



Biologia Ambientale

ISSN 2611-5182

rivista del Centro Italiano Studi di Biologia Ambientale

volume 33

dicembre 2019





Biologia Ambientale

ISSN 2611-5182

Pubblicazione del C.I.S.B.A., vol. 33, 2019
Autorizzazione del Tribunale di Reggio Emilia n. 837 del 14 maggio 1993

PROPRIETÀ: **Daniela Lucchini**, Presidente del C.I.S.B.A.

DIRETTORE RESPONSABILE: **Pietro Genoni**

RESP. DI SEGRETERIA: **Roberto Spaggiari**

REDAZIONE (biologia.ambientale@cisba.eu):

Giuseppe Sansoni

Rossella Azzoni

Gilberto N. Baldaccini

Francesca Bona

Giovanni Damiani

Raffaella Zorza

Comitato Scientifico

Natale Emilio BALDACCINI

già Ordinario di Etologia, Università di Pisa

Roberto BARGAGLI

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

Corrado BATTISTI

Stazione di ricerca LTER 'Torre Flavia', Roma

Marco CANTONATI

Sezione di Limnologia e Algologia, MUSE Trento

Annalaura CARDUCCI

Dip. Biologia, Università di Pisa

Stefano FENOGLIO

DISIT, Università Piemonte Orientale, Alessandria

Silvana GALASSI

già Ordinario di Ecologia, Università di Milano

Pier Francesco GHETTI

già Ordinario di Ecologia, Università Cà Foscari, Venezia

Stefano LOPPI

Dip. Scienze della Vita, Università di Siena

Sergio MALCEVSCI

già Dip. di Scienze della Terra e dell'Ambiente, Università di Pavia

Laura MARZIALI

CNR-IRSA Istituto di Ricerca sulle Acque, Brugherio, Monza e Brianza

Maurizio G. PAOLETTI

Dip. di Biologia, Università di Padova

Roberto ROMI

già primo ricercatore dell'Ist. Superiore di Sanità, Dip. Malattie Infettive, Roma

Nico SALMASO

Fondazione Edmund Mach, Istituto Agrario di S. Michele all'Adige, Trento

Luciano SANTINI

già Ordinario di Entomologia agraria, Università di Pisa

Paolo Emilio TOMEI

già Associato di Fitogeografia ed Ecologia Vegetale, Università di Pisa

Mariacristina TORRISI

Dip. di Scienze Ambientali, Università di Camerino

Mariagrazia VALCUVIA PASSADORE

già Dip. Ecol. del territorio e degli amb. terrestri, Università di Pavia

Pierluigi VIAROLI

Dip. di Sc. Chimiche, della Vita e della Sostenibilità Ambientale, Univ. Parma

Luigi VIGANÓ

CNR-IRSA Istituto di Ricerca sulle Acque, Brugherio, Monza e Brianza

Sergio ZERUNIAN

già Corpo Forestale dello Stato, UTB di Fogliano, Latina

Aldo ZULLINI

già Ordinario di Zoologia, Università Milano Bicocca

Biologia Ambientale pubblica articoli su temi che riguardano le connessioni tra le scienze biologiche e la protezione dell'ambiente, con particolare attenzione ai seguenti campi di studio:

- bioindicatori e biomonitoraggio
- ecotossicologia
- ecologia delle acque interne e di transizione
- ecologia dell'ambiente marino
- depurazione delle acque reflue
- gestione dell'ambiente
- igiene ambientale ed ecologia urbana
- impatto ambientale
- rinaturazione e riqualificazione ambientale
- ingegneria naturalistica
- conservazione della natura
- ecologia del paesaggio

Biologia Ambientale è articolata in due sezioni:

Lavori Originali, ospita articoli e rassegne bibliografiche originali, sottoposti a referee;

Informazione & Documentazione, sezione volta a favorire la circolazione di informazioni e di idee tra i soci, accoglie lavori non sottoposti a referee. È composta da tre rubriche: *Esperienze*, per resoconti, dibattiti, note tecniche e opinioni su varie tematiche della biologia ambientale, nonché sintesi di lavori già pubblicati; *Cronaca Ambiente*, per servizi e inchieste che riguardano svariati comparti ambientali, temi della sostenibilità ambientale, interviste a persone che lavorano per l'ambiente e divulgazione di buone pratiche; *Recensioni*, per segnalazioni ragionate di testi di particolare interesse o attualità per la biologia ambientale.

Biologia Ambientale è la rivista dedicata ai soci del Centro Italiano Studi di Biologia Ambientale (C.I.S.B.A.).

Per iscriversi o per informazioni: *Centro Italiano Studi di Biologia Ambientale, C.P. n- 5 Poste San Maurizio 42122 Reggio Emilia*
Segretario: *Roberto Spaggiari, tel. 334 9262826; e-mail: info@cisba.eu*

www.cisba.eu

info@cisba.eu

Quote annuali di iscrizione al Centro Italiano Studi di Biologia Ambientale: socio ordinario: Euro 40,00; socio collaboratore Euro 30,00; socio sostenitore Euro 310,00. Conto corrente postale n. 10833424 intestato a: CISBA, RE. Conto corrente bancario: Banca Unicredit Reggio Emilia Gattalupa, IBAN: IT82T0200812827000100195936

Biologia Ambientale

Volume 33
Dicembre 2019

SOMMARIO

LAVORI ORIGINALI

- 3 Natucci L. - **Studio preliminare e censimento delle specie di mammiferi all'interno del parco comunale della Versiliana**
- 8 Innocenti G., Cruscanti M., Di Capua E., Stasolla G. - **Nuovi dati sulla distribuzione dei Crostacei Decapodi d'acqua dolce in Toscana dal 1993 al 2018**
- 18 Bodon M., Costa S., Risso A.M., Rocca D., Morchio F., Costa M. - **Indici biologici per la Direttiva Quadro 2000/60/CE: è necessaria un'intercalibrazione trasversale? L'esperienza in Liguria**
- 28 Di Giuseppe R., Aleandri G., Grano M. - **Un pipistrellaio a Maccarese (Lazio, Fiumicino): un progetto possibile per la lotta biologica e la divulgazione naturalistica**

CRONACAMBIENTE

- ca1 Azzoni R. - **Internet e cambiamenti climatici**

RECENSIONI

- rc 1 Zerunian S. - **Storia di un'estinzione**
- rc 1 Fenoglio S., Bo T., Bona F., Ridolfi L., Vesipa R., Viaroli P. - **Ecologia Fluviale**

Foto di copertina

Volpe rossa nel parco della Versiliana (Pietrasanta - LU). (Foto Luca Natucci, 2018)

Studio preliminare e censimento delle specie di mammiferi all'interno del parco comunale della Versiliana

Luca Natucci

Via Valdicastello Carducci 293/E – Pietrasanta (LU). E-mail: lucanatu95@hotmail.it

Pervenuto il 27.11.2018; accettato il 6.1.2019

RIASSUNTO

Al fine di approfondire le conoscenze sulla biodiversità del parco della Versiliana, comune di Pietrasanta (LU) (Toscana nord-occidentale), è stato effettuato il censimento dei mammiferi e stesa una check-list delle specie presenti. Lo studio, svoltosi da aprile a ottobre 2018, ha utilizzato come metodologia principale il fototrappolaggio e lo svolgimento di transetti e ha consentito di evidenziare che all'interno del parco della Versiliana sono presenti almeno otto specie di mammiferi che costituiscono una solida comunità di micro- e meso-mammiferi. Il lavoro svolto rappresenta un contributo al percorso di tutela e conservazione dell'area, intrapreso dalle associazioni ambientaliste, per mezzo del quale sarà possibile incrementare il numero di specie, rendendo ancora più interessante la biodiversità animale e la struttura di questo ecosistema boschivo.

PAROLE CHIAVE: fototrappolaggio / conservazione / pineta / transetti

Preliminary study and census activity of the mammals species in the Versiliana municipal park

In order to deepen the knowledge on the biodiversity of the park of Versiliana, in the municipality of Pietrasanta (LU) (north-western Tuscany), a census of mammals was carried out and a check-list of the species present was made. The study, which took place from April to October 2018, used as the main methodology the photo-trapping and the carrying out of transects and allowed to highlight that within the Versiliana park are present at least eight species of mammals that constitute a solid community of micro- and meso-mammals. The work carried out represents a contribution to the conservation of the area, undertaken by the environmental associations, making the animal biodiversity and the structure of this forest ecosystem even more interesting.

KEYWORDS: camera-trapping / conservation / pine forest / transect

INTRODUZIONE

Il parco comunale della Versiliana è un piccolo frammento di macchia costiera di circa 100 ettari, al centro di un'area litoranea fortemente antropizzata nel comune di Pietrasanta (LU), nella Toscana settentrionale. La Versiliana presenta peculiari caratteristiche floristiche e fitogeografiche, ospitando 227 specie vegetali, appartenenti a 66 diverse famiglie (Tomei *et al.*, 1986), che la rendono un'area di notevole interesse naturalistico ed ambientale, meritevole pertanto di livelli di tutela e conservazione più elevati di un semplice parco urbano.

A seguito delle contestazioni e delle problematiche sorte a causa degli interventi di manutenzione e pulizia effettuati dall'amministrazione comunale tra gennaio e aprile 2018, nell'ambito di varie associazioni è sorta

infatti l'idea di rendere la Versiliana un'area protetta di interesse naturalistico inserendola in un progetto di SIC discontinuo sul territorio, che la connetta con altre aree verdi in esso presenti. A supporto di tale progetto è stato effettuato uno studio sui mammiferi presenti nel parco, in modo da avere un quadro più ampio della biodiversità animale presente nell'area.

Obiettivo principale del presente studio, il primo di tale genere effettuato sui mammiferi all'interno di questo parco, è stato quello di inquadrare la fauna a mammiferi dell'area, tramite la redazione di una check-list. Il lavoro si pone anche l'obiettivo di gettare le basi per eventuali studi futuri su questo ecosistema e sulla sua biodiversità.

Materiali e metodi

Lo studio è stato effettuato nel parco della Versiliana, un bosco planiziale costiero di 100 ha che si trova lungo il litorale della Toscana settentrionale, a poco più di 300 m dal mare; per questo motivo il substrato su cui si erge il parco è formato da depositi sabbiosi, con una alternanza di dune e lame acquitrinose. Questo aspetto geomorfologico offre al parco due principali tipologie microclimatiche: sulla sommità delle dune si ritrovano microclimi più aridi e secchi mentre nelle zone interdunali e retrodunali ritroviamo un microclima più umido (Tomei *et al.*, 1986).

L'aspetto microclimatico e geografico permette di distinguere almeno quattro tipologie vegetazionali all'interno della Versiliana (Tomei *et al.*, 1986). In particolare, nella zona più vicina alla costa ritroviamo una pineta pioniera costituita da pino marittimo (*Pinus pinaster* Aiton, 1789), al di sopra delle dune più interne ritroviamo una "lecceta pinetata", dove il leccio (*Quercus ilex* L.) è la specie dominante che costituisce lo strato arboreo inferiore di una pineta di pino domestico (*Pinus pinea* L.) e pino marittimo (*P. pinaster*).

Nelle zone interdunali e retrodunali più umide troviamo invece una vegetazione costituita da un bosco di latifoglie decidue, dove le specie più diffuse sono la farnia (*Quercus robur* L.), il rovere (*Quercus petraea* Liebl.), l'acero (*Acer campestre* L.), il frassino (*Fraxinus oxycarpa* L.) e l'agrifoglio (*Ilex aquifolium* L.). Infine, lungo le sponde dei due corsi d'acqua che scorrono all'interno del parco, ritroviamo una vegetazione di elofite dominata dalla cannuccia di palude (*Phragmites australis* Cav.).

Lo studio ha previsto come metodologia principale di monitoraggio il foto-trappolaggio, un metodo efficace e non invasivo per lo studio della fauna selvatica, utilizzato principalmente per ottenere informazioni sulla presenza, abbondanza e distribuzione delle specie (Gilio, 2012; Mosini e Balestrieri, 2017). La tecnica del

foto-trappolaggio consiste nell'utilizzo di macchine fotografiche analogiche, fotocamere e videocamere digitali che, munite di fotocellule e sensori collegati al meccanismo di scatto, sono in grado di funzionare in automatico, per periodi di durata variabile, legati alla durata delle batterie disponibili, sia in ore diurne sia notturne. In questo modo si ottengono "reperti oggettivi", ovvero foto e video, della fauna selvatica.

Le trappole fotografiche sono costituite da una foto/video camera associata ad un sensore ad infrarosso, passivo o attivo, capace di far scattare automaticamente una o più foto o di far partire una registrazione video, al passaggio di un corpo in movimento. La sensibilità del sensore dipende dalle sue caratteristiche costruttive e da fattori ambientali e può essere regolata.

In questo studio sono state utilizzate tre foto-trappole ad infrarossi, appartenenti a due differenti modelli: due del modello Scout Guard SG520 (Fig. 1) ed una del modello Flinelife Digital Trail Cam (Fig. 2).

Le foto-trappole appartenenti al modello Scout Guard sono state impostate per realizzare video di 60 secondi, mentre la foto-trappola del modello Flinelife è stata impostata per realizzare video di 10 secondi. Gli strumenti sono stati posizionati ad un massimo di 1m dal suolo, in base alla tipologia della vegetazione presente nel punto di posizionamento.

Il fototrappolaggio è stato effettuato dal 7 aprile 2018 al 24 ottobre 2018, con un intervallo in cui le fototrappole sono state rimosse (dall'11 agosto al 10 settembre).

L'intero studio ha previsto il posizionamento di 21 punti-trappola con un totale di 171 notti di posizionamento, 513 notti-trappola totali, considerando i tre strumenti.

Oltre al fototrappolaggio, per ottenere un maggior numero di dati sono stati effettuati dei transetti lungo i sentieri del parco e fuori da essi, dove fosse possibile, per ricercare dei segni di presenza degli animali e poter fare delle osservazioni dirette. Per l'identificazione di resti e



Fig. 1. Foto-trappola modello Scout Guard SG520.



Fig. 2. Foto-trappola modello Flinelife Digital Trail Cam.

tracce di animali si è fatto riferimento a Baker (2017).

I transetti sono stati in totale 23 e sono stati effettuati soprattutto durante i giorni in cui venivano controllate, spostate, o ritirate le fototrappole, ed ognuno ha coperto una distanza di circa 2 Km.

RISULTATI

Nel parco della Versiliana, attraverso la registrazione di 137 eventi relativi a mammiferi, sono state riscontrate otto specie di mammiferi (Tab. I): 5 tramite il fototrappolaggio (Tab. II) e altre tre con i transetti (Fig. 3). Salvo riscontro, lo studio non comprende i chiroterteri e i piccoli roditori, poiché la loro individuazione avrebbe richiesto specifiche modalità di censimento.

Con il fototrappolaggio sono state individuate la volpe rossa (*Vulpes vulpes* L.) (Fig. 4), lo scoiattolo comune (*Sciurus vulgaris* L.) (Fig. 5), il ratto nero (*Rattus rattus* L.) (Fig. 6), il tasso europeo (*Meles meles* L.) e una specie di Mustelidi, appartenente al genere *Martes* o

Mustela, che non è stato possibile determinare in modo preciso, poiché l'unico filmato che interessa l'animale non permette una identificazione precisa della specie (Toschi, 1965; Boitani *et al.*, 2003). L'identificazione del ratto nero è stata possibile solo tramite il ritrovamento di un individuo senza vita lungo un transetto, poiché gli eventi registrati sono stati fatti solo in ore notturne e quindi con immagini in bianco e nero.

La specie maggiormente contattata è stata la volpe rossa (n = 88 eventi totali), seguita in ordine decrescente dallo scoiattolo comune (n = 33), il ratto nero (n = 13), il tasso europeo (n = 2) e infine la specie di mustelide non identificata (n = 1) (Tab. II).

La volpe rossa ed il ratto nero sono stati contattati in ogni tipologia di vegetazione del parco, mentre lo scoiattolo è stato contattato maggiormente in zone dove è presente una lecceta pinetata e secondariamente in zone con boschi di caducifoglie, mentre il tasso ed il mustelide del genere *Mustela* o *Martes* sono stati

Tab. I. Mammiferi rilevati nel parco della Versiliana e relative tecniche.

Nome volgare	Nome scientifico	Tecnica rilevamento
Volpe rossa	<i>Vulpes vulpes</i>	Scout Guard, Flineliflife
Tasso europeo	<i>Meles meles</i>	Scout Guard, Flineliflife
specie di Mustelide	<i>Martes</i> sp. o <i>Mustela</i> sp.	Scout Guard
Scoiattolo comune	<i>Sciurus vulgaris</i>	Scout Guard, Flineliflife
Ghiro	<i>Glis glis</i>	Transetto (individuo morto)
Ratto nero	<i>Rattus rattus</i>	Scout Guard, Flineliflife
specie del genere <i>Apodemus</i>	<i>Apodemus</i> sp.	Transetto (individuo morto)
Riccio europeo	<i>Erinaceus europaeus</i>	Transetto (escrementi)

Tab. II. Risultati del fototrappolaggio. In tabella sono indicate tutte le postazioni del fototrappolaggio con relativo modello di fototrappola, numero di notti in cui sono state posizionate e tipologia di vegetazione della postazione, con relativo numero di foto-catture totali e per ogni specie contattata.

Postazione	Modello fototrappola	Notti	Vegetazione	Catture utili	Specie totali	Volpe rossa	Scoiattolo comune	Ratto nero	Tasso europeo	Mustelide gen.
P1-SGA	Scout Guard	21	Lecceta pinetata	8	3	6	0	0	1	1
P1-SGB	Scout Guard	21	Bosco di latifoglie	6	1	6	0	0	0	0
P1-FLN	Flineliflife	21	Bosco di latifoglie	8	2	7	0	0	1	0
P2-SGA	Scout Guard	21	Lecceta pinetata	6	2	1	5	0	0	0
P2-SGB	Scout Guard	21	Lecceta pinetata	2	1	0	0	2	0	0
P2-FLN	Flineliflife	21	Bosco di latifoglie	3	2	2	1	0	0	0
P3-SGA	Scout Guard	21	Lecceta	9	1	9	0	0	0	0
P3-SGB	Scout Guard	21	Lecceta pinetata	1	1	1	0	0	0	0
P3-FLN	Flineliflife	21	Bosco di latifoglie	3	3	1	1	1	0	0
P4-SGA	Scout Guard	25	Bosco di latifoglie	7	2	1	0	6	0	0
P4-SGB	Scout Guard	25	Pineta pioniera	14	1	14	0	0	0	0
P4-FLN	Flineliflife	25	Bosco di latifoglie	4	1	4	0	0	0	0
P5-SGA	Scout Guard	21	Lecceta pinetata	7	1	7	0	0	0	0
P5-SGB	Scout Guard	21	Bosco di latifoglie	12	1	12	0	0	0	0
P5-FLN	Flineliflife	21	Bosco di latifoglie	2	2	1	1	0	0	0
P6-SGA	Scout Guard	7	Lecceta pinetata	5	1	5	0	0	0	0
P6-FLN	Flineliflife	7	Bosco di latifoglie	6	2	3	0	3	0	0
P7-SGA	Scout Guard	24	Lecceta	17	2	4	13	0	0	0
P7-FLN	Flineliflife	24	Bosco di latifoglie	10	1	0	9	1	0	0
P8-SGA	Scout Guard	21	Lecceta pinetata	5	2	2	3	0	0	0
P8-FLN	Flineliflife	21	Lecceta pinetata	2	1	2	0	0	0	0

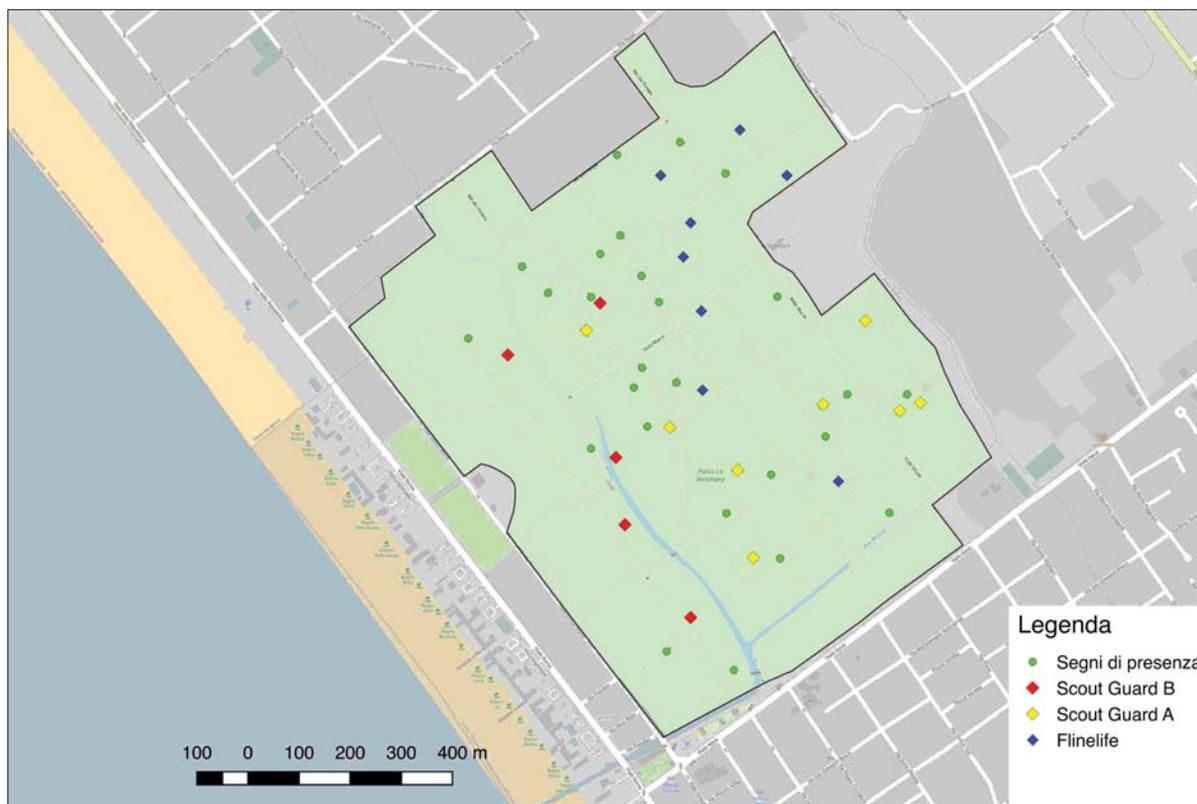


Fig. 3. Ubicazione delle 21 postazioni di fototrappolaggio e dei 26 segni di presenza ritrovati lungo i transetti.

contattati esclusivamente in zone di lecceta pinetata.

Tramite i transetti alla ricerca di segni di presenza è stato possibile constatare la presenza di tre specie che non erano state contattate con il foto-trappolaggio: il riccio europeo (*Erinaceus europaeus* L.), di cui sono stati trovati vari escrementi, il ghiro (*Glis glis* L.) e una specie del genere *Apodemus*, col ritrovamento di individui senza vita di entrambe le specie. Purtroppo non è stato possibile determinare la specie precisa del piccolo roditore appartenente al genere *Apodemus* senza le adeguate analisi genetiche (Toschi e Lanza, 1959;



Fig. 4. Fermo immagine di una Volpe rossa ripresa con fototrappola Scout Guard SG520.



Fig. 5. Fermo immagine di uno Scoiattolo comune ripreso con fototrappola del modello Flinelife.



Fig. 6. Fermo immagine di un Ratto nero ripreso con fototrappola del modello Flinelife.

Toschi, 1965; Amori *et al.*, 2008). Probabilmente si tratta di *Apodemus sylvaticus*, in base al rapporto tra lunghezza del corpo e lunghezza della coda e poiché questa specie è maggiormente diffusa in ambienti costieri rispetto all'altra specie presente in Toscana, ovvero *Apodemus flavicollis* (Santini, 1983).

Altri segni di presenza trovati sono relativi a specie già riscontrate tramite il foto-trappolaggio, come la volpe, di cui sono state ritrovate alcune fatte, qualche impronta e segni di predazione su uccelli. Inoltre sono state trovate varie fatte collegabili al tasso europeo, segni di alimentazione ed un individuo senza vita di scoiattolo comune.

Il ritrovamento di un esemplare senza vita di ratto nero ne ha permesso l'identificazione della specie, poiché tramite le registrazioni delle fototrappole non è stato possibile.

Inoltre i transetti hanno consentito l'osservazione diretta di alcuni animali, come la volpe, lo scoiattolo e il ratto nero.

DISCUSSIONE E CONCLUSIONI

Le indagini condotte mediante foto-trappolaggio e la raccolta di segni di presenza con dei transetti hanno permesso la stesura di una check-list delle specie di mammiferi presenti nel parco comunale della Versiliana.

I mammiferi rilevati con questo studio preliminare sono quelli che più potremmo aspettarci da un ambiente come quello della Versiliana, con specie generaliste, adattate a vivere in ambienti semi-urbani o completamente urbanizzati (es., volpe rossa e ratto nero).

Il numero di foto-catture dei mustelidi rilevati è troppo

basso per ritenere accertata la loro presenza all'interno del parco, anche se l'ambiente che offre questa area verde rientra nei canoni di habitat potenzialmente ideale per il tasso, e per alcuni mustelidi come la faina (*Martes foina* Erxleben) e la donnola (*Mustela nivalis* L.). Solo per quanto riguarda il tasso, il ritrovamento di due escrementi appartenenti a questa specie aiuta a sostenere che possa essere stazionaria all'interno del parco.

Anche per quanto riguarda il ghio, il riccio europeo e il piccolo roditore del genere *Apodemus* il ritrovamento di individui morti o di segni di presenza, come gli escrementi, non implica necessariamente che queste specie siano stazionarie all'interno del parco, ma la loro elevata adattabilità e le caratteristiche ecologiche del parco consentono di affermare, quasi con certezza, che queste specie lo popolino stabilmente.

Questo primo contributo alla conoscenza della teriofauna del parco della Versiliana fornisce dati utili per l'instaurazione di un'area protetta di interesse naturalistico.

In conclusione, si può quindi affermare che il parco della Versiliana ospita una comunità di micro- e meso-mammiferi e che, attraverso adeguate tecniche di conservazione e gestione, non è da escludere che in un'area come questa il numero di specie di mammiferi possa aumentare, portando anche ad un ripopolamento di altre specie come il coniglio selvatico (*Oryctolagus cuniculus* L.), la lepre europea (*Lepus europaeus* Pallas, 1778) e di macro-mammiferi, come il cinghiale (*Sus scrofa* L.) e il capriolo (*Capreolus capreolus* L.), specie che fino a qualche anno fa erano presenti all'interno di questa area verde (Gemignani, 1999).

BIBLIOGRAFIA

- Amori G., Contoli L., Nappi A., 2008. *Fauna d'Italia Vol. 44. Mammalia II. Erinaceomorpha, Soricomorpha, Lagomorpha, Rodentia*. Calderini editore, Bologna, 736 pp.
- Baker N., 2017. *Tracce e segni degli animali*. Ricca editore, Italia, 288 pp.
- Boitani L., Lovari S., Vigna A., 2003. *Fauna d'Italia Vol. 30. Mammalia III. Carnivora, Artiodactyla*. Calderini editore, Bologna, 446 pp.
- Fabrizio M., 2011. Il foto-trappolaggio in Italia: primi risultati di una nuova tecnica di ricerca scientifica per la fauna selvatica. *Atti del convegno 9 Luglio 2011, Centro Studi per le Reti Ecologiche della Riserva Naturale Regionale Monte Genzana Alto Gizio, L'Aquila*, 63 pp.
- Gemignani A., 1999. *Versiliana. Magia di un parco*. Pezzini editore, Viareggio (LU), 92 pp.
- Gilio N., 2012. *Monitoraggio dei mammiferi di medie dimensioni*. Fondazione lombarda per l'ambiente, Seveso (MB), 51 pp.
- Mosini A., Balestrieri A., 2017. Monitoraggio dei mustelidi del genere *Martes* nei parchi naturali dell'Alpe di Veglia e Devero e dell'Alta Valle Antrona. *Aree protette dell'Ossola e Cooperativa Valgrande*, Verbania-Posaccio (VB), 15 pp.
- Santini L., 1983. *I roditori italiani di interesse agrario e forestale*. CNR AQ/1/232, 168 pp.
- Tomei P.E., Bartelletti A., Amedei L., 1986. *La Versiliana. Un contributo alla conoscenza floristica e vegetazionale delle fitocenosi costiere della Toscana settentrionale*. Comune di Pietrasanta, Pietrasanta (LU), 85 pp.
- Toschi A., 1965. *Fauna d'Italia Vol. 7. Mammalia I. Lagomorpha, Rodentia, Carnivora, Ungulata, Cetacea*. Calderini editore, Bologna, 648 pp.
- Toschi A., Lanza B., 1959. *Fauna d'Italia Vol. 4. Mammalia. Generalità, Insectivora, Chiroptera*. Calderini editore, Bologna, 488 pp.

Nuovi dati sulla distribuzione dei Crostacei Decapodi d'acqua dolce in Toscana dal 1993 al 2018

Gianna Innocenti^{1*}, Marco Cruscanti², Elena Di Capua², Gianluca Stasolla¹

¹ Sistema Museale di Ateneo, Museo di Storia Naturale, Sede La Specola, Università di Firenze, via Romana 17 – 50125 Firenze

² ARPAT Dipartimento di Grosseto, via Fiume 35 – 58100 Grosseto

* autore corrispondente: gianna.innocenti@unifi.it

Pervenuto il 31.1.2019; accettato il 18.2.2019

Riassunto

Le informazioni sulla distribuzione nel territorio toscano dei Crostacei Decapodi d'acqua dolce risultano incomplete e per alcune specie sono spesso lacunose. In Toscana sono presenti quattro specie autoctone, il granchio di fiume, *Potamon fluviatile*, il gambero di fiume, *Austropotamobius pallipes* complex, e due specie di gamberetti di fiume, *Atyaephyra desmarestii* e *Palaemon antennarius*. In Toscana, dagli inizi degli anni '90 del XX secolo, si registrano la presenza del gambero alloctono *Procambarus clarkii* e, nel 2008, del gambero marmorizzato *P. virginalis*.

Il gambero di fiume, crostaceo di interesse comunitario, è un rilevante indicatore biologico ed è annoverato tra le specie vulnerabili. *Potamon fluviatile* e *Palaemon antennarius* sono, oltre al gambero di fiume, inclusi nelle specie protette dalla normativa regionale toscana. Con questo contributo si forniscono nuovi dati sulla loro distribuzione in Toscana, necessari per intraprendere auspicabili azioni di tutela.

PAROLE CHIAVE: granchio di fiume / gambero di fiume / gamberetto di fiume / *Potamon* / *Austropotamobius* / *Palaemon* / *Atyaephyra* / *Procambarus*

New data on the distribution of freshwater crustacean decapods in Tuscany from 1993 to 2018

Information on the distribution in Tuscany of freshwater crustacean decapods is partial and, for some species, incomplete. There are four native species: the freshwater crab *Potamon fluviatile*, the autochthonous crayfish *Austropotamobius pallipes* complex, and the freshwater shrimps *Atyaephyra desmarestii* and *Palaemon antennarius*. Also present, since 1993 and 2008 respectively, are the allochthonous crayfish *Procambarus clarki* and the marbled crayfish *P. virginalis*.

The autochthonous crayfish, a crustacean of Community importance, is a relevant biological indicator and is listed as a vulnerable species. It is protected, together with *Potamon fluviatile* and *Palaemon antennarius*, by Tuscan regional laws.

This contribution provides new data on the distribution of these species in Tuscany, essential to undertaking adequate protective measures.

KEY WORDS: freshwater crab / crayfish / freshwater shrimp / *Potamon* / *Austropotamobius* / *Palaemon* / *Atyaephyra* / *Procambarus*

INTRODUZIONE

In Toscana sono attualmente presenti 6 specie di Crostacei Decapodi d'acqua dolce. Oltre al granchio di fiume *Potamon fluviatile* (Herbst, 1785), al gambero di fiume *Austropotamobius pallipes* complex¹, e ai gamberetti d'acqua dolce *Atyaephyra desmarestii* (Millet, 1831) e *Palaemon antennarius* H. Milne Edwards, 1837², sono presenti due specie di gamberi alloctoni *Procambarus clarkii* (Girard, 1852) e *Procambarus virginalis* Liko, 2017 (Gherardi *et al.*, 2000; Castelli e Sposimo, 2012; Nonnis Marzano *et al.*, 2009).

1 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. Quest'ultima specie è distinta a sua volta in 4 sottospecie (*A. i. italicus*, *A. i. carsicus*, *A. i. carinthiacus* e *A. i. meridionalis*) (Grandjean *et al.*, 2002; Fratini *et al.*, 2005). In attesa di una conferma definitiva, viene utilizzata la dizione *A. pallipes* complex (Holdich *et al.*, 2006).

2 De Grave e Ashelby (2013) hanno analizzato i generi appartenenti alla sottofamiglia Palaemoninae, dimostrando che il genere *Palaemonetes* è un sinonimo del genere *Palaemon*, non essendo basato su valide differenze morfologiche; pertanto viene adottata in questo contributo l'attribuzione al genere *Palaemon*.

Nel territorio italiano queste specie autoctone hanno un ampio areale, si veda per *P. fluviatile* il contributo di Jesse *et al.* (2009) e per *A. pallipes*, Aquiloni *et al.* (2010). Nel caso di *A. desmarestii* e *P. antennarius* il loro areale comprende non solo la parte continentale e peninsulare d'Italia, ma anche la Sicilia e la Sardegna (Froggia, 1978).

Questo lavoro intende fornire informazioni sulla distribuzione di queste specie sul territorio toscano negli ultimi 25 anni, come base per future ricerche e possibili azioni di protezione soprattutto per le specie di interesse comunitario e/o protette dalla legislazione regionale.

MATERIALI E METODI

Al fine di ottenere indicazioni sulla presenza delle 6 specie in Toscana nell'arco temporale 1993-2018, sono stati utilizzati dati raccolti da campionamenti effettuati dagli autori (Università di Firenze e ARPAT, Dipartimento di Grosseto) e dai ricercatori del Museo di Storia Naturale e del Dipartimento di Biologia dell'Università di Firenze, oltre che da segnalazioni inedite raccolte dal primo autore (G.I.).

È stata esaminata la collezione Crostacei presente presso la Sezione di Zoologia del Museo di Storia Naturale dell'Università degli Studi di Firenze; inoltre sono stati consultati il database del progetto regionale 'Re.Na.To.' (Repertorio Naturalistico Toscano; Regione Toscana), le carte ittiche delle province toscane (Forneris *et al.*, 1998; Loro, 2000; Nocita, 2002; Pascale, 2003; Bernardi *et al.*, 2004; Carini e Guffanti, 2006; GRAIA, 2008; Gualtieri e Mecatti, 2009; Pascale e Chines, 2009; Nocita *et al.*, 2010; Falconi *et al.*, 2012) e le pubblicazioni reperite attraverso Google Scholar e Web of Science (Gherardi *et al.*, 2000; Barbaresi *et al.*, 2005; Nocita *et al.*, 2006; Bertocchi *et al.*, 2008).

Poiché tre delle specie trattate sono soggette a protezione, le aree indicate nelle mappe non rappresentano la precisa georeferenziazione dei luoghi di ritrovamento.

I dati georeferenziati (WGS 84/UTM zone 32N) sono stati inseriti in una mappa della Toscana, suddivisa per province, con i maggiori corpi idrici e i Siti di Interesse Comunitario (SIC) evidenziati, utilizzando il software *open source* QGIS 3.4.1 (QGIS, 2018).

RISULTATI

La distribuzione nel territorio toscano delle 6 specie è riassunta nelle Figg. 1-5.

Atyaephyra desmarestii (Millet 1831), appartenente alla famiglia Atyidae, è una specie solitamente di piccole dimensioni, non superiori ai 40 mm in lunghezza, caratterizzata da un rostro rettilineo, con 23-33 spine lungo il margine dorsale e da 0 a 10 denti sul margine ventrale. È un gamberetto principalmente d'acqua dolce che popola laghi o corsi d'acqua lenti, con abbondante vegetazione acquatica, talvolta è raccolto anche in canali

salmastri. 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. La specie era talvolta utilizzata come esca. Risulta essere una specie introdotta in alcuni paesi del centro Europa.

In Toscana è presente, con 38 segnalazioni, nelle province di Firenze, Lucca, Pisa, Livorno e Grosseto, soprattutto concentrate nel tratto cittadino dell'Arno a Firenze, sporadiche nei fiumi Cecina, Ombrone e Serchio (Fig. 1).

Note ecologiche: la specie, quando raccolta, si trova in gran numero di esemplari, tra le piante acquatiche, talvolta assieme a *Palaemon antennarius*. La specie al momento non risulta essere minacciata ed è classificata come Least Concern (LC, minore preoccupazione) dalla International Union for the Conservation of Nature (IUCN) (De Grave, 2013a).

Palaemon antennarius H. Milne Edwards 1837 (famiglia Palaemonidae) è caratterizzato da un rostro a sciabola con 5-7 denti sul margine superiore e 2-3 su quello inferiore, con individui che raggiungono i 45 mm di lunghezza, di colore trasparente, grigio-verdastro con cromatofori visibili. 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 o morte e di detriti vegetali.

In Europa si trova in Slovenia, Croazia (Dalmazia), Grecia (comprese le isole di Corfù, Zacinto, Creta, Cos e Rodi) e Turchia. *P. antennarius* è noto in letteratura da laghi e fiumi di tutta Italia, è infatti segnalato per Lombardia, Veneto, Friuli, Emilia Romagna, Toscana, Marche, Umbria, Lazio, Abruzzo, Campania, Puglia, Basilicata, Sicilia, Sardegna.

In Toscana è stato raccolto nelle province di Lucca, Pisa, Grosseto, Siena, Livorno e Firenze (Fig. 2), con 53 segnalazioni.

Note ecologiche: nel fiume Arno, nel tratto fiorentino, *P. antennarius* predilige acque ricche di vegetazione nella quale si può rifugiare, ed è reperibile in gran quantità tra le piante di *Potamogeton*.

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. Attualmente questa attività non risulta essere praticata a livello industriale, mentre la specie è ancora utilizzata come esca. Viene raccolta a fini alimentari nel bacino del Mincio (Mantova) per la preparazione dei piatti tipici a base di 'saltarei', cioè i gamberetti d'acqua dolce in

dialetto locale. La specie è invece protetta in Toscana (Legge Regionale 30/2015) e in Abruzzo (Legge Regionale 50/1993). Nella lista rossa dell'IUCN è classificata come Least Concern (LC, minore preoccupazione) (De Grave, 2013b).

Austropotamobius pallipes (Lereboullet, 1858) (famiglia Astacidae) ha un carapace liscio con un paio di spine post-orbitali e 1-2 spine posteriori al solco cervicale. Le chele hanno il margine interno irregolare e nella parte ventrale sono di colore chiaro. Vive tra le pietre dei fiumi a carattere torrentizio, limpidi e ben ossigenati, ma anche in fossi a corrente lenta, in ruscelli in zone di collina e media montagna, purché non inquinati, con argini ricchi di vegetazione. Scava tane sotto i sassi sommersi o gallerie sulle sponde fangose, dove

trascorre il giorno per uscire all'imbrunire alla ricerca di cibo: è principalmente attivo nelle ore del crepuscolo e dell'alba, mentre trascorre la maggior parte del tempo nella tana durante le ore diurne. Si nutre principalmente di detriti vegetali, larve di insetti, altri crostacei, molluschi, lombrichi, sanguisughe, girini, piccoli pesci e resti di animali morti. Il suo areale d'origine è l'Europa occidentale (Italia compresa).

In Toscana il gambero di fiume è presente in Appennino (province di Massa-Carrara, Pistoia, Prato, Firenze e Arezzo) con una distribuzione discontinua e sembra essere in progressiva diminuzione; è inoltre presente in località puntiformi nelle province di Siena e Grosseto, per un totale di 135 segnalazioni. Appare assente dalla provincia di Lucca, dove è possibile che sia presente,

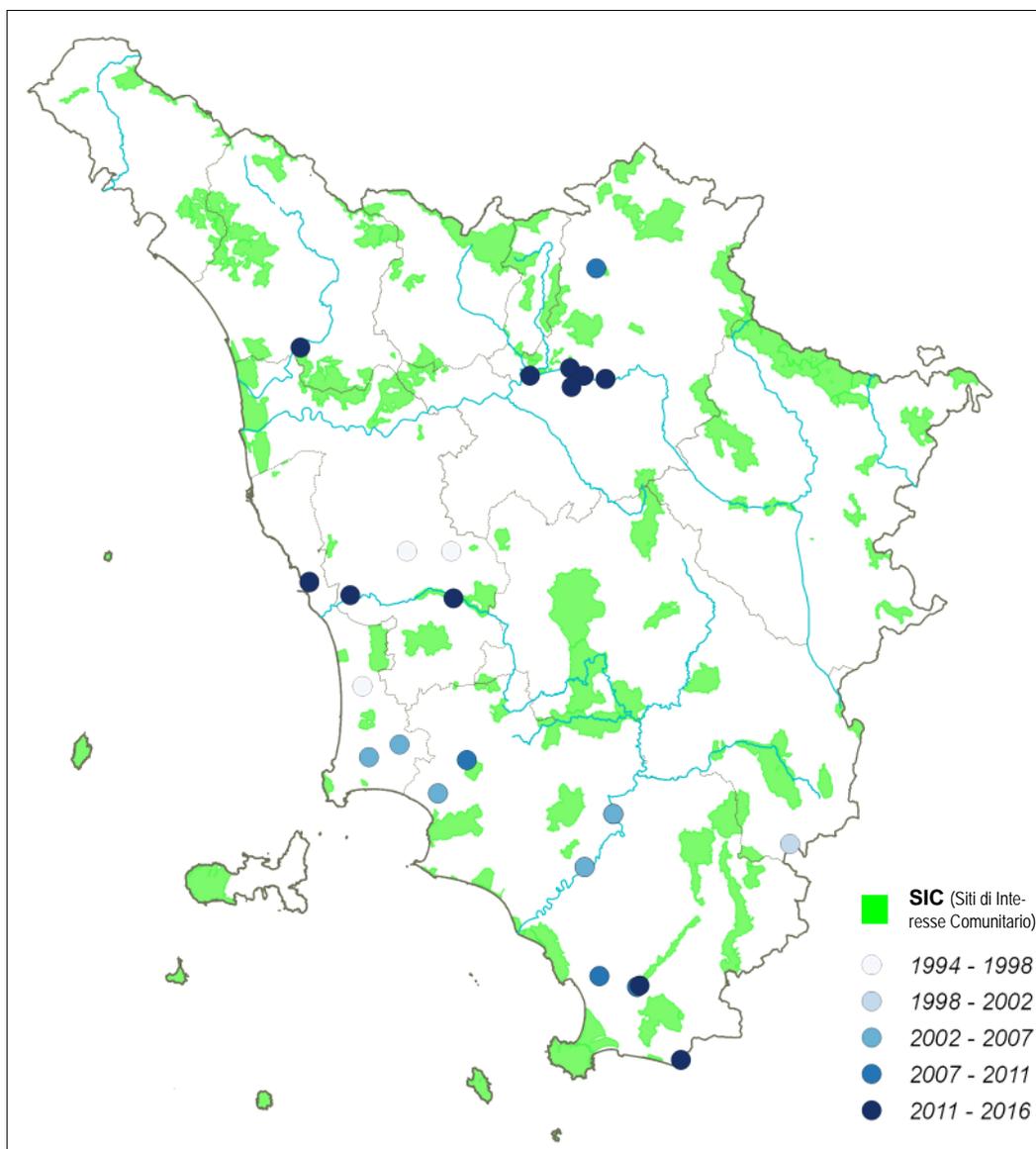


Fig. 1. Dati relativi a *Aryaephyra desmarestii* (N=38) nell'arco temporale 1994-2016.

ma non sono note località di recente raccolta.

Note ecologiche: la specie è presente sia all'interno che fuori da aree protette (Fig. 3). Data l'importanza di questa specie sarebbe quindi auspicabile poter valutare la maggior estensione delle aree protette.

Dal 2014 nell'impianto ittiogenico di Tosi (FI), è attivo un progetto di ripopolamento e immissione con criteri scientifici dei gamberi di fiume dei corsi d'acqua della provincia di Firenze, gestito dalla Direzione Agricoltura e sviluppo rurale, Sportello della Pesca della Regione Toscana e dal Dipartimento di Scienze delle Produzioni Agroalimentari e dell'Ambiente, Sezione Scienze Animali, dell'Università di Firenze (Massimo Mecatti, com. pers.).

Specie per l'IUCN in pericolo (EN=Endangered)

(Füreder *et al.*, 2010), è elencata negli Allegati II e V (Direttiva Habitat), ed è protetta in Toscana (Legge Regionale 30/2015). È in declino in tutto il suo areale, a causa della modifica degli habitat, del degrado e dell'inquinamento degli ecosistemi acquatici, prelievi e sottrazioni d'acqua (a scopo irriguo), diffusione della peste del gambero, alla quale risulta sensibile, e di altre patologie.

Potamon fluviatile (Herbst, 1785) appartiene alla famiglia Potamidae (Crustacea, Decapoda, Eubrachyura) ed ha un caratteristico carapace grigio-verdastro ampio e robusto. L'addome è ripiegato sotto il carapace ed è compresso dorso-ventralmente, nel maschio di forma triangolare ed ovoidale nella femmina. Le chele sono molto robuste e di colore verde-viola. I granchi di fiume possono raggiungere i 5-6 cm di larghezza del carapa-

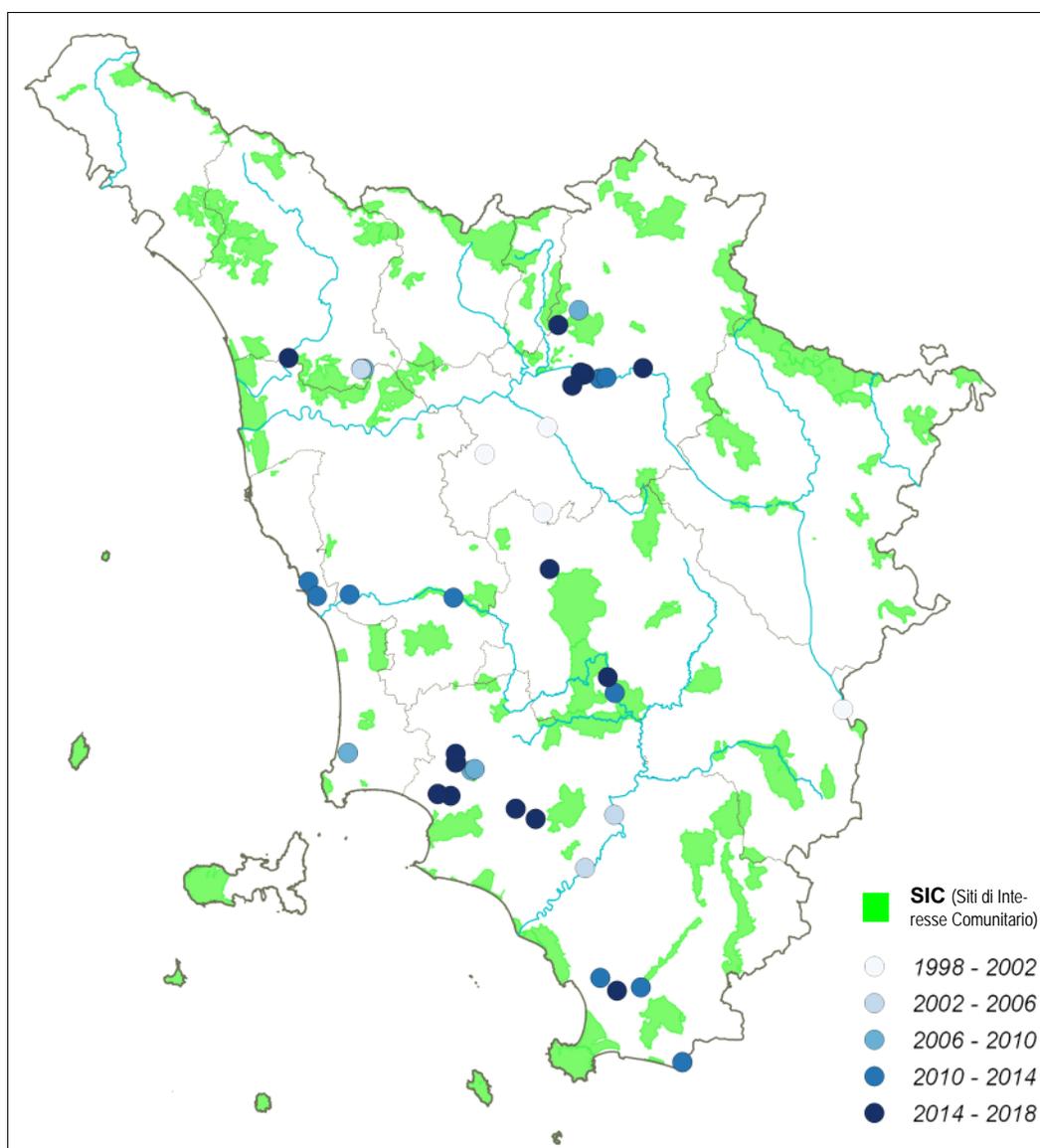


Fig. 2. Dati relativi a *Palaemon antennarius* (N=53), nell'arco temporale 1998-2018.

ce. È l'unica specie di granchio d'acqua dolce nativa presente in Italia. L'areale di questa specie comprende parte dell'Italia, dalla Sicilia fino all'Appennino ligure, Malta, Albania, Dalmazia meridionale, Montenegro e Grecia nord-occidentale (Brandis *et al.*, 2000). La sua distribuzione disgiunta sembra imputabile all'espansione naturale della specie avvenuta circa 15.000 anni fa e non all'azione di traslocazione da parte dell'uomo (Jesse *et al.*, 2009, 2010).

In Italia, la specie è diffusa in modo continuativo soltanto dalla Liguria (il corso del fiume Po segna il limite settentrionale del suo attuale areale) alla Sicilia, mentre è localizzata a nord degli Appennini in Romagna e in Friuli-Venezia-Giulia. È completamente assente in Sardegna e nelle isole minori (Capra, 1953; Frogli,

1978; Pretzmann, 1984; Cumberlidge, 2008). Nel 1997, una popolazione di granchio è stata scoperta sotto le rovine dei Fori Imperiali nel centro di Roma (Scalici *et al.*, 2008).

Note ecologiche: oltre che in ambiente naturale, il granchio di fiume è stato anche ritrovato nel tratto cittadino del fiume Arno a Firenze (Cianferoni *et al.*, in stampa) e sembra non essere particolarmente sensibile alle condizioni ambientali, tollerando anche acque con livelli di ossigeno variabili. Quando si trova in sintopia con il gambero di fiume indigeno *A. pallipes*, il granchio generalmente colonizza la parte a valle del corso d'acqua, mentre il gambero quella a monte: il granchio infatti è superiore dal punto di vista competitivo e sostituisce il gambero quando vengono in contatto o lo

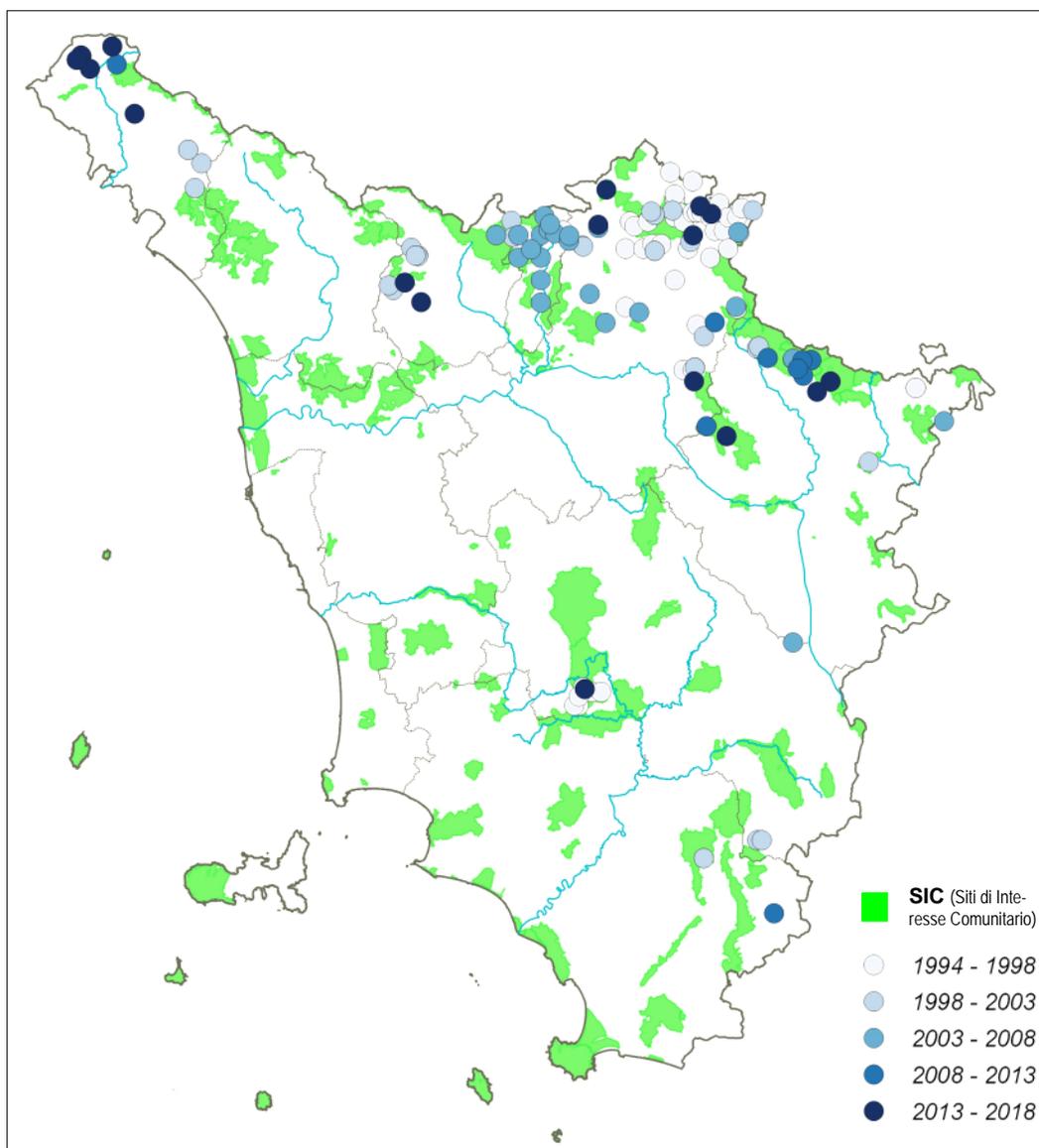


Fig. 3. Dati relativi a *Austropotamobius pallipes* (N=135), nell'arco temporale 1994-2018.

relega nelle zone meno favorevoli (Dardi e Gherardi, 1994; Barbaresi e Gherardi, 1997). Tuttavia è notizia recente del ritrovamento in un torrente al confine col parco delle Foreste casentinesi, del gambero e granchio in coesistenza, nella stessa area (Mazza *et al.*, 2017). In passato, in Toscana la specie veniva pescata da parte dei "granchiai" per essere poi venduta nei mercati ittici (Ghigi, 1915). Da studi recenti è risultato che la peste del gambero, trasmessa da *Procambarus clarkii*, è capace di infettare non solo altri gamberi di fiume, ma altri decapodi tra cui il congenerico *Potamon potamios* (Olivier, 1804) (Svoboda *et al.*, 2014). La specie è inserita nella lista rossa dell'IUCN come Quasi Minacciata (NT=Near Threatened) (Cumberlidge, 2008), ed è protetta in Toscana (Legge Regionale 30/2015).

In Toscana risulta presente in quasi tutte le province, con 174 segnalazioni, tranne nella provincia di Lucca, ascrivibile al fatto che probabilmente non sono state effettuate ricerche o non risultano segnalazioni negli ultimi anni (Fig. 4).

Il gambero rosso della Louisiana (*Procambarus clarkii* Girard, 1852) appartenente alla famiglia Cambaridae, è caratterizzato da una colorazione rossastra o rosso-brunastra sul dorso e sulle zampe se adulto, mentre nei giovani è verde o grigiasta e ha un carapace rugoso con un paio di spine post-orbitali. Le chele hanno una spina distintiva sul carpo. È originario delle paludi e dei fiumi del Messico nord-orientale e degli Stati Uniti centro-meridionali. È stato rilevato in Toscana per la prima volta nel Lago di Massaciuccoli nel 1992, pro-

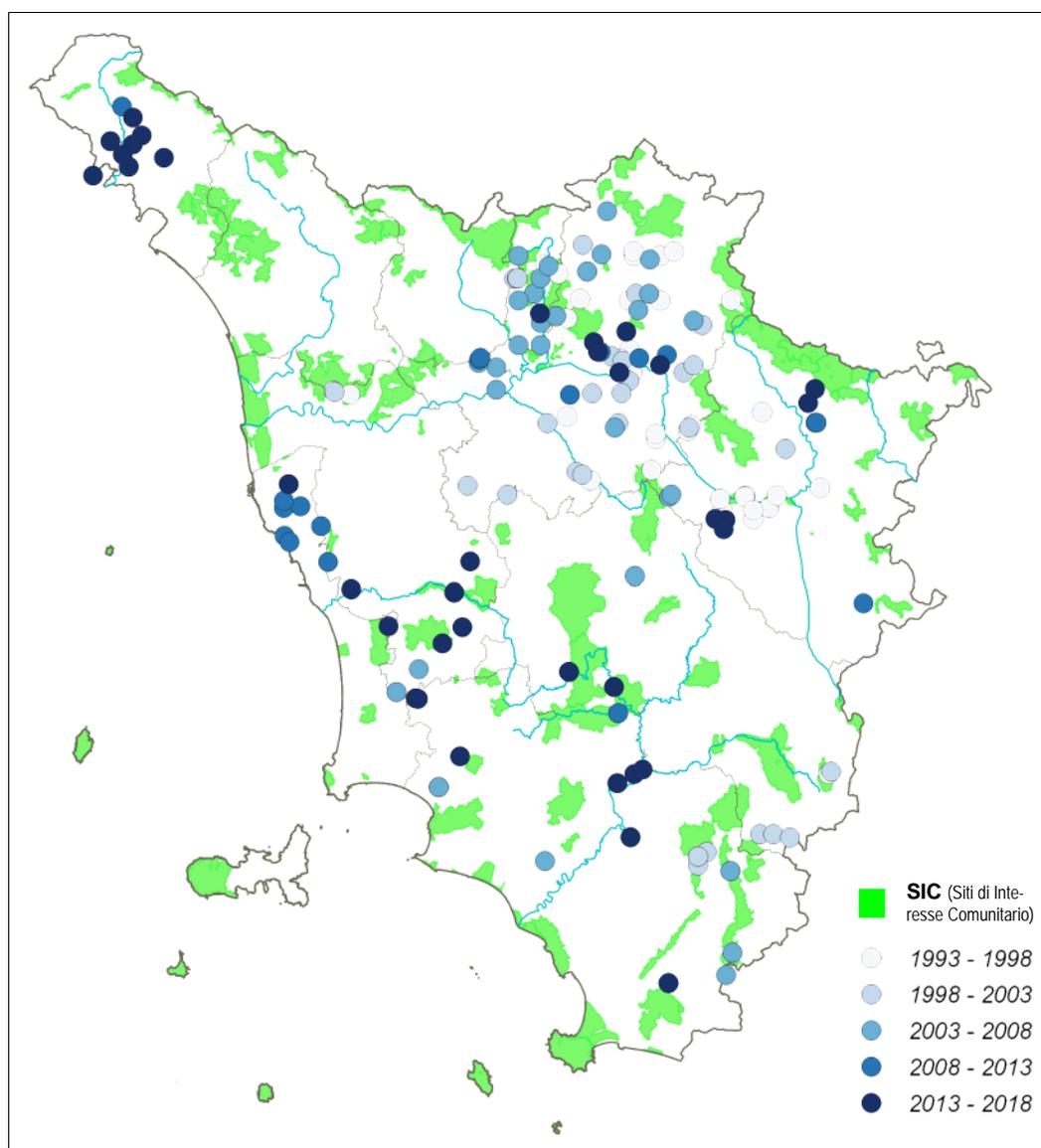


Fig. 4. Dati relativi a *Potamon fluviatile* (N=174), nell'arco temporale 1993-2018.

tabilmente introdotto accidentalmente dall'uomo. La specie era infatti allevata in impianti di acquacoltura dell'area; un'alluvione ne avrebbe favorito l'uscita dalle vasche e la dispersione in natura.

Predilige i corpi idrici a lento scorrimento o stagnanti e i bacini eutrofici. Si ritrova inoltre in una vasta gamma di ambienti acquatici sia naturali che artificiali, perenni o temporanei. È un predatore onnivoro e opportunisto, è resistente alla peste del gambero e ne è portatore sano; è una specie con elevata invasività. L'attività di scavare gallerie può generare danni ambientali anche notevoli, causando dispersioni idriche e parziali crolli delle sponde nei fossati irrigui. La presenza del gambero può causare un decremento significativo delle comunità di vertebrati e invertebrati influenzando negativamente

le attività economiche legate a pesca e agricoltura.

È in grado di trasmettere malattie infettive all'uomo come la tularemia. Estremamente aggressivo, il gambero rosso ha causato l'estinzione di varie popolazioni locali di *Austropotamobius pallipes* vincendo la competizione per le risorse trofiche e territoriali.

In Toscana è purtroppo stabilizzato in quasi tutto il bacino dell'Arno, con la recentissima segnalazione in Provincia di Arezzo, al limite del Parco Nazionale delle Foreste Casentinesi, Monte Falterona e Campigna (Giuseppe Mazza, com. pers.), per un totale di 104 segnalazioni. In Fig. 5 si può notare come sia presente al confine o all'interno di alcuni SIC nella piana fiorentina e nel Valdarno inferiore, come anche in molti canali di bonifica e fossette della provincia di Grosseto.

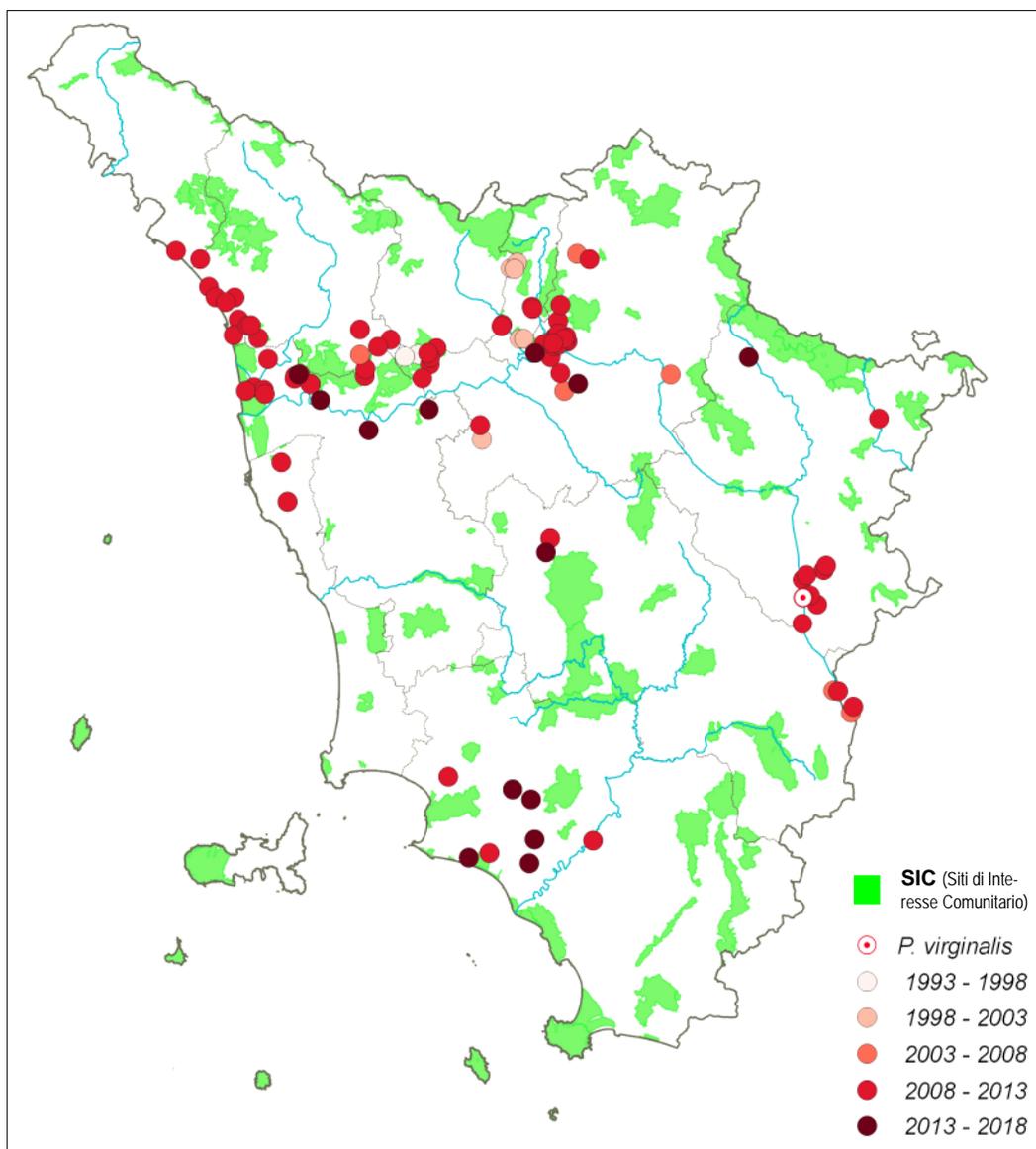


Fig. 5. Dati relativi a *Procambarus clarkii* (N=104) e *P. virginalis* (N=1), nell'arco temporale 1993-2018.

Procambarus virginalis Liko, 2017, conosciuto anche come Marmorkrebse o gambero marmorizzato, è caratterizzato dalla colorazione marmorizzata, marrone verdastra, di tutto il corpo. È stato trovato in Italia per la prima volta nel Canale Maestro della Chiana nel 2008 (Fig. 5). Fino ad oggi non ci sono state successive segnalazioni in Toscana, ma solo nel 2009 in provincia di Venezia a Porto Tolle (Vojtkovská *et al.* 2014). Si tratta di una specie reperibile nel mercato online dell'acquariofilia, è infatti commercializzata in internet ed attualmente ritrovata in numerosi corpi idrici europei ed extraeuropei (Lyko, 2017).

DISCUSSIONE

La complessiva conoscenza della distribuzione sul territorio toscano dei crostacei decapodi d'acqua dolce risulta per alcuni gruppi incompleta e carente. In particolare, le conoscenze sulla corologia delle due specie di gamberetti di fiume risultano scarse. È rilevante il caso di *A. desmarestii* che per la Toscana risulta presente solo in 38 osservazioni. Scarsi sono altresì anche i dati su *P. antennarius*, con 53 segnalazioni. L'esiguità del numero di segnalazioni di *A. desmarestii* potrebbe dipendere da erronee determinazioni: infatti, a prima vista, i gamberetti di fiume sono molto simili nella colorazione e le specie potrebbero essere inesattamente attribuite a una o all'altra, avendo caratteri diagnostici comuni. Il riconoscimento può invece essere agevolmente fatto controllando il rostro al microscopio binoculare: in *A. desmarestii* è un rostro serrato che porta da 23 a 28 denti, mentre il rostro di *P. antennarius* ha pochi denti radi (Innocenti e Cianfanelli, 2012). In questo contributo, i campioni museali e le segnalazioni inedite con raccolta degli esemplari, sono stati accuratamente esaminati, mentre non è stato possibile per le segnalazioni provenienti da pubblicazioni.

Il maggior numero di segnalazioni del granchio e del gambero di fiume, rispettivamente 174 per il *Potamon* e 135 per *Austropotamobius*, sono dovute alle ricerche mirate nell'ambito del progetto Repertorio Naturalistico Toscano (Re.Na.To.; vedi Castelli e Sposimo, 2012) e ai monitoraggi ARPAT Dipartimento di Grosseto, nonché al fatto che in numerose Carte Ittiche viene presa nota della presenza di macroinvertebrati nel corpo idrico esaminato. Dall'analisi delle segnalazioni di gambero di fiume, per la conservazione dell'habitat, sarebbe auspicabile poter allargare l'areale di protezione o addirittura designare nuovi SIC.

Anche la presenza del gambero della Louisiana viene monitorata dal gruppo di ricerca del Dipartimento di Biologia dell'Università di Firenze, che dalla prima segnalazione nel Lago di Massaciuccoli nel 1992, è attivo nello studio di questa specie aliena nel territorio toscano e non solo (Gherardi *et al.*, 1999; 2000). È però emblematica la presenza di specie aliene ad alta

invasività quali il gambero rosso della Louisiana e il gambero marmorizzato, al confine o all'interno di SIC, poiché potrebbero interagire in modo negativo con la fauna e flora autoctona protetta. Sarebbero quindi necessarie azioni di eradicazione e di sensibilizzazione (Gherardi e Acquistapace, 2002; Gherardi *et al.*, 2009).

CONCLUSIONI

Negli ultimi venticinque anni, tutte le specie di Decapodi d'acqua dolce in Toscana hanno subito una notevole rarefazione e riduzione in abbondanza se riferiti alla loro presenza storica nel territorio (Repetti, 1835; Targioni Tozzetti, 1874; Vinciguerra, 1899; Ghigi, 1915), principalmente a causa della distruzione o della modifica dell'habitat: con l'abbattimento della flora riparia o la trasformazione degli argini, per esempio, con la cementificazione delle sponde e/o gli interventi idraulici in alveo. Gli interventi di sicurezza idraulica, quando necessari, dovrebbero essere attuati con modalità non distruttive e più rispettose dell'ambiente, con ricadute positive su flora e fauna, qualità delle acque e fruibilità dei luoghi (Calamini e Nocentini, 2012: 34; Delibera Consiglio Regione Toscana n. 155/97, Delibera Consiglio Provinciale n. 78/2009). Altre minacce rilevanti sono la captazione dell'acqua a fini irrigui per coltivazioni che richiedono grandi quantitativi di acqua e l'inquinamento delle falde.

Per la salvaguardia e una corretta gestione della popolazione di questi elementi della fauna autoctona si ritiene, quindi, di primaria importanza provvedere a mantenere una buona copertura vegetazionale lungo i torrenti, vietarne la pesca in ogni periodo dell'anno e con ogni mezzo, ridurre i fenomeni di inquinamento incentivando le forme di agricoltura a basso impatto ambientale. Inoltre si raccomanda di evitare interventi distruttivi negli alvei dei fiumi e torrenti, adottando modalità meno distruttive dell'ambiente per gli interventi tesi a garantire la sicurezza idraulica (CIRF, 2006; Calamini e Nocentini, 2012).

Si auspica che i progetti di sostegno demografico al gambero autoctono di fiume siano condotti in modo da mantenere la diversità genetica delle popolazioni naturali. Per far questo è fondamentale far precedere le immissioni e gli eventuali rinforzi, da analisi genetiche che caratterizzino le varie popolazioni.

Ringraziamenti

Gli autori desiderano ringraziare il Dr Andrea De Paoli per i commenti su una precedente stesura del manoscritto e i preziosi dati sulle province di Firenze ed Arezzo, la Dr.ssa Marzia Guffanti (Regione Toscana) per l'invio di dati per la provincia di Arezzo, la Dr.ssa Elena Tricarico (Università di Firenze) per i dati su *Procambarus clarkii* in Toscana e la Dr.ssa Annamaria Nocita (Museo di Storia Naturale dell'Università di Firenze) per le carte ittiche.

BIBLIOGRAFIA

- Aquiloni L., Tricarico E., Gherardi F., 2010. Crayfish in Italy: distribution, threats and management. *International Aquatic Research*, **2**(1): 1-14.
- Barbaresi S., Gherardi F., 1997. Italian freshwater decapods: exclusion between the crayfish *Austropotamobius pallipes* (Faxon) and the crab *Potamon fluviatile* (Herbst). *Bulletin Français de la Pêche et de la Pisciculture*, **347**: 731-747.
- Barbaresi S., Fratini S., Nocita A., 2005. *Studio sulla presenza e distribuzione, in Provincia di Prato, delle specie di pesci e crostacei tutelate dalla legge regionale n. 56/2000*. In: Fancelli E. (Ed.), Biodiversità in Provincia di Prato 2: Molluschi, Pesci e Crostacei, Provincia di Prato, Montepulciano, Le Balze: 117-174.
- Bernardi L., Favilli L., Manganelli G., Nelli L., Piazzini S., Querci G., Radi M., Leonzio C., 2004. Carta delle Vocazioni Ittiofaunistiche della Provincia di Grosseto. Dipartimento Scienze Ambientali, Università di Siena - Amministrazione Provinciale di Grosseto. 4 vol., 348 pp.
- Bertocchi S., Brusconi S., Gherardi F., Grandjean F., Souty-Grosset C., 2008. Genetic variability of the threatened crayfish *Austropotamobius italicus* in Tuscany (Italy): implications for its management. *Fundamental of Applied Limnology*, **173**: 153-164.
- Brandis D., Storch V., Türkay M., 2000. Taxonomy and zoogeography of the freshwater crabs of Europe, North Africa, and the Middle East. *Senckenbergiana Biologica*, **80**: 5-56.
- Calamini G., Nocentini S., 2012. *Linee guida per la gestione della vegetazione di sponda dei corsi d'acqua secondo criteri di sostenibilità ecologica ed economica*. Regione Toscana, 105 pp.
- Capra F., 1953. Il granchio di fiume, *Potamon edule* (Latr.) in Liguria. *Doriana, Annali del Museo Civico di Storia Naturale di Genova*, **44**(1): 1-7.
- Carini F., Guffanti M., 2006. *Carta ittica della Provincia di Arezzo*. Provincia di Arezzo, 223 pp.
- Castelli C., Sposimo P. (a cura di), 2012. RE.NA.TO. *REpertorio NATuralistico TOScano. Aggiornamento dei dati per il periodo 2005-2010*. Disponibile a: http://www.regione.toscana.it/documents/10180/392141/RENATO_Relazione%20finale
- Cianferoni F., Mazza G., Innocenti G., in stampa. Presenza di *Potamon fluviatile* (Herbst, 1785) nel tratto fiorentino del Fiume Arno (Malacostraca: Decapoda: Potamidae). *Atti della Società Toscana di Scienze Naturali, Memorie, Serie B*, DOI: 10.2424/ASTSN.M.2018.15
- CIRF, 2006. *La riqualificazione fluviale in Italia*. Nardini A., Sansoni G. (a cura di), Mazzanti Editori srl, Venezia, 832 pp.
- Cumberlidge N., 2008. *Potamon fluviatile*. The IUCN Red List of Threatened Species 2008: e.T134293A3933275. <http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2008.RLTS.T134293A3933275.en>. Downloaded on 22 January 2019.
- Dardi P., Gherardi F., 1994. Competition and predation between the river crab *Potamon fluviatile* and the crayfish *Austropotamobius pallipes*. *Bollettino di Zoologia*, **61**: 41, DOI: 10.1080/11250009409355977
- De Grave S., 2013a. *Atyaephyra desmarestii*. The IUCN Red List of Threatened Species 2013: e.T197932A2505632. <http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2013-1.RLTS.T197932A2505632.en>. Downloaded on 22 January 2019.
- De Grave S., 2013b. *Palaemonetes antennarius*. The IUCN Red List of Threatened Species 2013: e.T197950A2506191. <http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2013-1.RLTS.T197950A2506191.en>. Downloaded on 22 January 2019.
- De Grave S., Ashelby C.W., 2013. A re-appraisal of the systematic status of selected genera in Palaemoninae (Crustacea: Decapoda: Palaemonidae). *Zootaxa*, **3734** (3): 331-344.
- Falconi R., Rossi G., De Paoli A., Zaccanti F., Cesarini M., Capostagno S., Marchi A., Zuffi G., 2012. *Carta Ittica della Provincia di Firenze - secondo livello*. Lenzuza A., Magnani L. (a cura di), Provincia di Firenze, 510 pp.
- Fornieris G., Pascale M., Lo Conte P., 1998. *Carta ittica della provincia di Massa Carrara*. Provincia di Massa Carrara, 194 pp.
- Fratini S., Zaccara S., Barbaresi S., Grandjean F., Souty-Grosset C., Crosa G., Gherardi F., 2005. Phylogeography of the threatened crayfish (genus *Austropotamobius*) in Italy: implications for its taxonomy and conservation. *Heredity*, **94**: 108-118.
- Froggia C., 1978. Decapodi (Crustacea Decapoda). In S. Ruffo (ed.) *Guide per il riconoscimento delle specie animali delle acque interne italiane*, vol. 4, AQ/1/9. Roma: Consiglio Nazionale delle Ricerche.
- Füreder L., Gherardi F., Holdich D., Reynolds J., Sibley P., Souty-Grosset C., 2010. *Austropotamobius pallipes*. The IUCN Red List of Threatened Species 2010: e.T2430A9438817. <http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2010-3.RLTS.T2430A9438817.en>. Downloaded on 22 January 2019.
- Gherardi F., Acquistapace P., 2002. *Tecniche di controllo e di eradicazione dei gamberi invasivi*. In: "La gestione delle specie alloctone in Italia Il caso della nutria e del gambero rosso della Louisiana, Atti del Convegno Nazionale". Quaderni del Padule di Fucecchio 2: 95-99.
- Gherardi F., Aquiloni L., Bertocchi S., Brusconi S., Scalici M., Tricarico E., 2009. *I gamberi alloctoni della regione Lazio: distribuzione, impatti, costi, rischi e gestione*. Rapporto tecnico del Progetto: Atlante Specie Alloctone del Lazio (PASAL). Agenzia Regionale Parchi, Regione Lazio.
- Gherardi F., Baldaccini G.N., Barbaresi S., Ercolini P., De Luise G., Mazzoni D., Mori M., 1999. *Case studies of alien crayfish in Europe. The situation in Italy*. In: Gherardi F. and Holdich D.M. (eds.), Crayfish in Europe as alien species. How to make the best of a bad situation. A.A. Balkema, Rotterdam: 107-128.
- Gherardi F., Raddi A., Barbaresi S., Salvi G., 2000. Life history patterns of the red swamp crayfish, *Procambarus clarkii*, in an irrigation ditch in Tuscany, Italy. *Crustacean Issues*, **12**: 99-108.
- Ghigi A., 1915. L'industria della *Telphusa fluviatilis* a Sesto Fiorentino. Atti del Convegno nazionale di pesca lacuale e fluviale, Pavia, 25-27 maggio 1913: 1-6.
- GRAIA srl, 2008. *Carta Ittica della provincia di Prato*. Provincia di Prato, 232 pp.
- Grandjean F., Frelon-Raimond M., Souty-Grosset C., 2002. Compilation of molecular data for the phylogeny of the genus *Austropotamobius*: one species or several? *Bulletin française de la Pêche et de la Pisciculture*, **367**: 671-680.
- Holdich D.M., Haffner P., Noël P.Y., Carral J., Füreder L., Gherardi F., Machino Y., Madec J., Pöckl M., Smietana P., Taugbøl T., Vigneux E., 2006. *Species files*. Chapter 3 in: Souty-Grosset C., Holdich D.M., Noël P.Y., Reynolds J.D., Haffner P. (eds). Atlas of Crayfish in Europe. Paris: Muséum national d'Histoire naturelle (Patrimoines naturels, 64), pp. 50-129.
- Gualtieri M., Mecatti M., 2009. *Carta Ittica delle acque interne*

- della provincia di Livorno. Provincia di Livorno - Assessorato Pesca, Agricoltura e Turismo, 101 pp.
- Innocenti G., Cianfanelli S., 2012. Distribuzione di *Atyaephyra desmarestii* (Millet, 1831) e *Palaemonetes antennarius* (H. Milne Edwards, 1837) (Crustacea: Decapoda) in Toscana e Liguria. Pp. 87-95. In: Lenzi A. *et al.* (a cura di), Codice Armonico Quarto Congresso di scienze naturali Ambiente toscano. Edizioni ETS, 370 pp.
- Jesse R., Pfenninger M., Fratini S., Scalici M., Streit B., Schubart C.D., 2009. Disjunct distribution of the Mediterranean freshwater crab *Potamon fluviatile* - natural expansion or human introduction? *Biological Invasions*, **11**: 2209-2221.
- Jesse R., Schubart C.D., Klaus S., 2010. Identification of a cryptic lineage within *Potamon fluviatile* (Herbst, 1785) (Crustacea: Brachyura: Potamidae). *Invertebrate Systematics*, **24** (4): 348-356.
- Loro R., 2000. *Carta ittica della Provincia di Siena*. Amministrazione Provinciale di Siena, 135 pp.
- Lyko F., 2017. The marbled crayfish (Decapoda: Cambaridae) represents an independent new species. *Zootaxa*, **4363** (4): 544-552.
- Mazza G., Tricarico E., Cianferoni F., Stasolla G., Inghilesi A.F., Zoccola A., Innocenti, G., 2017. Native crab and crayfish co-occurrence: First evidence in Europe. *Biologia (Bratislava)*, **72** (7): 790-795.
- Nocita A., 2002. *Carta ittica della Provincia di Firenze*. Provincia di Firenze, Museo di Storia Naturale dell'Università di Firenze, Sezione di Zoologia 'La Specola'. Tipolitografia It. Comm., Firenze, 254 pp.
- Nocita A., Bruni A., Gori L., Barbaresi S., Fratini S., Vannini M., 2006. Presenza in provincia di Prato di specie di crostacei e pesci protette dalla legge regionale toscana sulla biodiversità. *Biologia Ambientale*, **1**: 309-312.
- Nocita A., Busatto T., Maio G., Bonaretti R., 2010. *Carta ittica Provincia di Pisa*. Provincia di Pisa, 240 pp.
- Nonnis Marzano F., Scalici M., Chiesa S., Gherardi F., Piccinini A., Gibertini G., 2009. The first record of the marbled crayfish adds further threats to fresh waters in Italy. *Aquatic Invasions*, **4** (2): 401-404.
- Pascale M., 2003. *Carta ittica della Provincia di Pistoia*. Amministrazione provinciale di Pistoia, 168 pp.
- Pascale M., Chines A., 2009. *Carta Ittica della provincia di Lucca*. Provincia di Lucca, F.I.P.S.A.S., A.R.C.I. PESCA FISA, U.N.P.E.M., 403 pp.
- Pretzmann G., 1984. Die Gattung *Potamon* Savigny in der Sammlung des Museo Civico di Storia Naturale "G. Doria" in Genua. *Annali del Museo Civico di Storia Naturale di Genova*, **85**: 119-123.
- QGIS Development Team, 2018. *QGIS Geographic Information System*. Open Source Geospatial Foundation Project. <http://qgis.osgeo.org>
- Repetti E., 1835. *Dizionario Geografico Fisico Storico della Toscana*. Tofani, Firenze, 1: 363-365.
- Scalici M., Macale D., Schiavone F., Gherardi F., Gibertini G., 2008. Effect of urban isolation on the dynamics of river crabs. *Fundamental and Applied Limnology, Archiv für Hydrobiologie*, **172** (2): 167-174.
- Svoboda J., Strand D.A., Vrålstad T., Grandjean F., Edsman L., Kozák P., Kouba A., Fristad R.F., Koca S.B., Petrussek A., 2014. The crayfish plague pathogen can infect freshwater inhabiting crabs. *Freshwater Biology*, **59**: 918-929.
- Targioni Tozzetti A., 1874. *La pesca in Italia*. Annali del Ministero di Agricoltura, Industria e Commercio. Vol. II, parte II, Tipografia del R. Istituto Sordomuti, Genova, 920 pp.
- Vinciguerra D., 1899. I gamberi d'acqua dolce in Italia. *Annali di Agricoltura*, **219**: 1-25.
- Vojtkovská R., Horká I., Tricarico E., Ďuriš Z. 2014. New record of the parthenogenetic marbled crayfish *Procambarus fallax* f. *virginalis* from Italy. *Crustaceana*, **11-12**: 1386-1392.

Indici biologici per la Direttiva Quadro 2000/60/CE: è necessaria un'intercalibrazione trasversale? L'esperienza in Liguria

Marco Bodon^{1*}, Sara Costa², Anna Maria Risso²,
Daniela Rocca³, Federica Morchio², Maurizio Costa⁴

1 c/o Museo di Storia Naturale, Sezione Zoologica de "La Specola", Università di Firenze, Via Romana 17, 50125 Firenze;
Agenzia Regionale per la Protezione dell'Ambiente Ligure (ARPAL), Direzione Scientifica, Via Bombrini 8, 16149 Genova.

2 Agenzia Regionale per la Protezione dell'Ambiente Ligure (ARPAL), Direzione Scientifica, Via Bombrini 8, 16149 Genova.

3 Agenzia Regionale per la Protezione dell'Ambiente Ligure (ARPAL), Dipartimento di Genova, Via Bombrini 8, 16149 Genova.

4 Osservatorio Ligure Pesca e Ambiente (O.L.P.A.), Via Malta 2/8, 16121 Genova.

* Referente per la corrispondenza: bodonm0@gmail.com

Pervenuto il 18.12.2018; accettato il 1.3.2019

Riassunto

Gli indici biologici proposti per la Direttiva Quadro per le Acque (2000/60/CE), come stabilito dal D.M. 260/2010, sono stati calibrati, per ogni macrotipo, con siti di riferimento, tratti di corsi d'acqua che rappresentano condizioni inalterate o comunque soggette a impatti minimi che non provocano effetti sulle comunità. Nonostante ciò, è stato più volte evidenziato come alcuni indici diano risultati più ottimistici o più pessimistici rispetto alle condizioni attese in base al giudizio esperto. Un'analisi della correlazione tra i diversi indici e i dati fisico-chimici e una verifica con le classi di qualità e con i valori dei siti di riferimento a livello locale, hanno permesso di testare la sensibilità e i rapporti tra questi indici per la valutazione della qualità ambientale nei corsi d'acqua della Liguria. È apparsa evidente una mancanza di uniformità nei criteri stabiliti per valutare le soglie tra le classi di qualità e, quindi, la necessità di una intercalibrazione trasversale a livello nazionale per un giudizio più omogeneo.

PAROLE CHIAVE: macrobenthos / diatomee / macrofite / indici biologici / intercalibrazione trasversale / Liguria

Biological indices for Water Framework Directive 2000/60/EC: is it necessary a transversal intercalibration? The experience in Liguria

Biological indices proposed for the Water Framework Directive 2000/60/EC, and applied as Ministerial Decree 260/2010, have been calibrated, for every macrotype, with reference sites, sections of streams with absence or very low human disturbance with no effects on the biological communities. However, it turned out that some indices give more optimistic or pessimistic results than the expected conditions based on expert judgment. An analysis of the correlation between the different indices and the physical-chemical data and a check with the quality classes and the values of the reference sites at the local level were performed. Therefore, it was possible to verify the sensitivity and the relationships between these indices for the evaluation of environmental quality in the streams of Liguria. A lack of uniformity in the criteria established for assessing the thresholds between the quality classes seems evident. Therefore, a cross-national intercalibration is required for a more homogeneous judgment.

KEY WORDS: macroinvertebrates / diatoms / macrophytes / biological indexes / transversal intercalibration / Liguria

INTRODUZIONE

Con la Direttiva Quadro per le acque (2000/60/CE) e il suo recepimento nella legislazione nazionale (D.Lgs 152/2006; D.M. 260/2010), si è aperta una nuova concezione olistica nel campo del monitoraggio e controllo degli ecosistemi acquatici, dove i parametri biologici hanno assunto un ruolo fondamentale nell'attribuzione

della qualità ambientale, ovvero lo Stato Ecologico, di un corpo idrico superficiale (Fabiani, 2005; Agapito Ludovici *et al.*, 2007; Scanu e Mignuoli, 2017). Lo Stato Ecologico viene raggiunto attraverso una serie di indagini sui diversi Elementi di Qualità Biologica (EQB): macrobenthos, fitobenthos (diatomee), macrofite

e comunità ittiche, ciascuno valutato attraverso indici specifici, mediati sui diversi campionamenti annuali ed espressi in classi di qualità.

Gli indici biologici del D.Lgs 152/06 dovrebbero valutare diverse tipologie di impatti a seconda delle componenti prese in esame. Per il macrobenthos, l'indice STAR_ICMi è un indice multimetrico che si basa su diverse metriche: di tolleranza, di abbondanza/habitat, e di ricchezza/diversità (Buffagni e Erba, 2007). Dovrebbe quindi valutare non solo lo scadimento causato da inquinamento organico o eutrofizzazione, ma anche impatti derivanti dalla presenza di sostanze tossiche o da degradazione e alterazione dell'habitat. Invece, per le diatomee e le macrofite, gli indici proposti dovrebbero valutare esclusivamente la compromissione derivante da apporti organici e/o da eutrofizzazione. Infatti, l'indice per le diatomee, l'ICMi (Mancini e Sollazzo, 2009), si basa sulla media di due sub-indici, il sub-indice di sensibilità agli inquinanti IPS (CEMAGREF, 1982) e il sub-indice trofico TI di Rott (Rott *et al.*, 1999); l'indice rileva impatti derivanti da inquinamento organico, di tipo saprobico e trofico. Per le macrofite, l'indice utilizzato in Italia, l'IBMR, rileva lo stato trofico (AFNOR, 2003). Anche il LIMeco, l'indice basato sui parametri fisico-chimici, i parametri macrodescrittori, prende in considerazione i parametri indicatori di apporto organico e di stato trofico: la percentuale di saturazione dell'ossigeno disciolto, la concentrazione di azoto ammoniacale, di azoto nitrico e di fosforo totale (D.M. 260/2010).

Ciascun indice è stato messo a punto attraverso esercizi di intercalibrazione a livello europeo, e normalizzato (EQR, Rapporto di Qualità Ecologica, ossia il rapporto tra il valore osservato e il valore di riferimento di quell'elemento di qualità) in base ai valori di riferimento rilevati nei siti non soggetti a pressioni antropiche significative, ovvero i siti di riferimento, separatamente per le diverse tipologie di corpo idrico. In questa fase sono state stabilite, per ciascun indice e ciascuna tipologia, le soglie corrispondenti agli intervalli che definiscono cinque classi di qualità. Le prime due classi (elevato e buono), sono conformi agli obiettivi della Direttiva, le altre tre (moderato, scarso, cattivo) comportano la necessità di interventi di risanamento. Nel giudizio di qualità complessivo intervengono anche altri elementi di qualità: condizioni idromorfologiche, alcuni parametri fisico-chimici indicatori di eutrofizzazione, elaborati attraverso l'indice LIMeco, e altri parametri chimici rappresentati dalle sostanze non prioritarie (Tab. 1/B del D.M. 260/2010, sostituita dalla Tab. 1B del D.Lgs 172/2015). Il giudizio finale, lo Stato Ecologico (SE), si ottiene considerando il giudizio peggiore dei diversi parametri biologici, integrato da questi ultimi indicatori.

L'esperienza di ARPA Liguria, condotta dal 2008 al 2017 su molte stazioni di monitoraggio che rappresentano 186 corpi idrici fluviali della regione, ha

dimostrato che gli elementi idromorfologici e quelli fisico-chimici e chimici contribuiscono molto marginalmente nel determinare la classe di qualità per lo Stato Ecologico. Comunque essi non comportano quasi mai uno scadimento di qualità nelle classi inferiori allo stato Buono rispetto ai parametri biologici. Il macrobenthos, le diatomee e le macrofite, quindi, assumono il ruolo fondamentale nel giudizio di qualità. Generalmente il giudizio ottenuto dalla comunità diatomatica è quasi sempre migliore di quello del macrobenthos che, a sua volta, è sovente migliore di quello della comunità macrofitica. Sembra quindi che la sensibilità di queste tre comunità sia differente, alcune componenti mostrerebbero una maggiore sensibilità rispetto ad altre, ma non è chiaro se sia realmente così. Per gli indici diatomatico e macrofitico, essendo entrambi in grado di valutare specificatamente l'impatto di tipo trofico o di inquinamento organico, ci si aspetterebbe la restituzione di risultati con un andamento simile; più interpretabile è lo scostamento di questi dal risultato che si ottiene con l'indice macrobentonico, visto che è in grado di valutare anche impatti dovuti all'alterazione dell'habitat. Il presente studio è quindi finalizzato alla verifica delle discordanze tra i risultati dei diversi indicatori biologici e all'approfondimento delle possibili cause.

MATERIALI E METODI

Area di studio e dati utilizzati

I dati relativi al macrobenthos, diatomee e macrofite sono stati raccolti in numerose campagne di monitoraggio nei principali corsi d'acqua della Liguria, realizzate dal personale dell'Agenzia Regionale per l'Ambiente Ligure (ARPAL) e da consulenti esterni dell'Osservatorio Ligure Pesca e Ambiente (O.L.P.A.), in base a specifiche convenzioni. Il periodo considerato comprende le raccolte effettuate a partire dal 2008 fino al 2017 compreso, su 107 stazioni a regime perenne distribuite su quasi tutti i corpi idrici della Liguria. Il macrobenthos è stato raccolto durante tre campagne annuali, primaverile (tra aprile e i primi di giugno), estiva (nel mese di luglio) e autunnale (settembre-primi di ottobre); contemporaneamente sono state campionate anche le diatomee nella campagna primaverile e autunnale. Le macrofite sono state anch'esse raccolte in primavera-inizio estate (fine maggio-luglio) e in autunno (fine agosto-settembre), anche se in date diverse. Le analisi di campo e i prelievi fisico-chimici per i parametri del LIMeco sono stati effettuati in quattro campagne annuali, una invernale non associata al monitoraggio biologico, mentre le restanti tre in concomitanza con i campionamenti dei macroinvertebrati. La fauna ittica, nonostante il suo ruolo importante per la valutazione dell'ambiente fluviale, è stata campionata solo in alcune stazioni di monitoraggio e pertanto non è stata valutata

nel giudizio complessivo, anche per le problematiche inerenti le comunità di riferimento della Liguria.

Non sono stati presi in esame i campionamenti sui corsi d'acqua temporanei, sia perché in numero limitato, sia perché privi del campionamento tardo estivo-autunnale, sia perché i valori dei limiti di classe, per il macrobenthos e per le diatomee sono differenti da quelli per i fiumi perenni, e quindi richiederebbero un'elaborazione a parte.

Sono stati esclusi dall'elaborazione anche i campionamenti relativi al tratto ligure del Fiume Magra, corpo idrico considerato di grandi dimensioni in relazione all'ampiezza del bacino imbrifero secondo il D.M. 131/2008 sulla tipizzazione dei corsi d'acqua, anche se l'asta fluviale è piuttosto breve. Infatti, si è constatato come alcuni valori dell'indice diatomico ICMi siano anomali (superiori a 1,20 come EQR). È evidente che i valori di riferimento dei sub-indici che compongono l'indice diatomico stabiliti dal D.Lgs 152/06 per la tipologia M2 (fiumi medi e grandi di pianura) non sono consoni alla tipologia in esame. D'altra parte è stato stabilito per un fiume medio o grande di pianura un valore soglia di riferimento del sub-indice IPS più basso (14,8) di quello per un fiume molto grande di pianura (16,8) e ciò risulterebbe contrastante rispetto a quanto stabilito per gli altri indici o sub-indici biologici.

Sono stati quindi utilizzati tutti gli altri dati disponibili sui corpi idrici perenni, da quelli molto piccoli a quelli di dimensioni medie, a eccezione di due casi, nettamente anomali, dove gli impatti sono particolari: il Torrente Gromolo, per la presenza di acque acide dovute al dilavamento delle miniere abbandonate di Libiola, e l'ultimo tratto del Torrente Lerone, per l'apporto di acque di falda inquinate da cromo.

Per poter confrontare i valori degli indici, i dati sono stati raggruppati per stagione e per anno; inoltre sono state prese in esame solo le campagne complete di tutte le componenti biologiche (quindi soprattutto quelle primaverili e autunnali). Invece il LIMeco è stato mediato per stazione su tutti gli anni di monitoraggio, in quanto questo dato è risultato più significativo rispetto al valore del singolo anno. In totale, per questo studio, sono stati utilizzati 234 campionamenti stagionali in comune tra le tre componenti biologiche, completi del LIMeco. Inoltre sono stati presi in considerazione i valori ottenuti nei 10 siti di riferimento liguri, per un totale di 70 per il macrobenthos, 62 per le diatomee e 42 per le macrofite.

I campionamenti per il macrobenthos, finalizzati all'applicazione dell'indice STAR ICMi, sono stati effettuati secondo il metodo multihabitat-proporzionale (Buffagni e Erba, 2007; Buffagni *et al.*, 2014), tramite prelievi quantitativi su 10 repliche per un totale di 1 m² di superficie di substrato, nel mesohabitat riffle. Infatti, in Liguria, il campionamento su questo mesohabitat è

risultato più significativo, mentre il campionamento su pool è apparso generalmente più povero in taxa e ha dato valori più bassi rispetto a quanto previsto. I taxa, determinati a livello di unità sistematiche IBE (Ghetti, 1997) e raggruppati a livello di famiglia, sono stati processati con il software MacrOper (Buffagni e Belfiore, 2013). Per le diatomee si è seguito il protocollo di campionamento e analisi di ISPRA (Mancini *et al.*, 2014) e il calcolo degli indici diatomici è stato effettuato tramite il software OMNIDIA (Lecointe *et al.*, 1993). Per le macrofite si è adottato il protocollo di campionamento ISPRA (Minciardi *et al.*, 2014), mentre per il calcolo dell'indice IBMR i dati sono stati caricati e processati da un software realizzato da ARPAL. I dati relativi ai parametri macrodescrittori sono stati ottenuti in base ai risultati delle analisi dei parametri fisico-chimici e chimici, ed elaborati tramite l'indice LIMeco (D.Lgs 152/06).

Analisi dei dati

Per l'elaborazione dei dati si è proceduto alla verifica dei valori soglia di ciascun indice con tre metodiche diverse, con parametri, per quanto possibile, indipendenti tra loro, in modo da controllare se i risultati fossero concordi. Considerando come A il criterio di legge (D.M. 260/2010), i tre criteri scelti per questa verifica sono i seguenti:

- B Regressione lineare con il LIMeco, indicatore che rileva un tipo di impatto (inquinamento organico) preponderante nei corpi idrici della Liguria, impatto ben rilevato anche da tutti i tre indicatori biologici. Questo criterio si basa su elementi fisico-chimici, del tutto indipendenti dai parametri biologici; solo per comparare i tre indicatori e calibrare le classi di qualità si è fatto riferimento alla scala adottata per il macrobenthos, definita su criteri più oggettivi e intermedia rispetto a quella degli altri due indicatori; i valori sono stati quindi tarati rispetto al valore tra le classi 1-2 per il macrobenthos e poi ripartiti equamente nelle altre classi.
- C Regressione lineare con la classe di qualità ecologica complessiva (CQ). Questa metodica presuppone che la CQ complessiva, ottenuta dalla media delle CQ dei tre indicatori biologici per ciascun campionamento, sia attendibile e indicativa delle condizioni del corpo idrico. Questo criterio è dipendente, ovviamente, dai parametri biologici, ma la scala dei valori viene calibrata su tutti i tre parametri, considerati alla pari, prendendo il valore medio delle rispettive tre CQ e quindi smorzando i valori sovra- e sottostimati.
- D Calibrazione in base alla verifica della concordanza con i valori di riferimento relativi ai siti liguri. Dato che si dispone, per ciascun indicatore, di una serie di valori sulle stazioni che rappresentano condizioni pressoché inalterate, e quindi riferibili allo stato

elevato (1^a CQ), il valore soglia tra la 1^a e 2^a CQ è stato stabilito in base al 25° percentile dei valori ottenuti dai siti di riferimento, dividendo poi l'intervallo rimanente in parti uguali. Questo criterio valuta indipendentemente ogni singolo indicatore biologico; ciascuno viene calibrato in base ai propri valori di riferimento e, infine, vengono poi confrontati i risultati.

La regressione lineare è stata calcolata in modo ortogonale alla retta (minima distanza quadratica ortogonale tra i punti e la retta), in modo tale da svincolare la dipendenza di una variabile rispetto all'altra.

Il livello di significatività delle correlazioni è stato testato tramite il coefficiente di correlazione di Pearson (*r*). Quindi è stata confrontata la distribuzione di ciascuna componente nelle diverse classi di qualità, in base ai valori stabiliti dal D.Lgs 152/06, con la distribuzione delle classi di qualità ottenute in base ai valori dei tre metodi adottati.

RISULTATI E DISCUSSIONE

I corsi d'acqua liguri presentano generalmente condizioni inalterate o poco compromesse nei tratti superiori, mentre nei tratti medi e inferiori ricevono impatti soprattutto a causa di reflui civili; in alcuni casi, come per il Torrente Polcevera o per il Torrente Scrivia, si sommano reflui industriali. La compromissione provocata dall'inquinamento organico è sovente aggravata dalla carenza idrica, dovuta sia alla siccità insistente, derivante anche dai cambiamenti climatici, sia ai forti prelievi per uso civile e irriguo. Inoltre, il potere autodepurativo dei corsi d'acqua è spesso compromesso dal taglio indiscriminato della vegetazione riparia e da frequenti lavori in alveo.

Le tipologie dei corsi d'acqua liguri, considerate nell'elaborazione, si differenziano soprattutto in base alle dimensioni del bacino (corsi d'acqua molto piccoli, piccoli e medi, con soglie tra le classi di qualità leggermente diverse solo per il macrobenthos) e per l'idroecoregione (Alpi Mediterranee e Appennino Set-

tentrionale), parametro non considerato per le soglie.

Gli indici biologici del D.Lgs 152/06 (EQB) sono stati messi a punto e tarati durante gli esercizi di intercalibrazione a livello europeo e sono stati normalizzati in base alle stazioni di riferimento (siti con impatti non significativi) in un range 0-1 o poco oltre (EQR). Questo processo è stato comunque un po' penalizzato per la diversa e incompleta tipologia dei corsi d'acqua esaminati (van de Bund *et al.*, 2004), rispetto a quelli stabiliti dal decreto sulla tipizzazione (D.M. 131/2008), e per la carenza di siti di riferimento appropriati, specialmente nell'Italia mediterranea e particolarmente nel territorio ligure.

I valori degli EQR sono stati poi suddivisi in cinque classi di qualità, ma il procedimento per definire i limiti di classe, ovvero le soglie, non è stato lo stesso. Si è stabilito, infatti, che tali valori soglia non siano univoci ma dipendano dai diversi metodi di approccio biologico adottati da ciascuna nazione; i valori soglia possono essere armonizzati solo nei casi in cui i metodi siano gli stessi e sussistano contemporaneamente determinate condizioni, quali il medesimo protocollo di campionamento e l'assenza di differenze biogeografiche nelle comunità (European Commission, 2005, 2011). I valori soglia per l'Italia sono stati ufficializzati dal D.M. 260/2010 e, per l'area geografica mediterranea, riconfermati recentemente dalla Decisione (UE) 2018/229 della Commissione. Relativamente al macrobenthos, il valore soglia dell'indice STAR_ICMi tra buono ed elevato è stato definito in base al 25° percentile dei valori sui siti di riferimento e le altre soglie dividendo l'intervallo rimanente in parti uguali (Buffagni e Erba, 2007). Per le diatomee i valori soglia tra buono ed elevato e tra moderato e buono derivano dai valori minimi accettabili elaborati nel processo di intercalibrazione (van de Bund, 2009; Decisione della Commissione 2013/480/UE), esercizio al quale l'Italia non ha partecipato. Per le macrofite i valori soglia sono stati definiti nel processo di intercalibrazione in base al giudizio esperto (Decisione della Commissione 2013/480/UE), mentre per il LIMeco

Tab. I. Valori limite di classe per gli EQR e il LIMeco nei corsi d'acqua perenni nell'area geografica mediterranea. **Criterio A:** soglie stabilite dal D.M. 260/2010 per le componenti biologiche e per il LIMeco; le soglie per il macrobenthos, leggermente differenti in relazione alla tipologia relativa alle dimensioni dei corsi d'acqua (M1 per i corsi d'acqua molto piccoli e piccoli, M4 per quelli di medie dimensioni) sono qui rappresentate dal valore medio. **Criterio B:** valori limite di classe per le componenti biologiche e per il LIMeco calibrati in base alla regressione lineare tra questi EQR e il LIMeco, tarati rispetto al valore tra le classi 1-2 per il macrobenthos e poi ripartiti equamente nelle altre classi. **Criterio C:** valori limite di classe per gli EQR calibrati in base alla regressione lineare rispetto al valore medio della CQ per ciascun campionamento. **Criterio D:** valori limite di classe per gli EQR ricavati in base alle soglie per le classi di qualità elaborate, per ciascuna componente biologica, a partire dal 25° percentile dei valori ottenuti dai siti di riferimento della Liguria.

Limiti di classe	Macrobenthos				Diatomee				Macrofite				LIMeco	
	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B
Elevato/Buono	0,96	0,95	0,92	0,88	0,80	0,95	0,93	0,96	0,90	0,89	0,89	0,93	0,66	0,89
Buono/Moderato	0,71	0,67	0,73	0,66	0,61	0,66	0,71	0,72	0,80	0,72	0,74	0,70	0,50	0,71
Moderato/scarso	0,48	0,39	0,53	0,44	0,51	0,38	0,49	0,48	0,65	0,56	0,59	0,47	0,33	0,53
Scarso/Cattivo	0,24	0,10	0,34	0,22	0,25	0,09	0,27	0,24	0,50	0,39	0,45	0,23	0,17	0,34

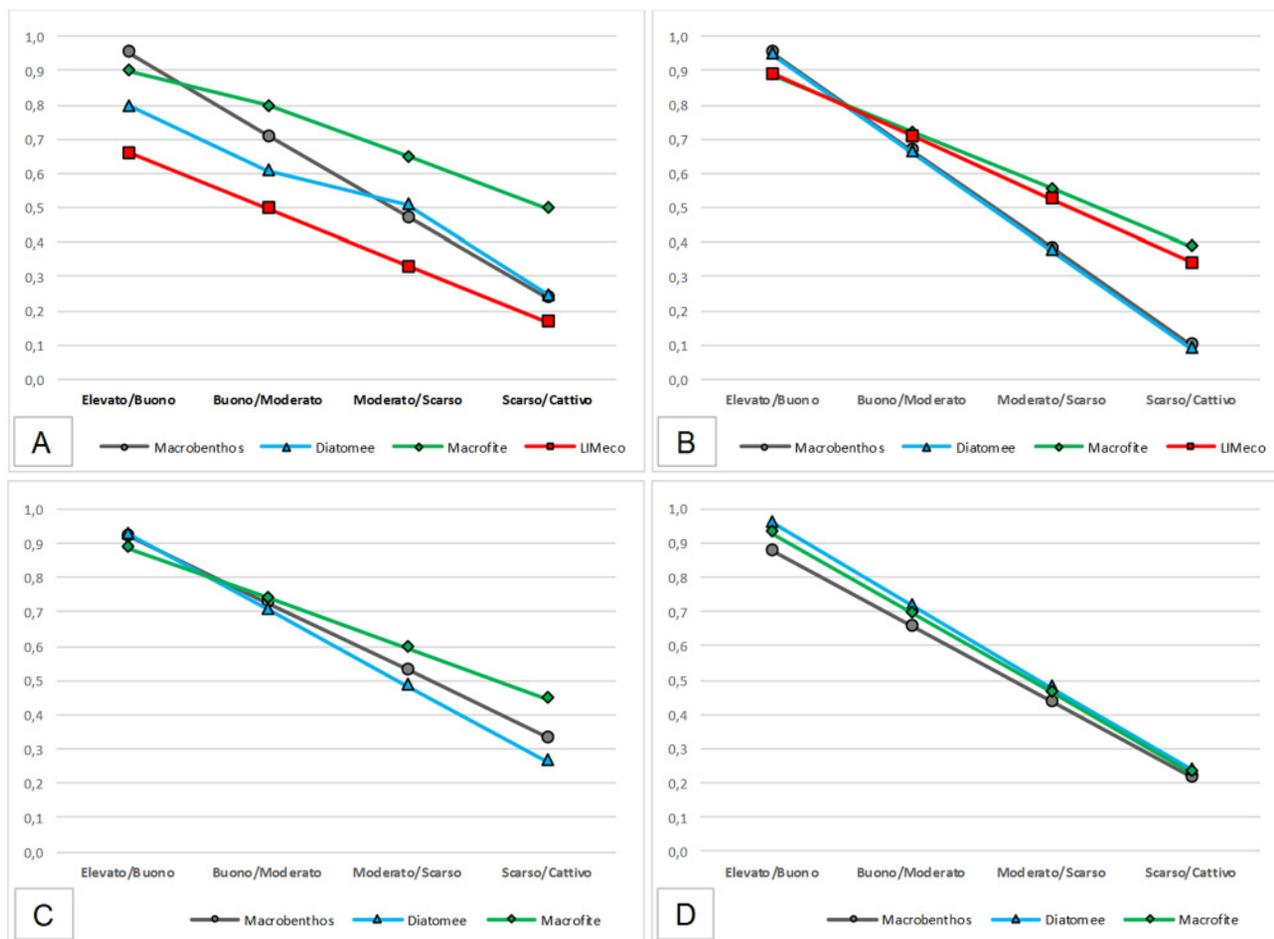


Fig. 1. Rappresentazione grafica dei valori soglia per le classi di qualità, per gli EQR e per il LIMeco, nei corsi d'acqua perenni nell'area geografica mediterranea secondo i criteri riportati in Tab. I (vedi legenda). **A:** in base al D.M. 260/2010. **B:** in base alla correlazione tra il LIMeco e gli indici biologici. **C:** in base alla correlazione tra la CQ media e gli indici biologici. **D:** a partire dal 25° percentile dei valori ottenuti dai siti di riferimento della Liguria.

il valore soglia tra buono ed elevato è stato definito in base al 10° percentile dei valori sui siti di riferimento e le altre soglie dividendo l'intervallo rimanente in parti uguali (D.M. 260/2010) (Tab. I, criterio A; Fig. 1 A). È evidente che non solo la definizione della prima classe presenta un valore soglia piuttosto differente (macrobenthos e macrofite più alto, quindi più restrittivo, diatomee meno restrittivo, LIMeco ancora meno), ma anche il trend delle soglie successive, per diatomee e macrofite, non segue un andamento lineare (limitato range per la 2ª classe per le macrofite e limitato range per la 3ª classe per le diatomee).

Se si esaminano i risultati dei campionamenti sui corsi d'acqua liguri, per ogni componente, ripartiti nelle rispettive classi di qualità, la percentuale di ciascuna sembra condizionata dai diversi valori stabiliti nel definire le soglie (Fig. 2 A).

Per quanto riguarda il criterio A (Fig. 2 A), il macrobenthos è poco rappresentato nella 1ª classe (soglia 1ª-2ª

alta), ma la distribuzione delle classi seguenti mostra un andamento regolare decrescente. Le diatomee sono molto rappresentate nella 1ª classe (soglia 1ª-2ª bassa), ma poco nella 3ª classe rispetto alle classi adiacenti (range della 3ª classe ristretto). Le macrofite sono poco rappresentate nella prima classe, al pari del macrobenthos (soglia 1ª-2ª piuttosto elevata) ma seguono un andamento anomalo in quanto la 2ª classe è meno consistente della 1ª mentre la percentuale della 3ª aumenta rispetto alle prime due (range della 2ª classe ristretto e soglie successive alte). Per le macrofite l'indice IBMR è l'unico ad essere utilizzato in più di due nazioni europee compresa l'Italia. Anche se non sussistono le condizioni per una intercalibrazione dei valori soglia tra le diverse nazioni, questi valori sono alquanto discordanti tra loro (Decisione (UE) 2018/229 della Commissione). In particolare, per l'Italia, il valore soglia tra lo stato Buono e Moderato è il più alto e il range tra i valori soglia della classe Elevata/Buona e Buona/Moderata è

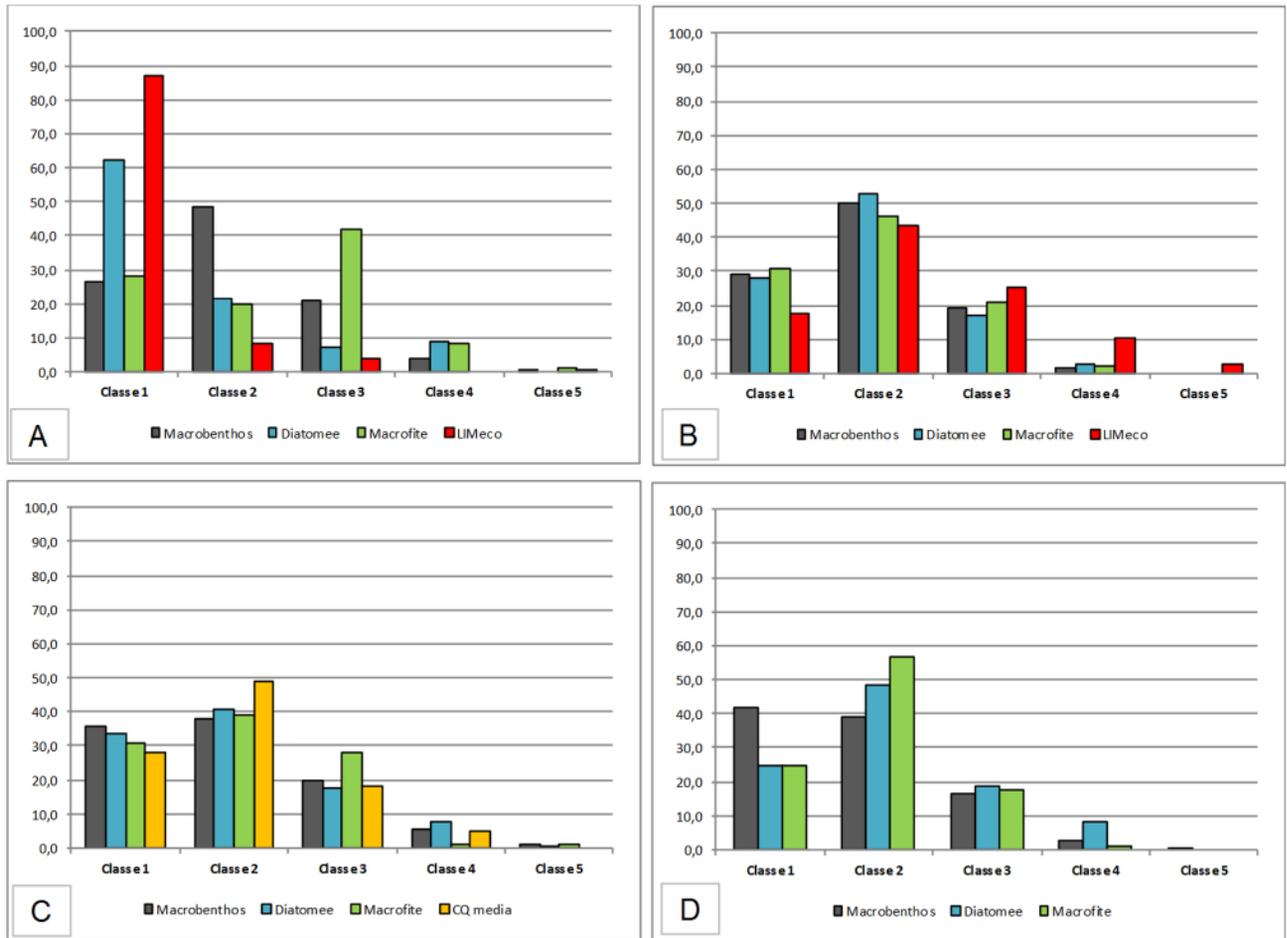


Fig. 2. Ripartizione in percentuale delle classi di qualità per gli EQR e per il LIMeco sui campionamenti liguri, nei corsi d'acqua perenni dell'area geografica mediterranea. **A:** ripartizione in base alle soglie stabilite dal D.M. 260/2010. **B:** ripartizione in base alle soglie per le classi di qualità ottenute dalla correlazione tra il LIMeco e gli indici biologici. **C:** ripartizione in base alle soglie per le classi di qualità ottenute dalla correlazione con la CQ media e gli indici biologici. **D:** ripartizione in base alle soglie per le classi di qualità elaborate, per ciascuna componente biologica, a partire dal 25° percentile dei valori ottenuti dai siti di riferimento della Liguria.

il più basso rispetto agli altri paesi mediterranei quali Portogallo, Spagna, Francia, Grecia e Cipro (Fig. 3). Questo potrebbe spiegare la scarsa consistenza della classe seconda rispetto alle classi adiacenti.

Per verificare se i risultati della classificazione in base ai diversi indicatori siano distorti, poiché condizionati da valori soglia poco calibrati, o se tali risultati dipendano da una effettiva diversa ripartizione tra le classi in base ai vari indicatori, a causa di una sensibilità differente, è necessario innanzi tutto verificare la correlazione tra gli indicatori.

La correlazione tra i tre indici biologici, verificata a coppie tramite il coefficiente di correlazione r di Pearson, è molto buona e risulta sempre altamente significativa (tra macrobenθος e diatomee: $r = 0,66$, $p\text{-value} < 0,01$; tra le macrofite e il macrobenθος: $r = 0,49$, $p\text{-value} < 0,01$; tra le macrofite e le diatomee: $r = 0,51$, $p\text{-value} < 0,01$) (Fig. 4).

La linea di tendenza con maggiore significatività è

rappresentata da una curva (polinomiale o esponenziale), ma in tutti i casi si avvicina ad una retta, soprattutto nel tratto centrale del grafico; d'altronde la linea di tendenza rappresentata da una retta presenta valori di R^2 quasi uguali e ha anch'essa la stessa significatività (sempre altamente significativa in base al coefficiente di correlazione r di Pearson). Mentre tra il macrobenθος e le diatomee l'andamento della linea di tendenza ha intervalli equivalenti sui due assi, e quindi i valori dei due indici sono allineati grosso modo sulla stessa scala, la linea di tendenza per le macrofite ha un intervallo minore (asse Y) rispetto a quello del macrobenθος o delle diatomee (asse X); ciò significa che gli intervalli delle rispettive scale non sono corrispondenti e il range per le macrofite è più ristretto rispetto a quello degli altri due EQR.

Anche la correlazione tra i diversi EQR e il LIMeco, verificata attraverso il coefficiente di correlazione di Pearson r , risulta altamente significativa (tra macrobenθος

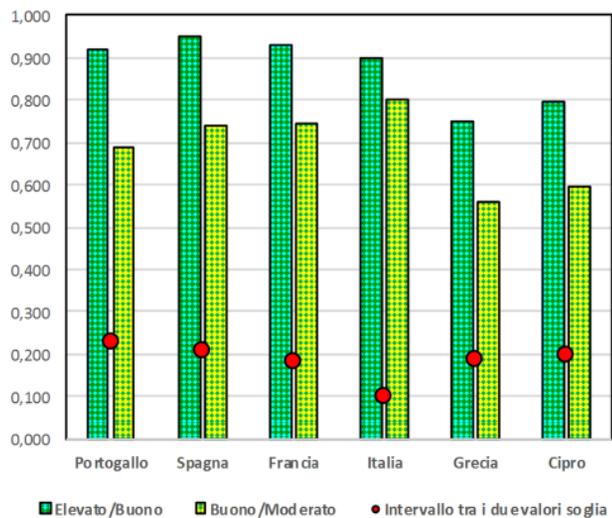


Fig. 3. Valori soglia stabiliti dalla Decisione (UE) 2018/229 della Commissione per l'indice macrofitico IBMR nei corsi d'acqua perenni dell'area geografica mediterranea, nelle diverse nazioni che adottano tale indice. Per l'Italia il valore soglia tra lo stato buono e moderato è particolarmente alto e l'intervallo tra questo e il valore tra lo stato elevato e buono molto inferiore rispetto a quelli adottati dalle altre nazioni.

e LIMeco: $r = 0,50$, $p\text{-value} < 0,01$; tra le diatomee e il LIMeco: $r = 0,62$, $p\text{-value} < 0,01$; tra le macrofite e il LIMeco: $r = 0,48$, $p\text{-value} < 0,01$) e, anche in questo caso, la linea di tendenza non si discosta molto da una retta. Il coefficiente di correlazione con il LIMeco è molto alto per le diatomee, appena più basso per il macrobenthos, e ciò è logico dal momento che il macrobenthos, oltre alla compromissione di tipo organico, risente anche di impatti di altra natura. Invece le macrofite mostrano un coefficiente di correlazione un poco inferiore rispetto al macrobenthos; ciò potrebbe dipendere dal fatto che anche le pressioni idromorfologiche possono condizionare le comunità vegetali. Infatti, anche se l'IBMR è un indice trofico, i valori di sensibilità per le fanerogame e i muschi –le componenti che risentono maggiormente delle alterazioni fluviali– sono generalmente superiori a quelli delle alghe. D'altronde, nelle stazioni liguri, caratterizzate comunque da un numero limitato di taxa per lo più algali, è stata osservata una forte variabilità nei risultati dell'indice macrofitico, indice che si basa su una sola metrica, messa a punto in un'altra nazione e che prende in considerazione un numero di taxa indicatori algali, a livello di genere, piuttosto limitato. Calcolando

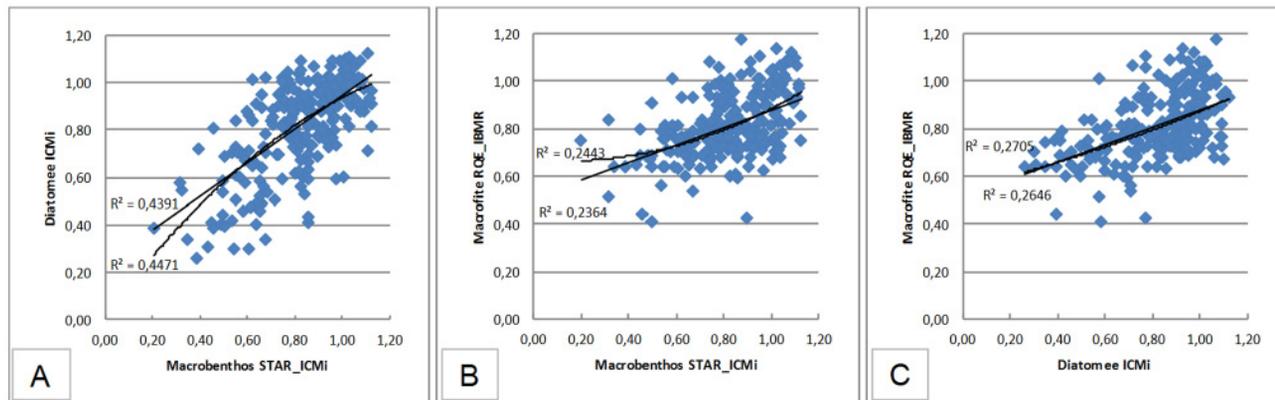


Fig. 4. Correlazione a coppie tra gli EQR; è rappresentata la linea di tendenza con maggiore significatività e la retta, con i rispettivi valori di R^2 .

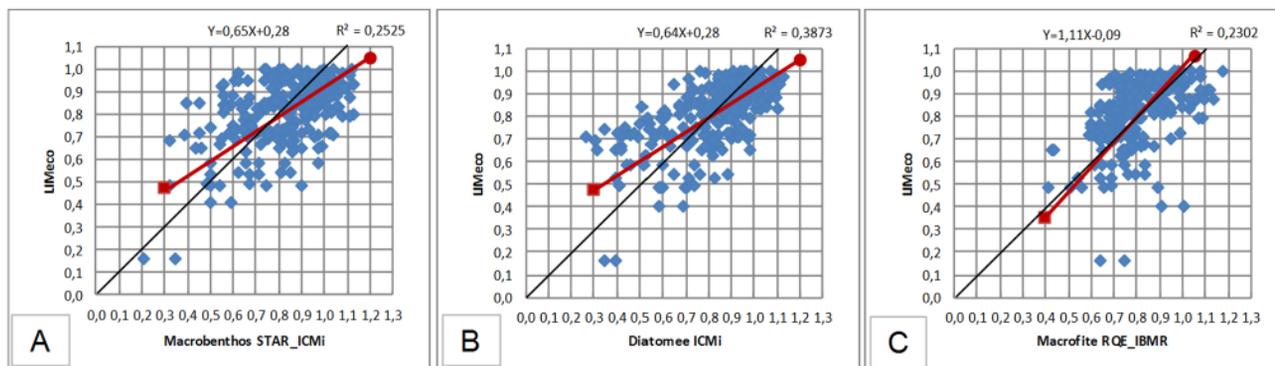


Fig. 5. Correlazione tra il LIMeco e gli EQR; è rappresentata la linea di tendenza con una retta, ricavata dalla regressione lineare, rispetto all'ipotetica retta di regressione con pendenza del 100% ($Y=X$), con la propria equazione e i rispettivi valori di R^2 .

la regressione lineare tra gli EQR e il LIMeco, in modo da mettere sullo stesso piano i parametri biologici e quelli fisico-chimici, si ottengono i grafici di Fig. 5.

La retta di regressione tra il LIMeco e il macrobenthos o le diatomee presenta un andamento pressoché identico, su una retta meno inclinata rispetto alla ipotetica retta di regressione con pendenza del 100% ($Y=X$), quindi su una scala di sensibilità più ampia (da 0,30 a 1,10 ca.) rispetto a quella corrispondente del LIMeco (da 0,50 a 1,00 ca.). Invece per le macrofite l'andamento segue quello del LIMeco, su una retta che corrisponde alla ipotetica retta di regressione con pendenza del 100%, e con la stessa scala di sensibilità (da 0,40 a 1,00 ca.). Ciò rispecchia quanto osservato in precedenza, cioè che la scala delle macrofite risulta più ristretta rispetto a quella corrispondente del macrobenthos o delle diatomee.

Stabilita l'alta significatività della correlazione tra gli EQR e il LIMeco è stato possibile stabilire le soglie corrispondenti agli intervalli di classi di qualità sulla base dei valori del LIMeco. Ovviamente la procedura presenta una certa arbitrarietà, non essendoci un criterio obiettivo e standardizzato per definire il valore soglia accettabile. A titolo dimostrativo, le scale potrebbero essere tarate in base ai valori soglia stabiliti per il macrobenthos che, d'altra parte, sono stati calibrati in modo più rigoroso rispetto a quelli delle altre componenti, seguendo uno dei criteri proposti negli esercizi di intercalibrazione a livello europeo (European Commission, 2011). Ponendo il valore soglia tra la prima e la seconda classe del LIMeco in relazione al valore che è stato proposto per il macrobenthos cioè in base al 25° percentile dei valori sui siti di riferimento (0,955, valore medio tra la tipologia M1 e M4), ricavando il corrispondente valore del LIMeco in base alla regressione lineare (0,89) e dividendo l'intervallo rimanente per il LIMeco (da 0,16 a 0,89) in quattro classi di uguale ampiezza, si ottengono, in base alla retta della regressione lineare, i valori corrispondenti per ciascun EQR (Tab. I, criterio B).

I valori soglia ottenuti, per il procedimento di calcolo adottato, seguono un andamento lineare e sono generalmente più alti di quelli stabiliti dal D.M. 260/2010 per le classi migliori e più bassi per quelle peggiori, ad eccezione dei valori del LIMeco, sensibilmente più alti (Fig. 1 B). In particolare, i valori soglia per le diatomee risultano quasi coincidenti con quelli del macrobenthos, mentre quelli per le macrofite seguono un andamento prossimo a quelli del LIMeco. Per le diatomee i valori soglia si discostano da quelli di legge soprattutto per le classi di qualità da elevate a moderate; la soglia di legge è notevolmente più bassa e ciò causa un incremento anomalo delle classi di qualità elevata e buona. Questo problema è già stato notato in altre occasioni anche in diversi contesti biogeografici (Falasco *et al.*, 2012; Orlandi *et al.*, 2012; Genoni, 2018). Per le ma-

crofite, invece, i valori soglia ottenuti sono un poco più bassi dei valori di legge; comportando una maggiore consistenza delle classi più elevate. Inoltre la 2ª classe risulta così in percentuale maggiore rispetto alla 3ª, in conseguenza della linearizzazione dell'andamento dei valori soglia. Riguardo questo risultato, è singolare il fatto che il valore soglia tra moderato e buono per l'Italia sia sensibilmente superiore (0,800) a quello stabilito per la Francia (0,745) (Decisione della Commissione Europea del 29/09/2013), che utilizza lo stesso indice IBMR con un protocollo di campionamento e in un contesto biogeografico molto simile. Per il LIMeco, ovviamente, i valori soglia sono notevolmente più alti dei limiti di legge a causa del procedimento di calcolo adottato (e, d'altronde, i valori di legge tra lo stato buono-elevato sono stati calcolati sulla base di un diverso percentile rispetto a quello stabilito per il macrobenthos).

Ricalcolando le classi di qualità di ciascun campionamento sulla base dei valori soglia rielaborati per ciascun EQR, si ottengono le percentuali riportate in Fig. 2 B. Rispetto alla classificazione effettuata in base alle soglie stabilite dal D.M. 260/2010, si osserva una distribuzione delle classi di qualità più graduale per tutti gli indicatori biologici e per il LIMeco. La classe 1ª (qualità elevata) è ben rappresentata per macrofite e diatomee, ma la consistenza delle classi 2ª (qualità buona) è superiore per tutti gli indicatori. Per tutti i EQR anche la classe 3ª (qualità moderata) ha una discreta consistenza e anche la classe 4ª (qualità scarsa) è omogeneamente rappresentata, anche se in bassa percentuale, mentre per il LIMeco la classe 4ª è più consistente. La classe 5ª (qualità cattiva) non è rappresentata dalle componenti biologiche, mentre per il LIMeco si ha una discreta rilevanza anche per le classi più compromesse. Però è probabile che la minore consistenza delle classi peggiori per gli EQR rispetto al LIMeco sia conseguenza dell'andamento non lineare della correlazione nella parte inferiore del grafico, quindi la correlazione andrebbe verificata con altri algoritmi, oltre che su un numero più consistente di dati.

La verifica dei valori soglia per i diversi EQR può essere effettuata anche con un approccio totalmente svincolato dai dati fisico-chimici. Ammesso che il processo di classificazione di qualità ecologica sulla base dei tre indicatori biologici sia grosso modo valido, il valore di ogni indicatore può essere associato al valore medio ricavato dalla classe di qualità corrispondente alle tre componenti (nella classificazione dello stato ecologico su corpi idrici liguri il LIMeco e i parametri chimici di Tabella 1 B non causano un peggioramento della classe di qualità rispetto ai parametri biologici). La procedura di assegnazione della classe di qualità stabilita dal D.M. 260/2010 si basa invece sull'indicatore peggiore e non sulla media, ma prima dovrebbero essere mediati i valori di ciascuna componente per ogni

stazione nell'intero anno di monitoraggio; ponendo invece il valore peggiore ad ogni singolo campionamento si otterrebbe una classificazione di qualità inferiore e più variabile rispetto ad una classificazione basata sulla media. D'altra parte è stato verificato che la correlazione di ciascun indicatore rispetto alla CQ media presenta una significatività, in base al coefficiente di correlazione r di Pearson, molto alta (p -value $< 0,01$), con valori di R^2 tra 0,62 e 0,74 (Fig. 6), mentre la correlazione rispetto al valore peggiore ha una pari significatività ma con valori di R^2 inferiori, tra 0,44 e 0,46, eccetto per le macrofite (0,72), che rappresenta l'EQR che sovente influenza la classificazione.

Stabilita la significatività della correlazione tra i parametri biologici e la CQ media sarà possibile stabilire le soglie di ciascun EQR, corrispondenti agli intervalli di classi di qualità, sulla base delle soglie della CQ media. Questo processo è un po' impreciso per il fatto che, come già osservato, alcuni valori di certi EQR vengono assegnati a classi di qualità non proprio corrette, ma nella media, per l'assegnazione alla CQ, l'errore viene attenuato. Ponendo quindi i valori soglia corrispondenti ai valori intermedi tra le CQ, si ottengono, in base alla retta della regressione lineare, i valori corrispondenti per ciascun EQR (Tab. I, criterio C).

Anche in questo caso, i valori soglia ottenuti, per il procedimento di calcolo adottato, seguono un andamento lineare e sono generalmente più alti di quelli stabiliti dal D.M. 260/2010 per le classi migliori (Fig. 1 C). In particolare, i valori soglia per i tre indicatori sono molto simili tra loro per le classi migliori mentre si discostano un poco per le peggiori.

Ricalcolando la classe di qualità di ciascun campionamento sulla base dei valori soglia rielaborati per ciascun indice biologico, si ottengono le percentuali riportate in Fig. 2 C. Anche con questa elaborazione, rispetto alla classificazione effettuata in base alle soglie stabilite dal D.M. 260/2010, si osserva una migliore distribuzione delle classi di qualità per tutti gli EQR. Il risultato è molto simile a quello ottenuto attraverso la correlazione con il LIMeco. In questo caso compare

anche la 5^a classe per tutti gli indicatori, anche se in percentuale irrisoria.

L'analisi della distribuzione in classi di qualità dei diversi indicatori biologici può essere realizzata anche con un procedimento diverso dalla correlazione tra diversi parametri. Dato che in Liguria sono stati attivati 10 siti di riferimento sui quali sono stati realizzati campionamenti con lo scopo di ottenere dati per una taratura di valori di riferimento nazionali, i valori degli EQB ottenuti su questi possono essere elaborati per ottenere le soglie degli intervalli di qualità. Per ogni parametro si è scelto di utilizzare lo stesso criterio di quello in uso per il macrobenthos, ossia di stabilire il valore soglia tra la 1^a e la 2^a CQ pari al 25° percentile dei valori ottenuti, e di suddividere l'intervallo rimanente, da zero al valore soglia, in parti uguali (Tab. I, criterio D; Fig. 1 D).

Ricalcolando la classe di qualità di ciascun campionamento sulla base dei valori soglia rielaborati per ciascun EQR, si ottengono le percentuali riportate in Fig. 2 D. Anche in questo caso, rispetto alla classificazione effettuata in base alle soglie stabilite dal D.M. 260/2010, si osserva una migliore distribuzione delle classi di qualità per tutti gli EQR. Il risultato è molto simile a quello ottenuto con i criteri precedenti, anche se, per il macrobenthos, la 1^a CQ compare in percentuale maggiore a causa di una più ampia variabilità stagionale dei risultati sui siti di riferimento.

CONCLUSIONI

In base alle verifiche effettuate appare evidente come tutte le componenti biologiche (macrobenthos, diatomee e macrofite) siano indicatori validi e gli EQR del D.M. 260/2010, basati su questi indicatori, rispondano efficacemente alle alterazioni ambientali. Si evince però che i valori soglia stabiliti per la classificazione nelle cinque classi di qualità non sono armonizzati nei diversi EQR e portano a risultati sensibilmente discordanti. In particolare l'indice diatomoico rileva sovente una situazione

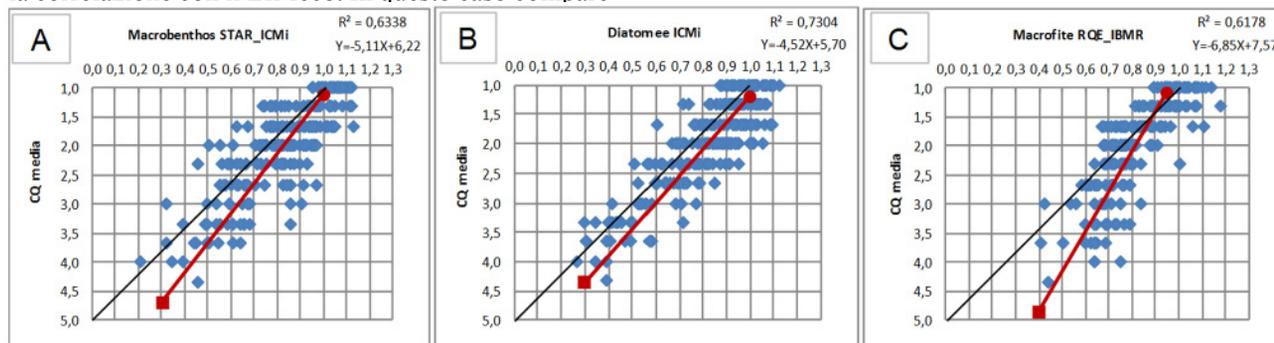


Fig. 6. Correlazione a coppie tra la classe di qualità media e gli EQR; la linea di tendenza viene rappresentata con la retta in base alla regressione lineare rispetto alla ipotetica retta di regressione con pendenza del 100% ($Y = -4X + 5$), con i rispettivi valori di R^2 e la propria equazione.

molto migliore dell'indice macrofitico, mentre pare che la sensibilità di questi due EQR si equivalga. Questo effetto è stato osservato sia attraverso la correlazione con i parametri fisico-chimici (LIMEco), sia attraverso la correlazione della classificazione in classi di qualità in base ai soli parametri biologici, sia con i valori di riferimento in base ai siti liguri. Si auspica, quindi, un esercizio di intercalibrazione trasversale tra le diverse componenti biologiche per far sì che vengano rivisti i valori soglia, allo scopo di poter esprimere appieno la potenzialità di ciascuna comunità, per ottenere un

giudizio equilibrato e più preciso sullo stato di qualità delle acque correnti.

Ringraziamenti

Si ringraziano tutti coloro che hanno partecipato ai campionamenti e alla determinazione di macrobenthos, diatomee e macrofite nei corsi d'acqua liguri e, in particolare: Silvio Gaiter, Luigi Martella, Elisa Falasco, Irene Pacini, Corinna Oliveri, Laura Olivieri e Daniela Spada. Un ringraziamento anche ai tecnici dei dipartimenti provinciali che hanno provveduto ai prelievi e alle analisi fisico-chimiche per il calcolo del LIMEco.

BIBLIOGRAFIA

- AFNOR, 2003. *Qualité de l'eau: Détermination de l'Indice Biologique Macrophytique en Rivière (IBMR)*. NF T 90-395. Association française de normalisation, Saint-Denis, La Plaine, 28 pp.
- Agapito Ludovici A., Toniutti N., Negri P., 2007. La Direttiva Quadro Acque 2000/60/CE: stato di attuazione e prospettive in Italia e in Europa. *Biologia Ambientale*, **21** (2): 21-29.
- Buffagni A., Belfiore C., 2013. *MacrOper.ICM software, v. 1.0.5*. CNR-IRSA e UniTuscia DEB, Roma.
- Buffagni A., Erba S., 2007. Intercalibrazione e classificazione di qualità ecologica dei fiumi per la 2000/60/EC (WFD): l'indice STAR_ICMi. *Notiziario dei Metodi Analitici IRSA-CNR*, **1**: 94-100.
- Buffagni A., Erba S., Genoni P., Lucchini D., Orlandi C., 2014. Protocollo di campionamento e analisi dei macroinvertebrati bentonici dei corsi d'acqua guadabili. *ISPRA, Manuali e Linee Guida*, **111**: 1-58.
- CEMAGREF, 1982. *Étude des méthodes biologiques d'appréciation quantitative de la qualité des eaux*. Rapport Q. E. Lyon-A. F. Bassin Rhône- Méditerranée Corse. Lyon, 218 pp.
- European Commission, 2005. *Common Implementation strategy for the Water Framework Directive (2000/60/EC). Guidance Document n.° 14. Guidance on the Intercalibration process 2004-2006*. Office for Official publications of the European Communities, Luxembourg, 31 pp.
- European Commission, 2011. *Common Implementation strategy for the Water Framework Directive (2000/60/EC). Guidance Document 14. Guidance on the Intercalibration process 2008-2011*. Office for Official publications of the European Communities, Luxembourg, 103 pp.
- Fabiani C., 2005. La Direttiva Quadro: linee generali ed impegni. *Biologia Ambientale*, **19** (1): 1-8.
- Falasco E., Mobili L., Risso A.M., Bona F., 2012. Considerazioni sull'applicazione dell'indice diatamico ICMi (Intercalibration Common Metrix index) nell'Italia nord-occidentale. *Biologia Ambientale*, **26** (1): 21-28.
- Genoni P., 2018. Revisione dei valori di riferimento per il calcolo dell'ICMi: come migliorare la confidenza della classificazione dello stato delle diatomee fluviali. In: *Giornate di studio "La componente diatomica negli ambienti fluviali, lacustri e zone umide: esperienze di valutazione della biodiversità e primi processi di accreditamento del metodo"*. Perugia, 18 ottobre 2018, 28 pp.
- Ghetti P.F., 1997. *Manuale di applicazione. Indice Biotico Esteso (I.B.E.). I macroinvertebrati nel controllo di qualità degli ambienti di acque correnti*. Provincia Autonoma di Trento, 222 pp.
- Lecoite C., Coste M., Prygiel J., 1993. "Omnidia" software for taxonomy. Calculation of diatom indices and inventories management. *Hydrobiologia*, **269-270**: 509-513.
- Mancini L., Sollazzo C., 2009. Metodo per la valutazione dello stato ecologico delle acque correnti: comunità diatomiche. *Rapporti ISTISAN*, **09/19**: 1-32.
- Mancini L., Puccinelli C., Marcheggiani S., Martone C., Balzamo S., 2014. Protocollo di campionamento ed analisi delle diatomee bentoniche dei corsi d'acqua. *ISPRA, Manuali e Linee Guida*, **111**: 1-25.
- Minciardi M.R., Spada D., Abati S., Ciadamidaro S., Fiorenza A., 2014. Protocollo di campionamento e analisi delle macrofite dei corsi d'acqua guadabili. *ISPRA, Manuali e Linee Guida*, **111**: 1-33.
- Orlandi C., Favrin G., Skert N., Codarin A., Macor A., Meloni C., Pavan A., Piazza G., Rancati E., 2012. Considerazioni sull'applicazione degli indici per la valutazione dello stato ecologico delle acque superficiali interne del Friuli Venezia Giulia. *Biologia Ambientale*, **26** (1): 15-20.
- Rott E., Pfister P., van Dam H., Pipp E., Pall K., Binder N., Ortler K., 1999. *Indikationslisten für Aufwuchsalgen in Österreichischen Fließgewässern, Teil 2: Trophieindikation und ökologische Anmerkungen Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft*. Wien, Wasserwirtschaftskataster, 248 pp.
- Scanu G., Mignuoli M.C., 2017. L'evoluzione della normativa ambientale sulle acque. *Biologia Ambientale*, **31**: 13-22.
- van de Bund W., 2009. *Water Framework Directive intercalibration technical report. Part 1: Rivers*. Joint Research Community, Scientific and Technical Reports. Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg, 140 pp.
- van de Bund W., Cardoso A.C., Heiskanen A.-S., Nöges P., 2004. *Overview of common intercalibration types. Final Version 5.1*. ECOSTAT, Working Group 2.A Ecological Status, 38 pp.

Un pipistrellaio a Maccarese (Lazio, Fiumicino): un progetto possibile per la lotta biologica e la divulgazione naturalistica

Riccardo Di Giuseppe¹, Giulio Aleandri², Mauro Grano³

¹ Ass. Nat. Programma Natura, Via dei Tre Denari 212, Maccarese (RM), Italia

² Architetto, Dottore di Ricerca, Master CNAAPP, Via L. Capuana 190 Roma, Italia

³ Via Valcenischia 24, Roma, Italia

Pervenuto il 4.7.2019; accettato il 29.8.2019

Riassunto

Lo scopo del presente lavoro è quello d'illustrare il progetto di un pipistrellaio: una torre di legno, un tempo comune nelle zone malariche del centro Italia utilizzata come rifugio per i pipistrelli. Questa struttura perfettamente ecosostenibile e progettata con moderni criteri architettonici, si andrebbe ad inserire in maniera armoniosa e non impattante nel territorio del Litorale Romano, in località Maccarese, costituendo un rifugio naturale per i pipistrelli. La struttura posta in una porzione di coltivi nuovamente allagati, a ricreare l'ecosistema ante bonifica, potrebbe rappresentare un'azione concreta di compensazione naturalistica e riqualificazione ambientale, in un territorio altamente frammentato. Nello stesso tempo, la struttura e la zona umida annessa potrebbero diventare un polo di attrazione turistica così da essere utilizzate come luogo di divulgazione naturalistica, storica e culturale.

PAROLE CHIAVE: Bonifica delle Pagliete / lotta biologica / Maccarese / malaria / pipistrello / Litorale Romano / zanzara

A pipistrella in Maccarese (Lazio, Fiumicino): a project possible for biological control and naturalistic dissemination.

The purpose of this work is to illustrate the design of a bat-tower; a wooden tower, once common in the malarial areas of central Italy. This perfectly eco-sustainable structure, designed with modern architectural criteria, would be inserted in a harmonious and non-impactful way in the territory of the Litorale Romano, in the Maccarese area, constituting a natural refuge for bats. The structure placed in a portion of newly flooded cultivated land, to recreate the pre-reclamation ecosystem, could be a concrete action of naturalistic compensation and environmental requalification, in a highly fragmented territory. At the same time, the attached structure and wetland could become a tourist attraction so as to be used as a place of naturalistic, historical and cultural dissemination.

KEY WORDS: reclamation of the Pagliete / biological control / Maccarese / malaria / Roman Coast / mosquito

INTRODUZIONE

All'inizio del XX secolo era stato da poco riconosciuto il ruolo delle zanzare come vettori della malaria, quando Charles A. R. Campbell, medico di San Antonio (Texas, USA), cominciò a elaborare l'idea di attrarre i pipistrelli insettivori in zone pesantemente infestate, per tentare di ridurre la prevalenza della malattia. Contemporaneamente, si sarebbe potuto utilizzare il guano prodotto come fertilizzante. Dopo alcuni anni di tentativi ed errori, nel 1911, vicino alla laguna di depurazione delle acque nere di un villaggio, Campbell riuscì a costruire il prototipo di una torre-rifugio per

pipistrelli. Nei dintorni i casi di malaria sembrarono calare rapidamente, tanto che nel 1914 Campbell brevettò il suo rifugio per pipistrelli raccogliendo in breve richieste d'informazioni da tutto il mondo.

Nel 1918 il "Dr. Campbell's Malaria-Eradicating Guano-Producing Bat Roost" cominciò ad essere imitato da privati della zona ove era stato costruito il primo modello e, agli inizi del 1920, molte di queste strutture erano già state allestite nel sud degli Stati Uniti, in Messico, e in Europa (Brini *et al.*, 2011).

Nel 1923 il regime fascista affronta la questione

della malaria in Italia. I primi provvedimenti legislativi prevedevano uno spostamento dell'onere delle spese per il chinino dai Comuni alle Province; l'anticipo da parte dello Stato delle somme necessarie alla "piccola bonifica", somme che i proprietari dovevano poi rimborsare con un interesse del 5%. Del 1924 la legge n. 753 anche conosciuta come Legge Serpieri, dal nome del tecnico agrario, Ministro dell'Agricoltura del regime, sulle trasformazioni fondiari di pubblico interesse, con la quale si cercava di rispondere al problema della trasformazione dei comprensori estensivi nel Mezzogiorno (Marasti, 2001; Di Sandro, 2015).

Nonostante queste illuminate intenzioni legislative che ottennero il plauso della comunità medico-scientifica italiana, la reale politica fascista per una lotta alla malaria si esprime attraverso il progetto della "bonifica integrale", che ebbe un suo fondamento legislativo nel 1928 con la legge n. 3124 nota come Legge Mussolini. In una concezione di salute che si faceva politica, che mirava a ottenere il risanamento fisico e morale del popolo in funzione di una maggiore efficienza lavorativa, e che secondo le teorie razziali voleva eliminare le malattie endemiche per un recupero biologico della "razza" italiana, la "bonifica integrale" differiva dalle precedenti campagne per l'utilizzo coordinato di tutte le armi note alla malariologia.

La legge per la bonifica integrale fu preceduta da un esperimento nella zona Maccarese, alla foce del Tevere, nel 1926, ove il regime appoderò un enorme latifondo in quarantacinque tenute. Tuttavia solo nella zona delle Paludi Pontine la lotta integrale alla malaria vide, di fatto, la sua realizzazione. Inaugurata nel 1929, la battaglia fu dichiarata vinta dieci anni dopo. Una volta espropriati i due terzi dei terreni improduttivi, lo Stato fascista delegò all'Opera Nazionale Combattenti il controllo delle aree bonificate, che in seguito ad appoderamento venivano affidate a coloni provenienti per lo più da regioni del Nord (Veneto, Friuli, Emilia Romagna). L'Agro fu poi diviso in comprensori facenti capo a un borgo. Il programma della bonifica integrale, progettato da Alessandro Messea, direttore del Dipartimento di Sanità, prevedeva una lotta alla malaria combattuta su tre fronti: la bonifica idraulica, la bonifica agricola, la bonifica igienica.

La bonifica idraulica, nella terminologia fascista annunciata come "battaglia alle paludi", consisteva nel prosciugamento delle paludi malariche, nel controllo del regime delle acque e nel livellamento delle depressioni in cui si raccoglievano le acque stagnanti. Per eliminare i focolai di anofeli si utilizzavano larvicidi, come il piretro e il petrolio, e in particolare il Verde di Parigi, prodotto di sintesi a base di arsenico usato dai primi anni venti e si introduceva nei canali di irrigazione e negli acquitrini la *Gambusia affinis*, specie d'acqua dolce, originaria del Golfo del Messico, nota per essere consumatrice di

larve (Sella, 1928; Ronchetti, 1968; Haas e Pal, 1984).

Tentativi di lotta biologica contro la zanzara adulta si esperivano con l'uso di pipistrelli come regolatori naturali: in Sardegna e in particolare nell'Agro Pontino i pipistrelli venivano attirati all'interno di speciali costruzioni note come "pipistrellai", torri di legno o di cemento alte sino a 15 metri montate su palafitte (Fig. 1). Un pipistrellaio installato in Sardegna, in località Alabirdis vicino alla costruenda Mussolinia (attualmente Arborea), era costituito da due parti: la base in cemento armato e il castello di legno rivestito in Eternit. Alla base di questa struttura venne apposta una targa con la dicitura "*Questa è una casa per i pipistrelli; i pipistrelli sono i migliori amici dell'uomo perché mangiano le zanzare malariche. Proteggendo i pipistrelli, proteggete voi stessi. Non disturbate quindi in alcuna maniera i pipistrelli e la loro casa*" (Brunelli *et al.*, 2011). Di queste strutture in Italia non rimane più traccia.

Il 70% delle specie italiane di chiropteri è considerata a rischio di estinzione, secondo quanto riporta la lista rossa dei vertebrati italiani, dove viene esaminato il rischio di estinzione delle specie presenti in Italia (Bulgarini *et al.*, 1998). Una specie (*Rhinolophus blasii*) è già estinta e per altre cinque le conoscenze sono talmente insufficienti che non è possibile conoscere esattamente lo stato di conservazione delle loro popolazioni. Numerose specie europee hanno subito un



Fig. 1. Pipistrellaio a Colonia Elena, presso San Felice Circeo nel 1931, Bonifica integrale dell'Agro Pontino. (Foto tratta da: www.borghidilatina.it).

consistente declino delle popolazioni dagli anni '60 ad oggi, a causa di fattori che spesso hanno agito insieme (Crucitti e Tringali, 1985; Crucitti *et al.*, 1992; Lanza e Finotello, 1985; Hutson *et al.*, 2001; Patriarca e Debernardi, 2003; Agnelli *et al.*, 2004; GIRC, 2004; Agnelli, 2005a; Agnelli, 2005b; Agnelli, 2006; Crucitti, 2011). Tra questi fattori uno dei più importanti è la distruzione dei siti di rifugio.

Tutte le specie di Chiroterteri sono d'interesse unionale essendo elencate nell'Allegato IV della Direttiva 92/43/CEE "Habitat" e una parte anche nell'Allegato II della stessa Direttiva. In Italia sono presenti trentatré specie (Dietz *et al.*, 2009) se si escludono *Myotis dasycneme* e *Rhinolophus blasii* per la quale non ci sono segnalazioni successive al 1980 (Lustri, 2005) e di queste ben 23 (69,7%) sono presenti nella Provincia di Roma (Amori *et al.*, 2009; Crucitti, 2011). Tutti i chiroterteri italiani sono insettivori, cosicché i territori di caccia, per soddisfare le necessità dei pipistrelli, devono soprattutto offrire molti insetti (Crucitti, 1978; Brosset, 1975; Barlow, 1997).

Una zona, come quella dell'area in questione, un tempo paludosa e ricca di canali con acqua a scorrimento lento, si rivela quindi particolarmente idonea alla chiroterrofauna e adatta alla realizzazione della struttura oggetto del presente lavoro.

AREA DI STUDIO

La realizzazione di un pipistrellaio troverebbe giusta collocazione all'interno della Riserva Naturale Statale Litorale Romano, più precisamente nei coltivi in località Maccarese. La Riserva, istituita con Decreto del Ministro dell'Ambiente 29 marzo 1996, si estende per 16.214 ettari includendo territori appartenenti ai Comuni di Fiumicino e di Roma. La zona si caratterizza per la presenza di ecosistemi relitti originari di elevato valore naturalistico, frammentati e isolati da un importante reticolo viario, da centri abitati, infrastrutture commerciali e industriali.

Dal punto di vista fitoclimatico, l'area si colloca tra la Regione Mediterranea, nella sua fascia costiera, e la Regione Mediterranea di Transizione che caratterizza la Campagna Romana (Blasi, 1994). La Riserva del Litorale Romano si sviluppa principalmente nel tipico paesaggio di "Pianura costiera" e, secondariamente, nel "Paesaggio collinare vulcanico con tavolati". L'attuale uso del suolo del territorio è caratterizzato da un netto contrasto tra il settore pianeggiante ad uso agricolo e il litorale, dove, pur se frammentate da estesi centri urbani, si hanno importanti esempi di valenza naturalistica. All'interno della Riserva si possono individuare diversi sistemi ambientali caratterizzati da paesaggi vegetali differenti dove prevale una elevata diversità paesaggistica comprendente, in alcuni casi, formazioni vegetali di grande interesse naturalistico in quanto riconducibili ad Habitat della Direttiva 92/43/CEE oppure a emergenze

botaniche di rilievo nel contesto nazionale o locale.

Prima delle bonifiche avvenute già a partire dalla fine dell'ottocento, ai lati del Fiume Tevere si trovavano due grandi laghi costieri: a sinistra lo stagno di Levante o di Ostia che si estendeva per circa dieci chilometri di lunghezza tra Ostia Antica e la via Cristoforo Colombo; a destra del Tevere lo stagno di Ponente o di Maccarese lungo fino a venti chilometri dove oggi è presente la tenuta agricola omonima (Branchini, 2010). Alla fine dell'800 e poi agli inizi del '900 con la bonifica integrale, la geografia e fisionomia del territorio cambiarono completamente, causando, da un punto di vista strettamente naturalistico, la scomparsa di un ambiente tra i più importanti e ricchi di biodiversità in assoluto: la zona umida. Nonostante quindi il forte impatto antropico e le grandi opere di bonifica dei secoli scorsi, nel territorio è ancora presente una varietà di ambienti naturali, caratteristici, fondamentali per la conservazione della flora e fauna. Il pipistrellaio troverebbe ubicazione nell'area denominata "zona delle Pagliete". L'area prende nome dalla strada omonima sterrata, appunto Via delle Pagliete, che attraversa il paesaggio agrario di Maccarese, dove ante bonifica era presente l'ultimo residuo dello stagno "Le Pagliete" (Fig. 2).

Questo agroecosistema costituito da coltivi delimitati spesso da filari di specie arboree (*Eucalyptus globulus*, *Eucalyptus camaldulensis*, *Platanus hybrida* e *Populus alba*) presenta terreni argillosi-limosi, sciolti lungo la fascia prossima al litorale, e deriva dalle opere di bonifica integrale eseguite negli anni a cavallo tra il 1925 e il 1935. La vegetazione originaria è residuale (Cazzola, 2005), sostituita quindi da coltivazioni intensive quali mais, frumento, erba medica e grano (Di Giuseppe *et al.*, 2018). Tale sistema agricolo è oggi funzionale a molte specie faunistiche.

In questi ambiti territoriali la presenza di acqua si limita al reticolo artificiale rappresentato dai canali di drenaggio delle acque (Stoch *et al.*, 2005; Ma *et al.*, 2010) e da quelli d'irrigazione: una fitta e capillare rete dei canali di dimensioni variabili (canali grandi, larghi circa 10 m; canali medi, larghi tra 2 e 6 m; scoline, di larghezza inferiore ai 2 m) e con diversi livelli di profondità dell'acqua. Queste opere, realizzate durante il periodo di bonifica che ha interessato tutto il territorio, rappresentano senza dubbio habitat idonei e funzionali per molte specie, incrementando così il grado di eterogeneità e la diversità biologica (Semlitsch e Bodie, 1998; Gibbs, 2000; Stoch *et al.*, 2005; Santolini, 2010; Scoccianti, 2006; EPC, 2008). I canali d'irrigazione sono gestiti dal Consorzio di Bonifica Tevere e Agro Romano e sono utilizzati come riserve idriche durante i mesi più aridi. I canali e la vegetazione ripariale fungono da veri e propri corridoi ecotonali lineari che facilitano gli spostamenti della fauna. Inoltre le zone umide naturali che ancora insistono sul territorio appaiono intimamente

connesse tra loro proprio da questa rete di canali.

Questa potrebbe essere un'azione concreta di com-



Fig. 2. Il cerchio in rosso indica l'area proposta per l'ubicazione del pipistrellaio, in località Maccarese nella Riserva Naturale Statale Litorale Romano. L'area posizionata nell'agroecosistema è delimitata da viale delle Pagliete, dal Fosso delle Tre Cannelle e dal Fosso Cavallo. Questi due sistemi idrici funzionali per il drenaggio delle acque meteoriche delle zone collinari a monte della piana di Maccarese garantirebbero il rifornimento idrico adeguato per un nuovo allagamento dell'area. La zona presa in esame è situata in prossimità del casello autostradale della A12 Roma-Civitavecchia di Maccarese e del centro storico di Maccarese. Anche dal punto di vista logistico la zona si presta molto bene per accogliere turisti e visitatori. (CTR 1:10000, GeoPortale Regione Lazio).

pensazione naturalistica e riqualificazione ambientale, in un territorio altamente frammentato. La struttura e la zona umida annessa potrebbero diventare inoltre un polo di attrazione turistica così da essere utilizzate come luogo di divulgazione naturalistica, storica e culturale. Il progetto per di più sarebbe in linea con le finalità istitutive stesse della Riserva Naturale Statale Litorale Romano (Art. 3 del D.M. 29 marzo 1996).

IL PROTOTIPO ARCHITETTONICO

La proposta riguarda la realizzazione di un nuovo manufatto ideato dall'analisi delle strutture del passato, da cui eredita alcuni caratteri formali, al fine di salvaguardare l'immagine di un paesaggio storico-agrario non più presente e nel contempo, in grado di garantire un habitat adeguato per i pipistrelli. Seppure in modo descrittivo questo paragrafo illustra i principi che sono alla base dell'ideazione di un piccolo oggetto architettonico in grado di soddisfare le esigenze didattiche e scientifiche.

Il pipistrellaio verrà realizzato in un'area umida e allagata e vi si accederà mediante una passerella necessaria per superare l'area di parcheggio/arrivo in direzione del manufatto che si collocherà in un contesto isolato rispetto alle aree antropizzate; in posizione esclusiva garantirà un'esperienza immersiva in ambito naturale protetto. Dal punto di vista formale, l'oggetto architettonico in corso di studio, rialzato rispetto al piano di campagna, ha nelle sue proporzioni uno sviluppo verticale evidente, richiamando le forme piramidali dei manufatti storici da cui deriva; nel risalire i diversi piani partendo dal basso verrà collocato uno spazio attrezzato dedicato alla didattica in grado di accogliere piccoli gruppi con cui svolgere attività di sensibilizzazione sui temi della salvaguardia degli habitat e in generale sulle politiche di valorizzazione degli ambienti naturali.

Al piano superiore trova collocazione un piccolo museo naturalistico, storico e culturale, in cui verranno esposti reperti naturalistici e antropologici come memoria delle attività umane svolte in passato nei luoghi in cui il manufatto s'insedia. Lo spazio museale custodirà inoltre quei reperti e documenti necessari per costituire un archivio d'informazioni utili alla ricostruzione storica e alla divulgazione delle vicende antropiche di particolare interesse scientifico.

A salire ancora, al terzo piano verrà realizzato uno spazio per l'osservazione diretta degli uccelli e il reportage fotografico; la posizione elevata e le feritoie realizzate verso le aree protette garantiranno la visuale adatta all'osservazione, monitoraggio e alle riprese fotografiche, attività che ad oggi muovono da tutto il mondo un gran numero di appassionati. L'ultimo spazio posizionato in cima al dispositivo architettonico è riservato all'ecologia e alla fenologia dei chiroteri; quest'ambiente deve poter ospitare un habitat adeguato

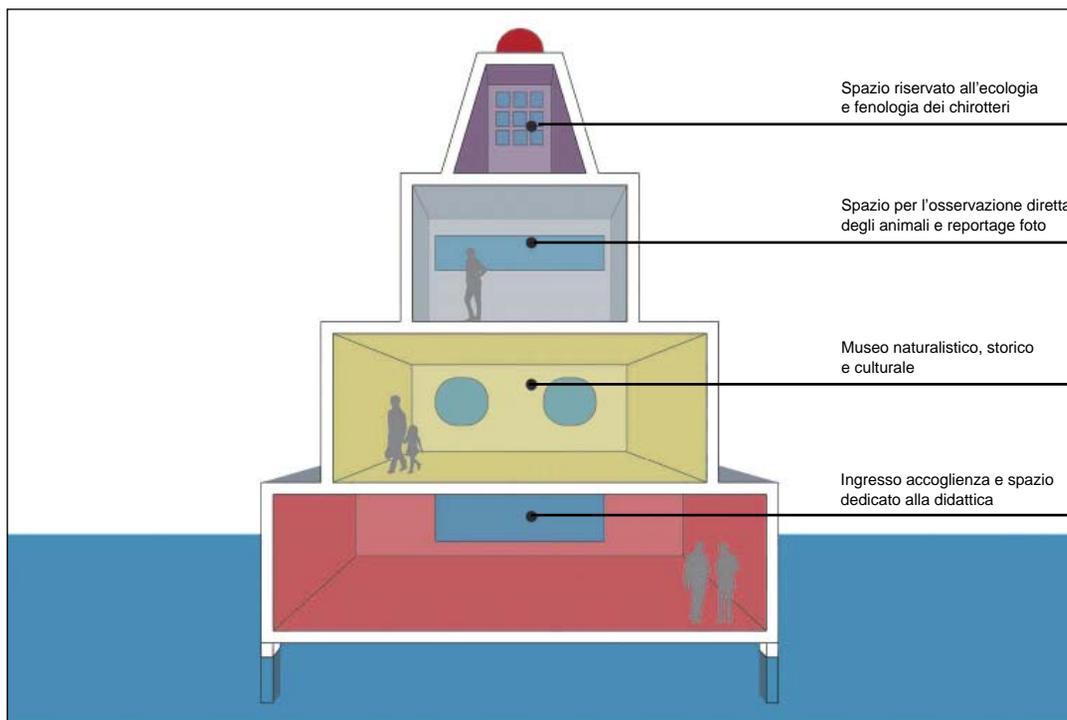


Fig. 3. Sezione prospettica dello schema di progetto.

alle specie in oggetto favorendo il ruolo specifico di predatori d'insetti oltre costituire un rifugio opportuno che garantisca le condizioni microclimatiche, lo sviluppo, la riproduzione e la salvaguardia dei pipistrelli (Fig. 3). Tutti gli ambienti così ideati dovranno essere gestiti affinché le attività svolte non disturbino le condizioni di vita degli animali, la cui conservazione è al centro dello studio dell'attuale progetto.

Nel complesso il piccolo manufatto verrà realizzato con materiali eco-compatibili e reperibili in prossimità dell'area in cui s'insedia, con particolare attenzione all'utilizzo di strutture non inquinanti e non nocive per le specie tutelate. La struttura inoltre verrà ideata

affinché tutte le funzioni descritte, possano svolgersi in qualunque condizione climatica, monitoraggi inclusi, offrendo un adeguato riparo e nel contempo la possibilità di proseguire serenamente le attività perdurando condizioni metereologiche avverse. Infine tutte le tecnologie di supporto alle attività ospitate verranno alimentate sfruttando le energie rinnovabili utilizzabili nel contesto climatico insediato.

Ringraziamenti

Gli autori desiderano ringraziare quanti, a vario titolo, hanno contribuito alla stesura del presente lavoro. Desiderano inoltre ringraziare gli anonimi revisori.

BIBLIOGRAFIA

- Agnelli P., Martinoli A., Patriarca E., Russo D., Genovesi P., 2004. *Linee guida per il monitoraggio dei Chiroteri: indicazioni metodologiche per lo studio e la conservazione dei pipistrelli in Italia*. Quad. Cons. Natura, 19, Min. Ambiente - Ist. Naz. Fauna Selvatica: pp. 216.
- Agnelli P., 2005a. Mammalia Chiroptera. In: Ruffo S., Stoch F. (Eds). Checklist e distribuzione della fauna italiana. *Memorie del Museo Civico di Storia Naturale di Verona, 2° serie, Sezione Scienze della Vita*, 16: 293-295.
- Agnelli P., 2005b. Mammiferi (Chiroteri). Pp. 276-281. In:

- Castelli C., Sposimo P. (a cura di). *La Biodiversità in Toscana, specie e habitat in pericolo*. Archivio del Repertorio Naturalistico Toscano (Renato). Regione Toscana, Direzione Generale Politiche Territoriali e Ambientali. Tipografia Il Bandino, Firenze: pp. 304.
- Agnelli P., 2006. Un refugio de 2300 años. *RedLife, Revista de Naturaleza*, 7: 24.
- Amori G., Battisti C., De Felici S. (a cura di), 2009. *I Mammiferi della Provincia di Roma. Dallo stato delle conoscenze alla gestione e conservazione delle specie*. Provincia di

- Roma, Assessorato alle Politiche dell'Agricoltura, Stilgrafica, Roma 347 pp.
- Barlow K.E., 1997. The diets of two phonic types of the bat *Pipistrellus pipistrellus* in Britain. *Journal of Zoology*, London, **243**: 597-609.
- Blasi C., 1994. Fitoclimatologia del Lazio. *Fitosociologia*, **27**: 151-175.
- Branchini A., 2010. *Fregene, una storia vera*. Media Press Editrice, 250 pp.
- Brini C., Mucedda M., Pantaleoni R.A., 2011. *Il controllo delle zanzare malarigene dai pipistrellai alle bat-box*. XXIII Congresso Nazionale Italiano di Entomologia, Genova 13-16 Giugno 2011: 370.
- Brosset A., 1975. Le régime alimentaire de *Myotis daubentonii*. Commentaires sur l'observation de J.F. Terrasse. *Mammalia*, **39**: 148.
- Brunelli P., Pozzebon S., Contini C., Bellini R., 2011. I pipistrelli e la lotta alle zanzare. *Ecoscienza*, n° 2: 90-93.
- Bulgarini F., Calvario E., Fraticelli F., Petretti F., Sarrocco S. (eds.), 1998. *Libro Rosso degli Animali d'Italia - Vertebrati*. WWF Italia, Roma, 210 pp.
- Cazzola A., 2005. *I paesaggi nelle campagne di Roma*. Firenze University Press, 250 pp.
- Crucitti P., 1978. Osservazioni ecologiche su *Myotis capaccinii* nella regione laziale (Chiroptera Vespertilionidae). *Natura*, Soc. Ital. Sci. nat., Museo civ. Stor. Nat. e Acquario civ., Milano, **69**: 153-162.
- Crucitti P., Tringali L., 1985. Sulla distribuzione di alcuni Chiroterri italiani, particolarmente della regione laziale (Mammalia, Chiroptera). *Atti Soc. ital. Sci. Nat., Museo civ. Stor. Nat. Milano*, **126**: 257-268.
- Crucitti P., 2011. Bats of Latium: a review of past and recent studies and the contribution of B. Lanza. *Hystrix Italian Journal of Mammology*, **22** (1): 15-22.
- Crucitti P., Andreini M., Leopardi M., 1992. Una comunità troglodila di Chiroterri del Lazio Settentrionale (Italia Centrale) (Chiroptera). *Atti Soc. ital. Sci. nat. Museo. civ. Stor. nat. Milano*, **132**: 89-104.
- Dietz C., Von Helversen O., Nill D., 2009. *Bats of Britain, Europe & Northwest Africa*. A & C Black Publishers Ltd., 400 pp.
- Di Giuseppe R., Grano M., Polinori A., 2018. Impatto sulla fauna selvatica dello sversamento di cherosene (jet fuel) nei canali di bonifica della Riserva Naturale Statale Litorale Romano (Lazio, Italia). *Biologia Ambientale*, **32** (2): 1-12.
- Di Sandro G., 2015. *Arrigo Serpieri: tra scienza e praticità di risultati. Dall'economia agraria alla bonifica integrale per lo sviluppo del paese*. Franco Angeli Edizioni, 288 pp.
- EPC-European Pond Conservation, 2008. *The pond manifesto. Stagni e zone umide minori: un manifesto per la loro conoscenza e conservazione*. Provincia di Roma, Assessorato alle Politiche dell'Agricoltura. Gangemi editore, Roma (trad. Battisti C., Della Bella V.).
- Gibbs J.P., 2000. Wetland loss and biodiversity conservation. *Conservation Biology*, **14** (1): 314-317.
- Gruppo Italiano Ricerca Chiroterri (GIRC), 2004. The Italian bat roost project: a preliminary inventory of sites and conservation perspectives. *Hystrix*, **15**: 55-68.
- Haas R., Pal R., 1984. Mosquito larvivorous fishes. *Bull. Ent. Soc. Am.*, **30**: 17-25.
- Hutson A.M., Mickleburgh S.P., Racey P.A., 2001. *Microchiropteran Bats: Global Status Survey and Conservation Action Plan*. IUCN/SSC Chiroptera Specialist Group. IUCN, Gland, Switzerland and Cambridge, UK.
- Lanza B., Finotello P.L., 1985. Biogeografia dei Chiroterri italiani. *Boll. Mus. Reg. Sc. Nat. Torino*, **3**: 389-420.
- Lustri L., 2005. Distribuzione, stato di conservazione e misure di tutela dei Chiroterri italiani. Il caso studio in un Sito di Importanza Comunitaria proposto: la Grotta degli Ausi (LT). www.isprambiente.gov.it/contentfiles/00001100/1131
- Ma Z., Cai Y., Chen J., 2010. Managing wetland habitat for waterbirds: an International perspective. *Wetlands*, **30**: 15-27.
- Marasti F., 2001. *Il fascismo rurale: Arrigo Serpieri e la bonifica integrale*. Settimo sigillo Editore, 280 pp.
- Patriarca E., Debernardi P., 2003. Guida alla tutela dei Chiroterri negli edifici. *Memorie Museo Riserva Naturale Orientata Onferno*, **6**: 1-31.
- Ronchetti G., 1968. L'azione antianofelica dei pesci del genere *Gambusia*, utilizzati per la lotta biologica contro la malaria. *Natura*, **LVIII**: 25-41.
- Santolini R. (ed.), 2010. *Ecologia del Paesaggio per la gestione delle zone umide. Nuovi approcci per migliorare la qualità dei servizi eco sistemici degli ambienti palustri*. Atti del Convegno della Società Italiana di Ecologia del Paesaggio, Ravenna, 3-4 dicembre 2009. Università degli Studi di Bologna, Facoltà di Conservazione del Beni Culturali.
- Scoccianti C., 2006. *Ricostruire reti ecologiche nelle pianure: strategie e tecniche per progettare nuove zone umide nelle casse di espansione*. Autorità di Bacino del fiume Arno, 278 pp.
- Sella M., 1928. I pesci larvifagi e l'esperimento di campagna antimalarica con le *Gambusie* a Rovigno d'Istria. *Boll. Pesca, Piscic., Idrobiol.*, **4** (2): 174-197.
- Semlitsch R.D., Bodie J.R., 1998. Are small, isolated wetlands expendable? *Conservation Biology*, **2**: 1129-1133.
- Stoch F., Cantonati M., Lapini L., Oriolo G., Paradisi S., Solari M., Tomasella M. (eds.), 2005. *Pozze, stagni e paludi. Le piccole acque, oasi di biodiversità*. Quaderni HABITAT, Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio, Museo Friulano di Storia Naturale-Comune di Udine, 158 pp.

**INFORMAZIONE
&
DOCUMENTAZIONE**

Internet e cambiamenti climatici

Oggi Internet rappresenta il principale mezzo di comunicazione di massa a livello mondiale e dalla sua nascita, negli anni '90 dello scorso secolo, esso ha dato avvio a una rivoluzione tecnologica, economica e socio-culturale senza precedenti: basti pensare che –dal 2018– più della metà della popolazione mondiale è dotata di una connessione Internet.

I numeri riportati dal sito www.internetlivestats.com, specializzato in statistiche d'uso a livello mondiale di Internet e dei Social Media, sono impressionanti: i contatori in tempo reale progrediscono a velocità elevatissima e risulta impossibile fissare un numero se non fermando lo schermo fotografandolo.

Risulta così che alle 15:30 di un giorno qualsiasi del mese di ottobre del 2019 i numeri erano: 164.480.553.643 e-mail e 483.007.265 Tweet spediti, 4.324.514.377 ricerche effettuate in Google e 4.499.403.779 video guardati su YouTube fino a quel momento in quel giorno!

Ogni giorno, dunque, tutti noi inviamo delle e-mail, navighiamo nel web, archiviamo dei video o delle foto o della musica nel Cloud.

E abbiamo l'illusione che questi processi siano immateriali e praticamente gratuiti.

Ma non è così.

Internet è costituito da centinaia di milioni di computer collegati fra loro a livello fisico da collegamenti trasmissivi, sia cablati sia wireless; i data center rappresentano il fulcro tecnologico dell'intero sistema poiché garantiscono

il funzionamento di tutti i processi, le comunicazioni e i servizi di Internet. Nel data center sono ospitate tutte le apparecchiature necessarie per governare il sistema informativo: *server* (computer che svolgono le funzioni di servizio per tutti i computer collegati), *storage* (sistemi di archiviazione che hanno la funzione di conservare i dati), *router* e *switch* (progettati per instradare e direzionare il traffico dati) e tutto ciò che serve per garantire la continuità operativa (gruppi di continuità, impianti di climatizzazione, sistemi di raffreddamento e anti incendio).

Ovviamente, per funzionare, i data center hanno bisogno di energia elettrica: un data center di grandi dimensioni dislocato in un unico edificio può arrivare a consumare quanto mille appartamenti e la maggior parte dei consumi deriva dal sistema di raffreddamento, necessario per mantenere una temperatura costante degli ambienti intorno ai 20-22 °C tutto l'anno.

I data center restano infatti attivi per 24 ore su 24 e 7 giorni su 7, emettendo calore in quantità tale da poter riscaldare un ambiente solo con l'energia termica prodotta dal loro funzionamento.

Secondo un articolo del 2017 pubblicato sul sito data-economy.com i data center saranno fra i più grandi consumatori di energia del mondo, superando i livelli di consumo di molti Paesi: il settore dei data center potrebbe consumare il 20% di tutta l'energia elettrica disponibile nel mondo entro il 2025 a causa dell'enorme generazione di

dati a velocità progressivamente crescente.

Avendo costi in termini energetici, i servizi informatici hanno di conseguenza costi ambientali: generano in primo luogo tutte le problematiche ambientali connesse alla produzione e al consumo di energia elettrica.

La produzione dell'energia elettrica determina, fra le altre e in particolare, l'emissione di gas climalteranti in quanto è caratterizzata dall'utilizzo prevalente di combustibili fossili: il gas climalterante più importante in termini di quantità è notoriamente il biossido di carbonio (CO₂).

Le caratteristiche del combustibile usato e le tecnologie impiantistiche utilizzate nella produzione elettrica determinano qualità e quantità delle emissioni.

La scelta dei combustibili subisce variazioni negli anni: secondo un articolo pubblicato sul sito energiaoltre.it dal 1973 al 2015 –a livello mondiale– si è verificato un notevole cambiamento delle fonti energetiche utilizzate per la produzione di elettricità: il petrolio sta scomparendo mentre il carbone resiste; crescono il gas, il nucleare e le rinnovabili, tranne l'idroelettrico (che scende). I principali utilizzatori di carbone sono la Cina e gli USA, mentre i principali utilizzatori di petrolio sono l'Arabia Saudita e il Giappone.

Secondo lo studio *Energy Revolution: A Global Outlook* –commissionato dalla società inglese Drax all'Imperial College London e allo studio di consulenza E4tech– tra il 2008 e il 2017 la *carbon in-*

intensity del settore elettrico di 25 grandi economie è diminuita solo del 7% circa, con la Gran Bretagna che risulta essere il Paese che ha decarbonizzato più rapidamente. Secondo questo studio, il 40% circa dell'elettricità mondiale viene prodotto utilizzando carbone: Cina, India, Polonia e Sudafrica in particolare utilizzano ancora tanto carbone e quindi la loro *carbon intensity* è circa doppia rispetto a quella media complessiva. Mentre la Cina però sta "ripulendo" il settore energetico più rapidamente della maggior parte dei Paesi europei, molti Paesi asiatici si stanno orientando verso una produzione elettrica ad elevata *carbon intensity*. Sempre secondo questo studio, negli ultimi dieci anni l'uso del carbone come fonte energetica per la produzione di elettricità è diminuito di un quinto negli USA e di un sesto in Cina.

Riprendendo le statistiche del sito www.internetlivestats.com, alle 15:30 del già citato giorno qualsiasi del mese di ottobre del 2019 le emissioni di CO₂ generate dall'uso di Internet erano pari a 2.141.054 tonnellate!

Le strategie per contrastare l'inquinamento "invisibile" di Internet vanno ricercate sia nel *lato produzione* che nel *lato domanda*, aspetto rispetto al quale ognuno di noi può essere protagonista.

Per quanto riguarda il "lato produzione", già da moltissimi anni i principali giganti del tech –come Google, Facebook o Amazon– sono stati spinti ad approvvigionare i data center con energia elettrica prodotta da fonti rinnovabili.

Come noto, l'indicatore ambientale che misura l'impatto delle attività umane sul clima globale è la *carbon footprint*, che tiene conto di tutti i gas climalteranti del Protocollo di Kyoto; poiché una bassa *carbon footprint* indica un

basso contributo ai cambiamenti climatici, l'indicatore è ben comprensibile dal grande pubblico e si sta affermando come strumento di marketing per evidenziare la sostenibilità ambientale di un prodotto o di un servizio.

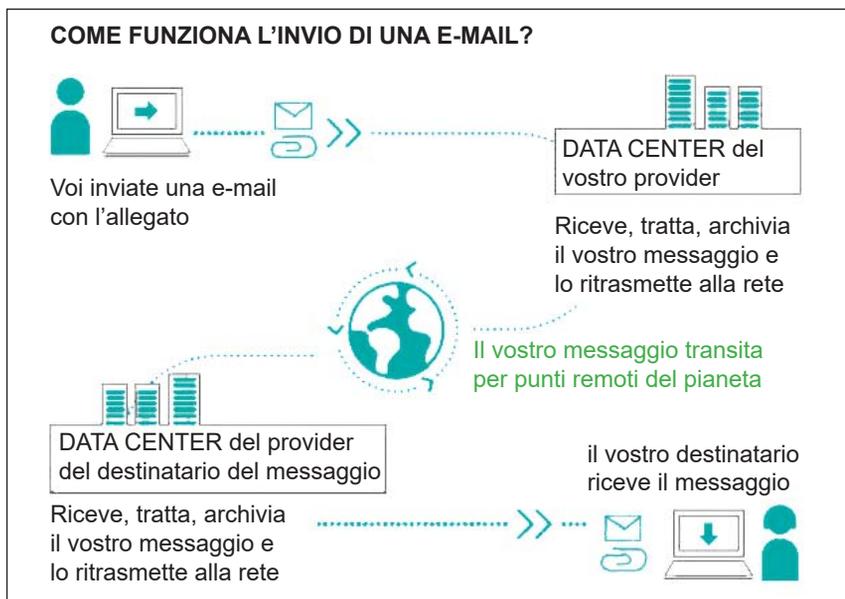
Oggi nel *Environmental Responsibility Report 2019* di Apple possiamo leggere che, proprio per ridurre le emissioni di gas serra, tutte le strutture aziendali del gruppo nel mondo –compresi uffici, negozi e data center– sono approvvigionati con energia pulita e che la *carbon footprint* complessiva è calata del 35% rispetto a quella del 2015.

Analogamente, il gruppo italiano Aruba dichiara di garantire dal 2011 il funzionamento dei propri data center e delle proprie sedi con energia a garanzia di origine da fonti rinnovabili (certificazione GO) e di avere una *carbon footprint* uguale a zero.

Inoltre, come detto, un data

center deve essere costantemente raffreddato e i costi del condizionamento dipendono anche dalla sua ubicazione: per questo motivo molti provider costruiscono data center nelle zone del mondo ove è possibile utilizzare venti freddi o acqua fredda per raffreddare i server, riducendo così l'utilizzo di apparecchiature di condizionamento forzato.

Mentre Facebook e Amazon hanno preferito scelte convenzionali, realizzando alcuni dei propri data center in luoghi particolarmente freddi, Microsoft sta sperimentando un nuovo metodo per raffreddare i data center: sommergere i server. Il [progetto Natick](#) prevede infatti di lasciare sott'acqua per cinque anni nel mare scozzese un data center composto da 864 server, sistema che resterà operativo per tutto il tempo dell'esperimento grazie a un cavo subacqueo; la sfida è anche quella di garantire un funzionamento ideale del data



L'emissione di CO₂ collegata all'invio di una e-mail dipende dal peso degli allegati, dal tempo di stoccaggio sul server e dal numero di destinatari: moltiplicare per 10 il numero dei destinatari della mail moltiplica per 4 le sue emissioni. Inoltre, secondo ADEME, una e-mail percorre mediamente 15.000 km. (Modificato da *La face cachée du numérique. Réduire les impacts du numérique sur l'environnement*)

center per anni, dato che la manutenzione sotto l'acqua sarebbe più complessa rispetto a quella usuale.

E dal "lato domanda"? Cosa possiamo fare noi per navigare sostenibilmente?

I suggerimenti sono veramente numerosi e si connotano sostanzialmente come apprendimento di buone abitudini (molte delle quali sono già nostre!).

I consigli più ricchi sono quelli pubblicati dall'agenzia francese **ADEME** (Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Énergie) in due piccoli opuscoli^(*); una prima lista non esaustiva è la seguente:

- non lasciate accesi il PC, la stampante o la console se pensate di non usarli nella prossima ora: spegneteli e scollegateli dalla presa;
- collegate i vostri apparecchi (PC, stampante...) ad una ciabatta elettrica con tasto di accensione e spegnetela a fine lavoro (altrimenti, anche se spenti, i vostri apparecchi continuano a consumare);
- disattivate le funzioni GPS, Wi-Fi e Bluetooth del vostro cellulare o del tablet quando non ve ne servite, oppure utilizzate la "modalità aereo";
- chiudete i programmi o le schede aperte inutilizzati;
- individuate con attenzione i destinatari delle vostre e-mail, limitandoli al minimo indispensabile;
- pulite le liste di diffusione mail

eliminando gli indirizzi doppi o sbagliati;

- selezionate i destinatari della risposta di un messaggio che è arrivato come messaggio di gruppo;
- ottimizzate la dimensione degli allegati (file compressi, immagini e pdf a bassa definizione...);
- trovate delle alternative se l'allegato è molto pesante: chiavi USB, link ipertestuali... (attenzione ai siti di trasferimento: non sono la soluzione più sostenibile);
- eliminate gli allegati di un messaggio al quale state rispondendo;
- pulite regolarmente la vostra cassetta di posta elettronica;
- conservate solo le e-mail che servono e solo per il tempo necessario: alleggerisce il lavoro del data center e ottimizza il vostro sistema di posta;
- per le ricerche nel web digitate direttamente l'indirizzo del sito oppure utilizzate lo storico delle vostre ricerche o create la lista dei preferiti;
- utilizzate parole-chiave precise e mirate bene la vostra domanda per limitare il lavoro dei server del motore di ricerca;
- limitate il funzionamento delle animazioni flash sulle pagine consultate perché consumano molta energia;
- tenete solo le cose che pensate vi possano servire: selezionate le e-mail, i siti preferiti e tutti i

dati archiviati localmente per rendere più efficiente il vostro sistema;

- fate la medesima cosa per i dati archiviati esternamente: eliminate i video e le foto mai guardati o la musica mai ascoltata e classificate quello che volete conservare per potervi accedere più facilmente;
- archiviate tutto il possibile localmente: ogni consultazione di dati archiviati esternamente comporta andate e ritorni fra il PC utilizzatore e i server;
- anche il blog o il social network preferito vanno puliti regolarmente, eliminando foto e video obsoleti;
- non guardate i film in streaming: i video in linea rappresentano circa l'80% del traffico Internet.

L'Associazione italiana delle imprese ICT e dell'elettronica di consumo (**Anitec-Assinform**) segnala che nel 2017 il mercato digitale nazionale è cresciuto del 2,3% e che lascia intravedere ancora crescita per i prossimi anni.

In un contesto di questo tipo è indispensabile ricordare che ogni piccolo miglioramento quotidiano nel comportamento del singolo individuo contribuisce al benessere dell'intero pianeta!

Rossella Azzoni

Informazioni sull'autore

Socio fondatore ed ex Presidente CISBA, dirigente biologo in quiescenza di ARPA Lombardia. e-mail: ross.azzoni@yahoo.com

(*)

- Écoresponsable au bureau. Actions efficaces et bonnes résolutions (settembre 2019)
- La face cachée du numérique. Réduire les impacts du numérique sur l'environnement (dicembre 2017)

Zerunian S. **Storia di un'estinzione**. Ed. Belvedere, Latina, le scienze (31), 2018, 50 pp.

Un piccolo saggio narra una storia solo apparentemente piccola: quella dell'estinzione della popolazione del ghiozzo di ruscello (*Gobius nigricans*) dell'alto corso del fiume Amaseno (Lazio). Un piccolo episodio della storia, purtroppo globale, alla quale la nostra epoca sta assistendo: quella della più grande perdita di biodiversità mai verificatasi sul nostro pianeta. La storia narrata è, al tempo stesso, un atto d'amore, di denuncia e di speranza.

L'amore dell'autore per la natura e, in particolare, per i fiumi della sua terra, che ha seguito, studiato e difeso con passione fin dalla giovinezza.

La denuncia delle responsabilità degli enti che hanno assistito inerti al progressivo e drammatico degrado di un SIC, venendo meno ai doveri istituzionali di garantirne le misure di tutela e mostrandosi insensibili alle pur puntuali segnalazioni dell'autore sul pericolo imminente di quella estinzione annunciata.

La speranza che, ricorrendo a un insieme di misure proprie dell'*ecologia del ripristino* e della *biologia della conservazione* (tra le quali la reintroduzione faunistica del ghiozzo di ruscello) e al coinvolgimento attivo di cittadini, associazioni e istituzioni, si possa invertire la storia e impedire che quella estinzione locale divenga

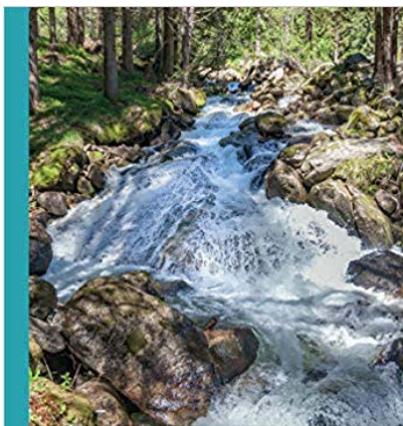
S. Fenoglio, T. Bo, F. Bona, L. Ridolfi, R. Vesipa, P. Viaroli. **ECOLOGIA FLUVIALE**. Illustrazioni di E. Giuliano. 518 pp. + XIII. UTET Università Editore. 33 Euro.



irreversibile.

Dal saggio traspaiono la tenacia e l'impegno dell'autore (tra i più autorevoli ittiologi italiani) che, anche nella sua feconda produzione di pubblicazioni, non si è limitato ad asettici contributi scientifici, ma ha saputo tradurli in concreti indirizzi d'azione per contrastare le minacce alla sopravvivenza dei pesci d'acqua dolce italiani.

La storia, ricca di dati, illustrazioni, indagini (in gran parte svolte dall'autore stesso), censimenti, studi comportamentali ecc.,



sembra –e, in effetti, lo è– narrata da un cronista-investigatore che, seguendo in prima persona per decenni l'evoluzione dell'Amaseno, ne ha registrato le variazioni delle condizioni ambientali e dei popolamenti ittici, sapendo trarne le relazioni di causa-effetto, prevedere i rischi, individuare le contromisure, sollecitare gli enti a metterle in atto.

In sintesi, gli eventi-chiave del deterioramento dell'Amaseno risalgono agli anni '50-'70 del secolo scorso: l'immissione accidentale di una specie aliena più competitiva (il ghiozzo padano, *Padogobius martensii*), uno sbarramento irriguo, una diga con relativo canale diversivo delle acque di sfioro, l'artificializzazione di vari tratti, una paratoia mobile a fini irrigui per agricoltura intensiva. Il colpo di grazia avviene nel decennio in corso: il taglio di un'ontaneta spondale, la riduzione di portata conseguente alla realizzazione di una centralina elettrica, il pascolo caprino in pieno alveo e, infine, il suo completo disseccamento causato da sconsiderati prelievi irrigui per campi di foraggio a servizio di allevamenti bufalini.

Considerato che l'estinzione di una specie o di una popolazione è una perdita irreversibile della biodiversità (il più prezioso tesoro del nostro pianeta), non resta che augurarsi che le proposte di recupero ecologico e di reintroduzione del ghiozzo di ruscello possano essere attuate al più presto.

G.S.

È uscito il volume-manuale *Ecologia fluviale*, primo ed unico in Italia ad abbracciare in modo approfondito ed integrato tutti gli aspetti che riguardano la struttura

e il funzionamento dell'ecosistema "fiume". È uno strumento fondamentale per gli studenti di Scienze ambientali, Scienze naturali, Scienze biologiche, Ingegneria ambientale, Scienze della Terra, Agraria. Sarà uno strumento di lavoro indispensabile per i professionisti ed i tecnici della prevenzione ambientale, della progettazione e della conservazione naturalistica.

Gli Autori, tutti esperti *dal vivo* che hanno dedicato la loro ricerca ai fiumi e in genere alle acque interne, hanno integrato le loro diverse competenze pervenendo a una trattazione condivisa ed esauritiva.

I primi tre capitoli prendono in considerazione le caratteristiche fisiche e chimiche, idrauliche e geomorfologiche del fiume, argomenti spesso trascurati o conosciuti in modo approssimativo da chi predilige fauna e flora acquatiche, ma fondamentali per capire gli adattamenti e le risposte della componente biologica, nonché il ruolo del fiume come modellatore del territorio. Non si allarmino i biologi: la presentazione degli argomenti è piana. Si "legge bene" con l'aiuto di figure e grafici chiari ed estremamente esplicativi.

Il terzo capitolo (*Il biota fluviale*) è dedicato alla componente biologica dell'ecosistema. Naturalmente gli Autori si limitano ad una breve carrellata sistematica, che parte dai batteri e finisce con i mammiferi, con particolare attenzione ai macroinvertebrati che, com'è noto, sono utili indicatori ecologici, impiegati universalmente nel monitoraggio della qualità dei fiumi.

A quest'ultimo è dedicato il cap. 9: *Sistemi di monitoraggio della qualità degli ambienti fluviali*, le metodiche per "saggiare" scientificamente la salute dei corsi d'acqua e valutare gli effetti della pressione umana su di essi.

Il capitolo fa un'analisi critica dei metodi fin qui impiegati, a partire dai sistemi saprobici, agli indici di diversità, agli indici algali e a quelli biotici che impiegano i macroinvertebrati, e via via fino ai metodi che integrano dati biologici ed idraulici per valutare la funzionalità dell'ecosistema nel suo insieme.

Al "funzionamento" dell'ecosistema e agli adattamenti degli organismi acquatici sono dedicati i cap. 5 e 6 (*Come funziona un fiume?* e *Vivere nelle acque correnti*), mentre il cap. 7 (*L'alterazione degli ambienti fluviali*) esamina le diverse forme di inquinamento delle acque e i loro effetti sull'ecosistema. Com'è noto gran parte dei fiumi è gravemente alterata dal punto di vista fisico e chimico, con pesanti conseguenze sulla componente biologica; il loro recupero è davvero problematico.

Per quanto in breve (cap. 8), vengono anche presentate le possibili conseguenze del cambiamento climatico sul ciclo idrologico, sulle caratteristiche fisico-chimiche delle acque, sui cicli biologici.

Il cap. 10 (*Il recupero degli ambienti fluviali*) illustra finalità e modalità del recupero degli ambienti fluviali, a partire dal miglioramento della qualità delle acque e dell'idrologia all'incremento della diversità morfologica e biologica. I programmi di recupero richiedono pianificazione degli interventi, che comportano la partecipazione dei *rivermanagers*. Gli "scienziati del fiume" non devono essere tenuti fuori da queste operazioni, cioè non devono limitarsi allo studio dell'idrobiologia o della geomorfologia.

Infine il cap. 12 (*I falsi miti dell'ecologia fluviale*) offre le motivazioni scientifiche per affrontare il dialogo con gli amministratori politici responsabili degli interventi locali sugli alvei, i quali basano spesso le loro convinzioni "tecni-

che" su nozioni approssimative di ecologia e giustificano le loro ipotesi di intervento con quelli che gli Autori chiamano "falsi miti". "Bisogna ripulire le sponde dalla vegetazione perché essa è responsabile delle alluvioni"; "è indispensabile dragare i fiumi per facilitare lo scorrimento delle acque"; "allo stesso scopo occorre rettificare il tracciato dei corsi d'acqua minori"... e così via.

"Conoscere un fiume, per poterlo controllare, significa comprendere i meccanismi che governano la dinamica delle acque, la morfologia dell'alveo, la struttura ed il funzionamento delle comunità biologiche, i flussi di energia e della materia, le principali alterazioni ed i possibili rimedi". Sono appunto queste le convinzioni che si traggono leggendo o, meglio, studiando questo libro.

Gli Autori concludono con l'auspicio, del tutto realizzato con l'opera, di aver "veicolato" l'idea che la tutela e la gestione ambientale vanno realizzate con metodi scientifici, basandole su "misure" rigorose e valutazioni oggettive. "Non si conosce ciò che non si misura, non si governa ciò che non si conosce".

Dalla lettura di *Ecologia fluviale* si evince che la piena conoscenza "olistica", quindi vera, di un ambiente come il fiume si ottiene solo attraverso la collaborazione tra specialisti di singole discipline complementari, che integrino i loro dati analitici e le loro esperienze. Il volume stesso è una prova che ciò è possibile.

La necessità di renderne sostenibile la stampa ha imposto l'esclusione del colore, che avrebbe dato vivacità alle fotografie e reso più efficaci alcuni grafici. Ma "viva la sostenibilità!", anche del prezzo, contenuto data la corposa mole del volume.

Guido Badino

La rivista. Per favorire la tempestiva pubblicazione dei lavori e consentire grafici e illustrazioni a colori, i singoli articoli accettati sono pubblicati *online* sul sito del CISBA (<http://www.cisba.eu/rivista/tutti-i-numeri-della-rivista>) nell'area riservata ai Soci; il riassunto degli articoli e le recensioni sono disponibili a tutti nell'area a libero accesso. Ogni lavoro è accompagnato dal DOI (Digital Object Identifier), un identificatore unico e persistente di proprietà intellettuale immediatamente azionabile in rete dai motori di ricerca. Alla chiusura del numero tutti gli articoli sono raccolti nel fascicolo della Rivista *online*.

Manoscritti. I lavori (in italiano o inglese) proposti per la pubblicazione nella sezione *Lavori originali*, accompagnati dalla dichiarazione che l'articolo non è già stato pubblicato o sottoposto ad altro editore, compatibilmente con il loro contenuto, devono essere suddivisi nei seguenti paragrafi: Introduzione, Materiali e metodi, Risultati, Discussione, Conclusioni, Ringraziamenti (opzionale), Bibliografia. Le rassegne (*review*) possono essere strutturate diversamente, a discrezione dell'Autore. Prima di essere accettati, i contributi vengono sottoposti a revisione del Comitato Scientifico. Qualora un lavoro sia già stato pubblicato o sottoposto all'attenzione di altri editori (circostanza che deve essere chiaramente segnalata) potrà essere preso in considerazione per essere pubblicato, in forma sintetica, nella sezione *Informazione & Documentazione*. Quest'ultima, essendo finalizzata a favorire la circolazione di informazioni, esperienze, note tecniche, articoli divulgativi e resoconti, non richiede la struttura editoriale tipica dei *Lavori Originali*. Le fonti informative potranno essere riportate nel testo, anche sotto forma di collegamenti a pagine web o di note a piè di pagina. Per i lavori di ricerca destinati alla rubrica *Esperienze* è preferibile accorpate le fonti nel paragrafo Bibliografia, accompagnate dai relativi richiami nel testo. I lavori destinati alla rubrica *CronacaAmbiente* dovranno contenere orientativamente un massimo di 10.000 caratteri, più eventuali figure; in coda all'articolo dovranno essere riportati l'indirizzo e-mail e 'Informazioni sull'autore', in forma molto concisa. I contributi della sezione *I&D* vengono revisionati solo dalla Redazione per l'accettazione.

Titolo e Autori. Il titolo deve essere informativo e il più possibile conciso; deve essere indicato anche un titolo breve (massimo cinquanta caratteri) da utilizzare come intestazione delle pagine successive alla prima. Il titolo deve essere seguito dal nome (per esteso) e dal cognome di tutti gli Autori. I nomi degli Autori devono essere indicati con le rispettive affiliazioni (relative al periodo in cui hanno partecipato al lavoro); per l'Autore corrispondente indicare anche l'indirizzo corrente, quello e-mail e il numero telefonico.

Riassunto, parole chiave, titolo inglese, abstract e key words sono richiesti per tutti gli articoli destinati alla sezione *Lavori Originali*. Il riassunto (lunghezza massima 250 parole) deve sintetizzare lo scopo dello studio, descrivere la sperimentazione, i principali risultati e le conclusioni; deve essere seguito dalle parole chiave (*evitando* i termini già contenuti nel titolo), separate da una barra obliqua. Devono essere altresì riportati in lingua inglese il titolo, il riassunto (*abstract*) e le parole chiave (*key words*).

Figure e tabelle. Le figure, con la relativa didascalia e numerate con numeri arabi, possono essere inserite direttamente nel testo. Le tabelle devono essere complete di titolo e numerate con numeri romani. Occorre curare titoli, legenda e didascalie in modo da rendere le tabelle e le figure autosufficienti, cioè comprensibili anche senza consultare il testo. Per le figure (grafici, disegni o fotografie di buona qualità), si raccomanda di verificare con opportune riduzioni l'aspetto finale e la leggibilità delle scritte, tenendo conto che saranno stampate riducendone la base a 8 cm (una colonna) o 17 cm (due colonne). Nella scelta degli accorgimenti grafici privilegiare sempre la facilità e immediatezza di lettura agli effetti estetici. **Importante:** i grafici e le illustrazioni inseriti in un file di testo non sono sufficienti per la realizzazione tipografica (comportano una perdita di nitidezza e difficoltà in fase di impaginazione); è perciò necessario **inviare sempre i grafici e le figure anche come file indipendenti**. Per i grafici realizzati con fogli elettronici inviare il file contenente sia i grafici che i dati di origine al fine di consentirne il ridimensionamento o eventuali modifiche

al formato, volte a migliorarne la leggibilità. I file delle foto e delle figure al tratto vanno inviati preferibilmente in formato TIF o JPG (con risoluzione minima 300 dpi e base 8 o 17 cm).

Bibliografia. In tutti gli articoli destinati alla sezione *Lavori Originali* o alla rubrica *Esperienze*, al termine del testo, deve essere riportata la bibliografia in ordine alfabetico. Ad ogni voce riportata nella bibliografia deve necessariamente corrispondere il riferimento nel testo e viceversa. Le citazioni bibliografiche devono essere riportate nel testo attenendosi ai seguenti esempi: (Hellawell, 1986; Corbetta e Pirone, 1988; Dutton *et al.*, 1994), oppure: "... secondo Pulliam (1996)..."; "Dutton *et al.* (1994) ritengono ...". Per la formattazione e la punteggiatura, attenersi strettamente ai seguenti esempi: Dutton I.M., Saenger P., Perry T., Luker G., Worboys G.L., 1994. An integrated approach to management of coastal aquatic resources. A case study from Jervis Bay, Australia. *Aquatic Conservation: marine and freshwater ecosystems*, 4: 57-73. Hellawell J.M., 1986. *Biological indicators of freshwater pollution and environmental management*. Elsevier Applied Science Publishers, London and New York, 546 pp. Pulliam H.R., 1996. Sources and sinks: empirical evidence and population consequences. In: Rhodes O.E., Chesser R.K., Smith M.H. (eds.), *Population dynamics in ecological space and time*. The University of Chicago Press, Chicago: 45-69. Corbetta F., Pirone G., (1986-1987) 1988. I fiumi d'Abruzzo: aspetti della vegetazione. In: Atti Conv. Scient. "I corsi d'acqua minori dell'Italia appenninica. Aspetti ecologici e gestionali", Aulla (MS), 22-24 giugno 1987. Boll. Mus. St. Nat. Lunigiana 6-7: 95-98.

Proposte di pubblicazione. Gli articoli devono essere inviati in formato digitale a biologia.ambientale@cisba.eu. Dopo una preliminare valutazione redazionale, i manoscritti dei *Lavori originali* saranno sottoposti alla lettura di revisori scientifici (*referee*); l'Autore referente per la corrispondenza sarà informato delle decisioni dalla Redazione. Per evitare ritardi nella pubblicazione e ripetute revisioni del testo, si raccomanda vivamente agli Autori di prestare la massima cura anche alla forma espositiva che deve essere concisa, chiara, scorrevole e in buona lingua (italiano o inglese), evitando neologismi superflui. Tutte le abbreviazioni e gli acronimi devono essere definiti per esteso alla loro prima occorrenza nel testo. I **nomi scientifici** delle specie devono essere in corsivo e, alla loro prima occorrenza, scritti per esteso e seguiti dal nome dell'Autore descrittore, anche abbreviato (es. *Arvicola terrestris* Linnaeus, 1758, oppure *Arvicola terrestris* L.). Nelle occorrenze successive, il genere può essere sostituito dalla sola iniziale e il nome dell'Autore può essere ommesso (es. *A. terrestris*). Per i **nomi volgari** dei generi e delle specie usare l'iniziale minuscola (es. l'arvicola, l'arvicola terrestre); per le categorie tassonomiche superiori al genere usare l'iniziale maiuscola quando sono intese in senso sistematico (es. sottofamiglia Arvicolinae, fam. Muridae o Muridi), mentre quando sono intese nel senso comune è preferibile usare l'iniziale minuscola (es. i mammiferi, i cladoceri, le graminacee). La Redazione si riserva il diritto di apportare ritocchi linguistici e grafici e di respingere i manoscritti che non rispettano i requisiti delle presenti norme per gli Autori. Le opinioni espresse dagli Autori negli articoli firmati non rispecchiano necessariamente le posizioni del C.I.S.B.A.

Bozze ed estratti. Le bozze di stampa sono inviate all'Autore referente per la corrispondenza, che deve impegnarsi ad una accurata correzione del testo. A seguito della pubblicazione sul sito del CISBA, l'Autore referente riceve il file dell'articolo in formato PDF che, per essere diffuso su altri siti, deve ottenere l'autorizzazione dalla redazione di Biologia Ambientale. Alla chiusura del numero l'Autore referente riceve il fascicolo completo della Rivista in formato PDF.

Foto di copertina. Oltre alle illustrazioni a corredo del proprio articolo, **gli Autori sono invitati a inviare una o più foto candidate alla copertina della rivista** (complete di una breve didascalia, dell'anno e del nome dell'Autore della foto stessa e preferibilmente attinenti al lavoro presentato). La redazione si riserva di scegliere, tra le foto pervenute, quella ritenuta più adatta al numero in uscita.

Biologia Ambientale

volume 33

dicembre 2019

SOMMARIO

- 3 Natucci L. - **Studio preliminare e censimento delle specie di mammiferi all'interno del parco comunale della Versiliana**
- 8 Innocenti G., Cruscanti M., Di Capua E., Stasolla G. - **Nuovi dati sulla distribuzione dei Crostacei Decapodi d'acqua dolce in Toscana dal 1993 al 2018**
- 18 Bodon M., Costa S., Riso A.M., Rocca D., Morchio F., Costa M. - **Indici biologici per la Direttiva Quadro 2000/60/CE: è necessaria un'intercalibrazione trasversale? L'esperienza in Liguria**
- 28 Di Giuseppe R., Aleandri G., Grano M. - **Un pipistrellaio a Maccarese (Lazio, Fiumicino): un progetto possibile per la lotta biologica e la divulgazione naturalistica**

Lavori originali

Cronaca Ambiente

- ca 1 Azzoni R. - **Internet e cambiamenti climatici**

Recensioni

- rc 1 Zerunian S. - **Storia di un'estinzione**
- rc 1 Fenoglio S., Bo T., Bona F., Ridolfi L., Vesipa R., Viaroli P. - **Ecologia Fluviale**