in dolphins stranded along the tuscan coast, Italy. *Revue Méd. Vét.*, 10, 428-431.
- [7] A. Voliani, C. Mancusi, C. Pedà, T. Romeo, A. Scuderi, M. Targusi. Analisi del contenuto stomacale degli esemplari di *Stenella coeruleoalba* (Montagu, 1821) spiaggiati lungo le coste toscane. (questo volume).
- [8] www-1.unipv.it/cibra/spiaggiamenti.html
- [9] www.mammiferimarini.sperivet.unipd.it/lista/index.htm

Analisi del contenuto stomacale degli esemplari di *Stenella coeruleoalba* (Montagu, 1821) spiaggiati lungo le coste toscane

Alessandro Voliani*¹, Cecilia Mancusi¹, Cristina Pedà², Teresa Romeo², Alessia Scuderi¹, Monica Targusi³

Parole chiave: *Stenella coeruleoalba*, contenuto stomacale, dieta, rete trofica.

Stenella coeruleoalba (Montagu, 1821) è una specie cosmopolita presente in acque tropicali e temperate e, tra i cetacei, è la specie più abbondante nel Mediterraneo Occidentale. Nell'ambito del progetto transfrontaliero marittimo GIONHA – Governance and Integrated Observation of marine Natural Habitat – sono stati prelevati gli stomaci di 14 stenelle spiaggiate sulle coste dell'Arcipelago Toscano (7 maschi, 5 femmine e 2 di sesso non determinabile a causa del pessimo stato di conservazione, di lunghezza compresa tra 1 m e 2,17 m).

Il contenuto stomacale è stato analizzato e le prede individuate sono state classificate al livello tassonomico più basso possibile utilizzando sia le parti molli caratterizzanti le specie, che gli otoliti o altre parti ossee per gli osteitti, il becco inferiore per i cefalopodi e parti dell'esoscheletro per i crostacei. Per ogni tipologia di preda è stato calcolato il numero degli individui.

Sono state rinvenute prede appartenenti ai taxa Osteichthyes, Cephalopoda e Crustacea. Tra gli osteitti predati da *S. coeruleoalba* prevalgono Myctophidae e Gadidae e tra i cefalopodi Onychoteuthidae e altri teutoidei; infine tra i crostacei sono risultati più rappresentati Euphausiidae e Peneidae.

S. coeruleoalba è una specie pelagica che tende a predare specie distribuite lungo la colonna d'acqua, nonché prede in grado di compiere migrazioni nictemerali. Pertanto nella dieta di *S. coeruleoalba* si possono ritrovare sia specie che popolano le acque superficiali come *Argonauta argo*, sia specie di ambienti profondi come *Histioteuthis bonnellii* e *Histioteuthis reversa* tra i cefalopodi e *Myctophum punctatum* tra gli osteitti; inoltre tra le prede di *S. coeruleoalba* risultano talvolta abbondanti i crostacei, anch'essi presumibilmente predati durante le fasi nictemerali.

Introduzione

Stenella coeruleoalba (Montagu, 1821) è una specie cosmopolita presente in acque tropicali e temperate. Nel Mediterraneo, fra le specie di cetacei segnalate nel versante occidentale, risulta la più abbondante [1], come dimostrano anche le frequenti segnalazioni di avvistamenti e gli spiaggiamenti di esemplari deceduti [2]. I lavori sulla dieta di questo Delphinidae, relativi al Mediterraneo e all'Atlantico Nord-orientale, hanno descritto una grande varietà di specie predate appartenenti princi-

palmente a osteitti e cefalopodi [3, 4, 5, 6, 7]. I risultati preliminari qui presentati apportano un ulteriore contributo alla conoscenza dell'ecologia di questi predatori e alla relazione fra essi e la comunità marina in termini di uso delle risorse e ruolo nella rete trofica.

Materiali e Metodi

Nell'ambito del progetto transfrontaliero marittimo GIONHA (Governance and Integrated Observation of marine Natural Habitat; www.arpat.

Tabella 1: Elenco degli esemplari spiaggiati di *S. coeruleoalba* dei quali è stata fatta l'analisi del contenuto stomacale.

Codice	Data	Località	Lunghezza (cm)	sesso	contenuto stomaco
AM2S	29/03/1990	Marina di Capalbio	183	I	presente
AM3S	24/04/1990	Ardenza	214	M	presente
AM4S	18/09/1990	Vada	188	M	tracce
AM5S	04/11/1990	Antignano	162	I	presente
AM6S	20/12/1990	Forte dei Marmi	195	F	presente
RT7S	28/03/2008	Viareggio	201	M	presente
RT8S	16/04/2008	Livorno	208	M	tracce
RT9S	17/04/2008	Cecina	101	M	assente
RT15S	31/01/2009	Porto Santo Stefano	200	M	presente
AM8S	30/03/2010	Feniglia (Orbetello)	160	F	assente
RT21S	04/10/2010	Ansedonia (Orbetello)	192	F	presente
RT22S	16/11/2010	Follonica	167	F	assente
RT23S	04/12/2010	Puntone di Scarlino	190	F	assente
RT24S	08/01/2011	Castiglione della Pescaia	217	M	presente

toscana.it/gionha/gionha) sono stati prelevati gli stomaci di 14 stenelle spiaggiate sulle coste dell'Arcipelago Toscano (Tab. 1).

Gli stomaci sono stati analizzati subito dopo il prelievo oppure sono stati conservati mediante congelamento. In laboratorio, il campione di stomaco, fresco o scongelato, è stato aperto ed è stato prelevato il contenuto stomacale, che è stato conservato in alcol per le successive analisi. Il materiale è stato successivamente analizzato suddividendo tutte le prede e i contenuti per tipologia. Le prede sono state classificate al livello tassonomico più basso possibile. I reperti più usati per il riconoscimento dei diversi taxa sono stati, per gli osteitti, gli otoliti o altre parti ossee (come ad esempio le mandibole), per i cefalopodi il becco inferiore e, per i crostacei, parti dell'esoscheletro (cefalotorace o primo pereopode). Quando presenti e rilevanti per l'identificazione della preda, sono state utilizzate anche le parti molli caratterizzanti le specie. Il riconoscimento è stato eseguito utilizzando collezioni presenti nei laboratori e consultando la bibliografia [8, 9, 10, 11, 12]. Per ogni tipologia di preda è stato calcolato il numero degli individui.

Utilizzando la relazione tra lunghezza dell'otolite e lunghezza totale del corpo [13], è stata stimata la distribuzione delle taglie degli esemplari di *Merluccius merluccius* predati dalle stenelle.

Risultati

Dalle analisi è risultato che 5 delle 14 stenelle avevano lo stomaco vuoto o semivuoto, indicando che la morte è sopraggiunta dopo un periodo piuttosto lungo durante il quale l'esemplare non si è alimentato, probabilmente perché malato. Un altro esemplare era invece un neonato ancora in fase di allattamento.

Negli stomaci degli altri 8 esemplari sono state rinvenute oltre 1500 prede, appartenenti ai taxa Osteichthyes, Cephalopoda e Crustacea. In Tab. 2 si riporta l'elenco delle prede identificate.

gli autori

¹ ARPAT Agenzia Regionale per la Protezione Ambientale della Toscana - Area Mare, Via Marradi 114, 57126 Livorno

² ISPRA - Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale Via dei Mille 44, 98057 Milazzo (ME), Italia

³ ISPRA - Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale - Via dei Casalotti 300, 00166 Roma, Italia

*a.voliani@arpat.toscana.it

Tabella 2: Numero di esemplari per ogni taxon rinvenuti negli stomaci di *S. coeruleoalba*.

Taxa	AM2S	AM3S	AM5S	AM6S	RT7S	RT15S	RT21S	RT24S	TOTALE
OSTEICHTHYES									
<i>Argentina sphyraena</i>						11		1	12
Argentinidae	0	0	0	0	0	11	0	1	12
<i>Spicara flexuosa</i>			10						10
Centranchidae	0	0	10	0	0	0	0	0	10
<i>Chauliodus sloani</i>						1	6		7
Chauliodontidae	0	0	0	0	0	1	6	0	7
<i>Symphurus nigrescens</i>						1			1
Cynoglossidae	0	0	0	0	0	1	0	0	1
<i>Antonogadus megalokynodon</i>								1	1
<i>Gadiculus argenteus</i>						91		2	93
<i>Micromesistius poutassou</i>						2			2
<i>Phycis blennoides</i>							4		4
<i>Trisopterus minutus</i>						10			10
Gadidae	0	0	0	0	0	103	4	3	110
<i>Lesuerigobius friesii</i>						68		2	70
Gobiidae	0	0	0	0	0	68	0	2	70
<i>Gonostoma denudatum</i>							1		1
Gonostomatidae	0	0	0	0	0	0	1	0	1
<i>Merluccius merluccius</i>	1	1				154		85	241
Merlucciidae	1	1	0	0	0	154	0	85	241
<i>Myctophum punctatum</i>	80	14		33	71		2	1	201
<i>Ceratocopelus maderensis</i>	12	9		4	14		5		44
<i>Diaphus holti</i>							7	1	8
<i>Benthoema glaciale</i>		1							1
<i>Symbolophorus veranyi</i>		1			2		3		6
<i>Hygophum hygomii</i>		60		5			3		68
<i>Electrona risso</i>							9		9
<i>Notoscopelus elongatus</i>	4			1	5		1	9	20
<i>Lampanyctus crocodilus</i>				1	3		13		17
Myctophidae sp		128		3					131
Myctophidae	96	213	0	47	95	0	43	11	505
<i>Arctozenus risso</i>							20		20
<i>Lestidiops sphyrenoides</i>							41	11	52
Paralepididae	0	0	0	0	0	0	61	11	72
<i>Vinciguernia sp.</i>							1		1
Phosichthyidae	0	0	0	0	0	0	1	0	1
<i>Stomias boa</i>							1		1
Stomiidae	0	0	0	0	0	0	1	0	1
Osteichthyes non id.	0	4	5	0	3	0	6	3	21
Totale Osteichthyes	97	218	15	47	98	338	123	116	1052
CEPHALOPODA									
<i>Argonauta argo</i>		3							3
Argonautidae	0	3	0	0	0	0	0	0	3
<i>Eledone cirrhosa</i>						1			1
Octopodidae sp					2				2
Octopodidae	0	0	0	0	2	1	0	0	3
OCTOPODA	0	3	0	0	2	1	0	0	6
<i>Galiteuthis armata</i>					5				5
Cranchiidae	0	0	0	0	5	0	0	0	5
<i>Abraliopsis morisii</i>								4	4
Enoploteuthidae	0	0	0	0	0	0	0	4	4
<i>Histioteuthis bonnellii</i>					1		2		3
<i>Histioteuthis reversa</i>					3		28		31
Histioteuthidae	0	0	0	0	4	0	30	0	34
<i>Ancistroteuthis lichtensteini</i>		6		7	5				18
<i>Onychoteuthis banksii</i>				1	7		12		20
Onychoteuthidae	0	6	0	8	12	0	12	0	38
<i>Illex coindetii</i>						1		24	25
<i>Todarodes sagittatus</i>					4		2	2	8
Ommastrephidae sp.		6							6
Ommastrephidae	6	0	0	0	4	1	2	26	39
<i>Loligo vulgaris</i>						6			6
Loliginidae	0	0	0	0	0	6	0	0	6
Teuthida non id.					2				2
TEUTHIDA	6	6	0	8	27	7	44	30	128
<i>Heteroteuthis dispar</i>			2		2	2	23	8	37
Sepiidae sp.		8	3						35
Sepiidae	8	0	5	0	2	2	23	43	83
SEPIOLIDA	8	0	5	0	2	2	23	43	83
Cephalopoda non id.	12	0	9	0	17	4	3	0	45
Totale Cephalopoda	26	9	14	8	48	14	70	73	262

Il maggior numero di prede, circa due terzi del totale, appartiene al gruppo degli osteitti, mentre cefalopodi e crostacei rappresentano entrambi circa un sesto del totale delle prede. Gli osteitti sono stati rinvenuti in tutti gli stomaci non vuoti analizzati, con quantità comprese tra il 36 e il 95 % e sono numericamente prevalenti, rispetto a cefalopodi e crostacei, in tutti gli stomaci tranne uno, quello della stenella codificata come RT7S, dove prevalgono i crostacei. Anche i cefalopodi sono stati rilevati in tutti gli stomaci, ma con percentuali comprese tra il 3 e il 48 %. I crostacei sono risultati presenti in cinque degli otto stomaci, con percentuali dall'1 al 46 %. Le famiglie più rappresentate negli stomaci di *S. coeruleoalba* sono, tra gli osteitti, Myctophidae (in particolare *Myctophum punctatum*), Merlucciidae (*M. merluccius*) e Gadidae (*Gadiculus argenteus*), tra i cefalopodi, Sepiolidae, Onychoteuthidae, Histioteuthidae e Ommastrephidae, e, tra i crostacei, sono risultati più rappresentati Euphausiidae e Peneidae. Cinque delle otto stenelle che hanno consentito di avere informazioni sufficienti, presentano tra le prede specie bati o mesopelagiche (Myctophidae, Paralepididae, Onychoteuthidae, Histioteuthidae, Galiteuthidae, Pasi-phaeidae, Euphausiacea)

CRUSTACEA									
<i>Thysanopoda</i> sp.					1				1
<i>Stylocheiron</i> sp.					11				11
<i>Euphausia</i> sp.					2				2
<i>Euphausiidae</i> spp.					108				108
Euphausiidae	0	0	0	0	122	0	0	0	122
EUPHAUSIACEA									
<i>Paspiphaea multidentata</i>								12	12
Paspiphaeidae	0	0	0	0	0	0	12	0	12
<i>Parapenaeus longirostris</i>								2	6
<i>Penaeidae</i> sp.								41	41
Penaeidae	0	0	0	0	0	45	0	2	47
<i>Plesionika</i> sp.					1	7			8
Pandalidae	0	0	0	0	1	7	0	0	8
<i>Calocaris macandreae</i>		2							2
Calocarididae	0	2	0	0	0	0	0	0	2
DECAPODA									
<i>Hyperidea</i> sp.					1	52	12	2	69
AMPHIPODA	0	0	0	0	1	0	0	0	1
Crustacea non id.						60			60
Totale Crustacea	0	2	0	0	124	112	12	2	252
Totale prede	123	229	29	55	270	464	205	191	1566
% Osteichthyes	79	95	52	85	36	73	60	61	67
% Cephalopoda	21	4	48	15	18	3	34	38	17
% Crustacea	0	1	0	0	46	24	6	1	16

che frequentano quasi esclusivamente le aree del largo, caratterizzate da profondità maggiori di 300 m. Degli altri tre esemplari, due presentano specie più legate alla parte più profonda della piattaforma continentale o prossima ad essa (profondità comprese tra 150 e 250 m), come *Trisopterus minutus*, *Argentina sphyraena*, *Spicara flexuosa*, giovanili di *M. merluccius*, *Loligo vulgaris*, *Parapenaeus longirostris*. Infine, l'ultimo esemplare presenta nello stomaco entrambe le categorie precedentemente descritte. Gli esemplari di *M. merluccius* predati, nei due casi in cui sono risultati abbondanti nel contenuto gastrico, sono caratterizzati, in un caso, da taglie comprese prevalentemente tra 6 e 10 cm di lunghezza totale, e, nell'altro, tra 10 e 14 cm (Fig. 1).

Discussione e conclusioni

Dall'analisi del contenuto stomacale risulta che *S. coeruleoalba* ha un'alimentazione molto varia, come dimostrano le quasi 50 specie individuate, in rappresentanza di circa 30 famiglie. Tra le prede prevalgono specie di dimensioni medio-piccole, che probabilmente non sono predate individualmente, ma sono attaccate quando costituiscono una biomassa di una certa consistenza, aggregate anch'esse per motivi trofici. Questo è abbastanza evidente nel caso dei crostacei eufa-

siacei, di dimensioni particolarmente ridotte, che sono verosimilmente predati dalle stenelle quando costituiscono gruppi molto numerosi insieme ai loro piccoli predatori abituali, osteitti di piccole dimensioni che li seguono nei loro spostamenti verticali.

Dalle analisi risulta che *S. coeruleoalba* preda le specie distribuite lungo la colonna d'acqua, comprese quelle in grado di compiere migrazioni nictemerali. Le stenelle, infatti, sono capaci di alimentarsi anche durante la notte,

come dimostrano i campionamenti acustici notturni condotti nel Mar Ligure da Gannier [14]. Di conseguenza, nella dieta di *S. coeruleoalba* si possono ritrovare sia specie che popolano le acque superficiali, sia specie di ambienti profondi che questo Delfinidae preda durante i movimenti verticali notturni, quando si spostano verso la superficie.

Tra i tre taxa che risultano predati, osteitti, cefalopodi e crostacei, la componente numericamente più importante e quella degli osteitti, come risulta anche ad altri Autori [3, 15], anche se analisi più approfondite, che tenessero conto delle stime dei pesi individuali delle prede, potrebbero suggerire una diversa proporzione tra le componenti, essendo probabilmente i cefalopodi individualmente più pesanti dei pesci. Altri Autori hanno invece verificato una prevalenza numerica dei cefalopodi [4, 16]. Come suggerito da Wurtz e Varrale [3], a causa dell'elevata variabilità della composizione della dieta, è probabile che sia necessario analizzare un grande numero di campioni di contenuto stomacale di delfini per avere una buona idea della loro dieta reale.

Se si analizza la composizione delle prede ed il rapporto quantitativo tra di esse, risulta evidente che esso non concorda con quanto emerge dai campionamenti effettuati nelle stesse aree con la rete a strascico [17] che è il campionario più utilizzato per stimare la consistenza delle popo-

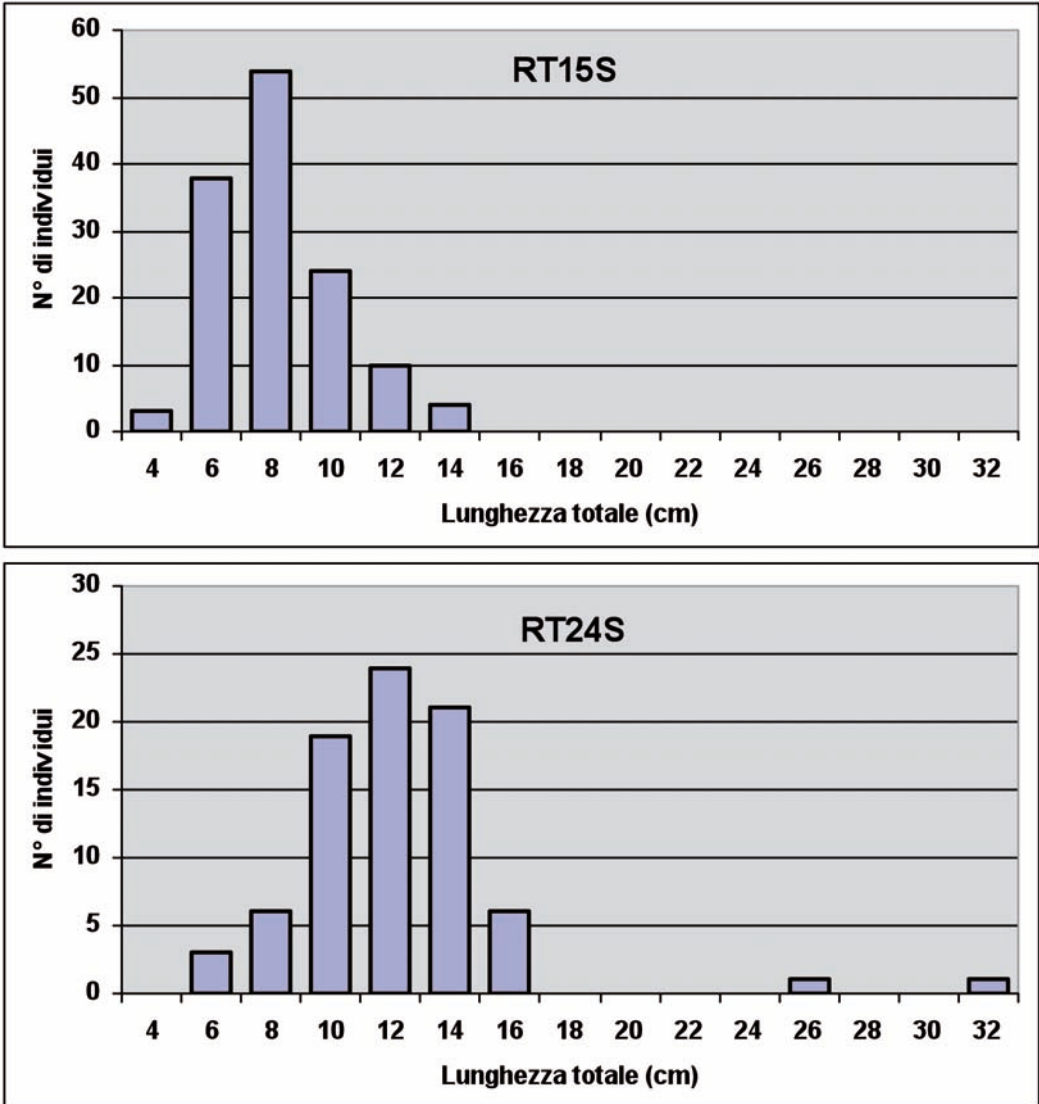


Figura 1: Distribuzioni di taglia degli esemplari di *M. merluccius* predati dalle stenelle RT15S (N=133) e RT24S (N=81).

lazioni ittiche in mare. Questo è dovuto al fatto che la stenella preda molte specie batipelagiche, che sono scarsamente campionate con la pesca a traino poppiro rivolta alle specie demersali, ma anche alcune specie mesopelagiche, alcune delle quali non sono mai state campionate con le pur numerose campagne sperimentali di pesca

nell'area. È il caso degli osteitti *Electrona risso* e *Lestidiops sphyrenoides*, dei cefalopodi *Argonauta argo* e *Abraliopsis morisii* e di alcuni crostacei Euphausiidae. Le analisi del contenuto stomacale di *S. coeruleoalba* contribuiscono quindi a migliorare le conoscenze sulla fauna e sulla biodiversità del mare toscano.

L'analisi del contenuto stomacale permette anche di fare alcune considerazioni sulle aree di alimentazione degli esemplari esaminati. Le aree del largo frequentate da cinque delle stenelle esaminate, in Toscana corrispondono al canale di acque profonde compreso tra la piattaforma continentale delle isole dell'Arcipelago e la piattaforma corsa. Gli altri esemplari si sono alimentati in aree un po' più costiere, in corrispondenza della parte più esterna della piattaforma dell'Arcipelago Toscano. Ciò trova conferma dagli avvistamenti di stenella che sono solitamente numerosi in entrambe queste aree [18].

Dall'analisi delle taglie degli esemplari di *M. merluccius* presenti nel contenuto gastrico, risultano predati individui giovanili, di lunghezza totale solitamente inferiore a 15 cm, a conferma che *S. coeruleoalba* ha una alimentazione composta da prede di piccole dimensioni. Confrontando le taglie ottenute in questo lavoro con le dimensioni dei naselli predati da *Tursiops truncatus* nelle stesse aree [13, 19], questi ultimi risultano più grandi, con le taglie più frequenti comprese tra 12 e 22 cm.

Bibliografia

- [1] J. Forcada, A. Aguilar, P. Hammond, X. Pastor, R. Aguilar, 1994. Distribution and numbers of striped dolphins in the Western Mediterranean Sea after the 1990 epizootic outbreak. *Marine Mammal Science*, 10: 137-150.
- [2] C. Mancusi, D. Bedocchi, F. Cancelli, L. Marsili, S. Nuti, S. Mazzariol, T. Renieri, A. Voliani, S. Ventrella, F. Serena, (Questo volume). Spiaggiamenti di cetacei in Toscana: resoconto dell'attività del progetto Gionha nel periodo 2009-2011. IV Congresso di Scienze Naturali, Codice Armonico 2012.
- [3] M. Wurtz, D. Marrale, 1993. Food of striped dolphins, *Stenella coeruleoalba*, in the Ligurian Sea. *J. Mar. Biol. Ass. U.K.*, 73: 571-578.
- [4] G. Bello, 1992. Stomach content of a specimen of *Stenella coeruleoalba* (Cetacea: Delphinidae) from the Ionian Sea. *Atti Soc. Ital. Sci. Nat. Museo Civ. Storia Nat.* 133 (4): 41-48.
- [5] S. Hassani, L. Antoine, V. Ridoux, 1997. Diets of Albacore, *Thunnus alalunga*, and Dolphins, *Delphinus delphis* and *Stenella coeruleoalba*, caught in the Northeast Atlantic Albacore Drift-net fishery: a progress report. *J. Northw. Atl. Fish. Sci.*, 22: 119-123.
- [6] J. Ringelstein, C. Pusineri, S. Hassani, L. Meynier, R. Nicolas, V. Ridoux, 2006. Food and feeding ecology of the striped dolphin, *Stenella coeruleoalba*, in the oceanic waters of the north-east Atlantic. *J. Mar. Biol. Ass. U.K.*, 86: 909-918
- [7] J. Spitz, E. Richard, L. Meynier, C. Pusineri, V. Ridoux, 2006. Dietary plasticity of the oceanic striped dolphin, *Stenella coeruleoalba*, in the neritic waters of the Bay of Biscay. *Journal of Sea Research*, 55: 309-320.
- [8] M.R. Clarke, 1986. A handbook for the identification of cephalopods beaks. Clarendon Press, Oxford: 273 pp.
- [9] C. Pedà, D. Malara, P. Battaglia, P. Perzia, F. Andaloro, T. Romeo, 2009. I cefalopodi nella dieta di grandi pelagici: identificazione dei becchi e costituzione di un archivio fotografico di riferimento. *Biol. Mar. Mediterr.*, 16 (1): 354-355.
- [10] P. Battaglia, D. Malara, T. Romeo, F. Andaloro, 2010. Relationship between otolith size and fish size in some mesopelagic and bathypelagic species from the Mediterranean Sea (Strait of Messina, Italy). *Sci. Mar.*, 74 (3):605-612.
- [11] V. Parisi-Baradad, A. Manjabacas, A. Lombarte, R. Olivella, O. Chic, J. Piera, E. Garcia-Ladona, 2010. Automated Taxon Identification of Teleost fishes using an otolith online database - AFORO. *Fish. Res.*, 105: 13-20.
- [12] C. Pedà, P. Battaglia, A. Scuderi, A. Voliani, C. Mancusi, F. Serena, F. Andaloro, T. Romeo, 2011. Cephalopods in the diet of striped dolphin *Stenella coeruleoalba* (Meyen, 1833) and bottlenose dolphin *Tursiops truncatus* (Montagu, 1821) stranded along the coasts of the Tuscany. 25th Conference of the ECS, Abstract book: 248.
- [13] A. Voliani, C. Volpi, 1990. Stomach content analysis of a stranded specimen of *Tursiops truncatus*. *Rapp. Comm. int. Mer Medit.*, 32 (1): 237.
- [14] A. Gannier, 1999. Diel variations of the striped dolphin distribution off the French Riviera (Northwestern Mediterranean Sea). *Aquatic Mammals*, 25(3): 123-134
- [15] C. Milani, A. Vella, P. Vidoris, A. Christidis, A. Kallianiotis, 2011 Diet of five cetacean species in the North Aegean Sea (Greece). 25th Conference of the ECS, Abstract book: 247.
- [16] C. Blanco, J. Aznar, J.A. Raga, 1995. Cephalopods in the diet of striped dolphin *Stenella coeruleoalba* from the western Mediterranean

during an epizootic in 1990. *Journal Zool. Lond.*, 237: 151-158.

[17] ARPAT - Area Mare, 2010. Progetto BIOMART. Le conoscenze sulla diversità biologica dei mari della Toscana. Relazione finale, Regione Toscana.

[18] A. Ruvolo, 2011. Distribuzione di *S. coeruleoalba* (Meyen, 1833) e *Tursiops truncatus* (Montagu, 1821) nel Tirreno Settentrionale: variabilità spazio-temporale e correlazione con i fattori ambientali. Tesi di Laurea Università di Pisa. 143 pp.

[19] A. Scuderi, A. Voliani, C. Mancusi, C. Pedà, T. Romeo, 2011. Stomach contents of bottlenose dolphins stranded along the coasts of Tuscany (North Western Mediterranean Sea). 25th Conference of the ECS, Abstract book: 307.

Concentrazione e composizione del particolato atmosferico (PM₁₀ e PM_{2,5}) nell'area urbana di Massa Marittima

Riccardo D'Orazio^{1*}, Fabio Baroni¹, Luigi A. Di Lella¹

Parole chiave: particolato atmosferico, elementi chimici, emissioni veicolari, Massa Marittima

Il presente studio si è posto come obiettivo quello di valutare la qualità dell'aria nell'area urbana di Massa Marittima (GR) attraverso la determinazione delle concentrazioni del particolato atmosferico inalabile (PM₁₀ e PM_{2,5}) e dei contenuti di 27 elementi chimici (Li, Be, B, Al, Ti, Cr, Fe, Mn, Co, Ni, Cu, Zn, As, Sr, Cd, Sb, Cs, Hg, Tl, Pb, Th, U, Ru, Rh, Pd, Ir, Pt) di valenza tossicologica e non ad esso associati. Il campionamento, svolto nel mese di Agosto 2010, è stato effettuato in cinque siti con differente incidenza del traffico veicolare, attraverso l'utilizzo di autocampionatori. La città di Massa Marittima possiede un tessuto urbano ottimale per valutare l'inquinamento atmosferico dovuto al traffico veicolare, in quanto, la mancanza di attività industriali, determina come principale fonte d'inquinamento atmosferico il traffico veicolare stesso. Gli elementi chimici associati al particolato atmosferico sono stati analizzati mediante ICP-MS (Inductively Coupled Plasma - Mass Spectrometry) utilizzando lo spettrometro Elan 6100 della Perkin Elmer-Sciex.

In questo lavoro sono presentati e discussi i dati relativi alle concentrazioni di PM₁₀ e PM_{2,5} e dei contenuti di alcuni elementi chimici ad esso associati. Le concentrazioni in aria di particolato atmosferico evidenziano un trend di distribuzione che rispecchia le diverse condizioni di traffico veicolare nelle cinque stazioni oggetto di studio, con i contenuti più elevati di pertinenza alle zone maggiormente trafficate. Un trend simile è stato mostrato dagli elementi chimici associati alle emissioni veicolari (i.e. Sb, Cu, Cd, Zn); viceversa le concentrazioni degli elementi litogenici (i.e. Co, Sr, U) hanno evidenziato una certa omogeneità in tutte e cinque le stazioni prese in esame.

Introduzione

Negli ultimi decenni la contaminazione atmosferica delle aree urbane si sta rivelando un problema ambientale sempre più serio e preoccupante, soprattutto per quanto riguarda i rischi per la salute umana e gli ecosistemi naturali; nonché per il danneggiamento arrecato al patrimonio culturale lapideo.

Numerosi contaminanti, nella forma di gas e di particelle solide sospese (i.e., particolato atmosferico, ossidi di azoto NO_x, anidride solforosa SO₂, monossido di carbonio CO, idrocarburi C_xH_y), sono di continuo immessi in aria attraverso numerose fonti antropiche quali: traffico

veicolare, attività industriali e riscaldamento domestico.

Tali immissioni vanno ad influenzare direttamente la qualità dell'aria che respiriamo, mentre la loro deposizione per via secca o umida, contribuisce al loro trasferimento nella pedosfera, nell'idrosfera e successivamente alla biosfera.

Il traffico veicolare negli ultimi anni, assumendo un ruolo sempre più rilevante nell'inquinamento atmosferico delle aree urbane, rappresentando, per circa il 50-60%, la principale fonte d'immissione in atmosfera di particolato fine inalabile (PM₁₀, PM_{2,5}).

Il particolato atmosferico, o *particulate matter* (PM), rappresenta l'insieme delle particelle,

solide e liquide, di forma e dimensioni variabili, presenti nell'aria che respiriamo. Nell'ambito delle particelle sospese in atmosfera, definite nell'insieme Polveri Totali Sospese (PTS), è indicata con il termine PM_{10} la frazione fine, costituita dal particolato con diametro aerodinamico inferiore ai 10 μm . All'interno del PM_{10} è distinto il $PM_{2,5}$ (particelle con diametro aerodinamico inferiore ai 2.5 micron) ed il PM_1 (particelle con diametro aerodinamico inferiore ad 1 micron). Questa distinzione, stabilita in ambito sanitario, nasce dal fatto che il PM_{10} rappresenta la frazione inalabile, in grado quindi, di entrare all'interno delle vie respiratorie. La frazione 2,5-10 micron, viste le dimensioni, si ferma nella parte superiore dell'apparato respiratorio (cavità nasali, faringe e laringe), mentre la componente più fine ($PM_{2,5}$) può raggiungere le parti più profonde dell'apparato respiratorio (trachea, bronchi, bronchioli e alveoli polmonari). Il PM_1 , viste le sue dimensioni, è in grado di penetrare fino ai livelli più profondi dell'apparato respiratorio e addirittura entrare direttamente nel circolo sanguigno oltrepassando la barriera dei vasi sanguigni [1].

La valutazione delle concentrazioni in aria del particolato atmosferico e della natura chimica delle particelle che lo costituiscono fornisce, quindi, informazioni basilari per una corretta stima della qualità dell'ambiente nei centri urbani. Ciò è dovuto al fatto che il particolato atmosferico è normalmente arricchito in un'ampia gamma di elementi in traccia con più o meno spiccata valenza tossicologica quali, ad esempio: piombo, antimonio, cadmio, platinoidi (*i.e.*, palladio e platino).

Il particolato atmosferico può avere un'origine sia naturale (terrestre e marina) che antropica. Le principali fonti naturali di origine terrestre sono il *soil dust* (particelle aerodisperse derivanti da rocce in affioramento, suoli, polveri vulcaniche) e l'aerosol biogenico (*i.e.*, pollini, spore). L'input naturale marino è dato essenzialmente dallo spray salino, costituito da microcristalli di sali (essenzialmente NaCl).

Il particolato atmosferico di origine antropica è prodotto da un'ampia gamma di attività umane quali: traffico veicolare, impianti industriali, centrali termoelettriche, attività agricole, attività minerarie, impianti di riscaldamento, etc.

È definito primario il particolato atmosferico

emesso direttamente in atmosfera sotto forma solida o liquida, secondario quello che si forma direttamente in atmosfera per reazioni che coinvolgono composti gassosi ed altre sostanze presenti in aria [2]. Molte di queste reazioni, che vedono la partecipazione di SO_2 , NO_x , e COV, hanno un'origine fotochimica, in quanto attivate dalla radiazione solare [3].

Un'altra importante fonte di particolato atmosferico secondario è la risospensione, che può essere definita come una sorgente "impropria" poiché non genera nuovo particolato, ma rimette in circolazione quello depositato al suolo. In tale ambito, le particelle che si depositano sul manto stradale, andando a costituire la cosiddetta polvere stradale, rappresentano una parte consistente nell'intero ciclo del particolato atmosferico.

Come accennato in precedenza, al particolato atmosferico è associato un ampio spettro di elementi chimici molti dei quali provengono da emissioni veicolari. Fe, Mn, Pb, Cu, Cr, Ni, Zn, Cd e Hg possono derivare dalla frazione incombusta delle reazioni di combustione dei carburanti [4] [5]; Fe, Zn, Cr, Cd, Pb, As e Sb sono legati al progressivo deterioramento delle componenti della struttura veicolare; Zn e Cd dall'usura del battistrada dei pneumatici; mentre Pb, Cr, Mn e Sb dal ferodo dei freni [6] [7]; Pt, Pd e Rh, derivano dal deterioramento delle marmitte catalitiche.

Da ciò, nasce la necessità di un monitoraggio nei centri urbani dei livelli di concentrazione in aria del particolato atmosferico e di una sua caratterizzazione chimica relativa ai contenuti di elementi in traccia di rilevanza ambientale.

In quest'ottica il presente lavoro di ricerca intende fornire un contributo alla conoscenza della

gli autori

¹ Facoltà di Scienze Matematiche, Fisiche e Naturali, Dipartimento di Scienze Ambientali "G. Sarfatti", Università degli Studi di Siena, Via Laterina 8, 53100 Siena, Italia

*autore per corrispondenza
e-mail: dorazio@student.unisi.it

qualità ambientale dell'area urbana di Massa Marittima attraverso la determinazione delle concentrazioni in aria del particolato atmosferico (PM₁₀ e PM_{2,5}) e dei contenuti di alcuni elementi in traccia ad esso associato.

Dati sperimentali

L'area di studio ricade nel settore urbano di Massa Marittima (GR), città turistica e centro principale dell'area delle colline metallifere grossetane. Ubicata a circa 50 km dal capoluogo ad un'altitudine di 380 m s.l.m, è priva di industrie e la popolazione residente conta circa 8.800 abitanti, con una densità media di 31,1 ab./km² [8]. La città di Massa Marittima e gran parte del territorio comunale è caratterizzata da un clima con una temperatura media annua che si aggira intorno ai +14 C, a causa delle prevalenti quote collinari [9]. L'inverno è abbastanza freddo, con valori medi che in gennaio variano tra 2°C e 9°C, mentre le estati sono calde senza afa o eccessiva umidità, con temperature medie in luglio e agosto, variabili da un minimo di 18°C a un massimo di 30°C.

Le precipitazioni medie annue risultano superiori ai 900 mm, distribuite mediamente in 91 giorni. Le giornate con i picchi massimi di pioggia si hanno in autunno, mentre in inverno si rileva il numero maggiore di giorni con eventi piovosi, nella stagione estiva le precipitazioni sono scarse [10]. Nel periodo di studio (agosto 2010), le temperature medie sono oscillate da un minimo di 20,2°C (31/08/2010) a un massimo di 27,5°C (22/08/2010), con un valore medio mensile di 23,4°C (Fig. 1).

Nel periodo di campionamento si sono registrate delle precipitazioni che hanno riguardato soprattutto i prelievi nelle stazioni 4 e 5. Il massimo di pioggia (34,2 mm) si è avuto il giorno 16/08/2010; mentre minimi di 0,2 mm sono stati registrati nei giorni 20/08/2010 e 25/08/2010. In base alle stime sul traffico ed a sopralluoghi preliminari, nell'area urbana di Massa Marittima sono state individuate 5 stazioni per il campionamento del particolato atmosferico. (Fig. 2) Queste stazioni riflettono tipiche caratteristiche che tengono conto delle diverse condizioni e situazioni "ambientali" nell'area di studio.

La stazione 1, collocata nel viale Martiri della Niccioleta, rappresenta il sito con maggiore circolazione veicolare dell'intera area di studio. Trafficata, anche se con minore intensità rispetto alla stazione 1, risulta la stazione 2 collocata in via Massetana nord, nel settore settentrionale della città.

La stazione 3, ubicata in Piazza Garibaldi all'interno delle mura della città, in una zona a traffico limitato, è caratterizzata, in alcuni momenti della giornata, da un intenso traffico.

Le stazioni 4 e 5 sono caratterizzate da una circolazione veicolare meno intensa rispetto alle tre stazioni precedentemente descritte. In dettaglio la stazione 4 è ubicata in via della Repubblica nel settore sud-occidentale della città, mentre la stazione 5 ricade in via E. Berlinguer nel settore orientale della città.

Nelle cinque stazioni sopra descritte, nel mese di agosto 2010, sono stati eseguiti campionamenti di PM₁₀ e PM_{2,5} per un totale di 30 campioni. Il prelievo del particolato aerodisperso è stato eseguito mediante due autocampionatori portatili: Airflow 12V e AirCube versione Plus.

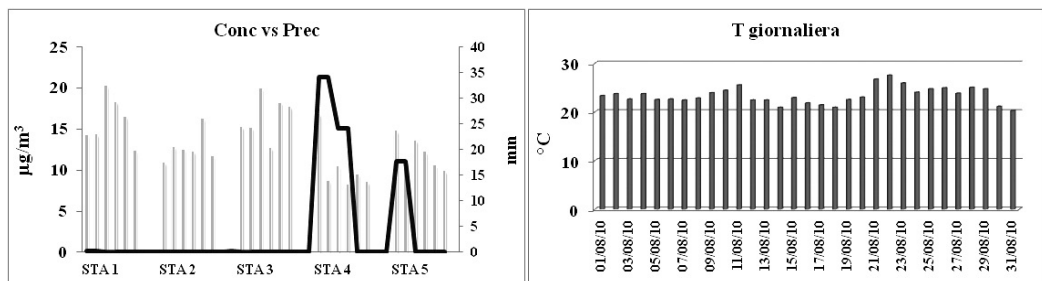


Figura 1: Andamento delle concentrazioni e precipitazioni giornaliere nel periodo di monitoraggio e variazione delle temperature medie giornaliere.

Il campionatore portatile a portata costante AirCube versione Plus è costituito da un aspiratore, con range operativo compreso tra 0.2 e 30 litri al minuto, e da un frazionatore per polveri PM₁₀ e PM_{2,5} µm. Il frazionatore è costituito da una testa dove è inserito un preselettore costituito da ugelli posizionati in modo circolare aventi lo scopo di frazionare il materiale grossolano e consentire alle particelle più piccole il passaggio e la conseguente deposizione sulla membrana filtrante. Sono disponibili preselettori e set di ugelli per il frazionamento di particelle PM₁₀ e PM_{2,5} µm. Il supporto portafiltra dove è alloggiato il filtro di campionamento con luce dei pori di 0.8 µm e diametro di 47 mm è collocato alla base del frazionatore. Il filtro è sostenuto da una membrana in alluminio, che annulla le tensioni derivanti dall'aspirazione della pompa AirPlus. In ognuna delle cinque stazioni prescelte sono stati effettuati tre prelievi di PM₁₀ e tre prelievi di PM_{2,5}. I prelievi di particolato atmosferico hanno abbracciato l'arco delle 24 ore. I campionatori sono stati alimentati direttamente dalla rete elettrica ed il flusso di aspirazione di ciascun campionatore è stato impostato a circa 16.7 L/min, in modo da aspirare circa 1 m³ d'aria ogni ora. Per il piano di campionamento sono state seguite le linee guida descritte nel DM 60/2002 e direttive 1999/30/CE e 2000/69/CE. I filtri di cellulosa su cui è stato raccolto il particolato atmosferico sono stati posti per 24 ore in una stanza climatizzata con temperatura di 20°C ± 1°C e umidità del 50% ± 5%. Ogni filtro è stato pesato con una bilancia microanalitica (modello MX5 di Mettler Toledo). Per sottrazione del peso iniziale del filtro, è stata ottenuta la quantità totale di particolato atmosferico raccolto, riportata in µg/m³ sulla base della quantità d'aria aspirata. Durante le fasi di prelievo, ad ogni campione è stata associata una scheda riportante: ubicazione del sito di campionamento, sigla campione, ora e data inizio e fine prelievo, flusso, pressione e temperatura iniziale e finale, metri cubi aspirati, annotazioni varie riguardanti le condizioni meteorologiche generali (*i.e.*, intensità e durata di eventuali eventi piovosi) ed eventuali anomalie riscontrate nel campionamento. I campioni di particolato atmosferico, con peso oscillante tra 0.2 e 0.5 mg, sono stati in seguito solubilizzati mediante attacco acido con una soluzione di 1 mL di acido nitrico ultrapuro

(HNO₃) al 70%, e 0.2 mL di acido fluoridrico ultrapuro (HF) al 60%. La solubilizzazione è stata eseguita in bomba chiusa di Teflon posta in un mineralizzatore a microonde (modello Ethos 900 della Milestone) per circa 30 minuti.

I preparati ottenuti sono stati filtrati e portati ad un volume di 10 mL con acqua ultrapura e, quindi, avviati alle determinazioni analitiche.

Sui preparati sono state determinate, in spettrometria di massa con sorgente al plasma ad accoppiamento induttivo (ICP-MS, Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometry) utilizzando lo spettrometro Elan 6100 della Perkin Elmer-Sciex, le concentrazioni di 27 elementi chimici d'interesse ambientale. L'accuratezza analitica è stata stimata attraverso l'analisi dello standard certificato di riferimento SRM-1648 "Urban particulate matter" del NIST (National Institute of Standards and Technology), mentre la riproducibilità analitica (precisione) è stata determinata sulla base di 5 analisi ripetute su ogni singolo campione. L'accuratezza e la precisione sono state inferiori al 5% per tutti gli elementi chimici dosati.

Risultati

Nell'area urbana di Massa Marittima le concentrazioni di PM₁₀, misurate nel mese di agosto 2010, si collocano nell'intervallo 9,59 - 20,35 µg/m³, con un livello medio di 14,74 µg/m³.

Prendendo in considerazione il set di dati prodotti riguardo ai livelli ambientali di PM₁₀ nell'area urbana di Massa Marittima, si osserva che il 25% dei dati è inferiore a 10,96 µg/m³ (25° percentile o *lower quartile*), mentre una corrispondente aliquota è superiore a 16.90 µg/m³ (75° percentile o *upper quartile*).

Le concentrazioni di PM_{2,5} si sono rilevate di poco inferiori a quelle del PM₁₀ collocandosi in un intervallo compreso tra 8,31 e 18,40 µg/m³, con un contenuto medio di 12,45 µg/m³.

Il set di dati prodotti riguardo ai livelli ambientali di PM_{2,5} evidenzia che il 25% dei dati è inferiore a 9,93 µg/m³ (25° percentile o *lower quartile*), mentre una corrispondente aliquota è superiore a 14,40 µg/m³ (75° percentile o *upper quartile*).

I dati sopra illustrati evidenziano un trend generale di distribuzione delle concentrazioni di PM₁₀ e PM_{2,5} che rispecchia, a grandi linee, le diverse situazioni di traffico nelle 5 stazioni og-

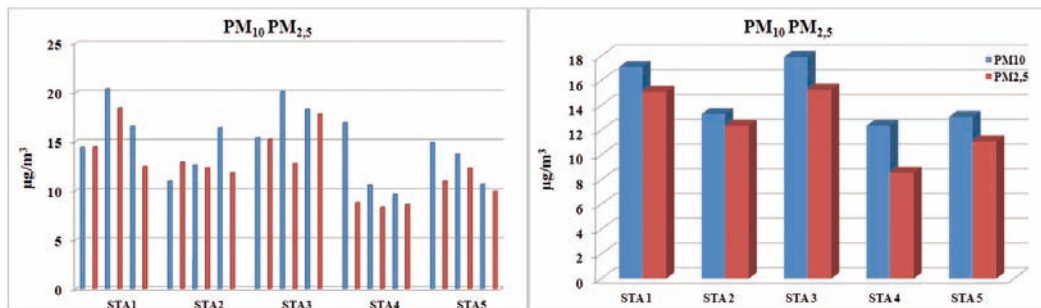


Figura 3: Concentrazioni giornaliere e medie di PM10 e di PM2,5 nelle 5 stazioni di misura distribuite nell'area urbana di Massa Marittima.

getto di studio, con i livelli più elevati di polveri sottili registrati nelle zone maggiormente trafficate (stazione 1 e 3) (Fig. 3).

Passiamo ora ad analizzare in maggior dettaglio la presenza e la variabilità del PM₁₀ e del PM_{2,5} in ciascuna delle stazioni di monitoraggio dell'area urbana di Massa Marittima.

Nella stazione 1, sono state rilevate concentrazioni di PM₁₀ comprese nell'intervallo 14,38 µg/m³, registrata il giorno 25/08/2010 e 20,35 µg/m³ avutasi il giorno 26/08/2010, la media dei tre prelievi è stata di 17,09 µg/m³.

La concentrazione più bassa di PM_{2,5} (12,42 µg/m³) si è avuta il giorno 27/08/2010, mentre la concentrazione massima di 18,40 µg/m³ è stata registrata il giorno 26/08/2010. La media del PM_{2,5} della stazione 1 è risultata di 15,07 µg/m³. Nella stazione 2, la concentrazione più bassa di PM₁₀ (10,96 µg/m³) si è registrata il giorno 08/08/2010, mentre il valore più alto (16,34 µg/m³) si è avuto il giorno 10/08/2010. La media delle concentrazioni di PM₁₀ nella suddetta stazione si attesta a 13,29 µg/m³. Il valore più basso di PM_{2,5} (11,80 µg/m³) si è avuto il giorno 10/08/2010, il contenuto più elevato (12,89 µg/m³) è stato registrato il giorno 08/08/2010. La media delle concentrazioni del PM_{2,5} nella stazione 2 è di 12,34 µg/m³.

I valori di PM₁₀ di pertinenza alla stazione 3, ubicata in Piazza Garibaldi all'interno della ZTL, vanno da un minimo di 15,35 µg/m³ registrato il giorno 21/08/2010 ad un massimo di 20,04 µg/m³ che si è avuto il giorno 22/08/2010. Le concentrazioni medie della frazione PM₁₀ nella suddetta stazione si collocano sui 17,90 µg/m³.

Riguardo i contenuti di PM_{2,5}, questi si attestano nell'intervallo 12,76-17,78 µg/m³ registrati rispettivamente nei giorni 22/08/2010 e 23/08/2010, media 15,25 µg/m³.

La concentrazione più bassa di PM₁₀ (9,59 µg/m³) dell'area di studio è stata registrata nella stazione 4 il giorno 18/08/2010. Nella suddetta stazione il valore massimo (16,90 µg/m³) si è avuto il giorno 16/08/2010. La media delle concentrazioni di PM₁₀ nella suddetta stazione è di 12,35 µg/m³.

Le concentrazioni di PM_{2,5} variano da un minimo di 8,31 µg/m³, avutasi il giorno 17/08/2010 ad un massimo di 8,74 µg/m³ registrato il giorno 16/08/2010, media di 8,54 µg/m³.

Nella stazione 5, ubicata in Via E. Berlinguer, sono state rilevate concentrazioni di PM₁₀ comprese nell'intervallo 10,64 µg/m³, registrata il giorno 07/08/2010 e 14,84 µg/m³ avutasi il giorno 05/08/2010. La media delle concentrazioni di PM₁₀ nella suddetta stazione si afferma a 13,06 µg/m³.

Come per il PM₁₀ anche la concentrazione più bassa di PM_{2,5} (9,93 µg/m³) si è avuta il giorno 07/08/2010, mentre la massima di 12,28 µg/m³ si è registrata il giorno 06/08/2010. La media delle concentrazioni di PM_{2,5} della stazione 5 è risultata di 11,06 µg/m³.

Un ampio gruppo di elementi associati al particolato atmosferico e alle emissioni veicolari (Fe, Sb, Cu, platinoidi, Zn, Ni, Cr, Cd, Mn, Pb, As, Hg), hanno mostrato un simile andamento delle concentrazioni. Pertanto, di seguito saranno descritti e commentati, a titolo di esempio, i risultati di alcuni di questi elementi.

Antimonio

Nell'area urbana di Massa Marittima, i contenuti di Sb nel PM₁₀ sono compresi tra 0,20 ng/m³ (STA 5) e 0,90 ng/m³ (STA 2), con un livello

medio di 0,52 ng/m³. I contenuti di Sb nel PM_{2,5} sono compresi tra 0,15 ng/m³ (STA 4) e 0,44 ng/m³ (STA 3), con un livello medio di 0,32 ng/m³ (Fig. 4).

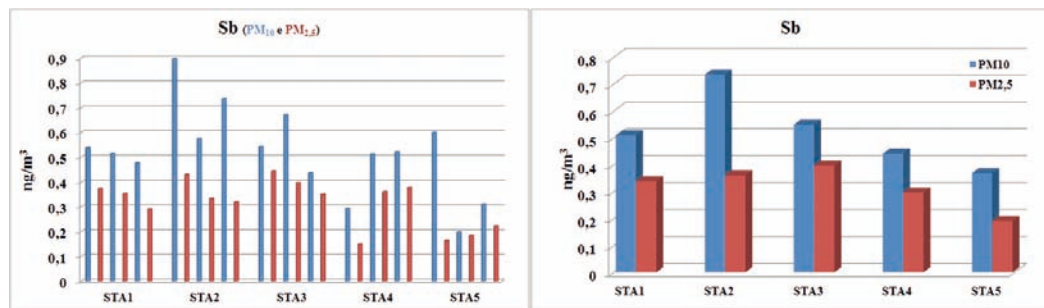


Figura 4: Concentrazioni giornaliere e medie di antimonio nel PM₁₀ e nel PM_{2,5} nell'area urbana di Massa Marittima.

Rame

Il rame mostra un comportamento simile a quello descritto per l'antimonio. Infatti i contenuti di Cu nel PM₁₀ sono compresi tra 4,26 ng/m³ (STA

5) e 14,24 ng/m³ (STA 1), con un livello medio di 7,30 ng/m³. Mentre quelli nel PM_{2,5} sono compresi tra 2,22 ng/m³ (STA 1) e 6,52 ng/m³ (STA 2), con un livello medio di 4,55 ng/m³ (Fig. 5).

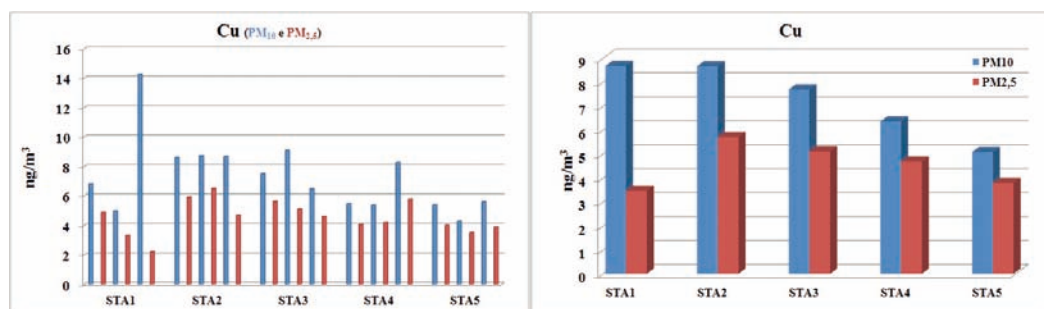


Figura 5: Concentrazioni giornaliere e medie di rame nel PM₁₀ e nel PM_{2,5} nell'area urbana di Massa Marittima.

Manganese

I contenuti di Mn nel PM₁₀ sono compresi tra 3,18 ng/m³ (STA 5) e 10,45 ng/m³ (STA 3), con

un livello medio di 7,46 ng/m³. I contenuti di Mn nel PM_{2,5} sono compresi tra 2,82 ng/m³ (STA 4) e 8,17 ng/m³ (STA 1), con un livello medio di 5,22 ng/m³ (Fig. 6).

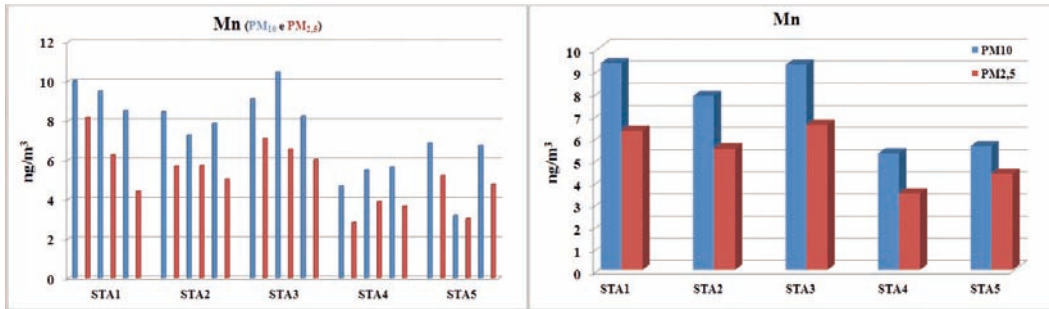


Figura 6: Concentrazioni giornaliere e medie di manganese nel PM_{10} e nel $PM_{2,5}$ nell'area urbana di Massa Marittima.

Tra gli elementi chimici analizzati nel presente lavoro, alcuni di essi (U, Th, Co, Tl, Cs, Ti, Sr, Be) non hanno mostrato significative variazioni delle concentrazioni nelle diverse situazioni di traffico veicolare. Questi elementi sono da considerarsi geogenici, ovvero elementi il cui apporto è legato essenzialmente ad input naturali. Per brevità, saranno di seguito commentati i dati analitici dello stronzio e dell'uranio come esempio del comportamento di questo gruppo di elementi.

Stronzio

Nell'area urbana di Massa Marittima la concentrazione media dello Sr nel PM_{10} è risultata di $111,48 \text{ ng/m}^3$, il valore massimo di $141,64 \text{ ng/m}^3$ è stato misurato nella stazione 4 ed il minimo di $82,78 \text{ ng/m}^3$ nella stazione 5 (Fig. 7). Nel $PM_{2,5}$ le concentrazioni di Sr sono comprese tra $89,44 \text{ ng/m}^3$ (STA 4) e $143,99 \text{ ng/m}^3$ (STA 1), con un livello medio di $107,50 \text{ ng/m}^3$.

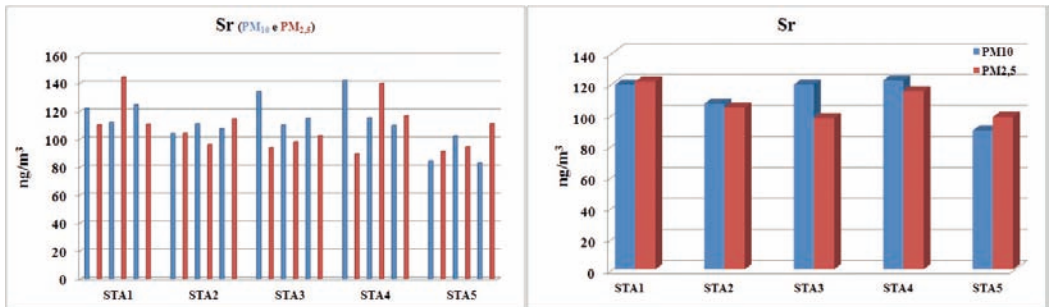


Figura 7: Concentrazioni giornaliere e medie di stronzio nel PM_{10} e nel $PM_{2,5}$ nell'area urbana di Massa Marittima.

Uranio

La concentrazione dell'uranio nel PM_{10} si è attestata, in media, su $0,32 \text{ ng/m}^3$, con un valore massimo di $0,38 \text{ ng/m}^3$ misurato nella stazione 4 ed un livello minimo di $0,26 \text{ ng/m}^3$ misura-

to nella stazione 5. Per quanto riguarda la sua concentrazione nel $PM_{2,5}$ mediamente è risultata essere di $0,31 \text{ ng/m}^3$, il valore massimo di $0,52 \text{ ng/m}^3$ è stato misurato nella stazione 2 ed il livello minimo di $0,24 \text{ ng/m}^3$ nella stazione 4. (Fig. 8).

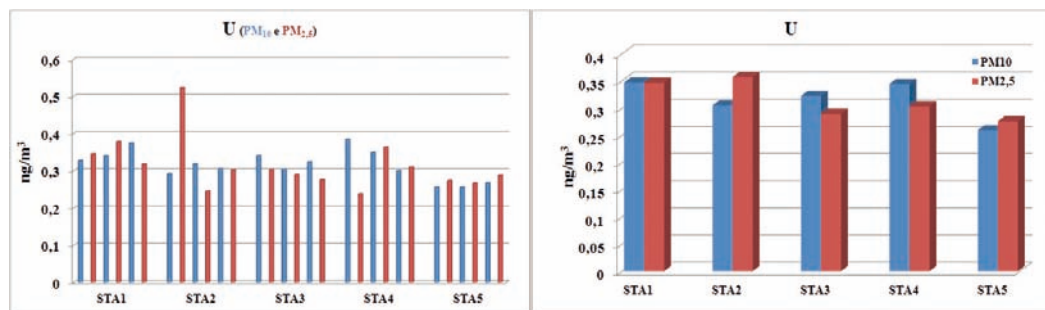


Figura 8: Concentrazioni giornaliere e medie di uranio nel PM₁₀ e nel PM_{2,5} nell'area urbana di Massa Marittima.

Discussioni

Nel mese di agosto 2010 sono state misurate nell'area di studio concentrazioni di PM₁₀ nell'intervallo 9,59 µg/m³ e 20,35 µg/m³, con un livello medio di 14,74 µg/m³. Il contenuto più basso di PM₁₀, 9,59 µg/m³, è stato rilevato il giorno 19/08/2010 nella stazione 4 ubicata in Via della Repubblica. Al contrario, la concentrazione più elevata di PM₁₀, (20,35 µg/m³), è stata misurata il giorno 27/08/2010 nella stazione 1 situata nel Viale Martiri della Niccioleta. Tutti i monitoraggi effettuati nel mese di agosto 2010 hanno fornito livelli di polveri sottili ben al di sotto della soglia giornaliera di 50 µg/m³ relativa al PM₁₀ definito con il Decreto Ministeriale n.60 del 02/04/02 in recepimento delle Direttive 1999/30/CE e 2000/69/CE.

Le concentrazioni di PM_{2,5} si sono rilevate di poco inferiori a quelle del PM₁₀ collocandosi in un intervallo compreso tra 8,31 µg/m³ e 18,40 µg/m³, con un contenuto medio di 12,45 µg/m³. Il contenuto più basso di PM_{2,5}, 8,31 µg/m³, come quello del PM₁₀ si è registrato nella stazione 4 di Viale Martiri della Niccioleta, questo valore è stato rilevato il giorno 18/08/2010. La concentrazione più elevata di PM_{2,5}, 18,40 µg/m³, è stata misurata il giorno 27/08/2010 nella stazione 1. Nell'area urbana di Massa Marittima l'incidenza della frazione al di sotto dei 2,5 µm è risultata essere molto elevata, attestandosi in media intorno all'84% rispetto al contenuto totale delle polveri sottili.

Le concentrazioni di PM₁₀ e PM_{2,5} evidenziano un trend generale di distribuzione che rispec-

chia a grandi linee le diverse situazioni di traffico nelle 5 stazioni oggetto di studio, con i livelli più elevati di polveri sottili di pertinenza alle zone maggiormente trafficate.

I contenuti degli elementi antropogenici, riconducibili quindi a quelli associati al traffico veicolare come Sb, Zn, Pb, Cr, Fe, Cd, Cu, Mn etc, mostrano un particolare pattern di distribuzione caratterizzato da un progressiva diminuzione delle loro concentrazioni passando dalle stazioni più trafficate a quelle meno trafficate.

Le concentrazioni di antimonio nel PM₁₀ di Massa Marittima risultano essere inferiori di un ordine di grandezza se confrontate con altre realtà italiane come Siena (5,66 ng/m³ per le aree trafficate e 2,51 ng/m³ per le aree poco e non trafficate) [11].

Le concentrazioni di Rame nel PM₁₀ di Massa Marittima appaiono decisamente inferiori se confrontate con quelle registrate in altre città italiane quali Firenze (90 ng/m³ in media in una zona trafficata) [12], Milano (45 ng/m³ in un sito posto a circa 2 km dal centro cittadino) [13], Siena (36,17 ng/m³ per le aree trafficate e 16,67 ng/m³ per le aree poco trafficate) (Di Lella, dati non pubblicati). Anche i contenuti di Cu nel PM_{2,5} di Massa Marittima, se confrontati con quelli di Milano (14 ng/m³ in un sito posto a circa 2 km dal centro cittadino) [13], risultano decisamente inferiori.

Le concentrazioni di Manganese nel PM₁₀ di Massa Marittima risultano essere non molto inferiori a quelle registrate in altre città italiane quali: Firenze (24 ng/m³ in media in una zona trafficata) [12], Milano (25 ng/m³ in un sito

posto a circa 2 km dal centro cittadino) [13] e Siena (14,81 ng/m³ per le aree trafficate e 8,64 ng/m³ delle aree da poco trafficate a per niente trafficate). I contenuti di Mn nel PM_{2,5} di Massa Marittima sono inferiori rispetto quelli di Milano (11 ng/m³ in un sito posto a circa 2 km dal centro cittadino) [13].

Elementi come Sr, Th, Tl, Cs, Ti, Be, U, etc.. non hanno mostrato significative variazioni delle concentrazioni nelle diverse situazioni di traffico veicolare, mostrando, in linea generale, un trend di distribuzione omogeneo in tutte le stazioni prese in esame. Questi elementi, nell'area di studio, possono essere considerati di origine naturale e non legati ad emissioni veicolari.

Se confrontate con altre realtà le concentrazioni di Stronzio nel PM₁₀ di Massa Marittima sono risultate essere superiori a quelle registrate a Firenze (7 ng/m³ in media in una zona trafficata) [12] e Siena (19,59 ng/m³ per le aree trafficate e 5,99 ng/m³ nelle aree da poco trafficate a per niente trafficate).

Le concentrazioni di U nel PM₁₀ di Massa Marittima sono risultate essere superiori rispetto a Siena dove i valori si sono attestati sui 0,09 ng/m³ [11].

fication/apportionment of fine and coarse air particles in Thessaloniki (Greece)".

[7] Weckwerth G. (2001). "Verification of traffic emitted aerosol components in the ambient air of Cologne (Germany)".

[8] Wikipedia, http://it.wikipedia.org/wiki/Massa_Marittima.

[9] Barazzuoli P., Guasparri G., Salleolini M., (1993). La storia naturale della Toscana meridionale. Milano, Pizzi Editore, Pag 141-171.

[10] Protezione Civile, http://www.provincia.grosseto.it/protezionecivile/dati_pluviometrici.php

[11] Di Lella A., Gaggi C., Loppi S., Nicolardi V., Pisani t., Protano G., Riccobono F., (2005). Analisi del rischio ecotossicologico da traffico veicolare: un'applicazione a piccola scala.

[12] Lucarelli F., Mandò P.A., Nava S., Prati P., Zucchiatti A., (2000). Elemental composition of urban aerosol collected in Florence, Italy. Nuclear Instruments and Methods in Physics Research, B 161-163, 819-824.

[13] Marcazzan G.M., Vaccaro S., Valli G., Vecchi R., (2001). Characterization of PM₁₀ and PM_{2,5} particulate matter in the ambient air of Milan (Italy). Atmospheric Environment, 35, 4639-4650.

Bibliografia

[1] Stone, V. (2000). Environmental Air Pollution. *Am. In. J. Respir. Crit. Care Med.*, Vol.162, pp.44S-47S.

[2] Seigneur, C. (2001). Current Status of Air Quality Models for Particulate Matter. *J. Air & Waste Manage. Assoc.*, Vol.51, pp.1508-1521.

[3] Deacon A.R., Derwent R.G., Harrison R.M., Middleton D.R., Moorcroft S., (1997). Analysis and interpretation of measurements of suspended particulate matter at urban background sites in the United Kingdom, *The science of the total environment*, 203. 17-30.

[4] Swietlicki E., Puri S., Hansson H. C. Edner H. (1996). "Urban air pollution source apportionment using a combination of aerosol and gas monitoring techniques".

[5] Wang Y. F., Huang, K. L., Li, C. T., Mi H. H., Luo J. H., Tsai P. J. (2003). "Emission of fuel metals content from a diesel vehicle engine".

[6] Manoli E., Voutsas D., Samara C. (2002). "Chemical characterization and source identi-

L'impatto del traffico veicolare nell'area urbana di Siena: l'utilizzo dei licheni epifiti (*Evernia prunastri* L.)

Roberto De Rosa^{*1}, Luigi A. Di Lella¹

Parole chiave: *Evernia prunastri*, biomonitoraggio, inquinamento atmosferico, traffico veicolare, metalli pesanti, trapianti lichenici

*Il presente studio è stato intrapreso allo scopo di valutare il livello di contaminazione dell'ambiente urbano e peri-urbano di Siena dovuto al traffico veicolare. A tale scopo sono stati utilizzati trapianti lichenici della specie *Evernia prunastri* L. Il monitoraggio, svoltosi nell'anno 2007, ha interessato cinque zone della città caratterizzate da una diversa incidenza del traffico veicolare. In ogni sito di campionamento i licheni sono stati esposti trimestralmente ed annualmente. Dopo il periodo di esposizione sono state analizzate le concentrazioni di 14 elementi in traccia (As, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb, Sb, Sr, U, Th e Zn) adsorbiti dai talli lichenici. Sono stati altresì valutati i livelli di stress dei licheni trapiantati, espressi mediante conducibilità elettrica.*

Introduzione

Al giorno d'oggi i centri urbani sono aree ad elevato rischio di contaminazione da elementi e sostanze tossiche e potenzialmente tossiche derivanti da numerose attività antropiche. Queste attività, riconducibili essenzialmente alla circolazione veicolare su strada, al riscaldamento domestico ed al funzionamento di impianti industriali per la produzione di energia, immettono nell'ambiente di superficie contaminanti inorganici ed organici che influenzano in primo luogo il comparto atmosfera ed a seguire il sistema suolo, le acque superficiali e sotterranee, nonché la biosfera.

È quindi sempre più crescente l'interesse della comunità scientifica verso le problematiche ambientali e di sanità pubblica nelle aree urbane, con attenzione rivolta allo studio della qualità dell'aria.

Nelle aree urbane il traffico veicolare rappresenta in genere la principale fonte di contaminazione atmosferica. Tali contaminanti possono essere associati agli scarichi dei veicoli a motore, sotto forma di gas e particelle incombuste,

prodotti dall'usura delle loro principali componenti (e.g. pneumatici, freni, frizioni e carrozzeria) e dall'abrasione del manto stradale. Essi sono rappresentati essenzialmente dal particolato atmosferico, dagli ossidi di zolfo e di azoto, dal monossido di carbonio, dagli idrocarburi aromatici (principalmente benzene), dagli idrocarburi policiclici aromatici (IPA), dall'ozono e dalle dibenzodiossine policlorurate (PCDDs) e dibenzofurani policlorurati (PCDFs).

Attualmente il particolato atmosferico, in particolare nella forma delle cosiddette polveri sottili o PM₁₀, rappresenta il contaminante più critico nelle aree urbane.

Le concentrazioni in aria delle polveri sottili risultano infatti essere strettamente dipendenti dall'intensità e dalla natura del traffico veicolare. Le stesse costituiscono oltretutto un *carrier* per numerosi composti organici volatili (COV) ed elementi in traccia con più o meno spiccata valenza tossicologica. Nelle polveri sottili, prodotte dal traffico veicolare, i contaminanti sono per gran parte associati alle particelle carboniose che si formano nelle reazioni di combustione dei carburanti.

Il particolato atmosferico prodotto dal traffico veicolare è caratterizzato da elevate concentrazioni di molti elementi pesanti. Ad esempio: Fe, Mn, Pb, Cu, Cr, Ni, Zn, Cd e Hg possono derivare dalla frazione incombusta delle reazioni di combustione dei carburanti [1]; Fe, Zn, Cr, Cd, Pb, As e Sb dal deterioramento delle componenti della struttura del veicolo; Zn e Cd dall'usura degli pneumatici; Pb, Cr, Mn e Sb dal fero dei freni [2]; i platinoidi dal deterioramento delle marmitte catalitiche [3].

Al normale monitoraggio della qualità dell'aria tramite autocampionatori, oggi si affiancano metodi che prevedono l'utilizzo di organismi viventi come bioindicatori. Fra le matrici biologiche utilizzate i licheni epifiti occupano sicuramente un posto di riguardo. I licheni infatti si nutrono dei composti presenti in atmosfera, ciò li rende estremamente sensibili all'inquinamento e quindi degli ottimi indicatori della qualità dell'aria.

I licheni sono inoltre degli ottimi bioaccumulatori in quanto in grado di assorbire e accumulare, sia all'interno del tallo che sulla superficie, un'ampia gamma di sostanze contaminanti presenti nell'atmosfera [4]. Tali sostanze entrano in contatto con il lichene tramite le deposizioni secche ed umide; una parte di esse permane sulla superficie del lichene, una certa aliquota invece viene assorbita e si accumula all'interno del tallo [5]. Le concentrazioni di molti elementi in traccia, presenti nei licheni, risultano essere direttamente correlate con le loro abbondanze nell'ambiente atmosferico [6].

L'inquinamento atmosferico, inoltre, è in grado di indurre danni alle membrane cellulari dei licheni e provocare la degradazione della clorofilla. Studi effettuati in questo senso hanno mostrato come l'esposizione a SO₂ [7], vari metalli pesanti [8], ma anche raggi γ [9], alteri la permeabilità delle membrane cellulari. Tali danneggiamenti causano la perdita di elettroliti, in particolare ioni K⁺. Attraverso la misurazione della conducibilità elettrica della soluzione in cui i talli vengono immersi è possibile valutare il grado di stress subito dal lichene e ricavare una stima generale della qualità dell'aria nel sito di campionamento [10].

In questo studio, il biomonitoraggio, finalizzato alla valutazione del livello di contaminazione del comparto aria nella città di Siena, è stato

effettuato mediante l'esposizione annuale e stagionale di trapianti lichenici, dal marzo 2007 al febbraio 2008. Il metodo dei trapianti lichenici è ampiamente utilizzato in ricerche sulla qualità dell'aria in siti contaminanti (e.g. aree urbane e zone industriali).

I licheni utilizzati per i trapianti appartengono alla specie *Evernia prunastri*. Tale specie è considerata una delle più adatte agli studi sul bioaccumulo di elementi in traccia mediante trapianto [6].

2. Materiali e metodi

2.1. Area di studio

L'area di studio comprende il centro urbano della città di Siena e la sua zona peri-urbana. In tale zona il traffico veicolare rappresenta verosimilmente la principale fonte di contaminazione atmosferica, dato che altre sorgenti di contaminanti in aria sono subordinate (e.g. riscaldamento domestico nei mesi invernali) o nettamente minoritarie (e.g. attività industriali, artigianali ed agricole).

Siena è una città di dimensioni medio-piccole, la cui popolazione residente è di circa 55.000 abitanti, a cui vanno aggiunti un considerevole numero di studenti (circa 20.000) ed una cospicua affluenza giornaliera di pendolari e turisti.

In base alle indicazioni fornite da studi pregressi sulla qualità dell'aria [11] ed alle informazioni circa l'intensità e le caratteristiche del traffico veicolare, nell'area urbana e peri-urbana della città sono state individuate cinque stazioni di biomonitoraggio caratterizzate da diversa incidenza del traffico veicolare, di seguito definite stazioni 1, 2, 3, 4 e 5 (figura 1.1.).

gli autori

¹ Facoltà di Scienze Matematiche, Fisiche e Naturali, Dipartimento di Scienze Ambientali "G. Sarfatti", Università degli Studi di Siena, Via Laterina 8, 53100 Siena, Italia
e-mail: derosa10@unisi.it; dilella@unisi.it

* autore per corrispondenza



Figura 1.1: Ubicazione delle stazioni di biomonitoraggio e campionamento.

Le stazioni 1 e 2 ricadono in due zone peri-urbane della città caratterizzate da un'intensa circolazione di veicoli su strada, ovvero rispettivamente nei pressi di Colonna San Marco e lungo Via Fiorentina. Le stazioni 3 e 4 sono invece collocate nella zona urbana della città, in zone a traffico limitato all'interno delle mura cittadine. Nel dettaglio la

stazione 3 si trova nei pressi di Porta Camollia, zona in cui il traffico veicolare è minore di quello caratteristico delle stazioni peri-urbane, ma è contraddistinto da frequenti *stop and go*, data la presenza di semafori che regolano la circolazione su strada. La stazione 4 invece è posta lungo Via Mattioli (zona di Porta Tufi), zona in cui il traffi-

co veicolare è da considerarsi ridotto. La stazione 5 ricade all'interno dell'area verde cittadina dall'Orto Botanico, lontano da strade ed arterie interessate dalla circolazione di veicoli.

2.2. I trapianti lichenici

I licheni utilizzati per i trapianti provengono da un'area della provincia di Siena caratterizzata da una bassa pressione antropica, ovvero una zona boschiva della Montagnola Senese, nei pressi di Ancaiano, comune di Sovicille. Qui sono stati asportati rametti di *Prunus spinosa*, su ognuno dei quali erano presenti uno o più talli di *Evernia prunastri*, indossando guanti in lattice e facendo attenzione a manipolarli il meno possibile. Una volta raccolti i campioni sono stati chiusi all'interno di buste di polietilene, per favorirne lo stato idratato, trasportati in laboratorio, estratti dalle buste e suddivisi in due gruppi. I licheni del primo gruppo, utilizzati per le analisi delle membrane, non sono stati sottoposti a nessun trattamento prima dell'esposizione, mentre quelli del secondo gruppo, utilizzati per la cattura degli elementi in traccia, sono stati sottoposti a un lavaggio ad ultrasuoni per 10 minuti, allo scopo di rimuovere eventuali particelle depositate sulla superficie. I licheni di entrambi i gruppi sono stati poi acclimatati per 24 ore in una cella climatizzata, alla temperatura di $15 \pm 2^\circ\text{C}$, umidità relativa del $55 \pm 5\%$ e fotoperiodo di 12 ore con flusso luminoso di circa $40 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ fotoni PAR. Trascorse le 24 ore di acclimatamento per ciascun gruppo sono stati selezionati dei campioni di lichene utilizzati come controllo, per avere un raffronto tra i dati analitici nei licheni prima del trapianto e dopo il periodo di esposizione.

La tecnica utilizzata per esporre i licheni è consistita nel legare i rametti, con i talli di *E. prunastri*, ai rami degli alberi presenti in loco, fissandoli saldamente tramite fascette in plastica. I trapianti lichenici sono stati posizionati ad un'altezza di circa 2 m. Dopo il periodo di esposizione i licheni sono stati riportati in laboratorio, ed acclimatati nuovamente in cella per 24 ore.

2.3. Danneggiamento delle membrane cellulari

Da ogni campione di lichene, utilizzato per le analisi delle membrane, sono stati creati 3 subcampioni, del peso di circa 100 mg. Prima della determinazione, i subcampioni sono stati con-

servati per 24 h in camera umida (UR 100%), per evitare la lisciviazione dei soluti intracellulari (per es., lo ione K^+) che avviene quando un tallo disidratato è immerso in acqua [12]. Dopo il periodo di idratazione ogni subcampione è stato immerso in un *beaker* contenente 50 mL di acqua ultrapura e lasciato in agitazione per 1 h. Durante l'immersione, il *beaker* è stato chiuso con parafilm. La conducibilità dell'acqua ultrapura ($\mu\text{S}/\text{cm}$ ad una temperatura normalizzata di 25°C) è stata misurata prima dell'immersione del lichene tramite il conduttimetro Crison Basic 30. Dopo l'immersione il lichene è stato rimosso ed è stata rimisurata la conducibilità della soluzione. Ogni subcampione è stato poi essiccato in stufa (105°C per 24 h) per determinare il suo peso secco. La differenza di conducibilità elettrica dell'acqua prima e dopo l'immersione, normalizzata sul peso secco del subcampione ed espressa quindi in $\mu\text{S}/\text{cm mL}/\text{mg}$, è stata utilizzata come misura del danneggiamento delle membrane cellulari.

2.4. Determinazione delle concentrazioni degli elementi in traccia

Per eliminare eventuali particelle depositate sulla superficie del tallo, i campioni di lichene, utilizzati per la determinazione delle concentrazioni degli elementi in traccia, sono stati sottoposti ad un nuovo lavaggio ad ultrasuoni, e ad un successivo lavaggio manuale con risciacquo finale con acqua ultrapura. Infine, prima di effettuare le determinazioni analitiche, i licheni sono stati polverizzati con azoto liquido e successivamente congelati e conservati ad una temperatura di -80°C . La solubilizzazione è stata effettuata in bombe di Teflon poste in un mineralizzatore a microonde (modello Ethos 900 della Milestone) per circa 30 minuti. A circa 500 mg di campione è stata aggiunta una miscela di reagenti ultrapuri costituita da 6 mL di acido nitrico (HNO_3) al 70%, 0,2 mL di acido fluoridrico (HF) al 60% e 1 mL di acqua ossigenata (H_2O_2) al 30%. In ogni ciclo di solubilizzazione è stato solubilizzato, con le stesse modalità, anche uno standard analitico certificato di riferimento, ed è stato creato un *blank*, costituito dai reagenti utilizzati per la mineralizzazione, allo scopo di valutare l'influenza sulla concentrazione degli elementi in traccia da parte del teflon delle bombe e/o degli acidi e dell'acqua ossigenata.

Tabella 3.1: Valori di EC ratio e relativi Accumuli/Perdite.

	Sb	Cu	Zn	Cr	Mn	Fe	Cd	Pb	Ni	Co	As	Sr	Th	U	
ANNO	STA 1	20,53 AF	5,32 AF	5,18 AF	2,51 AF	2,07 AF	1,60 A	1,62 A	1,81 AF	1,66 A	1,37 A	2,87 AF	1,32 A	2,25 AF	
	STA 2	13,53 AF	3,55 AF	3,13 AF	2,34 AF	2,39 AF	1,77 AF	1,83 AF	1,29 A	1,75 AF	1,55 A	3,70 AF	1,68 A	2,22 AF	
	STA 3	23,37 AF	5,15 AF	4,41 AF	2,60 AF	2,03 AF	2,93 AF	1,61 A	1,38 A	1,34 A	1,21 N	2,87 AF	1,01 N	1,69 A	
	STA 4	6,90 AF	2,53 AF	3,01 AF	1,87 AF	1,69 A	1,92 AF	1,52 A	2,26 AF	1,18 N	1,41 A	1,14 N	2,75 AF	1,30 A	2,08 AF
	STA 5	2,05 AF	1,31 A	1,61 A	1,54 A	1,29 A	1,51 A	1,05 N	1,39 A	1,03 N	1,18 N	1,04 N	1,07 N	1,38 A	1,56 A
PRIMAVERA	STA 1	4,98 AF	3,58 AF	1,81 AF	1,18 N	1,15 N	1,15 N	1,08 N	1,63 A	1,12 N	1,14 N	1,28 A	0,88 N	1,12 N	
	STA 2	2,18 AF	1,87 AF	1,33 A	1,24 N	1,39 A	1,34 A	1,17 N	1,35 A	1,23 N	1,24 N	1,47 A	0,78 N	1,36 A	
	STA 3	3,46 AF	3,22 AF	1,61 A	1,38 A	1,38 A	1,50 A	1,45 A	1,60 A	1,51 A	1,34 A	1,34 A	0,88 N	1,33 A	
	STA 4	1,31 A	1,67 A	0,88 N	0,83 N	0,76 N	0,90 N	0,67 P	0,82 N	0,59 P	0,75 P	0,74 P	0,75 P	0,75 N	
	STA 5	0,91 N	1,25 A	1,00 N	0,96 N	1,05 N	0,92 N	1,01 N	0,79 N	0,67 P	0,84 N	0,91 N	0,54 P	0,71 P	0,82 N
ESTATE	STA 1	4,26 AF	2,04 AF	1,40 A	1,10 N	1,46 A	1,31 A	1,08 N	1,41 A	1,25 A	1,16 N	1,40 A	0,98 N	1,44 A	
	STA 2	2,88 AF	1,55 A	1,24 N	0,90 N	1,58 A	1,32 A	0,84 N	1,26 A	1,00 N	1,02 N	1,85 AF	0,95 N	1,40 A	
	STA 3	5,23 AF	2,71 AF	1,57 A	1,29 A	3,52 AF	1,54 A	1,30 A	1,05 N	1,83 AF	1,23 N	1,74 A	1,08 N	1,56 A	
	STA 4	2,02 AF	1,38 A	1,21 N	0,98 N	1,27 A	1,47 A	0,93 N	1,02 N	1,35 A	1,02 N	1,42 A	0,83 N	1,40 A	
	STA 5	1,17 N	1,18 N	1,48 A	1,06 N	1,55 A	1,10 N	1,34 A	1,11 N	1,71 A	1,16 N	1,00 N	1,51 A	0,88 N	1,60 A
AUTUNNO	STA 1	8,53 AF	2,64 AF	1,67 A	1,28 A	1,17 N	1,26 A	1,25 N	1,05 N	1,43 A	1,17 N	1,12 N	0,93 N	1,01 N	
	STA 2	5,49 AF	1,74 A	1,60 A	1,43 A	1,15 N	1,38 A	1,37 A	1,21 N	1,53 A	1,28 A	1,19 N	0,91 N	0,94 N	
	STA 3	9,03 AF	2,48 AF	1,43 A	1,44 A	1,11 N	1,41 A	1,12 N	1,06 N	1,18 N	1,25 A	0,97 N	0,98 N	0,91 N	
	STA 4	1,86 AF	1,30 A	0,99 N	1,17 N	0,91 N	1,23 N	1,14 N	1,10 N	1,01 N	1,31 A	0,93 N	0,80 N	0,97 N	
	STA 5	1,56 A	1,05 N	1,00 N	0,96 N	1,01 N	1,07 N	1,13 N	0,95 N	1,03 N	1,04 N	1,03 N	0,95 N	1,11 N	0,97 N
INVERNO	STA 1	3,83 AF	3,01 AF	1,71 A	1,45 A	1,35 A	1,34 A	1,18 N	1,29 A	1,39 A	1,36 A	1,18 N	0,98 N	1,17 N	
	STA 2	3,12 AF	2,22 AF	1,74 A	1,50 A	1,46 A	1,35 A	1,12 N	1,29 A	1,44 A	1,37 A	1,20 N	0,99 N	1,18 N	
	STA 3	3,78 AF	3,06 AF	1,38 A	1,52 A	1,38 A	1,32 A	1,17 N	1,56 A	1,33 A	1,24 N	1,09 N	1,10 N	1,10 N	
	STA 4	1,25 A	1,57 A	1,10 N	1,17 N	1,08 N	1,09 N	0,91 N	1,16 N	1,19 N	1,15 N	1,28 A	0,93 N	1,07 N	
	STA 5	0,82 N	1,35 A	1,06 N	1,03 N	1,16 N	0,98 N	1,06 N	0,98 N	0,95 N	1,03 N	1,12 N	1,04 N	0,93 N	0,94 N

Le soluzioni ottenute sono state poi filtrate, portate ad un volume finale di 50 mL con acqua ultrapura ed avviate alle determinazioni analitiche.

Le concentrazioni degli elementi in traccia (Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, As, Sr, Cd, Sb, Pb, Th, U,) sono state determinate mediante spettrometria di massa accoppiata al plasma induttivo (ICP-MS, *Inductively Coupled Plasma - Mass Spectrometry*) utilizzando lo spettrometro Elan 6100 della Perkin Elmer-Sciex. L'accuratezza analitica è stata stimata attraverso l'analisi dello standard certificato di riferimento IAEA-336 'lichen', mentre la riproducibilità analitica (precisione) è stata determinata sulla base di 5 analisi ripetute su ogni singolo campione. L'accuratezza e la precisione sono risultate inferiori al 4,6% per tutti gli analiti dosati.

3. Risultati

3.1. Scala interpretativa dell'EC ratio

Per valutare le eventuali condizioni di accumulo/perdita presenti nelle stazioni esaminate, i dati riguardanti le concentrazioni degli elementi in traccia sono stati interpretati attraverso la scala dell'EC ratio.

I valori di EC sono dati dal rapporto tra le concentrazioni degli elementi prima e dopo l'esposizione nell'area oggetto di studio [13]. Hai vari range di EC corrispondendo diverse condizioni di accumulo/perdita di contaminanti secondo la seguente scala interpretativa: a valori compresi tra 0-0,25 è attribuita una perdita forte (PF); tra 0,25-0,75 una perdita (P); tra 0,75-1,25 un accumulo normale (N); tra 1,25-1,75 un accumulo (A); a valori >1,75 un forte accumulo (AF) [14]. Sulla base del raffronto fra i valori dell'EC ratio stagionali e annuali (tabella 3.1.), è stato possibile suddividere gli elementi in traccia indagati nei seguenti gruppi:

- **Gruppo 1:** elementi in traccia maggiormente legati al traffico veicolare quali Sb, Cu, Zn, Cr, Mn e Fe;
- **Gruppo 2:** elementi in traccia la cui sorgente prevalente è rappresentata dal traffico veicolare quali Cd, Pb e Ni;
- **Gruppo 3:** elementi in traccia la cui origine è prevalentemente litogenica quali Co, Sr, As, U e Th.

Per brevità di seguito saranno descritti e commentati, a titolo di esempio, i risultati di tre elementi, uno per ciascun gruppo.

3.2. Antimonio

Gli elementi del primo gruppo hanno mostrato complessivamente un *pattern* di distribuzione fortemente legato al traffico veicolare. In particolare, l'elemento per il quale sono state riscontrate le maggiori differenze di accumulo, fra le zone più trafficate e quelle meno e non trafficate, è risultato essere l'antimonio. Come si può vedere in figura 3.1. nell'anno 2007 i contenuti più elevati di antimonio sono stati registrati rispettivamente nelle stazioni 3, 1 e 2. In queste stazioni maggiormente trafficate la concentrazione media di antimonio nei licheni è risultata essere di 1,80 mg/kg. In relazione al valore di controllo (0,09 mg/kg), per queste tre stazioni sono stati riscontrati valori di EC molto alti, compresi tra 13,53 della stazione 2 e 23,37 della stazione 3, corrispondenti a condizioni di forte accumulo dell'elemento. Decisamente inferiore è risultata essere la concentrazione di antimonio nei licheni della stazione 4 poco trafficata (0,56 mg/kg), ad essa corrisponde tuttavia un valore di EC ratio elevato (6,00) ed una situazione di forte accumulo dell'elemento. La concentrazione più bassa di antimonio (0,19 mg/kg) è pertinente alla stazione 5 (Orto Botanico), tuttavia anche in questa stazione i licheni esposti hanno mostrato una condizione di forte accumulo (EC ratio = 2,05).

I licheni esposti stagionalmente hanno evidenziato un *trend* di distribuzione delle concentrazioni di antimonio simile a quello descritto su base annuale (figura 3.2.). Nel periodo estivo ed autunnale i contenuti più alti dell'elemento sono stati registrati nella stazione 3 (rispettivamente 0,56 mg/kg e 1,02 mg/kg); in primavera ed inverno nella stazione 1 (rispettivamente 0,43 mg/kg e 0,75 mg/kg). In tutte e quattro le stagioni nei tre siti maggiormente trafficati si sono avuti dei forti accumuli di antimonio, con il valore minimo di EC ratio (2,18) registrato nella stazione 2 in primavera ed il massimo (9,03) nella stazione 3 nel periodo autunnale. Significativamente più basse sono state le concentrazioni di antimonio nei licheni della stazione 4, tuttavia anche qui in condizioni di forte accumulo sia in estate che in autunno. Nella stazione 5 non trafficata dell'Orto Botanico si sono avuti accumuli normali, ad eccezione del periodo autunnale quando le concentrazioni di antimonio nei licheni hanno presentato accumulo.

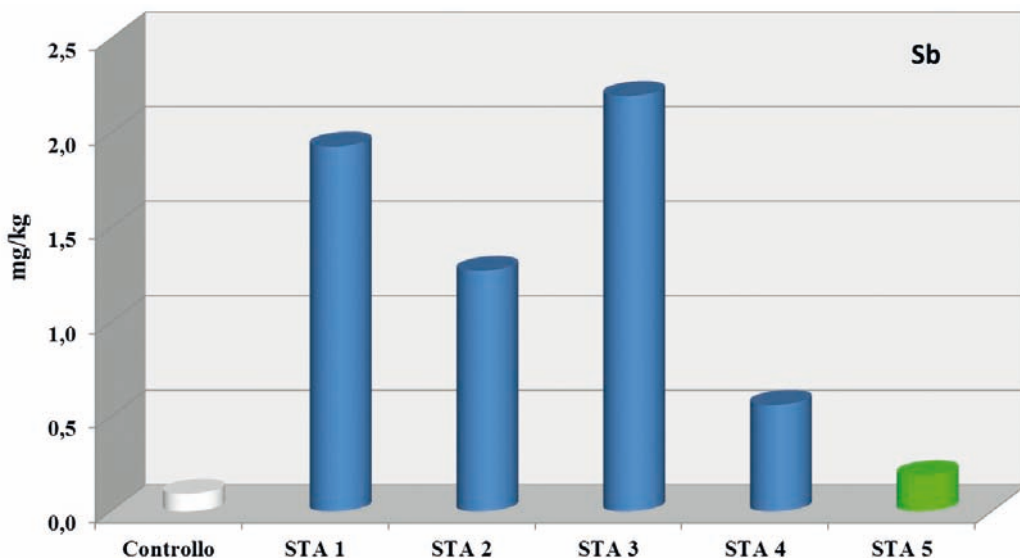


Figura 3.1: Concentrazioni di Sb nei licheni esposti nell'anno 2007.

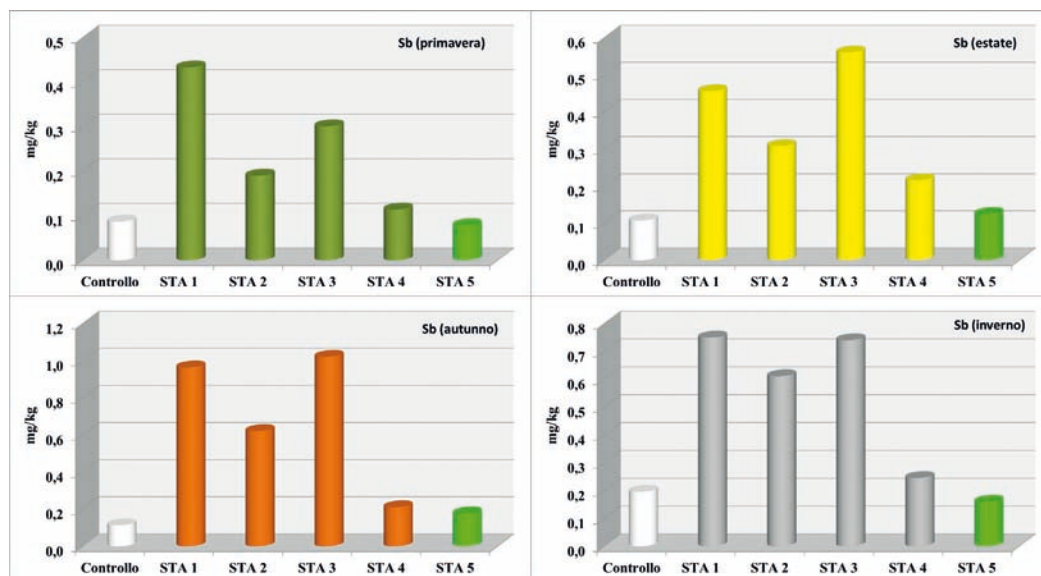


Figura 3.2: Concentrazioni di Sb nei licheni esposti nelle 4 stagioni del 2007.

3.3. Cadmio

Anche per gli elementi del secondo gruppo si ha un trend di accumulo legato al traffico veicolare. Per quanto riguarda il cadmio, nei trapianti an-

nuali le più elevate concentrazioni sono state registrate nei licheni esposti nelle stazioni più trafficate (figura 3.3.). Tali valori sono compresi tra 0,13 mg/kg della stazione 1 e 0,24 mg/kg

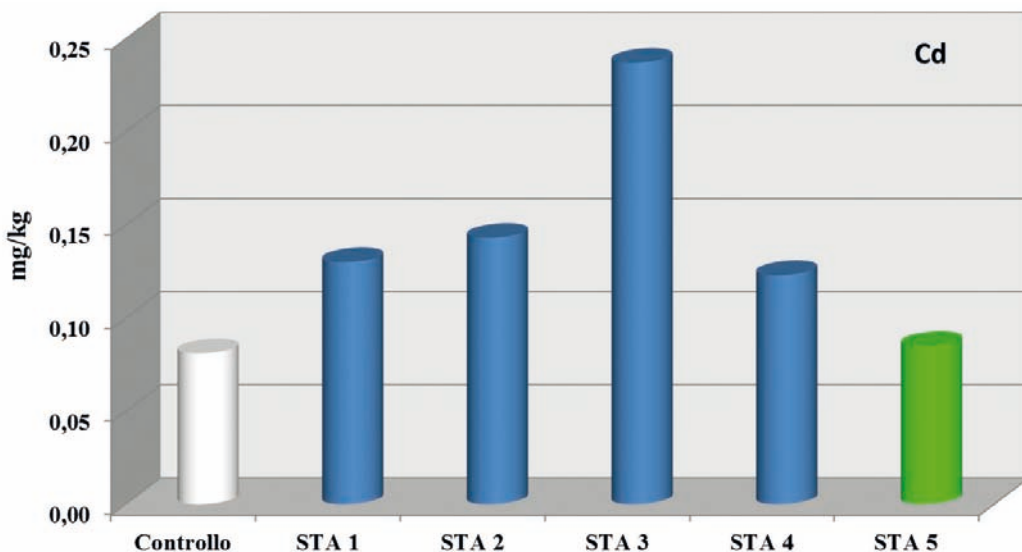


Figura 3.3: Concentrazioni di Cd nei licheni esposti nell'anno 2007.

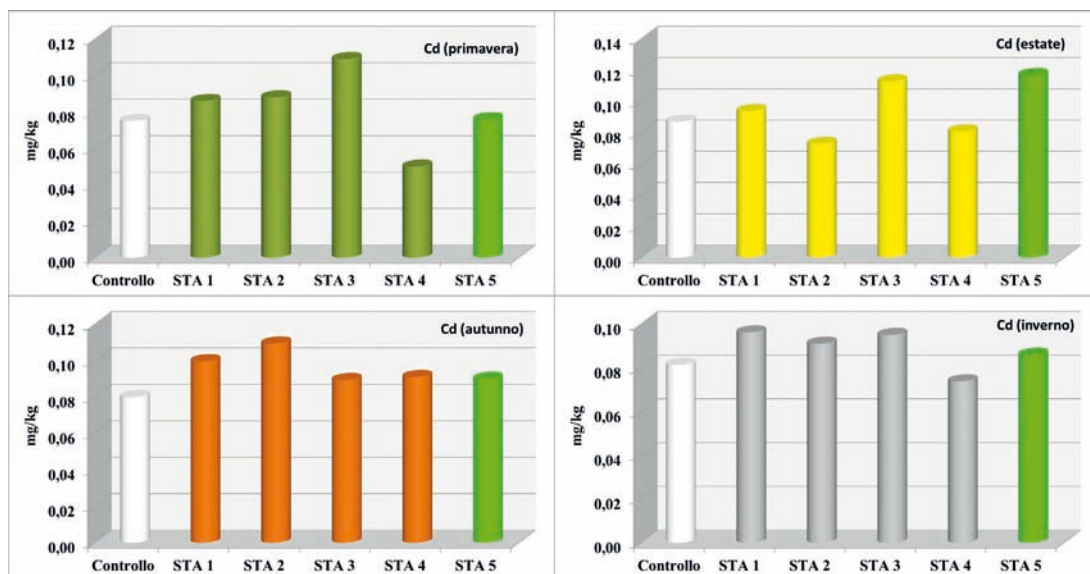


Figura 3.4: Concentrazioni di Cd nei licheni esposti nelle 4 stagioni del 2007.

della stazione 3. Le concentrazioni nei licheni esposti nelle altre due stazioni sono risultate minori rispetto alle precedenti. Il rapporto con i valori di controllo ha comunque evidenziato una

situazione di accumulo nella stazione 4. Nelle stazioni più trafficate si sono invece registrate condizioni di forte accumulo nelle stazioni 2 e 3, e di accumulo nella stazione 1.

Nei licheni esposti stagionalmente le concentrazioni di cadmio misurate non hanno rispecchiano il solito *trend* legato al traffico veicolare (figura 3.4.). Ad eccezione del periodo estivo, le massime concentrazioni di questo elemento si sono avute nei licheni esposti in una delle tre stazioni più trafficate, tuttavia le stesse risultano spesso confrontabili con quelle dei licheni non esposti, infatti solo in tre casi si sono avuti degli accumuli (stazione 3 in primavera ed estate, stazione 2 in autunno). Nel periodo estivo la concentrazione massima si è registrata nella stazione 5 dell'Orto Botanico; valore che se rapportato con quello di controllo determina tra l'altro una condizione di accumulo per tale elemento. In inverno tutti i valori dell'EC ratio hanno delineato condizioni di accumulo normali.

3.4. Uranio

Nonostante sia un elemento chimico per il quale non è riconosciuta alcuna origine antropica correlata al traffico veicolare, anche l'uranio, nei licheni esposti annualmente, sembra seguire un *trend* di accumulo in linea con le diverse condizioni di traffico presenti nelle stazioni prese in esame (figura 3.5.). Tali concentrazioni risul-

tano essere comunque basse, probabilmente correlate a fenomeni di risospensione di particolato di origine geogenica, fenomeno che risulta essere più accentuato nelle aree maggiormente trafficate, a causa della maggiore risospensione creata dal movimento dei veicoli.

Le concentrazioni massime annuali sono state rilevate nei trapianti esposti nelle stazioni trafficate. In particolare le concentrazioni delle stazioni 1, 2 e 4, in relazione al controllo, hanno mostrato valori dell'EC ratio indicanti condizioni di forte accumulo di uranio. I valori minimi, relativi alle concentrazioni di uranio nella stazione 5, hanno comunque indicato condizioni di accumulo, situazione analoga ma con valori di EC ratio più alti si sono avuti nella stazione 3.

Nei trapianti stagionali questo *trend* risulta più livellato o totalmente assente (figura 3.6.). In funzione dei valori dell'EC ratio, accumuli di uranio si sono avuti in tutte le stazioni in estate, con il valore massimo di pertinenza della stazione 5; accumuli si sono registrati nelle stazioni 2 e 3 in primavera; accumuli normali in tutti gli altri casi. Le concentrazioni sono risultate anche in questo caso basse e simili fra le varie stazioni.

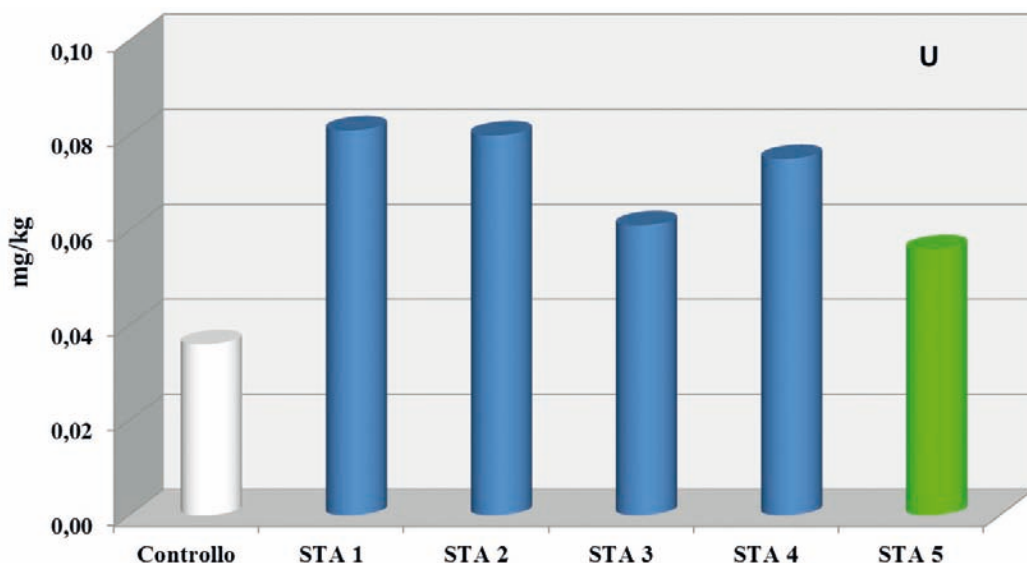


Figura 3.5: Concentrazioni di U nei licheni esposti nell'anno 2007.

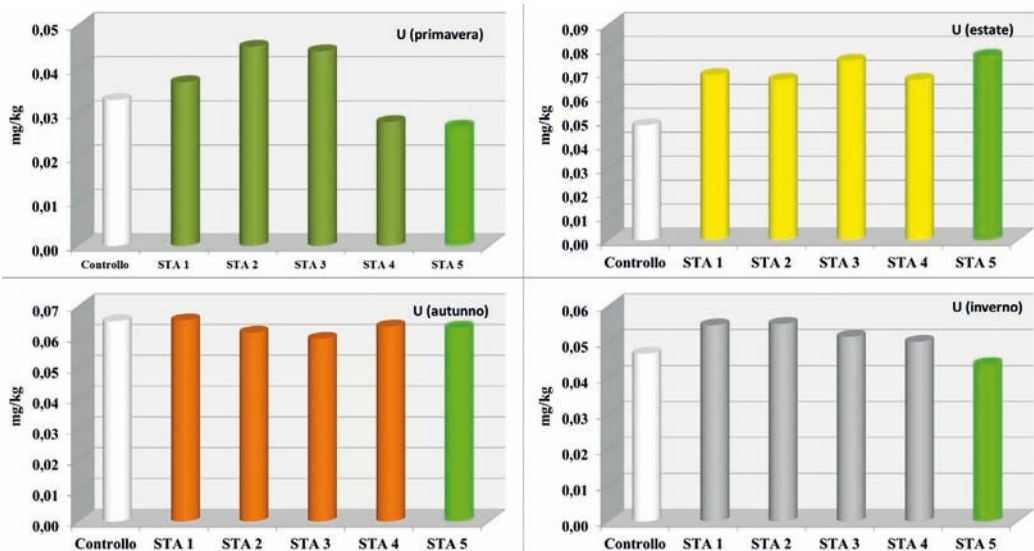


Figura 3.6: Concentrazioni di U nei licheni esposti nelle 4 stagioni del 2007.

3.5. Correlazioni tra le concentrazioni degli elementi in traccia

Per definire le relazioni esistenti tra i vari elementi in traccia indagati, è stato utilizzato come

indice di riferimento il coefficiente di correlazione lineare di *Pearson* (r), relativo alle concentrazioni degli elementi nei licheni esposti annualmente e stagionalmente nelle 5 stazioni. A tale

Tabella 3.2: Relazioni tra le concentrazioni degli elementi in traccia definiti attraverso il coefficiente di correlazione di *Pearson* (valori significativi in rosso per $n = 5$, $p < 0,05$).

	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	As	Sr	Cd	Sb	Pb	Th	U
Cr	1,00													
Mn	0,86	1,00												
Fe	0,68	0,92	1,00											
Co	0,61	0,86	0,98	1,00										
Ni	0,77	0,58	0,55	0,61	1,00									
Cu	0,97	0,74	0,57	0,52	0,86	1,00								
Zn	0,90	0,64	0,54	0,52	0,93	0,97	1,00							
As	0,66	0,94	0,96	0,95	0,51	0,53	0,45	1,00						
Sr	0,79	0,92	0,93	0,84	0,50	0,68	0,63	0,84	1,00					
Cd	0,77	0,53	0,23	0,06	0,28	0,72	0,59	0,20	0,52	1,00				
Sb	0,98	0,74	0,51	0,45	0,78	0,98	0,91	0,51	0,64	0,80	1,00			
Pb	-0,03	0,11	0,36	0,28	-0,12	-0,08	0,02	0,11	0,47	-0,02	-0,18	1,00		
Th	-0,25	0,26	0,47	0,55	-0,17	-0,38	-0,40	0,56	0,18	-0,60	-0,41	0,12	1,00	
U	0,43	0,64	0,88	0,92	0,58	0,40	0,49	0,76	0,76	-0,11	0,27	0,54	0,49	1,00

riguardo, correlazioni positive tra elementi in traccia possono indicare un'origine comune per le specie coinvolte.

Considerato che la distribuzione delle concentrazioni e degli accumuli di Sb, nei licheni esposti, indicano chiaramente come questo elemento sia il principale contaminante atmosferico legato al traffico veicolare nella città di Siena, è corretto ritenere che tutti gli elementi in traccia correlati significativamente (in senso positivo) a tale elemento abbiano la stessa origine antropica.

Non a caso in tabella 3.2. si può osservare come tale elemento sia correlato significativamente ad elementi come: Cu, Cr, Zn, Cd e Ni, ovvero elementi chimici appartenenti ai gruppo 1 e 2, con r che va da 0,78 per il Ni a 0,98 per Cu e Cr. Correlazioni significative si osservano anche fra gli elementi appartenenti al gruppo 3.

3.6. Danneggiamento delle membrane cellulari

I licheni trapiantati hanno evidenziato un generale incremento dei valori di conducibilità elettrica dopo il periodo di esposizione (tabella 3.3.). Nei licheni esposti per un anno il grado di danneggiamento nelle tre stazioni più trafficate è risultato elevato. Valori decisamente inferiori nelle stazioni 4 e 5. Anche nei trapianti stagionali i valori di C.E. hanno indicato danneggiamenti nelle tre stazioni maggiormente trafficate, sep-

pur con valori minori rispetto a quelli annuali. Valori simili al controllo si sono avuti nelle stazioni meno e non trafficate.

3.7. Integrità di membrana ed elementi in traccia

Negli ultimi anni numerosi studi hanno mostrato una correlazione diretta tra concentrazione di elementi in traccia e C.E.. Per verificare tale eventualità, i valori, sia stagionali che annuali delle C.E., sono stati correlati con le rispettive concentrazioni, annuali e stagionali, degli elementi in traccia.

Per quanto concerne i dati stagionali non sono state trovate delle correlazioni soddisfacenti, in tutti i casi infatti i coefficienti di determinazione (r^2) hanno spiegato al massimo il 25% dell'aumento del valore della C.E. all'aumentare della concentrazione degli elementi in traccia.

Considerando i trapianti annuali il discorso cambia notevolmente. Correlazioni lineari positive sono state infatti osservate nel confronto tra il valore di C.E. e quello delle concentrazioni degli elementi in traccia maggiormente legati al traffico veicolare. In figura 3.7, dove a titolo di esempio sono illustrate le correlazioni tra C.E. e Cr, Sb, Cu e Zn, è evidente una correlazione lineare positiva per questi elementi, con r^2 che va da 0,75 per lo Zn a 0,93 per il Cr.

Tabella 3.3: Valori di C.E. [$(\mu\text{S}/\text{cm})/(\text{mL}/\text{mg})$] dei trapianti annuali e stagionali.

Stazioni	Conducibilità ($\mu\text{S}/\text{cm})/(\text{mL}/\text{mg})$				
	Annuo	Primavera	Estate	Autunno	Inverno
Controllo	1,49	1,49	1,30	0,76	1,21
STA 1	9,20	2,59	2,50	2,42	5,47
STA 2	7,40	3,79	2,91	0,99	5,08
STA 3	8,37	2,09	2,66	3,05	5,06
STA 4	2,38	1,37	1,39	0,71	1,33
STA 5	1,94	1,31	0,92	0,72	1,72

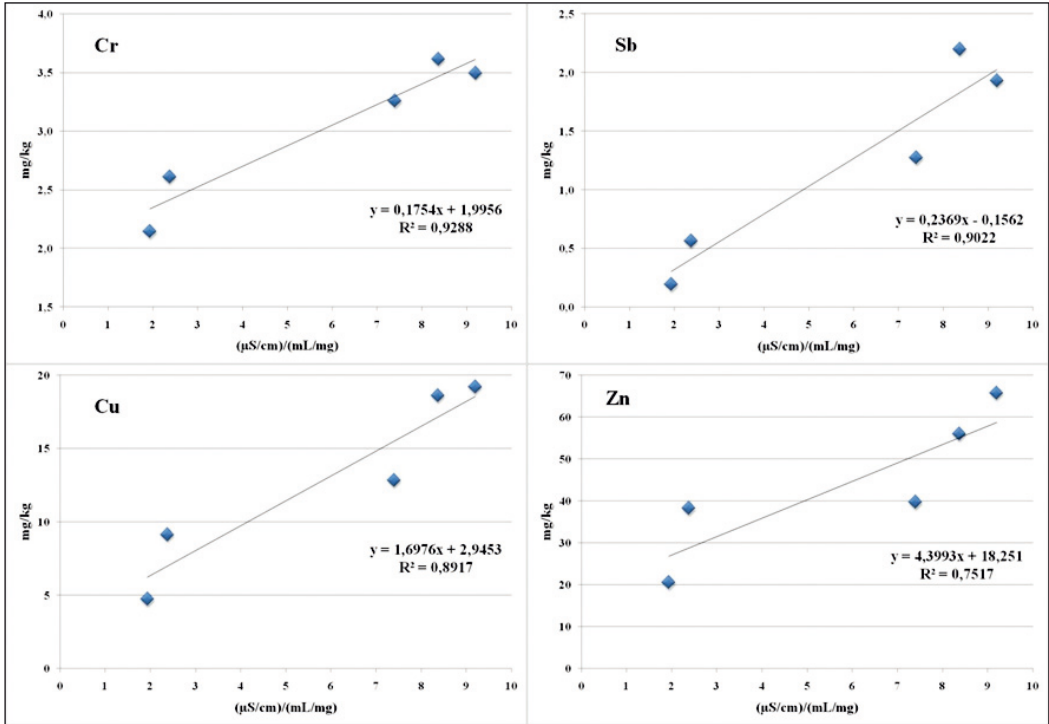


Figura 3.7: Correlazioni tra concentrazioni di Cr, Sb, Cu, Zn e C.E. $[(\mu S/cm)/(mL/mg)]$ relative ai trapianti annuali.

Conclusioni

Dai dati relativi ai trapianti stagionali e annuali si possono trarre le seguenti principali conclusioni:

- I licheni, durante i periodi di esposizione, hanno accumulato sia elementi in traccia legati alle emissioni veicolari (*i.e.* Sb, Cu, Zn, Pb, Cr e Mn) sia specie chimiche litogeniche (*i.e.* Th, U, Sr, e Co).
- Gli accumuli più elevati degli elementi in traccia, sia antropogenici che litogenici, sono stati rilevati annualmente e stagionalmente nelle stazioni più trafficate.
- Nel confronto tra gli accumuli annuali e stagionali degli elementi in traccia da parte dei licheni, i dati evidenziano un maggiore accumulo degli elementi nei trapianti annuali. Questa evidenza è più marcata per gli

elementi in traccia maggiormente legati al traffico veicolare.

- Nell'area verde cittadina (stazione 5) nonostante non vi sia un'influenza diretta della circolazione veicolare su strada, nei trapianti annuali sono stati rilevati accumuli per la maggior parte degli elementi in traccia analizzati, seppure i più bassi tra quelli registrati nell'intera area di studio. Questi accumuli sono verosimilmente imputabili ad una contaminazione diffusa nell'area urbana di Siena, da collegare principalmente al traffico cittadino ed in minor misura al riscaldamento domestico.
- Alcuni elementi in traccia quali Sb, Cu e Zn hanno evidenziato un'evidente differenza nell'accumulo tra i licheni delle stazioni intensamente trafficate (stazioni 1, 2 e 3) e quelli dei siti in cui la circolazione su strada

è bassa o assente (stazioni 4 e 5).

- Sulla base dei valori dell'EC ratio è stato possibile suddividere gli elementi in traccia in tre gruppi:

Gruppo 1: elementi in traccia maggiormente legati al traffico veicolare quali Sb, Cu, Zn, Cr, Mn e Fe;

Gruppo 2: elementi in traccia la cui sorgente è prevalentemente rappresentata dal traffico veicolare quali Cd, Pb e Ni;

Gruppo 3: elementi in traccia la cui origine è prevalentemente litogenica quali Co, Sr, As, U e Th.

- Dai risultati ottenuti l'Sb è risultato essere il principale contaminante atmosferico legato al traffico veicolare; elementi in traccia quali Cu, Zn, Cr, Ni e Cd, ad esso correlati positivamente hanno presumibilmente la stessa origine antropica.
- I licheni trapiantati hanno rilevato un grado di danneggiamento delle membrane cellulari più elevato rispetto ai licheni di controllo. Il danneggiamento è risultato più sensibile per i campioni di lichene collocati nelle stazioni più trafficate.
- I licheni esposti annualmente presentano valori di C.E. superiori rispetto ai trapianti stagionali.
- Nei licheni studiati all'aumentare dei valori di conducibilità elettrica corrisponde un crescente accumulo di alcuni elementi in traccia associati al traffico veicolare.

Bibliografia

- [1] Wang, Y.F., et al., 2003. Emissions of fuel metals content from a diesel vehicle engine. *Atmospheric Environment*, 37, 4637-4643.
- [2] Manoli, E., Voutsas, D., Samara, C., 2002. Chemical characterization and source identification/apportionment of fine and coarse air particles in Thessaloniki, Greece. *Atmospheric Environment*, 36, 949-961.
- [3] Heinrich, E., Schmidt, G., Kratz, K.L., 1996. Determination of Platinum-Group Elements (PGE). From catalytic converters by means of docimasy and INAA. *Analytical and bioanalytical chemistry*, 354 (7-8), 883-885.
- [4] Bacci, E., Gaggi, C., 1998. Bioconcentrazione, bioaccumulo e biomagnificazione. In: Vighi, M., Bacci, E., a cura di, 1998. *Ecotossicologia*. Torino: UTET. Pagine 143-152. ISBN: 88-02-05371-5.
- [5] Tyler, G., 1989. Uptake, retention, and toxicity of heavy metals in lichens: a brief review. *Water, Air & Soil Pollution*, 47, 321-333.
- [6] Cercasov, V., et al., 2002. Comparative study of the suitability of three lichen species to trace-element air monitoring. *Environmental Pollution*, 119 (1), 129-139.
- [7] Puckett, K.J., et al., 1977. Potassium efflux by lichen thalli following exposure to aqueous sulphur dioxide. *New Phytologist*, 79, 135-145.
- [8] Brown, D.H., Beckett, R.P., 1984. Uptake and effect of cations on lichen metabolism. *The Lichenologist*, 16, 173-188.
- [9] Nifontova, M.G., Ravinskaya, A.P., Shapiro, I.A., 1995. Effect of acute gamma radiation on some physiological feature of lichens. *The Lichenologist*, 27, 215-224.
- [10] Di Lella, L.A., et al., 2006. *I licheni come bioindicatori della qualità dell'aria: un'applicazione a piccola scala dell'area urbana di Siena*. In: Atti del Codice Armonico - Primo Congresso di Scienze Naturali della Regione Toscana, Castiglioncello (LI), 163-171.
- [11] Crezzini, M., et al., 2005. La geochemica del particolato atmosferico e della polvere stradale nell'area di Siena. *Etrurianatura*, 2, 50-60.
- [12] Pearson, L.C., 1985. Air pollution damage to cell membranes in lichens. I. Development of a simple monitoring test. *Atmospheric Environment*, 19, 209-212.
- [13] Frati, L., Brunialti, G., Loppi, S., 2005. Problems related to lichen transplants to monitor trace element deposition in repeated surveys: a case study from central Italy. *Journal of Atmospheric Chemistry* 52 (3), 221-230.
- [14] Loppi, S., et al., 2002. Identifying deviation from naturalness of lichen diversity for bioindication purposes. In: Nimis, P.L., Scheidegger, C., Wolseley, P. eds. *Monitoring with lichens - Monitoring lichens*. Kluwer, The Netherlands, pp. 281-284.

La conservazione di alcune specie acquatiche a rischio di estinzione nel comprensorio del Padule di Fucecchio

Anna Mensuali-Sodi^{1*}, Mariella Lucchesini², Laura fontanili², Alessio Bartolini³

Parole chiave: biodiversità, coltura *in vitro*, conservazione *ex situ*, micropropagazione

Il Padule di Fucecchio è un'area di grande importanza floristica e vegetazionale; presenta specie relitte e aspetti ormai rari di vegetazione idrofittica ed elofittica. Una recente indagine effettuata dal Centro di Ricerca Documentazione e Promozione del Padule di Fucecchio riporta rischi reali per alcune specie vegetali, dove emerge la presenza di specie vegetali autoctone in stato critico di conservazione (in gran parte scomparse o fortemente rarefatte): Sagittaria sagittifolia L.; Utricularia australis R.Br.; Hottonia palustris L.; Hydrocharis morsus ranae L.; Ludwigia palustris L. Elliott; Salvinia natans L. All.; Nymphoides peltata S.G. Gmel. Kuntze; Nuphar lutea L. Sm.; Nymphaea alba L.; Baldellia ranunculoides L. Parl.; Sphagnum sp.

La situazione è così grave che, per evitare l'estinzione imminente su scala regionale e nazionale di molte piante acquatiche, occorre procedere a programmi di riproduzione e coltivazione "ex situ". Nell'ambito della conservazione ex situ, la propagazione in vitro trova importanti applicazioni soprattutto per le specie che sono caratterizzate da sporadica fioritura, semi con particolari esigenze per la conservazione o per la germinazione o addirittura mancata produzione di semi, specie dioiche per le quali la propagazione vegetativa in natura può associarsi alla scomparsa di uno dei due sessi.

Il lavoro presenta alcune prove riguardanti la procedura di sterilizzazione e induzione in vitro di alcune delle specie più a rischio: Utricularia australis R.Br., Ludwigia palustris L. Elliott, Potamogeton natans L. e P. crispus L., Hydrocharis morsus ranae L. e Nymphaea alba L.

Le difficoltà incontrate nelle prime prove di sterilizzazione hanno evidenziato la necessità di mettere a punto un sistema di condizionamento delle piante madri in ambiente acquatico. La tecnica sviluppata consente di far crescere e moltiplicare il materiale vegetale in ambiente controllato e in buone condizioni sanitarie. I migliori risultati da un punto di vista propagativo sono stati ottenuti sulla specie Ludwigia palustris.

Introduzione

Il Padule di Fucecchio, con i suoi 1800 ettari tra le Province di Pistoia e Firenze, costituisce la più grande palude interna italiana; circa 230 ettari sono protetti da Riserve Naturali istituite dalle Province di Pistoia e Firenze (Fig. 1).

È una zona di grande importanza sia per la flora, in quanto sono presenti specie vegetali relitte, sia per la fauna, per la presenza di rotte migratorie dell'avifauna. In particolare le aree umide

del SIC/ZPS (Sito di Importanza Comunitaria/ Zona di Protezione Speciale, secondo le rispettive Direttive 92/43/CEE e 79/409/CEE) «Bosco di Chiusi e Paduletta di Ramone», dopo il Lago di Sibolla, costituiscono l'area più rilevante sotto il profilo botanico del comprensorio del Padule di Fucecchio. Il sito «Bosco di Chiusi e Paduletta di Ramone» fa parte della Rete Natura 2000, cioè della rete di aree che l'Unione Europea ritiene maggiormente importanti a livello continentale per la tutela della biodiversità [1, 2].



Figura 1: Il comprensorio del Padule di Fucecchio. (Rappresentazione grafica di A. Bartolini).

Recentemente è stato riportato dal Centro di Ricerca Documentazione e Promozione del Padule di Fucecchio un elenco floristico comprendente altre specie idrofite autoctone che sono in gran parte scomparse o fortemente rarefatte.

Per poter realizzare degli interventi di recupero e ripristino di ambienti danneggiati è necessario moltiplicare o allevare *ex situ* specie vegetali provenienti da ambienti naturali. Le popolazioni di tali specie, se riescono ad affermarsi nell'habitat restaurato, contribuiscono al recupero dello stesso. Gli ambienti così recuperati diventeranno, a loro volta, elementi per la conservazione *in situ* delle specie considerate. Un efficiente piano di recupero deve prevedere l'uso di tecniche biotecnologiche per la conservazione *ex situ* quali la propagazione *in vitro*, permettendo di mantenere in maniera pressoché indefinita e in spazi ristretti (celle climatiche) una grande quantità di germoplasma vitale che può essere così disponibile per essere reintrodotta nell'habitat naturale [3], [4].

gli autori

¹ Scuola Superiore Sant'Anna, P.za Martiri della Libertà 33, 56127, Pisa.

e-mail: mensuali@sssup.it

² Dip. di Biologia delle Piante Agrarie, Univ. Studi di Pisa,

viale delle Piagge 23, 56124, Pisa.

e-mail: mlucchesini@agr.unipi.it,

laura.fontanili@alice.it

³ Centro di Ricerca Documentazione e Promozione del Padule di Fucecchio, Via di Castelmartini 125/a,

51036 Larciano, Pistoia. E-mail:

alessiobartolini@teletu.it

*autore per corrispondenza: E-mail:

mensuali@sssup.it

In questa sede si propone di mettere a punto dei protocolli di propagazione vegetativa *in vitro* con lo scopo di costituire un primo nucleo di conservazione *ex situ* per le specie autoctone del Padule di Fucecchio maggiormente minacciate, che potranno successivamente essere anche utilizzate per costituire dei sistemi di reimpianto *in situ*.

Materiali e Metodi

Il lavoro presente riporta le prove preliminari riguardanti la procedura di decontaminazione e induzione *in vitro* di alcune delle specie più a

rischio *Utricularia australis* R.Br., *Potamogeton natans* L. e *P. crispus* L., *Hydrocharis morsus ranae* L. e *Nymphaea alba* L., mentre, per *Ludwigia palustris* L. Elliott, è stato possibile mettere a punto un protocollo di propagazione *in vitro*. Per ognuna delle specie studiate, il materiale vegetale di partenza è stato prelevato all'interno dell'area paludosa della Riserva naturale del Padule di Fucecchio da personale autorizzato del Centro di Ricerche, Documentazione e Promozione di Castelmartini (PT) e trasferito presso il laboratorio di colture *in vitro* del Dipartimento di Biologia delle Piante agrarie dell'Università di Pisa. In Tabella 1 sono riportati i trattamenti

Tabella 1: Metodologia di condizionamento delle piante madri (Fase 0) e metodi di sterilizzazione degli espianti di alcune specie acquatiche con il relativo tasso di inquinamento (% di espianti inquinati dopo 7 giorni di coltura sui mezzi riportati in Tab. 2) e il livello di sopravvivenza (- assente; * molto basso; ** basso; * buono; **** molto buono).**
(*NaOCl, ipoclorito di sodio; PPM, Plant Preservative Mixture®; CaOCl, ipoclorito di calcio; EtOH, etanolo; SDICN, dicloroisocianurato di sodio; MS, Murashige e Skoog Sali[5] minerali).

Specie	Fase 0	Metodo di decontaminazione	Tasso di inquinamento	Sopravvivenza
<i>Hydrocharis morsus ranae</i> L.	Acqua + Macroelementi MS (1/100)	CaOCl 10% x 10'	80,00% (n=20)	*
		NaOCl 10% x 3' + Tween 20 sottovuoto	50,00% (n=8)	**
<i>Utricularia australis</i> Brown	Acqua + MS 1/3	NaOCl 2% x 2'	0,00% (n=20)	****
	Acqua + SDICN 0,5% 4gg	PPM 2% in MS ¼ x 24h		
<i>Potamogeton natans</i> L.	—	EtOH 70% x 30" NaOCl 10% x 3'	38,46% (n=26)	***
<i>P. crispus</i> L.	—	EtOH 70% x 30" NaOCl 10% x 3'	89,47% (n=38)	**
<i>Ludwigia palustris</i> (L.) Elliot	In vaso	NaOCl 15% x 10'	18,75% (n= 16)	****
<i>Nymphaea alba</i> L.	Acqua + SDICN 0,5%	Bavistin (1g/l) x 30' + SDICN 1% x 1h	100% (n=20)	-
	Acqua + Dodina 4ml/l 1gg/ settimana	+soluz. Antibiotica SIGMA 10 ml/l x 3h +PPM 40% overnight		

che hanno subito gli espianti (germogli apicali, ascellari e segmenti nodali) delle varie specie prima di essere sottoposti alla procedura di sterilizzazione. Per le specie *Nymphaea alba* L., *Hydrocharis morsus ranae* L., *Utricularia australis* RBr. e *Ludwigia palustris* (L.) Elliot si è proceduto a una fase di condizionamento delle piante madri o in acquari in vetro oppure in vaso. Per tutte le piante si è proceduto ad un preliminare lavaggio sotto acqua corrente (fino a 19 ore) e un successivo lavaggio in acqua demineralizzata con l'aggiunta di alcune gocce di Tween 20 per circa 2 ore. Dopo i passaggi con i diversi agenti decontaminanti erano effettuati, in generale, tre lavaggi con acqua sterile. Gli espianti sono stati quindi posti sui mezzi di coltura indicati in Tab. 2 e posti in camera di crescita a 25 ± 1 °C con 16 ore di fotoperiodo ed irradianza di 70 mmol

s⁻¹ m⁻² fino al rilievo del tasso di inquinamento (dopo una settimana) e di sopravvivenza (dopo 4 settimane) riportato in Tab. 1.

Risultati

Potamogeton spp.

La prima procedura di sterilizzazione, comprensiva dei lavaggi preliminari, è un protocollo standard, utilizzato anche su altre piante, come ad esempio da Kane *et al.* [7] su *Cryptocoryne wendtii*. Come si può osservare dai risultati ottenuti nella precedente tabella (Tab. 1), le due specie del genere *Potamogeton* hanno manifestato inizialmente una buona tolleranza al processo di sterilizzazione. Nella seconda subcoltura si è però palesata la presenza di batteri endofiti che,

Tabella 2: Substrati di coltura utilizzati per la prima fase della coltura in vitro delle specie di piante acquatiche. (BA, 6-benzylaminopurina; GA₃, acido gibberellico; 2,4D, acido diclorofenossiacetico; MS, Murashige e Skoog sali minerali; B5, Gaborget al. [6] vitamine, 1968).

Componenti del substrato nutritivo	<i>Ludwigia palustris</i> (L.) Elliot	<i>Utricularia australis</i> Brown	<i>Potamogeton natans</i> L. <i>P. crispus</i> L.	<i>Hydrocharis morsus - ranae</i> L.	<i>Nymphaea alba</i> L.
Macroelementi	½ MS	⅓MS	MS	B5	MS
Microelementi	½ MS	⅓ MS	MS	MS	MS
Ferro	½ MS	⅓ MS	MS	MS	MS
Vitamine	½ MS	⅓MS	MS	B5	MS
AntiossidanteGSH	300 mg/l	300 mg/l	300 mg/l	300 mg/l	300 mg/l
TamponeMES	500 mg/l	500 mg/l	500 mg/l	500 mg/l	500 mg/l
Saccarosio	30g/l	30g/l	30g/l	30g/l	30g/l
Auxina					2,4 D 1.5mg/l
Citochinina			BA 2mg/l	BA 2mg/l	BA 0.25mg/l
Gibberellina			GA ₃ 0.5mg/l	GA ₃ 0.5mg/l	
Stato fisico del mezzo	Gelrite 2,5 g/l	liquido	liquido	liquido	Gelrite 2 g/l

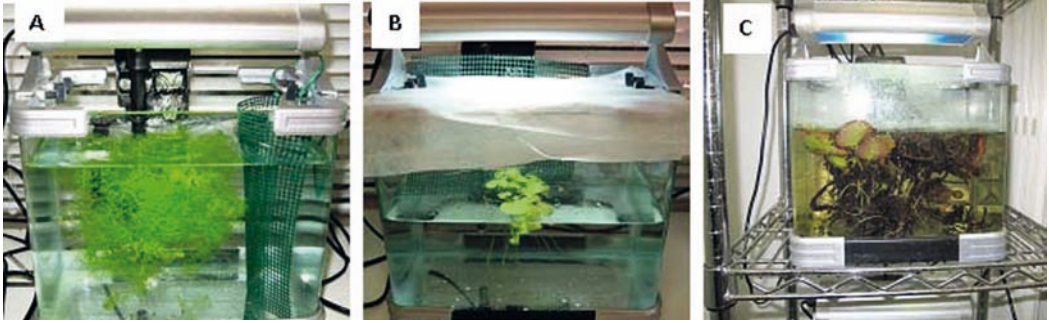


Figura 2: *Utricularia australis* Brown (A), *Hydrocharis morsus ranae* L. (B) e *Nymphaea alba* L. (C) coltivate in acquario (fase di condizionamento).

nonostante i diversi tentativi di salvataggio con altri protocolli di sterilizzazione, non sono stati eliminati. Le successive procedure di selezione del materiale da mettere in coltura dovranno essere precedute da un'ideale fase 0 di crescita e condizionamento delle piante madri. Questa fase può essere definita come una "fase 0" [8], opportunamente modificata per soddisfare la necessità di coltivare le specie acquatiche in un ambiente con ridotte contaminazioni, così da facilitare la successiva sterilizzazione del materiale vegetale.

Per le specie *Hydrocharis morsus ranae* L., *Utricularia australis* Brown. e *Nymphaea alba* L., al fine di facilitare la successiva messa in coltura, è stata allestita una coltivazione preliminare in acquario. I risultati ottenuti indicano che la fase in acquario per *Hydrocharis morsus ranae* L. e *Utricularia australis* Brown (fig. 2) ha permesso di far crescere le piante, aumentando la quantità di materiale iniziale (nel caso di *Hydrocharis morsus ranae* L. si è raddoppiato in poco più di un mese il numero di esemplari mentre per *Utricularia australis* Brown si è quadruplicato) e di ottenere espianti di partenza in migliori condizioni fitosanitarie (Tab. 1).

Durante la "fase 0" in acquario erano aggiunti periodicamente macroelementi MS [5] in basso dosaggio (1/3), per sostenere la crescita delle piante stesse. Per quanto riguarda la decontaminazione vera e propria degli espianti di *Utricularia australis* Brown, alcuni protocolli preliminari che prevedevano l'utilizzo di agenti decontaminanti in concentrazione elevata e somministrati per tempi lunghi (PPM 4%

per sei giorni) avevano consentito buone percentuali di decontaminazione, ma il materiale vegetale, pur essendo vitale, mostrava una evidente compromissione della sintesi di clorofilla (Fig. 3).

Ciò è dovuto probabilmente alla delicatezza dei tessuti che risultano fortemente danneggiati dagli agenti decontaminanti, come è stato osservato per altre specie acquatiche. L'uso di dicloroisocianurato di sodio (SDICN) [9] [10] [4] durante la fase 0 ha consentito di ottenere materiale vegetale sterile inalterato (Tab.1). I risultati ottenuti su *Utricularia* sono per il momento incoraggianti. Le piante di *Nymphaea alba* L. hanno mostrato, a seguito di prove preliminari, la presenza di contaminazioni

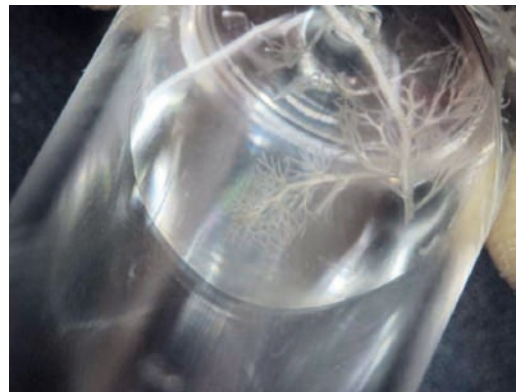


Figura 3: *Utricularia australis* nelle prime fasi di coltura in vitro: evidente compromissione della sintesi clorofilliana.

fungine endogene. Il protocollo è stato quindi modificato nella fase di condizionamento in acquario effettuando ogni 7 giorni dei trattamenti di 24h con un fungicida sistemico (Dodina). Nonostante l'uso di anticrittogamici, non sono state ottenute nuove plantule di *Nymphaea* e ciò indica la necessità di operare una selezione preliminare del materiale vegetale sano di partenza essendo estremamente difficoltoso rimuovere i contaminanti endofiti.

Ludwigia palustris (L.) Elliot

Dai risultati riportati in Tab.1 si può evidenziare che, in *Ludwigia palustris* (L.) Elliot, un protocollo standard di sterilizzazione determina una percentuale di espianti sterili non molto elevata (18,75%) ma, poiché questi si mantengono vitali producendo nuovi germogli per tutta la prima fase della coltura *in vitro*, il protocollo di sterilizzazione può considerarsi valido.

Per quanto riguarda i mezzi di coltura utilizzati (Tab. 2), i risultati fin qui ottenuti indicano una buona risposta del substrato utilizzato con *Ludwigia palustris* (L.) Elliot, specie che ha dimostrato un'ottima attitudine alla coltura *in vitro* (Tab. 3 e Fig. 4). Successivamente alla coltura *in vitro* le plantule sono state trasferite in serra in coltura idroponica (Fig. 4).

Tabella 3: Valori relativi ai principali parametri di crescita (n= 20; medie ± Errore standard) alla quarta settimana di coltura in vitro di *Ludwigia palustris* L. nei contenitori Magenta™ G7

(77 mm x 77 mm x 97 mm, volume 575.11 mL, 9 explants/vessel; Sigma-Aldrich®, Milano, Italy) e PPCV (Ø 70 mm x h 90 mm, volume 141.75 mL, 9 explants/vessel; TQPL Co., New Milton, United Kingdom).

	PPVC	Magenta G7
Peso fresco (g)	0,177 ± 0,02	0,277 ± 0,03
Peso secco (g)	0,015 ± 0,002	0,027 ± 0,002
N. germogli/pianta	0,50 ± 0,22	0,63 ± 0,12
Altezza della pianta (cm)	2,42 ± 0,13	2,73 ± 0,14
Lunghezza nuovi germ. (cm)	0,94 ± 0,16	1,55 ± 0,17

Conclusioni

Il presente lavoro si inserisce in un più vasto progetto per il recupero di specie vegetali rare a rischio di estinzione nel comprensorio del Padule di Fucecchio. Si può affermare che per le specie acquatiche da coltivare *in vitro* è indispensabile la messa a punto di protocolli di propagazione da svolgere in ambiente completamente asettico. Gli scarsi risultati finora ottenuti per il raggiungimento delle colture sterili hanno evidenziato la necessità di definire un sistema di condizio-



Figura 4: *Ludwigia palustris* L. coltivata in serra (coltura idroponica) e in vitro in tubi sterili monouso.

namento delle piante madri che preceda la fase di coltura *in vitro*, la quale consenta di ottenere materiale decontaminato; ciò è indispensabile affinché, nel caso di queste specie a rischio, non si sacrifichino totalmente gli individui di partenza che invece devono essere salvaguardati il più possibile. A questo scopo si è quindi sviluppato per le specie riportate un sistema di coltivazione delle piante in acquario o in vaso. Oltre a contaminanti esterni di varia natura, spesso si verificano anche contaminazioni interne a causa di batteri o funghi endofiti che possono rendersi manifeste anche dopo diversi cicli di coltura *in vitro*. Il livello di contaminazione varia da specie a specie a seconda del tipo di espianto utilizzato e, soprattutto, nel caso di piante idrofite completamente sommerse. Ad oggi è stato possibile mettere a punto un efficiente protocollo di micropropagazione solo per una specie (*Ludwigia palustris* (L.) Elliot) e, attualmente, sono in corso le prove che riguardano la reintroduzione della pianta nell'ambiente di origine.

Ringraziamenti

Questo lavoro è stato cofinanziato dalla Fondazione Cassa di Risparmio di Pistoia e Pescia nell'ambito del progetto "Il Padule di Fucecchio: strategie di conservazione delle risorse genetiche e possibile impiego delle specie vegetali conservate e domestiche" per gli anni 2010-2011 e dalla Provincia di Pistoia "Strategie di conservazione delle piante acquatiche di interesse regionale e comunitario del Padule di Fucecchio" per gli anni 2011-2012.

Bibliografia

[1] A. Bartolini. La Riserva Naturale del Padule di Fucecchio. Dieci anni di gestione (1996-2006). Quaderni del Padule di Fucecchio n. 4. Centro di Ricerca, Documentazione e Promozione del Padule di Fucecchio 2007.
 [2] A. Bartolini. Il Bosco di Chiusi e la Paduletta di Ramone. Indagini naturalistiche e attività di ripristino degli habitat. Quaderni del Padule di Fucecchio n. 7. Centro di Ricerca, Documentazione e Promozione del Padule di Fucecchio Bartolini 2010.

[3] S.M.D Rogers. Tissue culture and wetland establishment of the freshwater monocots *Carex*, *Juncus*, *Scirpus*, and *Typha*. *In Vitro Cell. Dev. Biol.*, Plant 2003, 39: 1-5.

[4] V. Sarasan, R. Cripps, M.M. Ramsay, C. Atherton, M. McMichen, G. Prendergast, J.K. Rowntree. Conservation *in vitro* of threatened plants - Progress in the past decade. *In Vitro Cell. Dev. Biol.*, Plant 2006, 42: 206-214.

[5] T. Murashige, F. Skoog. A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue cultures. *Physiol. Plant.* 1962, 15: 473-493.

[6] O.L. Gamborg, R.A. Miller, K. Ojima. Nutrient requirements of suspension cultures of soybean root cells, *Exp. Cell Res.* 1968, 50: 151-158.

[7] M.E. Kane, N.L. Philman.. "In vitro propagation and selection of superior wetland plants for habitat restoration". Combined Proceeding. International Plant Propagators' Society 1997, 47: 556-560.

[8] P.C. Debergh, L.J. Maene. A scheme for commercial micropropagation of ornamental plants by tissue culture. *Scientia Horticulturae* 1981,14: 335-345.

[9] M. Parkinson, M. Prendergast, A.J. Sayegh. Sterilisation of explants and cultures with sodium dichloroisocyanurate. *Plant Growth Regulation* 1996, 20: 61-66.

[10] R.P. Niedz, M.G. Bausher, "Control of *in vitro* contamination of explants from greenhouse- and field-grown trees". *In Vitro Cellular & Developmental Biology - Plant* 2002, 38: 468-471.

Trasformazioni economiche e resistenza dei paesaggi rurali tradizionali

Paolo Rognini*

Parole chiave: Suolo, inquinamento visivo, qualità della vita

Il suolo è una risorsa naturale essenziale alla sopravvivenza umana. Nonostante ciò vi è scarsa conoscenza sulle sue caratteristiche fisiche, chimiche e biologiche. Esso viene inesorabilmente «divorato» dalla cementificazione oltre che essere depauperato dall'agricoltura intensiva. In Toscana l'indice di suolo sottratto alla produzione agricola è tre volte quello nazionale. Inoltre, lo «spreco» territoriale è ingiustificato poiché non corrisponde un innalzamento della ricchezza (PIL). Oltre alla perdita biologica e al grande interesse scientifico che lo studio del suolo può rivestire, si assiste ad un'influenza di natura psicologica. Infatti le trasformazioni territoriali determinano fenomeni di «inquinamento visivo». L'impatto dell'inquinamento visivo sull'uomo è di natura percettiva, sensoriale ed estetica ed è tale da incidere negativamente sulla qualità della vita.

1. Il paesaggio

Come è noto, il concetto di paesaggio in geografia è ormai stato esplicitato da centinaia di definizioni. Ne presentiamo una ad “ampio spettro”, frutto di elaborazione secondo la quale il paesaggio rappresenta una “costruzione mentale del soggetto” e dunque la risultante di un processo di selezione psichica di ciò che l'occhio vede in relazione alle qualità formali dello spazio ovvero l'alternanza di un deposito di significati codificabili (comprensione soggettiva) con la presentazione ed organizzazione di elementi distribuiti nello spazio medesimo (percezione oggettiva) (Turri, 1983, 1998; Guarrasi, 2002; Barocchi, 2005; Vecchio, 2002; Mezzetti, Santuccio, 2004; Lynch, 2006; Wylie, 2007). Abbiamo più volte dimostrato che l'aspetto *sensoriale* e *percettivo* del paesaggio può produrre - soggettivamente - godimento estetico o uno sgradevole stato di disagio (Rognini, 2008). Queste due qualità possono dar luogo ad alterazioni di stato dell'umore e da ciò ne potrebbe nascere una “geografia delle emozioni” in quanto rappresentazione cartografica de “i luoghi del benessere” o “i luoghi del malessere” misurando

la risposta psichica del soggetto o delle popolazioni esposte a caratteristici paesaggi (naturali, agrari, urbani o industriali che siano).

Peraltro non è più possibile associare al concetto di paesaggio, la foto cartolina della verde collina toscana con il cipresso e la colonica diroccata e nemmeno la stereotipata vista del Vesuvio e della baia di Napoli con il tipico pino in primo piano. Il paesaggio, poiché è esso stesso vita materiale, *struttura vivente*, all'interno del quale non possono sfuggire le trasformazioni antropiche, muta e spesso si trasfigura costantemente: con le distese di capannoni che compongono le aree commerciali, gli enormi interporti di scambio, la successione di ciminiere e di serbatoi petroliferi delle raffinerie o le lunghe arterie stradali con i loro viadotti. Paesaggi industriali, tecnologici, ma anche paesaggi urbani, con il loro dedalo di strade, di edifici, di traffico e di cartellonistica pubblicitaria: rappresentazione di un'immagine del mondo che si sta progressivamente e inesorabilmente trasformando, in maniera spesso indisciplinata. Un paesaggio, perciò, che può divenire ansiogeno o criminogeno (Serafino, 2008), depressogeno o patogeno, emozionale¹ o culturale.

Il paesaggio agrario, poi, possiede caratteristiche uniche in quanto rappresenta la forma che l'uomo, coscientemente e sistematicamente ha impresso, e imprime all'ambiente naturale nel corso ed ai fini delle sue attività produttive agricole (Sereni, 1961). Sappiamo ormai che le proprietà fisiche dei suoli e del territorio sommate a determinate tecniche produttive, hanno generato paesaggi diversi. I modelli di agricoltura predominanti in Europa, ad esempio, hanno generato paesaggi agrari unici poiché storicamente si sono stratificati in modo diverso a seconda dell'area in cui si sono sviluppati. Alcuni si sono mantenuti nonostante le innovazioni tecnologiche e ancora oggi caratterizzano regioni precise. Altri sono scomparsi o hanno lasciato deboli tracce. Tra quelli che sussistono a tutt'oggi, vorremmo ricordare gli *orti mediterranei* – che hanno prodotto il paesaggio mediterraneo – caratterizzati da sistemi insediativi molto fitti, utilizzando appezzamenti piccoli, coltivati in modo intensivo con colture varie specializzate. Ne sono un esempio i terrazzamenti ancora presenti in Liguria (Cinque Terre) o Campania (Costiera Amalfitana) (fig. 1). Vi è poi l'*openfield*, un modello paesaggistico costituito da campi "aperti" coltivati a seminativo (fig. 2). Presenta struttura insediativa accentrata, delimitata da una cintura di orti e giardini. I terreni sono coltivati con sistema a rotazione triennale mentre all'esterno sussiste una cintura di pascoli e boschi. Essi sono ben rappresentati dalle pianure centroeuropee situate nell'area della valle del Reno in Germania, arrivando fino alla Polonia e alla Russia, alle isole Britanniche e alla Francia settentrionale. Infine il *bocage* una tipologia paesaggistica che presenta un assetto a campi recintati da chiusure vive (siepi, filari, alberi) e un tipo di insediamento disperso tipico dell'Europa atlantica (Francia nord-occidentale e Gran Bretagna) (fig. 3). Nel nostro Paese, un modello agricolo predominante nell'Italia centrale – la *mezzadria* – ha prodotto uno dei paesaggi più belli del mondo tanto da divenire patrimonio UNESCO. È il paesaggio collinare della Toscana, con alberature e colture promiscue, insediamenti sparsi – i tipici "poderi" – sviluppatosi in oltre settecento anni di contratti mezzadrili tra proprietari e coloni. Questi sistemi di organizzazione territoriale hanno rappresentato la base di un'economia chiusa ma adattiva al contesto

sociopolitico e ambientale (fig. 4).

Oggi il paesaggio rurale rappresenta un filo teso tra aspettative estetiche, ambientali e fruttive ed esigenze produttive, spesso contrastanti, che portano inevitabilmente ad operare sull'onda della discontinuità. Il paesaggio rurale può essere quello dell'*agricoltura moderna intensiva*, frutto di scelte tecniche, in continuo mutamento ed eterodirette, dove le operazioni agricole sono completamente meccanizzate. È il paesaggio della banalizzazione monocolturale e dell'omologazione, delle distese di campi che senza soluzione di continuità si "sciogliono" nelle periferie urbane, tanto che diventa difficile stabilire dove cominci l'urbanizzato e dove finisca il paesaggio agrario (F. Finotto, 2004) (fig. 5). Poi vi è quello dell'*abbandono*, della marginalizzazione delle aree collinari e montane, dove le tecniche odierne difficilmente possono essere applicate (ad esempio vaste aree della Garfagnana lucchese) (fig. 6). E infine vi è quello *rurale tradizionale*, frutto di una lenta evoluzione e di un progetto collettivo che vede attori le popolazioni locali, dove la bellezza non è valore aggiunto, ma elemento costitutivo (fig. 7).



Figura 1: Terrazzamenti presenti nella zona delle Cinque Terre.

gli autori

* Docente di Ecologia Urbana e Sociale,
Polo Scienze Ambientali,
Università di Pisa
p.rognini@discau.unipi.it



Figura 2: Openfield, campi aperti coltivati a seminativo (Isole britanniche).



Figura 3: Bocage, campi recintati da chiusure vive (Francia nord.occidentale).



Figura 4: Paesaggio collinare toscano frutto della mezzadria, con poderi sparsi e coltura promiscua.



Figura 5: Paesaggio della banalizzazione monoculturale tipico dell'agricoltura moderna intensiva.



Figura 6: Paesaggio dell'abbandono e della marginalizzazione (Garfagnana, Toscana).



Figura 7: Paesaggio rurale tradizionale della Toscana.

2. Trasformazioni economiche

Come si può intuire, una trasformazione economica è il passaggio da un modello economico consolidato ad un altro. La storia è costellata di trasformazioni economiche. Ad esempio il passaggio da un'economia agricola ad una industriale; da un'economia centralizzata pianificata ad una capitalistica; oppure da un'economia nazionale ad una globalizzata. Ogni trasformazione economica determina un *impatto* che si può verificare sia nell'ambito economico propriamente detto ma anche in ambito sociale o ambientale. Da un punto di vista propriamente economico una trasformazione può avere ricadute sulla ricchezza prodotta (Pil) o sul cambiamento nelle modalità di accumulazione o meno di capitali e sulla loro conseguente redistribuzione. Si possono, peraltro, verificare ricadute sociali quando le trasformazioni economiche spostano il lavoro, e dunque le categorie professionali, da un settore all'altro. Infine ambientale (di cui si occupa la geografia del cambiamento) che riguarda essenzialmente le trasformazioni territoriali e le conseguenze che si possono avvertire, anche dal punto di vista demografico. Non si pensi – come dicevamo – che le trasformazioni economiche siano una peculiarità contemporanea. Il cambiamento da un'economia di caccia e raccolta ad una agricola-pastorale avvenuta durante la rivoluzione neolitica (11.000 anni or sono) rappresenta un radicale mutamento nel modo di sussistenza delle popolazioni umane. Oppure si pensi alla contrapposizione tra i regimi agricoli e



Figura 8: Trasformazione di campi colturali in estesi pascoli successivi alle riforme agricole del XV secolo (Puglia).

pastorali. Valga un esempio per tutti: la “Dogana delle pecore” istituita nella Puglia del XV secolo al fine di favorire l'allevamento degli ovini a danno dell'agricoltura. Questo intervento radicale ha permesso di trasformare i campi colturali in estesi pascoli che a loro volta hanno portato ad una disgregazione e ad una frammentazione del paesaggio rurale tradizionale (fig. 8).

3. Trasformazioni economiche attuali e paesaggi rurali tradizionali

Esiste una profonda dicotomia tra *struttura* (realtà) del mondo agrario attuale e *immagine* (aspetto morfologico) elaborata dalla collettività ed ancorata ad un retaggio della tradizione. Da questo punto di vista l'agricoltura è stata stravolta dalla speculazione e da un atteggiamento di rapacità enormemente amplificato negli ultimissimi decenni. Infatti, fino agli anni Cinquanta del ventesimo secolo, esisteva una *fusione delle tre grandi logiche (eco-bio-antropo)*, che trovavano il loro compimento nell'agire dell'uomo secondo i ritmi della natura. Oggi l'agricoltore ha perso la propria autonomia operativa. Infatti, pur gestendo ancora una estesa porzione di territorio “vivente”, non ne controlla più i processi decisionali, ma si adegua a modelli di produzione e di sfruttamento creati nei laboratori industriali e imposti dai mercati mondiali. Inseriti in questo contesto, troviamo altre trasformazioni economiche che vedono nella cementificazione e nei processi di urbanizzazione, la loro massima espressione. Tra quelle che hanno un alto grado di impatto sul territorio vorremmo ricordare:

- *l'alluvione immobiliare*, ovvero la costruzione incontrollata di edifici che si è abbattuta sul nostro paese dal secondo dopoguerra in avanti. In quegli anni si affermò l'elefantiasi costruttiva tipica dei “palazzinari”, forma del tutto estranea al contesto urbanistico italiano che perdura anche ai nostri giorni. È l'epoca dell'inesorabile espansione urbanistica che, partendo dalle cinture esterne alle città, progredisce nelle orrende periferie sub-urbane. Edifici che hanno ‘stivato’ i loro abitanti in contesti di superaffollamento segregativo, creando le condizioni ottimali per lo sviluppo di reazioni aggressive spesso eclatanti¹ (fig. 9).



Figura 9: Orrenda periferia sub-urbana con conseguente superaffollamento segregativo dei propri abitanti.



Figura 10: Sprawl urbano: disordinata crescita di un'area metropolitana con "pastiche" architettonici.



Figura 11: Villette a schiera che rispettano moduli costruttivi avulsi dal contesto.



Figura 12: Aree della logistica: occupazione di enormi aree impermeabilizzate dal calcestruzzo.

- lo *sprawl urbano*, ovvero la rapida e disordinata crescita di un'area metropolitana, fenomeno che nella maggioranza dei casi va affermandosi nelle zone periferiche. Esso, denominato anche *città diffusa*, rappresenta un caso emblematico di frantumazione paesaggistica: un "mostro" urbanistico con caratteristiche metropolitane ma che fagocita migliaia di ettari di terreno (fig. 10).
- le *villette a schiera*, ovvero ciò che lo scrittore Asor Rosa chiama lo "svillettare" ovvero l'edificazione di abitazioni con moduli costruttivi avulsi dal contesto e denominato delle "villette a schiera" (fig. 11). Un caso eclatante è rappresentato da Monticchiello (Siena) in Val d'Orcia, patrimonio Unesco, in cui sono state costruite seconde case in un ambiente di altissimo valore paesaggistico.
- le *aree della logistica*. È l'occupazione di aree enormi impermeabilizzate. Tonnellate di cemento, di asfalto, di strutture metalliche che

sottraggono territorio ed hanno un altissimo impatto visivo sul paesaggio (fig. 12). Citiamo l'interporto "Vespucci" (Livorno) 2.800.000 mq, mai completamente decollato e "Sviluppo Navicelli" (Pisa) 460.000 mq. Tutti esempi di suolo sigillato dal calcestruzzo.

I fenomeni sopra citati mostrano il grande problema della cementificazione. Difatti in Italia, nell'ultimo decennio del XX secolo le costruzioni hanno sottratto all'agricoltura circa 2 milioni e 800 mila ettari di suolo (fonte Eurostat). Ogni anno si consumano 100 mila ettari di campagna e l'Italia rappresenta il primo Paese d'Europa per disponibilità di abitazioni: su 26 milioni di abitazioni, il 20% non sono occupate (fonte: Eurostat). Ma si continua inesorabilmente a costruire. Intanto anche in Toscana si osserva un intol-

	1996			2007			Differenza	
	Ha	% sul tot reg	Aree urb=100	2007 ha	% sul tot reg	Aree urb=100	Ha	%
Zone urbanizzate di tipo residenziale a tessuto continuo	4.292	0,19	2,79	4.416	0,19	2,59	124	2,89
Zone residenziali a tessuto discontinuo	43.208	1,88	28,07	46.808	2,04	27,47	3.600	8,33
Tessuto residenziale rado (case sparse)	33.860	1,47	22	37.028	1,61	21,73	3.168	9,36
Aree industriali, commerciali e dei servizi pubblici e privati	19.312	0,84	12,55	23.756	1,03	13,94	4.444	23,01
Reti stradali, ferrovie e infrastrutture tecniche	33.744	1,47	21,92	35.544	1,55	20,86	1.800	5,33
Aree portuali	480	0,02	0,31	504	0,02	0,3	24	5
Aeroporti	1.024	0,04	0,67	1.056	0,05	0,62	32	3,13
Aree estrattive	3.548	0,15	2,31	4.544	0,2	2,67	996	28,07
Discariche	256	0,01	0,17	312	0,01	0,18	56	21,88
Cantieri- edifici in costruzione	2.680	0,12	1,74	3.196	0,14	1,88	516	19,25
Aree verdi urbane	5.528	0,24	3,59	5.940	0,26	3,49	412	7,45
Aree ricreative e sportive	5.240	0,23	3,4	6.460	0,28	3,79	1.220	23,28
Aree verdi in abbandono	748	0,03	0,49	828	0,04	0,49	80	10,7
TOTALE	153.920	6,7	100	170.392	7,41	100	16.472	10,7

Fonte: elaborazioni su dati Servizio geografico regionale

Figura 13: Territori urbanizzati in Toscana. 1996-2007. Valori in ettari, % e indice /aree urbanizzate = 100).

lerabile consumo di suolo che arriva ad essere 3 volte rispetto alla media nazionale (fig. 13). Abbiamo costruito periferie senza forma, senza storia, senza alcun criterio estetico. Immense, desolate e spesso disumane periferie dove appunto non vi è quasi niente di bello. Come in un profetico dipinto di Boccioni, *La città che sale* (1910), la città ha “divorato” l’“altrove”, lo spazio rurale, la campagna. La potenza distruttrice dell’urbanizzazione ‘selvaggia’ travolge inesorabilmente, come un cavallo furioso e impazzito, tutto ciò che si trova davanti.

A questi fenomeni si devono aggiungere nuovi modelli economici che impongono al paesaggio rurale tradizionale il loro pesante tributo:

- Il *loisir* inteso come nuova tipologia di vendita e di distribuzione commerciale; immense aree che divorano milioni di metri quadri alle attività agricole. Ne è un esempio il “classico” modello di capannoni prefabbricati in un contesto di paesaggio rurale tradizionale di altissimo valore. Ogni piccolo Comune agogna il “suo pezzetto di progresso”, che non ha alcun radicamento alla storia e alla cultura del luogo. È interessante notare l’importazione di modelli architettonici urbani, nel contesto agrario, avulsi e impattanti soprattutto dal punto di vista visivo (fig. 14).



Figura 14: Nuova tipologia di vendita e distribuzione commerciale ad alto impatto ambientale: consumo di suolo ed inquinamento visivo.



Figura 15: Tipica discarica inserita in un contesto di elevato valore paesaggistico.

- Le *discariche*, ovvero il riversamento di migliaia di tonnellate di rifiuti, sul paesaggio rurale. Attività che portano l'immissione di sostanze chimiche dannose all'equilibrio ecosistemico (inquinamento dei suoli). A ciò si aggiunge, oltre al danno fisico-chimico, quello all'agricoltura, all'immagine del paesaggio e alle correlate attività turistiche. Infine, queste operazioni, se non gestite correttamente, possono costituire un problema sociale che può sfociare nella forma di proteste degli agricoltori ma anche delle comunità locali (fenomeno Nimby) (fig. 15).
- La *produzione di energia* sotto forma di enormi estensioni di coltivazioni a colza (fig. 16) o a girasole per la produzione di biodiesel sottratte alla coltivazione per alimentazione; impattanti poi, dal punto di vista visivo, i mega-impianti eolici per la produzione di energia elettrica ed, ultimo caso ancora irrisolto, quello delle solar-farm inserite in contesti ad altissimo valore paesaggistico.



Figura 16: Coltivazione di colza per utilizzazioni energetiche

4. La resistenza alle trasformazioni economiche può essere anche sociale

La tutela dell'ambiente, secondo i più recenti sondaggi europei e italiani, rappresenta un valore condiviso da più del 65% degli intervistati, con punte dell'87-90% in alcuni paesi del nord Europa¹. Questo valore, questo ancora generico «affetto» della gente per il proprio mondo, per la natura, l'aria, l'acqua e il cielo, appare come l'ultimo fondamento ideale in grado di contrastare efficacemente il fenomeno della smania irrazionalistica di arricchimento individuale, ovvero il consumismo, con tutte le rovinose conseguenze che esso comporta sul piano ambientale e so-

ciale. Fare una politica centrata sull'ambiente equivale ad attuare una politica tendente ad una possibile e valida trasformazione dell'economia. Dal modello economico neoliberalista, basato sulla produzione selvaggia e sull'induzione di un patologico «bisogno» di possesso di oggetti inutili, ad un'economia mirante al bene collettivo e alla salvaguardia delle risorse.

Sappiamo che le realtà, naturali o antropiche che siano, vengono interiorizzate dalla collettività che le vive: da un lato gli individui ricorrono a norme, valori, istituzioni che fanno parte del mondo a cui appartengono e che vengono continuamente trasformate, dall'altro queste stesse realtà sono presenti nel mondo soggettivo costituito dagli elementi affettivi, emozionali, inconsci.

Una di queste è sicuramente l'attaccamento affettivo ai luoghi – topofilia – che assume uno speciale significato per la vita della comunità, non foss'altro perché “palcoscenico” in cui si svolge gran parte della storia degli individui che lo “calcano”. Luoghi, immagini, sensazioni che si fissano nella memoria e che costituiscono un patrimonio personale unico. Il radicamento al territorio, il *riconoscimento* di precise strutture o di paesaggi, siano essi urbani, marini o rurali, rappresenta un elemento fondante della storia individuale e di riferimento essenziale per l'identità di ciascuno di noi. Esso è rafforzato dalle *invarianti* intese come elementi costanti, indeformabili, inalterabili che danno quel senso di stabilità necessario alla costruzione dell'identità, del gruppo e dei singoli che lo compongono. Senza questa premessa non è possibile spiegare e comprendere la resistenza delle popolazioni ai progetti di trasformazione territoriale.

Si pensi, ad esempio, agli effetti Nimby (*Sos consorzio agrario di Campiglia*). Gli esempi descritti mostrano che l'economia non produce più il territorio, ma lo usa semplicemente. E il territorio è sempre meno luogo fruibile per altre funzioni che non siano quella produttiva e monetaria. Il prodotto che ne deriva è un errore eclatante: il *pout-pourri* di elementi appartenenti a paesaggi diversi (casualità) in uno stesso contesto paesaggistico. In poche parole, negli ultimi anni si registra una perdita di identità e singolarità dei luoghi dovuta ad un *format* standardizzato degli interventi sul territorio, frequentemente scevro da una solida aderenza al territorio medesimo. Se infatti il paesaggio

“parla” un linguaggio, oggi assistiamo ad una babelicità di linguaggi diversi appartenenti ad uno stesso luogo. Questo problema di mancanza di intelleggibilità ma anche di codificabilità sta alla base di quello stato di malessere, più volte rammentato, che il paesaggio babelico provoca. Si tratta di un “effetto fatica”, cioè la sensazione di spossatezza ma anche di irritazione che l’individuo sperimenta, provocato da uno stimolo sensoriale visivo che non trasmette informazioni utilizzabili, ma che tuttavia richiede, da parte del soggetto, un particolare sforzo di attenzione, proprio per riconoscere ed ordinare questa sua mancanza di contenuto semantico. L’origine di tale abnorme condizione, può esser fatta risalire alla forza delle frammentazioni sociali, politiche, culturali tipiche di una società – quale è la nostra – divisa, disordinata e mal governabile. Una società complessa, non olistica, che proprio perciò avrebbe dovuto essere tenuta insieme da una forza catalizzatrice – quella politica appunto – che non è stata invece in grado di operare al di fuori di ogni superiore contingenza ideale, di rispetto dei valori acquisiti, divenendo così pesantemente responsabile dei nostri paesaggi, tra i peggiori paesaggi possibili se si considerano le disgiunzioni, gli scollamenti operati tra ieri e oggi, tra cultura ed economia (Turri, 1998). Si possono operare cambiamenti economici nel rispetto dei valori ambientali, storico-culturali dei paesaggi rurali tradizionali? Probabilmente sì. Per esempio mediante forme di turismo compatibile (agriturismo o turismo diffuso) connesso con sistemi produttivi compatibili (agricoltura biologica), la valorizzazione del preesistente e delle emergenze architettoniche testimoniali, la coltivazione di prodotti tradizionali con tecniche moderne (es. zafferano, farro, frutti antichi etc...).

Alcune considerazioni finali

In Italia è mancata una cultura del paesaggio. È necessario recuperare e valorizzare l’elemento percettivo e sensoriale del paesaggio. Talvolta l’esasperata oggettivazione della realtà si lascia sfuggire l’aspetto psico-emotivo ed affettivo che l’ambiente fisico può evocare. Il paesaggio rurale tradizionale è un bene collettivo prezioso che noi italiani possediamo ed è una delle principali fonti di turismo, uno dei motori economici più

importanti del Paese e come tale va trattato. L’integrazione degli elementi dello spazio percettivo produce reazioni psichico-umoral di benessere, armonia, vivacità, godimento estetico. Al contrario l’omologazione, la ripetizione di forme e modelli architettonici come quelli realizzati nelle periferie suburbane o nelle aree commerciali/industriali “gettate” nel contesto rurale producono reazioni di insicurezza, stati d’ansia, alterazioni del tono dell’umore ovvero ciò che noi designiamo come “luoghi del malessere”. Il paesaggio rurale richiama all’importanza nell’uso del suolo, una delle basi fondamentali della vita e della produzione alimentare per tutta l’umanità. L’intervento antropico, se non oculato, può causare l’esaurimento della ricchezza biochimica del suolo e della sua “bellezza”. Questo vale soprattutto in Toscana dove il turismo rappresenta una voce importantissima nell’economia. Se difatti continuiamo a distruggere il paesaggio, cosa verranno a vedere i turisti in Toscana?

Note

¹ Per paesaggi emozionali si intendono quei paesaggi che possono essere raccontati dalla letteratura e dall’arte (Gregori, 2009).

² A titolo esemplificativo, si pensi ai recenti fenomeni delle Banlieu parigine ma anche ai problemi sociali osservabili in strutture come il Corviale a Roma, lo Zen di Palermo, le Vele di Scampia a Napoli, il Pilastro a Bologna, il Cep a Genova, Barriera Milano a Torino, il Rozzano di Milano: tutti mega-dormitori e temibili serbatoi di degrado e di disperazione assimilabili agli esempi sopra citati.

³ Fonte: Eurobarometro, in http://ec.europa.eu/public_opinion/index_en.htm

Avvertenza

Le fotografie pubblicate nel presente articolo sono esclusivamente a titolo esemplificativo e per tale motivo vengono omesse le località specifiche quando non strettamente necessario. Esse, infatti, non hanno un valore esclusivo in quanto il fenomeno dell’inquinamento paesaggistico, purtroppo, può essere rilevato in qualunque luogo del nostro Paese.

L'autore ringrazia i proprietari delle foto riprodotte per la concessione dei diritti di riproduzione. Si scusa per eventuali omissioni o errori di citazione. Si dichiara a disposizione degli aventi diritto in caso di cortese segnalazione.

Riferimenti bibliografici

- Bandura A., Walters R., *Social Learning and Personality Development*, New York, Holt, 1964.
- Barocchi R., *Cos'è il paesaggio*, 2005 in www.il-paesaggio.it
- Baron R., Byrne D., Kantowitz B., *Psicologia, comprendere il comportamento*, Padova, Piccin, 1982.
- Bianchi A., Di Giovanni P., *Uomini e Società*, Paravia, 2000.
- Campanella N., *Roma, nuovo Corviale: miti, utopie, valutazioni*, Roma, Bulzoni, 1995.
- Castiglione B., *Il progetto 3KCL: un'esperienza di educazione al paesaggio*, in Atti del Convegno "Montello", Karstic Cultural Landscapes, ed. Museo di Storia naturale e Archeologia, Montebelluna, VI, 2005.
- De Lucia V., *Che cos'è una città*, intervista rilasciata a Enciclopedia Multimediale delle Scienze Filosofiche, Archivi Rai, in www.emsf.rai.it, 18 marzo 1999.
- De Vecchis G., *Il paesaggio nell'insegnamento geografico ieri, oggi e domani*, in Atti del Convegno «Il paesaggio vicino a noi educazione, consapevolezza, responsabilità», Padova, 2006, in www.aiig.it
- DSM IV, *Manuale Diagnostico Statistico dei Disturbi Mentali*, Milano, Masson, 1997.
- Falchero S., *Aspetti psicologici del paesaggio e contesto culturale*, in Zerbi M. C., *Il paesaggio rurale: un approccio patrimoniale*, Torino, Giappichelli, 2007.
- Finotto F., *La multifunzionalità dell'agricoltura*, in Atti del convegno «Il paesaggio rurale: memoria e sviluppo», Torino, aprile 2004, in http://www.unifi.it/ri-vista/02ri/02r_finotto.html.
- Frank L. K., *Projective methods for the study of personality*, Journal of Psychology, n° 389, 1935.
- French J., Rogers W., Cobb S., *A model of person-environment fit*, in Levi L., *Society, stress and disease, vol.5: Aging and old age*, Oxford, Oxford University Press, 1981.
- Gallo Barbisio C., *L'arte della cura e il paesaggio*, in Zerbi M. C., *Il paesaggio rurale: un approccio patrimoniale*, Torino, Giappichelli, 2007.
- George F. H., *The Brain As A Computer*, USA, Addison-Wesley Publishing Company, 1962.
- Gregori L., "Paesaggi emozionali e della letteratura e dell'arte: Dante, Giotto, "il Perugino"...", in Persi P., *Territori contesi. Campi del sapere, identità locali, istituzioni, progettualità paesaggistica*, Atti del IV Convegno Internazionale Beni Culturali, Pollenza 2008, Urbino, Istituto Interfacoltà di Geografia Università degli Studi di Urbino, 2009, pp. 511-516.
- Gregori L., *Paesaggi emozionali e della letteratura e dell'arte: Dante, Giotto, "il Perugino"....*, in Persi P., *Territori contesi. Campi del sapere, identità locali, istituzioni, progettualità paesaggistica* in «Atti del IV Convegno Internazionale Beni Culturali», Pollenza 2008, Urbino, Istituto Interfacoltà di Geografia Università degli Studi di Urbino, 2009, pp. 511-516.
- Guarrasi V. (a cura di), *Paesaggi virtuali*, Palermo, Laboratorio Geografico dell'Università degli Studi di Palermo, 2002.
- Guarrasi V. (a cura di), *Paesaggi virtuali*, Palermo, Laboratorio Geografico dell'Università degli Studi di Palermo, 2002.
- Hall A.D., Fagen R.E., *Definition of system*, General system, 1956, pp. 18-28.
- Hull R.B., "Image congruity, place attachment and community design", *Journal of Architectural and Planning Research*, 9, 1992, pp. 181-192.
- Lennard H.L., Bernstein A., *The anatomy of psychotherapy*, Columbia University, N.J, 1960.
- Loth M.D. et Al, *Rapport initial sur les recherches effectuées sur le thème*, Bruit -Santé , Minist. Environnement, Collect Rech. Environn. n. 21, gen., 1983.
- Lynch K., *L'immagine della città*, Venezia, Marsilio, 2006.
- Malceveschi S., Zerbi M.C., *Ecosistema, paesaggio e territorio: tre prospettive complementari nel rapporto uomo-ambiente*, Roma, Società Geografica Italiana, 2005.
- Manzi E., a cura di, *Lucc. Paesaggio e Mediterraneo*, Roma, Società Geografica Italiana, 2006.
- Martin P.G., *Imagines Paradisi. Storia della percezione del paesaggio nell'europa moderna*, Roma, Società Geografica Italiana, 2005.
- Menditto M., *Comunicazione e relazione*, Trento, Erickson, 2008.
- Mezzetti C., Santuccio S., *By car: Paesaggio*

- strada, in *Degrado del paesaggio e complessità territoriale*, «Atti del convegno internazionale di studi», Rimini 26-27 Novembre, 2004.
- Milgram S., *Experience of Living in Cities*, in «Science», 1970, 167, pp. 1461-1468.
- Passamani Bonomi I., *Analisi del Paesaggio in un percorso didattico a Ingegneria (Brescia). Da una innovativa lettura del bene "paesaggio" ad una proposta integrata di rappresentazione ai fini del recupero ambientale*, in Atti del Convegno «Restauro del paesaggio e sostenibilità», Rimini, 2005, Firenze, Alinea, 2006.
- Pazzagli R, a cura di, *Il paesaggio della Toscana tra storia e tutela*, Pisa, ETS, 2008.
- Pizziolo G., *Il "paesaggio partecipato" secondo la Convenzione Europea del Paesaggio: uno strumento progettuale stimolante*, 2010 articolo originale in <http://www.urba.unifi.it>
- Rainwater L., *Fear and the House-As-Haven in the Lower Class*, in «Journal of the American Institute of Planners», 1966, 32, pp. 23-31.
- Rognini P., (a cura di), *La vista offesa*, Milano, FrancoAngeli, 2008.
- Rognini P., *L'inquinamento visivo*, in «L'Universo», 86, 2006, n. 4, pp. 488-514.
- Rognini P., *Rapporto Uomo-Territorio: il fenomeno Nimby e le strategie di intervento*, in «Ambiente, Società, Territorio», 54, 2009 (a), n. 3-4, pp.18-22.
- Rognini P., Relazione al convegno *Progettare il futuro*, Bologna, 12 settembre 2009 (b).
- Scherer K. et Al, *Aggressività umana e conflitto*, Bologna, Zanichelli, 1981, pp. 241-242.
- Selye H. *Sindrome generale da adattamento*, «Nature», London 138, 32, 4.VII.1936.
- Serafino L., *Il paesaggio criminogeno*, in «Bollettino della Società Geografica Italiana», 13, 2008, n. 4, pp. 887-896.
- Sereni E., *Storia del paesaggio agrario italiano*, Bari, Laterza, 1961.
- Turri E., *Antropologia del paesaggio*, Edizioni di Comunità, Milano 1983.
- Turri E., *Il paesaggio come teatro*, Venezia, Marsilio, 1998.
- Turri E., *Semiologia del paesaggio italiano*, Longanesi, Milano 1979.
- Turri E., *Semiologia del paesaggio italiano*, Longanesi, Milano 1979.
- Vecchio B., *Il paesaggio nella comunicazione e nel progetto: l'esperienza di un geografo*, in «Restauro del paesaggio e sostenibilità, Atti del convegno di studi», Rimini 9-11 Giugno, 2005.
- Vecchio B., *Il Paesaggio nella geografia italiana del dopoguerra*, in Guarrasi V. (a cura di), *Paesaggi virtuali*, Palermo, Laboratorio Geografico dell'Università degli Studi di Palermo, 2002.
- Vecchio B., *L'esperienza del Museo del paesaggio senese*, in «Rivista geografica italiana», 1997, n. 104, pp. 475-506.
- Vecchio B., *L'esperienza del Museo del paesaggio senese*, in «Rivista geografica italiana», 1997, n. 104, pp. 475-506.
- Wertheimer M., *Productive thinking*, New York, Harper & Row , 1959 (trad. it. Firenze, Giunti Barbera, 1965).
- Wilson J., Kelling G. L., *Broken window*, Washington, The Atlantic, March, 1982.
- Wylie J., *Landscape*. Londra, Routledge, 2007.
- Zerbi M.C., (a cura di), *Il paesaggio rurale: un approccio patrimoniale*, Torino, Giappichelli, 2007.

La difesa del litorale toscano: dalle opere rigide agli interventi morbidi

Enzo Pranzini*

Parole chiave: Erosione costiera, difesa dei litorali, ripascimenti artificiali, gestione della fascia costiera, innalzamento del livello marino

L'erosione delle spiagge toscane, dovuta alla riduzione dell'input sedimentario, è iniziata nella seconda metà dell'800 alla foce dei fiumi maggiori e si è espansa progressivamente alle spiagge laterali. Alcune opere portuali, e successivamente le prime difese costiere, hanno incrementato questo fenomeno e determinato una proliferazione delle scogliere lungo una parte consistente del litorale. Oggi la costa toscana è un campionario delle varie tipologie difensive, dalle scogliere parallele emerse e soffolte, ai pennelli e ai setti sommersi, opere talvolta accompagnate da ripascimenti artificiali effettuati con sabbia o ghiaia.

Il Piano Regionale di gestione integrata della costa ha messo a disposizione le risorse per nuovi progetti, che privilegiano la riduzione delle scogliere emerse e l'impiego di sabbie sottomarine per i ripascimenti artificiali. Sempre nell'ambito del Piano, sono state fatte ricerche sulla piattaforma continentale per l'identificazione, la mappatura e la caratterizzazione di sedimenti idonei a tale scopo, nonché indagini sugli eventuali impatti connessi con la loro estrazione.

In alcuni casi si è deciso di non contrastare in modo drastico l'erosione, ma attuare misure di mitigazione e accettare un arretramento pilotato della linea di riva. Gli scenari futuri, connessi con l'innalzamento del livello marino e con l'impossibilità di accedere a risorse infinite per il ripascimento delle spiagge, impongono una nuova visione di come la costa potrà supportare le attività turistico-balneari.

Introduzione

Il processo erosivo che colpisce una parte consistente della costa toscana è un fenomeno "geologicamente" recente, dato che i primi segnali rilevabili dal confronto della cartografia storica sono databili alla seconda metà dell'ottocento [1].

Fino a quel momento le spiagge, e le pianure costiere di cui i litorali sono il margine a mare, avevano goduto di un lungo periodo di accrezione, dovuto al forte apporto sedimentario dei fiumi che drenavano un territorio soggetto ad un continuo disboscamento. Questo fenomeno è particolarmente evidente nei delta dell'Arno [2] e dell'Ombrone [3], i cui cordoni dunari consen-

tono di ricostruirne, ed in parte datarne, le varie fasi di formazione. La stretta relazione fra uso del suolo nei bacini idrografici ed evoluzione del litorale la si ritrova in due momenti di erosione dei delta, il primo connesso alla "reazione selvosa" che caratterizzò il territorio italiano dopo la caduta dell'impero romano [4]; il secondo dovuto alla peste nera, che fra il '300 e il '400 portò ad una riduzione del 50% della popolazione toscana [5].

Dalla seconda metà dell'800 ad oggi, l'abbandono delle campagne, gli interventi di bonifica delle paludi costiere, la costruzione di dighe, la stabilizzazione dei versanti e le escavazioni negli alvei fluviali hanno drasticamente ridotto l'input sedimentario ai litorali [6].

Lo studio delle fasi iniziali del processo erosivo si è avvalso di una ricca documentazione cartografica e i fenomeni più intensi (Fig. 1) appaiono già dal confronto fra le varie edizioni delle carte (Fogli in scala 1:100.000 e Tavole in scala 1:25.000) dell'Istituto Geografico Militare, la cui prima levata sulla costa toscana avviene fra il 1878 e il 1883. Mentre gli antichi eventi erosivi avevano trovato un litorale completamente disabitato, alla fine dell'800 era già iniziato quel flusso migratorio che ancor oggi vede nelle fasce costiere le aree di massimo incremento demografico. Inoltre, si stava sviluppando la rete stradale e ferroviaria, che in un territorio montuoso, quale è quello della penisola italiana, trova nelle coste le condizioni più favorevoli di sviluppo.

È così che si rese necessario intervenire subito in difesa degli abitati e delle infrastrutture attaccate dalle onde. Il fenomeno divenne così grave che il 4 Luglio 1907 fu emanata la *Legge per la difesa degli abitati dall'erosione marina*, dando l'avvio a quell'attività di progettazione e di realizzazione di scogliere che ha caratterizzato per

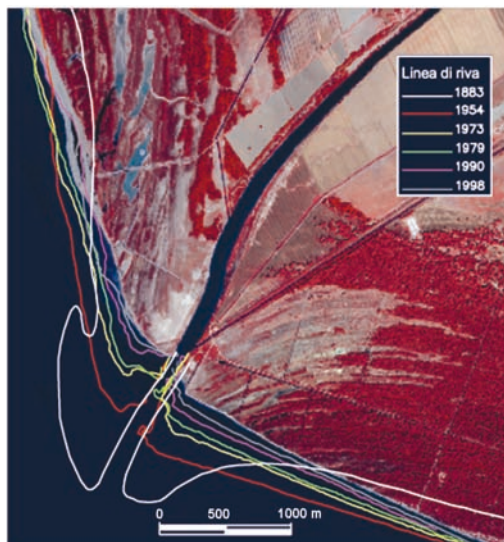


Figura 1: Evoluzione della linea di riva sul delta dell'Ombrone fra il 1883 (cartografia I:G.M) e il 2005 (Immagine Landsat TM); le linee di riva intermedie derivano da fotorestituzione o da rilievi diretti.



Figura 2: Le difese costiere di Marina di Pisa, eredi delle prime opere realizzate sul litorale toscano.

quasi un secolo l'operato del Genio Civile Opere Marittime. In quegli anni, però, le spiagge non svolgevano quel ruolo sociale ed economico che le avrebbe caratterizzate da lì a pochi decenni e la difesa dei litorali fu perseguita senza preoccuparsi se la spiaggia spariva davanti al centro abitato e nei settori costieri adiacenti. Alcune delle opere che difendono ancor oggi il litorale toscano datano appunto a quegli anni, anche se sono state poi ristrutturate o affiancate da altre scogliere (Fig. 2).

Un primo riferimento completo per tutto il litorale toscano, e di accuratezza sufficiente a consentire l'osservazione di spostamenti della linea di riva di minore entità, lo abbiamo nel 1954, quando tutta la costa fu ripresa dal volo aerofotogrammetrico GAI. L'erosione aveva già asportato due lobi prominenti in mare per circa 500 m a Bocca d'Ombrone (Fig. 1) e una cuspidè lunga circa 1 km sul lobo settentrionale del delta dell'Arno, mentre quello meridionale risultava già pesantemente difeso da opere di vario tipo. Le strutture realizzate per la protezione dei litorali consistevano allora in scogliere aderenti e parallele, laddove l'interesse alla

gli autori

* Dipartimento di Scienze della Terra dell'Università di Firenze

spiaggia era minore, mentre vi erano i pennelli nei tratti costieri sfruttati dal turismo balneare, anche se in alcuni di questi tratti l'intensità del fenomeno aveva già imposto la realizzazione di opere aderenti, determinando la scomparsa della spiaggia.

Queste opere sono state pesantemente criticate negli ultimi anni in quanto hanno determinato la propagazione dell'erosione sulle spiagge poste sottoflutto, il più delle volte senza risolvere il problema locale; la proliferazione delle difese nei tratti posti sottoflutto è stato spesso l'unico risultato ottenuto.



Figura 3: Marina di Massa: sistema di difesa basato su celle costituite da pennelli uniti all'estremità da una scogliera soffolta.

I tratti costieri più intensamente difesi erano quelli di Marina di Carrara, a sud del porto, e di Marina di Pisa; nel primo caso siamo giunti ad avere 1.8 chilometri di scogliere per ogni chilometro di costa (Fig. 3), mentre a Marina di Pisa questo valore è arrivato a 2.3.

Alcune opere di protezione nascono anche in località in cui la difesa dell'abitato non era certo da chiamare in causa, come è avvenuto sulla spiaggia del Gombo, dove per la difesa della spiaggia antistante la Villa Presidenziale furono costruite, fra il 1961 e il 1965, cinque scogliere parallele. Queste incrementarono il tasso erosivo del tratto posto sopraflutto e, dopo un loro rifiorimento degli anni '80, arrivarono a collegarsi a terra con quattro tomboli che finirono con l'intercettare quasi tutto il trasporto litoraneo [7]. Anche nel Golfo di Follonica furono costruite scogliere in difesa di alcuni insediamenti turistici edificati sulle dune (Fig. 4), scogliere che richiamarono la sabbia dai settori adiacenti determinando l'espansione del fenomeno erosivo [8].

Vi sono comunque anche alcuni tratti di litorale che mantengono quella progredazione che li aveva caratterizzati nei secoli precedenti, come quelli posti lateralmente alle foci fluviali. La differenza è che, mentre prima l'espansione delle spiagge avveniva grazie ai sedimenti portati dal fiume, ora è garantita solo dalla sabbia erosa nei settori più prossimi alla foce; è così che avanzavano le spiagge di Vecchiano e Tirrenia, sui due lati del delta dell'Arno, e di Mari-



Figura 4: Scogliere parallele costruite su di un affioramento di beach rock nel Golfo di Follonica a protezione di un villaggio turistico edificato sulla duna (Volo Provincia di Livorno).

na di Grosseto e Collelungo, adiacenti a Bocca d'Ombrone. Altre spiagge si accrescevano grazie all'interruzione del trasporto litoraneo esercitato dalle strutture portuali, come avveniva a Marina di Carrara e a Viareggio. Nel primo caso la costruzione del porto iniziò nel 1920, quando l'erosione - partita da Bocca di Magra - stava raggiungendo proprio Marina di Carrara: il molo di sopraflutto intercettò i sedimenti in transito determinando l'inversione del processo e la formazione di un'ampia spiaggia, ma incrementando l'intensità del fenomeno erosivo sulle spiagge poste sottoflutto. Negli anni '70 fu messo in funzione un sistema di refluito in grado di trasferire circa 100 m³/ora di sabbia dalla spiaggia settentrionale a quella meridionale [9], ma il suo funzionamento discontinuo e il suo successivo abbandono impedirono anche di rendere evidente che il problema dell'erosione della spiaggia di Marina di Massa era assai più grave di quanto non potesse essere attribuito all'effetto del porto, ancor oggi indicato quale il principale responsabile della scomparsa delle spiagge meridionali.

La storia del porto di Viareggio è per certi aspetti simile, anche se la conclusione è diametralmente opposta: la sua origine è assai più lontana nel tempo e la crescita è avvenuta per espansioni graduali, ma anche qui all'inizio degli anni '70 fu realizzato un impianto di refluito, dato che la spiaggia posta a nord del porto (sottoflutto) era entrata in erosione. La spiaggia meridionale continuò però ad accrescersi così tanto da raggiungere l'apice della diga foranea e consentire alla sabbia di fluire naturalmente verso nord, rendendo inutile l'impianto di by-pass.

Analizzando la costa toscana nel suo insieme (Tab. 1) e considerando stabili le spiagge per le quali sono stati misurati arretramenti inferiori a 2 m, si osserva che dal 1954 al 1973 la linea di

riva arretra su 87.3 km (44.45%), valore che si riduce a 85.3 km (43.7%) nel 1984, grazie anche alla realizzazione di numerose opere di difesa. Alcune di queste presentano carattere innovativo, come le scogliere sommerse di Marina di Massa, mentre poco più a nord, a Bocca di Magra, in territorio ligure, vengono realizzate le prime piattaforme isola per arginare l'erosione indotta dall'escavazione di inerti nell'alveo fluviale.

La relazione fra questa attività e l'erosione delle spiagge diveniva via via più evidente, grazie anche agli studi effettuati nell'ambito del Programma Speciale "Regime e Dinamica dei Litorali" finanziato dal C.N.R., confluito poi nel Progetto Finalizzato Difesa del Suolo, che sul litorale toscano aveva una delle Aree Campione [10].

Questi studi, ed altri promossi dalle amministrazioni locali toscane, portarono al divieto di estrazione di inerti in alcuni tratti degli alvei fluviali, divieto poi esteso a livello regionale. A trent'anni di distanza queste decisioni cominciano a produrre i loro effetti e alcuni fiumi hanno iniziato a riportare un po' di materiali alla foce.

Contemporaneamente si evolvono le tecniche di difesa e alcuni interventi realizzati all'inizio degli anni '90 vedono l'impiego di setti sommersi, pur in estensione di pennelli tradizionali, a Cecina Mare [11] e alle Gorette [12]. Il primo setto completamente sommerso viene realizzato, in via sperimentale, a Marina di Ronchi nel 1999 [14], seguito da altri tre costruiti negli anni successivi sullo stesso tratto di litorale. I risultati vengono giudicati positivi, dato che viene interrotto un trend erosivo che faceva arretrare la spiaggia ad un tasso di 4 metri all'anno; ciò ha suggerito una riduzione delle opere emerse a Marina di Massa, dove, come abbiamo visto, un litorale sabbioso era stato trasformato in una costa rocciosa.

I ripascimenti artificiali, se si escludono i modesti versamenti fatti dagli operatori turistici, vengono attuati in Toscana con un certo ritardo rispetto a quanto è avvenuto in altre regioni, come in Veneto, Lazio ed Emilia Romagna, e accompagnano proprio la costruzione delle nuove strutture (Cecina e Marina di Massa). Recentemente il ripascimento dei litorali ha

Tabella 1: Lunghezza e percentuale delle spiagge toscane in erosione nei vari periodi.

	1954 - 1973	1973 - 1984	1984 - 2005	1954 - 2005
km	87,260	85,254	80,178	95,198
%	44,4	43,7	41,1	48,4

consentito la realizzazione di spiagge di ghiaia in contesti in cui le spiagge in sabbia non sarebbero state stabili per l'elevata energia del moto ondoso a riva conseguente all'approfondimento dei fondali antistanti ad opere riflettenti, come a Marina di Pisa [15] (Fig. 5), o dove non si è ritenuto opportuno costruire pesanti opere di contenimento, come a Punta del Tesorino.



Figura 5: Marina di Pisa: spiaggia in ghiaia realizzata congiuntamente all'abbassamento delle scogliere parallele.

Complessivamente circa 30.3 chilometri di litorale toscano risultano oggi difesi da opere di diversa tipologia (Fig. 6): scogliere aderenti (6.9 km), scogliere parallele (9.9 km), scogliere soffolte (5.4 km), pennelli (5.2 km) e setti sommersi (2.9 km). Sulle coste vi sono anche 4.6 km di pennelli di foce che, pur realizzati allo scopo di garantire il deflusso delle acque fluviali, esercitano lo stesso effetto delle opere di difesa ortogonali a costa. A queste strutture dobbiamo aggiungere 13.7 chilometri moli portuali realizzati sulle coste basse. Alcune di queste opere sono state capaci di limitare i processi erosivi, altre hanno fallito e richiedono un loro potenziamento o una sostituzione.

Nel calcolo delle opere marittime non entrano quelle strutture che, pur essendo presenti sulla spiaggia, non hanno la funzione diretta di difesa della costa, quali i muri di retta delle passeggiate a mare, il cui effetto in realtà è proprio l'opposto, ossia quello di trasformare un'erosione occasionale in una cronica. Esempi di questo tipo ne troviamo molti lungo la costa toscana e quasi tutti li ereditiamo da un tempo nel quale i loro effetti negativi non erano ancora ben conosciuti. Ciò che sorprende è che strutture simili siano state realizzate anche in anni recentissimi, come avvenuto a sud di San Vincenzo, dove al piede della

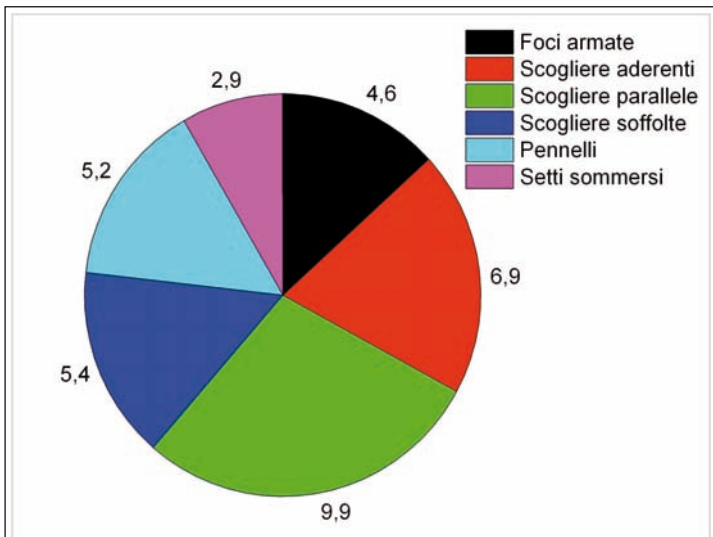


Figura 6: Lunghezza (km) dei tratti di litorale difesi con le varie opere.

Per i moli guardiani e i pennelli è stata considerata una lunghezza di spiaggia difesa pari alla lunghezza della struttura.

duna, su di una spiaggia ancora completamente naturale, è stata costruita una passeggiata su di un cordolo di calcestruzzo (Fig. 7).



Figura 7: Passeggiata recentemente costruita al piede della duna su di un tratto di spiaggia posto a sud di San Vincenzo.

Il confronto fra la linea di riva del 1984 con quella del 2005 mostra un'ulteriore leggera riduzione della lunghezza dei tratti in erosione, che scende infatti a 80.2 km, ossia il 41.1% dei circa 200 km di costa regionale (Tab. 1).

Nonostante ciò la costa toscana continua a perdere superficie esattamente come la perdeva decenni addietro; infatti il deficit areale è rima-

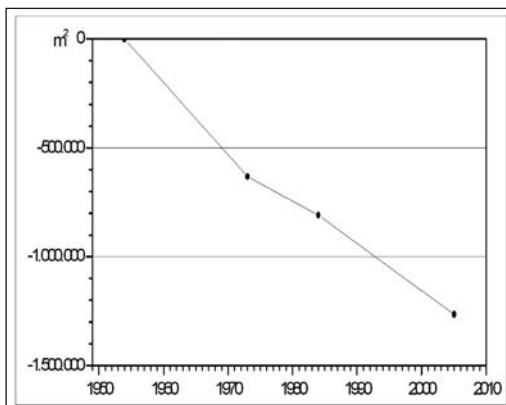


Figura 8: Superficie di spiaggia persa dal 1954 al 2005.

sto quasi costante dal periodo 1954 ÷ 1976 al periodo 1984 ÷ 2005, con circa 24.000 m²/anno (Fig. 8), l'equivalente di 6 campi da calcio.

Ovviamente ciò non significa automaticamente che tutte le difese attuate non abbiano sortito l'effetto sperato, ma è certo che mentre si sanava un tratto di litorale un altro entrava in erosione. Il dato più aggiornato, che tiene conto di tutti i rilievi più recenti, indica come il 35.1 % del litorale toscano sia da considerare oggi in erosione (Fig. 9) La riduzione del fenomeno erosivo che si ha dal 1984 ad oggi, non tanto in termini di superficie quanto di lunghezza delle spiagge interessate, può essere messa in relazione ai numerosi interventi di difesa realizzati e, in parte, al

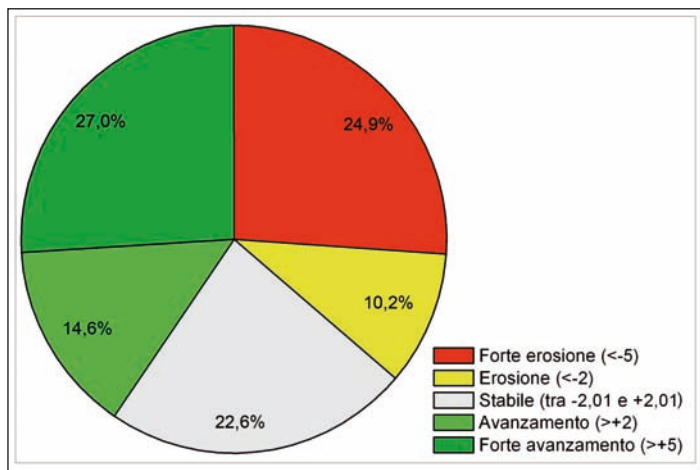


Figura 9: Tendenza evolutiva attuale del litorale toscano calcolata sulla base del confronto fra i rilievi più recenti (periodo medio di osservazione: circa 10 anni).

stinato a cambiare rapidamente, in quanto in numerosi tratti costieri è in corso, o di imminente realizzazione, la costruzione di nuove opere di difesa affiancata da consistenti ripascimenti artificiali. Ciò è possibile grazie ad un rilevante impegno finanziario della Regione Toscana, che ha destinato alla difesa dei litorali più di 100 milioni di euro [17].

Questa nuova fase nella lotta all'erosione dei litorali toscani vede la sperimentazione di nuove tecniche di difesa, come il drenaggio delle spiagge o l'impiego di nuovi moduli per la realizzazione di barriere sommerse, come previsto sul litorale pisano. In alcuni casi si tratta di progetti sperimentali, la cui efficacia deve essere ancora valutata a livello scientifico, come messo bene in evidenza da un "position paper" dell'American Shore & Beach Preservation Association [18].



Figura 12: Ubicazione e consistenza dei depositi di sabbie reperiti sulla piattaforma continentale della Toscana. La fascia gialla indica la parte di piattaforma emersa durante l'ultima fase glaciale (livello del mare a -130 m).

Molte saranno anche le opere realizzate in tubi di geotessuto riempiti di sabbia, analoghi a quelli da poco posizionati sui litorali di Marina di Massa, San Rossore e Capalbio (Fig. 11).

Uno degli obiettivi prioritari di tutti gli interventi è quello della riduzione delle scogliere emerse, per diminuire l'impatto paesaggistico delle difese e favorire il miglioramento della qualità delle acque di balneazione [14]. In altri casi, come a Baratti, Follonica e Punta Ala, la stabilizzazione della spiaggia avverrà attraverso la chiusura di solchi presenti sui fondali attraverso i quali si concentra la fuga di sabbia verso il largo; ovviamente, anche qui un ripascimento artificiale consentirà la realizzazione di una spiaggia di ampiezza sufficiente ad assorbire naturalmente le mareggiate maggiori.

Ma è proprio sulla ricerca di sedimenti idonei al ripascimento delle spiagge che si gioca la carta vincente per limitare, se non proprio scongiurare, l'erosione dei litorali. Data l'impossibilità di reperire sedimenti idonei ed in volumi opportuni nelle cave terrestri, se non altro per non fare lievitare enormemente i prezzi dei materiali da costruzione, l'unica risorsa possibile è quella dei sedimenti presenti sulla piattaforma continentale che formavano vecchie spiagge quando il livello del mare era più basso di quello attuale.

E' per questo che la Regione Toscana ha avviato un piano di ricerca di sedimenti in mare che ha portato all'identificazione di circa 141 milioni di m³ di sabbie e ghiaie (Fig. 12), che sono ora in fase di caratterizzazione per valutarne l'idoneità al ripascimento e i problemi eventualmente connessi al dragaggio [19].

Nonostante questa enorme disponibilità, si ritiene che sul lungo periodo non sia possibile difendere ad oltranza ogni singolo tratto di costa. Un intervento che prevede già una certa libertà per la linea di riva di arretrare è quello progettato nel Parco della Maremma, dove un argine marittimo verrà realizzato in posizione arretrata di circa 150 m rispetto alla linea di riva attuale, tratto che verrà interessato dalla costruzione di setti inizialmente interrati (Fig. 13): la loro graduale esumazione da parte del processo erosivo li trasformerà in setti sommersi, che rallenteranno sempre più l'arretramento della linea di riva. Si spera che nel tempo che il mare impiegherà per raggiungere l'argine verranno



1) Argine marittimo arretrato e setti interrati.



2) Parziale esumazione dei setti che rimangono comunque sommersi ed iniziano a rallentare il processo erosivo.



3) Posizione estrema della linea di riva ed entrata in funzione dell'argine.

Figura 13: Progetto di riallineamento della linea di riva sul lobo meridionale dell'Ombrone (Rendering: Nevio Danelon, DST-UNIFI).

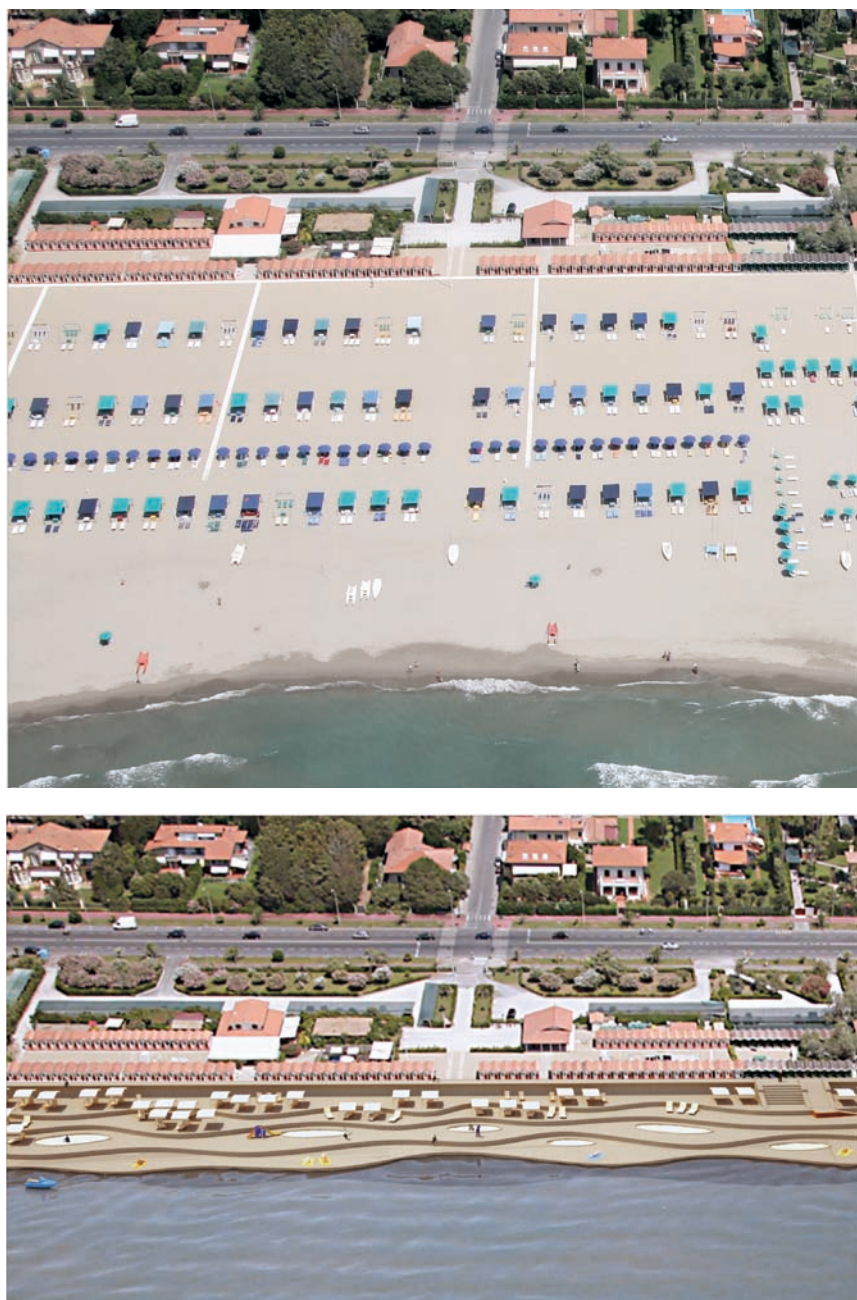


Figura 14: Un tratto della spiaggia di Forte dei Marmi nello stato attuale (in alto; volo Prov. Livorno) e una simulazione di come potrebbe essere trasformata per fare fronte all'innalzamento del livello del mare e alla mancanza di sabbia per il ripascimento (Grafica: Nevio Nanelon, DST-UNIFI).

intraprese azioni per ristabilire l'apporto sedimentario dell'Ombrone, tanto che l'argine non debba mai entrare in funzione.

Azioni di questo tipo sono possibili dove la fascia costiera è priva di infrastrutture, o dove queste sono facilmente delocalizzabili, ma nella gran parte dei casi l'attuale linea difensiva non può essere arretrata. Sarà quindi necessario cominciare a pensare a quale potrà essere il paesaggio costiero con un livello del mare più alto [20] e in assenza di spiagge, e a come l'industria turistica potrà garantirsi un futuro anche in queste condizioni.

Alcune simulazioni, che oggi appaiono fantascientifiche, vengono sviluppate presso il Dipartimento di Scienze della Terra dell'Università di Firenze (Fig. 14), non tanto nella convinzione che esse potranno essere adottate in futuro, quanto per sollecitare un dibattito sull'argomento e coinvolgere altri ricercatori, stakeholders ed amministrazioni locali in un percorso che prima verrà iniziato, migliori risultati potrà dare.

I duecento chilometri di spiagge toscane costituiscono infatti un patrimonio ambientale ed economico di eccezionale valore e la sua conservazione non sempre potrà consentire il mantenimento di entrambe queste componenti. In alcuni casi dovrà essere quella ambientale ad essere tutelata, accettando una perdita di redditività diretta; in altri, in particolare dove la costa è già intensamente antropizzata, sarà l'aspetto economico quello che indirizzerà le scelte. È comunque evidente che anche in quest'ultimo caso, dovendo rinunciare ad alcuni valori ambientali, sarà la componente paesaggistica a garantire la qualità dell'offerta turistica ed è per questo che molto sforzo dovrà essere fatto per inventare nuove spiagge e nuovi modi per viverle.

Bibliografia

- [1] D. Albani, A. Griselli, A. Mori, Ricerche sulle variazioni delle spiagge italiane II - Le spiagge toscane. Tipografia del Senato, Roma 1940, 155 pp.
- [2] E. Pranzini, Caratteristiche morfologiche e sedimentologiche di una zona di convergenza del trasporto litoraneo (Versilia, Toscana). Studi costieri, 2004, 8: 135-149.
- [3] L. Innocenti, E. Pranzini, Geomorphological evolution and sedimentology of the Ombrone River delta (Italy). *Journ. Coastal Research*, 1993, 9: 481-493.
- [4] F. Pratesi, Storia della natura d'Italia, Editori Riuniti, Roma 2001, pp. 248.
- [5] G. Pinto, 1982. La Toscana nel tardo medioevo. Sansoni editore, Firenze 1982, pp. 504.
- [6] E. Pranzini, Bilancio sedimentario ed evoluzione storica delle spiagge. *Il Quaternario* 1994, 7: 197-202.
- [7] D. Bowman, E. Pranzini, Reversed response within a segmented detached breakwater - the Gombo case, Tuscany coast, Italy. *Coastal Engineering*, 2003, 49: 263-274.
- [8] L.E. Cipriani, S. Ferri, G. Lami, E. Pranzini, Human impact on shoreline evolution along the Follonica Gulf (Southern Tuscany): how tourism may kill the goose that lays golden eggs. *Proc. 3rd Int. Conf. Management of Coastal Recreational Resources*, Grosseto, 27-30 Ott. 2010, pag. 52
- [9] T.W. Richardson, System for bypassing sand at coastal inlets. *Coastal Sediments '77*. ASCE, New York 1977, pp. 67-84.
- [10] C. Bartolini, E. Pranzini, Le alterazioni del bilancio sedimentario dei litorali toscani. *Convegno sulla Difesa del suolo*. Firenze, maggio 1979. 8 pp.
- [11] L.E. Cipriani, A. Dreoni, E. Pranzini, Nearshore morphological and sedimentological evolution induced by beach restoration: a case study. *Boll. Oceanol. Teor. e Appl.* 1992, 2/4: 279-295.
- [12] L.E. Cipriani, M. Montelatici, E. Pranzini, L'intervento di difesa e di ampliamento della spiaggia de Le Gorette (Livorno). In: *La difesa dei litorali in Italia*. Edizioni delle Autonomie, Roma 1993. pp. 85-102.
- [14] P. Aminti, C. Cammelli, L. Cappietti, N.L. Jackson, K.F. Nordstrom, E. Pranzini, Evaluation of Beach Response to Submerged Groin Construction at Marina di Ronchi, Italy, Using Field Data and a Numerical Simulation Model. *Journal of Coastal Research*, 2004, 33, 99-120.
- [15] P.L. Aminti, L.E. Cipriani, E. Pranzini E., 'Back to the beach': converting seawalls into gravel beaches. In *Soft Shore Protection, Coastal Systems and Continental Margins Volume 7*, C. Goudas et al (eds), Kluwer Academic Publishers, 2003, pp.261-274.
- [16] G. Anfuso, E. Pranzini, G. Vitale, An integrated approach to coastal erosion problems in

northern Tuscany (Italy): littoral morphological evolution and cells distribution. *Geomorphology*, 129: 204-214.

[17] M. Sargentini, M. Trambusti, L.E. Cipriani, F. Morelli, C. Regoli, Il Piano Regionale di gestione integrata della costa. In *Erosione costiera, Regione Toscana – Edifir, Firenze 2004*, pp. 176.

[18] ASBPA, Innovative erosion control devices. *Shore & Beach*, 2007, 75: 58-59.

[19] F.L. Chiocci, L.E. Cipriani, F. Falese, G.B. La Monica, Search and characterization of relict sand deposits on the Tuscany continental shelf for the artificial nourishment of eroding beaches. In (Eds. Pascucci V. and Andreucci S.) *Abstract book, 27th IAS Meeting of Sedimentology, Alghero, September 20-23, 2009*, p.106, Sassari, Italy.

[20] F. Antonioli, K. Lambeck, M. Anzidei, L. Ferranti, G. Leoni, G. Scicchitano, S. Silenzi, Sea Level Change Along the Italian Coast During the Holocene and Projections for the Future. In: Stocker T., Dahe Q., Plattner G-K., Tignor M., Allen S., Midgley P. (Eds.) “IPCC Workshop on Sea Level Rise and Ice Sheet instabilities” Kuala Lumpur, Malaysia, 21--24 June 2010.

Salute degli alberi in ambiente urbano e sicurezza del cittadino: studio di alcuni casi in Toscana

Giacomo Lorenzini, Cristina Nali e Elisa Pellegrini

Parole chiave: malattie piante, rischio di crollo, valutazione stabilità

La presenza di piante qualifica e nobilita il paesaggio urbano. In una città verde si vive meglio, a cominciare dagli aspetti microclimatici, per non trascurare quelli puramente estetici. Ma la vita degli alberi in ambiente antropizzato non è facile, a causa dei numerosi fattori ostili, di natura chimica, fisica e biologica. Spesso, anche in conseguenza di non corrette operazioni di manutenzione (potature in primo luogo), la loro salute è compromessa e viene messa in discussione la loro stabilità. La caduta di una pianta in foresta è un evento di norma senza alcuna conseguenza per gli esseri umani, ma lo stesso fenomeno in un contesto cittadino comporta per il “custode” (in senso giuridico) l’assunzione di gravissimi rischi di ordine penale e civile (ma anche morale). Occorre, pertanto, mettere a punto e realizzare adeguati protocolli per il monitoraggio delle condizioni delle nostre alberate, individuare le situazioni a rischio fitostatico ed intervenire, se necessario, anche con l’abbattimento. L’eliminazione di un soggetto malandato e pericoloso, da non considerarsi una sorta di tabù, deve essere un atto inserito in programmi integrati di riqualificazione urbanistica. Il coinvolgimento della cittadinanza e l’adozione di adeguati interventi di sostituzione consentono agli amministratori pubblici di operare nell’interesse della gente, senza necessariamente aggravare i costi di gestione. La relazione prende in esame le più aggiornate tecniche di valutazione della fitostabilità e descrive una serie di casi di particolare interesse analizzati dagli autori in Toscana. In conclusione, viene affrontata la problematica più generale della corretta manutenzione degli impianti arborei ornamentali.

Introduzione

Non vi è certo la necessità di sottolineare il fondamentale ruolo delle piante nel migliorare le caratteristiche di un paesaggio urbano. Esse, infatti, svolgono una serie di funzioni da cui la collettività trae benefici, tra i quali una progressiva acquisizione di un livello di qualità della vita più elevato. Il verde costituisce un vero e proprio servizio pubblico che deve essere garantito dalle amministrazioni comunali al pari dell’acqua, dei trasporti, *etc.* L’elenco sottostante, che non ha certamente la pretesa di esaurire l’argomento, è sufficiente a mettere in evidenza gli infiniti meriti attribuibili alle coperture vegetali (specialmente arboree) in città:

- *contribuiscono a modificare il microclima*, ad esempio mitigando gli estremi termici e agendo da efficace termoregolatore: le barriere antivento favoriscono il risparmio energetico in termini di calorie da produrre per il riscaldamento e il raffreddamento delle abitazioni; gli alberi con il loro apparato fogliare assorbono le prime frazioni delle precipitazioni, favorendone il ritorno all’atmosfera attraverso l’evaporazione; più in generale, il rallentamento delle acque piovane limita i fenomeni negativi di ruscellamento;
- *migliorano la qualità dell’aria*, assorbendo e adsorbendo con meccanismi di captazione attiva e passiva inquinanti gassosi (a cominciare da biossido di carbonio e ozono) e solidi (tra cui le famigerate PM10);

- *qualificano il paesaggio urbano*: gli spazi verdi trasformano strade, parcheggi e muri in ambienti esteticamente più piacevoli; riducono l'ipertensione migliorando la salute emozionale e psicologica generale;
- *forniscono habitat per numerose forme di vita*;
- *aumentano l'appetibilità e il valore degli immobili*: edifici siti in prossimità di parchi e giardini presentano indiscusse "valenze aggiunte" sul mercato; come ben sanno i commercianti, i viali alberati favoriscono lo *shopping*;
- *sono un mezzo importante per avvicinare la gente alla natura* (es. la successione delle fasi fenologiche), in una società sempre più urbanizzata. Paul Lauterbur, Premio Nobel 2003 per la Medicina, sostiene che *"il senso di stupore, la curiosità e il fascino delle stagioni che solo il mondo delle piante può infondere in un giovane è una cosa che ti segna per tutta la vita e non ti lascia mai più"*.

"Verde urbano è bello, dunque": ma non si creda che la sua progettazione e gestione sia un affare semplice. Innanzitutto, le condizioni ambientali delle aree in oggetto sono particolarmente ostili alla vita vegetale (basti pensare a isola di calore, inquinamento di aria, acqua e suoli); a ciò si aggiunge che le operazioni di manutenzione ordinaria e straordinaria delle piante (dallo sfalcio dei tappeti erbosi alla potatura degli alberi) richiedono costi non indifferenti, che non sempre sono facilmente affrontabili dalle amministrazioni pubbliche, in perenne stato di sofferenza economica.

La materia è in dinamica evoluzione e vede la crescita di attenzione da parte del cittadino, che da "suddito" si trasforma in attivo portatore di interessi nelle fasi di pianificazione, realizzazione e cura quotidiana; si stanno concretizzando nuovi modelli nella gestione del verde attraverso il coinvolgimento degli utenti e di diversi soggetti imprenditoriali; la partecipazione in questo campo si inserisce nel contesto di una crescente sensibilità ambientale che sta caratterizzando le nuove generazioni urbanizzate. Lavorare con le piante legnose ornamentali è comunque difficile, in quanto si tratta sostanzialmente di specie forestali, che sono trattate come fruttiferi e, come accennato, sono costrette a crescere in un ambiente sfavorevole.

In particolare, un argomento risulta di rilievo: i

rischi per il cittadino legati all'eventuale caduta di alberi o loro parti. Un evento del genere ha verosimilmente un impatto irrilevante in foresta, ma in ambito urbano può essere causa di danni anche gravissimi (compresa la morte) di persone. Ogni anno in Italia una decina di individui perde la vita a seguito di episodi del genere (di norma durante situazioni meteorologiche estreme); da ciò derivano per il "custode" (in senso giuridico) responsabilità di ordine civile e penale (ma anche morale).

Come tutti gli esseri viventi, le piante di città presentano un ciclo biologico, che può svilupparsi anche per diversi secoli. E' importante, però, che il verde sia valutato nelle sue componenti tecniche, a prescindere da aspetti sentimentali o folcloristici: l'abbattimento di un soggetto irrecuperabile, brutto da vedersi e soprattutto pericoloso, non può essere un *tabù*. La situazione fitosanitaria di norma peggiora con l'età: individui senescenti sono caratterizzati da rallentamenti metabolici che implicano riduzione delle capacità di reazione all'invasione di organismi nocivi e altre forme di *stress*. Stanno muovendo i primi passi gli specialisti di una nuova disciplina scientifica, la *fitogerontologia*. L'aggressione di organismi nocivi (insetti e funghi in primo luogo) causa danni di varia natura, dalla riduzione del contenuto in clorofilla o della superficie fotosinteticamente attiva, al marciume delle radici. Ma sono in particolare i fenomeni di carie del legno quelli che maggiormente mettono a repentaglio la vita degli alberi e, soprattutto, possono costituire fattore di rischio.

Le carie del legno

Con il termine di "carie" si intende la graduale e progressiva degradazione dei tessuti legnosi delle piante arboree in piedi e del legname in

gli autori

CdLM Progettazione e Gestione del Verde Urbano e del Paesaggio
 Facoltà di Agraria dell'Università di Pisa
 Via del Borghetto, 80 - 56124 Pisa
 giacomo.lorenzini@agr.unipi.it

conservazione o in opera; agenti ne sono principalmente funghi appartenenti alla divisione dei *Basidiomycota*, classe *Agaricomycetes*. Curiosamente, si tratta dell'interazione tra alberi (gli esseri più alti e più grossi) e microrganismi, che sono annoverati tra i più minuscoli abitatori del pianeta. I membri di questa classe tassonomica producono basidiocarpi che vanno da piccole coppe di pochi millimetri fino a gigantesche strutture di oltre 1 m di diametro; il gruppo include anche i più vecchi organismi presenti sulla Terra. Questi agenti sono dotati della capacità di demolire strutture chimiche complesse, come cellulosa e lignina. Si conoscono due principali tipi di carie, sostenute da specie diverse: quella *bianca* (o distruttiva), con prevalente degradazione di lignina e quella *bruna* (o cubica), che consiste soprattutto nella distruzione della matrice cellulosa. Decisamente meno importante è il fenomeno della carie *soffice*, nella quale si ha soprattutto aggressione a carico di cellulosa e emicellulosa. Il legno attaccato subisce numerose alterazioni morfologiche (colore, aspetto) e soprattutto fisiche (con graduale perdita delle caratteristiche di resistenza fisico-meccanica per trasformarsi in ammassi spugnosi/polverulenti: branche, rami o tronchi cariati risultano soggetti a cedimenti strutturali e crollo). Interessanti sono le implicazioni ecologiche delle carie del legno: la loro attività in contesti naturali (quali la foresta) ha conseguenze utili per l'ecosistema, in quanto ricicla elementi minerali e CO₂, evita l'accumulo eccessivo di necromassa, riduce i rischi di incendio e procura rifugio per la fauna selvatica.

Gli agenti cariogeni sono ritenuti deboli parassiti, poiché, di norma, solo l'intervento di fattori esterni predisponenti può favorire l'avvio del processo infettivo; in particolare, nel caso di alberi in piedi, sono interessate quasi esclusivamente piante senescenti e malandate. Inoltre, essi richiedono la presenza di soluzioni di continuità nelle strutture esterne per colonizzare i tessuti legnosi. In ambito urbano sono i tagli di potatura la via principale di ingresso di questi microrganismi. L'epidemiologia di questi agenti è ormai ben delineata e prevede due modalità fondamentali di diffusione: (a) basidiospore liberate dai basidiocarpi in grande abbondanza e facilmente aviotrasportate, sino a raggiungere (casualmente) il sito vulnerabile (ferita) della

vittima: (b) progressione micelica a livello radicale e contagio sotterraneo tra piante adiacenti. La prima via è fondamentale per il trasferimento dell'inoculo a distanza. I dati della fertilità dei basidiomiceti agenti di carie sono impressionanti: i loro basidiocarpi sono pluriennali/perennanti (salvo rare eccezioni in cui sono effimeri) e producono spore con ritmi che raggiungono i 350.000 propaguli il secondo! Le dimensioni di questi ultimi (dell'ordine di pochi micrometri) assicurano un'eccellente dispersione anemofila anche a distanza.

Appare evidente come la presenza di fenomeni di carie a carico di branche o fusti di alberi urbani possa rappresentare un elemento di rischio per il cittadino, in quanto le sezioni legnose interessate perdono nel tempo le caratteristiche strutturali, causando il crollo. Ne consegue la necessità per il "custode" dell'albero di individuare tempestivamente le situazioni degradative in atto e assumere i necessari provvedimenti. La diagnosi delle carie presenta almeno due aspetti peculiari:

- spesso le piante affette non mostrano particolari sintomi a carico dell'apparato fogliare; ciò è dovuto al fatto che nell'organismo vegetale coesistono due funzioni fondamentali, tra loro complementari: quella *biologica*, basata sul trasferimento longitudinale di acqua e sali minerali (dalle radici verso la chioma) e prodotti della fotosintesi (viceversa) (queste attività si sviluppano nei fasci vascolari, xilema e floema, che occupano minuscole superfici al bordo della sezione del tronco), e quella *strutturale* (meccanica), responsabile della fitostabilità (ancoraggio radicale, sostegno di rami e tronco); è noto, però, che quest'ultima è garantita da regioni non più viventi (cilindro centrale), la cui degradazione non comporta effetti visibili sulla vitalità del soggetto;
- all'esterno delle piante cariate raramente compaiono i basidiocarpi dei funghi responsabili, in quanto la riproduzione sessuale dei *Basidiomycota* prevede l'associazione di due miceli primari (aploidi) compatibili per formare un micelio secondario (dicariotico, $n+n$) e quindi uno terziario che darà luogo alla formazione di basidiospore (n), previa cariogamia e meiosi; inoltre, la differenziazione del corpo fruttifero richiede specifiche

condizioni ecologiche; ne deriva che la presenza di tali strutture si verifica in maniera erratica e, comunque, soltanto quando il quadro sanitario è in buona parte compromesso. Ciò premesso, è evidente come l'individuazione dei fenomeni di carie in atto su un albero non sia per niente esercizio banale e non possa trarre vantaggio dalle metodiche fitopatologiche convenzionali. Un possibile contributo potrebbe essere rappresentato dalle moderne tecniche biomolecolari, basate sull'individuazione di tratti genici specifici del patogeno. In sintesi, l'estrazione di campioni di legno (di norma "carote" del diametro di alcuni millimetri) e le successive analisi consentono di verificare l'eventuale presenza di DNA estraneo alla pianta; se sono state isolate sequenze peculiari dei principali agenti di carie, è possibile formulare la diagnosi. Però: (a) le indagini in questione sono complesse e costose, fuori dalla portata di un tecnico "ordinario"; (b) è necessario disporre di traccianti molecolari di molti (varie decine) patogeni; (c) il mero accertamento della presenza di un organismo cariogeno non fornisce indicazioni circa l'estensione del danno subito dalle strutture legnose (e quindi del livello di pericolo conseguente). Occorrono, pertanto, altri percorsi diagnostici in grado di offrire sufficienti garanzie.

Il metodo VTA (*Visual Tree Assessment*) e le indagini strumentali

Primo passo verso una gestione razionale del patrimonio arboreo urbano è la chiara e inequivocabile localizzazione geografica delle piante. Si procede con una cartellinatura e una georeferenziazione e le moderne strumentazioni (GPS) consentono tempi rapidi e facilità di esecuzione. Segue un'analisi visiva dettagliata, basata sullo studio del "linguaggio del corpo" dell'albero, finalizzata all'individuazione di difetti morfologici di varia natura, eventuali danneggiamenti alla struttura portante e alterazioni di natura parassitaria. La pianta è in grado di modificare la propria crescita (in termini biomeccanici "adattativi"), producendo nuovo legno "di supporto" in prossimità di regioni particolarmente sollecitate o indebolite per varie cause. Indicatori comuni di non-conformità sono la densità e la pigmentazione della chioma; l'eventuale caduta

di foglie; la presenza di rigonfiamenti, fenditure o carpofori fungini e attacchi di carie manifesti; un'inclinazione innaturale; squilibri architettonici, tronchi (o branche) codominanti con corteccia inclusa; arresto di fioritura, fruttificazione o crescita.

In assenza di difetti o di indizi, questa prima fase può concludersi positivamente; al contrario, in presenza di significative anomalie di ordine biologico e/o strutturale, il giudizio del tecnico potrebbe essere indirizzato verso l'abbattimento (o, comunque, la "neutralizzazione", ad esempio mediante recinzione) dell'esemplare. Tra questi estremi si colloca, di norma, una buona parte dei casi, i quali richiedono un approfondito supplemento di indagine, in particolare mediante analisi strumentali.

L'approccio più semplice consiste nella percussione del tronco con martello ("*sounding*"): la sonorità varia da specie a specie ed è influenzata dalle condizioni interne. Effettivamente è possibile individuare una struttura completamente cava, ma è quanto mai arduo valutare situazioni intermedie. Alcuni esseri umani sono maggiormente dotati, ma sono in molti a ritenere che "*sounding is an art!*". In definitiva, il giudizio di fitostabilità richiede ben altri approcci investigativi.

Nel tempo sono stati sviluppati protocolli operativi e strumenti. Ad esempio, alcune indicazioni sono deducibili dalle condizioni delle carote radiali prelevate con il *succhiello di Pressler*; prevalentemente utilizzate per verificare l'età (conta delle cerchie annuali) e l'incremento di produzione di biomassa, esse possono fornire anche informazioni circa l'integrità della massa legnosa mediante il semplice *test* di oscillazione. Inoltre, l'impiego del *frattometro* permette di valutare con buona approssimazione le proprietà meccaniche delle fibre. In breve, si tratta di applicare una forza progressiva in direzione ortogonale all'asse della carota, sino alla frattura. Questa metodica non trova, di fatto, che scarsa applicazione, al pari dello *Shigometro*, un ohmmetro da campo che misura la resistenza al passaggio di corrente elettrica (il legno cariato è tendenzialmente più umido e contiene più ioni mobili rispetto a quello sano). Analogamente, ma per ragioni opposte, di scarso utilizzo (per la complessità e i costi) sono le analisi basate sul *georadar*.

Attualmente, il panorama operativo è dominato da due tipologie di strumenti, tra loro complementari: quelle penetrometriche e quelle soniche.

Il *penetrometro* è una microtrivella che, appunto, misura lo sforzo all'avanzamento di una punta all'interno di una sezione di tronco/ramo/radicice. Il risultato finale è costituito da un grafico (in scala 1:1) nel quale, punto-per-punto, viene indicato lo stato delle varie regioni, individuando porzioni di legno sano o più o meno degradato. Lo strumento consente anche indagini dendrocronologiche, in quanto è in grado di individuare i cambiamenti di consistenza tipici della cerchie annuali.

Il *martello elettronico* permette la misurazione della velocità di propagazione di un'onda di carico in una sezione di albero. La velocità del suono che attraversa il tessuto legnoso dipende dalla sua elasticità (che è specie-specifica e quindi lo strumento va preventivamente tarato) e dalla densità (che è funzione dell'eventuale presenza di carie o fenomeni degenerativi). In sintesi, la velocità è maggiore in un materiale integro. Attualmente sono disponibili (seppur a costi non indifferenti) apparecchi che consentono indagini quanto mai dettagliate, con un ampio numero di sensori (sino a 36), che possono essere posizionati anche su più piani, in modo da fornire indicazioni in 3D. In sintesi, dopo il posizionamento di tali elementi (in realtà si tratta di semplici chiodi interfacciati con un terminale), che sono connessi tra di loro con cavi a loro volta collegati a un *computer* (ma sono presenti anche strumenti con tecnologia *wi-fi*), si procede a colpirli in successione con un martello. L'apparecchiatura calcola in tempo reale la velocità di propagazione dell'onda sonora da ciascun sensore verso tutti gli altri e uno specifico *software* consente la restituzione grafica dei risultati, sotto forma di scala cromatica (si tratta, pertanto, di una tecnica di diagnostica per immagini). Diventa quindi semplice individuare nelle sezioni indagate regioni nelle quali l'onda si propaga alla velocità attesa (e, quindi, da ritenersi normali) e altre "anomale". Di norma, su queste si procede a una verifica specifica con le tecniche penetrometriche in precedenza descritte.

E' da segnalare che tutte queste indagini sono mini-invasive: ciò implica l'assoluta necessità di garantire l'igiene degli strumenti (punte, chiodi, *etc.*) per impedire la contaminazione biologi-

ca tra un individuo e un altro.

Una volta conclusa la fase in campo, si potrà disporre di indicazioni di dettaglio circa le caratteristiche interne delle varie sezioni di tronco. Il passo successivo è rappresentato dall'individuazione di parametri che consentano di stimare un fattore di sicurezza: attualmente la comunità scientifica è concorde su un rapporto "t/R" (t è la porzione residua di legno integro; R è il raggio della sezione) pari ad almeno 0,3. Ciò significa che se almeno un terzo del raggio è "sano" sono da ritenersi garantite le condizioni fitostatiche minime.

Rimane da condensare tutte queste informazioni in forma sintetica, e ciò avviene attribuendo ogni pianta a una "classe di propensione al cedimento" (si va dalla A, per gli alberi "in perfetto ordine", per i quali è sufficiente un semplice controllo visivo periodico, per giungere alla D, per soggetti che presentano difetti gravi e insanabili, tali da comprometterne le prospettive e quindi caratterizzati da estrema probabilità di caduta, e per i quali si impone il tempestivo abbattimento).

Una volta definito il pericolo ("*qualità intrinseca di un fattore avente la potenzialità di causare danni*" – nel nostro caso la possibilità di crollo), occorre dimensionare il rischio, che dipende non solo dal succitato "pericolo", ma anche dalle dimensioni delle parti in oggetto (tronco, ramo), dall'ubicazione, in termini di "valore" del bersaglio e dalla probabilità che questo sia colpito ("indice di frequentazione"). Premesso che non può trattarsi di una scienza esatta e che "è impossibile che l'improbabile non accada mai" (in altre parole, anche un albero perfettamente sano potrebbe cadere, ma lo stesso si applica in campo medico: anche un individuo del tutto normale può essere colpito da infarto!), si può concludere affermando che la corretta esecuzione delle procedure descritte consente di verificare se un albero "ha le carte in regola" per stare in piedi.

A fianco delle tecniche sopra descritte – che sono ormai completamente validate e di gran lunga quelle maggiormente adottate – sono stati proposti metodi di indagine basati, ad esempio, sulla valutazione indicativa della sicurezza di un albero mediante analisi di valori di compressione e tensione delle fibre superficiali sottoposte ad un carico controllato, utilizzando un elastometro sul tronco e un inclinometro sul colletto.

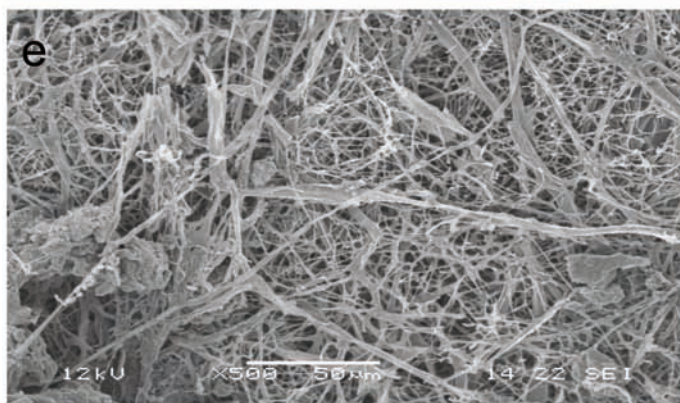
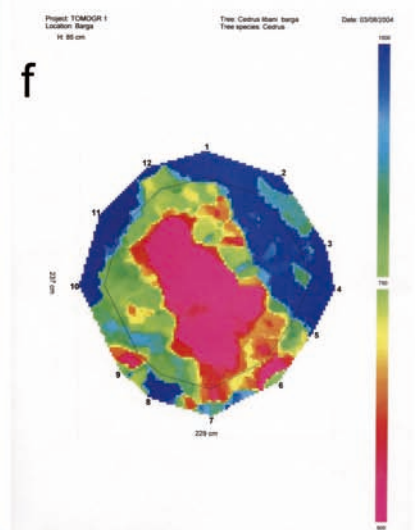
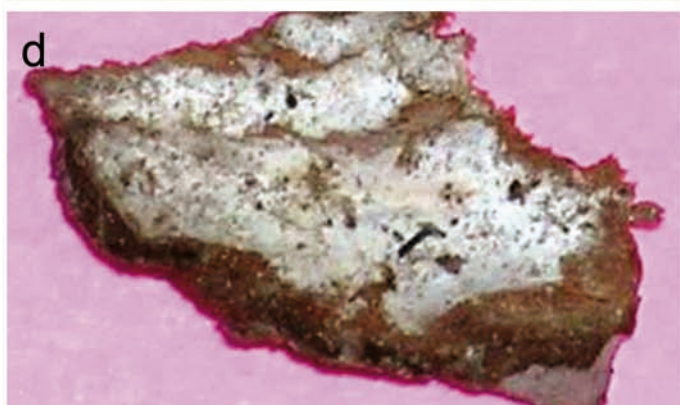
Studio di casi toscani

1. *Cedro del Libano in parco pubblico in Barga (LU)* (Fig. 1)

Si tratta(va) di un maestoso esemplare secolare (piantato nel 1823, è stato citato da Giovanni Pascoli) di *Cedrus libani*, presente nella Piazza del Fosso a Barga (LU), sovrastante un parcheggio pubblico. L'altezza superava 22 m, per una circonferenza del tronco a petto d'uomo di 6 m e una proiezione delle porzioni aeree superiore a 400 m². Il soggetto era censito tra gli alberi monumentali di eccezionale significato. Il giardino ospitava un parco-giochi per bambini ed era da sempre luogo di ritrovo dei cittadini di ogni età. Il quadro sanitario si presentava fortemente compromesso: si evidenziava notevole filloptosi, microfillia, clorosi fogliare accompagnata da necrosi apicale, diffusi seccumi e deperimento generale; colpiva la notevole trasparenza della chioma. Testimonianze raccolte *in loco* segnalavano che da lunghi anni la pianta aveva di fatto cessato la fruttificazione (le pigne erano apprezzate come ornamento natalizio). Una porzione del fusto era affetta da un vistoso processo cariogeno con frattura cubica; da segnalare la diffusa presenza di formiche del genere *Camponotus*, note colonizzatrici di tessuti legnosi in disgregazione. La zona apicale del fusto terminava con un taglio orizzontale netto, che ha implicato la perdita di almeno 5-6 m di cimale, verosimilmente a seguito di un danno da folgore, come evidenziato anche da una profonda cicatrice visibile lungo tutto l'asse principale. Numerose le ferite residue da drastici interventi cesori del passato: in una cavità si era insediata una pianta di alloro di alcuni anni di età! Interessanti i risultati dell'ispezione ipogea: soprattutto le porzioni corticali di molte radici principali presentavano vistosi fenomeni di marcescenza umida ed emanavano un penetrante (ma non sgradevole) odore di fungo fresco; abbondante la presenza di un feltro micelico biancastro, facilmente riconducibile ad *Armillaria*; al genere, cosmopolita e polifago, fanno riferimento una decina di specie, capaci di aggredire molte e importanti piante arboree. Nessun basidiocarpo è stato notato. Oltre ad analisi chimiche di tessuti fogliari e di campioni di suolo, sono state condotte indagini tomografiche soniche e penetrometriche a varie altezze del tronco e sulle

radici. In sintesi, le cause del problema sono da ricercarsi in un complesso di fattori; in accordo con Manion (1981), è lecito immaginare una concatenazione di eventi ostili, una sorta di spirale, nella quale hanno svolto un ruolo elementi *predisponenti*, come compattamento del suolo, scarsa fertilità (le analisi fogliari hanno indicato livelli insufficienti di elementi come Ca, K, Mn e Mg), in parte senescenza fisiologica, anche se la specie è nota per la sua longevità) e *contribuenti* (es. siccità prolungata ed elevate temperature estive – si pensi all'estate torrida del 2003, inquinamento atmosferico, come testimoniato dalla presenza di significativi livelli di piombo nelle foglie), insieme a quelli effettivamente *determinanti* (nel nostro caso il marciume da *Armillaria*, vero responsabile della fitopatologia). Quindi, in breve, si è trattato di un classico marciume radicale da *Armillaria*, che, verosimilmente, ha tratto profitto da una serie di elementi collaterali ostili alla pianta. Nonostante i tentativi di arrieggiamento dell'apparato radicale mediante sistemi non lesivi ad aria compressa, di arricchimento del substrato con ammendanti e apporto di nutrienti a lenta cessione, la situazione non si è modificata, e l'albero è stato sacrificato, con profonda tristezza per tutti i barghigiani. Un pezzo di storia se ne andava! Il caso è descritto in dettaglio da Nali *et al.* (2008).

*Figura 1: Cedro del Libano di Barga/Piazzale del Fosso (2004): (a) si noti la trasparenza della chioma a causa della grave filloptosi che ha colpito l'albero; (b) particolare di fronda: è evidente la mancanza degli aghi più vecchi e la estrema povertà di vegetazione attiva; (c) fenomeni di carie in atto nel fusto centrale; (d) frammento di radice primaria, scortecciato, con in evidenza il tipico feltro micelico biancastro, riferibile ad *Armillaria sp.*, noto agente di marciume radicale di centinaia di specie; (e) immagine al microscopio elettronico a scansione (SEM) di un particolare di (d); (f) tomogramma sonico della sezione di tronco a 85 cm di altezza; la scala colorimetrica sulla destra indica la velocità (m s⁻¹) di propagazione del suono nel legno; valori bassi (indicati in rosso) denotano la presenza di aree degradate.*

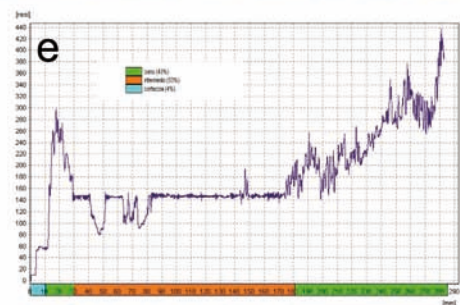
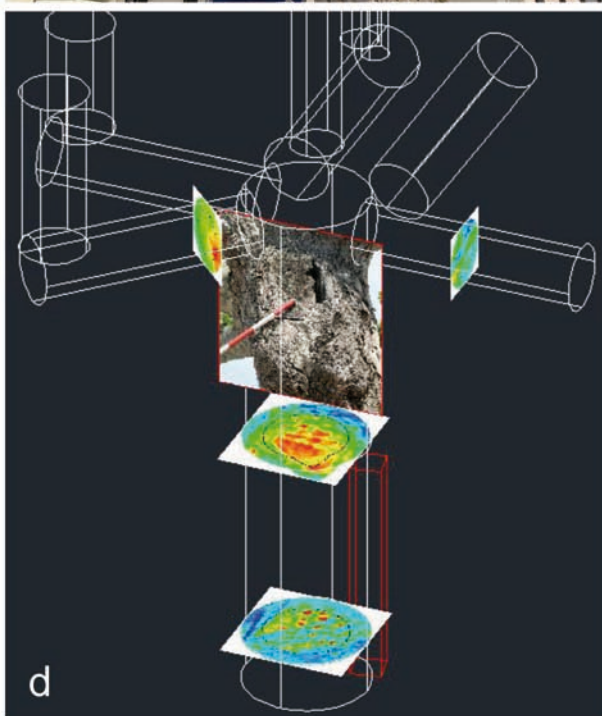


2. *Platano lungo S.S. 12 in loc. Molina di Quosa (San Giuliano Terme, PI)* (Fig. 2)

In una minuscola piazza che fiancheggia la Strada Statale 12 (Abetone-Brennero) in località Molina di Quosa (Comune di San Giuliano Terme, PI) insistono due esemplari di platano (*Platanus acerifolia*) dell'età stimata superiore ad almeno 160 anni. L'albero sito in direzione Lucca non mostra particolari problemi, mentre l'altro presenta una serie di non-conformità che costituiscono fattore di serio pericolo e preoccupazione per l'Amministrazione Comunale. Si tratta di una pianta maestosa, con altezza di 12 m e diametro a petto d'uomo di 115 cm. Il fusto è leggermente inclinato (15° verso SO) e al castello presenta quattro branche primarie particolarmente robuste. Articolata è pure l'architettura secondaria. A livello del colletto si nota la produzione di abbondante legno di reazione, attribuibile a fenomeni di costrizione fisica dovuta al dimensionamento inadeguato del cordolo che separa l'asfalto del marciapiede dal terreno nudo; si tratta, comunque, di un fenomeno scarsamente rilevante ai fini della vitalità dell'albero. Curiosa, poi, è la presenza di depressioni e imbrunimenti corticali unilaterali, dovute alla maldestra abitudine dei cittadini di utilizzare la pianta come "bacheca vivente", con decine di fori provocati da puntine da disegno. Inoltre, numerose sono le ferite da potature pregresse in corrispondenza delle quali sono attivi fenomeni di carie bianca; sono evidenti anche basidiocarpi di varie dimensioni, riconducibili a

Phellinus e *Trametes*. Ma il problema principale si presenta in quanto un esteso taglio di potatura di una branca primaria (oltre 60 cm di diametro) è stato colonizzato da agenti di carie bianca e il fenomeno degenerativo ha coinvolto estese porzioni di fusto e di buona parte del castello. È da segnalare che verosimilmente il taglio in oggetto si rese necessario (qualche decina di anni fa) per eliminare una porzione che intralciava il traffico veicolare (come accennato, la pianta si trova ai bordi di una strada statale). Indagini strumentali (penetrometriche e soniche), pure in quota, hanno confermato l'estensione dei fenomeni cariogeni sulle branche, anche se il rapporto di sicurezza t/R è ancora garantito. La situazione, però richiede particolare attenzione, in quanto l'albero presenta mole e localizzazione tali da rappresentare un elemento serio di rischio per il cittadino e per gli utenti della strada. Da segnalare che all'ombra dei due esemplari sono collocate panchine e la zona è costantemente frequentata, costituendo punto di ritrovo abituale, specie di anziani. L'eliminazione della branca compromessa sembra da escludere, anche per evitare ulteriori squilibri statici; analogamente, l'apposizione di un tutore fisico ("stampella") sembra impossibile e non solo per motivi estetici. L'orientamento tecnico propende verso l'eliminazione del soggetto; da segnalare che le buone condizioni dell'altro platano lascerebbero intravedere il mantenimento di un'adeguata presenza vegetale nella piccola piazza, garantendo, in sicurezza, la fruizione da parte della cittadinanza.

Figura 2: Platano monumentale di Molina di Quosa (San Giuliano Terme, PI) (2011): (a) vista generale: si noti la presenza di panchine e la vicinanza con la sede stradale; (b) particolare della ferita residua dovuta al taglio di una grossa branca e aggredita da carie; (c) dettaglio delle lesioni inflitte al tronco dall'infissione di decine di puntine da disegno; (d) rappresentazione in 3D in Autocad dell'albero con in evidenza i tracciati di alcuni tomogrammi sonici; (e) profilo dendropenetrometrico di una branca primaria.



3. *Magnolia presso villa privata a Lucca* (Fig. 3)

Il caso riguarda un esemplare adulto di *Magnolia* sp. presente nel parco di una villa signorile storica alla periferia di Lucca. La pianta sovrasta un'area verde adibita a terrazza-giardino e presenta dimensioni ragguardevoli (altezza 9 m, diametro 80 cm, proiezione della chioma 20 m²). Fattore di preoccupazione è l'elevata inclinazione (30°) e la presenza di numerose, ampie e profonde cavità lungo il fusto. Si nota anche un abbondante legno di reazione ed evidente torsione della struttura. Ma l'elemento diagnostico fondamentale è la cospicua presenza di decine di carpofori facilmente riconducibili ad *Armillaria* sp., noto agente di marciume radicale di carie a carico di moltissimi ospiti. Lo scavo di



Figura 3: *Magnolia* in villa privata a Lucca (2007). Vista generale: si noti la forte inclinazione e l'abbondante presenza di basidiocarpi di *Armillaria* al colletto. Sono visibili i sensori del tomografo sonico, mentre l'operatore sta azionando il dendropenetrometro.

trincee ha evidenziato fenomeni di marcescenza umida a carico dell'apparato radicale; importanti fenomeni di carie interessanti le porzioni basali del tronco sono stati confermati dai profili penetrometrici e dai tomogrammi sonici. Nella formulazione del giudizio finale hanno influito in via prioritaria la forte inclinazione e le precarie condizioni dell'apparato radicale e del fusto: è stato suggerito l'abbattimento.

4. *Cedro in parco privato a Empoli (FI)* (Fig. 4)

Un esemplare adulto di *Cedrus deodara* è presente nello spazio verde di un'abitazione nel Comune di Empoli (FI), il cui perimetro è occupato per un lato da una linea ferroviaria. L'esemplare raggiunge i 26 m di altezza per un diametro di 85 cm. Il soggetto si presenta con un fusto centrale (che conta una ventina di branche primarie), che mostra un'ampia cicatrice longitudinale, dovuta all'azione di un fulmine; sono visibili numerose ferite da potatura, di grandi dimensioni e in parziale via di cicatrizzazione; estese aree interessate da carie cubica si trovano sul fusto. Lo stato generale era caratterizzato da deperimento di media intensità, filloptosi, clorosi fogliare, diffusi seccumi. Interessante è stata l'individuazione, a breve distanza da questo albero, di alcune ceppaie di *C. deodara* e di *Magnolia purpurea*, abbattute verosimilmente 2-3 anni prima e colpite da vistosi fenomeni di carie bianca e presentanti abbondante sviluppo di *Armillaria* sp. L'ispezione radicale del cedro ha evidenziato caratteristiche placche miceliari di colore bianco-crema, feltroso-fibrose, che si insinuavano tra il mantello corticale e il cilindro centrale ed erano riconducibili al citato basidiomicete. Le indagini tomografiche e soniche di routine realizzate al colletto e in quota (sino a 7 m) hanno accertato la presenza di ampie porzioni di legno sano, e comunque le sezioni esaminate rientravano abbondantemente nei livelli di sicurezza. Meno confortante il responso relativo alle radici principali, alcune delle quali presentavano una porzione del 30% di legno giudicabile "a resistenza all'avanzamento intermedia". Non si conoscono specifiche raccomandazioni tecniche per alberi affetti da *Armillaria*: è stato suggerito di curare le condizioni generali del sito. Ad esempio,



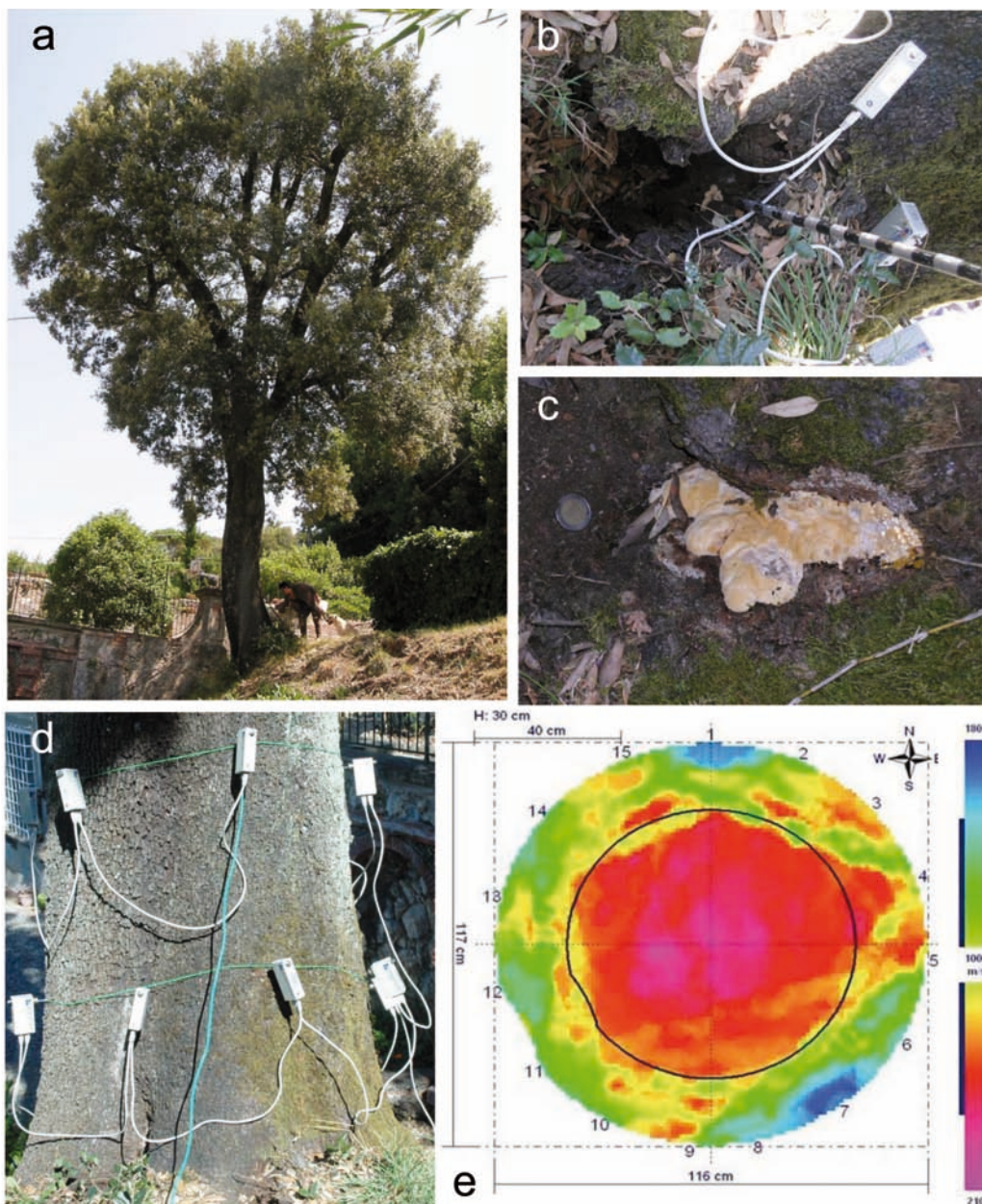
Figura 4: Cedro in parco privato a Empoli (FI) (2009): (a) vista generale dell'esemplare; (b) ceppaia di *Cedrus deodara* abbattuta due anni prima e colonizzata da *Armillaria* sp.; (c) regione del fusto interessate da carie cubica; (d) porzione di radice scortecciata, con in evidenza il tipico feltro micelico riferibile a *Armillaria* sp.

sono da evitare ristagni idrici, così come occorre garantire le migliori condizioni alla pianta, evitandole *stress* da mancanza di acqua. Il monitoraggio deve essere continuo.

5. Leccio in parco privato a Lucca (Fig. 5)

Trattasi di magnifico esemplare di *Quercus ilex* alto 16 m e con diametro a petto d'uomo

di 82 cm, che insiste su una scarpata in terra, limitata da una scalinata e a brevissima distanza da un edificio destinato a civile abitazione. Interessante è la particolare curvatura delle porzioni basali, che all'altezza di circa 1 m evidenziano il tentativo (riuscito) dell'albero di riallinearsi sulla perpendicolare, nonostante la forte pendenza (circa 40°) della sede di impianto. L'aspetto generale apparente è buono, salvo una parziale microfillia, che comunque



*Figura 5: Leccio in parco privato a Lucca (2011): (a) vista generale della pianta: si noti la forte pendenza della scarpata e la vicinanza all'edificio; (b) dettaglio della cavità al colletto, che si approfondisce per circa 80 cm; (c) carpoforo di *Ganoderma resinaceum*; (d) sensori del tomografo sonico applicati a due livelli della circonferenza; (e) tomogramma sonico della sezione a 30 cm dal suolo; il profilo circolare nero individua la frazione residuale di legno inalterato che viene ritenuta irrinunciabile per garantire la stabilità.*

non appare preoccupante. Gravi, invece, i problemi a livello del colletto, a cominciare da una vasta cavità (che sfiora gli 80 cm di profondità) che ospita carpofori di *Ganoderma resinaceum*, peraltro presenti anche all'esterno. Curiosamente, una vicina ferita di modeste dimensioni risulta riempita con cemento. Indagini strumentali con tomografo sonico hanno confermato l'ampiezza delle regioni cave o cariate, che si estendono almeno sino all'altezza di 135 cm da terra.

Considerate le condizioni irreversibili del colletto e delle porzioni basali del fusto, tenuto conto dell'impossibilità di garantire la fitostabilità, delle dimensioni del soggetto e della vulnerabilità del bersaglio, è stato suggerito l'abbattimento.

6. *Platano in scuola privata a Livorno* (Fig. 6)

Un esemplare vetusto di platano (*Platanus acerifolia*), alto 9 m e misurante 140 cm di diametro mostrava vistosissimi fenomeni di carie bianca esposta, che dal colletto risalgono in un caso per circa 3 m e nell'altro si spingono a superare 5 m. A livello del suolo si nota una vistosa cavità, che si approfondisce per oltre 50 cm. Abbondante, su entrambi i versanti, la presenza di basidiocarpi maturi riferibili a *Ganoderma* sp. L'albero insisteva su un piazzale in ghiaia, all'interno del parco di una scuola privata, destinato a parcheggio ma frequentato anche dai giovani allievi. La gravità delle condizioni e la vulnerabilità del bersaglio erano tali che non è stato ritenuto necessario procedere ad analisi strumentali ed è stato suggerito l'immediato abbattimento.



*Figura 6: Platano in scuola privata a Livorno (2010): (a) e (b) dettagli delle porzioni basali del tronco, con in evidenza i gravissimi fenomeni di carie e la presenza di basidiocarpi di *Ganoderma* sp.*

7. Leccio in parco pubblico a Pontasserchio (San Giuliano Terme, PI) (Fig. 7)

In località Pontasserchio (Comune di San Giuliano Terme, PI) si trova un ampio spazio verde, oggi denominato “Parco della Pace”. Creato nella seconda metà del Settecento dalla nobile famiglia Mazzarosa Devincenzi Prini Aulla, l'impianto ha subito l'impatto terribile del secondo conflitto mondiale: la dimora padronale è stata distrutta e il patrimonio arboreo è stato abbandonato ed ha iniziato un lento ma progressivo processo di degrado. Una parte è stata acquisita dall'Amministrazione Comunale e oggi è fruibile al pubblico e oggetto di un attento programma di riqualificazione. Le emergenze botaniche sono numerose: sono presenti esemplari secolari di *Platanus acerifolia* con una circonferenza a petto d'uomo di quasi 6 m, svariati alberi del genere *Ulmus*, un tiglio monumentale e una centenaria lecceta con soggetti di oltre 15 m di altezza. Viene segnalato il caso di un leccio (*Quercus ilex*) che ha presentato gravi problemi statici, e per il quale è stato suggerito l'immediato abbattimento. La pianta, alta 12 m e con

diametro a petto d'uomo di 43 cm, mostra una leggera inclinazione del fusto, numerose cavità e fessurazioni della corteccia, diversi monconi disseccati e, soprattutto, una profonda cavità al colletto, che si approfondisce per oltre 40 cm. Non sono stati osservati basidiocarpi. È visibile abbondante segatura a terra, prodotta da larve di insetti xilofagi, di cui sono visibili i fori di ingresso. L'indagine di tomografica sonica ha confermato la gravità delle condizioni delle porzioni basali del fusto, tali da non garantire il minimo livello di stabilità.

Ma il vero problema per gli alberi è ... l'uomo!

La presenza di piante legnose accompagna da sempre gli agglomerati urbani e, come accennato nell'introduzione, comporta un'innumerabile serie di benefici. Occorre però segnalare che essa può costituire elemento di fastidio o disturbo in determinate circostanze, ad esempio legate al danneggiamento di manufatti (pavimentazione, in primo luogo) e sottoservizi, oppure al temporaneo disagio rappresentato dalla

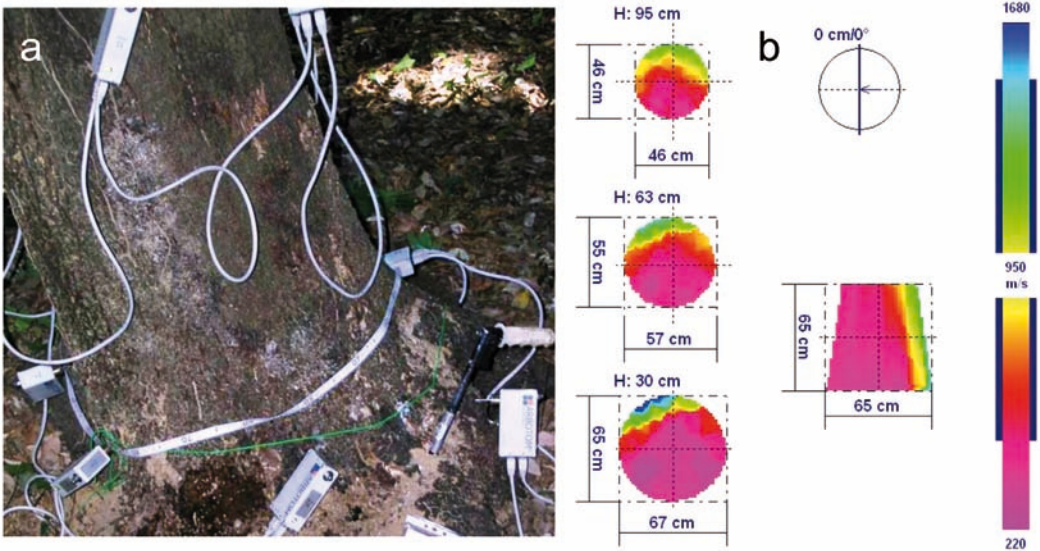


Figura 7: Leccio in parco pubblico a San Giuliano Terme (PI) (2011): (a) vista generale delle porzioni basali: si noti la presenza di segatura e la penetrazione profonda del root inspector; (b) profili dei tomogrammi sonici di sezioni trasversali a 95, 63 e 30 cm dal suolo e (al centro) restituzione in 3D di una sezione longitudinale tra 30 e 95 cm.

caduta delle foglie. Del tutto aperta è la discussione circa il ruolo delle alberate lungo le vie di grande comunicazione, in relazione ai rischi per gli automobilisti. Sono in molti a ritenere che i vantaggi (non solo psicologici) siano in questo caso di gran lunga superiori, ma attualmente vi è la tendenza (anche da parte del legislatore) a “*confondere la causa con l’effetto*” e pertanto a desertificare i margini stradali.

Certo è che gli alberi in città richiedono un’adeguata manutenzione, ma – anche, e soprattutto – un’oculata progettazione. La scelta della specie (e della *cultivar* o dell’ecotipo) e la logistica dell’impianto sono fondamentali per il successo della piantagione. Occorre rispettare le esigenze ecologiche per non compromettere il potenziale biologico; il materiale vivaistico deve essere selezionato e di prima scelta; la messa a dimora deve tenere in considerazione il fatto che “le piante crescono”, e quindi nel tempo andranno a occupare spazi (aerei e ipogei) anche imponenti; è opportuno che le amministrazioni comunali si dotino di catasti informatizzati del verde, oggi facilmente disponibili sul mercato (l’identificazione delle piante legnose mediante inserzione di *microchip* è ormai pratica conso-

lidata); è indispensabile, poi, che si provveda a periodici controlli specialistici delle condizioni degli alberi e ai necessari interventi agrotecnici, a cominciare – ove necessario – dalle potature. Queste rappresentano una fase critica nella vita dei soggetti arborei e spesso si rendono necessarie, non per soddisfare legittime esigenze biologiche, ma per rendere sostenibile la presenza delle piante (es. eliminare intralcio alla circolazione o interferenza con i manufatti). La potatura è responsabile dell’apertura di lesioni sui rami, attraverso le quali possono penetrare microrganismi in grado di attaccare i tessuti legnosi e produrre fenomeni di carie; inoltre, la mancata igiene delle attrezzature comporta anche il trasferimento di germi patogeni da un soggetto infetto a uno sano (magari distante decine di chilometri). È l’impiego di motoseghe infette il vettore fondamentale della terribile malattia del platano (il “cancro colorato”) causato dal microfungo *Ceratocystis platani* che sta flagellando decine di province in Italia.

Pratica comune è stata a lungo (ma lo è tuttora in molte realtà) quella della potatura “a capitozzo”, che implica la realizzazione di pochi ma devastanti tagli, spesso a livello dell’inserzione delle bran-

che. Superfici enormi vengono messe a nudo e costituiscono involontarie “piste di atterraggio” per i propaguli (le basidiospore) dei funghi cariogeni, prodotti in abbondanza dai basidiocarpi; iniziano così i processi di degradazione enzimatica dei tessuti legnosi, che, nel tempo, finiscono per compromettere le caratteristiche fitostatiche. La comunità scientifica è oggi orientata ad attribuire scarso valore a eventuali interventi di copertura delle ferite (es. mastici o vernici): occorre



Figura 8: Alcuni scandalosi esempi di potatura “a capitozzo” su platano (a sinistra) e su pioppo (a destra).



Figura 9: Esempi di conflitto tra alberi e manufatti in contesti urbanizzati. L'immagine al centro si riferisce agli esiti catastrofici di una non corretta applicazione del tutore a un giovane platano.



Figura 10: Altri esempi di danneggiamento agli alberi urbani legati all'attività umana. L'immagine in basso a destra descrive un caso di conflitto tra un platano secolare e la sede stradale.

potare correttamente (rispettando l'integrità del collare, rifinendo la superficie di taglio) ed evitare di produrre lesioni difficili da cicatrizzare. La Fig. 8 mostra alcuni brutti esempi (purtroppo non isolati) di potature maldestre.

Una mancata sorveglianza periodica dello sviluppo degli alberi può portare a situazioni conflittuali con manufatti di varia natura; le Figg. 9 e 10 presentano alcuni esempi significativi. Anche i gesti quotidiani di ordinaria incuria (Fig. 10) possono costituire una minaccia per l'integrità delle nostre piante.

In definitiva, occorre una maggiore sensibilità di tutti, dai decisori pubblici ai comuni cittadini nei confronti dei nostri alberi urbani; il personale chiamato a progettare e mantenere le alberate deve essere adeguatamente preparato, formato e motivato. Indubbiamente, la gestione del verde arboreo urbano richiede un approccio metodologico ben diverso e maggiormente impegnativo da quello degli spazi aperti (campagna, foresta): bastano pochi minuti per compromettere la vita di un patriarca vegetale!

Bibliografia di riferimento

- T.S. Elias, H.S. Irwin, *Le Scienze*, 1977, 103: 79.
P.D. Manion, *Tree disease concepts*, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, 1981.
C. Nali, G. Lorenzini, A. Pestalozza, *Acer*, 2008, 24(2): 53.
G. Lorenzini, *Inf.tore Fitopat.*, 1998, 48(6): 5.
G. Lorenzini, C. Nali, *Ecol. Urb.*, 2005, 17: 37.
G. Lorenzini, C. Nali, *Principi di Fitoiatria*, Il Sole/24ore, Milano, 2012.
C. Mattheck, H. Breloer, *La stabilità degli alberi*, Il Verde Editoriale, Milano, 1998.
P. Pietrobon, *Funghi che degradano il legno*, Silvana Ed., Treviso, 2007.
A.L. Shigo, *Ann. Rev. Phytopath.*, 1984, 22: 189.
A.L. Shigo, *A new tree biology*, Shigo & Trees Ass., Durham, N.H., 1986.
T.A. Tattar, *Diseases of shade trees*, Academic Press, New York, 1978.

Nuovi dati sul “Macigno costiero” di Piombino (nota preliminare)

M. Rossi¹ & P.L. Vercesi^{2*}

Parole chiave: “Macigno costiero”, “tipo Macigno”, tettono-sedimentario, mesautoctono, orogenesi appenninica

Viene presentato il quadro generale delle vicissitudini tettono-sedimentarie che accompagnarono l'evoluzione della situazione orogenetica che ha condotto alla messa in posto della falda della Unità di Canetolo sul Dominio Toscano interno al momento della deposizione, in esso, del cosiddetto “Macigno costiero”, alimentato da ovest dal Massiccio sardo-corso.

Grazie al rinvenimento di specifici dati biostratigrafici e di peculiari successioni esposte, soprattutto, nell'area cittadina di Piombino, ben interpretabili in termini mesoautoctoni, si rende ragione delle similitudini e delle diversità relative al “Macigno costiero” ed al “tipo Macigno” (subligure od ultratoscane che dir si voglia), probabilmente alimentato da quadranti occidentali del bordo insubrico (austroalpino interno). In questo modo, infine, si apre la possibilità di una migliore comprensione, anche per questo settore della Toscana meridionale, di eventi plurifasici sovrapposti, già riconosciuti altrove, responsabili della progressiva costituzione della falda subligure nell'intervallo temporale compreso tra il Paleocene e l'Oligocene-Miocene basale.

Introduzione

Al promontorio di Piombino affiora estesamente un complesso insieme di scaglie tettoniche appartenenti al cosiddetto “Macigno costiero” ed alla subligure (od ultratoscane) Unità di Canetolo, con quest'ultima sovrapposta al precedente durante l'orogenesi appenninica oligomiocenica.

La falda subligure è qui costituita da litotipi molto diversi e, di volta in volta, possono presentarsi, come prevalenti, calcari nerastri selciferi con abbondanti venature calcitiche, strati o lenti silicei neri, calcareniti, calcari o marne grigie e arenarie quarzose, feldspatiche, con abbondante detrito calcitico e scarsa presenza dolomitica. Anche il cemento di queste arenarie contiene una notevole componente carbonatica. Spesso formano strati massicci e mostrano una granulometria grossolana passante a veri e propri strati microconglomeratici. Specialmen-

te in questo caso la roccia può sembrare molto simile od al membro grossolano (la cosiddetta “cicerchina”) della Formazione della Pietraforte (pur non essendo dolomitica come questa) od al “granitello” del “Macigno costiero”. La diatriba trascinatasi per anni tra autori “faldisti” (la stragrande maggioranza di coloro che si sono occupati della geologia della Toscana meridionale dagli anni sessanta del secolo scorso in poi) ed autori “autoctonisti” (ad es. E. Centamore, 1967; Bertini et al., 1969;) nasce proprio dalla peculiarità appena ricordata: la presenza di litotipi apparentemente identici all'interno di Unità tettoniche diverse e sovrapposte che, su terreni di difficile interpretazione, può talora aver favorito, effettivamente, considerazioni di tipo “autoctonista”. Negli ultimi anni il “Macigno costiero” è stato fatto oggetto di accurate ricerche di ordine geologico e sedimentologico (tra i molti lavori citiamo: G. Cornamusini ed A. Costantini, 1997; G. Cornamusini et al., 2002;

G. Cornamusini, 2004 a; G. Cornamusini 2004 b;). In ogni caso il “Macigno costiero” (Formazione delle Arenarie di Calafuria nel livornese) viene considerato costituito da un apporto trasversale rispetto all’avanfossa, proveniente dal Massiccio sardo-corso, e sovrascorso dalla falda dell’Unità di Canetolo. I dati che forniremo, comprese datazioni aggiuntive rispetto a quelle di G. Gasperi, 1968 e di L. Montanari & M. Rossi, 1983, vanno certamente in questa direzione, ma aggiungono anche nuovi elementi per una ulteriore comprensione dei fenomeni tettono-sedimentari caratterizzanti le modalità di messa in posto delle liguridi, fenomeni fortemente interagenti con le ultime fasi di deposito del “Macigno costiero” e la sua definitiva tettonizzazione. Per altri settori dell’Appennino Settentrionale, e per Unità litostratigrafiche certamente comparabili con quelle oggetto di questa nota, ne è già stata data una possibile interpretazione in M. Rossi & P.L. Vercesi, 2011.

Esposizione dei dati

Le successioni considerate sono quelle, tutte ad elevato grado di scompaginamento tettonico, esposte:

- al piccolo promontorio del Fanale di Rocchetta (lato orientale di Piazza Bovio), delimitante ad est il porticciolo vecchio di Piombino;
- lungo il litorale cittadino compreso nella zona che si estende tra Via Amendola ed il Convento;
- lungo il Viale della Pace, conducente, in direzione nord, verso l’Ospedale;
- lungo il tratto di costa posto a nord di Spiaggia Lunga, di fronte allo Scoglio della Morte;
- lungo la trincea stradale di accesso all’Istituto Tecnico di scuola media secondaria ubicato nell’immediato entroterra del Golfo di Salivoli, in Via Michelangelo;
- al promontorio orientale del Golfo di Baratti.

Abbiamo dovuto rinunciare a riportare in figura, ossia su adeguato substrato topografico, le localizzazioni delle successioni considerate, dal momento che la maggioranza di queste (quattro su sei) cade all’interno di un’area fortemente urbanizzata. Crediamo tuttavia che le indicazioni fornite, ricavate dallo stradario cittadino, possa-

no rendere sufficientemente agevole la diretta osservazione sul terreno di quanto esposto a chi volesse tentarla.

Promontorio del Fanale di Rocchetta: nonostante la elevatissima tettonizzazione è possibile seguire l’evolversi di una successione di fitte scagliature sovrapposte che, a partire da tipi litologici calcarei grigi o neri con intercalazioni di straterelli di selce nea, argilloscisti fogliettati intercalati da arenarie fini e calcareniti scure (accoglienti un piccolo olistostroma diabasico), si arricchisce progressivamente di apporti arenaceo-calcarei e calcareo-detritici (da adesso qui definiti “tipo Macigno”, seguendo il suggerimento frequente in letteratura dato dagli A.A. che si sono trovati di fronte a situazioni simili). Le suddette litologie corrispondono, rispettivamente, alle Formazioni “fac” (complesso argilloso-calcareo), od “ac” (complesso argilloso-marnoso e calcareo) degli autori “autoctonisti” per quanto riguarda i litotipi scuri e più vecchi, ed a “fa” (complesso arenaceo), od “am” (arenarie calcareo-micacee con quarzo e feldspato), per gli altri (quelli calcareo-detritici) depositi successivamente ed almeno qui sovrascorsi dai primi. Le campionature qui effettuate (a poca distanza dal minuscolo olistostroma diabasico posto all’apice del piccolo promontorio) hanno dato sporadiche forme (rimaneggiate?) del Cretaceo superiore nei calcari, piccoli globigerinidi in arenarie calcaree fini, e globorotalie di tipo paleocenico ed eocenico (*Globorotalia* cf. *formosa* e *Globorotalia* cf. *bullbrookii*) in una passata arenacea quarzoso-feldspatica-carbonatica medio-grossolana ricordante il litotipo “cicerchina” della formazione della Pietraforte maremmana. Nella zona di saldatura del promontorio al litorale sottostante a Via del Popolo si incontrano alcune grosse bancate di arenaria ciottolosa (a grossi ciottoli, od a brandelli poco elaborati, derivati dai litotipi scuri o neri e dalle arenarie fini sopra ricordati). Tutto questo attesta la presenza di sempre possibili fenomeni

gli autori

Geologo, Viale Sicilia, 115 - Pavia

² Dip. Sci. Terra Univ. Pavia;

* e-mail vercesi@unipv.it

erosivi al momento della messa in posto delle torbide quarzoso-calcaree (vedi figura 1). Un analogo pacco di strati, in posto nella successione esposta nella zona di Capo Canaletto (a nord del Convento) ha fornito: *Chapmanina* (cf. *gas-sinensis*), *Discocyclusa* sp., *Amphistegina* sp., *Catapsidrax dissimilis*, *Globigerapsis* sp., *Cibicides* sp., *Globigerina venezuelana*, *Globoquadrina* sp., *Nummulites* (cf. *intermedius*). Ci sembra molto probabile una età posta nell' intervallo temporale compreso tra l'Eocene superiore e l'Oligocene basale (almeno).

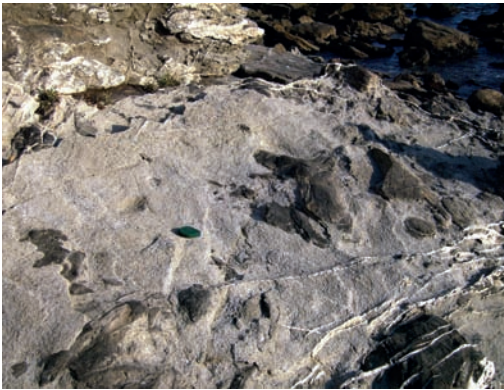


Figura 1: Sedimentazione arenacea grossolana “tipo Macigno” inglobante, al momento del suo depositarsi, brandelli del substrato sedimentario costituito dai calcari e selci neri della locale parte basale della Unità di Canetolo.

Zona di Viale della Pace: in una intercalazione argilloso-marnosa bianco avorio o giallastra ben evidente nella locale successione, inclinata ma praticamente indisturbata, del “Macigno costiero”, a granulometria medio-fine con intercalazioni siltoso-arenacee (si è qui in presenza della parte più alta della formazione) si sono trovate le forme seguenti: *Globigerinoides trilobus*, *Miogypsinoides* sp., *Cibicides cushmani*, *Elphidium* sp., *Ellipsoidina* sp., *Eponides abatissae*, *Marginalina* sp., *Robulus* sp., rotalidi. La più probabile datazione corrisponde almeno al passaggio Oligocene-Miocene basale. Nella stessa zona lo stesso litotipo (talora arricchito di detrito arenaceo o ciottoloso di calcare farinoso bianco) viene anche a trovarsi al tetto della successione apicale, esclusivamente siltoso-arenacea del “costiero”, vedi figura 2.



Figura 2: *Straterelli* argilloso calcarei detritici chiari posti, stratigraficamente, al tetto della successione apicale, finemente arenacea o siltosa, del “Macigno costiero”.

Zona dell'Istituto Tecnico di scuola media superiore: lungo la trincea stradale (Via Michelangelo) di accesso all'Istituto Commerciale (posto nell'immediato entroterra del Golfo di Salivoli, a poche centinaia di metri più ad occidente, in linea d'aria, dalla zona appena sopra ricordata), è possibile seguire una successione fittamente scagliata, soprattutto verso il basso, dove appare costituita quasi esclusivamente dall'Unità di Canetolo del tipo litologico (vedi figura 3) estesamente affiorante, a poca distanza, nella zona di Cala Moresca. Tale successione si evolve in un insieme ancora fortemente tettonizzato, ma a maggiore scala, ove di volta in volta predominano quattro diverse litologie: argiloscisti fogliettati, con intercalazioni calcaree, associati a grosse bancate (spesso ridotte a corpose amigdali imballate, vedi figura 4) di arenarie “tipo Macigno”, argille marnose e calcari chiari ed, infine, strutture incidenti tutto questo insieme scompaginato date da flussi trattivi arenaceo-conglomeratici di “Macigno costiero”, vedi figura 5. Una campionatura effettuata in queste ultime psammiti grossolane ha reso rari, ma significativi, macroforaminiferi (nummuliti di tipo oligocenico e lepidocline). Le lepidocline sono sicuramente delle stesse speci osservate a Punta delle Pianacce da Gasperi (1968) e da Montanari & Rossi (1983) per cui non ci dilungheremo ulteriormente nella loro descrizione. Zona litorale compresa tra la spiaggia sottostante il parcheggio di Via Amendola ed il Convento: nel tratto costiero a nord del porticciolo vecchio



Figura 3: Unità di Canetolo (membro di Cala Moresca) come affiorante nell'immediato entroterra del Golfo di Salivoli.



Figura 5: Nella stessa zona della figura precedente l'evidente "serrage" orogenetico risulta caratterizzato anche dalla presenza di flussi trattivi erosivi grossolani.



Figura 4: Un vistoso esempio di arenaria "tipo Macigno" imballata nella Unità di Canetolo, fortemente deformata, affiorante lungo la trincea stradale di accesso all'Istituto Tecnico secondario.

di Piombino affiora un insieme di scaglie tettoniche, variamente sovrapposte, in massima parte costituite da successioni comparabili sia con quella (certamente appartenente alla Unità di Canetolo) visibile al piccolo promontorio del Fanale di Rocchetta sia con quelle che si succedono lungo tutto l'asse maggiore dell'intero promontori di Piombino, da Punta delle Pianacce, sotto l'abitato di Populania, al Monte Massoncello e da qui fino alla zona del Gagno (sicuramente da ricondurre al classico "Macigno costiero" o "granitello"). In particolare si vuole segnalare la presenza di ripetute fitte alternanze di calcari e calcareniti scuri, argilloscisti neri ed arenarie "tipo Macigno" ed il loro stretto coinvolgimento quando gli eventi tettonici venivano ad interessare fortemente la loro Unità di appartenenza. Vogliamo poi rimarcare la presenza di una piccola piega serrata, con apparente vergenza a nordest, formata da sottili straterelli di argilloscisti scuri ed areniti fini della Unità di Canetolo, con arenarie calcaree "tipo Macigno" poste al nucleo (vedi figura 6), addossata ad una successione quasi verticalizzata di strati di "Macigno costiero". Ancora una volta viene a riproporsi con evidenza l'appartenenza, di fatto, a due diverse Unità stratigrafiche delle due similari formazioni detritiche qui descritte ("granitello costiero" e "tipo Macigno").

Zona di Baratti est: a sud di Poggio San Leonardo, dove si mostra in bella esposizione a picco



Figura 6: Argilloscisti siltoso-arenacei scuri piegati, con arenaria “tipo Macigno” al nucleo della piega, e strettamente coinvolti nella forte tettonizzazione subita dalla falda subligure addossatasi al Dominio Toscano.

sul mare il “Macigno costiero”. Tra questa faglia e la zona caratterizzata dagli affioramenti quaternari più orientali costituenti la battigia della parte centrale del golfo, si incontrano nuovamente dei terreni appartenenti alla Unità di Canetolo. Si tratta di calcareniti grigie a numuliti (visibili anche ad occhio nudo data l'erosione selettiva subita dalla roccia) e da un insieme fortemente scompaginato formato da argille marnoso-calcaree color giallo crema, nocciola o rossiccio, inglobanti spezzoni calcarei chiari, farinosi, e calcareniti chiare. Talora nella matrice argillosa si rinvenivano, zonalmente disseminate, piccole masserelle poco elaborate di tutte le tipologie costituenti la parte più bassa e più scura della falda subligure e noduli fangosi chiari, dissecati, più duri. Da questa stessa massa di fondo, inoltre, emergono agglomerati rotondeggianti di notevoli dimensioni, arenacei, microconglomeratici o conglomeratici tenaci, con cemento di color rosso ruggine e con rari piccoli clasti di rocce verdi. Una campionatura in questi ultimi ha rivelato la presenza, anche qui, di lepidocicline (eulepidine e nefrolepidine) come già visto sia per l'affioramento di “costiero” di Punta delle Pianacce sia per l'insieme tettonico bene esposto lungo la trincea stradale di accesso all'Istituto secondario. Anche in questo caso, dunque, vale l'attribuzione almeno all'Oligocene di questi ammassi arenaceo-conglomeratici. Dal momento che a poca distanza da qui, in

località Poggio al Lupo, in una cava aperta sul fianco meridionale del medesimo, più estese e spesse placche di strati calcarei e calcarenitici chiari (con fauna esclusivamente paleogenica) si associano ad una analoga, abbondante, matrice bianco-giallastra, solo leggermente più calcareo-marnosa di quella presente a Baratti est, ma provvista ancora di noduletti fangosi disseminati, si postula l'ipotesi che nella piccola cava di Poggio al Lupo si possa essere in presenza di un settore della falda subligure meno scompaginata (più distale?) ma non priva della presenza di apporti oligocenici arenaceo-detritici mesautoc-toni sul proprio dorso.

Zona litorale a nord di Spiaggia Lunga: percorrendo il sentiero verso Rio Fanale si incontra, inserito all'interno della qui ubiquitaria successione di “Macigno costiero”, un intervallo caotico arenaceo-calcareo grigio con vistosi spezzoni tabulari a spigoli vivi, anche pluridecimetri, di graniti (bianchi o rosa), quarziti, gneiss e filladi. Disseminati nello stesso intervallo si possono rinvenire anche clasti centimetrici ben arrotondati di andesiti, calcari neri, selce nera e rocce verdi. Geograficamente siamo qui posti praticamente di fronte allo Scoglio della Morte, dunque in un punto di facile reperibilità, dove il “Macigno costiero” appare, per almeno una decina di metri di spessore, di colore grigio scuro e fittamente disseminato di clasti spigolosi di rocce cristalline acide ed, in subordine, di calcari neri a ciottoli nettamente più arrotondati. In questa zona tutte le campionature sono risultate sterili. Siamo tuttavia propensi ad assegnare alla peculiare inclusione caotica a ciottoli (anche) andesitici una età oligocenica sia per la natura della roccia accogliente sia per analogia con altre situazioni (vedi la zona dell'Istituto e quella di Baratti est) già ricordate in questa nota.

Conclusioni

Nel loro insieme, i dati cronologici e quelli stratigrafici segnalati consentono le considerazioni seguenti:

1) la sedimentazione delle arenarie “tipo Macigno” (a nostro avviso provenienti dal bordo austroalpino del paleoceano ligure) inizia molto prima di quella del “Macigno costiero” (certamente derivante dal Massiccio sardo-corso),

forse fin dal Cretaceo se si vuole pensare alle strette analogie litologiche con alcuni intervalli detritici presenti nella Formazione di Antignano di tale età, sottostante stratigraficamente alla Formazione (ritenuta subligure) di Poggio San Quirico. Del resto le analogie tra quest'ultima formazione e la qui presente Unità di Canetolo (parte più alta della medesima) sono rilevanti, come ci pare possibile ravvisare in figura 7;

2) sicuramente la deposizione di arenarie "tipo Macigno" è già presente nella parte inferiore della qui affiorante Unità di Canetolo paleogenica e si incrementa nel tempo fino a poter divenire quasi predominante (od associata al deposito di un litotipo argilloso e calcareo marnoso chiaro) appena prima e durante le più precoci fasi di traslazione verso est di questa Unità.

In questo modo, con il suo perdurare, può anche aver contribuito allo smembramento precoce della parte apicale della falda subligure costituente, in questa fase, lo stesso substrato mobile (già contenente consimili, ma più vecchi, strati detritici) degli ultimi apporti di arenarie calcaree grossolane che vennero, così, a trovarsi in condizione di poterlo facilmente erodere;

3) nel proseguo dell'orogenesi appenninica tutti gli apporti di "tipo Macigno" (di età progressivamente diverse, via via più giovani, tra loro) vengono poi fortemente tettonizzati e talora incisi, assieme agli altri litotipi costituenti la falda subligure, dai flussi trattivi grossolani del "Macigno costiero" oligocenico, flussi che verso

est andavano a costituire classici lobi di torbida, prossimali o distali, scaricandosi all'interno dell'avanfossa appenninica;

4) al contempo, sempre nell'Oligocene medio-superiore, il tipo di sedimentazione argilloso-calcareo e calcareo-detritica chiara (come visto presente anch'essa fin dal Paleogene) veniva a prevalere, ove localmente perdurante, su altri possibili tipi di apporto, venendo così a connotarsi come sedimentazione tettono-sedimentaria. Quest'ultima sedimentazione, mesoautoctona, ancora in deposizione sugli alti tettonici in movimento, ossia tra un canale e l'altro di alimentazione del "costiero", è quella che attualmente si ritrova anche ad imballare i litosomi paleogenici (molto spesso argilloso-calcarei anch'essi) della falda subligure ed appare talora coinvolta con essi nelle fasi di deformazione finale più esasperate. Come detto, dal punto di vista litologico tale apporto non si discosta molto, se non per una maggiore presenza detritica, dai litotipi più chiari (leggermente più vecchi) che abbiamo già visto rappresentati in continuità sedimentaria in figura 7, al tetto della successione della Unità di Canetolo. In figura 8 si vede, anche meglio che non nella precedente, che in quest'ultimo intervallo cronologico (Eocene medio o medio-superiore) il substrato di tale Unità doveva già essere affetto dalle prime fasi di movimento traslativo. E si ritrova anche, la sedimentazione mesoautoctona di cui sopra, a costituire interstrati, posti ad altezze diverse, nella parte apicale della sedimen-



Figura 7: Parte più alta della successione subligure, connotata da una sedimentazione chiara prevalentemente calcareo-marnosa con interstrati argilloso-siltosi.



Figura 8: Stessa situazione della figura precedente, con l'evidenza di un maggior grado di scompaginato seriale e la presenza di un grosso strato di argilla detritica biancastra.

tazione torbiditica di avanfossa ed associata ad olistostromi, più o meno della stessa età, dalla complessa litologia interna (attestante una configurazione paleogeografica mobile ed in continua evoluzione);

5) la sedimentazione "tipo Macigno", in sintesi, risulta essere la conseguenza del persistere di una situazione strutturale posta al bordo della placca austroalpina e rispondente con il proprio smantellamento ai movimenti traslativi ed orogenetici di quest'ultima. Quella del "Macigno costiero", più limitata nel tempo (volendo qui considerare solo le successioni presenti nell'avanfossa oligocenica e non anche nel bacino ligure, specialmente quello interno), appare come la risposta proveniente dal Massiccio sardo-corso al momento del suo massimo avvicinamento alla suddetta zona insubrica. Le due tipologie sedimentarie sono state impedita a riunirsi dalla messa in posto delle falde liguri più precoci ed orientali che vennero a ricoprire la stessa fonte di alimentazione delle arenarie quarzoso-feldspatiche-arenacee costituenti, almeno nelle loro più giovani successioni, il cosiddetto "tipo Macigno".

Csornamusini G., *Sand-rich turbidite-system of the Late Oligocene Northern Apennine foredeep: physical stratigraphy and architecture of the "Macigno costiero" (Coastal Tuscany, Italy)*. Confined Turbidite Systems, Lomas S. A. ed., Geol. Soc. London, 2004 b, pp. 261-283.

Gasperi G., *Geologia del promontorio di Piombino (Livorno)*, Mem. Soc. Geol. It., vol. 7, 1968, pp. 11-28.

Montanari L., Rossi M., *Evoluzione delle Unità stratigrafico-strutturali terziarie del nordappennino. 2-Macigno e Pseudomacigno*. Mem. Soc. Geol. It., vol. 25, 1983, pp. 185-217.

Rossi M., Vercesi P.L., *La sedimentazione detritica dell'Unità di Canetolo nell'intervallo Oligocene-Miocene inferiore: nuovi dati dalle successioni della Val d'Aveto, M.te Arzò ed alta Val Nure (appennino Settentrionale)*. Atti Tic. Sci. Terra. vol. 11, serie spec., 2011, pp. 27-43.

Bibliografia

Bertini M., Centamore E., Jacobacci A., Nappi G., *Note Illustrative C.G.I., Foglio 127 "Piombino"*, 1969, pp. 1-66.

Centamore E., *Primi risultati del rilevamento geologico di alcune tavolette del Foglio 127 "Piombino" (Toscana)*. Boll. Soc. Geol. It., vol. 88. 1967, pp. 3-25.

Cornamusini G., Costantini A., *Sedimentology of a Macigno turbidite section in the Piombino-Baratti area (northern Apennines, Italy)*. Giornale di Geologia, vol. 39/1-2, 1997, pp. 129-141.

Cornamusini G., Elter F.M., Sandrelli F., *The Corsica-Sardinia Massif as source area for the early northern Apennines foredeep system: evidence from debris flows in the "Macigno costiero" Late Oligocene, Italy*. Int. J. Sci. (Geol. Rundsch.), 2002, 91, pp. 280-290.

Cornamusini G., *Evoluzione deposizionale di un settore del sistema catena-avanfossa dell'Appennino Settentrionale: stratigrafia fisica e sedimentologia del Macigno della Toscana meridionale*. Boll. Soc. Geol. It., vol. 123, 2004 a, pp. 201-227.

Stratigrafia e morfologia del Pleistocene nel Comune di Rosignano Marittimo

Roberto Branchetti¹, Renzo Mazzanti², Aldo Miliani²

Parole chiave: Stratigrafia, morfologia costiera, Pleistocene, Rosignano M.mo

Dalla metà del secolo scorso si sono susseguiti gli studi di geologia e morfologia costiera nell'area tra Livorno e Rosignano su sedimenti del Pleistocene e dell'Olocene.

In questo lavoro, breve aggiornamento del quadro su tutta la Toscana costiera di Boschian et al [9], vengono presentate due novità:

- una prima riguarda la precisazione di affioramenti di calcareniti in precedenza considerate di età pleistocenica superiore possono, più correttamente, venire attribuite all'inferiore-medio;
- una seconda riguarda la particolare morfologia, definita: «fessura ampliata sul fondo a solchi di battente» presente sulla costa in calcareniti del Pleistocene superiore allo Scoglietto che potrebbe definirsi una struttura in fieri per diventare un'altra Baia tipo Crepatura.

Introduzione

Nel territorio del Comune di Rosignano M.mo sono ancora ben visibili molte località di grande interesse geologico e morfologico; alcune per essere visitate richiedono escursioni sui Monti Livornesi, in realtà alte colline, tra Rosignano M.mo e il Fiume Chioma, con un minimo di attrezzatura da campagna e qualche passeggiata «fuori strada». La prima località di grande interesse per la stratigrafia del Pleistocene inferiore e medio si trova alla stretta del Fiume Fine a le Fabbriche e dintorni, comodamente raggiungibile in automobile; la seconda è a disposizione per il Pleistocene superiore in una bella passeggiata lungomare tra la Villa Casamarina e la Punta del Lillatro; la terza, alla Buca dei Corvi, attualmente nella parte più interessante è raggiungibile traversando una proprietà privata, comunque facilmente la si può raggiungere anche dal mare con un gommone o, più semplicemente, con una piacevole nuotata dalla Baia del

Quercetano. Nel corso di questa nostra esposizione del Pleistocene del Comune di Rosignano M.mo faremo anche qualche riferimento alla piana-terrazzo gemella di Livorno che presenta molte analogie con quella di Rosignano oltre, ormai, una urbanizzazione più avanzata che riduce la ricerca geologica a un'operazione di scavi e di sondaggi.

gli autori

¹ Museo di Storia Naturale,
via Monte alla Rena, 41,
57016 Rosignano Solvay

² Gruppo Archeologico Paleontologico
Livornese
c/o Museo di Storia Naturale
del Mediterraneo,
via Roma 230, 57127 Livorno

La stratigrafia del Pleistocene tra la Stretta del Fiume Fine presso le Fabbriche e il mare

La figura 1 mostra l'ubicazione della località le Fabbriche sui depositi alluvionali del Fiume Fine il cui corso non è rappresentato per rendere la figura più schematica e quindi più semplice.

La figura 2 corrisponde alla sezione geologica indicata dal tratto A – B in figura 1 e rappresentato con un forte ingrandimento della scala delle altezze rispetto a quella delle lunghezze (sezione Y) per rendere comprensibile il disegno rispetto a quello nel basso della figura 2 nel quale le altezze e le lunghezze sono alla stessa scala (sezione X).

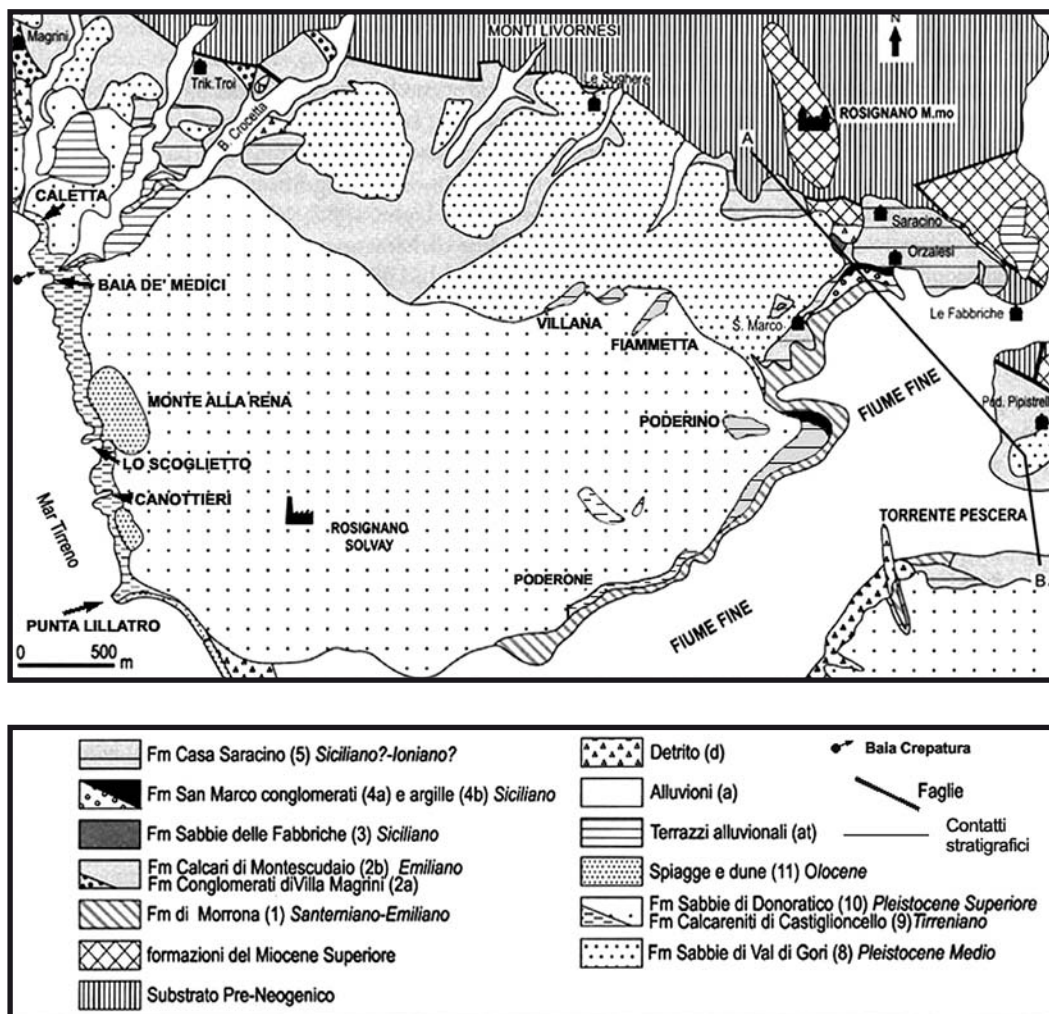


Figura 1: Carta geologica schematica da Rosignano M.mo al Mare, da [12].

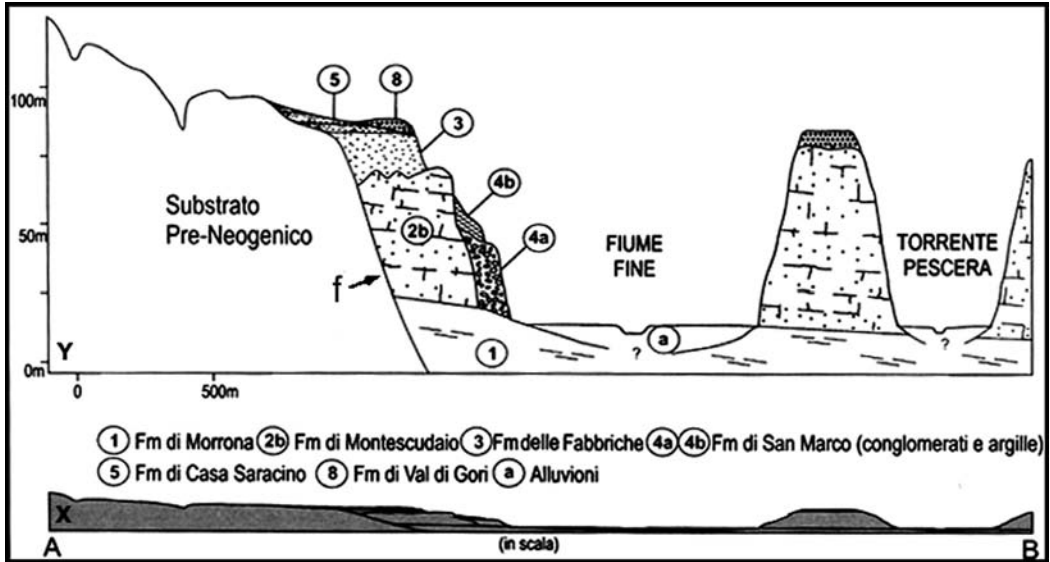


Figura 2: Sezione geologica A-B di figura 1, da [12].

Il Fiume Fine, dopo aver traversato la parte centro-meridionale del Bacino mio-pliocenico del Tora-Fine in direzione Nord-Sud volge a Ponente e incide, in corrispondenza di le Fabbriche, la punta meridionale dei Monti Livornesi. Questi sono costituiti per la maggior parte da rocce molto più antiche dei sedimenti del Miocene superiore e del Pliocene inferiore e medio che si sono depositati nel Bacino del Tora-Fine e solo ai bordi dei rilievi dei Monti Livornesi. Ancora per semplicità non ci occuperemo della stratigrafia dei Monti Livornesi che, nelle figure 1 e 2 è rappresentata senza distinzioni come «substrato pre-pleistocenico».

La Stretta de le Fabbriche, non considerando le alluvioni (a in figura 2), a rigore è incisa, oltre che in sedimenti pleistocenici, nei quali mostra gran parte delle stratigrafie, del substrato pre-pleistocenico in un minuscolo affioramento di rocce antiche dei Monti Livornesi tagliate da linee di faglie a direzione NO-SE. Queste ultime delimitano, verso NE il Bacino del Tora-Fine da quello verso SO noto come di Castiglioncello-San Vincenzo, del quale la figura 1 mostra la geologia della punta di NE e che, a differenza del precedente, è ricco di sedimenti pleistocenici. La figura 2 segna il substrato pre-pleistocenico

delimitato dalla linea f la cui inclinazione reale appare nella sezione X, mentre ovviamente è esasperata in ripidità nella sezione Y per l'aumento della scala delle altezze. La faglia f in figura 2 è molto importante anche se è stato possibile rilevarla solo a tratti; infatti (figura 1) è segnalata solo a Nord del Podere Pipistrello, ad Ovest del Podere Saracino e de Le Sughere fino poco a Nord di Trik Troi; ma i tratti nei quali non è visibile non ne vanno considerati privi, ma solo che è nascosta da sedimenti che si sono depositi dopo la sua attività. Così dalla figura 1 si può dedurre che l'attività di questa faglia è stata precedente alla deposizione delle alluvioni oloceniche (a), delle Sabbie rosse di Val di Gori (8) datate al Pleistocene medio, della Formazione di Casa Saracino (5) attribuita con riserva al passaggio tra Pleistocene inferiore e Pleistocene medio; al contrario si può asserire che tale attività è stata precedente (o tutt'al più contemporanea) alla deposizione dei Conglomerati di Villa Magrini (2a) e alla Formazione di Montescudaio (2b) del Pleistocene inferiore. Per quanto riguarda l'attività della medesima faglia prima o durante la deposizione della Formazione di Morrone (1), anch'essa risalente al Pleistocene inferiore, è sicuramente

te suggerita da quanto osservabile in altri affioramenti estranei alla figura 1 [9].

Conglomerati di Villa Magrini

Nell'area della figura 1 è possibile vedere questa formazione sulla destra del Botro Grande in corrispondenza della Villa Magrini (località scelta come tipo) e presso la Casa Trik-Troi, tagliata dalla faglia che da quest'ultima giunge fino a Casa Solferino. Giace alla base del primo cuneo sedimentario del Pleistocene inferiore direttamente, con strati in discordanza, sopra le Argille a Palombini del substrato pre-pleistocenico. È costituita da un conglomerato eterometrico ed eterogeneo, in prevalenza formato di clasti provenienti dalla formazione sottostante; la matrice è sabbiosa e sabbioso-marnosa. Non essendovi stati rinvenuti fossili, non è possibile una determinazione cronologica diretta, che tuttavia risulta con certezza dalla posizione stratigrafica delle formazioni, ben datate, di Morrone e di Montescudaio che la sormontano o ne fanno passaggio laterale. Per la facies di sedimentazione il riferimento ad un ambiente marino a ridosso di falesia, raggiunto da torbide fluviali con presenza di ciottoli, viene indicato dal tipo litologico e dalla giacitura tutt'altro che continua.

Formazione di Morrone

Formazione costituita in prevalenza da argille, più o meno sabbiose, in origine indicata come delle «Argille e sabbie ad *Arctica islandica*». Affiora con modesti spessori, sotto i depositi quaternari più recenti, sul greto del Botro Crocetta e in destra del Fiume Fine ma ne è stata segnalata la presenza, ora nascosta da un muro, anche sul litorale nella punta più settentrionale della Baia Caletta (figure 1 e 3). Malgrado l'esiguità di questi affioramenti queste argille sono diffusissime nel sottosuolo di Rosignano Solvay dove sono state incontrate con spessori fino a 300 m da alcuni sondaggi. Per quanto riguarda l'ambiente di sedimentazione, l'integrazione dei dati micropaleontologici con quelli di altra natura (spessore, litologie, ecc.) suggerisce la deposizione in un bacino in subsidenza, interes-

sato da apporti terrigeni più o meno consistenti; le probabili oscillazioni della velocità della prima e le variazioni periodiche della quantità dei secondi determinavano batimetrie variabili nel tempo, ma sempre contenute tra quelle della parte più profonda della zona neritica interna e i 100 m di pertinenza della zona neritica esterna. I macrofossili vi sono frequenti; tra essi ricorre comunemente *Arctica islandica*, un lamellibranco che assicura alla formazione un'età pleistocenica, in quanto sebbene ancora vivente, non è più presente nel Mediterraneo dalla fine delle glaciazioni. Precise indicazioni cronologiche sono attualmente fornite dai micro e, soprattutto, dai nannofossili con la presenza di *Hyalinea baltica* tra i primi e di *Helicosphaera sellii* tra i secondi che ne assicurano l'appartenenza al piano Emiliano, cioè centrale del Pleistocene inferiore.

Formazione di Montescudaio

Si tratta di calcari detritici più o meno ricchi di frazione sabbiosa e a varia cementazione; nella parte basale compaiono spesso delle marne silteose bianche e intercalazioni di sabbie grossolane. Gli strati, nettamente suddivisi in elementi di 30-50 cm di potenza nella parte inferiore, aumentano di spessore nella parte media per passare verso l'alto a grossi banchi. Nell'insieme questa formazione è piuttosto omogenea, come indicato anche da uno spessore molto costante di circa 100 m. Giace al di sopra dei Conglomerati di Villa Magrini e al di sotto, o intercalata, alla Formazione di Morrone. I macrofossili sono comuni, talora abbondantissimi ma spesso molto frammentari; notevole il ritrovamento di *Arctica islandica* e di *Mya truncata* che, insieme a quello di *Turritella vermicularis*, hanno permesso un riferimento all'Emiliano. Con i Calcari di Montescudaio, già in fase regressiva nella loro parte medio-alta, si chiude il primo cuneo sedimentario del Pleistocene inferiore nel Bacino di Castiglione – San Vincenzo. Questo giunge ad emergere come indicano i solchi di erosione rinvenuti in più località negli strati di tetto di questa formazione (si veda al tetto di quest'ultima la figura 2). La fase erosiva che ha prodotto questi solchi viene indicata di post-Montescudaio.

Formazione delle Sabbie delle Fabbriche

Il secondo cuneo sedimentario del Pleistocene inferiore, discordante sul primo, è costituito dalle Sabbie delle Fabbriche, datate al Siciliano (piano superiore del Pleistocene inferiore), note dai sondaggi sia nel Bacino del Vald'Arno inferiore sia in quello di Castiglioncello - San Vincenzo. In affioramento compaiono solo in quest'ultimo, lungo la strada Rosignano M.mo - Fabbriche in Val di Fine, secondo la descrizione data da Bartoletti et al. [4]. Nell'unico punto dove è visibile il contatto con la Formazione di Montescudaio (in prossimità dell'ingresso al Podere Grotti) (figura 2), alla base delle Sabbie delle Fabbriche è presente un livello di circa 30 cm di spessore, costituito da argille sabbiose e piccoli ciottoli sparsi, che si insinua in tasche d'erosione aperte nell'unità sottostante. L'unità delle Fabbriche presenta contenuti microfau-nistici nell'insieme assai simili, anche se in genere meno abbondanti, a quelli sottostanti della Formazione di Montescudaio, per cui si può presumere anche per questa un significato di deposito in acque di modesta profondità. Altrettanto non si può invece affermare per l'età: la presenza di *Aurila puncticrucata*, *Mutilus evolutus* (ambidue alquanto frequenti) e *Callistocythere intricatooides* nelle ostracofaune, ma soprattutto l'abbondanza di *Gephyrocapsa* spp. con morfotipi di piccole dimensioni tra le nan-noflore, assicurano l'attribuzione al Siciliano, anche se non è presente il marker di quest'ultimo. Il nannoplancton calcareo limita addirittura il riferimento alla parte inferiore di questo piano [12].

Formazione di San Marco

Attualmente gli strati della Formazione di San Marco nella varietà di Conglomerati di base e di Argille marnose di tetto, (terzo cuneo sedimentario del Pleistocene inferiore) restano visibili solo nell'affioramento dei pressi della Casa San Marco in Val di Fine, dove sormontano le argille della Formazione di Morrone, i calcari della Formazione di Montescudaio e sono sormontati dagli strati della Formazione di Casa Saracino (figure 1 e 2). Si tratta di una profonda incisione valliva verosimilmente mo-

dellata in più fasi erosive ad iniziare dalla fase di post-Montescudaio, con incisioni decimetriche riempite dalle Sabbie delle Fabbriche del Siciliano basale, per continuare con la fase fluviale del Fiume Fine post-Fabbriche. Quest'ultimo fiume (figure 1 e 2) ha operato una profonda incisione attraverso lo spessore di circa 20 m delle Sabbie delle Fabbriche e di circa 100 m dei calcari della Formazione di Montescudaio fino ad intaccare per alcuni metri il tetto delle argille della Formazione di Morrone; successivamente ha riempito questa profonda incisione con uno spessore di almeno 40 m di sedimenti della Formazione di San Marco per poi vedere affogata la sua opera scavatrice dal riempimento eolico delle arenite della Formazione di Casa Saracino, tra la fine del Siciliano e forse l'inizio del Pleistocene medio; secondo quanto suggerisce la sua posizione stratigrafica perché finora non vi sono state trovate associazioni micro o macro paleontologiche cronologicamente significative.

Formazione di Casa Saracino

Questa unità stratigrafica è stata definita da Dall'Antonia et al. [12] al posto della «Panchina di Grotti», istituita da Bartoletti et al. [4], in quanto il toponimo Grotti è risultato già in uso per un'unità del Miocene superiore. Mazzanti [26] ha posto in sinonimia la «Panchina di Grotti» con la Formazione di Bibbona, affiorante nella bassa Val di Cecina, dopo averne riconosciute le identità delle posizioni stratigrafiche e le, almeno apparentemente, molto simili caratteristiche macroscopiche dei rispettivi ambienti di sedimentazione. Tuttavia il mantenimento della ex «Panchina di Grotti», sotto il nuovo nome di Formazione di Casa Saracino, ha una sua giustificazione. La descrizione iniziale di Bartoletti et al. [4] è la seguente: «Si tratta, in affioramento, di un deposito molto omogeneo formato da una calcarenite sabbiosa, uniformemente suddivisa in lamine piane di circa 1 cm di spessore, estese anche diversi metri e inclinate di 25-30° sui giunti di strato. Questi marcano un'altra suddivisione in unità da decimetriche a metriche. Lo spessore totale di questi strati si aggira sui 30 m». Il più recente studio della natura micro-sedimentologica degli strati della Formazione

di Casa Saracino [12] ha chiarito i lineamenti litologici e sedimentologici nel senso di una loro deposizione in un ambiente di retrospiaggia dominato dalla attività eolica con sparse e molto frammentarie dispersioni di microfossili molto usurati e minuti frammenti di macrofossili di mare costiero, ovviamente tutti rimaneggiati negli strati arenitici deposti dal vento.

Per quanto riguarda l'età di questa formazione si deve ancora constatare l'assenza di elementi diretti, cronologicamente significativi, e la necessità, quindi, di supplirvi per via indiretta attraverso le indicazioni della giacitura. Questa risulta compresa tra la deposizione delle Sabbie delle Fabbriche, sul Fiume Fine (Figura 1), ben datate alla base del Siciliano (cioè la frazione superiore del Pleistocene inferiore, intorno a 0,8 Ma), e la deposizione delle Sabbie di Val di Gori, che, come vedremo, risale almeno alla seconda metà del Pleistocene medio.

Conglomerati di Villa Battaglia

Ai due lati del Botro Quercetano, fra La Ragnaia e Casa Casina, fra le quote 70 e 145 m, e lungo la strada per Casa Campofreno, fra le quote 61 e 124 m, compaiono residui di morfologie assai piatte e dolcemente declinanti verso il mare, di necessaria abrasione marina che sono comuni a tutte le falesie rocciose della Toscana, presentano solo sporadici residui di ciottoli, sabbie e talora sicuri fori di Litodomi a garanzia di una formazione marina (figura 3). Essi furono attribuiti al terrazzo delle Spianate [11] e in seguito al Terrazzo I del Pleistocene medio [15]; infine Boschian et al. [9] hanno fatto notare che il lembo del Polo Nord (figura 3) di questo terrazzo risulta separato dal lembo di Casa Campofreno dall'incisione della valle del Botro Grande che, proprio all'altezza dei due lembi di questo terrazzo, risulta riempita dalle Sabbie di Val di Gori per cui il modellamento di quest'ultimo botro va ritenuto ovviamente posteriore a quello del terrazzo ed anteriore alla deposizione di quest'ultime sabbie. Comunque il modellamento morfologico di questo terrazzo risale al Pleistocene medio non iniziale.

Sabbie rosse di Val di Gori

Si tratta di un sedimento massivo, prevalentemente sabbioso ma con notevole quantità di scheletro argilloso, di colore rosso più o meno vivace; talora contiene piccole lenti di breccie o di ciottoletti minuti. Non vi sono mai stati ritrovati fossili ma ha fornito resti di industria clactoniana e bifacciale [37]. Gran parte di questo sedimento è alterato in suoli rubefatti *Palixeralf* tipici e *Rodoxeralf* tipici [30] che richiedono di essersi sviluppati anteriormente all'interglaciale Riss-Würm. Lo spessore è sempre molto vario in conseguenza del fatto che la sedimentazione si è imposta su un substrato morfologicamente molto inciso per la presenza di valli di diversa profondità; può raggiungere un massimo di circa 20 m, ma mediamente ha valori compresi entro i 5 m.

Tutte queste caratteristiche sono tipiche di una formazione in ambiente continentale per azioni miste prevalentemente eoliche e colluviali, senza l'esclusione di temporanei e minori episodi di esondazioni torrentizie. L'attribuzione cronologica di questo sedimento è stata eseguita [16] sulla base della presenza delle industrie clactoniana ed acheuleana, ben rientranti nel quadro del Pleistocene medio. Comunque la deposizione delle Sabbie rosse di Val di Gori è avvenuta dopo un episodio fluviale che ha inciso, più o meno profondamente, il Terrazzo della Fattoria Pianacce. Ciò appare evidente a Castiglioncello (figura 3), dove le Sabbie rosse di Val di Gori riempiono la Valle della Ragnaia, incisa, più in basso, tra due lembi residui della spianata del Terrazzo della Fattoria Pianacce, senza che al suo fondo appaiano minimamente i Conglomerati di Villa Battaglia. Questa giacitura garantisce che l'incisione di questa valle è posteriore alla formazione della spianata del terrazzo che la sovrasta sui due fianchi. Una situazione geomorfologica analoga è presente anche nel Rio Ardenza, nel Livornese [21], ciò che ha suggerito che l'accumulo eolico delle Sabbie rosse di Val di Gori sia avvenuto dopo un certo tempo dal modellamento della spianata del Terrazzo della Fattoria Pianacce (o Terrazzo I del Pleistocene medio).

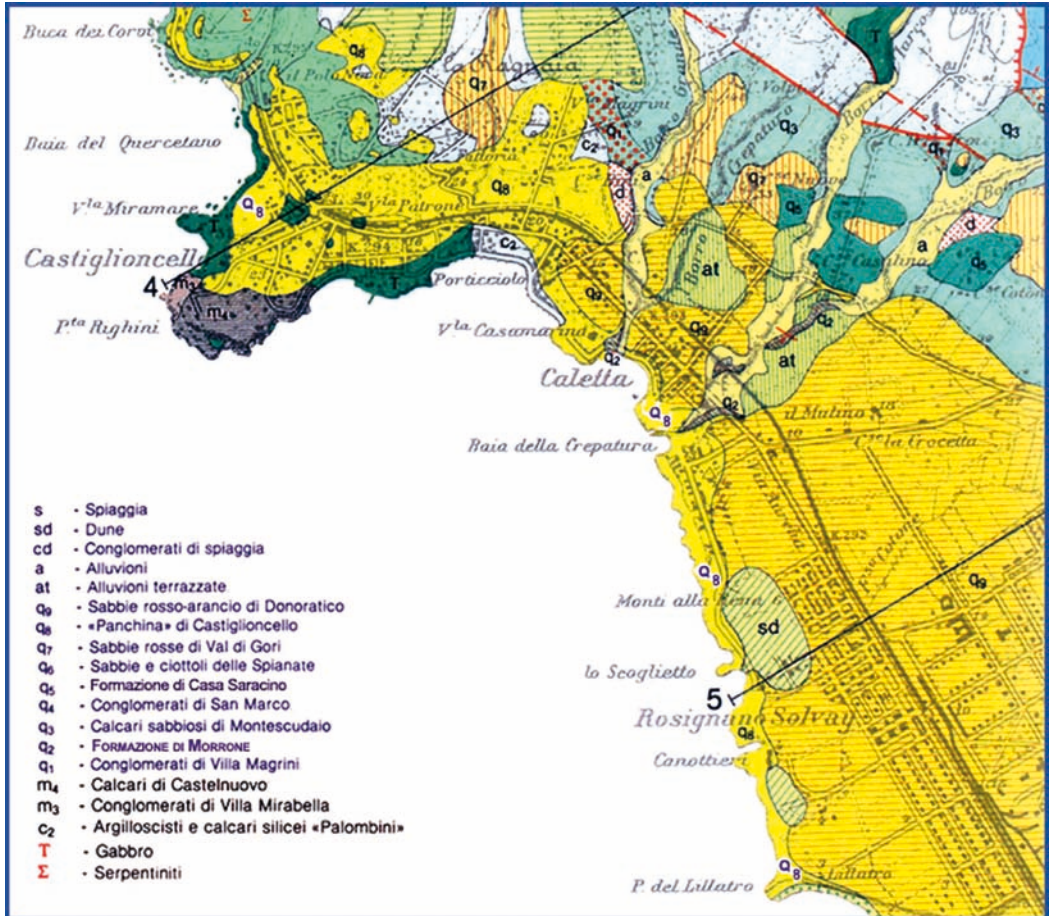


Figura 3: Carta geologica dalla Buca dei Corvi alla Punta del Lillatro, stralcio dalla Carta geologica del Comune di Rosignano Mmo., da [4].

Calcareniti di Castiglioncello

Questa formazione, molto nota nel litorale livornese perché affiorava dalla Fortezza Vecchia fino al Rio Maroccone di Antignano, è sempre stata chiamata «Panchina» per la facilità con la quale viene suddivisa in lastre, per la leggerezza, relativa resistenza, ottima presa alle malte, tutte virtù per una eccellente pietra da costruzione. Nota agli Etruschi, è stata cavata dagli affioramenti del litorale fino nel XVII secolo, quando c'è stata costruita sopra la città di Livorno. L'escavazione è continuata più a

Sud, sempre lungo il litorale per il vantaggio del trasporto in città e fino a Pisa con navicelli, attraverso l'omonimo canale: famosi sono «il Cavone», tanto grande che nel suo spiazzo successivamente è stato costruito lo Stadio dell'U.S. Livorno, e il «Monte Tignoso», contornato da «Panchina», descritta e figurata per la prima volta dal generale De La Marmora [13]. L'affioramento della Buca dei Corvi di Castiglioncello è stato scelto come «zona tipo» per la stratigrafia nel corso del IV Congrès INQUA, Roma-Pisa [8] con la seguente successione stratigrafica dal basso: 1 – rocce verdi del sub-

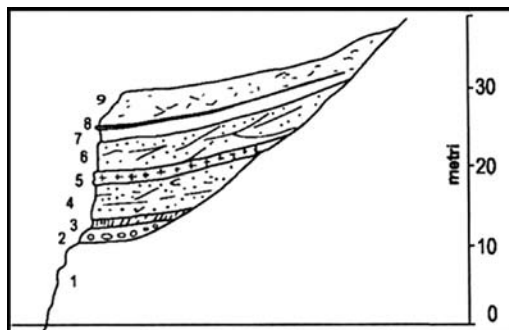


Figura 4: Sezione della Buca dei Corvi: 1 = Substrato (rocce verdi); 2 = Spiaggia fossile; 3 = Limo rosso; 4 = Duna I; 5 = Brecce; 6 = Duna II; 7 = Loess; 8 = Suolo rosso; 9 = Loess rimaneggiato, da [32].

strato con superficie di trasgressione a quota 12 m, 2 – paleospiegia del Tirreniano, 3 – limo rosso (verosimilmente colluviale), 4 – duna I (in Calcareniti di Castiglioncello di facies marina alla base e al di sopra eolica), 5 – brecce (in prevalenza con clasti ofiolitici), 6 – duna II (figura 4).

Le Calcareniti di Castiglioncello, talora con piccole sacche di conglomerati alla loro base, sono il primo sedimento che sormonta la spianata d'abrasione marina del Terrazzo del Pleistocene superiore. Questo può presentarsi in un residuo minimo, come alla Buca dei Corvi e negli sparsi affioramenti fra Quercianella e Castiglioncello, o in un'ampia piana-terrazzata come a Livorno o nella Piana-terrazzata di Rosignano Solvay – Punta del Lillatro (figura 3).

Da un punto di vista petrografico questa unità formazionale è costituita da sabbie a grana media e grossolana a diverso grado di cementazione. La sabbia è composta in prevalenza da granuli carbonatici bioclastici ai quali è associata una frazione non carbonatica in percentuale variabile ma che normalmente non supera un terzo del totale. I clasti carbonatici sono costituiti in prevalenza da Foraminiferi e da frammenti di Alghe calcaree; seguono i frammenti dei gusci di Lamellibranchi, Gasteropodi, Echinodermi, Serpulidi, ecc. I clasti non carbonatici sono prevalentemente costituiti da granuli monocristallini o policristallini di quarzo e di selce; sono pure frequenti granuli di minerali femici provenienti dalle ofioliti. Sempre acces-

sori sono i granuli di feldspati. Il cemento, in percentuale da un quarto a metà della roccia, è calcitico ed essenzialmente spatico. La sua distribuzione non è uniforme, sia a grande, sia a piccola scala, per cui la roccia ha un aspetto spugnoso e vacuolare in generale e poroso in particolare.

La massa di questo sedimento appare talora massiccia, altre volte stratificata e/o laminare in elementi sia orizzontali, sia inclinati che incrociati. Sono inoltre frequenti strutture sedimentarie e diagenetiche. Le prime sono vari tipi di lamine (di spiaggia sia emersa che sommersa e di duna), le piste dei fossatori, le impronte di calpestio e di radici; le seconde sono le «concrezioni orizzontali» e le «concrezioni verticali», descritte da Mazzanti e Parea [28] e interpretate come dovute a un lento percolamento nella falda freatica, le prime alla base e le seconde al tetto della massa del sedimento che spesso al centro ne è privo.

Malgrado questa formazione risulti per più di due terzi dalla triturazione di conchiglie, non è frequente la loro presenza integrale e in buono stato di conservazione con l'eccezione della «spiaggia fossile» della Buca dei Corvi, che dovette corrispondere a un cumulo di tempesta rapidamente sepolto, e quindi protetto, da una duna formata dalla stessa calcarenite con evidente stratificazione incrociata di tipo eolico. La fauna fossile della Buca dei Corvi, unica cronologicamente significativa nell'ambito degli affioramenti tra Livorno e la Punta del Lillatro, fino all'escavazione del Bacino di carenaggio della Torre del Fanale, fu riconosciuta del Tirreniano da Blanc [8] per la presenza di *Cantharus (Pollia) viverratus* e di *Polinices lacteus* e questa attribuzione è stata convalidata dal successivo ritrovamento di *Conus testudinarius* [4].

Lo spessore di questa formazione varia in genere con le sue facies. Alle facies di spiaggia, sia sommersa che emersa, corrispondono spessori sempre modesti di circa uno, non più di quattro metri; alle facies eoliche corrispondono spessori maggiori fino a circa 20 m, quando a ridosso di una paleofalesia.

Altri dati molto interessanti sulle stratigrafie del Pleistocene del Bacino di Castiglioncello-Donoratico sono stati forniti da un buon numero di sondaggi nella Piana-terrazzata di Rosignano Solvay – Vada [4]. Da questi dati risulta

che l'ingressione marina del Tirreniano, di frequente, invece che con le calcareniti è iniziata con un livello conglomeratico dello spessore di 50 cm – 1m che può sostituirla del tutto ed allora raggiungere o sorpassare i 4 m nel sondaggio A di figura 5. Queste perforazioni hanno anche messo in buona evidenza che i livelli di calcarenite sono più di uno e si intercalano talora a livelli di conglomerati, di sabbie e di argille a costituire sequenze che sono state interpretate come l'espressione dell'esistenza di almeno due cicli sovrapposti del Tirreniano (figura 5 nei sondaggi da A a G e cioè Tirreniano I (=5e) e II (=5c) da A a D e solo Tirreniano I (=5e) da E a G, pozzi localizzati in figura 6. Lo spessore massimo dei sedimenti attribuiti al Tirreniano I è di circa 15 m, quello del Tirreniano II non raggiunge i 5 m.

Sabbie rosso arancio di Donoratico

Questa formazione sormonta le Calcareniti di Castiglioncello o, direttamente, talora rocce preneogeneiche (Macigno, ofiolti, Argille a Palombini); sulla costa alta a falesia è presente solo in limitatissimi affioramenti mentre occupa le superfici superiori delle ampie piane-terrazzi di Livorno e di Rosignano, senza trovarsi più direttamente lungo le coste dalle quali è stata erosa sia durante le mareggiate maggiori sia in occasione dei più violenti venti di terra o addirittura dal dilavamento pluviale. In prevalenza è costituita da sabbie molto fini, di accumulo eolico e di colore rosso-arancio, probabilmente derivato da quello di materiali detritici provenienti in gran parte dallo smantellamento di depositi già molto arrossati per una incipiente fase pedologica (inceptisuioli). Le strutture sedimenta-

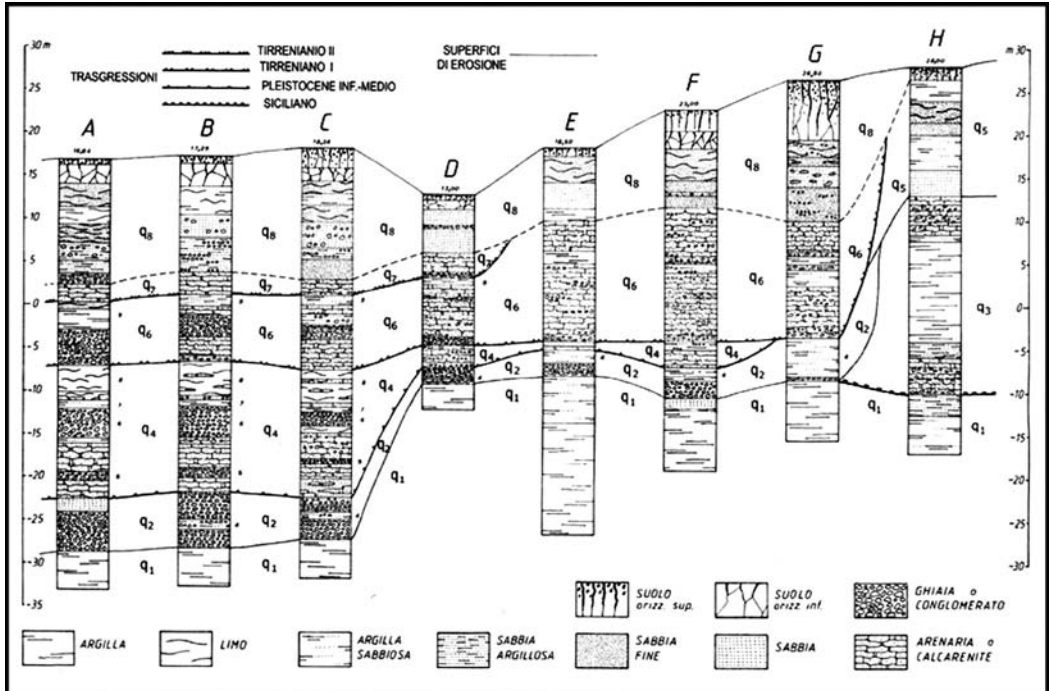


Figura 5: Stratigrafie dei pozzi del retroterra di Vada; le sigle indicano le seguenti formazioni: q1 = Formazione di Morrone, q2 = Formazione di San Marco, q3 = Sabbie delle Fabbriche, q4 = Formazione di Casa Saracino, q5 = Sabbie di Val di Gori, q6 = Calcareniti di Castiglioncello (OIS 5e), q7 = Calcareniti di Castiglioncello (OIS 5c), q8 = Sabbie di Donoratico Würm I e II, da [4], OIS = stratigrafie datate radiometricamente secondo il § 18 O [42].

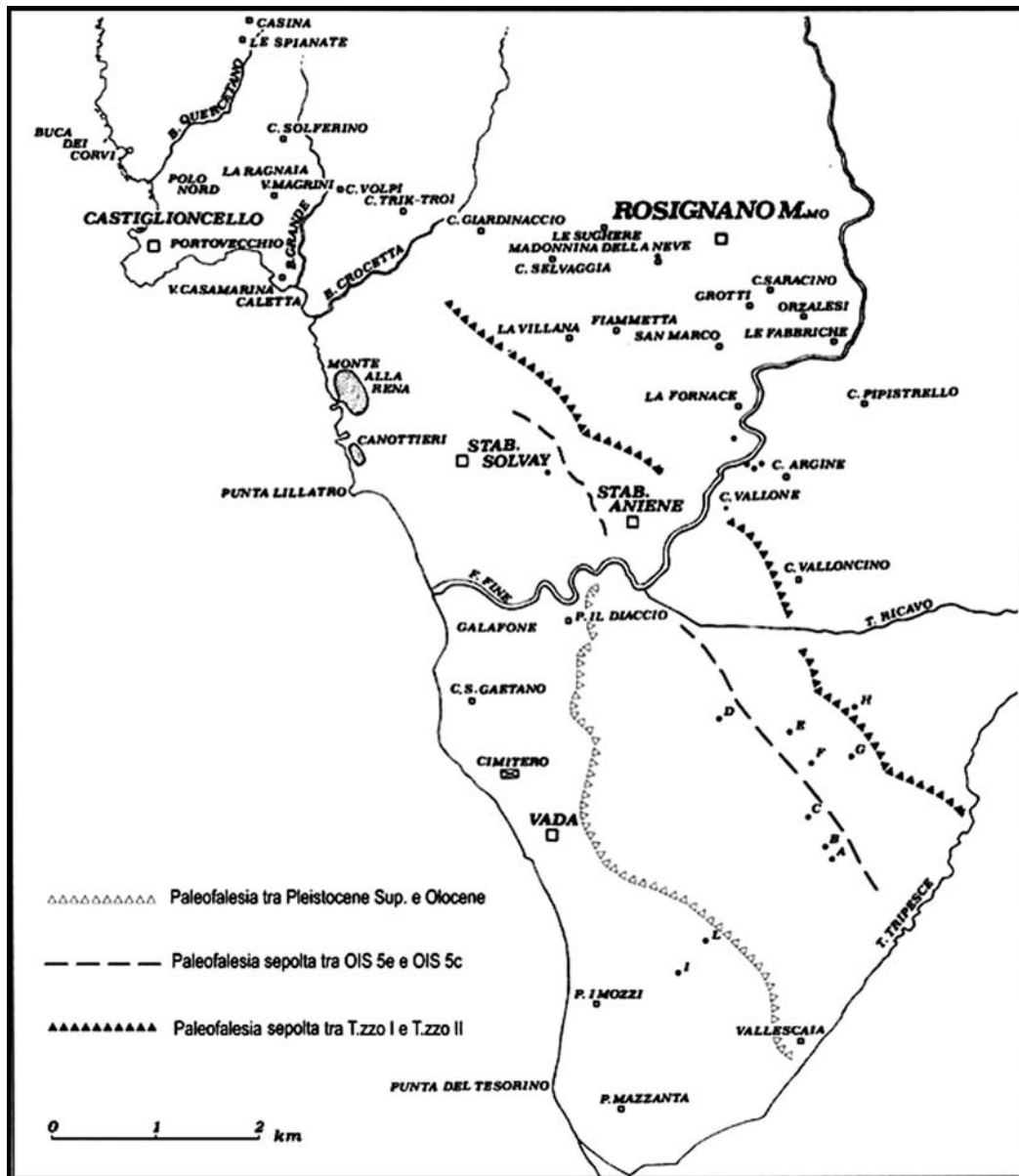


Figura 6: Ubicazione delle località della parte meridionale del Comune di Rosignano M.mo citate nel testo, le lettere isolate corrispondono alla posizione dei pozzi citati in figura 5, da [26].

rie vi sono rare, come pure la stratificazione; si tratta dunque di un deposito molto omogeneo di natura continentale e di facies ossidanti, in pre-

valenza eoliche. I fossili vi sono rari e limitati a Molluschi terrestri.

Mentre le sottostanti Calcareniti di Castiglion-

cello corrispondono a un deposito di materiali a lungo «sciacquati» e quindi di provenienza comunque non lontana dal mare, le Sabbie rosso arancio di Donoratico, con la loro granulometria molto fine, sono un sedimento maggiormente elaborato e continentale. È probabile che la maggior parte della loro deposizione sia avvenuta nelle fasi glaciali dei maggiori ritiri del livello del mare e di più ampia continentalizzazione. La loro attribuzione cronologica, non più recente del Würm II è legata al ritrovamento nella loro compagine di industrie del Musteriano presso le Case Popolari di Santo Stefano [2] e la Casa di Paretaio nella Fattoria Suese [37]. Alla Buca dei Corvi corrispondono a questa formazione due livelli della parte alta della successione stratigrafica, rispettivamente il 7-Loess (1,8 m di spessore) e 8-Suolo rosso (circa 20 cm di spessore).

Alluvioni terrazzate

Nell'area delle figure 1 e 3 questi depositi fluviali si trovano solo tra i botri Crepatura e Crocetta che sfociano rispettivamente nella Baia Caletta e nella Baia della Crepatura, con il forte sospetto, come vedremo, che si sia in presenza di un'inversione del nome di quest'ultima, dovuto ad un *lapsus* geografico. Si tratta di depositi di ghiaie, con ciottoli di dimensioni non maggiori di 20 cm immersi in una matrice sabbioso-argillosa. Il fatto che compaiono in corrispondenza della rottura di pendio tra l'area collinare e quella pianeggiante, caratterizzata dalla presenza delle Sabbie di Donoratico, sopra le quali questi sedimenti si espandono, ne indica una deposizione assai recente, verosimilmente legata ad una fase climatica di maggiore piovosità.

Depositi alluvionali

Sono i depositi dei fondovalle attuali, molto più abbondanti nel Fine e del tutto inferiori nei botri Grande, Iurco, Crocetta, la Leccia, le Sughere e Ginestraio. Nel Fine la Stretta de le Fabbriche, come si è veduto, corrisponde a un fortissimo restringimento dei Monti Livornesi in corrispondenza della linea di faglie che delimitano il fianco orientale del Bacino di Castiglioncello - San Vincenzo.

Dune

Nelle figure 1 e 3 sono segnalate solamente due dune: quella più a Nord, il Monte alla Rena, non è più visibile e, d'altra parte non lo era più neppure nel 1986 (anno di pubblicazione della Carta geologica di Bartoletti et al.) essendovi stato ampiamente scavato nella raccolta di sabbia ed infine essendovi completamente edificato sopra; dell'altra, situata parzialmente in corrispondenza dei Canottieri Solvay, così scrive Mazzanti [27]: "Quando intorno a 3.500 anni or sono si è verificato il lieve abbassamento di circa 2 m del livello marino, devono essere rimasti scoperti almeno per alcune centinaia di metri i fondali marini con i loro sedimenti sciolti e privi (o privati) di vegetazione, zone di agevole raccolta da parte dei venti per sollevarli e spanderli in dune verso l'interno, ma non lontani dalla paleocosta: questo dovrebbe essere stato il momento di formazione del Monte alla Rena e della duna dei Canottieri. Una formazione più recente è possibile ma non terrebbe conto che le sabbie della duna dei Canottieri presentano alcuni indizi di inizio di pedogenesi (leggera cementazione, imbrunimento dei granuli) che, pur essendo molto minori rispetto agli inceptisuoli delle Sabbie rosso-arancio di Donoratico, le distinguono nettamente da quelle delle dune recenti che orlavano il litorale a Sud del Cecina fino agli anni '70. Oggi in gran parte queste sabbie più recenti, che definii «bionde» alcuni anni fa, [30] sono scomparse, inghiottite dall'erosione marina sia naturale sia di induzione antropica, che ormai in molti punti è giunta ad aggredire le dune più interne, che indicai come «brune», verosimilmente un poco più antiche e quindi simili a quelle del Monte alla Rena.

Spiagge

L'unica spiaggia segnalata nelle figure 1 e 3 è quella che inizia immediatamente a Sud della Punta del Lillatro e si prolunga verso Vada. Ormai in questa spiaggia la componente artificiale dei fanghi di scarica delle lavorazioni Solvay prevale sulla componente naturale, come lascia intendere il sito di cloro e il candido bianco dei materiali costituenti, che tuttavia non sembrano disturbare i sempre maggiori frequentatori di questo luogo.

Due baie gemelle, strettamente appaiate, possono avere origini diverse?

Le carte topografiche I.G.M. indicano col toponimo specifico di Baia della Crepatura la maggiore delle due appaiate che si aprono, lungo la costa, circa 100 m a Sud della Caletta. La cartina geologica di figura 3 (Bartoletti et al., [4] su fondo topografico rilevato nel 1939) segnala entrambe queste baie come aperte nelle Calcareniti di Castiglioncello affioranti lungo costa da circa 150 m ad Ovest della Villa Casamarina fino alla Punta del Lillatro (figura 3). Attualmente il lato meridionale della maggiore di queste due baie è ricoperto dai massi che delimitano il fianco settentrionale del porto turistico Cala dei Medici. In origine questa baia, come si può vedere nella figura 3, si allargava per circa 75 m e di circa altrettanti si allungava verso l'interno, che presentava, come tutt'ora, una spiaggia di fondo in prevalenza ghiaiosa. Questa adesso si estende anche al fondo dell'altra baia, molto più stretta ma di identica lunghezza, che si affianca a Nord del lato settentrionale della prima e che quindi serve da stretto divisorio delle due (figura 7).

Questa spiaggia non è rappresentata in figura 3 e tale mancanza è giustificata da Bartoletti et al. [4], nel volume a corredo della carta geologica della quale la figura 3 è piccola parte, per ragioni di scala (1:25.000); né, per gli stessi motivi, è rappresentata la piccola spiaggia che si trova ad Est de lo Scoglietto e che, durante le mareggiate maggiori, si allaga e delimita quest'ultimo come uno scoglio isolato (figura 8). In figura 3 è rappresentata un'altra stretta insenatura, immediatamente a NO dei Canottieri Solvay anch'essa incisa nelle Calcareniti di Castiglioncello ma ormai del tutto rivestita dai moli di quel porticciolo né, nel suo entroterra, è visibile la

presenza di alcun botro come, invece, è tipico per tutte le altre piccole baie incise nella Calcarenite di Castiglioncello nell'ambito della figura 3: la Baia Caletta nella quale sfociano, riuniti circa 200 m prima, il Borro Grande e il Borro Crepatura; la Baia, fin'ora detta della Crepatura, nella quale sfociano, anch'essi riuniti circa 500 m a monte, il Borro Iurco e il Botro Crocetta; la baia a Nord de lo Scoglietto nella quale riversa le proprie acque il Fosso Cotone, uscendo da un corso in galleria di circa 500 m tra la ferrovia e il mare, sotto al «Paese Nuovo». Un confronto fra le indicazioni traibili dalla figura 3 e la figura 9, tratta ancora dalla cartografia I.G.M. ma in scala 1:50.000 e datata 1883 [36], mostra un paesaggio ancora poverissimo di edifici e utile per rintracciare la toponomastica dei botri di cui sopra che corrispondono perfettamente tranne per il Borro Crepatura, rappresentato ma senza nome; comunque la linea di riva, a maggior ragione per la scala, non rappresenta tutte le piccole baie riportate dal rilievo del 1939 e conseguentemente non ne indica i nomi.



Figura 7: Panoramica delle due baie gemelle: in primo piano l'unica spiaggia al fondo delle due baie, ormai del tutto artificializzata con l'aiuto di un cingolato, sulla sinistra visione parziale dell'acqua della Baia dei Medici, al centro il Setto divisorio con rotonda e stradelli in cemento, sulla destra la Baia Crepatura, in ultimo piano la testa del molo del porto turistico, il mare e il Promontorio di Castiglioncello.



Figura 8: Lo Scoglietto, con rotonda in cemento e passerella di accesso, al centro delle due piccole baie a Nord e Sud; in primo piano l'unica spiaggia ancora non «aiutata» in condizioni di bonaccia di mare.

Quanto sopra serve a chiarire che la toponomastica I.G.M. ha impiegato coerentemente il vocabolo «crepatura» per un borro, inizialmente senza nome, che effettivamente scorre per un lungo tratto di circa 500 m in una profonda incisione molto stretta, ma al contrario non è stata altrettanto felice nel chiamare nello stesso modo la maggiore delle baie appaiate di cui sopra. Tanto più che è la più piccola di queste che effettivamente sembra una «crepatura», avendo una larghezza che non raggiunge 20 m con la stessa lunghezza dell'altra di circa 75 m, ma che invece era larga 75 m (figura 3) prima della costruzione del Cala dei Medici. Per uscire da questo garbuglio toponomastico d'ora in poi indicheremo la piccola e molto stretta col nome di Crepatura, che le compete, mentre la grande la chiameremo Baia dei Medici, visto che ormai il suo fianco meridionale è entrato a far parte del porticciolo turistico dal nome altisonante quanto storicamente fasullo.

Ora che abbiamo deciso di dare nomi diversi a queste due baie potremo distinguerle più agevolmente. Bisogna infatti precisare che, pur avendo al loro retro un'unica spiaggia, è nella Baia dei Medici che attualmente sfocia il Borro

Iurco e non nella Baia della Crepatura, come indicato in figura 3. Questa situazione crea dei problemi interpretativi sia in quale delle due baie effettivamente sia sfociato il borro in passato e sia per quali cause si siano formate due baie strettamente appaiate nelle stesse rocce, attualmente in identiche condizioni meteomarine e con alle spalle un unico botro. Per rispondere al primo di questi interrogativi va anche precisato che uno degli autori, Renzo Mazzanti, risiede dal 1943 a Rosignano abitando vicino a queste due baie e ha sempre visto il botro in questione sfociare nella Baia dei Medici, anche durante piene eccezionali ed in anni (appunto i '40 e i '50) nei quali la spiaggia fu

lasciata a se stessa, senza rimpinguamenti e ridimensionamenti come attualmente (figura 7). L'argomento richiede di essere trattato iniziando da una schematica ricostruzione dello sviluppo del Litorale Toscano ad iniziare dal Pleistocene superiore (compreso tra i 126.000 e i 10.000 anni fa dell'inizio dell'Olocene) per avere l'opportunità di non considerare, ovviamente nell'ambito del Litorale Toscano, l'eventualità di significativi sollevamenti tettonici di natura orogenetica [26], mentre altrettanto non si può affermare per la possibilità di sprofondamenti da frane lungo le falesie o per più diffusa subsidenza derivata dal peso dell'accumulo sedimentario. Tuttavia quest'ultimo nei depositi affioranti dei cicli sedimentari del Tirreniano, ben noti sul Litorale Toscano [9], non raggiunge nella facies marina lo spessore di circa cinque metri per cui anche il loro peso non può che essere modesto.

Breve sintesi sullo sviluppo del Litorale Toscano

Eliminata per il Pleistocene superiore la variabile tettonica, ciò che ovviamente la elimina anche per il successivo e molto «breve» Olocene,

prendiamo in considerazione le variazioni del livello del mare. Il quadro stratigrafico del Pleistocene superiore costiero toscano trova un buon riscontro con la suddivisione degli stadi isotopici del $\delta 18 O$ di Emiliani (1955) per gli ultimi 150.000 anni e con la curva dei substadi di Shackleton e Opdyke [44], desunta da pozzi situati nel settore equatoriale del Pacifico. Così sembra possibile correlare i tre cicli (rispettivamente di trasgressione - regressione) di un policiclico ideale Terrazzo del Tirreniano rispettivamente con gli stanziamenti alti del livello del mare coincidenti con i substadi isotopici *5e*, *5c*, *5a* di Shackleton e Opdyke, quando si parta dalla considerazione che alla Buca dei Corvi di Castiglioncello l'inferiore di questi cicli è risultato attribuibile alla Aminozone *E* Hearty e Dai Pra, [18], ritenuta corrispondere al substadio isotopico *5e* di 126.000 anni fa e giace impostato su una spianata d'erosione a quota 12 m, sottostante a 2 m di sedimenti marini.

I dati di cui sopra sono stati interpretati [24] corrispondere a un livello del mare non superiore a quota 15 m, mentre le successive fasi del Tirreniano avrebbero raggiunto quota 8 la *5c*, rispettivamente a Vada e a Livorno, e 3-4 m la *5a*, nota in Toscana in affioramento solo alla Cala de' Santi dell'Argentario [41].

Per il Pleistocene superiore quindi anche lungo il Litorale Toscano sono state documentate paleospiegate indicanti che il livello del mare è stato più alto di quello attuale fino e non oltre 15 m.

Ovviamente meno rintracciabili, dovendoli andare a pescare nei fondali marini, sono gli indizi degli stazionamenti costieri inferiori appartenenti ai cicli glacioeustatici. Così per adesso non

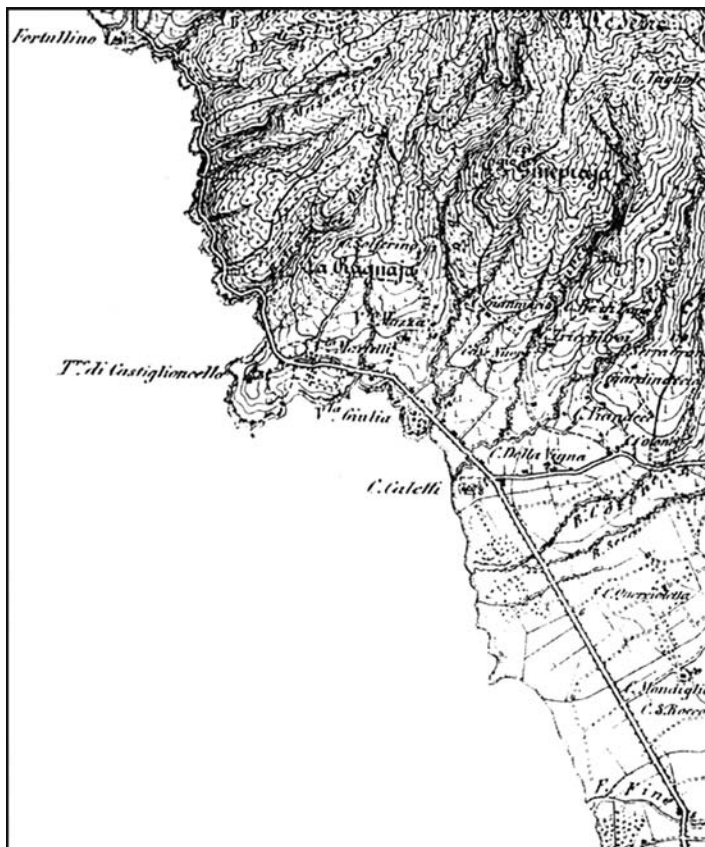


Figura 9: L'area di studio dalla Carta I.G.M. 1883; il confronto col fondo topografico di figura 3, risalente al 1939, mostra un paesaggio del tutto ancora privo di strutture industriali e turistiche; le prime nate nel 1912, le seconde intorno agli anni '60.

è noto alcun dato circa le quote dalle quali sono iniziate le fasi di risalita del livello del mare nel Tirreniano, mentre esiste una generale concordanza nel ritenere che questo livello sia stato di circa 100 (o addirittura 130) metri più basso dell'attuale durante la fase massima di Würm III, circa 18.000 anni fa.

Per quanto concerne quest'ultima indicazione riguardo ai fondali toscani si è espresso Segre [40], per il tracciato würmiano dell'Arno a Nord delle Secche della Meloria, ed in seguito Bartolini et al. [5] su un'area più ampia a Nord dell'Isola d'Elba. Entrambi questi lavori sono stati eseguiti con un attento studio delle isobate fornite dalle carte dell'Istituto Geografico della Marina.

Ancora sullo stesso argomento è molto interessante lo studio di Alessio et al. [1] sulle oscillazioni del livello del Mare Tirreno attraverso determinazioni radiometriche di età su speleotemi di grotte attualmente sottomarine in località ritenute tettonicamente stabili tra Pleistocene superiore ed Olocene (all'Argentorola presso l'Argentario, a Capri, nella Sardegna orientale e nel Cilento). Esso offre un riferimento alle correlazioni tra sviluppo paleoclimatico ed evoluzione del livello del mare negli ultimi 40.000 anni. La figura 10 mostra chiaramente la risalita del livello marino per la deglaciazione posteriore all'acme glaciale di circa 18.000 anni or sono: dopo una piccola

sosta con probabile minima inversione tra 6,5 e 6 mila anni fa e il livello del mare a quota -10 m (fase fresca correlabile all'olocenico Piora dell'Europa del Nord), la risalita prosegue ripidissima fino a circa 5 mila anni fa (cioè durante l'*optimum* climatico post-glaciale, corrispondente con la fase Atlantica del Querceto nei depositi continentali studiati con gli spettri pollinici) per subire poi una stasi in una posizione di poco inferiore a quella attuale e, dopo una successiva diminuzione di circa 2 m intorno a 3,5 mila anni fa (fase sub-Boreale), riprende in seguito fino al livello attuale, il più alto documentato nella Costa Toscana per l'Olocene (fase sub-Atlantica).

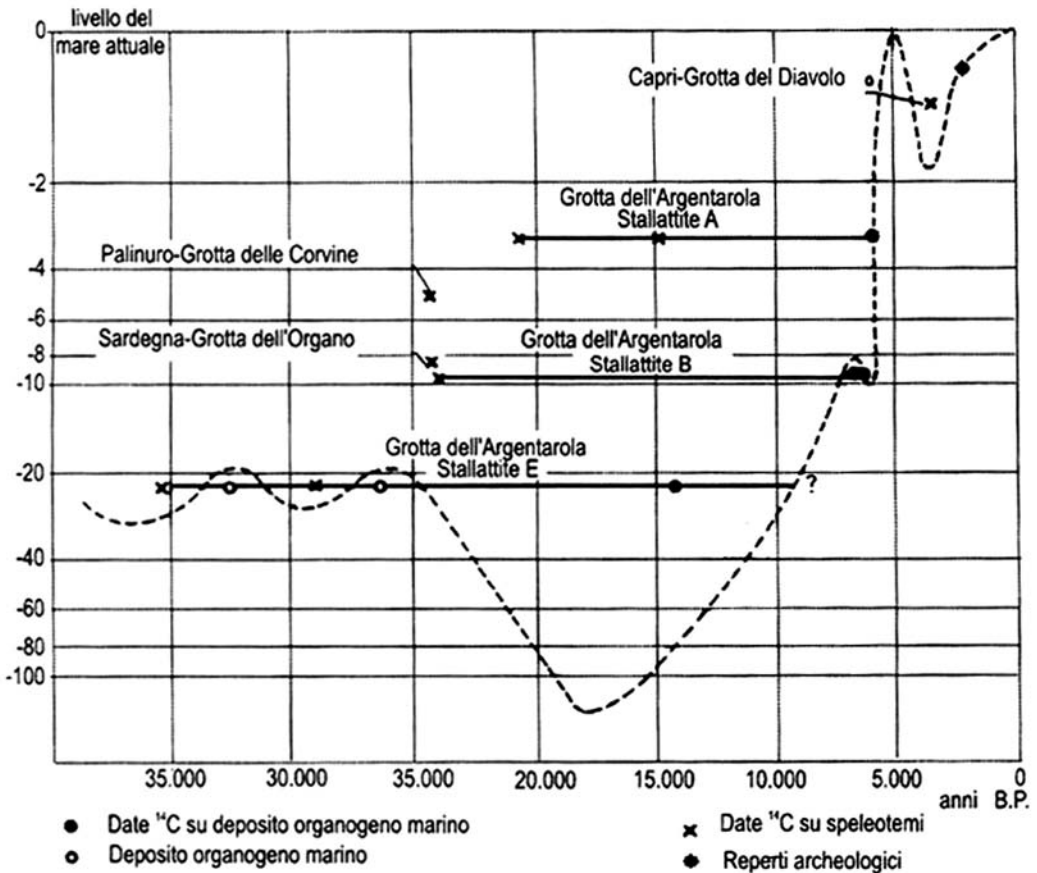


Figura 10: Curva indicativa delle oscillazioni del livello marino nel Tirreno centrale per il Pleistocene superiore-Olocene, le ordinate sono in scala logaritmica, da [1].

In altri termini e schematizzando, la risalita eustatica post-glaciale (trasgressione versiliana già individuata nelle linee essenziali da Blanc [7] e strettamente collegata con le rotte nautiche mediterranee dei neolitici) sarebbe avvenuta in tre episodi da indicarsi con: Versiliano I, tra 18 e 6,5 mila anni or sono; Versiliano II, tra 6 e 5 mila anni or sono; Versiliano III, tra 3,5 mila anni or sono ed oggi. A questi episodi di risalita del livello del mare si sarebbero interposte due piccole fasi di decrescita con possibilità di parziali emersioni con: Intraversiliano I, tra 6,5 e 6 mila anni or sono e Intraversiliano II, tra 5 e 3,5 mila anni or sono [26].

D'altra parte è verosimile che le pianure alluvionali, specialmente le maggiori toscane (Versiliese-Pisana, Piombinese-Follonichese, Grossetana, Orbetellese), abbiano parti in subsidenza naturale per compattazione dei sedimenti con valori medi valutabili intorno a 1 mm/anno, secondo quanto sembra deducibile dagli studi geodetici eseguiti finora principalmente nella Pianura del Cornia [5] e tra 0,5 – 4 mm/anno nella Pianura di Pisa [45]. Resta comunque il fatto che, a parte le possibili, ma per adesso poco note, influenze della subsidenza naturale, lo sviluppo olocenico del Litorale Toscano risulta controllato sicuramente dall'evoluzione del livello del mare e dall'apporto sedimentario dei corsi d'acqua.

L'«impennata» del livello del mare dai 6 ai 5 mila anni da oggi, registrata negli speleotemi della Grotta dell'Argentarola, aperta in una falesia calcarea, ha prodotto, nei bassi litorali nei quali si affacciavano i depositi del Pleistocene superiore, un'ampia trasgressione (Versiliano II) che si è sommata agli effetti del Versiliano I e che si è sviluppata verso l'interno continentale, rispetto alla linea di costa attuale, fino oltre 25 km in Versilia. È progredita sicuramente oltre gli allineamenti di tutte le linee di riva più recenti poiché a questa trasgressione, risultata dalla somma degli episodi di Versiliano I e II, corrisponde, nel sottosuolo del Lago di Massaciucoli, l'esteso livello delle Sabbie silicee a *Thais haemastoma*, con piccola falesia di apice trasgressivo [42], sviluppato fino al piede dei Monti d'oltre Serchio. Ancora al Versiliano II sono probabilmente attribuibili i depositi di spiaggia, ricchi di *Posidonia oceanica*, incontrati nello scavo di pozzi nel sottosuolo di Vada in vicinanza del mare fino a profondità rispettivamente: di

-3 m 100 m a Sud della Torre di Vada, -3,50 m 250 m all'interno del Pontile di Buonaposta, -8 m nelle vicinanze del Molino a Fuoco e -7 m circa 500 m a SSE di quest'ultima località [4]. Infine al Versiliano II sembra risalire la formazione dei lidi che delimitano la Laguna di Orbetello, data la presenza di industrie del Neolitico [10].

Alla risalita del mare del Versiliano II è seguita una fase di piccola decrescita (circa 2 m), verosimilmente corrispondente con il livello di argille lacustri ad associazione pollinica ad *Abies*, *Alnus*, *Picea* e *Pinus* indicante un raffreddamento climatico individuato nella zona del sottosuolo del Lago di Massaciucoli e culminato con uno stadiale «basso» intorno a 3,5 mila anni or sono e da indicare come Intraversiliano II per quanto già esposto.

Successivamente il livello del mare ha ripreso a salire giungendo fino alla posizione attuale: si è così realizzato il terzo episodio (Versiliano III) della trasgressione versiliana, tuttora attiva ad una velocità media di 1 mm/anno, secondo quanto risulta dai moderni mareometri.

Nei tratti bassi del Litorale Toscano la trasgressione del Versiliano III è messa in evidenza da un paleolido, frequentato a partire dal Bronzo recente e/o dal Ferro iniziale e quindi sicuramente affiorante intorno a 3 mila anni or sono [29]. La posizione di questo paleolido è piuttosto interna (fino a circa 7 km) in corrispondenza delle bocche dei maggiori fiumi (Arno e Ombrone) mentre non discosta in modo ragguardevole dall'attuale linea di riva negli altri tratti. Tra Marina di Castagneto e Baratti, nel Golfo di Follonica e tra Castiglione della Pescaia e le Marze il riconoscimento dell'evoluzione lenta della linea di riva è marcata – per circa 60 km – dalla presenza delle Breccie di La Punticella e delle Arenarie di San Vincenzo-Punta del Molino [30], ricche di scorie della lavorazione etrusca del ferro, deposte in ambiente intertidale e oggi affioranti solo durante le basse maree estreme e presenti fino verso 1-2 m di profondità, salvo alla Punticella di San Vincenzo dove sono sempre visibili in superficie. Questi depositi rivelano un sollevamento del livello del mare negli ultimi circa 3 – 2,5 mila anni non misurabile con esattezza ma senza dubbio di un valore compreso tra 2 e 1 m.

Nella Baia Baratti (Populonia) la presenza di questo livello ha permesso di misurare un avanzamento trasgressivo della linea di riva di fondo baia di circa 30 m [29]. Ciò in accordo con le

misure più precise fornite da Mazzanti [25]. Infatti in quest'ultimo lavoro viene data notizia di un ritrovamento di una tomba tardo ellenistica scavata nella roccia gabbriica attualmente 1,20 m sotto il livello del mare nella Baia del Circolo Nautico di Castiglioncello, indirettamente confermata dalla presenza delle numerose cave antiche (etrusche e/o romane) aperte nell'arenaria Magigno di Calafuria (poco a Sud di Livorno) e attualmente inondate con fondo fino a -1,65 m [17]. La posizione del paleolido frequentato dal Bronzo recente – Ferro iniziale è molto indicativa in quanto corrisponde ad una Toscana ancora qua-

si intonsa da interventi antropici drastici, le attività dei neolitici potendosi ritenere, in questa regione, presenti ma ancora relativamente deboli.

Il tratto di litorale del Pleistocene superiore tra la Terrazza Mascagni di Livorno e la Punta del Lillatro di Rosignano

Nel tratto costiero tra Livorno e Rosignano, più precisamente tra la Terrazza Mascagni di Livorno e la Punta del Lillatro di Rosignano, (figura 11) è visibile l'affioramento della successione

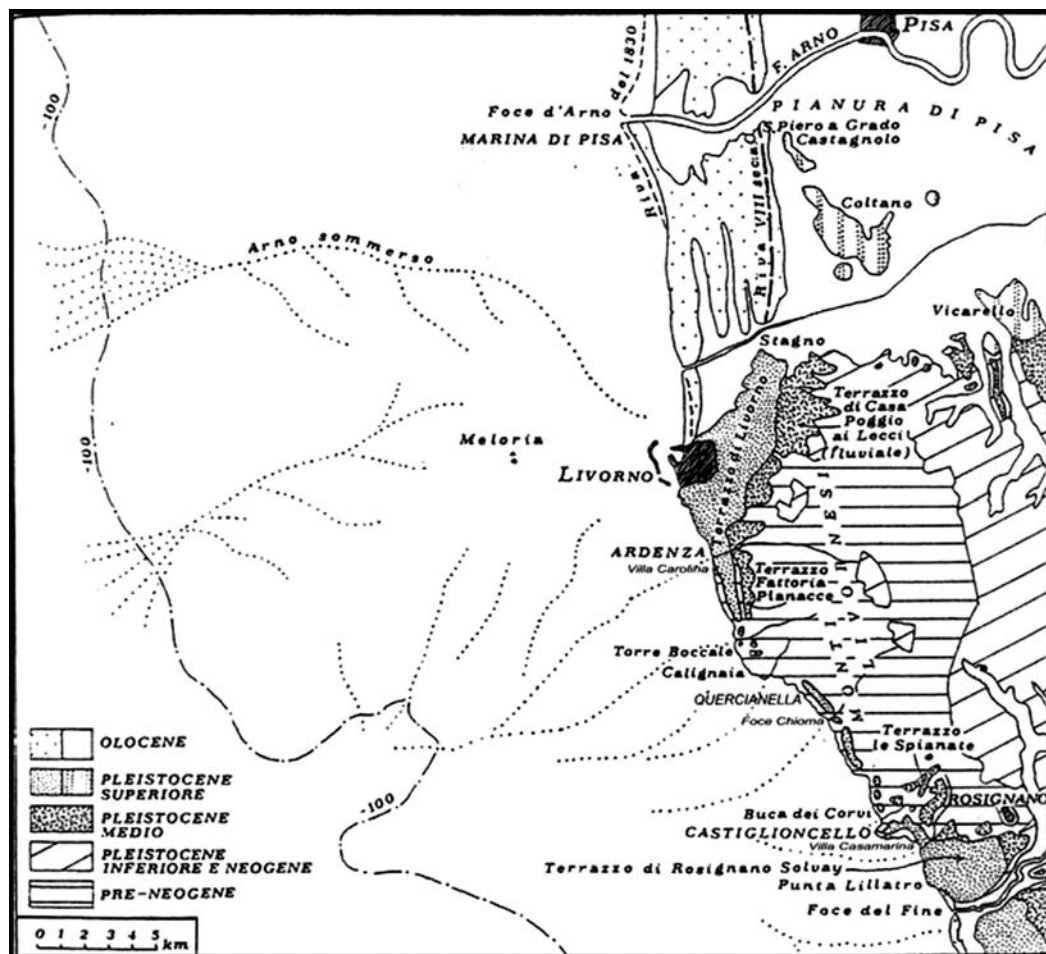


Figura 11: Carta geologica schematica del litorale compreso tra le foci dei fiumi Arno e Fine, da [17].

stratigrafica del Pleistocene superiore, di cui la Calcarenite di Castiglioncello costituisce più diffusamente la formazione inferiore. Quest'ultima forma una coltre, dello spessore medio di circa 4 m, che si appoggia sopra una superficie di trasgressione affiorante e progressivamente più alta tra la Villa Carolina di Ardenza, a livello del mare, e la Foce del Rio Maroccone, a circa 15 m di quota; a Sud di questa località, in corrispondenza del tratto più scosceso della falesia e più ripido dei Monti Livornesi, non è più rintracciabile fino a Quercianella; la superficie di trasgressione ricompare insieme alle Calcareniti di Castiglioncello da questa località fino al Promontorio di Castiglioncello a quote di 11-15 m; si inclina quindi leggermente verso SE per poi raggiungere di nuovo il livello del mare all'altezza di Villa Casamarina; più a Sud della quale le Calcareniti di Castiglioncello non affiorano più con la loro base ma con livelli progressivamente superiori fino alla Punta del Lillatro in corrispondenza della quale si immergono dolcemente in mare (figura 12).

Tra la foce del Torrente Ardenza e la Villa Casamarina (a parte qualche tratto dove manca per l'incisione dei botri trasversali alla costa) la superficie di trasgressione su cui poggiano le Calcareniti di Castiglioncello forma un terrazzo che sovrasta la falesia attuale, diversamente elevata, ma sempre formata da rocce pre-pleistoceniche salvo nel caso dell'apice NE della Baia di Caletta dove è conosciuto un minimo affioramento della Formazione di Morrona del Pleistocene inferiore [23], che tuttavia attualmente non è visibile perché nascosto da un muro (figura 3). Fra le due località di cui sopra le Calcareniti di Castiglioncello affiorano in tutto il loro spessore per cui sono favorite le osservazioni stratigrafiche e delle strutture sedimentarie e diagenetiche. A Nord e a Sud delle medesime località, rispettivamente fra la foce del Torrente Ardenza e la Terrazza Mascagni (nella Piana-terrazzata di Livorno) e fra la Villa Casamarina e la Punta del Lillatro (nella Piana-terrazzata di Rosignano) si imposta sulle Calcareniti di Castiglioncello la costa attuale, pur bassa ma rocciosa. In questa situazione è possibile esaminare le forme dovute all'erosione marina nella zona emersa, in quella intertidale e in quella sommersa, in un arco costiero che ha esposto all'azione marina spessori pro-



Figura 12: Spianata di abrasione in alta marea presso la Punta del Lillatro su Calcareniti di Castiglioncello che si immergono con la parte superiore della massa della loro formazione; da notare in questa situazione l'ampiezza della spianata di abrasione e della fascia nella quale le marmitte di erosione risultano inondate e, nelle più vicine, la presenza di forme doppie e plurime e di un bordino aggettante che sovrasta un piccolo solco orizzontale, da [27].

gressivamente minori, ma stratigraficamente più alti, della sua superficie rocciosa.

La pendenza della superficie di trasgressione del Tirreniano I nella Piana-terrazzata di Livorno risulta così di 20,5 m tra il Rio Maroccone e il Bacino di carenaggio della Torre del fanale (quasi 11 km di distanza lungo mare) e da quest'ultima località a Santo Stefano risulta di circa 10,5 m (quasi 7 km di distanza verso terra).

La pendenza della superficie di trasgressione del Tirreniano I nella Piana-terrazzata di Rosignano risulta così di 19 m tra la quota +12 m della spianata del Tiro a Volo di Castiglioncello e la quota -7 m dei pozzi A, B, C di Belvedere nel sottosuolo di Vada (quasi 8 km di distanza lungo mare) e da quest'ultima località ai pozzi F, G, di Santa Rosa con superficie di base della Calcarenite di Castiglioncello a -4 m di quota risulta di circa 3 m (2 km di distanza verso terra).

Dai dati riportati sopra la trasgressione del Tirreniano I è avvenuta su una superficie di base nell'insieme molto dolce che sembra non essersi spinta oltre la quota +15 m anche nelle zone nelle quali ha intaccato i Monti Livornesi mentre, più verso il largo, ma sempre in area costiera, è stata rintracciata a quota -5,5 m sotto la Piana-terraz-

zo di Livorno e a -7 m sotto la Piana-terrazzo di Rosignano, che si somigliano come due gocce d'acqua salvo che la prima si immerge verso NO e la seconda verso SO.

Tipi di erosione su costa costituita dalle Calcareniti di Castiglioncello

Lo studio delle forme d'erosione presenti nelle Calcareniti di Castiglioncello, eseguito da Mazzanti e Parea [28], ha permesso di riconoscere, fra il limite massimo dei marosi di tempesta e il limite verso il largo degli affioramenti di questa roccia nel fondale marino, sei distinte fasce fisiografiche. Queste fasce, da terra verso mare, sono: la «fascia a superficie spugnosa» e la «fascia a vaschette di corrosione» nella zona supratidale; la «spianata intertidale a marmitte» e il «solco di battente» che corrispondono alla zona intertidale; la «fascia a superficie irregolare e marmitte slabbrate» e la «fascia a solchi ortogonali al litorale» nella zona infratidale.

Lo stereogramma di figura 13 mostra la formazione delle Sabbie rosso arancio di Donoratico leggermente pedogenizzata in superficie (suolo), sormontare le Calcareniti di Castiglioncello (nella facies a concrezioni verticali in alto e a concrezioni suborizzontali in basso) che, nella ristretta fascia morfologica a «superficie spugnosa» fa parte della zona supratidale insieme alla fascia a «vaschette di corrosione» («catini» dei locali), raggiunta dagli spruzzi ma solo eccezionalmente dalle onde frangenti. Segue verso il mare la «spianata intertidale a marmitte» o catini slabbrati in quanto abrasioni in alto dall'erosione marina modellante la fascia tra l'alta e la bassa marea; ancora più verso il largo, nella zona infratidale sempre sommersa, si sviluppano la «fascia a superficie irregolare e marmitte slabbrate» e la «fascia a solchi» generalmente perpendicolari alla linea di riva.

Il medesimo stereogramma mostra inoltre l'argilla del Pleistocene inferiore (ribattezzata Formazione di Morrona) come substrato delle Calcareniti di Castiglioncello, queste ultime con pochi ciottoli alla base e uno spessore di circa 1,5 m mentre, in alto, rappresenta una sezione del litorale nella quale le altezze sono alla stessa scala delle lunghezze per cui, ovviamente, il disegno risulta estremamente sottile. Né va tra-

scurato di notare che nella parte inferiore dello stereogramma di figura 13, corrispondente ad una sezione verticale, quindi ricostruita ma non visibile, della zona litoranea prospiciente la Villa Casamarina, sono indicate tre «fessure» nelle Calcareniti di Castiglioncello che non passano nelle sottostanti argille del Pleistocene inferiore bensì sono ben visibili in corrispondenza della parte del disegno tratta dalla morfologia superficiale. Questa interpretazione del sottosuolo è lecita in quanto le Calcareniti di Castiglioncello risultano intersecate in molte località, negli affioramenti sia di Livorno che di Rosignano, da una rete di piani di fessure subverticali, leggermente ondulati sia in senso orizzontale sia verticale, che si allungano per decine di metri e si intersecano sotto varie angolature. L'osservazione di queste numerose fessure, poco agevole per mancanza di buone incisioni, è stata effettuata finora solo sopra la superficie morfologica delle Calcareniti di Castiglioncello, con l'eccezione di due, ma buone, esposizioni sopra le pareti verticali tagliate nel porticciolo di Villa Casamarina e nel fianco Nord della Baia Crepatura. Nel primo sono esposte due di queste fessure, ben evidenti sulle pareti contrapposte; i loro piani sono subverticali con piccole ondulazioni. Alcune suddivisioni laminari della massa della calcarenite sui due lati delle fessure non sono minimamente spostate: si tratta perciò di due «fessure» e non di «faglie», perché assolutamente senza rigetto. Nel secondo caso si vede una di queste fessure che incide tutta la massa delle Calcareniti di Castiglioncello senza spostare minimamente il solco di battente che le interessa (figura 14).

Ovviamente il fatto che due delle moltissime fessure che, un poco in tutte le direzioni, tagliano la massa delle Calcareniti di Castiglioncello non sembrano causate dall'azione di faglie, in altre parole da attività tettoniche, non ci esime dalla possibilità di considerare quest'ultime come possibili in altri casi. Tanto più che storicamente è noto (Savi [39]; Pilla [34 e 35]; Macera e Mazzanti [22]) che durante il terremoto dell'agosto 1846 si aprirono fessure nel suolo a Lorenzana (con direzione NO-SE e fuoriuscita di acque artesiane), a Vivaia, vicino a Casiana Terme (con direzione SO-NE e lunghezza di circa 260 m), presso la Foce del Fine (con direzione ONO-ESE e lunghezza di 230 m) e nella piana di Livorno,

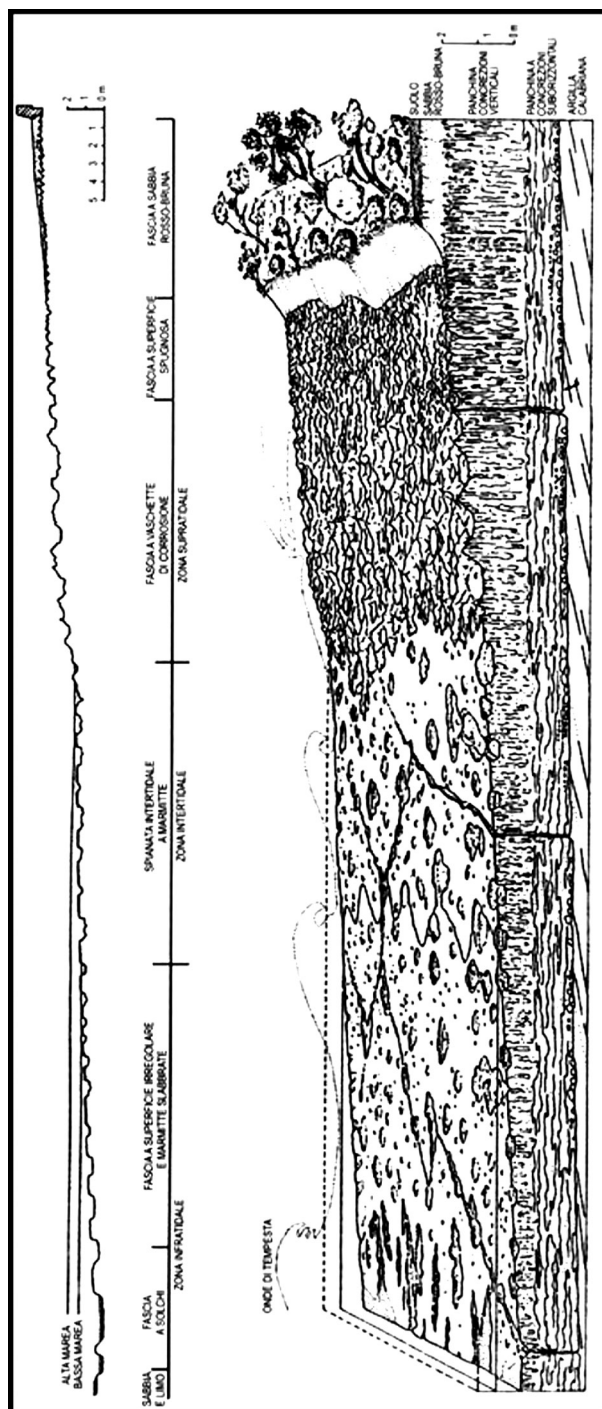


Figura 13: Stereogramma per mostrare le strutture sedimentarie delle Calcareniti di Castiglioncello e le fasce di erosione che si sviluppano sopra la loro superficie superiore per azione, nella fascia supratidale, dell'aerosol marino nei giorni di vento di mare cui si mescolano le acque dolci di pioggia e, nelle fasce sommerse, le azioni della dinamica marina, (da [27]).



Figura 14: Fianco Nord di Baia Crepatura si noti il solco di battigia che, pur essendo tagliato da una evidente fessura intersecante l'intera massa delle Calcareniti di Castiglioncello, non ne sposta i lembi separati.

presso il Podere di Stagno (con direzione circa NO-SE e lunghezza di quasi 7 m). Tutte quest'ultime fessure, o siano state faglie con rigetto, non sono più visibili per cui non conosciamo altro sulle loro caratteristiche. Interessa invece avere evidenziato che la massa delle Calcareniti di Castiglioncello risulta comunque tagliata da un innumerevole quantità di fessure sia nel litorale di Livorno che in quello di Rosignano, indipendentemente da come queste si siano formate.

Evoluzione morfologica generale del litorale

L'elemento più caratteristico della forma dei litorali su Calcareniti di Castiglioncello, sia a Livorno e sia a Rosignano, visto che gli affioramenti di queste ultime formano tante «punte» protese verso il mare di una decina di metri in media ogni 100 m e alle quali si intercalano altrettante deboli «concavità» della costa, consiste in una conformazione generale a piccole falcature anche nei tratti nell'insieme rettilinei; mentre le concavità maggiori, in altri termini le baie, di norma presentano la foce di un botro alle spalle e una minima spiaggia di fondo «a tasca»

in genere assai ciottolosa. I fondali antistanti a questi tratti sono anch'essi di Calcareniti di Castiglioncello in corrispondenza delle punte fino a circa 2 m di profondità, più oltre cominciano i sedimenti detritici attuali che si addentrano anche al fondo delle baie maggiori. Talora «cigli sommersi» (rialzi del fondo marino di natura rocciosa) prolungano i lati delle baie dei corsi d'acqua maggiori, ovviamente per tratti più o meno minuti essendo molto rari i fondali privi di ricoprimenti sedimentari od organici; nel tratto di costa a Calcareniti di Castiglioncello questi cigli litologicamente sono costituiti di calcareniti. Tutti questi argomenti possono indicare che le piccole baie

corrispondano a tratti di valli sommerse, come era già stato intuito da Blanc [6] e dalla Melinossi [32], chiaramente indicato per l'area dei fondali delle Secche della Meloria da Segre [40], ripreso poi da Barsotti et al. [3], in un contesto più generale, ed inoltre da Mazzanti e Parea [28]. In un quadro generale questo sviluppo di piccole baie in precedenza corrispondenti a tratti di corsi d'acqua, sia pure modesti, durante una fase fluviale würmiana di mare basso e rimodelate poi dall'azione del mare in risalita durante l'olocenica trasgressione versiliana, corrisponde perfettamente ai concetti evolutivi attuali dei siti costieri soggetti nel tempo a trovarsi, anche alternativamente, quando emersi e quando sommersi per tempi ovviamente ben più lunghi di quelli regolati dalla marea. Attualmente le coste in Calcareniti di Castiglioncello a Livorno e a Rosignano vanno quindi classificate come «di sommersione» anche se in realtà questo carattere non ha un grande risalto per la dolcezza dei declivi costieri, perché i piccoli corsi d'acqua, che vi sfociano, rimangono asciutti per gran parte di ogni anno e nei primi tratti oltre le spiagge scorrono incassati in stretti solchi incisi sopra le piane-terrazzate, ormai quasi del tutto edifi-

cate, o addirittura con tratti racchiusi in gallerie o con fondi cementati: le potranno vedere bene le talpe, per non dire i ratti, ma certamente è diventato sconcertante percorrerli! D'altra parte in una fase di innalzamento del livello del mare che sta crescendo, come abbiamo visto, almeno da due mila anni, è del tutto ovvio che i litorali si trovino in sommersione, rimane in caso da valutare se non esista anche una componente di leggero sprofondamento delle terre in particolare delle due piane-terrazzate di Livorno e di Rosignano, come possono suggerire le maggiori quote cui si trova il terrazzo tirreniano ai limiti settentrionale (Rio Maroccone) e meridionale (Quercianella) al centro della costa alta in corrispondenza della quale i Monti Livornesi si affacciano sul mare [3]. Tuttavia l'eventualità dell'esistenza di una componente di tale natura agirebbe nello stesso senso di un sollevamento del mare olocenico di origine glacioeustatica.

Se quanto sopra rappresenta un insieme di argomenti che fanno del litorale in oggetto uno dei più ampiamente studiati della Toscana, alcune particolarità risultate da nuove indagini possono suggerire interpretazioni aggiuntive a quanto già noto. Infatti se prendiamo in considerazione le due baie strettamente affiancate, di identica lunghezza ma di ben diversa larghezza, e scavate in uno stesso spessore di Calcareniti di Castiglioncel-



Figura 15: Fondo Baia di Crepatura con Calcareniti di Castiglioncello in affioramento, si notino i solchi perpendicolari al fondo baia periodicamente emersi o sommersi a seconda delle maree e del «ripascimento» della spiaggia.



Figura 16: Fianco Sud di Baia Crepatura ripreso dalla spiaggia di fondo: sulla sinistra in primo piano il solco di battente, evidenziato dalla freccia, è tanto profondo che sparisce alla vista e mette in pericolo la stessa stabilità della roccia soprastante; più in alto nella foto il solco di battente appare con la sua più caratteristica sezione trasversale; sulla destra spunta appena la punta estrema del fianco Nord.



Figura 17: Ancora sul fianco Nord di Baia Crepatura si può osservare l'interruzione netta del solco di battente a iniziare da un grande blocco di calcareniti adagiato su un fianco, come mettono bene in evidenza le vaschette di corrosione della superficie non più orizzontale; sembra evidente che questo grande blocco sia franato per «sostegno manco», cioè scavato al di sotto da un solco di battente, ormai non più esposto, del tipo di quello che mina la stabilità del tratto più interno del fianco Sud: le frecce bianche delimitano il maggiore dei blocchi franati, quelle rosse due blocchi minori.

lo, cioè la Baia Crepatura e la neodefinita Baia dei Medici, l'ipotesi che siano il risultato di una primitiva incisione dello stesso Borro Iurco non risulta del tutto convincente. Infatti si sarebbe dovuto trattare di un fenomeno di diffluenza delle acque dell'antico Iurco, verosimilmente würmiano, in modo almeno di accennare due solchi vallivi all'altezza dell'attuale setto divisorio in Calcarenite di Castiglioncello che separa le due baie. Né quest'ultimo setto mostra avere una costituzione minimamente diversa da una normale calcarenite. Anche la sua superficie superiore si raccorda perfettamente sia con quella del versante a Nord della Baia Crepatura sia con quella Sud della Baia dei Medici, almeno nel ricordo di chi l'ha veduta prima della sovrapposizione del molo di massi che chiude il porto. Questo tratto della massa delle Calcareniti di Castiglioncello tra la Villa Casamarina, dove affiora il loro substrato, fino in corrispondenza della Baia dei Medici non ha una disposizione orizzontale ma,

sia pure molto dolcemente, inclina verso SO; verosimilmente questa debole inclinazione corrisponde all'area di passaggio verso la zona del Promontorio di Castiglioncello nella quale i depositi del Tirreniano mostrano una superficie di trasgressione sui 12 m di quota (figura 3). In altri termini siamo agli inizi della fascia collinare che precede i Monti Livornesi e fu già interessata dal mare del Miocene superiore (circa 7 Ma), documentato dai sedimenti della Punta Righini di Castiglioncello, e dal mare del Pleistocene inferiore, documentato dagli affioramenti delle argille della Formazione di Morrona in alcuni punti dei greti del Botro Grande, del Borro Iurco e del Botro Crocetta (figura 3). Prima di passare ad un altro gruppo di osservazioni va fatto presente che la parte più vicina a terra della Baia Crepatura ha al fon-

do le Calcareniti di Castiglioncello (figura 15) modellate in superficie a solchi diretti perpendicolarmente alla linea di riva in un affioramento che dipende dallo stato del mare e, ovviamente, della spiaggia (ormai del tutto artificializzata). Altrettanto non si può affermare per il fondo della Baia dei Medici sul quale non sono mai stati osservati affioramenti di tale né di nessun'altra roccia; ciò comporta, nel caso di una primitiva incisione würmiana delle aree di queste baie, che l'incisione nella Baia dei Medici deve essere stata più profonda di quanto non sia accaduto al fondo della Baia Crepatura.

Passando ad un altro genere di considerazioni se le superfici superiori delle Calcareniti di Castiglioncello intorno alle due baie nelle fasce supratidali appaiono modellate con identiche forme di erosione a vaschette di corrosione, altrettanto non avviene per i lati di queste baie in corrispondenza delle fasce intertidali: infatti i due fianchi della Baia Crepatura presentano

ognuno un bellissimo solco di battente che compare anche sul fianco settentrionale della Baia dei Medici (figure 16, 17 e 18) che tuttavia sul fianco meridionale era provvista solamente di piccoli tratti di spianata intertidale (ovviamente ancora fide Mazzanti), come del resto la punta del setto divisorio tra le due baie (figura 18).

L'azione erosiva del mare si dimostra particolarmente efficace entro i livelli dell'alta e della bassa marea che, nel litorale in esame, è di 30 cm. Evidentemente l'azione più intensa è esercitata dall'onda che batte in corrispondenza della riva ed il variare di livello del mare distribuisce appunto questa azione su tutto lo spessore intertidale. Sopra una costa rocciosa molto

ripida, verticale o anche strapiombante, l'azione delle onde produce un solco che si sviluppa generalmente al livello di bassa marea. Su di una costa rocciosa in dolce pendio, come è appunto buona parte della costa a Calcareni di Castiglioncello presa in esame, lo spostamento in senso verticale della linea lungo la quale si esercita l'erosione più intensa produce una notevole migrazione verso mare e verso terra in detta linea. In questo modo l'azione erosiva si esercita su di una fascia, di larghezza varia in relazione all'inclinazione locale della costa, in corrispondenza della quale si verrà a formare la spianata intertidale.

Dall'insieme delle precedenti osservazioni Mazzanti e Parea [28] ritengono che la spianata intertidale ed il solco di battente possono venire considerati due aspetti di uno stesso fenomeno. Per cui la maggiore ampiezza che la spianata intertidale mostra dove le Calcareni di Castiglioncello scendono in mare con una inclinazione minima e in vicinanza (o corrispondenza) del tetto della formazione, come alla Punta del Lillatro, sarebbe dovuta alla minor quantità di roccia da asportare per ottenere la forma in questione (figura 12); contrariamente la spianata intertidale si sviluppa ristretta, o addirittura assume



Figura 18: Spianata intertidale sulla punta del Setto divisorio tra le due baie; è del tipo non molto ampio in profondità, caratteristico nello scavo sopra un tratto costiero nel quale la massa delle Calcareni di Castiglioncello emerge dalle acque con gran parte del suo spessore.

la forma di solco di battente, dove le Calcareni di Castiglioncello si presentano sulla costa con i loro livelli inferiori come tra la Villa Casamarina e la Baia dei Medici, e si immergono in mare esponendo tutto o gran parte del loro spessore su una costa ripida, se pure relativamente bassa perché comunque quest'ultimo si aggira solo intorno ai quattro metri (figura 18).

Per quanto riguarda l'influenza del tipo litologico sullo sviluppo delle forme di erosione sulle rocce carbonatiche della fascia intertidale Kuenen [20] osserva che è in gran parte dovuta alla dissoluzione. Questo Autore fa notare che non vi è accordo sulla possibilità dell'acqua marina di superficie di sciogliere le rocce carbonatiche. Tuttavia di fatto la dissoluzione avviene e ciò può probabilmente verificarsi grazie al costante rinnovo del solvente prodotto dal vento, dalle onde e dalle correnti. A questo proposito Kaye [19] ha mostrato che la turbolenza e il movimento del solvente sono fattori di notevole importanza nella dissoluzione del calcare. Questo Autore ritiene che le acque marine superficiali siano di tempo in tempo leggermente sottosature rispetto al CaCO_3 e che la conseguente azione solvente sul calcare sia fortemente esaltata



Figura 19: Vaschette di corrosione sopra la superficie superiore delle Calcareniti di Castiglioncello nella punta foranea del fianco Nord di Baia Crepatura. Molte di queste vaschette sono state allagate durante una recente mareggiata e mostrano il bordino aggettante che ne sovrasta il margine inondato.

nella zona di agitazione delle onde. Mazzanti e Parea [28] sulla possibile attività dissolutrice delle acque marine sulle rocce carbonatiche così concludono: “... si può trarre che il velo di Alghe, di depositi solubili e di detriti insolubili che ricopre il fondo delle vaschette ne rallenti drasticamente la dissoluzione. Al contrario gli scambi di gas con l’atmosfera e quelli legati alla fotosintesi rendono particolarmente attiva la parte superficiale dell’acqua delle vaschette (che sono la morfologia dominante nella fascia supratidale delle scogliere su Calcareniti di Castiglioncello) facilitandone l’allargamento. Nel caso di totale essiccamento è possibile che il sale che cristallizza abbia una non trascurabile azione disgregatrice sulla roccia che è sempre piuttosto porosa. Il fatto che le vaschette si allarghino più di quanto si approfondiscono spiega la coalescenza di molte di esse. Le onde, quando accumulano ciottoli e sabbia entro le vaschette, li fanno muovere in modo vorticoso levigando il fondo e la base delle pareti ed eliminando o riducendo fortemente il tipico bordino aggettante (figura 19). In questi casi le vaschette tendono a diventare vere e proprie marmitte di abrasione”.

Le strutture allo Scoglietto

Di questa località, al centro della vita balneare di Rosignano (Paese Nuovo), non se ne sono interessati Mazzanti e Parea [28], quasi certamente per evitare di curiosare nel bel mezzo di un tratto costiero pluriaffollato durante le vacanze estive, che coincisero con il periodo nel quale realizzarono la loro ricerca. Peccato perché al loro lavoro è mancata l’osservazione di una struttura morfologica molto interessante.

Come accennato in precedenza, lo Scoglietto è completamente costituito da Calcareniti di Castiglioncello, ha una forma a losanga sub-circolare di circa 30 per 20 m e un’altezza di poco più di 1 m, non misurabile con mag-

giore precisione a causa dell’immancabile rotonda di cemento per il comodo dei bagnanti, notevole offesa alla natura che si è voluta giustificata dal fatto che tutta la superficie dello Scoglietto è scolpita dalle vaschette di corrosione, note per contrastare il passeggio (figura 8). Sul bordo di levante è raggiunto per una decina di metri dalla spiaggia, che sta al fondo di due piccole baie delle quali lo Scoglietto corrisponde al setto divisorio, anche se durante le mareggiate rimane completamente isolato. Una spianata intertidale a marmite slabbrate larga circa un paio di metri circonda tutto lo Scoglietto ad eccezione:

- del piccolo tratto di levante in contatto con la spiaggia, nelle vicinanze ai due lati della quale alla spianata intertidale si sostituisce un abbozzo di solco di battente;
- in corrispondenza di un piccolo tratto, di circa 2 m, che corrisponde alla intersezione sulla linea di riva con una lunga fessura a direzione NE-SO che traversa tutto il corpo SE dello Scoglietto. In corrispondenza di questa fessura, che indichiamo come «ampliata sul fondo a solchi di battente», il fondale marino non presenta la solita struttura

a spianata intertidale bensì è maggiore di quel poco che basta per essere stata abrasa ogni struttura di tipo intertidale e, ovviamente, supratidale.

Questa «fessura ampliata sul fondo a solchi di battente» è una struttura, per quanto noto, conosciuta solo allo Scoglietto e finora rimasta inedita. Iniziando da terra, cioè subito dopo la spiaggia, corrisponde alla lunga fessura (figura 20) che si vede tagliare a direzione NE-SO, con leggeri ondeggiamenti, gran parte dello Scoglietto e che è interessata da un riempimento verosimilmente di calcite raggiungente lo spessore di circa 1 cm e rientrante in una rete di fessure analoghe, anch'esse talora parzialmente rivestite di calcite, del tutto simili alle già note e descritte nella compagine delle Calcareniti di Castiglioncello. La particolarità di questa struttura consiste nel suo modo di giungere al mare. Infatti, ad iniziare da circa 10 m dal mare, si slarga ampiamente fino a circa 3 m pur mantenendo la stessa direzione (figura 21) mentre in ognuno dei suoi due lati inizia a definirsi un solco di battente; questo, ancora più verso il mare, accenna a riunirsi a quello dell'altro lato in quanto la cavità si restringe finché si forma una specie di galleria a cielo aperto (figura 22), mentre la base di questa fessura ampliata sul fondo rimane nell'ambito della massa delle Calcareniti di Castiglioncello all'altezza della fascia intertidale, ma con una evidente struttura a solchi perpendicolari alla costa, dovuti certamente a una violenta risacca delle onde invadenti la struttura durante le tempeste o la stessa calma ingressione marina durante le alte maree.

Figura 21: Tratto ampliato in due fianchi a solchi di battente con caratteristici residui di copertura che accennano ad uno stato precedente di unione. Sul fondo, parzialmente inondato, si intravedono solchi perpendicolari alla costa.



Figura 20: Visione d'insieme della «fessura ampliata sul fondo a solchi di battente» nella zona tipo de lo Scoglietto: la fessura, con una mineralizzazione a calcite più resistente all'erosione, traversa lo Scoglietto su tutta la sua superficie, fino a quando non si slarga e finisce per dividersi in due fianchi.





Figura 22: La bocca della struttura con un accenno al tratto infratidale.

Non ci sono dubbi che questa struttura è dovuta solo all'attività del mare sia pure in una zona della costa particolarmente adatta in quanto la fessura, che verosimilmente ha indebolito la resistenza ai marosi, ha la stessa direzione verso SO che è quella di provenienza delle mareggiate predominanti.

Un'ultima interessante associazione di strutture si può vedere allo Scoglietto in una vaschetta di corrosione del versante settentrionale che ha il fondo per metà traversato, senza spostamento alcuno, da una delle solite fessure. In questo caso si tratta di una fessura a direzione circa perpendicolare alla precedente, anchessa con tratti di riempimento in carbonato di calcio.

La Baia Crepatura

Su questa baia ci siamo trattenuti in più fasi mettendo anche in evidenza alcune difficoltà nel considerarne un'origine identica a quella della maggioranza delle altre e, in particolare, della sua gemella Baia dei Medici. La scoperta della struttura presentata nel capitolo precedente apre nuove interessanti possibilità

d'interpretazione genetica tanto più che verrebbe superata la necessità di un iniziale sviluppo da una fase paleofluviale, che resterebbe tuttavia sempre valida per la maggiore ma, come abbiamo precisato, necessariamente anche più profonda Baia dei Medici.

Elenchiamo dunque quali sono le possibili analogie della Baia Crepatura con quelle della fessura ampliata sul fondo a solchi di battente dello Scoglietto:

- forma stretta e lunga che si allarga appena verso il fondo;

- presenza sui fianchi settentrionale e meridionale di solchi di battente continui che si laminano verso il fondo,

tanto che hanno provocato frane di distacco sul fianco settentrionale e adesso è minacciato quello meridionale (figura 16);

- presenza al fondo di un affioramento di Calcareniti di Castiglioncello allo stesso livello del mare attuale con solchi perpendicolari alla riva (figura 15);
- evidente fessurazione della massa di Calcareniti di Castiglioncello ben visibili sui due fianchi della baia e sulle superfici dei dintorni.

Difficoltà per la nuova interpretazione:

- impossibilità di rintracciare l'eventuale fessura iniziale, visto che ormai almeno il fondale di metà della Baia Crepatura è sempre ricoperto di sedimenti attuali.

Vantaggi teorici rispetto all'altra ipotesi di origine:

- differenziazione dell'origine delle due baie, troppo vicine e, in definitiva, diverse per risalire alle stesse cause;
- riconoscimento di una più importante influenza dell'attività marina nel modellamento costiero.

Conclusioni

Questo lavoro si inquadra in una tradizione che risale agli anni '50 del secolo scorso con gli studi sul Pleistocene superiore - Olocene principalmente di Blanc e Malatesta che ebbero già un'apertura internazionale con il IVème Congr  pour L' tude du Quaternaire a Castiglioncello;   proseguito con gli studi sull'intero Pleistocene rivolti particolarmente alla Toscana costiera di Mazzanti [24], all'area del Comune di Rosignano M.mo di Bartoletti et al. [4], con l'interessamento diretto dello stesso Comune per il sostegno finanziario della pubblicazione dei risultati, alle questioni di tettonica e di morfologia di Mazzanti [26] e in seguito, ancora su problemi di stratigrafia, tettonica e morfologia pleistoceniche, nei lavori di Dall'Antonia et al. [12] e di Boschian et al. [9]. Si tratta ormai di pi  di un cinquantennio di attivit  scientifica che ha trovato nell'ambito del territorio del Comune di Rosignano M.mo occasioni di studio territoriale per stare al passo dei continui progressi che sono stati acquisiti nelle scienze geologiche, paleontologiche, micropaleontologiche, paleontologiche e nello studio dei suoli attraverso la collaborazione continua di studiosi locali con le Universit  di Pisa, Siena, Firenze ma anche di altre sia italiane che straniere.

Agli specialisti delle materie trattate in questo lavoro pu  sembrare che in definitiva le novit  presentate sono solamente due. Una prima riguarda la precisazione che gli affioramenti delle localit  Villana, Fiammetta, Fontanelle e Poderino, segnalati nella Carta geologica di Bartoletti et al. [4] come di Calcareniti di Castiglioncello siano in realt  da considerarsi appartenenti alla Formazione di Casa Saracino. Il significato di questa precisazione va oltre un banale valore locale perch  queste ultime localit  si trovano tutte intorno ai 27 m di quota, che non trova difficolt  per la Formazione di Casa Saracino del Pleistocene inferiore-medio, ma che contrasta con quanti sostengono che le Calcareniti di Castiglioncello in facies marina non sono mai state rinvenute oltre i 15 m di quota.

La seconda novit  riguarda la particolare morfologia definita come «fessura ampliata sul fondo a solchi di battente» presente sullo Scoglietto che potrebbe definirsi una struttura *in fieri* per diventare un'altra Baia tipo Crepatura.

A parte le puntualizzazioni sulle novit  riteniamo che una buona informazione sul conosciuto, e in questo appunto sta il merito del Codice Armonico, sia il migliore contributo che   possibile offrire alla conoscenza dei problemi scientifici locali in specie quando inseriti in un sistema generale.

Opere citate

- [1] Alessio M., Allegri L., Antonioli F., Belluomini G., Ferranti L., Improta S., Manfra L., Proposito A. (1992), *Risultati preliminari relativi alla datazione di speleotemi sommersi nelle fasce costiere del Tirreno centrale*. Giornale di Geologia, 54: 165-193.
- [2] Bacci A., Malatesta A., Tongiorgi E. (1939), *Di una formazione glaciale rissiana riscontrata a Livorno nei sedimenti della fase costruttiva del ciclo tirreniano*. Atti Soc. Tosc. Sc. Nat., Proc. Verb., 48:74-85.
- [3] Barsotti G., Federici P. R., Giannelli L., Mazzanti R., Salvatorini G. (1974), *Studio del Quaternario livornese, con particolare riferimento alla stratigrafia ed alle faune delle formazioni del Bacino di carenaggio della Torre del Fanale*. Mem. Soc. Geol. It., 13: 425-495.
- [4] Bartoletti E., Bossio A., Esteban E., Mazzanti R., Mazzei R., Salvatorini G., Sanesi G., Squarci P. (1986), *Studio geologico del territorio comunale di Rosignano Marittimo in relazione alla carta geologica alla scala 1:25.000*. Suppl. Quad. Mus. St. Nat. Livorno, 6 (1985): 33-127.
- [5] Bartolini C., Palla B., Pranzini E. (1989), *Studi di geomorfologia costiera: X – Il ruolo della subsidenza nell'erosione litoranea della pianura del Fiume Cornia*. Boll. Soc. Geol. It., 108: 635-647.
- [6] Blanc A. C. (1935), *Le dune fossili di Castiglioncello regressione marina post-tirreniana*. Riv. Geogr. It., 42: 7-14.
- [7] Blanc A. C. (1936), *La stratigraphie de la plaine coti re de la Basse Versilia (Italie) et la transgression flandrienne en Méditerranée*. Revue G ogr. et Géol. Dyn., 9: 129-160.
- [8] Blanc A. C. (1953), *Plage Tyrrh nienne et dunes fossiles de la Buca dei Corvi (Castiglioncello)*. IV me Congrès International pour l' tude du Quaternaire, Roma-Pisa, 1953.
- [9] Boschian G., Bossio A., Dall'Antonia

- B., Mazzanti R. (2006), *Il Quaternario della Toscana costiera*. Studi costieri, 12: 11-207.
- [10] Bronson R. C. e Uggeri G. (1970), *Isola del Giglio, Isola di Giannutri, Monte Argentario, Laguna di Orbetello*. Studi Etruschi, 36: 1-14.
- [11] Cerrina Feroni A. e Mazzanti R. (1966), Geologia della parte meridionale dei Monti Livornesi in Toscana. Atti Soc. Tosc. Sc. Nat., Mem., A, 73: 412-468.
- [12] Dall'Antonia B., Bossio A., Mazzanti R. (2005), The Lower-Middle Pleistocene succession of the Coastal Tuscany (Central Italy): new stratigraphic and palaeoecological data based on the ostracod fauna. *Revue de micropaléontologie*, 48: 63-81.
- [13] De la Marmora A. (1857), *Voyage en Sardaigne*. III partie, I: 343-345.
- [14] Emiliani C. (1955), *Pleistocene temperatures*, in *Journ. Geol.*, 63: 538-578.
- [15] Federici P. R. e Mazzanti R. (1995), *Note sulle pianure costiere della Toscana*. Mem. Soc. Geogr. It., 13: 165-270.
- [16] Galiberti A., Giannelli L., Mazzanti R., Mazzei R., Salvadorini G., Sanesi G. (1982), *Schema stratigrafico del Quaternario della zona compresa fra Castiglioncello, Guardistallo, S. Vincenzo (Toscana Marittima)*. Atti XXIII Riunione Scientifica Ist. It. Preist. E Protost., Firenze 7-9/5 (1980): 499-509.
- [17] Galoppini R., Letta C., Mazzanti R., Taddei M., Tessari R., Viresini L. (1996), *Possibilità di misura di antichi livelli del mare nel litorale tra le foci dei fiumi Arno e Fine in Toscana*. Mem. Descr. Carta Geol. d'It., 52, (1994): 279-292.
- [18] Hearty P. J. e Dai Pra G. (1989), *Ricostruzione paleogeografica degli ambienti litoranei quaternari della Toscana e del Lazio settentrionale con l'impiego dell'aminostratigrafia*. Boll. Serv. Geol. d'It., 106 (1987): 189-224.
- [19] Kaye C. A. (1957), *The effect of solvent motion on limestone solution*. *Journ. Geol.* 65 (1): 35-46.
- [20] Kuonen Ph. H. (1950), *Marine Geology*. New York, 568 pp.
- [21] Lazzarotto A., Mazzanti R., Nencini C. (1990), *Geologia e morfologia dei Comuni di Livorno e Collesalveti*. Suppl. 2, Quad. Mus. Storia Nat. Livorno, 11: 1-85.
- [22] Macera P. e Mazzanti R. (1978), *Origine dei terremoti e loro manifestazione nella zona di Livorno*. Livorno sanitaria n. 13-14.
- [23] Malatesta A. (1952), *Il Calabriano fra Castiglioncello e Rosignano (Livorno)*. Boll. Serv. Geol. d'It. 73 (1951): 171-184.
- [24] Mazzanti R. (1984), *Il punto sul Quaternario della fascia costiera e dell'Arcipelago di Toscana*. Boll. Soc. Geol. It. 102 (1983): 419-556.
- [25] Mazzanti R. (1986), *Geomorfologia del territorio comunale di Rosignano M^o*. Suppl. 1 Quad. Mus. Stor. Nat. Livorno, 6 (1985): 207-246.
- [26] Mazzanti R. (1995), *Revisione e aggiornamento sui movimenti tettonici deducibili dalle dislocazioni nei sedimenti pleistocenici ed olocenici della Toscana costiera*. Studi Geologici Camerti, v.s. pp. 509-521.
- [27] Mazzanti R. (2000), *La geomorfologia*; in "Monte alla Rena tra scienza e leggenda". pp. 63-89.
- [28] Mazzanti R. e Parea G. C. (1979), *Erosione della «Panchina» sui litorali di Livorno e di Rosignano*. Boll. Soc. Geol. It., 96 (1977): 457-489.
- [29] Mazzanti R. e Pasquinucci M. (1987), *La costa tirrenica da Luni a Portus Cosanus*. Colloques internationaux CNRS. Déplacements des lignes de rivage en Méditerranée. Paris, (1987): pp. 11.
- [30] Mazzanti R., Pranzini E., Taccini S. (1981), *Studi di geomorfologia costiera: VII – Variazioni della linea di riva dal Pleistocene medio-superiore ad oggi, caratteristiche sedimentologiche e stato delle associazioni vegetali del litorale di San Vincenzo (Toscana)*. Boll. Soc. Geol. It., 99 (1980): 341-364.
- [31] Mazzanti R. e Sanesi G. (1987), *Geologia e morfologia della bassa Val di Cecina*. Suppl. 1 Quad. Mus. Storia Nat. Livorno, 7 (1986): 1-27.
- [32] Melinossi R. (1934), *Marmite d'erosione nella costa livornese*. Riv. Geogr. It., 41 (3): 177-184.
- [33] Ottman F. (1954), *Le Quaternaire dans la region de Quercianella – Rosignano (Livorno)*. Atti Soc. Tosc. Sc. Nat., Mem., A, 61: 39-45.
- [34] Pilla L. (1846a), *Poche parole sul Tremuoto che ha desolato i paesi della costa toscana*. Pisa, 25 pp.
- [35] Pilla L. (1846b), *Istoria del tremuoto che ha devastato i paesi della Costa Toscana il dì 14 agosto 1846*. Pisa, 78.
- [36] Rossi S. (2000), *Monte alla Rena da territorio aperto ad insediamento urbano*; in Monte alla Rena tra scienza e leggenda. Il Gabbiano, Ed.: 11-34.

- [37] Sammartino F. (1984), *La stazione preistorica di Stagno (Livorno)*. Quad. Mus. Stor. Nat. Livorno, 5: 169-175.
- [38] Sammartino F. (1986), *Ritrovamenti preistorici nel territorio di Rosignano M^o*. Suppl. Quad. Mus. Stor. Nat. Livorno, 6 (1985): 185-193.
- [39] Savi P. (1846), *Relazione dei fenomeni presentati dai Terremoti di Toscana nell'agosto 1846 e considerazioni teoretiche sopra i medesimi del Prof. Cav. Paolo Savi*. Pisa, 55 pp.
- [40] Segre A. G. (1955), *Nota sulla idrografia continentale e marina*. Note illustrative C.G.I. II ediz. Fa 111, Livorno Ser. Geol. d'It. : 20-26.
- [41] Segre A. G. (1959), *Giacimenti pleistocenici con fauna e industria litica a Monte Argentario (Grosseto)*. Riv. Sc. Preist., 11: 241-259.
- [42] Sestini A. (1957), *Un'antica ripa marina nella pianura costiera apuana*. Atti Soc. Tosc. Sc. Nat., Mem. 57: 1-5.
- [43] Shackleton N. J. (1995), *New data on the Evolution of Pliocene Climatic variability*. In "Paleoclimate and Evolution with emphasis on Human origins", pp. 242-248.
- [44] Shackleton N. J. e Opdyke N. D. (1973), *Oxygen isotope and paleomagnetic stratigraphy of equatorial Pacific core 228-238: Oxygen isotope temperatures and ice volumes on a 155 and 106 year scale*. Quat. Res., 98: 39-55.
- [45] Tongiorgi M. (1978), *La subsidenza nelle basse pianure dell'Arno e del Serchio: una prima valutazione quantitativa dei fenomeni osservati in rapporto ai problemi della difesa del suolo; in I problemi della subsidenza nella politica del territorio e della difesa del suolo*. Pisa 9-10, 11, 1978.

La flora e la vegetazione toscana: informazioni storiche e bibliografiche

P.E. Tomei

Parole chiave: Toscana, flora, vegetazione, bibliografia

*Dopo un escursus storico sulle ricerche botaniche effettuate in toscana dal XVI al XVIII secolo, vengono indicati i principali lavori eseguiti successivamente, con particolare riferimento ai più recenti. I numerosi contributi mettono in luce che il territorio regionale è abbastanza ben conosciuto sia dal punto di vista floristico che vegetazionale; ciò non ostante le ricerche hanno permesso di individuare la presenza di specie precedentemente non segnalate (*Rhododendron ferrugineum*, *Licopodiella inundata*, ecc.) o di definire nuove entità (*Centaurea montis-borlae*, *Cirsium alpis-lunae*, *Limonium etruscum*, ecc.). La particolare ricchezza floristica della Toscana e la sua complessità fitocenotica rendono questa regione eccezionalmente ricca di biodiversità vegetale, a tal punto da poter essere considerata un "punto caldo" nell'ambito di quella "sacca di biodiversità" (Hot spot) che è il bacino del Mediterraneo.*

Il territorio della Toscana dal punto di vista floristico e vegetazionale si rivela particolarmente interessante; anzitutto per la diversità del clima e per l'orografia, infatti, la regione è ricca di elevate montagne, colline e pianure un tempo per la maggior parte occupate da vaste paludi (Bientina, Fucecchio, Rimigliano, Maremme grossetane, ecc.), caratteri questi già apprezzati dai naturalisti del passato. Il botanico Stefano Sommier, agli inizi del '900, metteva in luce la ricchezza delle produzioni vegetali della Toscana in relazione alla notevole variabilità geomorfologica che caratterizza la regione [1]. La biodiversità vegetale di questo ampio territorio è legata anche al fatto che esso sia posto al confine fra due grandi zone fitogeografiche, quella Eurosiberiana e quella Mediterranea, permettendo così la commistione fra elementi floristici e tipi vegetazionali settentrionali e meridionali; ciò accade specialmente in quelle porzioni del territorio situate verso nord (Toscana settentrionale).

A proposito della flora del territorio lucchese già Parlatore, fondatore dell'Erbario Centrale Italiano, nella seconda metà dell'800 affermava che

"avuto riguardo alla sua piccolezza è forse uno dei punti d'Italia più ricchi" [17].

L'interesse per la flora toscana da parte dei naturalisti nacque però già nel XVI secolo [33]; Luca Ghini, prefetto dell'Orto Botanico di Pisa dal 1544 al 54, aveva in animo di compilare un'opera sulla flora toscana poi non realizzata, ed il suo successore alla guida dell'Orto Andrea Cesalpino erborizzò in Maremma, all'isola d'Elba, sul Monte Pisano, sull'Appennino e sulle Apuane dove – alle rupi di Porta – trovò *Euphorbia dendroides* che così descrive: "*Arborescens in scopulis nascitur, & praeuuptis, copiosus in praecipitio, qui Saltus Cerviae vocatur, inter Massam & Petrasanciam; frutex est bicipitalis altitudine et ampliore, lignosus ...*" (De plantis libri XVI. 1583). Del Cesalpino esiste ancora l'erbario che conserva campioni di questa raccolta [44].

Come lui altri prefetti dell'Orto pisano erborizzarono in Toscana: Lorenzo Mazzanga da Barga, Giuseppe Casabona, Francesco Malocchi, Domenico Vigna, ecc. [33].

I fratelli Baldassare e Michele Campi, aromatarci lucchesi vissuti a cavallo fra il XVI e XVII secolo, rivestono una particolare rilevanza per la cono-

scenza della flora toscana di quel periodo; in un manoscritto conservato presso la Biblioteca statale di Lucca, recentemente pubblicato, i Campi [55], danno un resoconto della flora dell'Appennino settentrionale e delle Alpi Apuane di grande interesse. Qui sono citate diverse specie rare e di particolare significato fitogeografico, alcune delle quali oggi ancora presenti nelle medesime località da loro menzionate; è questo il caso di *Galium paleoitalicum* che cresce ancora sul Monte Nona, dove i Campi lo trovarono.

Nel '700 le ricerche floristiche prendono nuovo vigore ed in particolare furono attivi Pier Antonio Micheli e Giorgio Santi. Il Micheli fin da ragazzo mostrò interesse per la botanica; famoso è l'episodio a lui incorso quando partì per ricercare l'*Helleborus minus alpinus astrantiae flore* (*Astrantia pauciflora* Bertol.), andando sulle Alpi Apuane durante tre giorni di pausa dal lavoro [39], che lo vide tornare stremato a Firenze, ma dopo aver trovato la pianta.

Dette alle stampe il "*Nova plantarum genera*" (1729) e già il suo maestro prima di lui, l'abate vallombrosano Bruno Tozzi [45], aveva iniziato una "*Specimina iconum pro catalogo plantarum Toscaniae*"

Nella seconda metà del XVIII secolo Giorgio Santi, Prefetto dell'Orto di Pisa, si era prefisso di conoscere la storia naturale della Toscana ed è interessante riportare ciò che dice in proposito nella prefazione della sua opera principale "*Viaggio I, II, III per la Toscana*", "*Trasportato dalla passione per l'istoria naturale, e bisognoso per temperamento, e per assuefazione di vita attiva, e di moto, presto mi sarei intisichito dal tedio se racchiusomi in gabinetto, o limitatomi all'opera ricorrente e monotona di Professore stazionario, avessi voluto passare a sedere il tempo delle vacanze anniversarie dell'Università cui sono addetto. Viaggio adunque anch'io ed i miei viaggi, destinati ad acquisire un'esatta cognizione delle patrie produzioni ed a farne nel tempo stesso una completa collezione, non si estendono fuori della Toscana*"

Egli descrisse diverse specie nuove e fra queste alcune tutt'oggi valide, come *Lonicera etrusca*; altre sono invece cadute in sinonimia, è questo il caso di *Quercus pseudosuber* – ibrido naturale fra *Q. suber* e *Q. cerris* – oggi correttamente chiamata *Q. crenata*.

Da non dimenticare – fra gli altri – Fulgenzio Vit-

man che nel 1773 pubblicò un "*Saggio dell'istoria erbaria delle Alpi di Pistoia, Modena e Lucca*", e Biagio Bartalini che produsse un "*Catalogo delle piante che crescono spontaneamente intorno alla città di Siena*".

Numerosi sono anche gli erbari settecenteschi che indicano l'interesse per studi botanici in quel periodo; ricordiamo l'erbario di Soliera e quello Briganti Cortesi (attualmente in studio) che probabilmente raccolgono specie del Pontremolese, l'erbario Di Poggio [60] per il territorio lucchese, l'*Hortus siccus pisanus* per il Pisano [61], gli erbari della biblioteca Chelliana di Grosseto per la Toscana meridionale [3], ecc. Meno noti ma di grande interesse i lavori dei geografi o comunque di coloro che per diletto o dovere percorrevano il territorio descrivendone oltre che gli aspetti antropici anche quelli naturalistici.

Primo fra tutti Giovanni Targioni Tozzetti che spesso delinea il paesaggio vegetale delle terre attraversate indicando sia specie vegetali sia facendo interessanti osservazioni naturalistiche "*Nel salire diverse montagne alte..... ho osservato che i boschi i quali le rivestono sono rigogliosissimi fino a un certo segno, e formati di alberi altissimi: a misura poi che uno si vicina alla cima gli alberi sono bassissimi, e piuttosto frutici che no; e finalmente la più alta cima suole essere o interamente nuda, o ricoperta da un prato..... dipende ciò dalla minore superficie di terra, o dai troppi diacci e nevi, o da troppo impetuosi venti?*"

Emanuele Repetti fornisce qua e là dati di notevole valore naturalistico; ad esempio questi, nel suo "*Dizionario geografico, fisico, storico della Toscana*" alla trattazione della voce Miemo, ricorda la presenza di *Fagus selvatica* a quote molto basse rispetto alla fascia altitudinale propria di questa specie: "*I poggi serpentinosisono sparsi di piante di castagno ed anche di cupe foreste di faggi copiosamente vestite di licheni placati*".

gli autori

¹ Università di Pisa - Dip. di Agronomia e Gestione dell'Agroecosistema
Via San Michele degli Scalzi 2, 56124 Pisa
petomei@agr.unipi.it

L'abate Giovanni Mariti, che viaggiò per le colline pisane, enumera ben 524 specie di Tracheofite [57].

Ma è durante l'800 che iniziò la sistematica esplorazione del territorio toscano; già nel 1795 Gaetano Savi scriveva la *Flora pisana*, poi il *Trattato degli alberi della Toscana* e successivamente il *Botanicon etruscum* in 4 volumi. Nel 1819 Antonio Bertoloni pubblicò la *Flora Alpium Apuanarum*, ripresa poi in parte da Emilio Simi nella *Flora Alpium Versiliensium*. Benedetto Puccinelli dava alle stampe la "*Synopsis plantarum in agro lucensi sponte nascentium*", che sarebbe dovuta proseguire con la pubblicazione dei Funghi e delle Felci. Anche le isole vennero nuovamente visitate [15].

Teodoro Caruel, nel 1860, compendì le informazioni floristiche allora disponibili in un "*Prodromo della flora Toscana*" successivamente arricchito da due supplementi; Eugenio Baroni alla fine dell'800 compilò un ulteriore lavoro dove venne inserito tutto ciò che era comparso di nuovo.

Nel '900 le ricerche floristiche proseguirono copiose, ciò nonostante Guido Moggi [43], in una disamina degli studi floristici in Toscana, rilevava che la flora regionale era in gran parte sconosciuta, le zone ben esplorate infatti erano solamente il Fiorentino, le Apuane e le regioni costiere.

Nel 1988 Mauro Raffaelli e Milena Rizzotto [51] hanno fornito un nuovo quadro della situazione dove si registra un evidente aumento delle ricerche; nel 2005 infine Angiolini e coll. [4] danno il più aggiornato resoconto delle conoscenze floristiche in Toscana, ed accanto ad aree "ben conosciute", ed "abbastanza ben conosciute", indicano ancora aree con "conoscenza media" o addirittura "generica appena informativa"; questi autori segnalano anche alcune specie di nuova descrizione (*Centaurea montis-borlae*, *Cirsium alpis-lunae*, *Limonium etruscum*) o nuove per la Toscana, ciò denota che l'acquisizione di nuove conoscenze tutt'oggi è ancora possibile, anche in zone in cui da numerosi decenni si conducono ricerche floristiche.

Tra il 1994 e il 2000 è stato pubblicato il "*Prodromo alla flora della regione apuana*", un'opera vasta nella quale, oltre alle informazioni pregresse, sono stati inseriti i risultati delle ricerche che per una vita intera aveva condotto il prof.

Erminio Ferrarini in quelle montagne [26].

In questi ultimi anni sono comparsi numerosi contributi per il territorio pisano [34, 36, 37, 42, 47, 50, 56] ugualmente per l'Aretino [72], il Grossetano [41] ed altri settori della Toscana [71]. Queste diffuse ricerche hanno consentito nuove acquisizioni; nelle Alpi Apuane sono state rinvenute una stazione di *Rhododendron ferrugineum* presso Fornovalasco [5], e una di *Fritillaria orientalis* a Piazza al Serchio [35]. A proposito di *Drosera rotundifolia*, specie la cui distribuzione è stata largamente studiata in Toscana [58, 59], sono state individuate nuove stazioni nel Pontremolese e nello Zerasco [19] sull'Appennino settentrionale, dove è stata rinvenuta anche una stazione di *Licopodiella inundata* [18]. Sul Monte Pisano è stata rinvenuta *Euphorbia dendroides*, e così via [2, 16, 48,]. Di notevole interesse le indagini in habitat ecologicamente ben definiti, come i substrati ofiolitici [21, 49, 68] gli ambienti rupestri [24], le praterie d'altitudine [40] le zone umide [59]. Anche diverse specie nuove sono state descritte [4, 9].

Per ciò che concerne la vegetazione le ricerche sono necessariamente più recenti, in quanto questa tematica viene affrontata in maniera sistematica dagli studiosi, a partire dai primi del '900; la trasposizione dei dati raccolti attraverso le indagini vegetazionali, sopra una carta, è un fondamentale complemento a questo tipo di indagine. Nella "*Carta della vegetazione reale d'Italia*" compilata da Fenaroli nel 1970, per la Toscana compaiono 4 tipologie vegetazionali e precisamente: macchie sempreverdi di sclerofille, querceti sempreverdi e pinete, querceti caducifoglie, faggete; nella successiva preparata da Franco Pedrotti e coll. nel 1991 [46] sono presenti maggiori dettagli, in quanto compaiono anche i castagneti, i robinieti, i boschi di rovere, le cenosi psammofile e quelle delle coste rocciose.

Ultimamente – nel 2010 – a cura di Carlo Blasi è uscita una ponderosa opera dal titolo "*La vegetazione d'Italia*"; si tratta del risultato di una lunga ricerca promossa dal Ministero dell'Ambiente e dal Dipartimento di Biologia vegetale dell'Università La Sapienza di Roma; l'opera è articolata in monografie regionali e contribuisce a fornire un panorama nuovo ed ancora più esaustivo della situazione [23].

Ma un quadro dettagliato delle tipologie vegetazionali reperibili nel territorio regionale (limitatamente alle cenosi boschive) è fornito da Arrigoni e coll. con un lavoro del 1998, comprensivo di relativa cartografia (1:250.000). In esso gli autori individuano da un punto di vista fisionomico 17 tipologie[7]:

1. leccete,
2. sugherete,
3. querceti di roverella,
4. cerrete,
5. ostrieti,
6. castagneti,
7. robinieti,
8. faggete,
9. abetine,
10. boschi di sclerofille sempreverdi,
11. boschi a dominanza di latifoglie decidue termofile,
12. boschi a dominanza di latifoglie decidue mesoigrofile,
13. pinete, altre conifere,
14. misti di sclerofille e conifere,
15. misti di sclerofille e latifoglie,
16. misti di latifoglie e conifere
17. misti di latifoglie decidue mesofile e sciafile

Lo studio è stato eseguito su base fitosociologica individuando dettagliatamente – nell'ambito delle 17 tipologie indicate – le diverse associazioni vegetali definite sul campo a partire da carte 1:25.000. A proposito delle leccete – ad esempio – vengono descritte le seguenti associazioni: *Viburno tini-Quercetum ilicis*, *Pino halepensis-Quercetum ilicis*, *Fraxino orni-Quercetum ilicis*, *Asplenio-Quercetum-Quercetum ilicis*, e così via. Successivamente gli studi sono proseguiti e diverse aree sono state ancor meglio definite: possiamo ricordare, fra i numerosi altri, i contributi sulla vegetazione delle isole dell'arcipelago Toscano [27, 30, 67], quelli sulle sugherete [73], sulle pinete di pino d'Aleppo [25] e sui castagneti [11]; la vegetazione forestale del bacino del fiume Cecina [28]; la vegetazione dell'Alta Garfagnana [31] e quella del Monte Argentario [13] e del promontorio di Piombino [29]; la carta della vegetazione del Chianti (1:50.000) [20], del Monte Morello [8], delle Cerbaie [6]. Diversi contributi sono apparsi per l'Aretino ed il Grossetano, come la vegetazione della riserva

naturale di Montalto [32], la vegetazione della riserva naturale dei Monti Rognosi [64] ed altri ancora [22, 63, 66].

Arrigoni e coll. [12] hanno realizzato un lavoro sui boschi e le macchie della Provincia di Livorno.

Per il territorio pisano possiamo ricordare il lavoro di Bertacchi e coll. sulla vegetazione del Monte Pisano [14], quelli sui boschi e sulle dune costiere [52, 53] e quello per il settore centrale della provincia [62].

Contributi specifici sono stati pubblicati anche per le zone umide, come quello sulle paludi di Orti-Bottagne [65], la vegetazione fluviale del Serchio e della Lima [10], la vegetazione delle aree umide presso bosco ai Frati [38], ecc.

In riferimento alla ricchezza floristica ed alla varietà delle associazioni vegetali riscontrate, la Toscana potrebbe annoverarsi fra le regioni di spicco in quella "sacca di biodiversità" (hot-spot) che è il Mediterraneo, potendo forse essere indicata fra i "punti caldi" come la Sicilia, la Sardegna, la Corsica, le Alpi Marittime, Creta, Cipro, parte della Grecia, l'Anatolia meridionale, Israele, la Cirenaica, il Marocco e il sud della Spagna [70]. La prosecuzione degli studi potrà chiarire ancor meglio queste potenzialità, per altro supportate e sostenute dalle numerose aree protette presenti nella regione [69].

Bibliografia

- [1] Aa.Vv., Monti e poggi toscani. Istituto Micrografico Italiano. 1908, Firenze.
- [2] Aa.Vv., Note floristiche per la Toscana. A cura della Sezione Toscana della Società Botanica Italiana. Edizioni ETS, Pisa, 2005.
- [3] L. Amadei, N. Bechi, F. Garbari, Tre antichi erbari senesi rinvenuti a Grosseto. *Museologia Scientifica*, 1998, 15 (1): 75-149.
- [4] C. Angiolini, P.V. Arrigoni, F. Selvi, Stato attuale e progressi delle conoscenze floristiche in Toscana dal 1978 ad oggi, in "Stato delle conoscenze sulla flora vascolare d'Italia" a cura di A. Scoppola e C. Blasi. Palombi Editore, 2005, Roma.
- [5] M. Ansaldi, A. Cassettari, M. Adami, *Rhododendron ferrugineum* L. (Ericaceae). Specie nuova per la flora apuana. *Atti Soc. tosc. Sci. Nat., Mem., Serie B*, 2004, 110: 189-191.

- [6] P.V. Arrigoni, Documenti per la carta della vegetazione delle Cerbaie (Toscana settentrionale). *Parlatorea*, 1997, 2: 39-71.
- [7] P.V. Arrigoni, Boschi e macchie di Toscana. La vegetazione forestale. Regione Toscana. 1998, Firenze.
- [8] P.V. Arrigoni, B. Foggi, N. Bechi, C. Ricceri, Documenti per la carta della vegetazione del Monte Morello (Provincia di Firenze). *Parlatorea*, 1997, 2: 73-100.
- [9] P.V. Arrigoni, G. Ferretti, M. Padula, Due nuove specie di *Taraxacum* dell'Appennino Lucchese (Toscana settentrionale). *Parlatorea*, 2006, 8: 5-9.
- [10] P.V. Arrigoni, P. Papini, La vegetazione del sistema fluviale Lima-Serchio (Toscana settentrionale). *Parlatorea*, 2003, 6: 95-129.
- [11] P.V. Arrigoni, D. Viciani, Caratteri fisionomici e fitosociologici dei castagneti toscani. *Parlatorea*, 2001, 5: 55-99.
- [12] P.V. Arrigoni, R. Benesperi, L. Dell'Olmo, G. Ferretti, Boschi e macchie della provincia di Livorno. Provincia di Livorno, Servizio Difesa del Suolo, Servizio Sviluppo Rurale. Edizioni Tassinari, Firenze, 2006.
- [13] P.V. Arrigoni, P.L. Di Tommaso, La vegetazione del Monte Argentario (Toscana meridionale). *Parlatorea*, 1997, 3: 5-58.
- [14] A. Bertacchi, A. Sani, P.E. Tomei, La vegetazione del Monte Pisano. Quaderni del Metato, Provincia di Pisa. Felici Editore. Pisa, 2004.
- [15] A. Bertacchi, P.C. Kugler, T. Lombardi, M. Mannocci, M. Monaldi, P. Spinelli. Prodromo della flora vascolare della provincia di Livorno. Edizioni TES, Pisa, 2005.
- [16] S. Betti, F. Garbari, F. Selvi. Nuove stazioni toscane di *Bellevalia trifoliata* (Hyacinthaceae). *Atti Soc. tosc. Sci. Nat.*, Mem., 2003, serie B, 110: 193.
- [17] C. Bicchi. La flora lucchese di fronte alla flora generale d'Italia ed alle flore speciali della Toscana e della Sicilia. Liceo Machiavelli. Tipografia Torcigliani. Lucca, 1877.
- [18] F. Camangi, P.C. Kugler. *Lycopodiella inundata* (L.) Holub. 1447. Nuove entità per la Toscana. Notule alla checklist della flora vascolare italiana. *Inf. Bot. Ital.*, 2008, 40 (1): 106.
- [19] F. Camangi, P.C. Kugler, A. Stefani, L. Sebastiani, S. Bandini, F. Mariotti, *Drosera rotundifolia* L. (Droseraceae): nuove stazioni nella Toscana nord-occidentale. *Atti Soc. tosc. Sci. Nat.*, Mem., 2008. Serie B, 115: 33-34.
- [20] S. Casini, V. De Dominicis, Memoria illustrativa per la carta della vegetazione del Chianti (Scala 1:50.000). Studio fitosociologico. *Parlatorea*, 1999, 3: 79-106.
- [21] A. Chiarucci, V. De Dominicis. The diversity and richness of the serpentine flora of Tuscany. *Bocconea*, 2001, 13: 557-560.
- [22] V. De Dominicis, A. Gabellini, D. Viciani, D. Morrocchi, V. Gonnelli, Contributo alla conoscenza vegetazionale della Riserva Naturale del Sasso di Simone (Toscana orientale). *Atti Soc. tosc. Sci. Nat.*, Mem., 2001, Serie B, 108: 7-26.
- [23] V. De Dominicis, C. Angiolini, A. Gabellini, La serie di vegetazione della regione Toscana. In Blasi C. (ed.). *La vegetazione d'Italia*. Palombi & Partner S.r.l. Roma, 2010: 205-230
- [24] L. Di Fazio, B. Foggi, L. Lombardi, Le piante degli ambienti rupestri delle Alpi Apuane. Museo di Storia Naturale, Università di Firenze, Sezione Botanica. Edizioni Tassinari. Firenze, 2004.
- [25] P.L. Di Tommaso, M.A. Signorini, Aspetti fitosociologici delle pinete a pino d'Aleppo (*Pinus halepensis* Miller) sulle colline livornesi (Toscana). *Parlatorea*, 1999, 3: 35-44.
- [26] Ferrarini E. *et al.*, Prodromo della Flora della Regione Apuana, vol., 1-3. Accademia Lunigianese di Scienze Giovanni Capellini. La Spezia. 1994, 1997, 2000.
- [27] B. Foggi, A. Grigioni A., Contributo alla conoscenza della vegetazione dell'isola di Capraia (Arcipelago toscano). *Parlatorea*, 1999, 3: 5-33.
- [28] B. Foggi, F. Selvi, D. Viciani, D. Bettini, A. Gabellini, La vegetazione forestale del bacino del fiume Cecina (Toscana centro-occidentale). *Parlatorea*, 2000, 4: 39-73.
- [29] B. Foggi, B. Chegia, D. Viciani, Contributo alla conoscenza della vegetazione del Promontorio di Piombino. *Parlatorea*, 2006, 8: 121-139.
- [30] B. Foggi, V. Cioffi, G. Ferretti, L. Dell'Olmo, D. Viciani, L. Lastrucci. La vegetazione dell'isola di Giannutri (Arcipelago Toscano, Grosseto). *Fitosociologia*, 2011, 48 (2): 23-44.
- [31] A. Gabellini, D. Viciani, L. Lombardi, B. Foggi, Contributo alla conoscenza della vegetazione dell'Alta Garfagnana Appenninica. *Parlatorea*, 2006, 8: 65-98.
- [32] V. Gonnelli, D. Viciani, A. Gabellini, V. De Dominicis, La vegetazione della Riserva Naturale Montalto (Arezzo, Toscana) ed i suoi aspetti di

- interesse botanico-conservazionistico. Atti Soc. tosc. Sci. Nat., Mem., 2003, Serie B, 110: 9-18.
- [33] F. Garbari, L. Tongiorgi Tomasi, A. Tosi, Giardino dei semplici. L'Orto botanico di Pisa dal XVI al XX secolo. Pacini Editore. Pisa, 1991.
- [34] F. Garbari, La Flora di San Rossore (Pisa) aggiornata al 1999. Atti Soc. tosc. Sci. Nat., Mem., 2000, Serie B, 107: 11-42.
- [35] F. Garbari, S. Betti, *Fritillaria orientalis* (Liliaceae) nuova per le Alpi Apuane. Atti Soc. tosc. Sci. Nat., Mem., 2004, Serie B, 111: 155.
- [36] F. Garbari, A. Borzatti Von Lowestern, Flora pisana: elenco annotato delle piante vascolari della provincia di Pisa. Atti Soc. tosc. Sci. Nat., Mem., 2005, Serie B, 112: 1-125.
- [37] R. Guarino, A. Bernardini, Indagini sulla diversità floro-vegetazionale de comprensorio del Cuoio, Toscana centro-settentionale. Provincia di Pisa. Tipolitografia Bonghi, San Miniato, 2002.
- [38] L. Lastrucci, R. Becattini, La vegetazione delle aree umide presso Bosco ai Frati (Firenze, Toscana). Atti Soc. tosc. Sci. Nat., Mem., 2008, Serie B, 115: 57, 67.
- [39] G. Lazzari, Storia della micologia italiana. Arti Grafiche Saturnia. Trento, 1973.
- [40] L. Lombardi, A. Chiti-Batelli, L. Galeotti, P. Sposimo, Le praterie montane delle Alpi Apuane e dell'Appennino Tosco-Emiliano. WWF Delegazione toscana. Tipolito Vieri. Roccastrada, 1998.
- [41] S. Maccherini, A. Chiarucci, F. Selvi, V. De Dominicis, Flora vascolare della Riserva naturale di Poggio all'Olmo (Cinigiano, Grosseto). Atti Soc. tosc. Sci. Nat., Mem., 2001, Serie B, 108: 27-41.
- [42] F. Malfanti, S. Trimarchi, P.E. Tomei, Materiali per la flora pisana (Toscana) – I – Le specie censite nei territori di Pontedera, Ponsacco, Capannoli, Peccioli e Palaia, in Valdera. Inter nos, 2010, 2: 87-110.
- [43] G. Moggi., La flora e la vegetazione della Toscana meridionale; dati storico bibliografici. Atti Soc. Tosc. Sci. Nat. Mem., 1972, serie B, 79: 107-120.
- [44] G. Moggi., L'erbario di Andrea Cesalpino, in "Gli erbari aretini", a cura di Chiara Nepi ed Enrico Gusmeroli. University Press. Firenze, 2008: 3-20, 114-186.
- [45] G. Negri, Don Bruno Tozzi (1656-1743). Giorn. Bot. Ital., 1939, 45: 109-114.
- [46] F. Pedrotti, Carta della vegetazione reale d'Italia, scala 1:1.000.000. Ministero dell'Ambiente. S.E.L.C.A. Firenze, 1991.
- [47] M.L. Pedullà, F. Garbari, Piante d'interesse biogeografico-ecologico nei canali di bonifica della pianura pisana. Atti Soc. tosc. Sci. Nat., Mem., 2001, Serie B, 108: 113-117.
- [48] L. Peruzzi, Su alcune piante notevoli rinvenute nella Toscana centro-settentrionale. Atti Soc. tosc. Sci. Nat., Mem., 2003, Serie B, 110: 23-24.
- [49] R.E.G. Pichi Sermolli, Flora e vegetazione delle serpentine e delle altre ofioliti dell'alta valle del Tevere (Toscana). Webbia, 1948, 6: 1-380.
- [50] B. Pierini, F. Garbari, L. Peruzzi, Flora vascolare del Monte Pisano (Toscana nord-occidentale). Informatore Botanico Italiano, 2009, 41 (2): 147-213.
- [51] M. Raffaelli, M. Rizzotto. 100 anni di esplorazioni floristiche in Toscana e in Emilia Romagna. In: Pedrotti F. (ed.), 100 anni di ricerche botaniche in Italia (1888-1988), 2, Società Botanica Italiana. Firenze 1988: 569-602.
- [52] A. Sani, P.E. Tomei, La vegetazione psammofila del litorale di San Rossore (Toscana settentrionale) e la sua importanza conservazionistica. Parlatorea, 2006, 8: 99-119.
- [53] A. Sani, F. Monacci, E. Trimarchi, P.E. Tomei P.E. (2010), La vegetazione della Tenuta di Migliarino. Inter nos, 2010, 2: 5-72.
- [54] G. Santi, Viaggio I, II, III per la Toscana. Per Ranieri Prospero stamp. Pisa, 1798.
- [55] M. Seghieri, P.E. Tomei, E. Coaro, La storia delle piante nostrali di Baldassarre e Michele Campi. Accademia Lucchese di Scienze, Lettere e Arti. Studi e testi – 24. Pacini Editore, Pisa, 1987.
- [56] F. Selvi, D. Bettini, La flora di Monterufoli-Caselli in val di Cornia (Toscana): un'area protetta di rilevante interesse botanico. Webbia, 2004, 59 (2): 34-62.
- [57] P.E. Tomei, La flora delle colline pisane nell'opera di Giovanni Mariti. Inter nos, 2012, in stampa.
- [58] P.E. Tomei, E. Guazzi, Le zone umide della Toscana. Lista generale delle entità vegetali. Atti Mus. Civ., Stor., Nat., Grosseto, 1993, 15: 107-152.
- [59] P.E. Tomei, E. Guazzi, P.C. Kugler, Le zone umide della Toscana. Indagini sulle componenti floristiche e vegetazionali. Regione Toscana, 2001.

- [60] P.E. Tomei, S. Maccioni, M.S. Seghieri, Per un lessico dell'antica nomenclatura botanica. Sull'elenco manoscritto dell'erbario di Pio di Poggio, patrizio lucchese (1713-1802). Accademia lucchese di Scienze, Lettere ed Arti. Studi e Testi XXX. San Marco Litotipo. Lucca, 1994.
- [61] P.E. Tomei, F. Malfanti F. (2008), Elenco delle specie presenti nell'Hortus Siccus Pisanus, in "Gli erbari aretini", a cura di Chiara Nepi ed Enrico Gusmeroli. University Press. Firenze, 2008: 41-50.
- [62] P.E. Tomei, F. Monacci, A. Sani, S. Trimarchi, La vegetazione della provincia di Pisa. Ambito delle Colline Pisane tra la Valle d'Elsa e la Valle del Tora. Provincia di Pisa. Edizioni ETS. Pisa, 2009.
- [63] D. Viciani, A. Gabellini, V. Gonnelli, V. De Dominicis, La vegetazione della Riserva Naturale Alta Valle del Tevere-Monte Nero (Arezzo, Toscana) ed i suoi aspetti di interesse botanico-conservazionistico. Atti Soc. tosc. Sci. Nat., Mem., 2002, Serie B, 109: 11-25.
- [64] D. Vicini, V. Gabellini, V. Gonnelli, V. De Dominicis, La vegetazione della Riserva naturale Monti Rognosi (Arezzo, Toscana) ed i suoi aspetti di interesse botanico-conservazionistico. Atti Soc. tosc. Sci. Nat., Mem., 2004, Serie B, 111: 27-42.
- [65] D. Viciani, L. Lombardi, La vegetazione di Orti-Bottagone (Piombino, Toscana meridionale) e la sua importanza botanica ai fini conservazionistici. Parlatorea, 2001, 5: 101-118.
- [66] D. Viciani, M. Raffaelli, Contributo alla conoscenza di Flora e Vegetazione spontanea delle Riserve Naturali di Valle dell'Inferno-Bandella e Buriano-Penna (Arezzo, Toscana). Parlatorea, 2003, 6: 131-162.
- [67] D. Viciani, D. Albanesi, L. Dell'Olmo, B. Foggi. Contributo alla conoscenza della vegetazione dell'isola di Gorgona (Arcipelago Toscano). Fitosociologia, 2011, 48 (2): 45-64.
- [68] L. Zocco Pisana, P. E. Tomei, Contributo alla conoscenza della flora livornese: gli affioramenti serpentinicoli di Monte Pelato e Poggio alle Fate, Quaderni del Museo di Storia Naturale di Livorno, 1990, 11: 1-24.
- [69] G. Ceccolini, A. Cenerini, B. Anselmi, Parchi e aree protette della Toscana. WWF Sezione Toscana. Regione Toscana. Tipografia Vieri, Roccastrada (GR), 2000.
- [70] F. Grassi, Labra M., F. Sala, Introduzione alla biodiversità del mondo vegetale. Piccin, Padova, 2006.
- [71] E. Venturi, Flora vascolare delle valli della Limentra orientale e della Limentrella (Province di Pistoia e Prato). Parlatorea, 2006, 8:11-46.
- [72] D. Viciani, M. Raffaelli, Contributo alla conoscenza della Flora e Vegetazione spontanea delle Riserve Naturali dell'Inferno-Bandella e Ponte Buriano-Penna (Arezzo, Toscana). Parlatorea, 2003, 6: 131-162.
- [73] F. Selvi, D. Viciani, Contributo alla conoscenza vegetazionale delle sugherete toscane. Parlatorea, 1999, 3: 79-106.

indice alfabetico delle parole chiave

(i numeri indicano i progressivi degli articoli: vedi indice a pag. 3)

aironi	17
Alpi Apuane (LU-MS)	2
ambiente	14
anfibi	11
antropologia	15
<i>Apis mellifera</i>	18
archeologia	15
aree Protette	1
balza	13
bibliografia	38
biodiversità	23, 32
biogeografia	8
bioindicatori	14
biologia marina	24
biomonitoraggio	31
biotopo anchialino	20
botanica sistematica	16
Calignaia	7
cancro colorato	3
<i>Ceratocystis</i>	3
cetacei	28
chiesa di San Ferdinando	15
citotassonomia	16
colonizzazione biologica	20
coltura <i>in vitro</i>	32
composti volatili	21
conservazione	16
conservazione <i>ex situ</i>	32
contenuto stomacale	29
corologia	10
correnti	27
cristallizzazioni	25
CRUMA	17
<i>Crustacea Decapoda</i>	10

deossinivalenolo	5
dieta	29
difesa dei litorali	34
distribuzione	11
ecologia	8, 16
ecologia di popolazione	6
ecosistema urbano	23
edilizia sostenibile	23
educazione ambientale	24
elementi chimici	30
embriogenesi	22
emissioni veicolari	30
endemismo	16
erosione costiera	34
<i>Evernia prunastri</i>	31
evoluzione	16
fenolossidasi	18
fitogeografia	16
flora	12, 16, 38
flora micologica	1, 2
formazione di schiume persistenti	19
fossile	13
frumento	5
funghi fitopatogeni	9
<i>funghi</i>	26
<i>Fungi Europaei</i>	26
geode	13
gestione della fasciacostiera	34
glossopetra	13
glucoso-ossidasi	18
<i>homobasidiomycetes</i>	26
icnofossili	7
impollinazione	21
inganno	21
innalzamento del livello marino	34
inquinamento atmosferico	31
inquinamento visivo	33
inquinanti organici persistenti	14

<i>Lactarius rutaceus</i>	26
lagone	13
Liguria	10
<i>Lissotriton</i>	11
Livorno	4, 7
macigno costiero	36
macromiceti	1, 2
malattie piante	3, 35
Mar Mediterraneo	6
Massa Marittima	30
Mediterraneo nord-occidentale	28
mesautoctono	36
metalli	25
metalli pesanti	31
micropropagazione	32
minerali	4, 25
molluschi dulciacquicoli	8
molluschi terrestri	8
monitoraggio marino	27
Monte Pisano (PI)	1
Monti Livornesi	12
morfologia costiera	37
nurseryes	20
oasi biologiche	20
oceanografia	27
ocratossina A	5
Oligocene	7
<i>Orchis anthropophora</i>	21
orogenesi appenninica	36
Orto Botanico di Pisa, (PI)	26
particolato atmosferico	30
PCR	9
peste americana	18
Pianosa	8
Pleistocene	37
Poggio della Quercia	4
pre e post raccolta	5
qualità della vita	33
qualità delle acque	19

Rabenhorst	26
recupero fauna selvatica	17
relitti navali	20
rete regionale	28
rete trofica	29
revisione materiale d'erbario	26
ripascimenti artificiali	34
riproduzione	22
rischio di crollo	35
Rosignano M.mo	37
<i>Russulaceae</i>	26
<i>Russulales</i>	26
<i>russuloid clade</i>	26
Scleractinie	22
scorie metallurgiche	25
sistema immunitario innato	18
spettrofotometria	18
spiaggiamento	28
SPME/GC-MS	21
<i>Stenella coeruleoalba</i>	29
stratigrafia	37
struttura di popolazione	6
studenti	24
studio preliminare	12
suolo	33
tassonomia	8
tetti verdi	23
tettono-sedimentario	36
tipo Macigno	36
Tirreno Centrale	19
tomografia computerizzata	6
Toscana	7, 0, 16, 38
traffico veicolare	31
trapianti lichenici	31
<i>Triturus</i>	11
Val di Cecina	11
valutazione stabilità	35
vegetazione	38
verde urbano	9
vino	5

indice alfabetico degli Autori

(i numeri indicano i progressivi degli articoli: vedi indice a pag. 3)

Airi Valentina	22
Baini M.	28
Barbieri Cristina	17
Baroni Fabio	30
Bartolini Alessio	32
Bedini Gianni	16
Bedini Gianluca	17, 21
Bedini Marco	24
Bedini Roberto	24
Benvenuti Stefano	23
Bisconti Michelangelo	7, 8
Bonechi Lisa	24
Bonotti Francesco	25
Branchetti Roberto	37
Brandini Carlo	27
Brondi Chandra	17
Cancelli F.	28
Cantini V.	14
Carnieri Emiliano	15
Carnieri Emiliano	8
Caroselli Erik	6, 22
Caroti Vincenzo	26
Carta Angelino	16
Ceccarini A.	14
Ceccherelli Renato	17
Cecchini Angela	1
Chiesa Ferruccio	20
Cianfanelli Simone	10
Cioni Pierluigi	21
Conti A.	14
Costanza Letizia	27
Coudray Sylvain	27
D'antraccoli Marco	2
D'Orazio Riccardo	30
de Loewenstern Antonio Borzatti	8
De Rosa Roberto	31
Degl'Innocenti Michele	25

Di Lella Luigi A.	30, 31
Doronzo Bartolomeo	27
Dubinsky Zvy	22
Faggi Annalisa	15
Falini Giuseppe	22
Fantoni Elena	1
Fattorini Maria	
Felicioli Antonio	18, 21
Filippi Luciano	21
Flamini Guido	21
Focardi Silvano E.	19
Fontanili Laura	32
Francini Alessandra	9
Galli Silvia	17
Gherardi Riccardo	17
Giannarelli S.	14
Giovani Andrea	19
Giusti Matteo	18
Goffredo Stefano	6, 22
Gozzini Bernardo	27
Guerranti Cristiana	19
Guglielminetti Lorenzo	18
Innocenti Gianna	10
Lapucci Chiara	27
Lari Giancarlo	13
Lazzeri Valerio	12
Lefosse Sara	11
Levy Oren	22
Lista Roberta	17
Lobianco Arianna	19
Lorenzini Giacomo	3, 35
Lucchesini Mariella	32
Mancusi C.	28, 29
Marchini Chiara	22
Mari Elena	19
Mariottini Michela	19
Marsili L.	28
Mattioli Guido	6
Mazzanti Renzo	37
Mazzariol S.	28
Mensualdi-Sodi Anna	32
Miliani Aldo	37
Nali Cristina	35

Narducci Roberto	1,2
Natali Cristina	9
Niccolini Alberto	18
Ortolani Alberto	27
Pagni Silvia 15	
Pairaud Ivane	27
Palladini Valerio	17
Pedà Cristina	29
Pellegrini Elisa	9,35
Pepi Milva	19
Perra Guido	19
Peruzzi Lorenzo	16
Peruzzi Laura	15
Pierotti Alessio	26
Pinzanuti Mauro	21
Pranzini Enzo	34
Pucci Flavio	15
Renieri T.	28
Renzi Monia	19
Riga Alessandro	11
Rigoli Alessandro	8
Rocchi Marta	22
Rognini Paolo	33
Romeo Teresa	29
Rossi M.	36
Ruta Marcella	19
Sagona Simona	18
Sammartino Franco	4, 7, 12
Sammartino Franco	4
Sarrocco Sabrina	5
Scuderi Alessia	29
Serena F.	28
Taddei Stefano	27
Targusi Monica	29
Tomei Paolo Emilio	1,38
Vannacci Giovanni	5
Ventrella S.	28
Vercesi P.L.	36
Voliani Alessandro	28
Volpi Valerio	19
Zaccanti Francesco	6,22
Zintu Paola	17

indice degli Enti rappresentati

Accademia dei Fisiocritici, Siena

ARPAT Agenzia Regionale per la Protezione Ambientale della Toscana - Area Mare, Via Marradi 114, 57126 Livorno

ARPAT Risorse Ittiche e Biodiversità Marina, Via Marradi, 114, 56126 Livorno

Associazione Naturalistica "Aster Natura", Via di Coselli 5, 55060 Capannori (LU)

Associazione Naturalistica "Aster Natura", Via Serchio 1, Badia Pozzeveri, 55011 Altopascio (LU)

Associazione Nazionale Insegnanti di Scienze Naturali, Sezione di Livorno, via Spalato, 5, 57176 Livorno

CdLM *Progettazione e Gestione del Verde Urbano e del Paesaggio*

Centro di Ricerca Documentazione e Promozione del Padule di Fucecchio, Via di Castelmartini 125/a, 51036 Larciano, Pistoia

Centro Recupero Uccelli Marini e Acquatici L.I.P.U., Via delle Sorgenti, 430, 45121 Livorno

Centro Ricerche di Ecologia, acquacoltura e pesca (Ecolab), Polo Universitario Grossetano, Via lungolago dei pescatori sn, 58015 Orbetello (GR)

CNR IBIMET e Consorzio LaMMA, Piazza Giovine Italia 1, 57126 Livorno

CNR IBIMET e Consorzio LaMMA, Via Madonna del Piano 10, 50019 Sesto Fiorentino

Consorzio Nazionale Interuniversitario delle Scienze Applicate al Mare (CoNISMA), Via Isonzo 32, 00198 Roma

Dipartimento di Agronomia e Gestione dell'Agroecosistema, Università di Pisa, Via San Michele degli Scalzi 2, 56124 Pisa

Dipartimento di Biologia delle Piante Agrarie, Univ. Studi di Pisa, viale delle Piagge 23, 56124 Pisa

Dipartimento di Biologia Evoluzionistica e Sperimentale, Università di Bologna, Via F. Selmi 3, Bologna

Dipartimento di Biologia, Unità di Botanica generale e sistematica, Via Luca Ghini 5, 56126, Pisa

Dipartimento di Chimica e Chimica Industriale, Università di Pisa

Dipartimento di Coltivazione e difesa delle specie legnose "G. Scaramuzzi", Sezione Patologia Vegetale, Facoltà di Agraria, Università di Pisa, Via del Borghetto 80, 56124 Pisa

Dipartimento di Sanità Pubblica, Patologia Comparata e Igiene Veterinaria, Università degli Studi di Padova

Dipartimento di Scienza della Terra, Università di Pavia

Dipartimento di Scienze Ambientali, Università degli studi di Siena, Via Mattioli, 4, 53100 Siena

Dipartimento di Scienze della Terra dell'Università di Firenze

Dipartimento di Scienze Farmaceutiche, sede di Chimica Biorganica e Biofarmacia, Università di Pisa

Dipartimento di Scienze Fisiologiche, Università di Pisa

Facoltà di Agraria dell'Università di Pisa, Via del Borghetto, 80, 56124 Pisa

Facoltà di Scienze Matematiche, Fisiche e Naturali, Dipartimento di Scienze Ambientali "G. Sarfatti", Università degli Studi di Siena, Via Laterina, 8, 53100 Siena

Gruppo Italiano Ricerca Orchidee Spontanee, via Napoli, 30, 57023 Cecina (LI)

IFREMER, Zone Portuaire de Brégaillon, 83507 La Seyne-sur-Mer Cedex, Francia

ISPRA - Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale

Istituto di Biologia ed Ecologia Marina, Piazza Bovio, 3/4, 57025, Piombino (LI)

Marine Science Group, Dipartimento di Biologia Evoluzionistica Sperimentale, Alma Mater Studiorum - Università di Bologna, Via Selmi, 3, 40126 Bologna

Museo Civico di Storia Naturale di Ferrara, Via F. De' Pisis, 24, Ferrara

Museo di Storia Naturale del Mediterraneo, Via Roma 234, 57100, Livorno

Museo di Storia Naturale di Rosignano Solvay, Via Monte alla Rena, 41-43, 57016 Rosignano Solvay (LI)

Museo di Storia Naturale dell'Università di Firenze, Sezione di Zoologia "La Specola", Via Romana, 17, 50125 Firenze

Osservatorio Toscano Cetacei, Firenze

Polo Scienze Ambientali, Università di Pisa

Provincia di Livorno, Via Galileo Galilei, 40, 57122 Livorno

Scuola Superiore Sant'Anna - CNR, Pisa

Scuola Superiore Sant'Anna, P.za Martiri della Libertà, 33, 56127, Pisa

Servizio "Tutela Ambientale" del Comune di San Giuliano Terme, Via Niccolini, 25, 56017 San Giuliano Terme (PI)

Studio Associato di archeologia Thesan, Via Paolo Emilio Demi, 39, 57125 Livorno

The Mina & Everard Goodman Faculty of Life Sciences, Bar-Ilan University, Ramat-Gan, 52900, Israel

Unità Operativa di Radiologia e Diagnosi per Immagini, Ospedale di Porretta Terme, Azienda Sanitaria Locale di Bologna, Via Roma, 16, 40046 Porretta Terme (BO)

Edizioni ETS
Piazza Carrara, 16-19, I-56126 Pisa
info@edizioniets.com - www.edizioniets.com
Finito di stampare nel mese di marzo 2012

