

PARTE I – Attività della Società

- 4 Rapporto di attività 2024
- 6 169ª Assemblée ordinaria STSN 2024

PARTE II – Comunicazioni scientifiche

- 11 Editoriale
One Health per l'uomo e la natura
- 13 Ospite – M. Tonolla e F. Origgi: *One Health*: un approccio integrato alle sfide sanitarie globali
- 25 Silvia et al.: Monitoraggio radar della migrazione primaverile dei passeriformi nell'area di *stopover* delle Bolle di Magadino
- 35 M. Nembrini et al.: Controllo dell'efficacia delle rivalizzazioni dei corsi d'acqua mediante l'utilizzo di bioindicatori acquatici. Casi di studio al Sud delle Alpi
- 47 C. Del Siro et al.: Il permafrost nelle Alpi Ticinesi (2022/2023 e 2023/2024) – Rapporto No. 7 del Gruppo Permafrost Ticino
- 63 L. Torriani et al.: Primi censimenti del progetto di monitoraggio di piante vascolari prioritarie in Cantone Ticino
- 73 L. Giollo e N. Patocchi: Analisi ecologica e della successione delle paludi aperte delle Bolle di Magadino (Cantone Ticino, Svizzera meridionale) tramite le cenosi epigee di ragni e carabidi
- 85 F. Milano e N. Patocchi: Note faunistiche sui ragni (Arachnida, Araneae) delle Bolle di Magadino, con dati nuovi per il Cantone Ticino, Svizzera
- 93 N. Santi et al.: Aggiornamento dell'inventario dei gamberi d'acqua dolce del Cantone Ticino (Svizzera)

PARTE III – Notizie

- 105 M Gaia et al.: Bilancio meteorologico dell'anno 2024
- 109 P. Selldorf e S. Mangili *Carex otrubae* Podp.: ritrovata nel Cantone Ticino (Svizzera) dopo oltre ottant'anni
- 113 M. Martignoni et al.: Residual anophelism in the Lake Piano area (Lombardy, North Italy) over 90 years after local malaria eradication
- 119 M. Viganò e B. Koch: Scoperta di *Oxygastra curtisii* e *Gomphus vulgatissimus* (Insecta: Odonata) nella porzione svizzera del Lago Maggiore nel Gambarogno (Cantone Ticino)
- 123 A. Rey e Y. Fabian: A new Forester Moth for the Canton of Ticino: *Adscita dujardini* Efetov & Tarmann, 2014

PARTE IV – Contributi speciali

- 131 M. Agazzi e F. Lehmann: Scienza e gioventù – Concorso nazionale 2024
- 137 S. Peduzzi et al.: Valutazione del successo di interventi di rivalizzazione di rive lacustri: una prima proposta di indicatori da considerare
- 147 R. Peduzzi: Piora nel cuore delle scienze alpine 30 anni della Fondazione del Centro Biologia Alpina (CBA)
- 155 Errata corrige

Foto in copertina: Il torrente Leguana a Camignolo (Monteceneri), principale affluente del fiume Vedeggio: immagine prima (2022) e dopo (2025) gli interventi di rinaturazione lungo il suo tratto terminale. Passaggio da uno stato ecomorfologico artificiale a semi naturale. Un esempio di recupero di un ecosistema fluviale a beneficio della conservazione della biodiversità, del recupero paesaggistico e della fruizione.

Stampa: Tipografia Stazione SA, CH-6600 Locarno

Bollettino della Società ticinese di scienze naturali

2025





Bollettino della **SOCIETÀ TICINESE
DI SCIENZE
NATURALI**

Con il sostegno finanziario di



Repubblica e Cantone Ticino
DECS



SOCIETÀ TICINESE DI SCIENZE NATURALI

Fondata nel 1903

Affiliata all'Accademia svizzera di scienze naturali (SCNAT)

Scopo della Società

Promuovere e divulgare nella Svizzera italiana le scienze naturali e in particolar modo lo studio degli aspetti scientifici delle regioni al Sud delle Alpi e delle zone limitrofe.

Soci

I soci attivi e collettivi sono ammessi per decisione a maggioranza del Comitato e vengono comunicati all'Assemblea sociale. La quota annuale è di fr. 40.– per gli adulti e di fr. 20.– per i giovani fino ai 25 anni. Ogni socio riceve gratuitamente le pubblicazioni della Società.

Comitato al 17.4.2024

<i>Presidente</i>	Giorgio Moretti
<i>Vicepresidente</i>	Sandro Peduzzi
<i>Segretario</i>	Nicolas Sironi
<i>Cassiera</i>	Gisella Novi
<i>Membri di comitato</i>	Silvia Antognoli Luca Bacciarini Katia Balemi Camilla Capelli Pia Giorgetti Gilda Giudici Mauro Jermini Cristina Marazzi Filippo Rampazzi Silvio Seno Manuela Varini
<i>Revisori esterni</i>	Chiara Iametti-Tettamanti Valentina Togni
<i>Membri onorari</i>	Dr. Guido Cotti Prof. Dr. Raffaele Peduzzi

Sede e indirizzo della Società

Società ticinese di scienze naturali (STSN)
c/o Museo cantonale di storia naturale
Viale Carlo Cattaneo 4
Casella postale
CH-6901 Lugano
Tel. +41 91 815 47 61
Fax +41 91 815 47 69
web: www.stsn.ch
e-mail: info@stsn.ch

Ripartizione attività in seno alla Società

<i>Archivista</i>	Filippo Rampazzi
<i>Delegato alla piattaforma NWR¹ della SCNAT² (Comitato)</i>	Marco Moretti
<i>Webmaster</i>	Camilla Capelli Manuela Varini
<i>Commissione redazionale</i>	Marco Moretti (responsabile) Marco Barandun Francesco Danza Luca Gaggini Mauro Jermini (sostituto) Brigitte Marazzi Nicolas Sironi
<i>Commissione divulgazione</i>	Katia Balemi Gianluca Bonetti Camilla Capelli Federica Dilillo Pia Giorgetti Cristina Marazzi Luca Nisi Silvio Seno Manuela Varini
<i>Delegati alla Commissione scientifica del Parco Botanico delle Isole di Brissago</i>	Luca Bacciarini Pietro Romerio

Pubblicazioni

La Società pubblica annualmente il Bollettino e, senza scadenza regolare e in collaborazione con il Museo cantonale di storia naturale, le Memorie a carattere monografico.

Stampa del Bollettino

Tipografia Stazione SA
CH-6600 Locarno

¹ NWR: Naturwissenschaften und Region

² SCNAT: Accademia svizzera di scienze naturali

PARTE I

Attività della Società

Rapporto di attività 2024

La 169^a **Assemblea generale** della Società ticinese di scienze naturali si è svolta il 18 aprile 2024 presso il Museo cantonale di storia naturale a Lugano seguita dalla presentazione di Giovanni Pellegrini responsabile della Casa della sostenibilità di Airola. Il responsabile ha illustrato la nascita, le sfide e la costruzione della Casa, che è il nuovo centro di formazione sullo sviluppo sostenibile dell'Università della Svizzera italiana nella Regione del San Gottardo. Il progetto, fortemente voluto dall'allora rettore dell'USI Boas Erez, è un'iniziativa che porterà nuova linfa all'Alta Leventina e darà sicuramente i suoi frutti per le future generazioni chiamate a plasmare una società sostenibile.

A proposito di Case e di Sostenibilità Adriano Favole, antropologo italiano, in "La via selvatica"¹ narra un aneddoto che vi proponiamo e che ci invita alla riflessione, *un giorno James Clifford, uno dei più noti antropologi contemporanei, fu invitato dal suo amico Jean-Marie Tjibau, un Kanak della Nuova Caledonia, a visitare la sua tribù natale. A un certo punto, dalla sommità della collina, Clifford vide alcune abitazioni in mezzo a una radura nella foresta. "Dov'è la tua casa?", gli chiese. Tjibau lo guardò, aprì il palmo della mano muovendolo al 360 gradi invitandolo a osservare l'insieme del paesaggio e gli disse in francese: "C'est ça la maison!"*

Dopo la presentazione "La Casa della sostenibilità, una nuova sfida" e un aperitivo-cena, occasione conviviale sempre utile per rinsaldare i contatti e le relazioni all'interno della STSN, l'assemblea è stata arricchita dalla presentazione dei risultati di ricerche scientifiche svolte da giovani ticinesi per i loro lavori di master o dottorato.

Adrian Soldati ha illustrato il suo dottorato in etologia sul comportamento degli scimpanzé, Marco Barandun, diploma in botanica, ha presentato il dottorato in corso sulla biodiversità nei prati mentre Erica Ceresa, diploma in scienze naturali, ha illustrato la ricerca sui cambiamenti di suolo e vegetazione dei margini periglaciali.

Anche quest'anno i "Giovani ricercatori raccontano" sono la testimonianza del rinnovamento e della vitalità delle scienze naturali in Ticino.

Divulgazione, conferenze e escursioni

Nel 2024, grazie soprattutto al lavoro della commissione divulgazione e alla disponibilità di relatori e guide, sono stati proposti diversi appuntamenti ed escursioni che spesso sono state organizzate in collaborazione con altri enti, istituti e associazioni.

Le elenchiamo di seguito ma per ulteriori dettagli rimandiamo al sito della Società, <https://www.stsn.ch/attivita/agenda/archivio/2024/>.

- **22 febbraio 2024, *Il "ghiaccio nascosto" delle Alpi*** Conferenza di C. Scapozza, Museo cantonale di storia naturale.
- **22 marzo 2024, *L'acqua in Ticino - Dalle sorgenti al bicchiere: gestione, problemi e opportunità*** Relatori: M. Veronesi, A. Conelli, E. Mozzini e P. Piffaretti, ciclo di conferenze sull'acqua organizzato con la Biblioteca cantonale di Bellinzona e il Dipartimento del territorio del Canton Ticino.
- **12 aprile 2024, *L'acqua che cambia il paesaggio e gli insediamenti. Ieri e oggi*** Relatori: R. Mossi, F. Zappa, G. Maspoli e P. Piffaretti, ciclo sull'acqua, Biblioteca cantonale di Bellinzona.
- **27 aprile 2024, *Il clima alpino e i suoi cambiamenti*** Escursione guidata da L. Nisi e da R. David.
- **12 maggio 2024, *Serravalle: etnobotanica tra le rovine del castello*** Escursione guidata da A. Borsari.
- **29 giugno 2024, *L'avifauna di Dötra, fra zone umide, prati secchi e mosaico di strutture*** Escursione guidata da N. Sironi.
- **21 settembre 2024, *Il giro del mondo di Emilio Balli 1878-'79***, Visita guidata alla mostra, in collaborazione con il Museo di Valmaggia.
- **4 ottobre 2024, *Cento anni al servizio dell'avifauna - Stazione ornitologica svizzera*** Relatori: A. Schneider e N. Sironi in collaborazione con l'Antenna ticinese - Stazione ornitologica svizzera, Museo cantonale di storia naturale.
- **5 ottobre 2024, *La regolazione delle acque alle Bolle di Magadino*** Escursione guidata da N. Patocchi.
- **22 ottobre 2024, *Gli squali bianchi del Sudafrica***, Relatore: Alessandro de Maddalena, Museo cantonale di storia naturale.

Greenday

Sabato 7 settembre 2024 in Piazza del Sole e Piazza Simen a Bellinzona, si è svolta la quinta edizione del Greenday che con il tempo ha assunto dimensioni sempre più importanti. Da questa edizione la manifestazione, nata sotto l'egida della STSN e sempre sostenuta in modo importante dalla nostra Società, è ora organizzata dall'Associazione Greenday. L'Associazione si dedicherà in modo specifico alla cura e organizzazione della manifestazione. Per quel che concerne la copertura mediatica relativa al Greenday 24 si veda il sito www.greenday-ti.ch/media/.

Proposte per bambini e giovani

Come da tradizione, il MCSN, con il sostegno della STSN e il coordinamento di Pia Giorgetti, ha proposto l'abituale programma di attività per i giovani che offrono occasioni di incontro della scienza durante le vacanze estive e nel fine settimana. In particolare sono

1. Adriano Favole, *La via selvatica*, Storie di umani e non umani, Editori Laterza, 2024, p. 147.

da segnalare: il campo estivo diurno MusEstate alla scoperta della natura e del paesaggio, le attività del sabato rivolte ai bambini “Un Occhio sulla natura” e le attività per adolescenti: “Al Museo ci vado”, dedicate a temi appassionanti quali la fotografia naturalistica, il disegno scientifico, l’identificazione di gruppi faunistici particolari

Esposizioni

La STSN, come da statuti, raggiunge i suoi scopi anche sostenendo le attività del MCSN e del CBA-Piora. Nel 2024 è da segnalare la partecipazione di diversi membri del comitato della STSN alla giornata del 9 luglio in Piora per la celebrazione dei 30 anni dell’esistenza della Fondazione Centro di biologia alpina (CBA).

La STSN continua inoltre a sostenere l’esposizione *No limits! I campioni dell’altitudine*, mostra del MCSN e del CBA-Piora sugli adattamenti dei viventi alle difficili condizioni degli ambienti d’alta montagna, che dal 2014 è esposta ad Airolo. La mostra ideata a seguito dell’anno della biodiversità nel 2010 è tuttora un’eredità concreta delle attività STSN ed è punto di riferimento per attività didattiche e per l’educazione scientifico-ambientale. I locali della mostra sono pure il punto d’appoggio per il geologo del MCSN incaricato di seguire lo scavo del secondo tubo autostradale del Gottardo.

Il numero di visitatori registrato nel 2024, malgrado il leggero calo, è sempre importante (1’229 presenze, di cui 838 scuole e gruppi), e conferma che la mostra svolge un ruolo educativo importante per le scuole in generale e per le scuole montane ospitate in Leventina. La regione del Gottardo-Piora con le citate iniziative della STSN, del MCSN e del CBA e, dal 2024, della Casa della sostenibilità si conferma regione di richiamo per l’educazione ambientale sul terreno e si profila a divenire un vero e proprio *Biodiversarium alpino*.

Prese di posizione

Il comitato della STSN ha preso posizione in merito alla votazione sull’Iniziativa biodiversità del 22 settembre 2024 invitando, sulla base di solide evidenze scientifiche, a votare sì. Si veda il sito https://www.stsn.ch/wp-content/uploads/2024/09/Pres-a-di-posizione-STSN-Biodiv-Vers-Corta_SenzaRevisioni-002.pdf

Pubblicazioni, sito internet e newsletter

Il 2024 ha visto la pubblicazione del Volume 112 del *Bollettino della STSN*, unica rivista scientifica (con revisori esterni) in lingua italiana della Svizzera. I contributi scientifici sono, come da tradizione, dedicati all’insieme delle scienze naturali e sono di grande interesse per la promozione delle conoscenze scientifiche nella Svizzera italiana e in tutto il territorio sud alpino. Ci permettiamo di riprendere un passo significativo dell’editoriale del Bollettino del 2024: *in una società, dove la disinformazione si fa sempre più dilagante, il compito della STSN di informare correttamente, basandosi sull’evidenza scientifica, diventa sempre più importante. In questo contesto, il Bollettino della STSN, assieme ad altre pubblicazioni e modalità di informazione, costituiscono un importante tassello nel mondo dell’informazione scientifica in lingua italiana.* L’elevata qualità del



Durante le nostre numerose attività un variopinto tavolo illustra e promuove la nostra Società (foto: Cristina Marazzi).

prodotto è garantita e raggiunta grazie al lavoro del gruppo redazionale condotto da Marco Moretti e Mauro Jermini (redattore responsabile e sostituto). Ci permettiamo di ricordare che tutti i Bollettini (dal 1904) e tutte le Memorie (dal 1987) sono ora interamente disponibili in formato digitale e consultabili sulla piattaforma di E-Periodica (www.e-periodica.ch) dedicata specificatamente alle riviste svizzere.

Ricordiamo pure il nostro sito internet <https://www.stsn.ch>, aggiornato da Camilla Capelli e Manuela Varini, che è il punto di riferimento indispensabile per la STSN e i suoi membri. Nel 2024 le newsletter inviate regolarmente per posta elettronica hanno permesso di informare in modo tempestivo e capillare sulle attività della STSN e sulle scienze naturali in Ticino. Per raggiungere un pubblico sempre più ampio la STSN è anche presente sui *social media* (Facebook e Instagram). Come ogni anno un sentito ringraziamento va a tutti i soci per il costante e prezioso sostegno, a tutto il Comitato della STSN e ai membri delle Commissioni redazionale e divulgazione. Si ringraziano quindi tutte le persone, che hanno contribuito alla buona riuscita delle attività e alla realizzazione del Bollettino e tutti coloro, che lavorano costantemente per curare i rapporti con l’Accademia svizzera di scienze naturali e con le altre società di scienze naturali regionali, cercando di dare la giusta visibilità alla STSN anche sul piano nazionale.

A nome del comitato STSN
Sandro Peduzzi, Vicepresidente

169^a Assemblea ordinaria STSN 2024

Verbale dell'Assemblea svoltasi presso il Museo Cantonale di Storia Naturale a Lugano, giovedì 18 aprile 2024

Parte amministrativa

Il Presidente Giorgio Moretti dà il benvenuto ai presenti e passa in rassegna i punti all'ordine del giorno, il programma della giornata, e vengono nominati gli scrutatori. Il verbale della 168^a Assemblea ordinaria STSN, per cui l'esonero della lettura è richiesto, è accettato all'unanimità.

Relazione presidenziale

Il presidente Giorgio Moretti elenca le attività del 2023, che hanno avuto buon successo di pubblico.

Riassume le attività proposte: 11 marzo 2023, *Le molte facce del contagio: un'esposizione potenzialmente virale*, visita guidata da Alessio Lavio; maggio-giugno 2023, *Sotto la pioggia d'oro e conferenza sulle neofite. Percorso attraverso il bosco di Maggiociondolo in fioritura sopra Brissago* in collaborazione con la Commissione scientifica del Giardino botanico delle Isole di Brissago e del Museo cantonale di storia naturale, con l'ingegnere forestale Giorgio Moretti e la botanica Brigitte Marazzi; 19 agosto 2023, *Giornata alla collina di Maia. Visita guidata attraverso il Sentiero Didattico tra Arcegno e Barbescio*, con Pia Giorgetti; 14 ottobre 2023, *Impatto dell'uomo sugli ambienti acquatici*, escursione dell'idrobiologo Fabio Lepori seguita da una visita guidata da Cristiana Barzagli e Maurizio Valente al Museo della pesca di Caslano. 28 ottobre 2023, *Il Planetario: viaggio nel cosmo*, guidato da Giovanni Pellegrini, all'Ideatorio di Cadro. Il 2023 è stato l'ultimo anno in cui il Greenday è stato organizzato in parte anche da STSN assieme all'associazione Greenday, quest'ultima è una figlia di STSN e rimane un importante legame. L'evento ha avuto una grande partecipazione di pubblico ma anche di associazioni presenti sul territorio. Moretti ringrazia in particolare gli organizzatori e Manuela Varini, responsabile dell'evento. Presenta poi le attività per i più piccoli svolte da Pia Giorgetti e il MCSN. In seguito, presenta i contenuti del bollettino 2023 e sottolinea come da sempre le pubblicazioni sono fulcro della società. Ringrazia la commissione redazionale per il grande lavoro. STSN ha dato ancora sostegno all'esposizione *No limits! I campioni dell'altitudine* del MCSN e della Fondazione Centro Biologia Alpina (CBA) presente ad Airolo, la quale ha registrato 1692 visitatori, di cui 1058 per visite guidate per scuole elementari, licei e gruppi dell'ATTE. Moretti indica che in futuro si cercherà di creare un programma legato all'anno civile. Ringrazia Camilla Capelli e Manuela Varini per la gestione e aggiornamento del sito internet e dei canali social. Moretti invita ad interpellare in qualsiasi maniera il comitato per portare riflessioni o idee.

Rapporto della cassiera e dei revisori con approvazione dei conti

Il conto economico 2023 dettagliato, presentato dalla cassiera Gisella Novi, chiude con una perdita di Fr. 21'635.12 (costi netti Fr. 85'227.32, ricavi netti

Fr. 63'592.20). A bilancio (attivi e passivi, fatture in sospeso comprese) risulta un importo di Fr. 84'444.00 a pareggio.

La cassiera ringrazia Tessa Viglezio per il sostegno operativo e la collaborazione remunerata avvenuta e Inclusione Andicap per il lavoro svolto a livello di contabilità.

Un costo particolare nel 2023 è stato quello generato dalla digitalizzazione di tutte le pubblicazioni di STSN per un costo di Fr 4'500.-. Ora tutti i Bollettini¹ e le Memorie², sono accessibili gratuitamente su e-periodica.ch. Si segnala che Greenday non ci sarà nel 2025, ma tornerà nel 2026. Il sostegno da parte di STSN all'associazione Greenday prosegue, e anche la richiesta di fondi a SCNAT. Viene chiesto se va bene che la richiesta venga fatta attraverso STSN, Moretti conferma.

Riguardo alle pubblicazioni. Un membro chiede se non potrebbero esserci altri fondi per finanziare il Bollettino. In passato il DECS finanziava a copertura del disavanzo. Si cercherà di riprendere in futuro questo tipo di interventi. Rampazzi sottolinea che le memorie sono spesso finanziate interamente. Moretti sottolinea che la ricerca fondi si sta facendo per le memorie delle Isole di Brissago. Questo è particolarmente importante anche perché i sussidi SCNAT sono diminuiti e diminuiranno ancora.

Moretti sottolinea che il risultato negativo, così come lo stato dei conti sempre più fini è oggetto di lavori e di una ristrutturazione, e che per questo motivo si hanno prospettive positive per il futuro, ringrazia la cassiera ed Inclusione Andicap per il grande lavoro, e aver mostrato con trasparenza i conti.

Il Presidente chiude sottolineando che ci sono state diminuzioni nelle entrate sia a causa di una diminuzione di soci, ma anche a causa di diminuzioni nei sussidi dalla SCNAT. Sottolinea che l'intento è quello di mantenere i pilastri della società, quindi le pubblicazioni e gli incontri, cercando di diminuire i costi ed aumentare le entrate. Sottolinea inoltre l'importanza di cambiare il timing per poter fare una pianificazione finanziaria più adatta. Entro autunno di ogni anno sarà presente un budget, per poter definire una strategia finanziaria. Sottolinea in questo senso l'importanza dell'assemblea generale e chiede quindi di non esitare a intervenire con domande o commenti.

Dall'assemblea viene posta una domanda sulle quote sociali: di quanto sono scese e perché?

Moretti risponde che è abbastanza costante. Si parla anche di una eventuale aumento della tassa sociale, in ragione dell'aumento dei costi, in particolare per la stampa dei bollettini. Un'altra domanda è se è possibile richiedere ai membri un pagamento permanente auto-

1. <https://www.e-periodica.ch/digbib/volumes?UID=snb-001>

2. <https://www.e-periodica.ch/digbib/volumes?UID=snm-001>

matico. Moretti risponde che questo è in valutazione con Inclusione Andicap. Un altro membro si chiede se potrebbe essere di aiuto proporre una tassa base e una come sostenitori. Il comitato prende nota.

Valentina Togni e Chiara Iametti-Tettamanti presentano la revisione dei conti e chiedono di approvare i conti che sono stati molto trasparenti. L'Assemblea approva i conti all'unanimità e il rapporto dei revisori Valentina Togni e Chiara Iametti-Tettamanti.

Avvicendamenti in seno al comitato della STSN

Vi è un avvicendamento in Comitato. Al momento dell'assemblea il comitato di compone come segue: Giorgio Moretti (Presidente), Sandro Peduzzi (Vice-Presidente), Nicolas Sironi (Segretario/Commissione redazionale), Gisella Novi (Cassiera), Silvia Antognoli (Commissione divulgazione), Manuela Varini (Coordinatrice Greenday), Luca Bacciarini, Gilda Giudici, Camilla Capelli (Sito Web/ Social/ Commissione divulgazione), Mauro Jermini (Commissione redazionale). Silvia Antognoli lascia il comitato, il presidente la ringrazia per il grande impegno.

Luca Nisi, già membro della commissione divulgazione, si candida e viene votato all'unanimità come nuovo membro di comitato STSN.

Programma 2024 e lavoro della Commissione divulgazione

Vi è una novità nell'approccio di promozione degli eventi organizzati: oltre ai canali normalmente utilizzati (sito internet, canali social, newsletter, spedizioni cartacee ai membri) viene dato un impegno ulteriore per riuscire ad ottenere dei contenuti riguardanti gli eventi previsti sui media, come delle interviste ai relatori. Questo ha portato a una ottima presenza alle conferenze. Moretti ringrazia dell'idea e realizzazione Gianluca Bonetti.

Moretti presenta brevemente gli eventi previsti nel programma 2024. Oltre alla odierna 169a Assemblea ordinaria STSN, sono state svolte o sono previste le seguenti conferenze: *Il "ghiaccio nascosto" delle alpi* (22 febbraio 2024, Museo cantonale di storia naturale, con Cristian Scapozza), *L'acqua in Ticino – dalle sorgenti al bicchiere: gestione, problemi e opportunità* (22 marzo 2024, Bellinzona, Biblioteca cantonale, con Mauro Veronesi), *L'acqua che cambia il paesaggio e gli insediamenti. ieri e oggi* (12 aprile 2024, Biblioteca cantonale, con Roberto Mossi, Flavio Zappa, Guido Maspoli e Paola Piffaretti), *Cento anni al servizio dell'avifauna – Stazione ornitologica svizzera* (4 ottobre 2024, Museo cantonale di storia naturale, con Nicolas Sironi). *Gli squali bianchi del Sudafrica* (22 ottobre 2024, Museo cantonale di storia naturale, con Alessandro De Maddalena). Le seguenti escursioni sono state svolte: *Il clima alpino e i suoi cambiamenti* (27 aprile 2024, Alta e Media Leventina, con Luca Nisi e Roland David), *Serravalle: etnobotanica tra le rovine del castello* (12 maggio 2024, Valle di Blenio, con Antonella Borsari e Nicola Castelletti), *Nella foresta dorata* (25 maggio 2024, bosco di maggiociondolo Brissago, con Giorgio Moretti e Brigitte Marazzi), *In futuro potremo ancora «prendere lucciole per Lanterne»? (22 giugno 2024, Meride, con Bärbel Koch e Stefano Klett), *L'avifauna di Dötra, fra zone umide, prati secchi e mosaico di strutture* (29 giugno 2024, Dötra, con*

Nicolas Sironi), *Il giro del mondo di Emilio Balli 1878-'79* (21 settembre 2024, Museo di Valmaggia), *La regolazione delle acque alle Bolle di Magadino* (5 ottobre 2024, Bolle di Magadino, con Nicola Patocchi).

Moretti ricorda inoltre che il Greenday, che sarà gestito indipendentemente dall'associazione Greenday da quest'anno, si terrà il 7 settembre 2024 a Bellinzona in Piazza del Sole.

Indica che per il 2024 Non sono previste la vacanza scientifica e il *Weekend Montagna, scienza e sostenibilità* per famiglie, si valuta come procedere nel 2025.

Pubblicazioni – Bollettino e Memorie

Mauro Jermini presenta brevemente il Bollettino 2024 e le Memorie sul Giardino botanico delle Isole di Brissago, entrambe pubblicazioni ancora in preparazione. Jermini ricorda la composizione del gruppo redazionale del Bollettino 2023 (volume 111): Marco Barandun, Francesco Danza, Luca Gaggini, Mauro Jermini, Brigitte Marazzi, Marco Moretti (responsabile), Nicolas Sironi. Per quanto riguarda il Bollettino 2024 (volume 112) il gruppo redazionale è lo stesso. Jermini è felice di comunicare che ad oggi tutte le pubblicazioni di STSN sono ora disponibili online su e-periodica.ch (Bollettini³ e Memorie⁴), tranne l'ultimo numero del Bollettino, il quale è sottoposto ad un embargo di un anno, per avvantaggiare i membri STSN che lo ricevono individualmente. Jermini comunica che le Direttive redazionali STSN sono state revisionate, con l'obiettivo di rendere la forma più omogenea, semplificare ulteriormente le regole redazionali, stimare con più precisione il costo di stampa.

Ammissioni di nuovi soci e dimissioni

Vengono benvenuti undici nuovi soci: Bonetti Gianluca, Hender Alba, Lanini Maria Carla, Spagnol Mazzi Stefania, Oliva Cecilia, Storelli Nicola, Ceresa Erica, Pisciani Lionella, Rossi Alba, Bergamaschi Stefano, Allisiardi Miriam.

Vi sono undici soci dimissionari, dodici persone per il quale è mancato il pagamento già nel 2022 e quindi stralciate, e un decesso. Il numero di soci STSN si attesta quindi a 468.

Eventuali

Marco Moretti chiede più attenzione a tematiche politiche e di attualità, in maniera imparziale e chiede di cogliere maggiormente questi momenti per fare divulgazione attiva. Suggerisce di contattare il Forum Biodiversità per organizzarsi e sottolinea l'importanza di divulgare in maniera puntuale e al momento giusto. Brigitte Marazzi chiede di ripensare il lato scientifico, magari pensando a collaborazioni con altre società scientifiche sul territorio. Giorgio Moretti è d'accordo e si impegna per cominciare a lavorare in questo senso.

A nome del comitato STSN
Nicolas Sironi

3. <https://www.e-periodica.ch/digbib/volumes?UID=snb-001>

4. <https://www.e-periodica.ch/digbib/volumes?UID=snm-001>

PARTE II

Comunicazioni scientifiche

EDITORIALE

One Health per l'uomo e la natura

Da decenni la nostra società si è sviluppata secondo il principio della mobilità, tanto che è diventato “naturale” muoversi e viaggiare nel mondo e, parallelamente, sono cresciuti in modo esponenziale gli scambi commerciali. Se da un lato questa crescente mobilità ha portato benefici alla nostra economia e al nostro stile di vita, dall'altro lato ha però accresciuto il rischio d'importare nel nostro paese nuovi problemi sanitari per l'uomo, gli animali, le coltivazioni e gli ecosistemi. Ne sono un esempio le crisi del Covid, la peste suina africana, o *Popillia japonica* per varie colture agricole. L'incremento di questi organismi esotici ha la sua origine in questa crescente mobilità dell'uomo e delle merci. Un esempio è l'Italia con la quale confiniamo; Haubrock P.J. e coautori, nel loro articolo *The recorded economic costs of alien invasive species in Italy* (pubblicato nel 2021 in *Neobiota* 67: 247-266), hanno stimato che tra il 1990 e il 2020 siano giunti in questo paese oltre 3'000 specie esotiche. Un numero estremamente elevato che deve far riflettere su come affrontare le potenziali minacce legate a questi organismi. È su questa linea di pensiero che si situa il tema trattato da Mauro Tonolla e Francesco Origgi nell'articolo della rassegna dedicata all'OSPITE, intitolato “*One Health*”, un concetto integrato che mira a ottimizzare in modo sostenibile la salute degli esseri umani, degli animali, delle piante e degli ecosistemi, riconoscendone la stretta interconnessione. Questo presupposto pone l'accento sull'importanza della collaborazione interdisciplinare per identificare, monitorare, prevenire e gestire questi organismi. Il Ticino è un esempio importante dell'applicazione del concetto di *One Health* nella lotta alle zanzare, e in particolare alla zanzara tigre (*Aedes albopictus*) originaria del sud-est asiatico, portando all'estensione del modello ticinese a livello nazionale. Un articolo di stretta attualità che invitiamo i lettori a leggere e su cui riflettere sia in termini scientifici ma anche di vita quotidiana.

Nella sezione Comunicazioni scientifiche, troviamo diversi contributi che spaziano tra diverse discipline delle scienze naturali. Nicole Santi e coautori presentano l'inventario di *Austropotamobius italicus*, l'unica specie di gambero d'acqua dolce indigeno presente in Ticino e oggi minacciata da vari fattori, tra i quali l'arrivo delle specie esotiche *Procambarus clarkii*, *Pacifastacus leniusculus* e *Faxonius limosus* e la conseguente diffusione dell'afanomicosi, ossia della peste del gambero. Questo inventario costituisce la base per l'allestimento del Piano di Azione Specifico per la conservazione di *Austropotamobius italicus*.

Silvia Giuntini e coautori presentano, invece, uno studio condotto alle Bolle di Magadino nel periodo 2021-2022 il cui obiettivo era di descrivere e quantificare la migrazione primaverile dei passeriformi utilizzando la tecnologia del radar a scansione e confrontando i dati ottenuti con quelli dell'inanellamento. I risultati mo-

strano che l'integrazione dei due metodi offre una descrizione dettagliata e una quantificazione più accurata dei processi migratori.

Troviamo poi tre contributi legati alla conservazione di specie rare, prioritarie o vulnerabili. Il primo è di Laura Torriani e coautori, i quali presentano i primi risultati del progetto di monitoraggio eseguito nel periodo 2022-2024 di una prima serie di dodici specie vascolari prioritarie della Lista rossa e dei potenziali fattori di minaccia per la loro conservazione. Lorenzo Giollo e coautori hanno invece valutato gli effetti dei livelli del Verbano sulle cenosi epigee di ragni e carabidi caratterizzanti gli ambienti paludosi aperti delle Bolle di Magadino. I risultati mostrano gli effetti positivi del mantenimento di buone cenosi palustri, ma anche le pressioni su di esse che pongono una sfida per la loro conservazione.

Le Bolle di Magadino sono state oggetto di monitoraggio tra il 1998 e il 2022 per investigare le comunità di invertebrati negli ambienti palustri. Filippo Milano e Nicola Patocchi ci illustrano i risultati riguardanti i ragni campionati e, in particolare quelli di una specie, considerata vulnerabile, e altre quattro che costituiscono nuove segnalazioni per il nostro Cantone.

Marco Nembrini e coautori analizzano invece l'efficacia ecologica degli interventi di rivitalizzazione fluviale attraverso un'indagine condotta su sei corsi d'acqua rivitalizzati situati nei Cantoni Ticino e Grigioni. Lo studio dimostra un netto miglioramento dello stato ecologico, incentivando nel contempo la ricolonizzazione da parte di specie di insetti acquatici e di specie ittiche prioritarie a livello nazionale e iscritte in lista rossa.

Dalla rivitalizzazione fluviale passiamo a un tema strettamente legato ai cambiamenti climatici in atto, lo stato del permafrost. Chantal Del Siro e coautori presentano i risultati del monitoraggio della temperatura della superficie del suolo, della cinematica di questi ghiacciai rocciosi e della qualità dell'acqua di sorgente alla base del loro fronte facendo un confronto tra il biennio 2022/2023 e 2023/2024 ed evidenziando una crescente degradazione del permafrost dall'inizio delle misure.

Non meno variegata e interessante è la sezione Notizie dove, come consuetudine, Marco Gaia e colleghi tracciano il bilancio meteorologico dell'anno appena trascorso il quale è risultato, dopo il 2022 e il 2023, il terzo anno più caldo dall'inizio delle misurazioni, confermando una volta di più come il riscaldamento globale stia interessando la regione alpina in modo significativo. Il 2024 è stato anche l'anno dell'apparizione dell'aurora boreale, un fenomeno raro alle nostre latitudini.

Paolo Selldorf e Sofia Mangili riportano invece la scoperta di alcuni cespi di *Carex otrubae*, una carice considerata estinta sul territorio nazionale al sud delle Alpi e non più osservata da oltre 80 anni nel Cantone Ticino.

Con Marco Martignoni si ritorna a parlare di zanzare e in particolare sulla conoscenza, la distribuzione e l'ecologia delle zanzare del genere *Anopheles* nell'area del lago di Piano (Italia) dopo la loro recente rivalutazione come potenziali vettori di malaria. Attraverso questo articolo si cerca di capire se queste zanzare siano l'origine della sporadicità e della lunga intermittenza della trasmissione della malaria che, più di 90 anni fa, colpiva la popolazione locale.

Michele Viganò e Bärbel Koch ci parlano invece della scoperta nel Gambarogno delle libellule *Oxygastra curtisii*, prima osservazione in Svizzera, e di *Gomphus vulgatissimus*, presente in Ticino ma unicamente in una stazione sul fiume Tresa.

André Reye e Yvonne Fabian comunicano invece la scoperta nel Cantone Ticino di *Adscita dujardini*, un lepidottero conosciuto sinora solo in Vallese e in Val Poschiavo, fornendo indicazioni per la sua conservazione. Nella Parte IV, oltre alla consueta presentazione di Mariasole Agazzi e Ferdinando Lehmann dei lavori di ricerca della sezione Chimica/Biochimica/Medicina presentati al concorso Scienza e gioventù 2024 da

sei giovani finalisti provenienti dalla Svizzera italiana (congratulations!), troviamo un contributo di Sandro Peduzzi e coautori, i quali presentano un sunto del loro lavoro di ricerca e d'analisi della letteratura scientifica e di quella "grigia" per identificare i potenziali indicatori e relativi metodi che consentono di valutare e di monitorare gli effetti delle misure di rivitalizzazione delle rive lacustri.

Infine, Raffaele Peduzzi ripercorre l'iter costitutivo della Fondazione Centro Biologia Alpina (CBA) in occasione del trentesimo anniversario della sua fondazione avvenuta il 29 luglio 1994.

Il Gruppo editoriale vi augura a tutti una buona e stimolante lettura di questo 113° numero del Bollettino.

Per la Commissione redazionale del Bollettino della Società ticinese di scienze naturali
Marco Moretti, Mauro Jermini (editoriale) e *Nicolas Sironi*
e i collaboratori (in ordine alfabetico)
Marco Barandun, Francesco Danza,
David Frey, Luca Gaggini e Brigitte Marazzi.

OSPITE

One Health: un approccio integrato alle sfide sanitarie globali

Mauro Tonolla^{1,2} & Francesco Origgi^{1,3,4*}

¹ Scuola universitaria professionale della Svizzera italiana (SUPSI), Dipartimento ambiente costruzioni e design SUPSI (DACD), Istituto microbiologia (IM), via Flora Ruchat Roncati 15, 6850 Mendrisio, Svizzera

² Département Sciences végétales, Unité de Microbiologie, Université de Genève, 30, quai Ernest-Ansermet, 1211 Genève 4, Suisse

³ Departiment für Infektionskrankheiten und Pathobiologie, Institut für Tierpathologie der Universität Bern, Länggass-Str. 122, 3001 Bern, Schweiz

⁴ Unità di Malattie Infettive, Facoltà di Medicina Veterinaria Dipartimento di Scienze Veterinarie, Università di Messina, Polo Universitario dell'Annunziata, 98168 Messina, Italia

* francesco.origgi@supsi.ch

Redattore di riferimento: Marco Moretti

Riassunto: L'approccio *One Health* è un concetto integrato per ottimizzare in modo sostenibile la salute degli esseri umani, degli animali, delle piante e degli ecosistemi, riconoscendone la stretta interconnessione. Le sue origini risalgono al XIX secolo con Rudolf Virchow e al concetto di *One Medicine* di Calvin Schwabe nel XX secolo. L'incremento di agenti patogeni trasmessi tra le specie ha evidenziato la necessità di questo approccio. Nel 2021, la Quadripartita (FAO, UNEP, WHO, WOA – v. glossario) ha definito *One Health* come un metodo unificante che mobilita più settori per affrontare le minacce alla salute e agli ecosistemi, promuovendo il benessere e lo sviluppo sostenibile. In Svizzera, l'Ordinanza sulle epidemie, in vigore dal 2015, è la prima base normativa federale a menzionare esplicitamente *One Health*. Essa istituisce un organo sussidiario *One Health* intersettoriale per assistere gli uffici federali competenti (UFSP, USAV, UFAM, UFAG) nell'identificazione, monitoraggio, prevenzione e gestione di zoonosi e malattie causate da artropodi in grado di trasmettere un determinato patogeno (vettori). Questo organo definisce obiettivi e promuove la cooperazione tra i servizi competenti. Opera attraverso gruppi di lavoro tematici e temi prioritari. Il Cantone Ticino è un esempio di applicazione *One Health* nella lotta alle zanzare, vettori strettamente correlati alla salute umana, animale e ambientale. Dal 1988, il Gruppo cantonale per la lotta alle zanzare (GLZ) affronta il problema in modo scientifico, interdisciplinare e coordinato. Il suo mandato è stato ampliato nel 2008 per includere la sorveglianza della zanzara tigre (*Aedes albopictus*), potenziale vettore degli agenti eziologici di malattie come dengue, chikungunya e Zika, a causa della sua diffusione e del rischio per la salute pubblica. Il programma è evoluto nel tempo dalla prevenzione/rilevamento iniziale (2000-2003) alla gestione/controllo della densità (2009-2013), con crescente coinvolgimento dei comuni e della popolazione. Un piano integrato coinvolge autorità sanitarie, GLZ, Istituto microbiologia della SUPSI, comuni e altri enti. Il modello ticinese è stato recentemente esteso a livello nazionale tramite lo Swiss Mosquito Network (SMN), coordinato dall'UFAM con la collaborazione di SUPSI e Swiss TPH, per implementare strategie di monitoraggio e controllo delle zanzare esotiche in tutta la Svizzera. In Ticino un'estensione della sorveglianza agli arbovirus nelle zanzare (SUPSI) ha rilevato per la prima volta in Svizzera il virus West Nile (WNV) nel 2022. Attualmente è in corso un progetto (IRB, STSI, SUPSI) che integra la sorveglianza vettoriale e sierologica per valutare l'esposizione della popolazione ai flavivirus.

Le prospettive future includono l'impatto del cambiamento climatico sui vettori, il monitoraggio non solo dei vettori ma anche i loro ospiti, inclusi i serbatoi animali in quanto nella visione *One Health* un sistema di monitoraggio integrato (vettori, ospiti umani/animali, ambiente) è ora reputato necessario per la gestione della salute pubblica.

Parole chiave: *Aedes albopictus*, ambiente, arbovirus, malattie, salute, sorveglianza, vettori, zoonosi

One Health: An Integrated Approach to Global Health Challenges

Abstract: The *One Health* approach is an integrated concept aimed at sustainably optimizing the health of humans, animals, plants, and ecosystems by recognizing their close interconnection. Its origins date back to the 19th century with Rudolf Virchow and the *One Medicine* concept introduced by Calvin Schwabe in the 20th century. The increase of infectious agents transmitted between species has highlighted the need for this approach. In 2021, the Quadripartite (FAO, UNEP, WHO, WOA; see glossary) defined *One Health* as a unifying method that mobilizes multiple sectors to address threats to health and ecosystems, promoting well-being and sustainable development. In Switzerland, the Epidemics Ordinance, in force from 2015, is the first federal legal framework to explicitly mention *One Health*. It establishes a cross-sectoral *One Health* subsidiary body to assist the relevant federal offices (FOPH, FSVO, FOEN, FOAG) in identifying, monitoring,

preventing, and managing zoonoses and diseases caused by arthropods capable of transmitting a specific pathogen (vectors). This body defines objectives and promotes cooperation among the relevant services. It operates through thematic working groups and priority areas. The Canton of Ticino serves as an example of the application of *One Health* in the fight against mosquitoes-vectors that link human, animal, and environmental health. Since 1988, the Cantonal Mosquito Control Group (GLZ) has tackled the issue in a scientific, interdisciplinary, and coordinated manner. Its mandate was expanded in 2008 to include surveillance of the tiger mosquito (*Aedes albopictus*), a potential vector of the etiologic agents of diseases such as dengue, chikungunya, and Zika, due to its spread and the public health risk it poses. The program has evolved over time from initial prevention/detection (2000-2003) to density management/control (2009-2013), with growing involvement from municipalities and the public. An integrated plan includes health authorities, the GLZ, Institute of microbiology SUPSI, municipalities, and other stakeholders. The Ticino model has recently been extended nationwide through the Swiss Mosquito Network (SMN), coordinated by FOEN in collaboration with SUPSI and Swiss TPH, to implement monitoring and control strategies for exotic mosquitoes throughout Switzerland.

In Ticino, an extension of arbovirus surveillance in mosquitoes (SUPSI) detected the West Nile Virus (WNV) in 2022 for the first time in Switzerland. Currently, a project (IRB, STSI, SUPSI) is underway that integrates vector and serological surveillance to assess population exposure to flaviviruses.

Future perspectives include the impact of climate change on vectors, as well as the monitoring not only of the vectors but also of their hosts, including animal reservoirs. According to the *One Health* vision, an integrated monitoring system (vectors, human/animal hosts, and the environment) is now considered essential for effective public health management.

Keywords: *Aedes albopictus*, arbovirus, diseases, environment, health, surveillance, vectors, zoonoses

INTRODUZIONE

Il concetto di *One Health* in ambito sanitario è il risultato di una lunga evoluzione storica del pensiero integrativo sulla salute umana e animale (FAO, UNEP, WHO & WOA, 2022). Nel XIX secolo, il medico e patologo **Rudolf Virchow**¹ (1821-1902) stabilì attraverso osservazioni patologiche comparate e studi epidemiologici, le connessioni tra le malattie che colpiscono sia gli esseri umani che gli animali, definendole zoonosi (Saunders, 2000). Nel XX secolo, il veterinario **Calvin Schwabe**² (1927-2006) coniò il termine *One medicine*, riconoscendo che non esiste una differenza fondamentale tra la medicina umana e quella veterinaria e che entrambe le discipline possono contribuire allo sviluppo reciproco (Schwabe 1984; Zinsstag et al.

2024). Schwabe, fu ispirato dai suoi studi tra gli allevatori Dinka in Sudan, dove osservò comunità strettamente legate al loro bestiame nelle pratiche quotidiane e nella concezione della salute (Zinsstag 2017). Infatti, i Dinka non vedevano la salute umana e quella animale come ambiti separati. Il benessere del bestiame era considerato fondamentale per la salute e la sopravvivenza della comunità. Le malattie degli animali influivano direttamente sull'alimentazione, sull'economia e persino sullo status sociale delle persone (Schwabe & Kuojok 1981). Verso la fine del XX secolo, con l'aumento dell'incidenza di zoonosi, come l'encefalopatia spongiforme bovina e l'influenza aviaria, gli approcci integrativi hanno guadagnato maggiore interesse sia dalla prospettiva della conservazione della fauna selvatica che della sanità pubblica (Zinsstag et al. 2024). Nel 2004, la Wildlife Conservation Society di New York (<https://oneworldonehealth.wcs.org/>) organizzò il simposio *One World, One Health* nel quale si definirono i **Manhattan Principles**, che riassumono le azioni necessarie per promuovere la salute umana, in particolare per quanto riguarda le malattie infettive, includendo la gestione ambientale al fine di proteggere l'integrità biologica della Terra (Wildlife Conservation Society 2004; World Health Organization 2022). Il termine *One World One Health*TM fu appunto coniato dalla stessa Wildlife Conservation Society (Osofsky et al. 2005) ed entrò per la prima volta nella letteratura biomedica nel 2005 nel contesto del rafforzamento dei sistemi sanitari (Zinsstag et al. 2005; Woods et al. 2018). Nel 2009 fu costituita negli Stati Uniti la **One Health Commission** con l'obiettivo di costruire collaborazioni interdisciplinari e opportunità educative per migliorare la salute umana, animale e vegetale e la resilienza ambientale (Bresalier et al. 2021) e un anno più tardi la Banca Mondiale pubblicò il rapporto *People pathogens and our Planet* (World Bank 2010) che fornisce un'analisi della crescente minaccia delle malattie zoonotiche, del loro impatto su salute ed ecosistemi e dei fattori che ne fa-

1. Rudolf Ludwig Carl Virchow (13 ottobre 1821 – 5 settembre 1902) è stato un medico, antropologo, patologo, biologo, scrittore, editore e politico tedesco. È conosciuto come “il padre della patologia moderna” e come il fondatore della medicina sociale. Virchow studiò medicina all'Università Friedrich Wilhelm a Berlino. In seguito, lavorò alla clinica universitaria Charité, dove le sue indagini sull'epidemia di tifo del 1847-1848 in Alta Slesia gettarono le basi della sanità pubblica in Germania.

2. Calvin Schwabe (15 marzo 1927-27 luglio 2006), noto come il padre dell'epidemiologia veterinaria, si laureò in zoologia nel 1948 ed conseguì il dottorato in medicina veterinaria nel 1954. Ad Harvard ottenne un master in salute pubblica e un dottorato in parassitologia e medicina tropicale (1956). Per 10 anni, Schwabe lavorò presso l'Università americana di Beirut. I suoi interessi principali erano le malattie parassitarie, soprattutto l'echinococcosi. Avviò programmi di controllo e diresse il comitato di esperti dell'OMS sulla salute pubblica veterinaria a Ginevra. Nel 1966 divenne professore ordinario di epidemiologia veterinaria presso l'Università della California Davis (California). Gli interessi di Schwabe andavano oltre le questioni sanitarie, verso approcci più integrati alla scienza. Il suo punto di vista generale sulla salute di tutte le specie ha influenzato i moderni concetti di salute pubblica veterinaria, One Health e salute degli ecosistemi.

voriscono l'emergenza. Inoltre, sottolinea le interconnessioni tra ambienti umani, agroalimentari e naturali, promuovendo l'approccio *One Health* per migliorare sorveglianza, prevenzione e controllo. Infine, discute ostacoli, strategie e finanziamenti necessari per rafforzare la sorveglianza, la prevenzione e il controllo globale sensibilizzando sull'urgenza di un'azione integrata contro le zoonosi.

Il primo **Congresso internazionale *One Health*** si tenne a Melbourne nel 2011 (Mackenzie & Jeggo 2011), lo scopo fu di aprire il dibattito *One Health* alla più ampia comunità scientifica e politica internazionale includendo anche la sicurezza alimentare. In seguito, nel 2016, le Nazioni Unite hanno riconosciuto l'importanza dell'approccio *One Health* nell'affrontare la minaccia della resistenza antimicrobica. Nel 2021, la Quadripartita che riunisce FAO (Organizzazione delle Nazioni Unite per l'Alimentazione e l'Agricoltura), WHO (Organizzazione Mondiale della Sanità, OMS), WOAHP (Organizzazione Mondiale per la Salute Animale, precedentemente nota come OIE) e UNEP (Programma delle Nazioni Unite per l'Ambiente) tramite il gruppo consultivo di esperti indipendenti OHHLEP (One Health High-Level Expert Panel) hanno presentato una **definizione comune di *One Health***:

«One Health è un approccio integrato e unificante che mira a bilanciare e ottimizzare in modo sostenibile la salute di esseri umani, animali, piante ed ecosistemi. Riconosce che la salute degli esseri umani, degli animali domestici e selvatici, delle piante e dell'ambiente in senso più ampio (compresi gli ecosistemi) è strettamente collegata e interdipendente.

L'approccio mobilita più settori, discipline e comunità a vari livelli della società per lavorare insieme al fine di promuovere il benessere e affrontare le minacce alla salute e agli ecosistemi, rispondendo al contempo all'esigenza collettiva di acqua, energia e aria pulite, cibo sicuro e nutriente, agendo sul cambiamento climatico e contribuendo allo sviluppo sostenibile» (FAO, UNEP, WHO & WOAHP 2022).

Secondo Jakob Zinsstag³ (Zinsstag et al. 2011), riconoscere l'interconnessione tra esseri umani, animali e ambiente è necessario ma non sufficiente per una piena implementazione e interpretazione del concetto *One Health*. Occorre dimostrare il valore aggiunto della collaborazione interdisciplinare tra salute umana, animale, scienze ambientali e sociali, evidenziandone i benefici in termini di salute, risparmi finanziari e sostenibili-

tà ambientale. Inoltre, è essenziale, secondo Zinsstag, mostrare il valore della cooperazione tra accademici e altri attori per risolvere problemi sociali. Sempre secondo l'interpretazione di Zinsstag, dove tale valore è dimostrabile, *One Health* è vantaggioso; altrimenti, non è necessario. Attualmente, dunque, manca consenso sulla definizione di *One Health*: l'OHHLEP evidenzia l'obiettivo di ottimizzare la salute di persone, animali ed ecosistemi, senza chiarirne il significato, mentre secondo Zinsstag la definizione basata sul valore aggiunto è più rigorosa e quantificabile.

In parallelo lo sviluppo delle scienze ecologiche e antropologiche nella seconda metà del secolo scorso, hanno evidenziato la necessità di attuare approcci olistici alle tematiche uomo-ambiente (Schweizer 1949; Leopold 1949; Prigogine & Stengers 1979). La transdisciplinarietà diventa quindi una necessità operativa. Confrontati alle crisi ambientali e all'inquinamento provocato dalle attività umane, all'utilizzo sempre più diffuso di sostanze nocive per la salute e per l'ambiente in ambito industriale e agricolo, la compromissione di servizi ecosistemici vitali di cui beneficiamo gratuitamente ha determinato la volontà di approcci olistici e cooperativi per risolvere i problemi e salvaguardare la salute (Capra 1982; Naess 1989).

Non sorprende quindi che oltre al concetto *One Health* già ampiamente trattato in letteratura e nelle recenti discussioni in ambito scientifico e politico, si siano sviluppate diverse declinazioni come ***Global Health***, che si configura come un ambito multidisciplinare che abbraccia la ricerca, la pratica clinica e la politica sanitaria, con la finalità di migliorare la salute globale e promuovere l'equità nell'accesso ai servizi sanitari su scala mondiale. Questa disciplina pone particolare enfasi sulle problematiche sanitarie di rilevanza transnazionale e sui determinanti sociali, economici e ambientali della salute, sostenendo un approccio collaborativo e interculturale alla gestione delle sfide sanitarie globali (Koplan et al. 2009). A complemento di questi concetti, si colloca ***Planetary Health***, un'evoluzione del pensiero *One Health* e *Global Health* che allarga ulteriormente lo sguardo alle interazioni tra sistemi naturali, ecosistemi e società umane. Questo approccio si concentra in particolare sugli effetti che i cambiamenti ambientali globali (p.es. cambiamento climatico, perdita di biodiversità o degradazione degli ecosistemi) esercitano sulla salute umana. Inoltre, *Planetary Health* analizza i meccanismi politici, economici e culturali che alimentano tali processi, promuovendo una visione sistemica e preventiva delle politiche sanitarie globali (Whitmee et al. 2015).

È opportuno notare che il termine "salute" in sé, secondo la definizione proposta dall'Organizzazione Mondiale della Sanità, non si limita all'assenza di malattia o infermità, bensì rappresenta uno stato di completo benessere fisico, mentale e sociale. Si tratta di una condizione dinamica, influenzata da molteplici fattori – biologici, sociali, economici, culturali e ambientali – che variano nel tempo e nello spazio. In questo contesto, il concetto di ***EcoHealth*** assume una particolare rilevanza. Radicato nella logica sistemica, esso si basa su principi di transdisciplinarietà, giustizia sociale, equità

3. Il professor Dr. med. vet. Jakob Zinsstag attivo all'Istituto tropicale e di sanità pubblica (Swiss TPH) di Basilea è il principale teorico e sviluppatore del metodo integrato di *One Health* (OH). Postula che OH sia il valore aggiunto di una più stretta cooperazione tra salute umana e animale in termini di salute e benessere umano e animale, risparmi finanziari e servizi ambientali che non potrebbero essere raggiunti se le discipline lavorassero separatamente. Con i suoi collaboratori, ha convalidato l'OH dimostrando i benefici dei servizi congiunti di salute umana e animale per i pastori nomadi in Ciad, i benefici sociali della vaccinazione del bestiame contro la brucellosi per la salute pubblica in Mongolia e il vantaggio della vaccinazione di massa dei cani per eliminare la rabbia umana. Ha scritto i primi modelli matematici di trasmissione per la trasmissione della brucellosi tra bestiame e uomo e per la trasmissione della rabbia tra cane e uomo.

di genere, partecipazione inclusiva degli stakeholder e sostenibilità ecologica. *EcoHealth* propone un quadro teorico e operativo per comprendere e gestire le relazioni tra le popolazioni umane e il loro ambiente naturale e sociale, con l'obiettivo di generare benefici simultanei per l'ecosistema, la salute delle persone e l'equità sociale. È un approccio che valorizza la complessità delle interazioni tra fattori ecologici e sociali, promuovendo soluzioni condivise e orientate al lungo termine (Charon 2012).

IMPLEMENTAZIONE DELLA ONE HEALTH IN SVIZZERA

In Svizzera, diverse azioni sono state intraprese per implementare l'approccio *One Health*, con l'obiettivo di creare valore aggiunto per la salute umana e animale, nonché per l'ambiente, e di combattere efficacemente i pericoli emergenti (Danuser et al. 2017).

Il concetto *One Health* ha trovato una sua formalizzazione giuridica nell'ambito della normativa federale sulla salute pubblica, in particolare attraverso l'Ordinanza concernente la lotta contro le malattie trasmissibili dell'essere umano (Ordinanza sulle epidemie OE_{Ep} 2015), la cui ultima versione è entrata in vigore il 1° gennaio 2025. Questo documento rappresenta la prima base normativa federale in cui il termine *One Health* viene esplicitamente menzionato, segnando un'importante evoluzione nella governance sanitaria elvetica, e riconoscendo ufficialmente la necessità di un approccio integrato e multisettoriale alla salute.

La nuova ordinanza introduce l'istituzione di un **organo permanente di coordinamento intersettoriale**, denominato "*organo sussidiario One Health*" che ha il compito di assistere gli uffici federali competenti – in particolare l'Ufficio federale della sanità pubblica (UFSP), l'Ufficio federale della sicurezza alimentare e di veterinaria (USAV), l'Ufficio federale dell'ambiente (UFAM) e altri – nell'identificazione, monitoraggio, prevenzione e gestione delle zoonosi e delle malattie trasmesse da vettori, oltre che nell'elaborazione e coordinamento di altre questioni rilevanti di natura trasversale.

L'Organo Sussidiario *One Health*, sotto la direzione dell'Ufficio federale della sicurezza alimentare e di veterinaria (USAV) volge a definire gli obiettivi globali di prevenzione, rilevamento e lotta contro le zoonosi e proporre strategie concrete di attuazione nei settori della salute umana, della salute animale e dell'ambiente. Esso supporta i servizi federali e cantonali competenti e promuove la cooperazione tra le istituzioni e le persone coinvolte (Danuser et al. 2017). Il Comitato di direzione *One Health* decide la strategia. La composizione di questo organo include rappresentanti dell'Ufficio federale del USAV, dell'Ufficio federale della sanità pubblica (UFSP), dell'Ufficio federale dell'ambiente (UFAM) e dell'Ufficio federale dell'agricoltura (UFAG), nonché rappresentanti del servizio veterinario dell'esercito e diversi funzionari cantonali (medico, chimico, farmacista e veterinario cantonale, rappresentante della Conferenza dei servizi dell'ambiente e della Conferenza svizzera delle sezioni dell'agricoltura cantonali).

A livello esecutivo l'Organo Sussidiario *One Health* ha istituito tre Gruppi di lavoro tematici composti da specialisti e selezionato quattro temi prioritari:

Gruppo di lavoro Vettori, mira a individuare, sorvegliare, prevenire e controllare i vettori e gli agenti eziologici da essi trasmessi, sviluppando misure e coordinando le attività a livello svizzero. I sottogruppi specifici si occupano di sorvegliare gli agenti eziologici trasmessi dalle zecche e rallentare le epidemie; ridurre il rischio di diffusione locale di dengue, chikungunya, Zika e febbre del Nilo occidentale; monitorare e controllare la diffusione della zanzara tigre; dare priorità ad altre malattie e vettori rilevanti e promuovere una comunicazione mirata e coordinata sulle misure di prevenzione e controllo.

Gruppo di lavoro Whole Genome Sequencing (WGS) / Next-Generation Sequencing (NGS), ha l'obiettivo di rendere visibili le vie di trasmissione, le epidemie, le correlazioni e le fonti di malattie alimentari attraverso il sequenziamento dei genomi (WGS/NGS), al fine di adottare misure mirate e ridurre i costi sanitari. Inizialmente, verrà sviluppato un concetto specifico per la listeriosi, con successiva valutazione dell'applicabilità ad altri agenti patogeni.

Gruppo di lavoro Campylobacter, ha la finalità specifica di ridurre in modo significativo la zoonosi più frequentemente segnalata (casi di campilobatteriosi umana), riducendo anche i costi sanitari associati.

Temi prioritari basati sull'approccio *One Health*:

1. **Tema prioritario resistenze agli antibiotici**, con l'obiettivo di garantire l'efficacia a lungo termine degli antibiotici e contenere le resistenze attraverso l'attuazione della Strategia svizzera contro le resistenze agli antibiotici (StAR), promossa dal Consiglio federale e coordinata da Ufficio federale della sanità pubblica UFSP, Ufficio federale della sicurezza alimentare e di veterinaria USAV, Ufficio federale dell'agricoltura UFAG e Ufficio federale dell'ambiente UFAM.
2. **Tema prioritario focolai di tossinfezioni alimentari**, fornire alle autorità cantonali e federali competenti la documentazione e gli strumenti necessari per il controllo delle intossicazioni alimentari collettive, facilitando le indagini sull'aumento dei casi di malattia.
3. **Tema prioritario National Centre for Climate Services (NCCS 2025)**, è una piattaforma virtuale che coordina lo sviluppo e la fornitura di servizi climatici, promuovendo il dialogo tra le unità amministrative centrali e decentrali della Confederazione. Dato che i cambiamenti climatici hanno ripercussioni sia sulla salute umana e animale, che sulla sicurezza alimentare, l'UFAG si impegna a contribuire attivamente alla rete NCCS con le proprie conoscenze ed esperienze.
4. **Tema prioritario sorveglianza delle zoonosi (USAV 2025)**, con l'obiettivo di sorvegliare le zoonosi negli animali, nell'uomo e nelle derrate alimentari per prevenire la trasmissione di malattie tra animali ed esseri umani, anche in assenza di sintomi evidenti negli animali.

CONTRIBUTO DEL TICINO IN AMBITO VETTORI: LOTTA ALLE ZANZARE

Il concetto *One Health* nasce dalla consapevolezza che la salute dell'uomo, degli animali e dell'ambiente è profondamente interconnessa. In questo contesto, le zanzare rappresentano un esempio paradigmatico di come questi tre ambiti si intreccino e si influenzino reciprocamente. Le zanzare, infatti, non sono soltanto fastidiose: sono tra i principali vettori di agenti eziologici di malattie infettive a livello globale, con un impatto significativo sulla salute pubblica, animale e sugli equilibri ecologici. D'altra parte, la loro presenza o assenza è strettamente influenzata da come l'uomo gestisce ed utilizza l'acqua o modifica gli ecosistemi acquatici.

Dal punto di vista umano, molte zanzare sono responsabili della trasmissione di agenti eziologici responsabili di gravi malattie infettive come il plasmodio della malaria, il virus di dengue, della malattia di Zika, chikungunya e della febbre del Nilo occidentale (West Nile). Queste patologie colpiscono milioni di persone ogni anno, soprattutto nelle regioni tropicali e subtropicali, ma si stanno diffondendo anche in aree temperate a causa del riscaldamento globale e della mobilità accresciuta di persone e merci. L'espansione geografica di queste malattie è resa possibile proprio dai cambiamenti climatici, che modifica i cicli di vita delle zanzare e consente loro di colonizzare nuove aree dove prima non sopravvivevano.

Anche gli animali, domestici e selvatici, sono coinvolti in questa rete di trasmissione. Alcune specie di zanzare possono infettare cani, cavalli, uccelli e altri animali con virus o parassiti. Un esempio è la filariosi cardiopolmonare nei cani, trasmessa da zanzare infette, oppure la febbre del Nilo occidentale negli uccelli, e occasionalmente nei cavalli e nell'uomo.

L'ambiente gioca un ruolo fondamentale in tutto questo. I cambiamenti ambientali, come l'aumento delle temperature, la maggiore umidità, e le trasformazioni indotte direttamente dall'attività umana come la deforestazione, l'urbanizzazione incontrollata, la canalizzazione dei fiumi e la gestione inappropriata delle acque, creano condizioni favorevoli alla proliferazione delle zanzare. In situazioni di squilibrio ecologico, anche piccole modifiche che provocano per esempio la presenza di acqua stagnante temporanea in ambienti urbani, possono avere un impatto enorme sulla densità delle popolazioni di zanzare e quindi sul rischio di trasmissione di agenti patogeni. Inoltre, l'uso massiccio di insetticidi per controllarle può danneggiare l'ecosistema, provocare resistenze, compromettere ulteriormente l'equilibrio ambientale e la salute umana. L'adattamento evolutivo delle strategie ecologiche adottate dalle varie specie di zanzare, molto differenti tra loro, permette inoltre una forte plasticità ecologica e la capacità di colonizzare quasi tutti i tipi di ambienti ed ecosistemi acquatici.

È proprio per questi motivi che la gestione delle zanzare e dei patogeni da esse trasmessi, responsabili di numerose malattie deve essere affrontata con un approccio integrato e multidisciplinare. Il concetto *One Health* promuove la collaborazione tra medici, veterina-

ri, biologi, entomologi, ecologi, istituzioni pubbliche e comunità locali. Solo unendo le competenze e lavorando insieme è possibile prevenire epidemie, proteggere la salute pubblica e quella animale, e preservare l'equilibrio dell'ambiente.

In questo contesto il Cantone Ticino sin dagli anni '80 del secolo scorso ha affrontato la problematica della lotta alle zanzare e la prevenzione di epidemie da arbovirus in modo esemplare e perfettamente in linea con l'approccio *One Health* che prevede il coinvolgimento di tutti i portatori d'interesse. Infatti, nel 1988 fu istituito il **Gruppo cantonale preposto al coordinamento della lotta contro le zanzare** nel comprensorio del basso Piano di Magadino (Gruppo Lavoro Zanzare, GLZ <https://www4.ti.ch/dss/dsp/glz/home>). La ragione principale che ha spinto il Canton Ticino a creare il GLZ con la Risoluzione governativa No. 1770 del 29 marzo 1988 era la proliferazione anomala e massiccia di zanzare nel comprensorio del basso Piano di Magadino durante i periodi estivi negli anni precedenti. Questa situazione aveva provocato persistenti disagi alle popolazioni locali e ai numerosi turisti, con ricadute economiche negative (Luethy 2001).

Le verifiche scientifiche avevano accertato la presenza di importanti focolai di zanzare anche al di fuori del comprensorio protetto delle Bolle di Magadino. Di conseguenza, si era ritenuto indispensabile stabilire una strategia di intervento coordinato con i comuni della zona per contenere efficacemente il fenomeno.

Inoltre, sulla base dell'esperienza dell'anno precedente, si era constatato che la lotta poteva avere successo unicamente se condotta con criteri scientifici e utilizzando prodotti efficaci e sicuri dal profilo sanitario e ambientale.

In sintesi, le ragioni principali furono:

- La formazione nel tempo di picchi di polluzione sincroni di alcune specie di zanzare
- Una rilevante conseguente infestazione di zanzare che causava problemi significativi alla popolazione.
- La necessità di un approccio coordinato e scientifico per affrontare il problema.
- L'esigenza di cercare ed utilizzare metodi di controllo sicuri ed efficaci.
- Il riferimento al quadro legale esistente in materia sanitaria e ambientale.

Il Neocostituito GLZ era composto da rappresentanti dei seguenti enti e figure professionali:

- Sezione sanitaria, rappresentata dal lic. rer. Pol. Gianfranco Domenighetti.
- Il medico cantonale aggiunto, dott. Fabrizio Barazoni.
- Il Servizio fitosanitario, rappresentato dall'ing. Giovanni Mauri.
- Il Dipartimento ambiente, rappresentato dall'arch. Marcello Bernardi.
- La Fondazione Bolle di Magadino, rappresentata da Piergiorgio Vanossi.
- Il Laboratorio cantonale d'igiene, rappresentato dal dott. ing. Marco Jermini.
- Il consulente specialista (entomologo), dott. Peter Lüthy di Feldmeilen.

- L'Ente turistico Tenero e Valle Verzasca, rappresentato dal dir. Giancarlo Piemontesi.
- Un rappresentante dei Comuni coinvolti, nella persona dell'ing. Franco Rossi di Tenero-Contra.
- Il segretario del Gruppo, Flavio Guidotti della Sezione sanitaria.

Questi enti e figure professionali avevano il compito di coordinare la strategia di lotta, gli interventi, garantire l'informazione ai cittadini e promuovere la ricerca scientifica sulle zanzare. I Comuni direttamente coinvolti nel 1988 erano: Cugnasco Gerra Verzasca, Gordola, Lavertezzo, Locarno, Magadino, Tenero e Vira Gambarogno. Partecipavano al co-finanziamento della lotta alle zanzare anche gli Enti turistici del Gambarogno, di Tenero e Valle Verzasca e del Lago Maggiore. Il GLZ ed in particolare il suo Gruppo operativo in collaborazione con la Fondazione Bolle di Magadino e l'Istituto cantonale di microbiologia a seguito della rapida diffusione della zanzara tigre (*Aedes albopictus*) nel Nord Italia aveva iniziato ad occuparsi di questo insetto vettore potenziale di virus come dengue, chikungunya e Zika, in modo proattivo dall'anno 2000 tramite un programma di monitoraggio con l'ausilio di trappole per la cattura di uova di zanzara (ovitrappole) poste nelle principali zone di sosta del traffico automobilistico, ferroviario e aereo proveniente dall'Italia e in depositi di copertoni. Il primo ritrovamento avvenne nel 2003 nel Sottoceneri, alla stazione autostradale di Coldrerio Est, e nel Sopraceneri, all'aeroporto di Magadino (Flacio et al. 2004). Formalmente, il Cantone Ticino nel 2008 ampliò il mandato del GLZ includendo anche la sorveglianza di questa specie invasiva e adattando l'appellativo del gruppo di lavoro in **Gruppo di lavoro preposto al coordinamento della lotta contro le zanzare nel comprensorio del basso Piano di Magadino e la zanzara tigre asiatica**. La configurazione dei componenti del GLZ fu pure adattata come segue: Ufficio di sanità, Dipartimento Sanità e Socialità; Ente ticinese del turismo; Museo cantonale di storia naturale, Dipartimento del territorio; Ufficio natura e paesaggio, Dipartimento del territorio; Istituto di microbiologia cantonale; Ufficio del medico cantonale; Ufficio del Veterinario cantonale; Fondazione Bolle di Magadino, Rappresentante dei Comuni interessati dalla zanzara tigre.

Le ragioni principali che hanno spinto ad includere la zanzara tigre tra le competenze del GLZ sono esplicitate nella Risoluzione del Consiglio di Stato N. 2993 del 10 giugno 2008:

- L'emergere delle problematiche legate alla zanzara tigre asiatica (*Aedes albopictus*), la cui presenza si era rafforzata soprattutto nella regione meridionale del Cantone.
- Il fatto che la zanzara tigre, come pure altre specie di zanzare, oltre a costituire un fastidio particolare per la popolazione e quindi avere una ripercussione sull'economia cantonale, in particolare il turismo, poteva rappresentare un vettore potenziale di agenti eziologici di malattie che avrebbero potuto divenire una minaccia per la salute pubblica.

EVOLUZIONE DEL SISTEMA DI MONITORAGGIO E CONTROLLO DELLA ZANZARA TIGRE

A partire dal 2000, il programma di sorveglianza e controllo della zanzara tigre in Canton Ticino ha attraversato tre periodi principali, evolvendo in risposta alla diffusione della specie (Flacio et al. 2015 e 2016) che riassumiamo:

Primo Periodo (2000-2003): sorveglianza preliminare concentrata sulle possibili porte d'entrata tenuto conto delle modalità di trasporto passivo utilizzata dalla Zanzara tigre.

Secondo Periodo (2004-2008): analisi della diffusione sul territorio e trattamenti dei primi focolai, informazione e inizio del coinvolgimento dei comuni e della popolazione, chiedendo ai cittadini di evitare di creare accidentalmente ed involontariamente siti di riproduzione domestici.

Terzo Periodo (2009-2013): con la colonizzazione di vaste aree urbane da parte della zanzara tigre, l'obiettivo principale è diventato analizzarne la diffusione e monitorarne le densità. È stata implementata una rete di ovitrappole più fitta e standardizzata tramite un sistema GIS a griglia per monitorare da vicino diffusione. La partecipazione attiva dei comuni nella sorveglianza è aumentata. L'informazione alla popolazione è proseguita, chiedendo più consapevolezza e responsabilità. In sintesi, l'evoluzione è passata da una fase iniziale di prevenzione e rilevamento precoce a una fase di contenimento e di eradicazione localizzata, fino a una strategia di gestione e controllo della densità in un contesto di infestazione più ampia, con un crescente coinvolgimento della popolazione e delle autorità locali (Flacio et al. 2015 e 2016).

Il modello si basa su un coordinamento regionale scientifico e operativo, gestito dall'ente pubblico a livello cantonale, che si occupa degli aspetti scientifici e di monitoraggio costante della situazione. Inoltre, gestisce l'informazione e la consulenza per i cittadini, nonché la formazione degli addetti coinvolti nei trattamenti, cercando di stimolare la creazione di gruppi di quartiere che affiancano il lavoro degli addetti comunali. Ma il fondamento del sistema risiede nel ruolo primario dei singoli comuni e nei cittadini coinvolti attivamente nel controllo delle loro zone urbane e delle loro abitazioni e quartieri. A casa propria si individua velocemente la presenza e il disturbo provocato dalle zanzare e si è attenti al loro controllo cercando di preservare un ambiente sano. Questo consente di evitare sin dall'inizio l'utilizzo di biocidi dannosi per la salute e per l'ambiente, a condizione che vi sia una consulenza gratuita (quale servizio pubblico), disinteressata da aspetti economici e che sappia creare fiducia nella popolazione.

I comuni hanno la possibilità di essere supportati anche dalla Protezione Civile e sono in costante dialogo con il Gruppo operativo che dal 2016 è stato insediato nel Settore Ecologia dei Vettori dell'Istituto microbiologia della SUPSI, che ha ricevuto mandato formale dal Gran Consiglio ticinese. La base legale è rappresentata dal Regolamento cantonale sull'igiene del suolo e dell'abitato del 14 ottobre 1958 che con gli articoli

1 e 73 attribuisce chiaramente ai Comuni sia compiti di vigilanza che di lotta su igiene e vettori di malattie (Regolamento sull'igiene del suolo e dell'abitato 1958).

Allestimento di un piano integrato di sorveglianza

L'evoluzione delle misure di prevenzione e lotta alla zanzara tigre negli anni hanno comportato l'allestimento di un sistema di qualità basato su procedure operative standard e di un piano per la sorveglianza e l'intervento contro le infezioni emergenti trasmesse dalle zanzare del genere *Aedes* in Canton Ticino in risposta alla presenza e alla crescente diffusione della zanzara tigre nel territorio dal 2003 (Ravasi et al. 2021). Il significativo aumento delle epidemie causate da agenti eziologici di malattie trasmessi da *Aedes* in Europa, come i focolai di dengue e chikungunya in paesi limitrofi come Italia e Francia (Ravasi et al. 2018; Fouque et al. 2020), ha evidenziato un concreto rischio di trasmissione autoctona di tali arbovirus anche in Ticino. Di conseguenza, si è resa necessaria la creazione di un piano di preparazione che fornisca alle autorità sanitarie un quadro strutturato di misure preventive e di controllo da implementare in base al livello di rischio epidemico, prendendo spunto anche dalle strategie già in atto in altre regioni europee. L'obiettivo primario è stato quello di fornire uno strumento per monitorare e controllare le popolazioni di vettori, prevenire e gestire i casi clinici, limitare l'estensione di potenziali epidemie e ridurre gli impatti sanitari ed economici (Fouque et al. 2020).

Il piano di sorveglianza coinvolge un'ampia gamma di enti e partner. Più specificamente (i) le autorità sanitarie, in particolare l'Ufficio del Medico Cantonale, hanno la responsabilità principale della definizione delle misure preventive e di controllo (Fouque et al. 2020); (ii) Il GLZ, che svolge un ruolo cruciale nel coordinamento della lotta contro le zanzare, definendo strategie scientifiche, coordinando gli interventi comunali e fornendo informazione ai cittadini; (iii) l'Istituto microbiologia (Settore Ecologia dei Vettori) della SUPSI, che è attivamente coinvolto nella sorveglianza, in particolare nel conteggio delle uova di zanzara tigre, nel controllo sia dei siti di riproduzione e su indicazione dell'UMC, negli interventi adulticidi nei casi di presenza di persone infette da arbovirus in zone urbane ad alta densità di zanzara tigre in collaborazione con il comune coinvolto; (iv) il Dipartimento della sanità e della socialità sovrintende alla gestione della salute pubblica; (v) i comuni partecipano attivamente alla sorveglianza attraverso la gestione delle ovitrappole e la segnalazione di nuove aree d'infestazione. Il piano strategico prevede inoltre la sorveglianza entomologica in collaborazione con i comuni per i controlli di routine. Altri enti coinvolti includono enti turistici e uffici amministrativi e finanziari, ciascuno con ruoli specifici nel supporto e nell'attuazione del piano. La coordinazione è gestita attraverso comitati, e la sorveglianza entomologica è adattata al livello di rischio, con una forte enfasi sulla comunicazione efficace verso tutti i soggetti coinvolti. Nel piano è pure prevista oltre alla stretta collaborazione con le autorità mediche cantonali anche la cooperazione con le autorità federali (Fouque et al. 2020).

IMPLEMENTAZIONE DEL MODELLO TICINESE IN SVIZZERA

L'evoluzione della presenza della zanzara tigre al Nord delle Alpi è stata caratterizzata da un'introduzione più tardiva rispetto al Canton Ticino e da una diffusione progressiva. Già nel 2013, nell'ambito del programma di sorveglianza nazionale fu rilevata la presenza in tre aree di servizio autostradali a nord delle Alpi: la stazione di servizio «Gotthard» nel comune di Schattdorf Canton Uri, «Heidiland» a Meienfeld Canton Grigioni e «Grauholz» a Ittigen Canton Berna. Questo suggeriva un'introduzione passiva attraverso il traffico stradale (Müller et al. 2020). I modelli di idoneità climatica indicavano che già nel decennio 2003-2013 a nord delle Alpi, sull'Altopiano svizzero, la regione tra Ginevra e Basilea offriva condizioni climatiche favorevoli all'inseguimento della zanzara. Anche le aree intorno al Lago di Ginevra, parti della valle del Reno, intorno al Lago di Costanza e le vicinanze del Lago di Neuchâtel risultavano adatte alla sopravvivenza degli adulti, sebbene gli inverni fossero allora considerati troppo freddi per la sopravvivenza e lo sviluppo delle uova in diapausa (Neteler et al. 2013). Negli anni successivi, la presenza della zanzara tigre a nord delle Alpi è costantemente aumentata e ogni anno si registra un numero crescente di ritrovamenti. La sua diffusione è monitorata a livello nazionale sotto l'egida dell'Ufficio federale dell'ambiente sin dal 2013, lungo le principali vie di dispersione come autostrade, aeroporti, porti fluviali e stazioni merci. Dal 2017, lo stesso ufficio coordina lo Swiss Mosquito Network (SMN) una rete nazionale volta ad aiutare i cantoni ad implementare il modello ticinese di monitoraggio e controllo delle zanzare esotiche in Svizzera (UFAM 2011 e 2019). A questo scopo, l'UFAM ha incaricato l'Istituto microbiologia della SUPSI e l'Istituto tropicale e di sanità pubblica svizzero (Swiss TPH) di elaborare le raccomandazioni per il controllo delle zanzare invasive e di stabilire le procedure necessarie a livello nazionale.

In seno al SMN la SUPSI funge da coordinatore nazionale per la zanzara tigre su mandato dell'UFAM. Questo include la raccolta, la pubblicazione e la valutazione dei dati attuali a livello nazionale e il supporto ai cantoni nello sviluppo di strategie di controllo. La SUPSI gestisce anche il sito web del SMN (www.muecken-schweiz.ch, www.moustiques-suisse.ch, www.zanzare-svizzera.ch, www.mosquitoes-switzerland.ch).

Lo Swiss TPH è responsabile della sorveglianza a livello nazionale nei principali punti di ingresso e nelle aree a rischio (*hot spots*), sempre su mandato dell'UFAM.

La rete, inoltre, comprende centri regionali di notifica per la zanzara tigre, incaricati di raccogliere le segnalazioni e fornire informazioni: SUPSI, Ufficio regionale di notifica per il sud-est; Swiss TPH, Ufficio regionale di notifica per il nord-ovest; Città di Zurigo, Ufficio regionale di notifica per il nord-est; UNI Lausanne, Ufficio regionale di notifica per l'ovest.

I dati provenienti dai centri regionali sono validati dalla SUPSI e trasmessi a Centro nazionale di dati e informazioni sulla fauna svizzera che li pubblica sul portale info fauna (info fauna 2025), piattaforma nazionale per

la raccolta e la diffusione delle informazioni sulla fauna svizzera.

Lo Swiss Mosquito Network dunque è una struttura decentralizzata ma coordinata a livello nazionale, in cui (i) l'UFAM fornisce il mandato e il finanziamento; (ii) la SUPSI e lo Swiss TPH svolgono un ruolo centrale nella coordinazione, nella sorveglianza e nella ricerca; (iii) i centri regionali raccolgono le segnalazioni; (iv) info fauna gestisce i dati sulla distribuzione; (v) i cantoni implementano le misure a livello locale e (vi) la collaborazione con diverse istituzioni scientifiche garantisce un approccio multidisciplinare al problema delle zanzare invasive. L'obiettivo principale è quello di ridurre al minimo il rischio di insediamento della zanzara tigre e la probabilità di trasmissione di virus tramite l'implementazione del modello ticinese nei cantoni toccati dal problema.

Oltre che nel Cantone Ticino attualmente la zanzara tigre è presente in modo stabile e diffuso nelle zone urbane dei Grigioni (Mesolcina), Basilea città e Ginevra.

SORVEGLIANZA DEGLI ARBOVIRUS

Sin dal 2010 in Ticino l'Istituto microbiologia della SUPSI monitora regolarmente la presenza di arbovirus nelle zanzare tramite (i) un monitoraggio regolare (analisi di zanzare adulte, sistema FTA Cards) (Wipf et al. 2019; Cazzin et al. 2023), progetti mirati di metagenomica (Kubacki et al. 2020) e di valutazione del rischio di trasmissione autoctona (Ravasi et al. 2020). Inizialmente, questa sorveglianza aveva evidenziato la presenza del virus Usutu (USUV) parente stretto del virus West Nile (WNV) e come dengue e Zika, appartenenti alla famiglia dei Flaviviridae. Poi nel 2022 per la prima volta è stata rilevata la presenza del WNV nelle FTA Cards e nelle zanzare in 8 dei 12 siti di campionamento monitorati, indicando una circolazione inaspettatamente diffusa del virus in tutto il territorio ticinese. Gli uccelli sono il serbatoio naturale dei virus Usutu e del Nilo Occidentale (West Nile Virus, WNV) che sfruttano le zanzare (in particolare del genere *Culex*) come vettori. I cavalli e l'uomo se punti rappresentano ospiti terminali che una volta infettati non sviluppano una viremia abbastanza alta da infettare altre zanzare e il ciclo si ferma. Tuttavia, sia i cavalli che gli esseri umani possono sviluppare segni clinici e sintomi neurologici, rispettivamente, anche gravi (encefalite, atassia, paralisi). Secondo i dati dell'Istituto Superiore di Sanità (ISS) italiano, tra maggio e settembre 2024 sono stati segnalati 296 casi umani confermati di infezione da WNV, con 11 decessi. Di questi, 222 casi si sono manifestati nella forma neuro-invasiva, 45 erano asintomatici identificati tra i donatori di sangue, e 112 presentavano sintomi febbrili (Bella et al. 2024). In Ticino finora non sono stati segnalati né casi autoctoni d'infezioni dovute a virus dengue, chikungunya e Zika trasmessi da zanzare del genere *Aedes* né casi autoctoni di infezioni da Usutu e West Nile trasmessi da zanzare del genere *Culex*. In Svizzera nel 2024 i casi importati dovuti a persone infette provenienti da zone endemiche sono stati 301 per dengue, 14 per chikungunya e 7 per Zika (UFSP 2025).

A partire da marzo di quest'anno, è iniziato un progetto *One Health* che vede la partecipazione dell'Istituto per la ricerca biomedica (IRB), la Fondazione Servizio Trasfusionale CRS della Svizzera Italiana (STSI) e l'Istituto microbiologia della SUPSI (IM). L'obiettivo condiviso del progetto è quello di fornire una istantanea epidemiologica di quella che è l'esposizione della popolazione Ticinese ai flavivirus trasmessi da insetti vettori (zanzare in primis). I tre partners di questo progetto, si propongono di raggiungere questo obiettivo tramite un approccio integrato e coordinato che vede da una parte la sorveglianza degli insetti vettori sul territorio da parte dell'IM e dall'altra quella sierologica e molecolare del STSI con l'apporto di reagenti *ad hoc* sviluppati per questo obiettivo dall'IRB. La detezione di flavivirus (come il virus del Nilo Occidentale) nelle zanzare, sarà funzionale all'individuazione di aree specifiche del territorio Ticinese dove andare ad intensificare le indagini sierologiche sulle donazioni di sangue fornite dai cittadini. Questo, oltre ad ottimizzare gli sforzi dei ricercatori per ottenere dei risultati che forniscano un quadro realistico della circolazione di questi virus nella popolazione Ticinese, consentirà anche di ottimizzare l'impiego delle risorse per le diagnosi sierologiche, nelle aree dove il rischio di circolazione del virus è maggiore. Questo lavoro, che nel pieno spirito *One Health* si sostanzia in un'attività di ricerca che coinvolge gli ambiti di salute pubblica, veterinaria ed ambientale, fornisce un esempio paradigmatico di come questo sforzo di attività di sorveglianza integrata e coordinata porta con sé un vantaggio significativo in termini di ottimizzazioni delle risorse umane, strumentali e finanziarie per ottenere un risultato di pubblica utilità che risulterebbe significativamente più costoso e più limitato nella sua portata di benefici, se svolto da strutture indipendenti e non coordinate.

PROSPETTIVE FUTURE

L'importanza e la strategicità del concetto *One Health* sono ormai universalmente riconosciute e anche il panorama svizzero non fa eccezione. La necessità di un approccio coordinato, integrato e olistico quando si tratta di sfide sanitarie è ormai una consapevolezza acquisita a ogni livello, dal semplice cittadino fino alle persone con responsabilità di governo. Tutto questo però non significa che il nostro lavoro è concluso, quando invece è appena cominciato. Quello che abbiamo capito è che non è possibile pensare alla salute umana, senza preoccuparsi della salute animale e di quella dell'ambiente. Questi tre elementi sono parte di una salute unica, la *One Health*, appunto, e sono straordinariamente interconnessi l'uno con l'altro. La sfida che ci attende è quella di decifrare quelli che sono i nodi di interconnessione e di agire su di essi per poter garantire i livelli più alti possibili di salute per tutti. Questo è uno sforzo che richiede la collaborazione di molti attori che appartengono sia all'ambito pubblico che quello privato. Insieme possono dare vita ad una complementarità virtuosa, con l'assunzione da parte del settore privato di ruoli sussidiari importanti, mentre la gestione, il coordi-

namento e l'operatività della sfida sanitaria, proprio in virtù della complessità e del grado in cui si articolano tra loro i vari aspetti della materia, richiede una terzietà e visione globale, che non può che essere pubblica a beneficio *in primis* del cittadino e della collettività.

Il cambiamento climatico in atto e la mobilità generale di persone e merci stanno già modulando e influenzando la distribuzione degli insetti vettori a livello globale. Insetti, il cui areale era strettamente circoscritto fino a soli pochi anni fa, ora si sono diffusi ben oltre questi stessi areali e sono diventati parte del nostro quotidiano, indipendentemente da quale fosse il loro paese d'origine. Questo significa che gli agenti infettivi veicolati da questi stessi vettori sono similmente presenti in nuove aree con ovvie problematiche sanitarie emergenti. La caratterizzazione della competenza vettoriale e cioè dell'effettivo rischio di trasmissione del patogeno da parte dei vettori invasivi è fondamentale perché possano essere definite ed implementate strategie specifiche di controllo. Il monitoraggio delle specie invasive è altrettanto cruciale per poter definire una mappa delle aree a rischio, a cui prestare particolare attenzione. Un monitoraggio che però non dovrebbe essere limitato ai soli vettori, ma anche agli ospiti di questi ultimi, con particolare attenzione ai serbatoi selvatici dei patogeni veicolati. Il virus del Nilo occidentale, la cui presenza è già stata rilevata in Svizzera, ha come ospite principale i volatili. Un attento monitoraggio degli uccelli selvatici è dunque strategico e complementare all'attività di monitoraggio dei vettori già implementata da tempo. La detezione dei patogeni veicolati da vettori nei loro serbatoi selvatici potrebbe dare indicazioni importanti, come per esempio, dove accrescere lo sforzo di monitoraggio degli stessi vettori. La definizione di specifiche aree caratterizzate dalla presenza di un alto numero di animali serbatoio infettati e i settori dove questi serbatoi sono maggiormente a contatto con la popolazione, potrebbe anche aiutare alla razionalizzazione delle risorse destinate alle misure messe in atto proprio per fronteggiare l'impatto dei vettori stessi. Un esempio per tutti, in questo senso, è la possibile contaminazione del sangue prelevato da cittadini eventualmente infettati da questi patogeni e, che se non rilevati, potrebbero rappresentare un rischio sanitario importante per i pazienti trasfusi. Identificare aree a rischio, significa anche poter monitorare ancora più attentamente le sacche di sangue prelevate da cittadini che vivono nelle aree endemiche più importanti, come già ricordato sopra.

La complementazione delle indagini microbiologiche mirate alla ricerca di questi agenti con le analisi anatomicopatologiche condotte sui relativi serbatoi infettivi, potrebbe consentire di individuare dei fenotipi patologici strumentali al rilevamento di nuovi agenti patogeni, eventualmente non ancora segnalati sul territorio, contribuendo così alla messa in campo di misure urgenti per la loro identificazione e caratterizzazione. Un sistema di monitoraggio integrato che potesse complementare l'attenzione ai vettori, ai loro ospiti-umani ed animali, e serbatoi selvatici e ad un ambiente in continua evoluzione, potrebbe rappresentare una delle risorse più efficaci per garantire e promuovere la salute pubblica, nel contesto di un vero approccio *One Health*.

RINGRAZIAMENTI

Ringraziamo Eva Veronesi dell'Istituto microbiologia della SUPSI e Nicola Patocchi della Fondazione Bolle di Magadino per le revisioni ed i miglioramenti apportati al presente articolo. Un ringraziamento particolare va ad Eleonora Flacio e al suo gruppo per il lavoro svolto nella lotta alle zanzare invasive negli ultimi 25 anni.

REFERENZE BIBLIOGRAFICHE

- Bella A., Venturi G., Riccardo F., Iapaolo F., Monaco F., Calistri P. & Morelli D. 2024. Bollettino Sorveglianza integrata WN e Usutu. Sorveglianza Integr West Nile e Usutu Virus 19 Settembre 2024 Risult. Naz., 13: 1-12.
- Bresalier M., Cassidy A. & Woods A. 2021. One health in history. In *One Health: the theory and practice of integrated health approaches*. Zinsstag J., Schelling E., Crump L., Whittaker M., Tanner M. & Stephen C. (eds). Wallingford: CABI, pp. 1-14.
- Capra F. 1982. *The Turning Point: Science, Society, and the Rising Culture*. New York: Bantam Books, 464 pp.
- Cazzin S., Liechti N., Jandrasits D., Flacio E., Beuret C., Engler O. & Guidi V. 2023. First Detection of West Nile Virus Lineage 2 in Mosquitoes in Switzerland, 2022. *Pathogens*, 12: 1424.
- Charron D.F. ed. 2012. *Ecohealth Research in Practice: Innovative Applications of an Ecosystem Approach to Health*, New York, NY: Springer New York.
- Danuser J., Bruhn S. & Balmer S. 2017. Les défis de la mise en place de l'approche One Health. *Épidémiologie Santé Anim.*, 71: 79-84.
- FAO, UNEP, WHO & WOA. 2022. *Global Plan of Action on One Health. Towards a more comprehensive One Health, approach to global health threats at the human-animal-environment interface*, FAO; UNEP; WHO; World Organisation for Animal Health (WOAH) (founded as OIE).
- Flacio E., Engeler L., Tonolla M., Lüthy P. & Patocchi N. 2015. Strategies of a thirteen-year surveillance programme on *Aedes albopictus* (*Stegomyia albopicta*) in southern Switzerland. *Parasit Vectors*, 8: 208.
- Flacio E., Engeler L., Tonolla M. & Müller P. 2016. Spread and establishment of *Aedes albopictus* in southern Switzerland between 2003 and 2014: an analysis of oviposition data and weather conditions. *Parasit Vectors*, 9: 304.
- Flacio E., Lüthy P., Patocchi N., Guidotti F., Tonolla M. & Peduzzi R. 2004. Primo ritrovamento di *Aedes albopictus* in Svizzera. *Bollettino della Società ticinese di scienze naturali*, 92: 141-142.
- Fouque F., Guidi V., Lazzaro M., Ravasi D., Martinetti-Lucchini G., Merlani G., Tonolla M. & Flacio E. 2020. Emerging Aedes-borne infections in southern Switzerland: Preparedness planning for surveillance and intervention. *Travel Medicine and Infectious Disease*, 37: 101748.
- Info fauna. 2025. <https://www.infofauna.ch/> (ultima consultazione 5.7.2025).
- Koplan J.P., Bond T.C., Merson M.H., Reddy K.S., Rodriguez M.H., Sewankambo N.K. & Wasserheit J.N. 2009. Towards a common definition of global health. *The Lancet*, 373: 1993-1995.

- Kubacki J., Flacio E., Qi W., Guidi V., Tonolla M. & Fraefel C. 2020. Viral metagenomic analysis of *Aedes albopictus* mosquitoes from Southern Switzerland. *Viruses*, 12: 929.
- Leopold A. 1949. A sand county almanac and sketches here and there. Oxford University Press, New York, 240 pp.
- Luethy P. 2001. La lotta biologica contro le zanzare alle Bolle di Magadino. In: Contributo alla conoscenza delle Bolle di Magadino. Ed. Fondazione Bolle di Magadino: 139-148.
- Mackenzie J.S. & Jeggo M.H. 2011. 1st International One Health Congress. *EcoHealth*, 7: 1-2.
- Müller P., Engeler L., Vavassori L., Suter T., Guidi V., Gschwind M., Tonolla M. & Flacio E. 2020. Surveillance of invasive *Aedes* mosquitoes along Swiss traffic axes reveal different dispersal modes for *Aedes albopictus* and *Ae. japonicus*. *PLoS Neglected Tropical Diseases*, 14: e0008705.
- Næss A. (ed., trad. David Rothenberg). 1989. Ecology, Community and Lifestyle: Outline of an Ecosophy. Cambridge University Press, 236 pp.
- NCCS National Centre for Climate Services. <https://www.nccs.admin.ch/nccs/it/home/il-nccs/ritratto-del-nccs/organizzazione.html> (ultima consultazione 4.7.2025).
- Neteler M., Metz M., Rocchini D., Rizzoli A., Flacio E., Engeler L., ... & Tonolla M. 2013. Is Switzerland suitable for the invasion of *Aedes albopictus*? *PLoS ONE* 8: e82090.
- OEp 2015. Ordinanza concernente la lotta contro le malattie trasmissibili dell'essere umano. (Ordinanza sulle epidemie) del 29 aprile 2015 (RS 818.101.1) (ultima consultazione 5.7.2025).
- Osofsky S.A., Cleaveland S., Karesh W.B., Kock M.D., Nyhus P.J., Starr L. & Yang A. 2005. Conservation and development interventions at the wildlife/livestock interface: Implications for Wildlife, Livestock and Human Health., Gland, Switzerland and Cambridge, UK: IUCN Species Survival Commission.
- Prigogine I. & Stengers I. 1979. La nouvelle alliance: Métamorphose de la science, Coll. Bibliothèque des Sciences humaines, Gallimard, Parigi, 302 pp.
- Ravasi D., Guidi V., Flacio E., Lüthy P., Perron K., Lüdin S. & Tonolla M. 2018. Investigation of temperature conditions in Swiss urban and suburban microhabitats for the overwintering suitability of diapausing *Aedes albopictus* eggs. *Parasit Vectors*, 11: 212.
- Ravasi D., Parrondo Monton D., Guidi V. & Flacio E. 2020. Evaluation of the public health risk for autochthonous transmission of mosquito-borne viruses in southern Switzerland. *Medical and Veterinary Entomology*, 34: 244-250.
- Ravasi D., Parrondo Monton D., Tanadini M. & Flacio E. 2021. Effectiveness of integrated *Aedes albopictus* management in southern Switzerland. *Parasit Vectors*, 14: 405.
- Regolamento sull'igiene del suolo e dell'abitato. 1958. <https://m3.ti.ch/CAN/RLeggi/public/index.php/raccolta-leggi/legge/num/318#> (ultima consultazione 5.7.2025).
- Saunders L.Z. 2000. Virchow's Contributions to Veterinary Medicine: Celebrated Then, Forgotten Now. *Veterinary Pathology*, 37: 199-207.
- Schwabe C. & Kuojok I. 1981. Practices and Beliefs of the Traditional Dinka Healer in Relation to Provision of Modern Medical and Veterinary Services for the Southern Sudan. *Human Organization*, 40: 231-238.
- Schwabe, C.W. 1984. Veterinary medicine and human health. Williams & Wilkins Baltimore, 680 pp.
- Schweitzer A. 1949. Civilization and ethics. The philosophy of civilization. Adam & Charles Black, 310 pp.
- UFAM. 2011. Concept 2011 de lutte contre le moustique tigre (*Aedes albopictus*) et les maladies qu'il transmet en Suisse. https://www.bafu.admin.ch/dam/bafu/fr/dokumente/biodiversitaet/externe-studien-berichte/bekaempfung_der_tigermuecke-aedesalbopictusunddervonihuebertrage.pdf.download.pdf/lutte_contre_le_moustiquetigreaedesalbopictusetlesmaladiesquiltr.pdf (ultima consultazione 5.7.2025).
- UFAM. 2019. Koordination der Überwachung und Bekämpfung der Asiatischen Tigermücke und anderer invasiver gebietsfremder Mücken in der Schweiz. Eine Orientierungshilfe mit Empfehlungen zuhanden des BAFU sowie der kantonalen und anderen betroffenen Behörden. https://www.zanzare-svizzera.ch/wp-content/uploads/2019/07/D01_Koordinati-on-der-%C3%9Cberwachung-und-Bek%C3%A4mpfung-der-Asiatischen-Tigerm%C3%BCcke-_v1.1_18.04.19_Final.pdf (ultima consultazione 5.7.2025).
- UFSP. 2025. <https://www.bag.admin.ch/it/malattie-infettive-a-dichiarazione-obbligatoria-numero-di-casi-settimanali> (ultima consultazione 5.7.2025).
- USAV. 2025. Ufficio federale della sicurezza alimentare e di veterinaria. <https://www.blv.admin.ch/blv/it/home/tiere/tier-seuchen/uebersicht-seuchen/zoonosen.html> (ultima consultazione 5.7.2025).
- Whitmee S., Haines A., Beyrer C., Boltz F., Capon A.G., De Souza Dias B.F. ... & Yach D. 2015. Safeguarding human health in the Anthropocene epoch: report of The Rockefeller Foundation – Lancet Commission on planetary health. *The Lancet*, 386: 1973-2028.
- Wildlife Conservation Society, W. 2004. About us the Manhattan principles. *One World One Health*.
- Wipf N.C., Guidi V., Tonolla M., Ruinelli M., Müller P. & Engler O. 2019. Evaluation of honey-baited FTA cards in combination with different mosquito traps in an area of low arbovirus prevalence. *Parasit Vectors*, 12: 554.
- Woods A., Bresalier M., Cassidy A. & Mason Dentinger R. 2018. *Animals and the shaping of modern medicine*, Palgrave Macmillan, London (UK). London: Springer International Publishing.
- World Bank. 2010. *People, pathogens, and our planet: Volume one: towards a one health approach for controlling zoonotic diseases*.
- World Health Organization. 2022. *A health perspective on the role of the environment in One Health*. In *A health perspective on the role of the environment in One Health*. Copenhagen: WHO Regional Office for Europe.
- Zinsstag J. 2017. Une seule santé: Vers une meilleure collaboration entre médecine humaine et médecine vétérinaire. *Epidémiologie Santé Anim.*, 71 : 5-11.
- Zinsstag J., Meyer J.M., Bonfoh B., Fink G. & Dimov A. 2024. One Health in human-environment systems: Linking health and the sustainable use of natural resources. *CABI One Health* cabionehealth.2024.0012.
- Zinsstag J., Schelling E., Wyss K. & Mahamat M.B. 2005. Potential of cooperation between human and animal health to strengthen health systems. *The Lancet*, 366: 2142-2145.
- Zinsstag J., Tanner M, Viet H.N., Obrist B., Cissé G., Bonfoh B., Schertenleib R., Zurbrügg C., Yitaferu B., Bantider A., & Hurni H. 2011. Interdisciplinary Approaches in Research for Sustainable Development. In: Wiesmann U., Hurni H (ed.) *Research for Sustainable Development: Foundations, Experiences, and Perspectives*. *Geographica Bernensia*, 6: 207-228.

GLOSSARIO

DSS	Dipartimento della Sanità e della Socialità	SUPSI	Scuola Universitaria Professionale della Svizzera Italiana
FAO	Food and Agriculture Organization	SMN	Swiss Mosquito Network
FOAG	Federal Office for Agriculture	STSI	Servizio Trasfusionale della Svizzera italiana
FOEN	Federal Office for the Environment	Swiss TPH	Swiss Tropical and Public Health Institute
FOPH	Federal Office of Public Health	UFAG	Ufficio federale dell'agricoltura
FSVO	Federal Food Safety and Veterinary Office	UFAM	Ufficio federale dell'ambiente
FTA Cards	Flinders Technology Associates Cards	UFSP	Ufficio federale della sanità pubblica
GIS	Global Information System	UMC	Ufficio del Medico Cantonale
GLZ	Gruppo cantonale di Lavoro preposto alla lotta alle Zanzare	UNEP	United Nations Environmental Programme
IM SUPSI	Istituto Microbiologia SUPSI	UVC	Ufficio del Veterinario Cantonale
IRB	Istituto di Ricerca in Biomedicina	USAV	Ufficio federale della Sicurezza Alimentare e di Veterinaria
ISS	Istituto Superiore di Sanità	WHO	World Health Organization
NGS	Next-Generation Sequencing	WNV	West Nile Virus
NCCS	National Centre for Climate Services	WOAH	World Organization for Animal Health
OHHLEP	One Health High-Level Expert Panel	WGS	Whole Genome Sequencing
OMS	Organizzazione Mondiale della Sanità		
StAR	Strategy on Antibiotic Resistance		

Monitoraggio radar della migrazione primaverile dei passeriformi nell'area di *stopover* delle Bolle di Magadino

Silvia Giuntini^{1*}, Clara Tattoni¹, Nicola Patocchi², Roberto Lardelli², Alessio Martinoli¹ & Damiano G. Preatoni¹

¹ Environment Analysis and Management Unit – Guido Tosi Research Group, Dipartimento di Scienze Teoriche e Applicate, Università degli Studi dell'Insubria, Via Jean Henry Dunant 3, 21100 Varese, Italia

² Fondazione Bolle di Magadino, Vicolo Forte Olimpo 3, 6573 Magadino, Svizzera

* silvia.giuntini11@gmail.com

Redattore di riferimento: David Frey

Riassunto: La tecnologia radar è uno strumento fondamentale per lo studio della migrazione degli uccelli, data la sua natura prevalentemente notturna e ad alta quota. In particolare, i radar a scansione verticale per uccelli (AVLR) offrono dettagli preziosi sui processi migratori, quali il comportamento e la quota di volo. L'inanellamento degli uccelli, sebbene utile per descrivere la migrazione a livello di specie, è limitato per la sua quantificazione. Questo studio ha analizzato i dati radar raccolti nelle Bolle di Magadino, Svizzera, per descrivere e quantificare la migrazione primaverile dei passeriformi nel 2021 e 2022. L'attività migratoria è risultata più intensa di notte, con picchi a metà aprile 2021 e nella seconda metà di aprile 2022. Le quote di volo notturne sono state costantemente più elevate. L'analisi della frequenza del battito delle ali (WFF) ha mostrato variazioni stagionali e giornaliere: aumentava lentamente di notte con l'avanzare della stagione, ma restava più alta e stabile di giorno. La quantificazione del traffico migratorio monitorato con i due metodi ha mostrato una correlazione moderata, sebbene variabile ($r = 0.32$ nel 2021; $r = 0.60$ nella prima parte della primavera 2022; non significativa nella seconda parte). In sintesi, l'integrazione di inanellamento e monitoraggio radar offre una descrizione dettagliata e una quantificazione più accurata dei processi migratori.

Parole chiave: altitudine di volo, aree umide, ecologia aerea, inanellamento, migrazione, radar per uccelli

Radar monitoring of passerine spring migration in the stopover area of the Bolle di Magadino

Abstract: Radar technology has established itself as a fundamental tool for studying bird migration, particularly due to its predominantly nocturnal and high-altitude nature. Specifically, avian vertical-looking radars (AVLRs) provide valuable insights into migratory processes, such as flight behaviour and altitude. Bird ringing, while useful for describing species-level migratory patterns, has limitations for quantifying migration. This study analyzed radar data from the Bolle di Magadino, Switzerland, to describe and quantify passerine spring migration in 2021 and 2022. Migratory activity was significantly more intense at night, with peaks in mid-April 2021 and late April 2022. Nocturnal flight altitudes were consistently higher. Wing flapping frequency (WFF) analysis revealed seasonal and daily variations: WFF increased gradually at night as the season progressed but remained higher and more stable during the day. The quantification of migratory traffic using both methods showed a moderate, albeit variable, correlation ($r = 0.32$ in 2021; $r = 0.60$ in early spring 2022; not significant in late spring). Overall, this study demonstrates how integrating traditional bird ringing with radar monitoring offers a detailed description and more accurate quantification of migratory processes.

Keywords: aeroecology, bird radar, flight altitude, migration, ringing, wetlands

INTRODUZIONE

La tecnologia radar è da tempo riconosciuta come uno strumento importante per studiare la fenologia migratoria di migrazione degli uccelli. Questo perché l'attività migratoria si svolge spesso a quote elevate rispetto al suolo e in più durante la notte, condizioni che si adattano bene al monitoraggio radar ma che risultano difficili per altri metodi di osservazione (Nilsson et al. 2018). I radar a scansione verticale per uccelli (AVLR, *Avian Vertical-Looking Radars*) possono tracciare singoli uccelli

a seconda delle loro dimensioni e del comportamento di volo, catturando dettagli quali quota, velocità, intensità del segnale riflesso dal target e direzione (Shi et al. 2021). Gli AVLR, come altri radar, funzionano rilevando gli echi degli impulsi trasmessi, formati quando essi vengono riflessi dagli oggetti. La variazione temporale di questi echi viene poi analizzata per estrarre diverse metriche utili all'identificazione dei singoli uccelli. Ad esempio, le cosiddette *signature* degli echi (ossia, la variazione nel tempo dell'intensità dell'eco stesso) riflettono le caratteristiche del battito delle ali degli uccelli in volo,

consentendo di derivare misure rivelatrici come la frequenza del battito alare o *WFF* (*Wing Flapping Frequency*, il numero di battiti d'ali per fase di volo diviso per la durata della stessa, Bruderer 1997). Le caratteristiche distintive degli echi radar, collettivamente chiamate *echo features*, vengono utilizzate per classificare automaticamente gli echi in alcune macrocategorie. Tali categorie, corrispondenti grossomodo a gruppi tassonomici, sono “tipo passeriforme” (caratterizzato da un battito alare regolare e intermittente), “tipo anseriforme” (con un battito alare continuo), “tipo rondone” (che presenta interruzioni irregolari nella fase di battito alare dovute al planare, come nei rondoni e nei gruccioni), “uccello grande” (che non mostra battiti alari o, più spesso, presenta un pattern irregolare) e “uccelli non identificati” (Schmaljohann et al. 2008).

Durante la primavera, milioni di passeriformi volano attraverso le valli della regione alpina per raggiungere i siti di nidificazione a nord delle Alpi (Hirschhofer et al. 2023). Queste valli rappresentano spesso rotte obbligate per un gran numero di passeriformi migratori. Dato il ruolo di barriera rappresentato dalle Alpi, la presenza ai piedi di queste ultime di aree di *stopover* (i.e. luoghi di sosta, spesso rappresentate da zone umide, dove gli uccelli possano fermarsi per recuperare le energie necessarie alla migrazione; Giuntini et al. 2023; Lardelli & Scandolaro 2023) è cruciale per consentire a queste specie di completare la traversata di questa catena montuosa. La Riserva Naturale delle Bolle di Magadino (Canton Ticino, Svizzera, 8°51'56.90"E, 46°9'42.17"N, superficie totale di 6.7 km²) è una zona umida protetta situata in un paesaggio estuario dove il fiume Ticino sfocia nel Lago Maggiore. È da tempo riconosciuta come un'importante area di *stopover* per i passeriformi migratori e, dal 1982, è protetta come Zona Umida di Importanza Internazionale Ramsar (RSIS 2017). Inoltre, fa parte del *European-African Songbird Migration Network*, un'iniziativa di ricerca focalizzata sulla migrazione dei passeriformi fra Paleartico e continente africano (Bairlein 1998).

L'inanellamento scientifico degli uccelli è tradizionalmente una delle tecniche più utilizzate per il monitoraggio della migrazione, offrendo il significativo vantaggio dell'identificazione a livello di specie degli individui catturati, a cui spesso si aggiunge l'identificazione del sesso, della classe di età e la misurazione di varie caratteristiche biometriche (Du Feu et al. 2016). Se tali preziose informazioni fanno sì che sia possibile utilizzare l'inanellamento per una descrizione a livello qualitativo del fenomeno migratorio in una certa area, il numero di uccelli inanellati viene frequentemente utilizzato anche come indicatore affidabile dell'intensità migratoria (Giuntini et al. 2023). Tuttavia, sebbene l'utilizzo della tecnica di inanellamento per un monitoraggio della migrazione a livello quantitativo possa ritenersi valido in luoghi in cui le reti per catturare gli uccelli vengono posizionate ad altezze dove gli uccelli migratori volano tipicamente senza fermarsi (ad esempio, nei valichi alpini ad alta quota; Stark et al. 2019), non è necessariamente applicabile come indicatore diretto dell'intensità migratoria in un'area di *stopover* dove, per definizione, gli uccelli si fermano per riposare.

Questo studio mira ad avvalersi dell'uso accoppiato di tecnologia radar e inanellamento scientifico per dipingere un quadro il più completo possibile della migrazione primaverile dei passeriformi nell'area umida delle Bolle di Magadino, utilizzando i dati radar e di inanellamento raccolti durante le stagioni primaverili del 2021 e 2022. In particolare, miriamo ad utilizzare il radar per quantificare l'entità del traffico migratorio notturno e diurno dei passeriformi, delineare le altitudini di volo più comunemente utilizzate dai passeriformi nell'area di Magadino e descrivere la fenologia oraria. Inoltre, utilizzeremo i dati di inanellamento e le informazioni relative alla frequenza del battito d'ali per tentare di descrivere, benché grossolanamente, la composizione tassonomica dei passeriformi in migrazione sopra Magadino. Infine, confronteremo le abbondanze stimate tramite inanellamento e radar al fine di verificare se i due differenti metodi di monitoraggio rilevano parallelismi nella fenologia migratoria.

MATERIALI E METODI

Monitoraggio radar

Per mettere in atto il monitoraggio radar abbiamo utilizzato l'AVLR BirdScanMR1 della Swiss Birdradar Solutions AG, posizionato a circa 5 km dalla Riserva Naturale delle Bolle di Magadino, presso l'Agenzia Federale Svizzera Agroscope (Cadenazzo). Tale radar, con una potenza di picco di 25 kW e un raggio d'azione di 0.05-2 km, opera nella band X (9.4 GHz) ed è stato impostato affinché operasse in modalità a impulsi brevi per ottenere dati dettagliati a basse altitudini (<1'500-2'000 m) e in modalità mista rotante/non-rotante (30 minuti per ogni ora). Quando il radar è in modalità non-rotante, infatti, non è in grado di rilevare la direzione e la velocità di volo degli uccelli ma la classificazione degli echi risulta più precisa. Gli echi registrati sono poi stati processati ed è stata eseguita la classificazione in macrocategorie (o classi) già accennata nell'introduzione (Zaugg et al. 2008; Nilsson et al. 2018; Schmid et al. 2019) e mantenuti solo i dati relativi agli echi di tipo passeriforme. La classificazione automatica degli echi in classi viene applicata a tutti i target rilevati fino a 1'500 m di quota; tuttavia, la precisione del modello di classificazione è particolarmente elevata nei primi 800 m per i piccoli passeriformi, e tende a diminuire progressivamente alle quote superiori (Schmid et al. 2019). Il radar è stato operativo dal 1° marzo al 31 maggio in entrambi gli anni, con due interruzioni dovute a malfunzionamenti dal 19 al 22 maggio 2021 e dal 2 al 13 aprile 2022. L'analisi dei dati è stata condotta utilizzando il pacchetto birdscanR (v 0.1.2; Haest et al. 2023), che ci permette di calcolare il tasso di traffico migratorio o MTR (*Migration Traffic Rate*). L'MTR viene comunemente utilizzato come indice dell'intensità migratoria misurata tramite radar, in quanto corrispondente al numero di individui che attraversano un transetto immaginario largo 1 km, perpendicolare alla direzione della migrazione, in un'ora di tempo (l'unità di misura risultante è dunque uccelli/km/h). In questo studio, l'MTR è stato calcolato entro

un intervallo di altitudine fino a 1'500 m sopra il livello del suolo (agl, *Above Ground Level*). Durante i periodi in cui il radar era in modalità non rotante o inattivo, il tempo di osservazione effettivo è stato calcolato sottraendo i “tempi ciechi” (*blind times*). L'MTR è quindi stimato come la somma dei fattori di riflettività divisi per il tempo effettivo di osservazione in ciascun intervallo temporale e altimetrico. Questo approccio consente di integrare dati da entrambe le modalità (i.e. rotante e non rotante) ottenendo un indice di traffico migratorio normalizzato rispetto al tempo di copertura radar. Ogni eco registrato dal radar è stato classificato in base all'orario di cattura come “diurno” (se registrato durante il giorno, cioè dall'alba civile al tramonto civile) o “notturno” (se registrato durante la notte, dal tramonto civile all'alba civile).

Dati di inanellamento

Nella zona della Bolla Rossa, all'interno della Riserva delle Bolle di Magadino, è attiva dal 1994 una stazione di inanellamento dell'avifauna a scopo scientifico. Per questa analisi abbiamo utilizzato i dati di inanellamento forniti dalla Fondazione Bolle di Magadino per la primavera del 2021 (dal 6 marzo al 2 maggio) e del 2022 (dal 20 marzo al 10 maggio), corrispondenti ad un totale di 3'380 catture di passeriformi nel 2021 e 1'840 nel 2022, ricatture escluse. In entrambi gli anni, l'inanellamento è stato interrotto prima della fine di maggio a causa dei livelli eccezionalmente alti del Lago Maggiore, che hanno reso impossibile proseguire le operazioni.

Analisi statistiche

Tutti i calcoli sono stati eseguiti in ambiente R (versione 4.0.5; R Core Team 2021) utilizzando RStudio (versione 1.4.1103; RStudio Team 2020).

Per fornire una panoramica completa della migrazione, sono stati condotti i seguenti test di confronto, utilizzando una serie di t-test di Welch a due campioni (tenendo conto della disuguaglianza nelle varianze dei campioni):

- Un confronto fra l'MTR di tipo passeriforme diurno e quello notturno
- Un confronto fra le altitudini di volo degli echi di tipo passeriforme diurni e notturni
- Un confronto fra le frequenze del battito d'ali (WFF) degli echi di tipo passeriforme diurni e notturni

È stato poi utilizzato il test di Kruskal-Wallis per valutare l'effetto del mese sui valori di WFF, seguito da un test post-hoc di Dunn (calcolato utilizzando la funzione `dunn.test` del pacchetto R `FSA`; Ogle et al. 2023) per

identificare i mesi che hanno influenzato significativamente la variazione di WFF. Il livello di significatività è stato aggiustato utilizzando la correzione di Bonferroni (Dinno 2015).

Infine, è stata calcolata la correlazione di Pearson tra l'MTR di tipo passeriforme, senza distinzione tra diurno e notturno, e i dati di inanellamento utilizzando la funzione `cor.test()` del pacchetto `stats` di R. L'analisi è stata effettuata separatamente per le primavere 2021 e 2022, considerando esclusivamente i giorni in cui entrambi i metodi di monitoraggio erano contemporaneamente operativi. Per la primavera 2022, a causa dell'interruzione nei dati radar, sono stati eseguiti due test di correlazione separati, uno relativo al periodo antecedente al 2 aprile e uno successivo al 14 aprile.

RISULTATI

Quantificazione della migrazione dei passeriformi

L'MTR orario medio dei passeriformi misurato nell'area di Magadino è stato di 199.15 ± 626.71 uccelli/km/h (media \pm deviazione standard) per la primavera del 2021 e di 141.95 ± 233.06 uccelli/km/h per la primavera del 2022. Aprile è stato il mese con l'MTR più alto nel 2021 (313.26 ± 359.70 uccelli/km/h), seguito da maggio e marzo, mentre nel 2022 maggio ha registrato l'MTR medio più alto (152.01 ± 78.24 uccelli/km/h), seguito da marzo e aprile (Tab. 1). Tuttavia, i valori medi mensili sono stati calcolati esclusivamente sui giorni per i quali erano disponibili dati radar. In particolare, poiché come già menzionato per il mese di aprile 2022 i dati sono mancanti nel periodo tra il 2 e il 13 aprile, la media riportata per quel mese riflette solo i giorni rimanenti (1°, 14-30 aprile). L'eventuale influenza di questi giorni mancanti sull'MTR mensile non è nota e va considerata come una possibile fonte di bias nei confronti interannuali o tra mesi. Per ciascuno dei mesi e degli anni considerati, l'MTR medio notturno è stato costantemente superiore rispetto a quello diurno, superando sempre di almeno il doppio il valore diurno, con l'eccezione di maggio 2022 (Tab. 1)

Il massimo valore di MTR raggiunto durante il periodo di studio è stato di 13'017 uccelli/km/h nel 2021, registrato alle ore 21:00 del 14 aprile; mentre nel 2022, il massimo è stato di 3'212 uccelli/km/h, misurato alle ore 4:00 del 23 aprile. In entrambi gli anni, l'MTR notturno ha prevalso su quello diurno fino a circa metà maggio, seguito da un'inversione di tendenza nelle ultime due settimane del mese (Fig. 1). L'intervallo orario con la maggiore intensità migratoria sembra essere tra

Tabella 1: Migration Traffic Rate (MTR) orario medio (uccelli/km/h) di tipo passeriforme (\pm deviazione standard) misurato nell'area di Magadino durante la migrazione primaverile negli anni 2021 e 2022. I valori sono suddivisi in: traffico migratorio misurato durante il giorno (tra due albe civili), misurato durante la notte (tra due tramonti civili) e considerando l'intero arco delle 24 ore (“totale”).

	MARZO		APRILE		MAGGIO		INTERA STAGIONE	
	2021	2022	2021	2022	2021	2022	2021	2022
Giorno	24 \pm 95	48 \pm 21	82 \pm 66	65 \pm 67	170 \pm 157	136 \pm 68	98 \pm 25	86 \pm 22
Notte	58 \pm 172	257 \pm 208	738 \pm 918	225 \pm 254	344 \pm 447	185 \pm 158	358 \pm 42	229 \pm 38
Totale	41 \pm 128	139 \pm 103	313 \pm 359	134 \pm 127	267 \pm 313	152 \pm 78	199 \pm 35	142 \pm 30

le 23:00 e le 5:00 nel mese di marzo, tra le 21:00 e le 5:00 ad aprile, per poi perdere progressivamente i picchi orari distinti in maggio (anche se le ore tra le 7:00 e le 9:00 del mattino mostrano ancora, in media, un traffico migratorio relativamente basso; Fig. 2).

Il numero medio di passeriformi inanellati al giorno presso la stazione della Bolla Rossa nella primavera del 2021 è stato di 80.5, con un picco di 375 uccelli inanellati il 15 aprile. Nel 2022, tuttavia, la media giornaliera è stata di 36.8, con un picco raggiunto il 24 aprile, quando sono stati inanellati 120 uccelli. Nel 2021, la specie più inanellata è stata il pettirosso europeo *Erithacus rubecula*, catturato 1'219 volte, seguita dalla capinera *Sylvia atricapilla* (609 volte) e dal lui piccolo *Phylloscopus collybita* (355 volte). Anche nel 2022 le due specie più frequentemente inanellate sono state *E. rubecula* (539 volte) e *S. atricapilla* (283 volte), ma questa volta seguite dal lui grosso *Phylloscopus trochilus*, catturato 181 volte. Questi numeri non includono i singoli individui ricatturati più volte (Fig. 3). L'altitudine di volo media misurata durante il giorno è stata di 546.39 ± 331.06 m sopra il livello del suolo nel 2021, con il 50% degli uccelli rilevati che volavano sotto i 460 m e il 75% sotto gli 800 m. Durante la notte, l'altitudine media di volo è stata di 639.17 ± 295.09 m, con il 50% degli uccelli rilevati sotto i 607 m e il 75% sotto gli 816 m. Nel 2022, l'altitudine media diurna è stata di 575.10 ± 338.10 m, con il 50% degli uccelli che volavano sotto i 517 m e il 75% sotto gli 860 m; durante la notte è stata invece di 604.96 ± 288.98 m, con il 50% degli uccelli rilevati sotto i 595 m e il 75% sotto gli 800 m (Figg. 4 e 5, Tab. 2).

Analisi statistiche

Il confronto tra i valori di MTR di tipo passeriforme misurati durante la notte e quelli misurati durante il giorno per l'intera primavera del 2021 ha rivelato una differenza significativa tra le medie dei due campioni ($t = 8.0006$, d.f. = 944.57, $p < 0.001$), con valori notturni significativamente superiori a quelli diurni. L'intervallo di confidenza al 95% per la differenza tra le medie (notte – giorno) variava da 196.03 a 323.46. Nel 2022, l'analisi ha rivelato nuovamente una differenza significativa ($t = 12.724$, d.f. = 1'099.3, $p < 0.001$), con un intervallo di confidenza al 95% per la differenza (notte – giorno) compreso tra 120.60 e 164.58.

È stato poi condotto un t-test di Welch a due campioni per confrontare le altitudini medie di volo degli echi di tipo passeriforme diurni e notturni. Nel 2021, il test ha rivelato una differenza significativa ($t = 60.33$, d.f. = 194'673, $p < 0.001$), con altitudini notturne significativamente più elevate rispetto a quelle diurne. L'intervallo

di confidenza al 95% per la differenza tra le medie (notte – giorno) era compreso fra 82.72 e 88.27 m. Per l'anno 2022, i risultati hanno indicato nuovamente una differenza significativa tra le medie dei due campioni ($t = 20.97$, d.f. = 167'356, $p < 0.001$). L'intervallo di confidenza al 95% per la differenza tra le medie si collocava fra 32.67 e 27.08.

Un ultimo t-test è stato eseguito per confrontare i valori medi della frequenza del battito d'ali (WFF) registrati durante la notte e il giorno. La media della WFF degli echi di tipo passeriforme registrati durante la notte era di 17.3 ± 14.7 Hz nel 2021 e di 18.9 ± 17.5 Hz nel 2022, mentre durante il giorno corrispondeva a 21.3 ± 22.5 Hz nel 2021 e 22.1 ± 22.5 Hz nel 2022. L'analisi ha rivelato, per entrambi gli anni, una differenza significativa tra le medie dei due campioni ($t = -43.146$, $p < 0.001$ per il 2021; $t = -35.245$, $p < 0.001$ per il 2022). L'intervallo di confidenza al 95% per la differenza tra le medie si collocava fra -3.75 e -3.43 nel 2021 e fra -3.35 e -2.99 nel 2022.

Il test di Kruskal-Wallis ha infine mostrato una differenza significativa nei valori di WFF tra i diversi mesi sia nel 2021 ($\chi^2 = 489.01$, d.f. = 2, $p < 0.001$) sia nel 2022 ($\chi^2 = 2'116.2$, d.f. = 2, $p < 0.001$). Nel 2022, la WFF media aumenta con l'avanzare della stagione, passando da 18.9 Hz a marzo, a 19.1 Hz ad aprile, fino a 22.1 Hz a maggio, con un incremento ancora più evidente considerando solo il traffico notturno (da 14.1 Hz a 17.5 Hz fino a 21.4 Hz; Tab. 3). Il test post-hoc di Dunn ha rivelato differenze significative tra aprile e maggio (p aggiustato < 0.001), aprile e marzo (P aggiustato < 0.001) e maggio e marzo (p aggiustato < 0.001), utilizzando il metodo Bonferroni per l'aggiustamento del valore p . Lo stesso risultato significativo è stato ottenuto sia considerando solo gli echi notturni sia senza fare distinzione tra giorno e notte. Tuttavia, sebbene la variazione della WFF tra i diversi mesi, come determinato dal test di Dunn, sia risultata significativa anche nel 2021, la WFF media non ha mostrato un aumento percepibile durante quella stagione: specificatamente, essa è passata da 23.6 Hz a marzo, a 17.7 Hz ad aprile, per poi arrivare a 20.4 Hz a maggio (Fig. 6 e Tab. 3). L'analisi della correlazione di Pearson fra i due metodi di monitoraggio ha evidenziato una correlazione moderata e significativa tra l'MTR di tipo passeriforme e i dati di inanellamento nella primavera 2021 ($r = 0.32$, $p < 0.05$). Per il 2022 è stata rilevata una correlazione relativamente elevata e significativa nel periodo antecedente al 2 aprile ($r = 0.60$, $p < 0.05$), mentre non è stata riscontrata una correlazione significativa nel periodo successivo al 14 aprile (Fig. 7).

Tabella 2: Altitudine media (dal livello del suolo, \pm deviazione standard) rilevata degli echi di tipo passeriforme registrati durante la notte e durante il giorno nelle primavere del 2021 e del 2022. "Totale" si riferisce all'intero arco delle 24 ore. Tutti i valori sono espressi in metri.

	MARZO		APRILE		MAGGIO		INTERA STAGIONE	
	2021	2022	2021	2022	2021	2022	2021	2022
Giorno	463 \pm 343	350 \pm 255	522 \pm 342	692 \pm 355	564 \pm 326	561 \pm 326	546 \pm 335	575 \pm 338
Notte	484 \pm 253	643 \pm 262	532 \pm 242	551 \pm 231	707 \pm 309	621 \pm 322	639 \pm 299	605 \pm 290
Totale	473 \pm 325	525 \pm 296	527 \pm 295	636 \pm 319	626 \pm 326	578 \pm 326	588 \pm 323	586 \pm 322

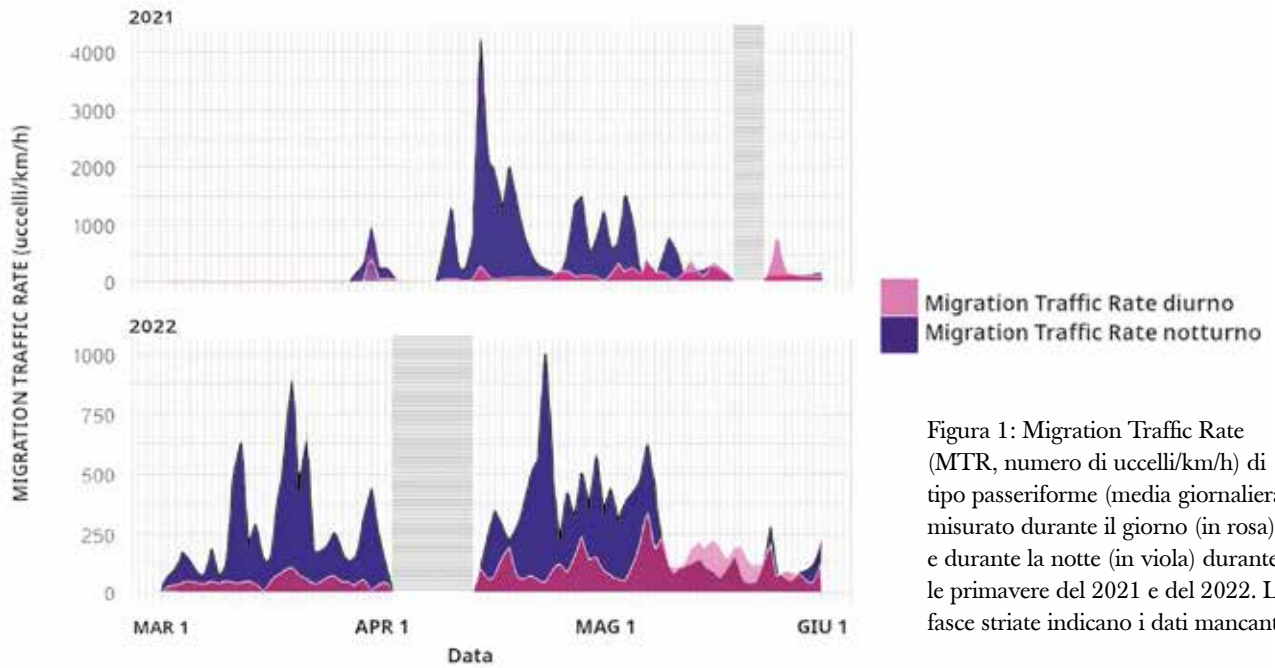


Figura 1: Migration Traffic Rate (MTR, numero di uccelli/km/h) di tipo passeriforme (media giornaliera) misurato durante il giorno (in rosa) e durante la notte (in viola) durante le primavere del 2021 e del 2022. Le fasce striate indicano i dati mancanti.

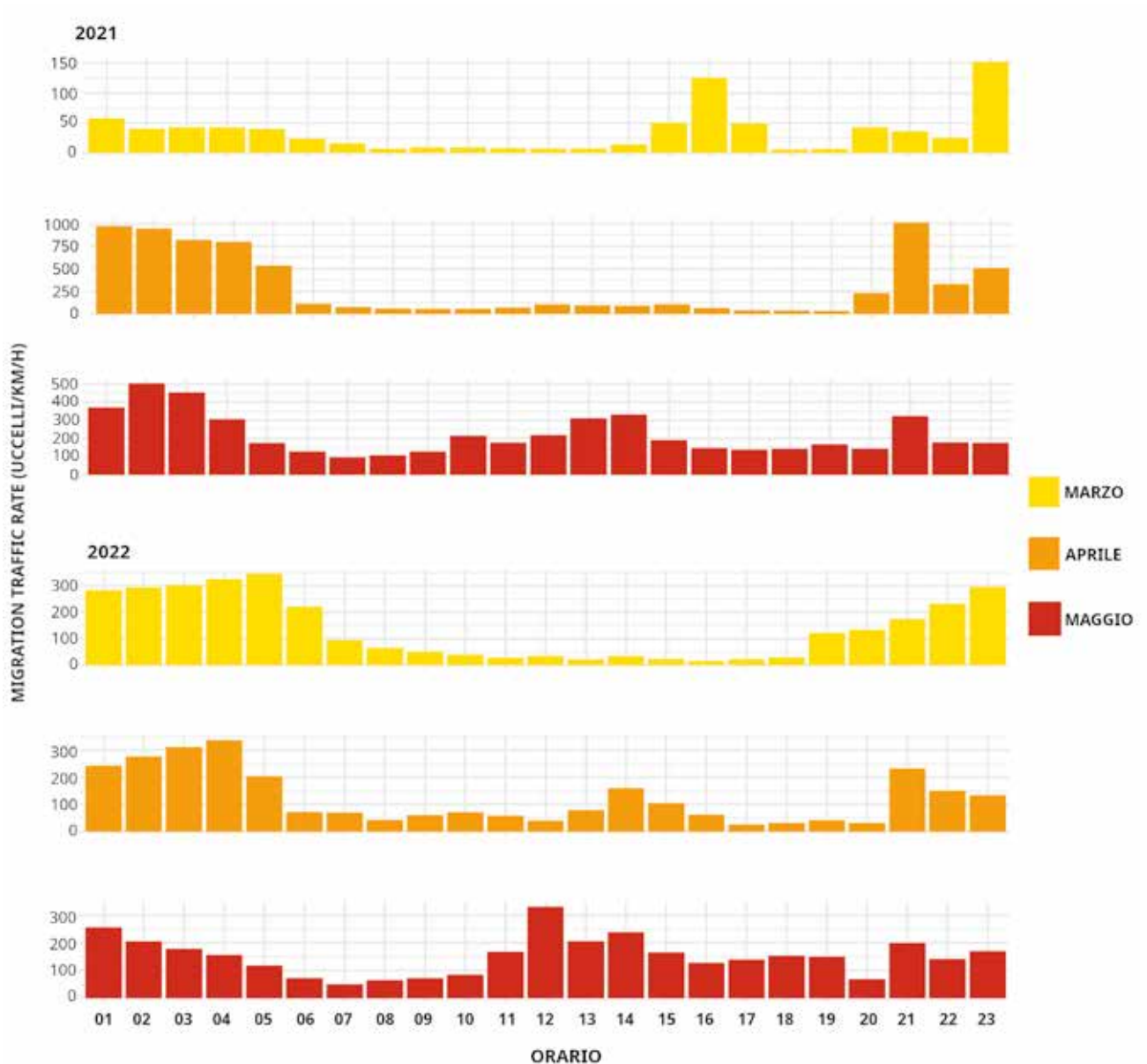


Figura 2: Fenologia oraria media (in termini di MTR) dei passeriformi, misurati tramite radar, in volo sopra la riserva di Magadino a marzo, aprile e maggio 2021 (sopra) e 2022 (sotto).

Tabella 3: Wing Flapping Frequency (WFF, in Hz: numero di battiti per fase di volo, \pm deviazione standard) media degli echi di tipo passeriforme misurati durante la notte e durante il giorno nel 2021 e nel 2022. Tutti i valori sono espressi in Hz.

	MARZO		APRILE		MAGGIO	
	2021	2022	2021	2022	2021	2022
Giorno	25.1 \pm 25.9	25.9 \pm 24.7	19.5 \pm 22.5	19.9 \pm 21.7	21.4 \pm 21.7	22.3 \pm 22.4
Notte	17.8 \pm 12.9	14.1 \pm 7.61	16.1 \pm 11.9	17.5 \pm 15.4	19.0 \pm 16.1	21.4 \pm 20.7
Totale	23.6 \pm 23.9	18.9 \pm 17.8	17.7 \pm 17.8	19.1 \pm 19.5	20.4 \pm 19.8	22.1 \pm 21.9

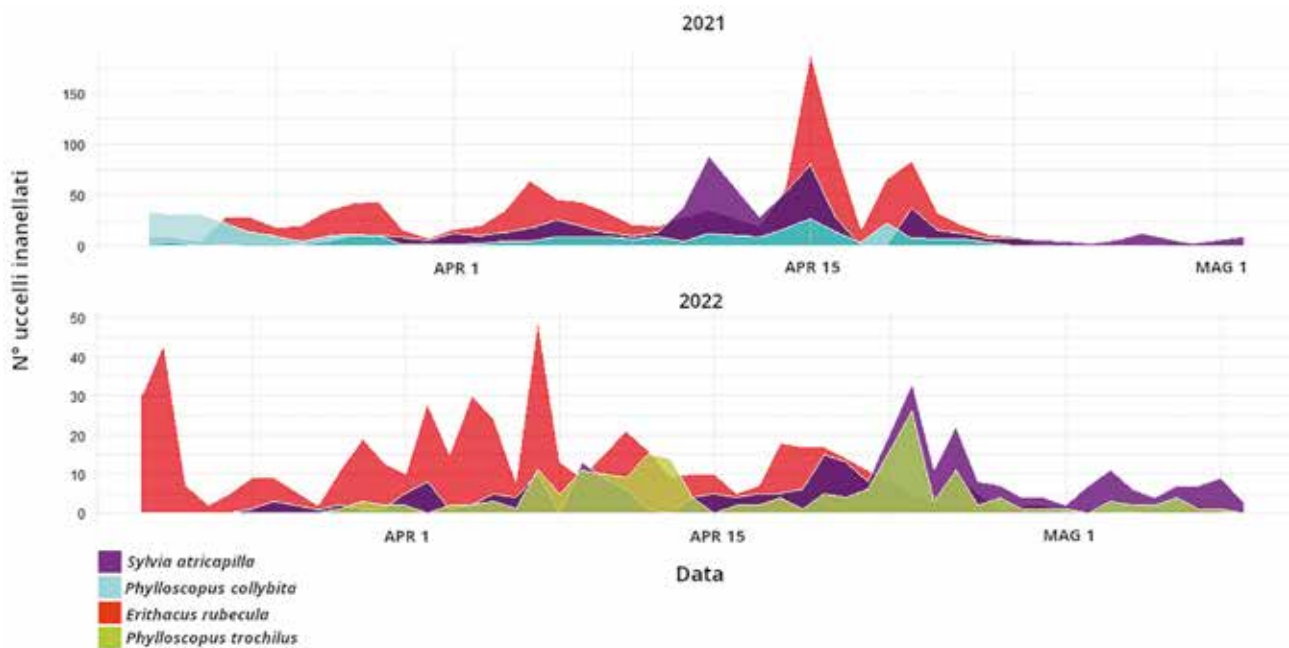


Figura 3: Fenologia primaverile, ricavata dai dati di inanellamento, delle specie di passeriformi più frequentemente catturate a Magadino nel 2021 e nel 2022.

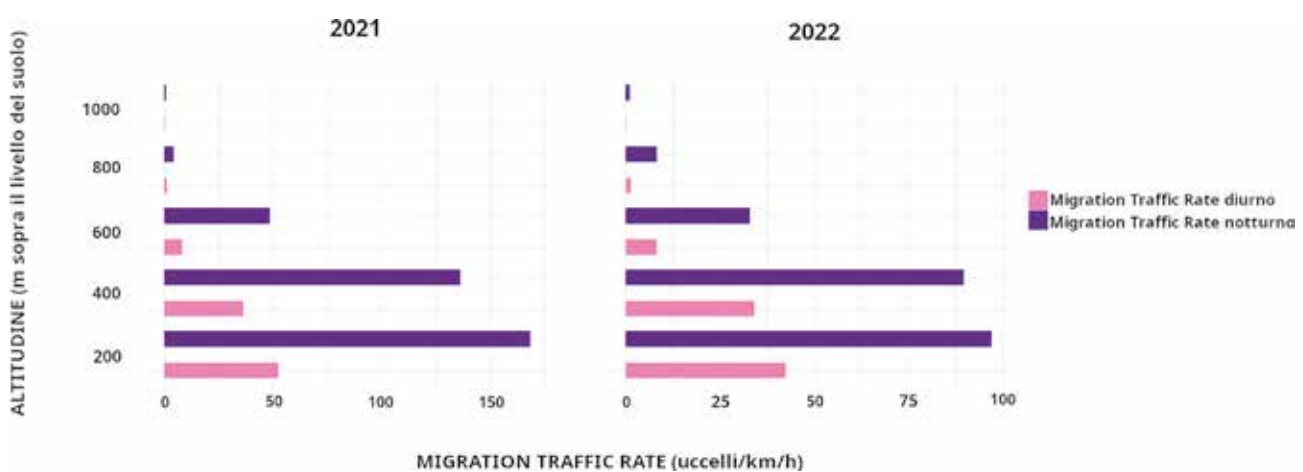


Figura 4: Migration Traffic Rate (MTR, numero di uccelli/km/h) medio di tipo passeriforme per le primavere 2021 e 2022, suddiviso per intervalli di altitudine (sopra il livello del suolo) di 200 metri (0-200 m, 200-400 m, 400-600 m, 600-800 m, 800-1000 m). L'MTR è suddiviso in diurno (rosa) e notturno (viola).

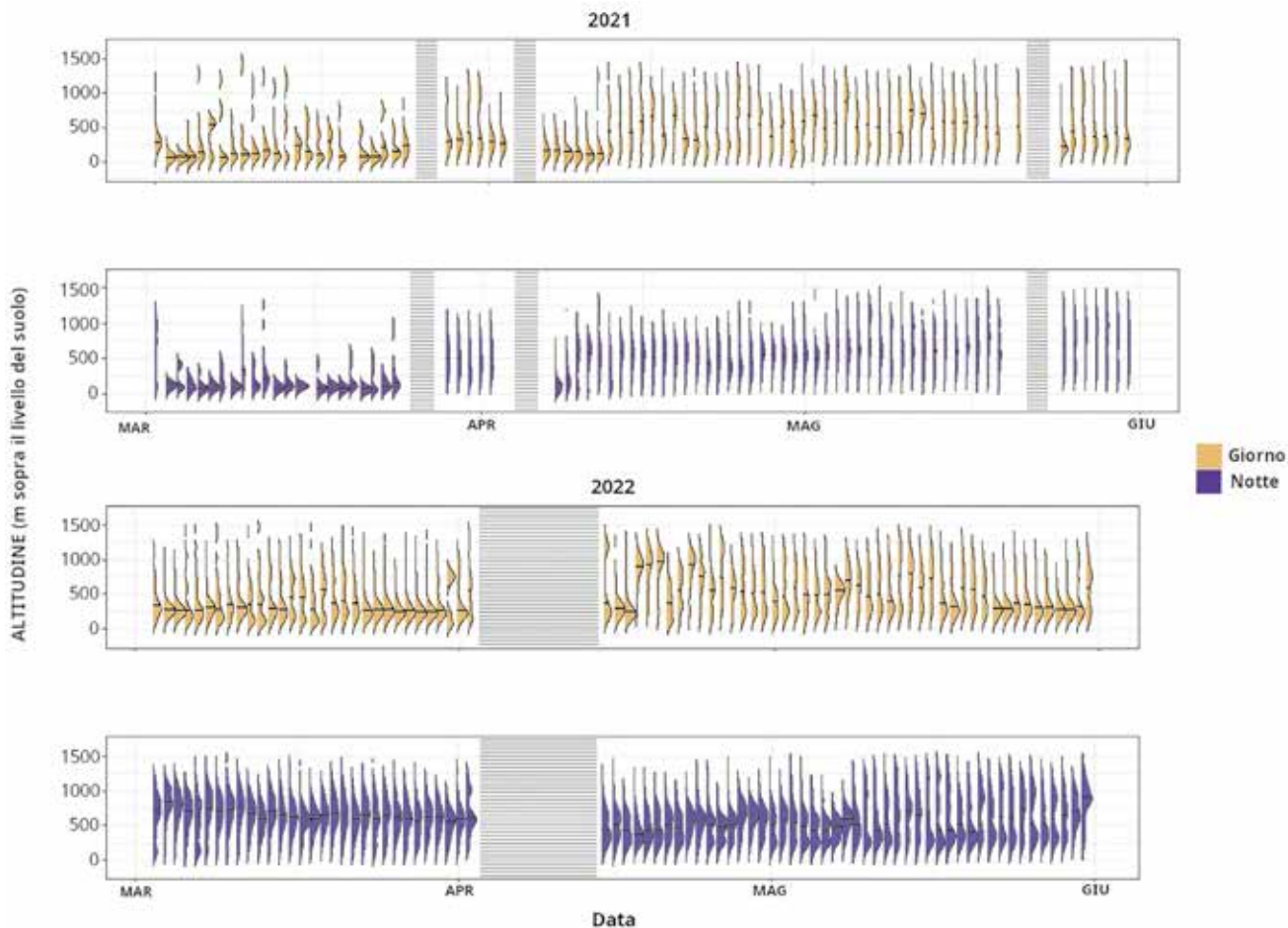


Figura 5: Variazione dell'altitudine di volo (sopra il livello del suolo, in m) degli echi di tipo passeriforme registrati durante la notte (in viola) e durante il giorno (in giallo) nel 2021 e nel 2022. Le linee nere orizzontali indicano la media giornaliera; le bande grigie coprono i periodi con dati mancanti.

DISCUSSIONE

I valori di MTR registrati forniscono una chiara rappresentazione delle intensità della migrazione primaverile dei passeriformi: nel 2021, aprile ha mostrato i livelli più alti di MTR, seguito da maggio e marzo, mentre nel 2022, è stato maggio a registrare l'MTR medio più alto, seguito da marzo e aprile. Tuttavia, la mancanza di dati tra il 2 e il 13 aprile (periodo che nel 2022 ha coinciso con il picco della migrazione) potrebbe aver influenzato il valore complessivo, rendendolo non rappresentativo del massimo potenziale migratorio del mese. Ulteriori prove a supporto di questa ipotesi risiedono nella presenza, all'interno del dataset di inanellamento, di un picco di catture durante il periodo purtroppo non coperto dai dati radar, con livelli paragonabili a quelli osservati nella seconda metà di aprile (Fig. 7). Tuttavia, la scarsità di dati di inanellamento per maggio impedisce un confronto completo tra i due dataset. In ogni caso, i valori medi di MTR rilevati durante la notte (357.80 uccelli/km/h nel 2021 e 229 uccelli/km/h nel 2022) sono ampiamente coerenti con i risultati riportati da Hirschhofer et al. (2023) in altre aree della Svizzera durante le due primavere precedenti (2019 e 2020), dove le medie erano di 499 uccelli/km/h a Sempach e 992 uccelli/km/h a Urseren, due località situate a nord di Magadino, lungo la stessa rotta migratoria. I valori più alti di MTR in aprile e maggio

rispetto a marzo rispecchiano invece i risultati ottenuti da Zehindjiev & Liechti (2003) nei Balcani.

La marcata disparità nell'attività migratoria tra giorno e notte, con un valore di MTR notturno che supera costantemente quello diurno (spesso di un fattore pari a due) persiste fino a metà maggio in entrambi gli anni, seguita da un'inversione di tendenza nelle ultime due settimane del mese. Questo fenomeno può essere attribuito alla già nota prevalenza di specie notturne tra i passeriformi migratori, che occupano quindi una porzione significativa del volume radar (Fusani et al. 2014). Del resto, tutte e quattro le specie più inanellate durante il periodo di studio sono migratrici notturne o prevalentemente tali. Tale differenza tra notte e giorno è in linea con le osservazioni fatte in altre aree della Svizzera, in particolare nelle città di Ginevra e Sempach (entrambe situate a nord delle Alpi), dove l'MTR diurno rimane approssimativamente al 60% di quello notturno per gran parte del periodo primaverile (Tschanz et al. 2020). Poiché il numero di specie in pieno picco migratorio tende a diminuire con il progredire della stagione (la media totale dell'MTR inizia a calare a maggio; Tab. 1), è plausibile che il rapporto tra migrazione notturna e diurna tenda a modificarsi e persino a invertirsi. La diminuzione generale del numero di specie in picco migratorio e l'aumento dei migratori diurni, come la rondine comune e il balestruccio, da fine aprile a inizio maggio, potrebbe spiegare questo cambiamento. Anche

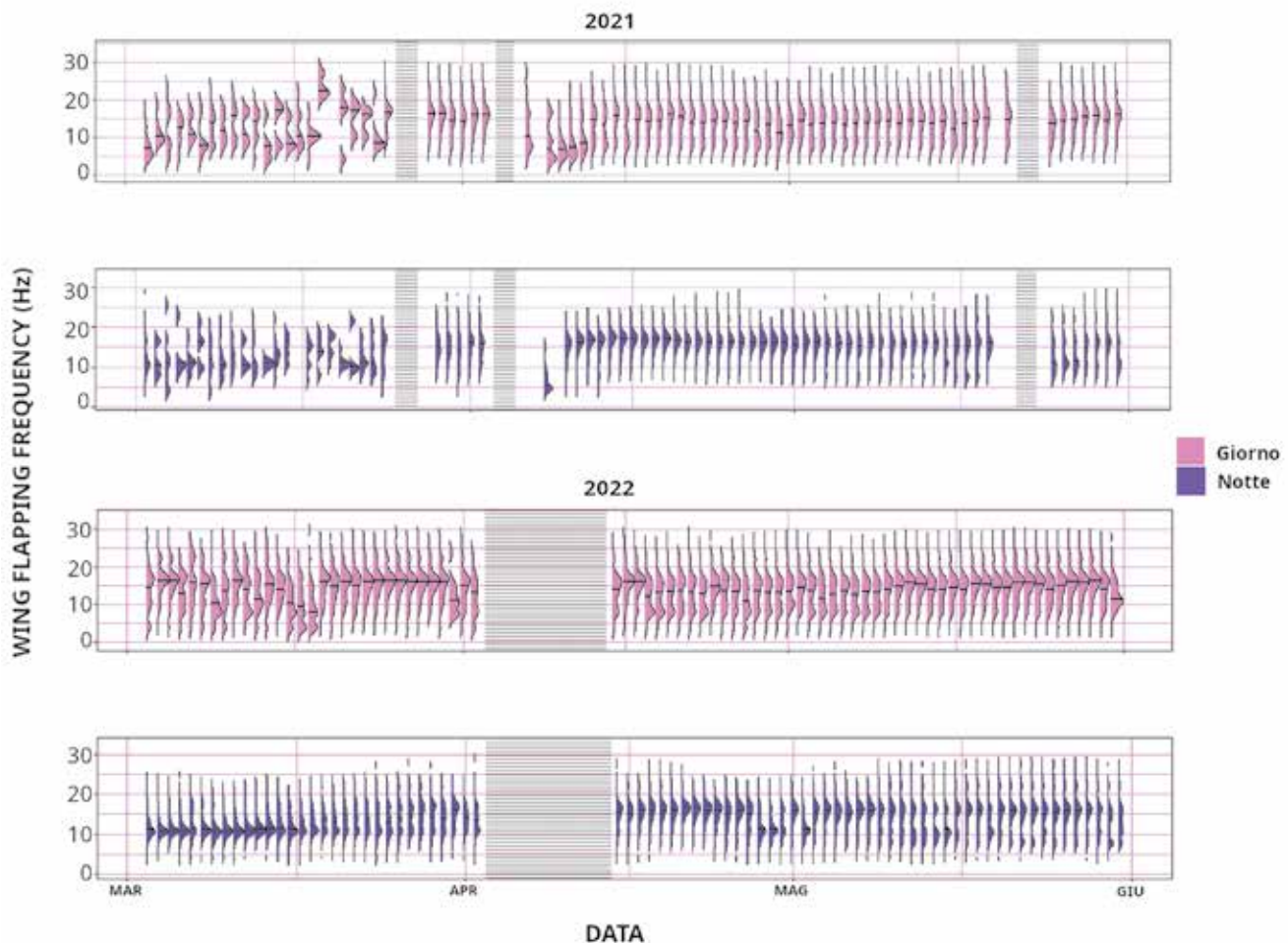


Figura 6: Variazione della Wing Flapping Frequency (WFF, in Hz: numero di battiti per fase di volo) degli echi di tipo passeriforme registrati durante la notte (in viola) e durante il giorno (in rosa) nel 2021 e nel 2022. Le linee nere orizzontali indicano la media giornaliera; le bande grigie coprono i periodi con dati mancanti.

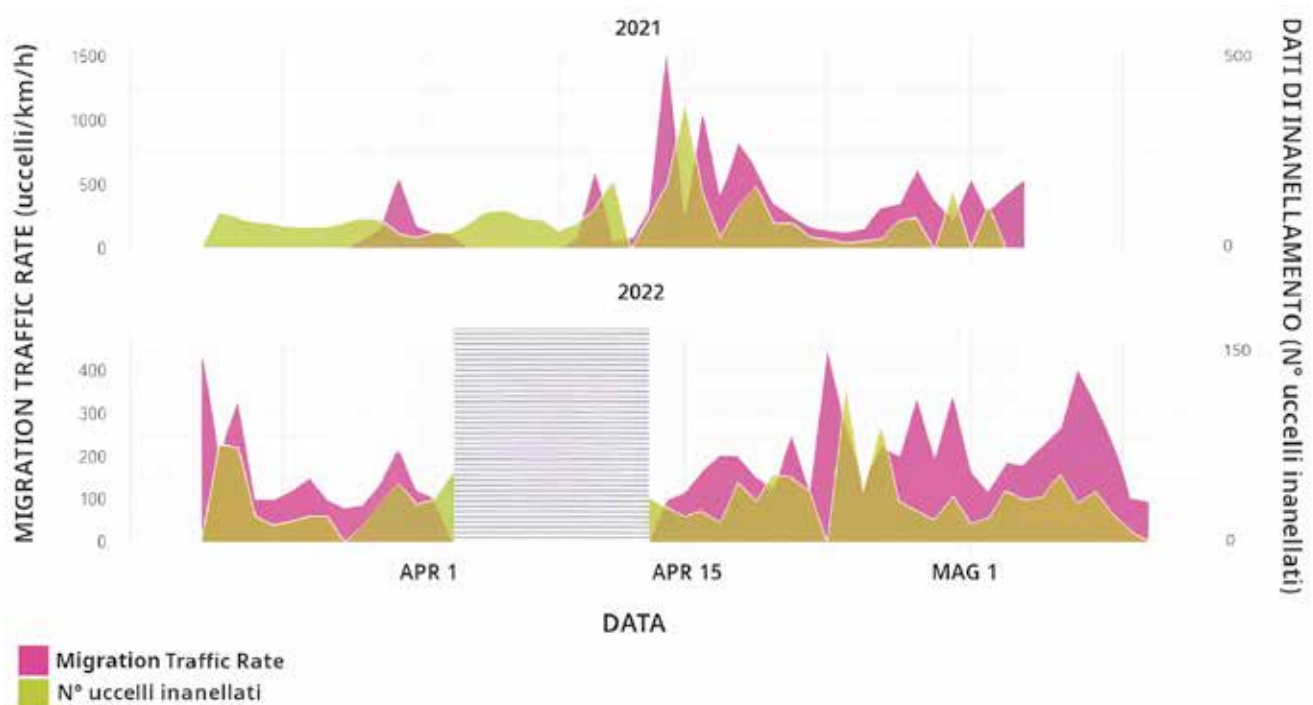


Figura 7: Numero complessivo di passeriformi inanellati presso la stazione della Bolla Rossa a Magadino e valore medio dell' MTR (senza distinzione tra monitoraggio diurno e notturno) per le primavere 2021 e 2022. In figura è mostrato solo il periodo in cui entrambi i metodi di monitoraggio erano operativi contemporaneamente. La banda grigia indica il periodo con dati radar mancanti.

la riduzione nella presenza di picchi orari riconoscibili nel mese di maggio potrebbe essere dovuta all'aumento del numero di migratori diurni che bilanciano l'MTR (Fig. 2). Tendenze simili, del resto, sono state osservate in altre città svizzere (Tschanz et al. 2020).

L'altitudine media di volo ha differito significativamente tra notte e giorno in entrambi gli anni. L'altitudine a cui volano gli uccelli migratori è probabilmente influenzata da vari fattori, principalmente dai venti e dai tentativi di ottimizzare il consumo energetico (Pennycuik 1978). Studi precedenti sui migratori notturni hanno dimostrato la loro selettività per le altitudini di volo con venti favorevoli; gli uccelli diurni, tuttavia, non sembrano selezionare l'altitudine ottimale in relazione all'assistenza del vento di coda (Mateos-Rodríguez & Liechti 2012); al contrario, tendono a selezionare la prima altitudine ottimale incontrata durante l'ascesa, anche quando venti migliori si verificavano a quote più alte. Secondo questa logica, dunque, la differenza fra altitudini diurne e notturne potrebbe semplicemente essere spiegata dalla maggiore presenza di migratori notturni rispetto ai diurni. Anche la temperatura dell'aria, però, e altre variabili meteorologiche probabilmente influenzano la scelta dell'altitudine di volo: ad esempio, gli uccelli tendono a evitare strati della troposfera con correnti d'aria più fredde (Kemp et al. 2013). In generale, la quota prescelta negli uccelli sembra riflettere un equilibrio tra varie pressioni adattative, rendendo difficile formulare ipotesi solide senza la conoscenza delle condizioni meteorologiche e ambientali nei giorni considerati nel presente studio. Tuttavia, gli uccelli migratori tendono a volare più in alto rispetto agli uccelli residenti (Able 1970; Sæther 1982), quindi la diminuzione dell'altitudine dopo il picco migratorio potrebbe riflettere un aumento della proporzione di uccelli residenti. È importante ricordare inoltre che, come già accennato, la precisione della classificazione automatica degli echi come passeriformi è massima nei primi 800 metri d'altitudine, mentre tende a diminuire progressivamente sopra questa quota. Ciò potrebbe portare a una certa sottostima relativa del contributo dei passeriformi alle quote più elevate.

La significativa differenza nella WFF tra i tre mesi probabilmente riflette una variazione nella composizione specifica degli uccelli che sorvolano Magadino, il che è coerente con il progredire della stagione e con la diversa distribuzione diurna e notturna. In linea generale, infatti, i passeriformi di dimensioni maggiori (p.es. Turdidi, Sturnidi) presentano una WFF inferiore, tipicamente tra 9 e 11 Hz, mentre i passeriformi più piccoli (p.es. Silvidi, Fringillidi, Filloscopidi) mostrano WFF più elevate, spesso superiori a 12 Hz, con valori che possono arrivare fino a 20 Hz (Bruderer et al. 2010; Giuntini et al. 2024). Sebbene la WFF sia fortemente determinata dalla morfologia della specie, non si può escludere del tutto che condizioni atmosferiche, come vento contrario o favorevole, influenzino lievemente la frequenza del battito alare all'interno di una stessa specie. Tuttavia, tali variazioni sono verosimilmente contenute e non compromettono l'uso della WFF come indicatore dimensionale utile a livello di gruppo funzionale. In particolare, quindi, tale cambiamento nella WFF potrebbe

riflettere il graduale aumento nella porzione di piccoli passeriformi presenti nell'area. L'aumento della WFF osservato nel corso della stagione, infatti, è più marcato nel traffico notturno, e ciò è attribuibile al picco di presenza delle due specie più frequentemente inanellate (Capinera e Lui piccolo, migratori notturni), che si verifica dalla seconda metà di aprile nel 2022.

I picchi di traffico migratorio rilevati mediante radar e tramite dati di inanellamento risultano in parte coincidenti nei due periodi di studio considerati (Fig. 7). Coerentemente con tale osservazione, l'analisi di correlazione ha mostrato un'associazione positiva tra il traffico migratorio dei passeriformi stimato con le due metodologie: debole ma significativa nella primavera 2021, marcata nella prima parte della primavera 2022 e non significativa nell'ultima fase della stagione 2022. Questi risultati sono parzialmente in linea con quanto emerso da precedenti studi che hanno documentato una relazione positiva tra MTR e numero di uccelli inanellati, tra cui Komenda-Zehnder et al. (2010), Nilsson et al. (2018), Stark et al. (2019) e, in parte, Giuntini et al. (2023), i quali riportano valori di R^2 compresi approssimativamente tra 0.4 e 0.6. Tuttavia, ad eccezione dello studio di Giuntini et al. (2023), anch'esso condotto nell'area delle Bolle di Magadino, nessuno di questi lavori è stato svolto in un sito di *stopover*. Inoltre, tali studi hanno generalmente confrontato i dati di inanellamento con il traffico migratorio notturno della notte precedente, oppure, come nel caso di Stark et al. (2019), con catture effettuate durante la notte stessa. Sebbene sia plausibile attendersi una correlazione più debole tra traffico migratorio e dati di inanellamento in aree di *stopover* (rispetto a località in cui le reti catturano uccelli in migrazione attiva con possibilità di sosta limitate; Stark et al. 2019) i nostri risultati suggeriscono che l'inanellamento può comunque fornire indicazioni utili sull'intensità del traffico migratorio anche in contesti di sosta. È tuttavia opportuno interpretare con cautela tali evidenze, sia per la variabilità osservata nelle correlazioni ottenute, sia alla luce della disomogeneità dei risultati presenti in letteratura. Ad esempio, Maggini et al. (2020) non hanno rilevato alcuna correlazione tra traffico radar e dati di inanellamento, pur operando in un noto hotspot migratorio e non in un'area di *stopover*. Sebbene la tutela di una zona di *stopover* essenziale come la riserva delle Bolle di Magadino cominci indubbiamente dalla protezione dell'habitat terrestre, la conservazione delle specie migratorie ad essa associate richiede un'attenzione altrettanto scrupolosa verso l'habitat aereo, ossia lo spazio che ospita i movimenti migratori in senso stretto. L'uso di uno strumento di monitoraggio come il radar si rivela pertanto utile non solo per quantificare con precisione l'intensità migratoria in un'area durante una determinata stagione, ma anche per identificare con esattezza i momenti della giornata in cui si verificano i picchi di abbondanza nel passaggio degli uccelli, nonché le fasce altitudinali maggiormente frequentate. Ciò potrebbe consentire di sviluppare una strategia di conservazione mirata ai periodi in cui è realmente necessaria una forma di protezione, massimizzandone l'efficacia e riducendo al minimo i conflitti con le parti interessate.

In questo studio abbiamo dimostrato come l'utilizzo di un radar a scansione verticale, specialmente quando in concerto con altre tecniche, permetta di delineare un quadro della migrazione che, pur non trattandosi di una rappresentazione completamente esaustiva, presenti un livello di dettaglio superiore rispetto a quello ottenibile, ad esempio, attraverso i soli dati di inanelamento.

RINGRAZIAMENTI

Si ringraziano la Fondazione Bolle di Magadino e il Centro di ricerca Agroscope di Cadenazzo (CH) per la loro preziosa cooperazione, che ha reso possibile la realizzazione di questo lavoro. Un sentito ringraziamento va anche al revisore anonimo, il cui contributo critico ha permesso di migliorare e implementare in modo significativo l'articolo.

REFERENZE BIBLIOGRAFICHE

- Able K.P. 1970. A radar study of the altitude of nocturnal passerine migration. *Bird-Banding*, 41: 282-290.
- Bairlein F. 1998. The European-African songbird migration network: new challenges for large-scale study of bird migration. *Biologia e Conservazione della Fauna*, 102: 13-27.
- Bruderer B. 1997. The study of bird migration by radar, part 1: The technical basis. *Naturwissenschaften*, 84: 1-8.
- Bruderer B., Peter D., Boldt A. & Liechti F. 2010. Wing-beat characteristics of birds recorded with tracking radar and cine camera. *Ibis*, 152: 272-291.
- Dinno A. 2015. Nonparametric pairwise multiple comparisons in independent groups using Dunn's test. *The Stata Journal*, 15: 292-300.
- Fusani L., Bertolucci C., Frigato E. & Foà A. 2014. Cryptochrome expression in the eye of migratory birds depends on their migratory status. *Journal of Experimental Biology*, 217: 918-923.
- Giuntini S., Tattoni C., Gagliardi A., Martinoli A., Patocchi N., Lardelli R. & Preatoni D.G. 2023. Limnology for the ornithologist: effects of Lake Maggiore water level on migratory flows. *Journal of Limnology*, 81(s2): 1-13.
- Giuntini S., Saari J., Martinoli A., Preatoni D.G., Haest B., Schmid B. & Weisshaupt N. 2024. Quantifying nocturnal thrush migration using sensor data fusion between acoustics and vertical-looking radar. *Remote Sensing in Ecology and Conservation*, 10.6: 743-754.
- Haest B., Hertner F., Schmid B., Preatoni D., De Groot J. & Liechti F. 2023. BirdscanR: migration traffic rate calculation package for Birdscan MR1 radars. doi:10.5281/zenodo.7326820.
- Hirschhofer S., Liechti F., Ranacher P., Weibel R. & Schmid B. 2023. High-intensity bird migration along Alpine valleys calls for protective measures against anthropogenically induced avian mortality. *Remote Sensing in Ecology and Conservation*, 10.3: 360-373.
- Kemp M.U., Shamoun-Baranes J., Dokter A.M., van Loon E. & Bouten W. 2013. The influence of weather on the flight altitude of nocturnal migrants in mid-latitudes. *Ibis*, 155: 734-749.
- Komenda-Zehnder S., Jenni L. & Liechti F. 2010. Do bird captures reflect migration intensity? Trapping numbers on an Alpine pass compared with radar counts. *Journal of Avian Biology*, 41(4): 434-444.
- Lardelli S. & Scandolara C. 2023. In volo tra Africa ed Europa (40 anni di studio della migrazione degli uccelli nelle Bolle di Magadino). Ficedula e Fondazione Bolle di Magadino Editori, 224 pp.
- Maggini I., Cortone G., Catoni C. & Dell'Omo G. 2020. Combined use of radar and mist net trapping to detect species composition of nocturnal migrants. *Avocetta*, 44.2: 67-74.
- Mateos-Rodríguez M. & Liechti F. 2012. How do diurnal long-distance migrants select flight altitude in relation to wind? *Behavioral Ecology*, 23: 403-409.
- Nilsson C., Dokter A.M., Schmid B., Scacco M., Verlinden L., Bäckman J. & Liechti F. 2018. Field validation of radar systems for monitoring bird migration. *Journal of Applied Ecology*, 55: 2552-2564.
- Ogle D.H., Doll J.C., Wheeler A.P. & Dinno A. 2023. FSA: Simple fisheries stock assessment methods. R package version 0.9.5. <https://fishr-core-team.github.io/FSA/>.
- Pennycuik C.J. 1978. Fifteen testable predictions about bird flight. *Oikos*, 30: 165-176.
- R Core Team 2021. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. <https://www.R-project.org/>.
- RSIS 2017. Bolle di Magadino. Ramsar Sites Information Service. Available from: <https://rsis.ramsar.org/ris/231> (ultima consultazione: 6.10.2024).
- RStudio Team 2020. RStudio: Integrated development environment for R. RStudio, PBC. <http://www.rstudio.com/>.
- Sæther B.-E. 1982. Foraging niches in a passerine bird community in a Grey Alder Forest in Central Norway. *Ornis Scandinavica*, 13: 149-163.
- Schmaljohann H., Liechti F., Bächler E., Steuri T. & Bruderer B. 2008. Quantification of bird migration by radar—a detection probability problem. *Ibis*, 150: 342-355.
- Schmid B., Zaugg S., Votier S.C., Chapman J.W., Boos M. & Liechti F. 2019. Size matters in quantitative radar monitoring of animal migration: estimating monitored volume from wingbeat frequency. *Ecography*, 42: 931-941.
- Shi X., Schmid B., Tschanz P., Segelbacher G. & Liechti F. 2021. Seasonal trends in movement patterns of birds and insects aloft simultaneously recorded by radar. *Remote Sensing*, 13: 1839.
- Stark H., Liechti F., Njokikanuri T. & Pearson D. 2019. Temporal and spatial distribution, and flight directions of migratory birds in Tsavo West National Park, Kenya: a comparison of radar and ringing data. *Journal of East African Ornithology*, 39: 1-21.
- Tschanz P., Pellissier L., Shi X., Liechti F. & Schmid B. 2020. Consistency of spatio-temporal patterns of avian migration across the Swiss lowlands. *Remote Sensing in Ecology and Conservation*, 6: 198-211.
- Zaugg S., Saporta G., Van Loon E., Schmaljohann H. & Liechti F. 2008. Automatic identification of bird targets with radar via patterns produced by wing flapping. *Journal of the Royal Society Interface*, 5: 1041-1053.
- Zehntindjev P. & Liechti F. 2003. A quantitative estimate of the spatial and temporal distribution of nocturnal bird migration in south-eastern Europe—a coordinated moon-watching study. *Avian Science*, 3: 37-45.

Controllo dell'efficacia delle rivitalizzazioni dei corsi d'acqua mediante l'utilizzo di bioindicatori acquatici. Casi di studio al Sud delle Alpi

Marco Nembrini^{1*}, Salvatore Calvaruso¹, Alberto Ezio Conelli¹ & Flavio Croce¹

¹ Oikos – Consulenza e ingegneria ambientale Sagl, via Riale Righetti 20a, 6503 Bellinzona, Svizzera

* marco.nembrini@oikos.swiss

Redattore di riferimento: Francesco Danza

Riassunto: Il presente studio analizza l'efficacia ecologica degli interventi di rivitalizzazione delle acque attraverso un'indagine condotta su sei corsi d'acqua riqualificati situati nella regione biogeografica del Sud delle Alpi, in Svizzera, nei Cantoni Ticino e Grigioni. Per le valutazioni sono stati utilizzati, quali bioindicatori, i macroinvertebrati bentonici e la fauna ittica. Le indagini sono state condotte attraverso i metodi di studio standardizzati a livello nazionale del Sistema Modulare a Livelli, a cui sono stati integrati gli aspetti metodologici previsti dal controllo dell'efficacia "standard" elaborato dall'Ufficio federale dell'ambiente (UFAM). I risultati, in termini di confronto *ante e post operam*, hanno dimostrato un netto miglioramento dello stato ecologico dei sei corsi d'acqua rivitalizzati. In aggiunta, si è osservata la ricolonizzazione da parte di specie di insetti acquatici (efemerotteri, plecoteri e tricoteri) e di specie ittiche prioritarie a livello nazionale e iscritte in lista rossa. I risultati ottenuti confermano l'efficacia degli interventi di rivitalizzazione nel ripristinare la qualità ecologica dei corsi d'acqua, contribuendo al recupero della biodiversità specifica dei sistemi acquatici e di conseguenza al generale funzionamento ecologico dei sistemi fluviali.

Parole chiave: FI-CH, IBCH, ittiofauna, macroinvertebrati bentonici, Sistema Modulare a Livelli

Assessing the effectiveness of river revitalisation using aquatic bio-indicators. Case studies in the swiss biogeographic region of the Southern Alps

Abstract: This study analyzes the ecological effectiveness of watercourse revitalization interventions through an in-depth investigation conducted on six recently restored watercourses located in the biogeographic region of the Southern Alps, in Switzerland, specifically in the Cantons of Ticino and Grisons. Benthic macroinvertebrates and fish fauna were used as bioindicators for the assessments. The investigations were carried out using the nationally standardized study methods of the Modular Stepwise Procedure, supplemented by methodological aspects outlined in the «standard» Outcome Evaluation developed by the Federal Office for the Environment. The results, based on an ante- and post-operam comparisons, showed a clear improvement in the ecological status of the six revitalised watercourses. In addition, recolonization by nationally protected and/or Red List of aquatic insects (Ephemeroptera, Plecoptera, and Trichoptera) and fish species was observed. The results obtained confirm the effectiveness of revitalization interventions in restoring the ecological quality of watercourses, contributing to the restoration of the specific biodiversity of aquatic systems and consequently to the general ecological functioning of river systems.

Keywords: benthic macroinvertebrates, FI-CH, fish fauna, IBCH, Modular Stepwise Procedure

INTRODUZIONE

La rivitalizzazione delle acque, secondo l'accezione giuridica in Svizzera, è il ripristino, con misure di natura edile, delle funzioni naturali di acque superficiali arginate, rettificata, coperte o messe in galleria.

Essa rappresenta una delle possibili azioni all'interno della più ampia strategia di riqualificazione fluviale, termine con cui si fa riferimento a un insieme integrato di interventi volti a restituire ai corsi d'acqua e ai loro corridoi fluviali caratteristiche geomorfologiche, fisico-chimiche e biologiche più naturali e vicine a quelle originarie (CIRF 2006). L'obiettivo è il ripristino della funzionalità ecomorfologica degli ambienti fluviali,

nonché il miglioramento della sicurezza idraulica, della protezione contro le piene e dell'attrattività fruitivo-ricreativa (Angelone et al. 2012), attuabili non solo attraverso interventi di tipo strutturale, ma anche gestionali e pianificatori.

A livello nazionale, il tema delle rivitalizzazioni riveste un ruolo di primaria importanza: l'obiettivo è il recupero, entro il 2090, di circa un quarto dei 15'000 km di corsi d'acqua e rive lacustri con stato ecomorfologico compromesso presenti in Svizzera (Ambord & Thoms 2023; Göggel 2012).

La verifica del raggiungimento degli obiettivi ecologici prefissati nei progetti di rivitalizzazione delle acque è un aspetto importante al fine di verificare se la tipologia

e la modalità degli interventi progettati e applicati ha prodotto i risultati auspicati. Essa viene effettuata attraverso indagini specialistiche volte a verificare i miglioramenti nello stato ecologico delle comunità biologiche acquatiche. In base agli obiettivi progettuali, tali indagini si focalizzano su specifici bioindicatori, avvalendosi delle metodologie standardizzate fornite dal Sistema Modulare a Livelli (MSK-SMG), adottato a livello nazionale per la valutazione dello stato ecologico delle acque (Liechti et al. 1998). Per la loro sensibilità alle pressioni di origine antropica, i principali gruppi biologici impiegati come indicatori sono i macroinvertebrati bentonici e la fauna ittica. Per la valutazione dello stato ecologico di tali comunità, l'SMG-MSK prevede l'utilizzo dell'indice biologico svizzero IBCH, relativamente ai macroinvertebrati bentonici (UFAM 2019a) e del modulo SMG-Poissons, relativamente alla fauna ittica (UFAM 2024).

A partire dal 2020, inoltre, è stato introdotto a livello federale il “Controllo dell'efficacia delle rivitalizzazioni” (Weber et al. 2019a), che definisce nuove modalità standardizzate per la valutazione dell'efficacia dei progetti di rivitalizzazione delle acque. Esso si articola in un controllo dell'efficacia “standard” (Weber et al. 2019b), che prevede un'analisi comparativa (prima-dopo), e un controllo dell'efficacia “approfondito” (Thomas et al. 2019), riservato a progetti già realizzati su piccoli corsi d'acqua e selezionati dai Cantoni per analisi più dettagliate.

Le indagini previste nell'ambito del controllo dell'efficacia si basano su 11 set di indicatori, selezionati in funzione delle caratteristiche e degli obiettivi specifici del progetto. Tra gli 11 set metodologici definiti, figurano i macroinvertebrati bentonici (set n. 6) e la fauna ittica (set n. 7), per i quali sono disponibili appositi protocolli di monitoraggio (UFAM 2019b,c).

A seguito della pubblicazione della Pianificazione strategica nel 2014, in Canton Ticino sono stati realizzati già diversi interventi di rivitalizzazione dei corsi d'acqua, per i quali l'effettivo raggiungimento degli obiettivi ecologici auspicati è stato verificato mediante l'attuazione delle indagini specialistiche secondo le metodologie summenzionate. Nel presente articolo vengono esposti i risultati delle indagini svolte nell'ambito di sei progetti di rivitalizzazione, realizzati negli ultimi 10 anni. Per questi sei casi di studio sono stati utilizzati, quali bioindicatori, i macroinvertebrati bentonici e la fauna ittica.

MATERIALI E METODI

Inquadramento territoriale e casi studio

I sei tratti di corsi d'acqua oggetto di analisi sono ubicati in Svizzera, nella regione biogeografica del Sud delle Alpi. Di questi, cinque sono situati in Canton Ticino, mentre uno nel Cantone dei Grigioni (Tab. 1, Fig. 1). I tratti analizzati si collocano in contesti di fondovalle, ad un'altitudine compresa tra 196 e 342 m s.l.m., e sono rappresentativi di una varietà di condizioni ecomorfologiche tipiche dei piccoli, medi e grandi corsi d'acqua della regione.

Prima degli interventi (Fig. 2), i tratti dei corsi d'acqua denominati Pesta, Ragon, Roncaglia e Trodo presentavano uno stato ecomorfologico alterato, inquadrabile nelle classi III (“altamente compromesso”) e IV (“poco naturale / artificiale”) secondo la classificazione proposta dall'Ufficio dei corsi d'acqua (2006). Tali tratti risultavano morfologicamente caratterizzati da un alveo e da sponde parzialmente o totalmente artificiali (consolidati in pietra) e da una scarsa o nulla variabilità idromorfologica. Maggiormente compromesse erano le condizioni del corso d'acqua Tognano, il cui tratto oggetto di rivitalizzazione risultava quasi interamente intubato.

Nel caso del Pascol Grand, infine, gli interventi hanno previsto il ripristino di un paleoalveo (vecchio ramo laterale) non più attivo del fiume Moesa, dapprima convertito in un pascolo e successivamente abbandonato.

Bioindicatori e metodi di valutazione

Per la valutazione dell'efficacia degli interventi di rivitalizzazione riportati come casi studio, sono stati impiegati, quali bioindicatori, i macroinvertebrati bentonici e la fauna ittica. Le indagini sono state eseguite conformemente ai protocolli metodologici del Sistema Modulare a Livelli (SMG), sviluppato dall'UFAM (Liechti et al. 1998). La scelta di utilizzare questi due gruppi faunistici ricade sulla loro particolare sensibilità alle variazioni delle condizioni ambientali degli habitat acquatici, fornendo, di conseguenza, una fedele rappresentazione dello stato ecologico del corso d'acqua in cui essi vivono. I macroinvertebrati bentonici, nello specifico, risultano degli ottimi indicatori per via della spiccata suscettibilità alle alterazioni a carico dei deflussi e dei substrati degli ambienti acquatici, come pure alle fluttuazioni della concentrazione di ossigeno

Tabella 1: Dati relativi ai sei corsi d'acqua oggetto di recenti interventi di rivitalizzazione fluviale scelti come casi studio. ID: codice identificativo del corso d'acqua. Classe: classificazione del corso d'acqua secondo lo stato ecomorfologico (UCA 2006); III = “altamente compromesso”; IV = “poco naturale/artificiale”. L: lunghezza (m) del tratto rivitalizzato. X/Y: coordinate riferite al sistema svizzero CH1903/LV95. Alt.: altitudine (m s.l.m.). Anno: anno in cui il progetto di rivitalizzazione è stato ultimato.

ID	Corso d'acqua	Comune	Classe	L	X	Y	Alt.	Anno
1	Pascol Grand	San Vittore	n/a	1'200	2'728'220	1'121'240	263	2019
2	Pesta	Locarno	IV	160	2'721'903	1'114'521	198	2021
3	Ragon	Bellinzona	IV	390	2'721'361	1'124'224	247	2020
4	Roncaglia	Novazzano	III	970	2'721'198	1'077'158	245	2015
5	Tognano	Castel San Pietro	in galleria	225	2'721'370	1'079'441	342	2018
6	Trodo	Locarno	IV	150	2'712'248	1'112'906	196	2018

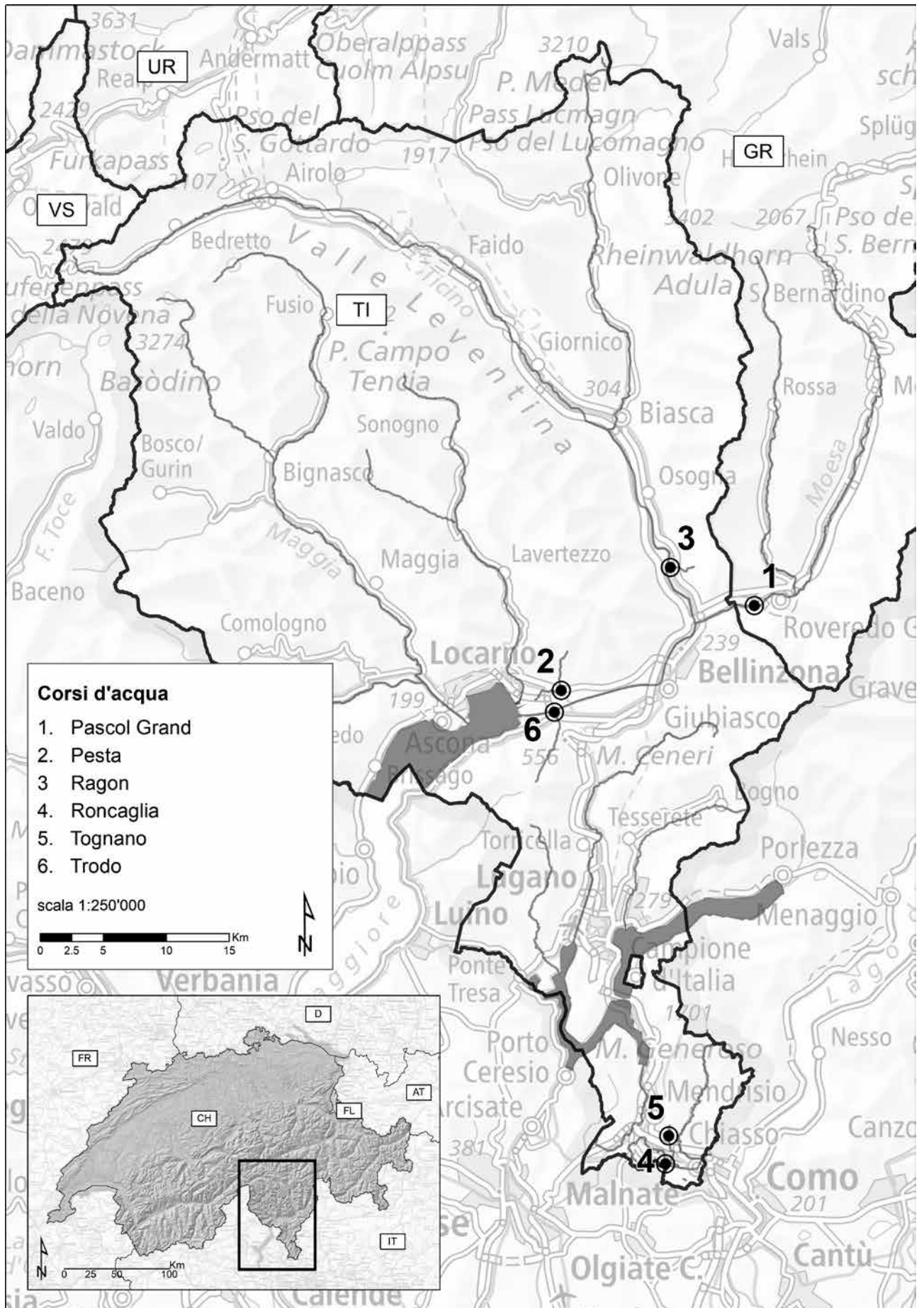


Figura 1: Ubicazione dei sei corsi d'acqua rivalizzati scelti quali casi studio.



Figura 2: Aspetto dei sei corsi d'acqua oggetto di studio prima dell'attuazione degli interventi di rivitalizzazione. 1: Pascol Grand (corso d'acqua precedentemente inesistente). 2: Pesta. 3: Ragon. 4: Roncaglia. 5: Tognano. 6: Trodo (foto: Marco Nembrini e COMAL.CH (corso d'acqua Roncaglia)).

disciolto e alla presenza di inquinanti e altri composti chimici all'interno dei corsi d'acqua (UFAM 2019a). Per quanto riguarda la fauna ittica, invece, essa rappresenta un ottimo bioindicatore in quanto, oltre a riflettere l'influenza combinata di molteplici fattori ambientali, come la qualità chimica dell'acqua, le variazioni di temperatura e la struttura degli habitat, fornisce informazioni utili per quanto riguarda la connettività dei corsi d'acqua e la presenza di ostacoli alla migrazione (UFAM 2024).

Indici di stato ecologico

Le indagini sui macroinvertebrati bentonici sono state condotte mediante l'utilizzo del protocollo IBCH (UFAM 2019a). Questo prevede la determinazione di due parametri: il valore di varietà tassonomica (VT), legato al numero di *taxa* presenti nel campione, e il valore del gruppo faunistico indicatore (GI), definito per il *taxon*, tra quelli individuati, con il maggior grado di sensibilità ai fattori di stress. Il punteggio finale (valore da 0 a 1), determinato dalla combinazione dei 2 parametri, definisce l'indice IBCH, da cui dipende uno specifico giudizio di qualità ecologica per il corso d'acqua studia-

to (Tab. 2). Alle indagini sopracitate sono stati integrati gli aspetti metodologici previsti dal controllo dell'efficacia "standard", relativamente all'indicatore 6 "Macrozoobenthos" (UFAM 2019b); si è quindi proceduto con la determinazione della specie di tutti gli insetti appartenenti ai gruppi EPT (efemeroteri, plecoteri e tricoteri), a cui è seguita l'analisi della variazione, tra la fase *ante operam* e quella *post operam*, del numero e dell'abbondanza delle diverse specie, in particolare di quei gruppi tassonomici iscritti in lista rossa (Lubini et al. 2012) e/o prioritari a livello nazionale (UFAM 2019d).

La valutazione sui popolamenti ittici è stata effettuata applicando il modulo SMG-Poissons pubblicato per la prima volta nel 2004 (Schager & Peter 2004) e recentemente revisionato e aggiornato (UFAM 2024).

Il modulo valuta lo stato di salute del popolamento ittico sulla base di tre parametri quali la composizione specifica, la densità unita alla biomassa e la struttura delle popolazioni. La combinazione di questi parametri permette di attribuire al corso d'acqua in esame un valore dell'indice FI-CH, con il relativo giudizio di qualità ecologica (Tab. 2).

Tabella 2: Metriche per la determinazione dello stato ecologico di un corso d'acqua secondo il Sistema Modulare a Livelli basato su 5 classi di qualità (Liechti et al. 1998) e corrispondenti valori dell'indice biologico svizzero, IBCH per i macroinvertebrati bentonici (UFAM 2019a) e dell'indice FI-CH per la fauna ittica (UFAM 2024).

indice IBCH / FI-CH	Stato ecologico
≥ 0.8	molto buono
$0.6 - < 0.8$	buono
$0.4 - < 0.6$	medio
$0.2 - < 0.4$	mediocre
< 0.2	cattivo

Metodi di campionamento

I campionamenti dei macroinvertebrati bentonici sono stati condotti secondo le modalità del protocollo IBCH (UFAM 2019a). Il metodo viene applicato su un tratto rappresentativo del segmento fluviale in esame e prevede il campionamento mediante *kick sampling* su 8 punti (determinati da differenti combinazioni substrato - velocità di corrente), corrispondenti ai diversi habitat colonizzati dai macroinvertebrati bentonici, mediante l'impiego di un retino standard. Dopo il prelievo, il contenuto di ogni *kick* è stato fissato in alcol (vol. 85%) e trasportato in laboratorio per l'analisi finalizzata all'identificazione dei diversi gruppi tassonomici secondo il livello di dettaglio definito dal protocollo IBCH.

Per quanto riguarda il braccio laterale del fiume Moesa, ripristinato all'interno della Golena Pascol Grand, affianco alle indagini in ambiente acquatico, sono stati effettuati dei campionamenti di tricoteri adulti in ambiente terrestre mediante la posa notturna di 3 trappole luminose, ciascuna composta da una lampada tubolare a UV da 15 W, un interruttore crepuscolare, una batteria da 12 V con almeno 12 Ah di energia e una vaschetta in PE (dimensioni ca. 50 cm x 40 cm x 10 cm),

riempita di acqua. I tricoteri così catturati sono stati prelevati il mattino seguente e fissati in alcol (vol. 80%). Gli individui delle famiglie appartenenti ai gruppi EPT prelevati dai campionamenti IBCH e dalle trappole luminose sono stati successivamente inviati agli specialisti (Pascal Stucki; Aquabug, Neuchâtel) per la determinazione a livello di specie.

I campionamenti di fauna ittica sono stati invece svolti mediante l'impiego di un elettroscorditore barellabile da 5 kW a corrente continua, con due poli di cattura, su stazioni di campionamento di lunghezza pari a 12 volte la larghezza dell'alveo bagnato (larghezze medie da 3 a 7 metri), in ottemperanza allo standard metodologico. I settori selezionati sono stati delimitati a monte e a valle da apposite reti, installate in occasione dei campionamenti. Per ogni stazione sono stati effettuati tre passaggi di pesca elettrica, ottenendo così un campione rappresentativo della comunità ittica reale in termini di composizione specifica, abbondanza e struttura in classi d'età.

Questa metodologia di campionamento, che si basa sul concetto di pesca quantitativa, permette di ottenere dei dati quantificabili in maniera oggettiva per ogni specie presente (numero di effettivi, densità, biomassa, ecc.), non limitandosi alla mera valutazione qualitativa della presenza/assenza di una determinata specie. Inoltre, la standardizzazione del metodo di campionamento permette il confronto dei risultati con altri campionamenti effettuati sul medesimo corso d'acqua o su corsi d'acqua differenti.

La fauna ittica è stata prelevata, portata alla stazione di misurazione, dapprima temporaneamente anestetizzata (dosaggio: 1.5 ml olio di garofano + 20 ml etanolo (vol. 85%) + 30 L di acqua) e in seguito sottoposta a valutazione biometrica. Ogni individuo è stato determinato a livello di specie, misurato (lunghezza totale in mm), pesato (peso corporeo in g) e osservato per verificare la possibile presenza di anomalie o malformazioni. Al termine della sessione di elettropesca e biometrica, tutti gli individui sono stati rilasciati vivi e attivi nei principali luoghi di cattura, badando a ridistribuirli omogeneamente lungo il settore di cattura.

Design sperimentale

Le valutazioni specialistiche sono state condotte in fase *post operam* (tra i 3 e i 5 anni dalla messa in esercizio dell'opera) su specifiche stazioni di campionamento, individuate all'interno dei tratti fluviali oggetto di rivitalizzazione (Tab. 3).

Per quanto riguarda i macroinvertebrati bentonici, affianco alle indagini svolte sui tratti rivitalizzati, sono stati effettuati dei campionamenti anche su tratti naturali o semi-naturali appartenenti al medesimo corso d'acqua o a un corso d'acqua limitrofo e analogo, denominati "tratti di riferimento", con l'obiettivo di definire lo stato ecologico il cui raggiungimento era auspicabile con l'attuazione della rivitalizzazione. Per i corsi d'acqua Pesta, Ragon e Trodo si è potuto inoltre disporre di un'indagine *ante operam* volta a definire lo stato della comunità di macroinvertebrati bentonici prima degli interventi di rivitalizzazione.

Per quanto riguarda la fauna ittica, invece, le indagini sono state svolte in fase *post operam* solo sui corsi d'ac-

qua Pascol Grand, Pesta, Ragon, Roncaglia e Trodo, in quanto caratterizzati da aspetti ecomorfologici e idrologici tali da determinarne un certo grado di vocazionalità per i popolamenti piscicoli.

Le medesime indagini non sono state condotte, invece, sul Tognano in quanto il corso d'acqua è caratterizzato da un carattere idrologico intermittente e, quindi, non sufficientemente rappresentativo per avere una comunità piscicola valutabile.

RISULTATI

La Tab. 4 riporta i risultati globali delle valutazioni condotte sui macroinvertebrati bentonici e la fauna ittica dei sei corsi d'acqua oggetto di studio. Per una descrizione dettagliata, si rimanda ai paragrafi successivi.

Macroinvertebrati bentonici

Indice IBCH

Di seguito sono indicati i valori dell'indice IBCH calcolati sui sei tratti rivitalizzati (Fig. 3). Si riporta in primo luogo i risultati delle valutazioni effettuate sul corso d'acqua Pascol Grand, dove il punteggio IBCH calcolato in fase *post operam* ha raggiunto il valore 0.96, determinando un giudizio di stato ecologico "molto buono". Questo è risultato maggiore al punteggio dell'indice IBCH calcolato per il tratto di riferimento, il quale, con un valore pari a 0.81, ha determinato anch'esso

l'attribuzione di un giudizio di stato ecologico "molto buono".

Segue il caso del corso d'acqua Pesta, nel quale, da un valore *ante operam* dell'indice IBCH pari a 0.26, corrispondente a un giudizio di stato ecologico "mediocre", si è passati, in fase *post operam*, al valore 0.85, da cui è dipeso un giudizio "molto buono". Il valore dell'indice calcolato sul tratto rivitalizzato è risultato superiore a quello ottenuto dai campionamenti sul tratto di riferimento, dove il punteggio IBCH ha raggiunto il valore 0.75, corrispondente a un giudizio di stato ecologico "buono".

Una situazione analoga si è osservata sul corso d'acqua Ragon, dove, da un indice IBCH *ante operam* pari a 0.11, corrispondente a un giudizio di stato ecologico "cattivo", si è passati, in fase *post operam*, a un valore di 0.68, da cui è dipeso un giudizio "buono". In questo caso, il valore ottenuto sul tratto rivitalizzato è risultato inferiore rispetto a quello calcolato sul tratto di riferimento, dove l'indice IBCH ha raggiunto il valore 0.89, con l'attribuzione di un conseguente giudizio di stato ecologico "molto buono".

Sul corso d'acqua Roncaglia, l'indice IBCH calcolato in fase *post operam* è risultato pari a 0.79, da cui è dipeso un giudizio di stato ecologico "buono". Anche in questo caso, il valore è risultato minore a quello ottenuto sul tratto di riferimento, dove l'indice IBCH ha raggiunto il valore 0.90, con un corrispondente giudizio di stato ecologico "molto buono".

Tabella 3: Sintesi delle valutazioni specialistiche condotte all'interno dei corsi d'acqua indagati. Per ogni corpo idrico è riportato il bioindicatore studiato (macroinvertebrati bentonici e fauna ittica), la fase di indagine (*ante operam* e *post operam*) e l'anno di attuazione delle indagini. Per i macroinvertebrati bentonici è inoltre riportato l'anno di attuazione dei campionamenti sul tratto di riferimento. MZB: macroinvertebrati bentonici.

Corso d'acqua	Tratto rivitalizzato				Tratto di riferimento
	<i>Ante operam</i>		<i>Post operam</i>		
	MZB	Fauna ittica	MZB	Fauna ittica	
Pascol Grand	–	–	2023	2023	2020
Pesta	2021	2021	2025	2023	2015
Ragon	2016	2016	2023	2021	2023
Roncaglia	–	–	2023	2024	2023
Tognano	–	–	2022	–	2023
Trodo	2015	2018	2023	2021	2023

Tabella 4: Confronto tra i valori degli indici IBCH e FI-CH e relativo giudizio ecologico per i sei corsi d'acqua indagati. Vengono esposti e confrontati i risultati delle valutazioni *ante operam* e *post operam*. Per l'indice IBCH è inoltre riportato il resoconto delle indagini svolte sul tratto di riferimento.

Corso d'acqua	Tratto rivitalizzato						Tratto di riferimento	
	<i>Ante operam</i>		<i>Post operam</i>					
	IBCH	FI-CH	IBCH	FI-CH	IBCH	FI-CH	IBCH	FI-CH
Pascol Grand	–	–	0.96	molto buono	0.70	buono	0.81	molto buono
Pesta	0.26	mediocre	0	cattivo	0.85	molto buono	0.64	buono
Ragon	0.11	cattivo	0	cattivo	0.68	buono	0.76	buono
Roncaglia	–	–	0.79	buono	0.72	buono	0.90	molto buono
Tognano	–	–	0.95	molto buono	–	–	0.79	buono
Trodo	0.16	cattivo	0	cattivo	0.69	buono	0.33	mediocre

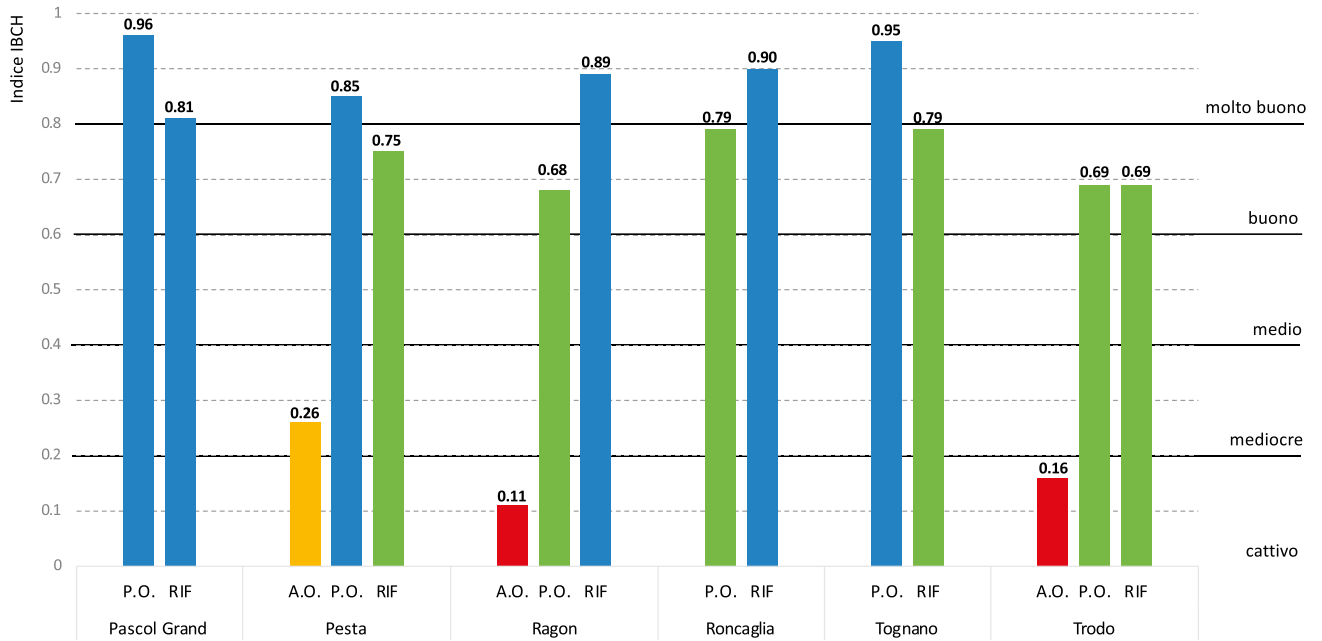


Figura 3: Grafico relativo ai punteggi dell'indice biologico svizzero IBCH ottenuti per i diversi casi studio. Vengono indicati i valori soglia per l'attribuzione alle classi di stato ecologico (da “cattivo a “molto buono”) secondo il Sistema Modulare a Livelli (Liechti et al. 1998). A.O.: ante operam. P.O.: post operam. RIF: tratto di riferimento.

Sul corso d'acqua Tognano, l'indice IBCH calcolato in fase *post operam* ha raggiunto il valore 0.95, corrispondente a un giudizio di stato ecologico “molto buono”. Sul tratto di riferimento, invece, il punteggio IBCH ha raggiunto il valore 0.79, da cui è dipeso un giudizio pari a “buono”.

In ultimo, sul corso d'acqua Trodo, da un valore dell'indice IBCH calcolato in fase *ante operam* pari a 0.16, equivalente a un giudizio di stato ecologico “cattivo”, si è passati, in fase *post operam*, a un punteggio IBCH di 0.69 e, conseguentemente, a un giudizio “buono”. Esso risulta identico a quello ottenuto sul tratto di riferimento.

Specie di insetti EPT prioritarie e/o protette

Nei corsi d'acqua oggetto di rivitalizzazione si è assistito alla ricolonizzazione da parte di diverse specie di insetti appartenenti ai gruppi EPT (efemerotteri, plecoteri e tricoteri) iscritte in lista rossa (Lubini et al. 2012) e/o

prioritarie a livello nazionale (UFAM 2019d). La tabella 5 riporta il resoconto dettagliato. Degna di nota è la presenza, all'interno del tratto rivitalizzato del Canale di Riazzino e del Ragon, di *Nigrobaetis niger*, specie di efemerottero riportata in lista rossa con status di minaccia CR (pericolo di estinzione) e con un grado di priorità a livello nazionale pari a 1 (“molto elevata”). Le segnalazioni per questa specie in Canton Ticino sono limitate al reticolo idrografico dei canali del Piano di Magadino, mentre nel resto della Svizzera è limitata alla catena del Giura e all'area limitrofa al lago di Zurigo. Si evidenzia inoltre la presenza, all'interno dei corsi d'acqua Tognano e Roncaglia, di *Hydropsyche doehleri*, specie di tricottero tipica di piccoli corsi d'acqua e canali a scorrimento lento di bassa quota, riportata in lista rossa come fortemente minacciata (status EN) e con grado di priorità a livello nazionale pari a 2 (“elevata”), presente in Svizzera esclusivamente nel Sottoceneri.

Tabella 5: Specie di insetti EPT iscritte in lista rossa e/o prioritarie a livello nazionale censite nei tratti rivitalizzati. LR: status lista rossa (Lubini et al. 2012); NT = “potenzialmente minacciato”; VU = “vulnerabile”; EN = “fortemente minacciato”; CR = “in pericolo di estinzione”. PR: priorità di conservazione (UFAM 2019d); 1 = “molto elevata”; 2 = “elevata”; 3 = “media”; 4 = “esigua”.

Taxon	LR	PR	Pascol Grand	Pesta	Roncaglia	Ragon	Tognano	Trodo
Efemerotteri								
<i>Baetis buceratus</i>	VU	4			•			
<i>Baetis liebenauae</i>	VU	3			•			
<i>Habrophlebia eldae</i>	VU	4				•		
<i>Nigrobaetis niger</i>	CR	1		•		•		
Plecoteri								
<i>Perla marginata</i>	NT							•
Tricoteri								
<i>Agapetus nimbulus</i>	VU	4	•	•				•
<i>Hydropsyche doehleri</i>	EN	2			•		•	

Fauna ittica

Indice FI-CH

Le indagini hanno evidenziato come il valore dell'indice FI-CH calcolato in fase *post operam* (Fig. 4) abbia raggiunto, in tutti i tratti rivitalizzati, un punteggio sempre pari o superiore al valore 0.6, determinando un giudizio di stato ecologico "buono". L'unica eccezione è rappresentata dal riale Trodo, per il quale il valore dell'indice FI-CH si attesta a 0.33, determinando l'attribuzione di un giudizio ecologico "mediocre".

Specie ittiche prioritarie e/o protette

A seguito degli interventi di rivitalizzazione, all'interno di tutti i tratti in studio si è assistito alla ricolonizzazione da parte delle specie ittiche tipiche delle diverse zone piscicole in cui le aste fluviali risultano ubicate, quest'ultime definite secondo le disposizioni metodologiche del modulo SMG-Poissons (UFAM 2024). Di particolare importanza è la presenza di quattro specie inscritte in lista rossa (UFAM/CSCF 2022) e/o prioritarie a livello nazionale (UFAM 2019d), tutte presenti in Svizzera esclusivamente nella regione biogeografica del Sud delle Alpi (Tab. 6).

DISCUSSIONE

I risultati delle valutazioni specialistiche condotte sui sei corsi d'acqua hanno potuto confermare il raggiungimento degli obiettivi ecologici in termini di controllo efficacia. Infatti, gli interventi tecnici di rivitalizzazione hanno portato alla risoluzione dei deficit ambientali, ripristinando lo stato ecomorfologico ed ecologico dei corpi idrici, riportandoli ad uno stato prossimo a quello naturale, permettendo lo sviluppo di zoocenosi acquatiche ben strutturate, diversificate e caratterizzate dalla presenza di specie rare e/o protette a livello nazionale. Per quanto riguarda i macroinvertebrati bentonici, le analisi hanno evidenziato un chiaro miglioramento dello stato ecologico delle comunità indagate, con il raggiungimento di un valore dell'indice IBCH tale da determinare, in tutti i casi analizzati, l'attribuzione di un giudizio di stato ecologico "buono" o "molto buono", in linea con quando emerso sui tratti naturali e semi-naturali utilizzati quali riferimento. L'aumento sensibile dei valori dell'indice IBCH ottenuti in fase *post operam* in tutti i casi analizzati è da attribuire alla maggiore complessità delle comunità di macroinvertebrati bentonici osservate all'interno dei tratti rivitalizzati, sia in termini di diversità di *taxa* che di abbondanza di individui. Rispetto alla situazione *ante operam*, inoltre, tali comunità risultavano costituite da gruppi tassonomici di pregio, fortemente sensibili alle

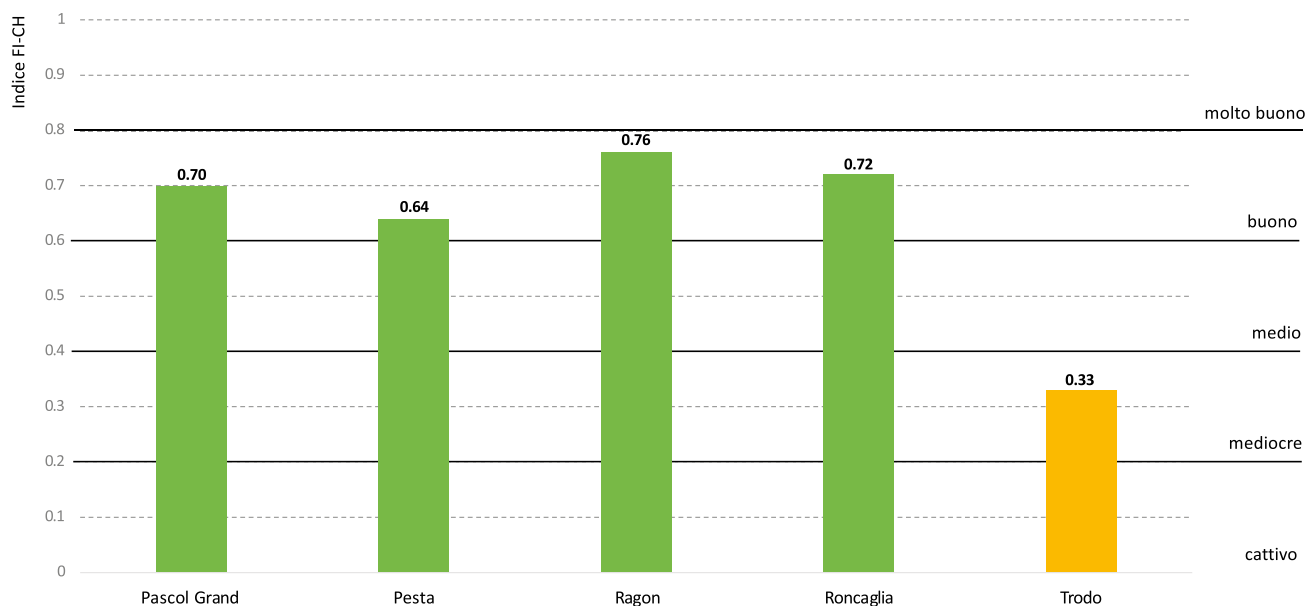


Figura 4: Grafico relativo ai punteggi dell'indice FI-CH ottenuti durante i campionamenti *post operam* per i diversi casi studio. Vengono indicati i valori soglia per l'attribuzione alle classi di qualità ecologica (da "cattivo" a "molto buono") secondo il Sistema Modulare a Livelli (Liechti et al. 1998).

Tabella 6: Specie ittiche inscritte in lista rossa e/o prioritarie a livello nazionale censite nei tratti rivitalizzati a seguito dei campionamenti *post operam*. LR: status lista rossa (UFAM/CSCF 2022); VU = "vulnerabile"; EN = "fortemente minacciato". PR: priorità di conservazione (UFAM 2019d); 3 = "media".

Nome scientifico	Nome comune	LR	PR	Pascol Grand	Pesta	Ragon	Roncaglia
<i>Barbus plebejus</i>	Barbo	VU	3		•		•
<i>Squalius squalus</i>	Cavedano italiano	VU				•	•
<i>Padogobius bonelli</i>	Ghiozzo	EN	3				•
<i>Phoxinus lumaireul</i>	Sanguinerola italiana	VU		•	•		•

alterazioni di natura antropica, in precedenza assenti o scarsamente rappresentati.

L'analisi delle specie EPT ha ulteriormente confermato l'idoneità degli habitat ricreati, in particolare per *taxa* particolarmente sensibili alle perturbazioni di natura antropica e iscritti in lista rossa (Lubini et al. 2012) e/o indicati come prioritari a livello nazionale (UFAM 2019d), i quali hanno potuto ricolonizzare i tratti rivitalizzati.

I risultati delle indagini comprovano, in estrema sintesi, il raggiungimento degli obiettivi naturalistici dei progetti di rivitalizzazione per quanto riguarda l'indicatore dei macroinvertebrati bentonici.

Anche le indagini sulla fauna ittica hanno dimostrato l'efficacia degli interventi di rivitalizzazione delle acque. Infatti, sia all'interno di tratti fluviali precedentemente senza presenza di fauna ittica, come nel caso del Pesta e del Ragon, sia in tratti precedentemente fortemente compromessi, come il Roncaglia, sia in aste fluviali ricreate *ex novo*, come nel caso del corso d'acqua Pascol Grand, si è osservato lo sviluppo di popolamenti piscicoli sufficientemente strutturati (con una buona ripartizione degli individui delle varie specie nelle diverse classi di età) e diversificati, caratterizzati dalla presenza di specie rare e/o protette secondo la lista rossa (UFAM/CSCF 2022) e la lista delle specie prioritarie a livello nazionale (UFAM 2019d).

I risultati suggeriscono come gli interventi abbiano consentito la creazione di condizioni atte a garantire la vocazionalità piscicola per i tratti rivitalizzati, sia in termini ecomorfologici, sia di connettività longitudinale. In analogia con quanto emerso dalle valutazioni sui macroinvertebrati bentonici, dalle indagini è stato possibile comprovare il pieno raggiungimento degli obiettivi naturalistici dei progetti di rivitalizzazione per quanto riguarda l'indicatore della fauna ittica.

L'unica eccezione è rappresentata dal corso d'acqua Trodo, per il quale il valore basso dell'indice FI-CH, tale da determinare un giudizio di stato ecologico "mediocre", descrive la presenza di una comunità ittica caratterizzata da alcuni deficit, riconducibili alla bassa densità di individui (biomassa). Questi parametri penalizzano fortemente il punteggio complessivo dell'indice, sebbene non indichino necessariamente una comunità piscicola compromessa o degradata ma piuttosto non ancora sufficientemente strutturata. Ciò è probabilmente dovuto sia agli eventi di piena che hanno interessato il tratto negli anni successivi alla rivitalizzazione, sia alla prossimità del tratto in esame alla confluenza con il fiume Ticino, quest'ultimo soggetto a fluttuazioni repentine della portata a causa dei noti fenomeni dei deflussi discontinui (*Schwall-Sunk*). Tali dinamiche influenzano negativamente il regime idraulico del tratto terminale del Trodo (confluenza con il fiume Ticino), con effetti negativi sia sulla disponibilità di habitat stabili, sia sulla capacità di colonizzazione e mantenimento di un popolamento strutturato. Gli sbalzi di portata possono inoltre provocare alterazioni tali da influenzare negativamente la presenza e lo sviluppo di habitat idonei per la riproduzione o per la creazione di aree rifugio e di *nursery*, con effetti diretti sulla sopravvivenza degli stadi giovanili. Segnaliamo inoltre che lo stato ecomorfologico del tratto di monte è classificato come artificiale,

con alveo e sponde lastricate, pertanto privo di habitat disponibili per la fauna ittica. Questa situazione contribuisce a limitare lo sviluppo naturale del tratto rivitalizzato. La progettazione della rivitalizzazione dovrebbe pertanto proseguire includendo l'intero tratto urbano del Trodo, fino all'imbocco del corso naturale nella valle. Ciononostante, la presenza di tutte le specie ittiche attese e potenzialmente presenti, in particolare le specie reofile quali lo scazzone e la sanguinerola italiana, a cui si aggiungono le segnalazioni di stadi larvali di temolo e di trota lacustre, rappresenta un indicatore positivo dell'efficacia degli interventi di rivitalizzazione. Prima dell'intervento, infatti, il tratto risultava del tutto privo di fauna ittica. Lo sviluppo di una comunità ittica a seguito della rivitalizzazione, seppur in numero esiguo, è pertanto da interpretare come un segnale positivo, nonostante il valore dell'indice FI-CH basso.

Per tutti i casi di studio, in generale si osserva che la ricolonizzazione spontanea delle cenosi animali acquatiche è stata raggiunta in poco tempo: per i macroinvertebrati bentonici, già dopo 1 anno dalla messa in esercizio dell'opera, si è osservato lo sviluppo di comunità diversificate, fino al raggiungimento dell'*optimum* ecologico dopo 3 anni. Per la fauna ittica, invece, il tempo di ripresa di comunità diversificate e strutturate necessita di maggiore tempo, essendo queste soggette a maggiore variabilità ambientale (siccità e prosciugamenti dei corsi d'acqua, temperatura elevata delle acque nei periodi estivi, eventi di piena straordinari). Per la valutazione delle comunità ittiche è dunque ragionevole attendere dai 3 ai 5 anni prima di poter indagare in maniera esaustiva lo stato ecologico del corso d'acqua attraverso questo bioindicatore.

In entrambi i casi è altresì auspicabile continuare a monitorare la situazione anche oltre questo periodo di 5 anni, al fine di poter trarre ulteriore conoscenza scientifica dall'evoluzione di questi ecosistemi acquatici ripristinati. I risultati sono in pieno accordo con le indicazioni per il controllo dell'efficacia a livello nazionale (Weber et al. 2019b), che prevedono una prima indagine da 4 a 6 anni dopo la rivitalizzazione.

CONCLUSIONI

Le valutazioni espone nel presente studio hanno avuto la duplice funzione di mettere in evidenza, da un lato, l'efficacia delle rivitalizzazioni in ambito fluviale e l'impatto positivo sulla biodiversità e, dall'altro, la risposta adeguata dell'utilizzo delle comunità acquatiche, in particolare quelle macrobentoniche e ittiche, quali bioindicatori per verificare e quantificare il raggiungimento degli obiettivi naturalistici preposti da questa tipologia di interventi di ingegneria naturalistica.

Appare evidente, alla luce dei risultati ottenuti, come l'attuazione di progetti di rivitalizzazione costituisca un elemento chiave per il ripristino di condizioni ecomorfologiche prossime a quelle naturali in corsi d'acqua precedentemente alterati, (Fig. 5). Al fine di raggiungere tali obiettivi, è tuttavia necessaria una fase di progettazione mirata agli obiettivi in termini di specie e ambienti target. Questa fase deve essere il più possibile orientata alla

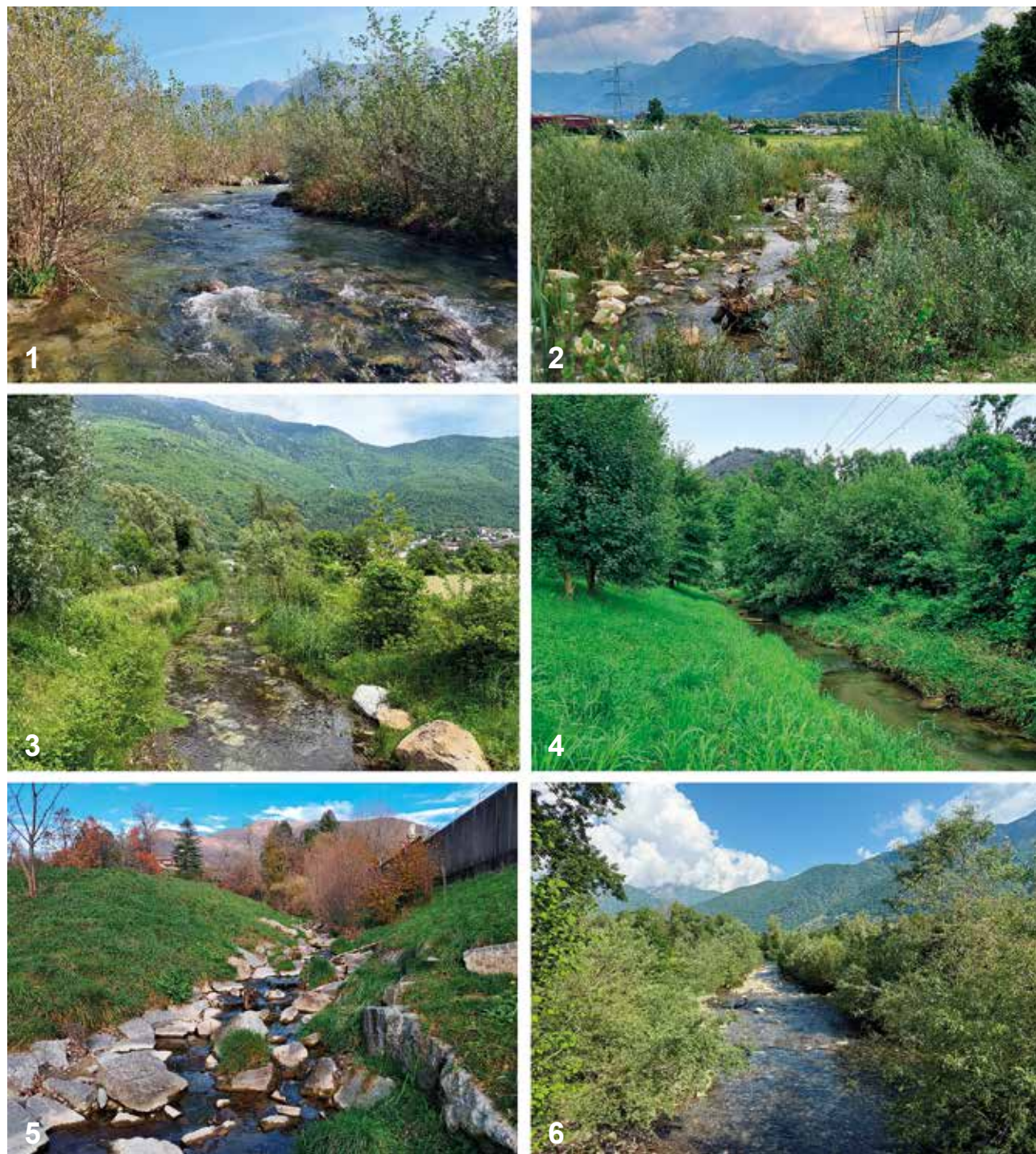


Figura 5: Aspetto finale dei sei corsi d'acqua oggetto di studio a seguito degli interventi di rivitalizzazione. 1: Pascol Grand. 2: Pesta. 3: Ragon. 4: Roncaglia. 5: Tognano. 6: Trodo (foto: Marco Nembrini).

realizzazione di nuovi habitat acquatici e terrestri periferici e al recupero di quelli alterati, massimizzando la diversificazione idromorfologica del corpo idrico e riattivando i processi dinamici quali fenomeni erosivi e di deposito di sedimenti fluviali minerali e organici, con particolare attenzione al mantenimento della sicurezza idraulica. Il tema del raggiungimento di un grado soddisfacente di diversità strutturale dell'alveo assume, in tale contesto, un ruolo centrale; risulta quindi essenziale lo sviluppo, di un varietà di elementi morfologici – quali rifugi sommersi e semisommersi, anse di discontinuità spondale, combinazioni eterogenee di substrati minerali o organici e velocità di deflusso, ecc. – tali da permettere di ricreare habitat e microhabitat acquatici che possano

garantire la coesistenza di un'ampia gamma di specie, sia animali sia vegetali. Così facendo, sarà possibile contribuire al ripristino della vocazionalità per i gruppi faunistici target e permettere la ricolonizzazione dei tratti rivitalizzati da parte di specie rare, la cui presenza, specialmente in contesti in cui precedentemente erano assenti, evidenzia l'effetto positivo nella conservazione della biodiversità. Cionondimeno, le rivitalizzazioni dei corsi d'acqua contribuiscono a risanare, laddove deficitaria, l'interconnessione ecologica, ripristinando corridoi ecologici percorribili dalla fauna acquatica e terrestre. Parallelamente all'attuazione di interventi volti al ripristino della connettività ecologica longitudinale (come, ad esempio, la rimozione di ostacoli trasversali

alla migrazione per la fauna ittica), risulta altrettanto fondamentale intervenire per ristabilire la connettività tra il corso d'acqua e gli ambienti terrestri limitrofi. A tale scopo, è auspicabile l'implementazione di misure finalizzate ad incrementare la diversità strutturale delle sponde come la messa a dimora di specie vegetali ripariali autoctone o l'inserimento di strutture ed elementi naturali quali pietraie, ceppaie o cataste di legno morto. Tali interventi risultano essenziali per la creazione di ambienti ripariali eterogenei e favorire l'attrattività del corridoio fluviale per quei gruppi faunistici terrestri o semiacquatici che sfruttano il corso d'acqua e le sue sponde quale area di rifugio, alimentazione e spostamento. I risultati di indagini standardizzate su altri indicatori biologici animali e vegetali non sono stati oggetto di questo studio ma gli effetti positivi sono stati altresì osservati in questi corpi idrici rivitalizzati (sviluppo di vegetazione riparia e specie caratteristiche, vegetazione acquatica sommersa e semisommersa quali macrofite acquatiche).

Il presente articolo ha il pregio di essere il primo studio a Sud delle Alpi ad aver applicato in modo standardizzato il controllo dell'efficacia a seguito della politica federale svizzera in materia di rivitalizzazione dei corsi d'acqua, su un ristretto ma comprovante numero di corpi idrici con caratteristiche morfologiche e idrauliche differenti. Il controllo dell'efficacia si rivela uno strumento di conoscenza scientifica fondamentale al fine di orientare correttamente sia le scelte tecniche durante fase progettuale della rivitalizzazione dei corsi d'acqua sia di dimostrare l'efficacia delle strategie politiche e dei finanziamenti allocati in materia di protezione dell'ambiente.

RINGRAZIAMENTI

Si ringraziano gli enti promotori e finanziatori delle 6 opere di rivitalizzazione: L'Ufficio dei corsi d'acqua (UCA, Dipartimento del Territorio), l'Ufficio federale dell'ambiente (UFAM), il Consorzio di Manutenzione e Arginature del Basso Mendrisiotto (CMABM), le Ferrovie Federali Svizzere (FFS SA), l'Ufficio federale delle strade (USTRA), il WWF Svizzera italiana e i Comuni di Bellinzona, Castel San Pietro e Novazzano.

REFERENZE BIBLIOGRAFICHE

- Ambord I. & Thomas G. 2023. Rivitalizzazione dei corsi d'acqua: Pianificazione strategica. In Aiuto all'esecuzione – Rinaturazione delle acque. Ufficio federale dell'ambiente (UFAM), Berna. Serie Pratica ambientale, UV-1208-I.
- Angelone S., Fäh R., Peter A., Scheidegger C. & Schleiss A. 2012. Revitalisation de cours d'eau: vue d'ensemble. In Fiches sur l'aménagement et l'écologie des cours d'eau. Office fédéral de l'environnement (UFAM), Berna.
- CIRF. 2006. La riqualificazione fluviale in Italia. Linee guida, strumenti ed esperienze per gestire i corsi d'acqua e il territorio. A. Nardini, G. Sansoni (curatori) e collaboratori, Mazzanti Editori, Venezia.
- Göggel W. 2012. Revitalisation des cours d'eau: planification stratégique. Un module de l'aide à l'exécution Renaturation des eaux. Office fédéral de l'environnement (UFAM), Berna. L'environnement pratique, n. 1208, 43 pp.
- Liechi P., Sieber U., von Blücher U., Willi H.P., Bundi U., Frutiger, ... & Niederhauser, P. 1998. Méthodes d'analyse et d'appréciation des cours d'eau en Suisse: Système modulaire gradué. Informations concernant la protection des eaux, no 26. Office fédéral de l'environnement, des forêts et du paysage (OFEFP), Berna.
- Lubini V., Knispel S., Sartori M., Vicentini H. & Wagner, A. 2012. Liste Rosse Efemeroteri, Plecotteri, Tricotteri. Specie minacciate in Svizzera, stato 2010. Ufficio federale dell'ambiente (UFAM), Berna, e Centro Svizzero di Cartografia della Fauna (CSCF), Neuchâtel. Pratica ambientale n. 1212: 111.
- Thomas G., Weber C., Sprecher L., Åberg U., Baumgartner S. & Haertel-Borer S. 2019. Controllo dell'efficacia APPROFONDITO 2020-24. In Controllo dell'efficacia delle rivitalizzazioni: imparare insieme per il futuro. Berna: Ufficio federale dell'ambiente (UFAM). Scheda 3, V1.02.
- UFAM 2018. Manuale Accordi programmatici nel settore ambientale 2020-2024. Comunicazione dell'UFAM quale autorità esecutiva ai richiedenti. Pratica ambientale n. 1817: 294.
- UFAM 2019a. Méthodes d'analyse et d'appréciation des cours d'eau (IBCH_2019). Macrozoobenthos – niveau R. 1ère édition actualisée 2019; 1re édition 2010. Office fédéral de l'environnement, Berna. L'environnement pratique n. 1026:58.
- UFAM 2019b. Set di indicatori 6 – Macrozoobenthos. In Controllo dell'efficacia delle rivitalizzazioni: imparare insieme per il futuro. Berna: Ufficio federale dell'ambiente (UFAM). Scheda 6, V1.04.
- UFAM 2019c. Set di indicatori 7 – Pesci. In Controllo dell'efficacia delle rivitalizzazioni: imparare insieme per il futuro (Scheda 6, V1.04). Berna: Ufficio federale dell'ambiente (UFAM). Scheda 7, V1.03.
- UFAM 2019d. Lista delle specie e degli ambienti prioritari a livello nazionale. Specie e ambienti prioritari da promuovere in Svizzera. Ufficio federale dell'ambiente, Berna. Pratica ambientale n. 1709: 97.
- UFAM/CSCF 2022. Lista rossa dei Pesci e Ciclostomi. Specie minacciate in Svizzera. Edizione aggiornata 2022. Ufficio federale dell'ambiente, (UFAM); Centro svizzero di cartografia della fauna (CSCF). Pratica ambientale n. 2217: 38.
- UFAM 2024. Méthodes d'analyse et d'appréciation des cours d'eau en Suisse. Poissons (état 2024). Office fédéral de l'environnement, Berna. L'environnement pratique n. 2421:72.
- Ufficio dei corsi d'acqua UCA. 2006. Stato ecomorfologico dei corsi d'acqua nel Cantone Ticino. Bellinzona (dati non pubblicati).
- Ufficio dei corsi d'acqua UCA. 2014. Pianificazioni LPac. Rivitalizzazioni dei corsi d'acqua. Dipartimento del territorio: Bellinzona (dati non pubblicati).
- Weber C., Sprecher L., Åberg U., Thomas G., Baumgartner S. & Haertel-Borer S. 2019a. Controllo dell'efficacia delle rivitalizzazioni: – l'essenziale in breve. In Controllo dell'efficacia delle rivitalizzazioni: imparare insieme per il futuro. Berna: Ufficio federale dell'ambiente (UFAM). Scheda1, V1.02.
- Weber C., Sprecher L., Åberg U., Thomas G., Baumgartner S. & Haertel-Borer S. 2019b. Controllo dell'efficacia STAN-DARD – procedura e organizzazione. In Controllo dell'efficacia delle rivitalizzazioni: imparare insieme per il futuro. Berna: Ufficio federale dell'ambiente (UFAM). Scheda 2, V1.04.

Il permafrost nelle Alpi Ticinesi (2022/2023 e 2023/2024) Rapporto No. 7 del Gruppo Permafrost Ticino

Chantal Del Siro¹, Marco Antognini², Jan Beutel³, Reynald Delaloye⁴ & Cristian Scapozza^{1*}

¹ Istituto scienze della Terra (IST), Centro competenze cambiamento climatico e territorio (CCCT),
Scuola universitaria professionale della Svizzera italiana (SUPSI), 6850 Mendrisio, Svizzera

² Museo cantonale di storia naturale, 6901 Lugano, Svizzera

³ Institut für Informatik, Universität Innsbruck, 6020 Innsbruck, Österreich

⁴ Département de géosciences, Université de Fribourg, 1700 Fribourg, Suisse

* cristian.scapozza@supsi.ch

Redattore di riferimento: Nicolas Sironi

Riassunto: Il biennio 2022/2023 e 2023/2024 è stato caratterizzato da un riscaldamento della temperatura e da un'accelerazione delle velocità superficiali dei ghiacciai rocciosi, determinando un'inversione della tendenza osservata nel biennio precedente. La temperatura media annua della superficie del suolo è aumentata mediamente di 1.18°C in tutti i siti di studio. Dopo il rallentamento delle velocità fra il 2021 e il 2023, un aumento medio di velocità da 0.25 a 0.33 m·a⁻¹ è stato osservato nel 2024. Questa evoluzione è stata determinata da due fattori: l'anomalia positiva della temperatura dell'aria registrata negli ultimi tre anni idrologici e l'inverno 2023/2024 molto nevoso alle alte quote del Sud delle Alpi. L'analisi a scala intra-annuale degli spostamenti del ghiacciaio roccioso di Stabbio di Largario ha mostrato una ciclicità stagionale, con i valori massimi in autunno e i valori minimi in primavera. Il regime degli spostamenti mensili e giornalieri ha mostrato che le accelerazioni sono controllate da diversi fattori, come la temperatura del suolo, le variazioni di innevamento invernali e primaverili e gli apporti di acqua liquida. Al netto della variabilità intra- e inter-annuale, le misure della temperatura della superficie del suolo, della cinematica dei ghiacciai rocciosi e della qualità dell'acqua di sorgente alla base dei loro fronti, documentano una crescente degradazione del permafrost dall'inizio del monitoraggio.

Parole chiave: Alpi Svizzere, Cinematica, Fattori di controllo, Ghiacciaio roccioso, Qualità dell'acqua, Temperatura della superficie del suolo

Permafrost in the Ticino Alps (2022/2023 and 2023/2024). Report No. 7 of the Gruppo Permafrost Ticino

Abstract: The biennium 2022/2023 and 2023/2024 was characterized by a warming of the temperature and an acceleration of horizontal surface velocity of rock glaciers, leading to a turnaround from the previous biennium. The mean annual ground surface temperature has increased by an average of 1.18°C across all study sites. After the slowdown of velocities between 2021 and 2023, an average increase from 0.25 to 0.33 m·a⁻¹ was observed in 2024. This evolution was determined by two factors: the air temperature positive anomaly recorded in the last three hydrological years and the very snowy winter 2023/2024 at high altitudes in Southern Alps. Intra-annual scale analysis of the Stabbio di Largario rock glacier displacements revealed a seasonal cyclicity, with maximum values reached in autumn and minimum values in spring. The regime of monthly and daily displacements showed that the accelerations are controlled by several factors, such as ground temperature, winter and spring snow cover variations, and liquid water inputs. Despite intra- and inter-annual variations, measurements show an increasing permafrost degradation since the beginning of monitoring. This is evident from ground surface temperatures, rock glacier kinematics and the water quality of springs at their fronts.

Keywords: Control factors, Ground surface temperature, Kinematics, Rock glacier, Swiss Alps, Water quality

INTRODUZIONE

I ghiacciai rocciosi (*rock glaciers*) sono le principali forme indicative della presenza di permafrost in montagna (Barsch 1996). A causa della loro localizzazione in zone remote e la possibilità di contenere del ghiaccio non direttamente esposto alla superficie del terreno, sono particolarmente sensibili alle variazioni climatiche. Essi, ne sono testimoni grazie al loro grado di at-

tività e alla variazione della loro cinematica (Scapozza et al. 2014), e quindi delle eccellenti sentinelle dell'impatto del riscaldamento climatico sugli ambienti freddi di alta montagna (per es. Käab et al. 2007; Kellerer-Pirklbauer et al. 2024). Dal punto di vista morfologico, i ghiacciai rocciosi possono essere intatti o relitti (RGIK 2022). Un ghiacciaio roccioso intatto presenta caratteristiche che testimoniano la presenza di ghiaccio, quali la forma lobata, l'assenza di vegetazione,

la presenza di terreno fine al fronte e un'inclinazione dello stesso superiore ai 35-40° e temperatura dell'acqua di sorgenti al fronte (se presenti) inferiore a 2°C (Scapozza & Reynard 2007; Del Siro et al. 2023a). I ghiacciai rocciosi intatti possono essere differenziati per grado di attività: transizionali, cioè non (più) in movimento e in potenziale evoluzione verso uno stato relitto (degradato), oppure attivi e quindi in movimento (RGIK 2022). Un ghiacciaio roccioso relitto non è (più) in movimento e testimonia di un processo di re-putazione del permafrost avvenuto nel passato e non più presente, come indica la topografia sovente marcata da depressioni termocarsiche e la possibile presenza di vegetazione sul corpo e sul fronte. Non presenta indici morfologici di movimento, come crepacci o fratture superficiali, una pendenza del fronte superiore ai 35-40°, e la temperatura dell'acqua di sorgente al loro fronte (se presente) supera i 2°C.

La rete di misurazione e monitoraggio del permafrost gestita dall'Istituto scienze della Terra della SUPSI, con il sostegno della Rete svizzera di osservazione del permafrost (PERMOS) e del Museo cantonale di storia naturale di Lugano, comprende dieci siti di studio situati nella parte più settentrionale del Cantone Ticino (Tab. 1). Le osservazioni interessano otto ghiacciai rocciosi attivi, due ghiacciai rocciosi transizionali, un ghiacciaio roccioso relitto, una falda di detrito e una

ghiacciaia naturale (per gli aspetti di geomorfologia periglaciale, vedi Scapozza & Fontana 2009).

Le grandezze fisiche misurate sono di tre tipi: la temperatura della superficie del suolo (GST: *Ground Surface Temperature*) di sette ghiacciai rocciosi attivi e di una falda di detrito, monitorati dal 2006, e la temperatura interna ed esterna di una ghiacciaia naturale, monitorata dal 2011; le velocità superficiali (RGV: *Rock glacier velocities*) di cinque ghiacciai rocciosi attivi, due ghiacciai rocciosi transizionali e una falda di detrito, monitorati dal 2009; la temperatura e conduttività elettrica dell'acqua di sorgente alla base del fronte di ghiacciai rocciosi attivi/transizionali (cinque siti) e relitti (due siti) e a valle di placche di ghiaccio (*ice patches*) in parte coperte (un sito), monitorate sistematicamente dal 2015.

L'obiettivo di questo rapporto è presentare e analizzare i dati relativi a GST, RGV e all'idrochimica dell'acqua di sorgente per il biennio idrologico 2022/2023 e 2023/2024, quale complemento ai rapporti annuali a scala nazionale pubblicati da PERMOS, della quale l'Istituto scienze della Terra SUPSI è un'istituzione partner (PERMOS 2024; 2025). Il biennio analizzato segue il periodo 2019/2022 in cui erano state osservate delle importanti variazioni inter-annuali sia di GST sia di RGV. Dopo l'anomalia termica positiva registrata nel 2020 e la conseguente accelerazione di RGV, l'inverno 2021/2022 scarsamente innevato aveva al contrario cau-

Tabella 1: Localizzazione, caratteristiche e tipo di misure svolte negli 11 siti di osservazione del permafrost nelle Alpi Ticinesi. Monitoraggio: CE = conduttività elettrica e temperatura dell'acqua di sorgente; GST = temperatura della superficie del suolo; RGV = velocità di superficie. Visite · a⁻¹: numero di visite di terreno annue (0.2 = ogni 5 anni; 0.33 = ogni 3 anni; 0.5 = ogni 2 anni ecc.).

No.	Sito	Valle	Forma geomorfologica	Altitudine [m slm]	Monitoraggio	Visite · a ⁻¹
27	Monte Prosa N	Passo del San Gottardo	GR attivo	2425 - 2590	GST, RGV, CE	1 - 3
29	Pizzo Nero	Val Bedretto	GR transizionale	2620 - 2700	RGV	0.2
29b	Pizzo Gallina	Val Bedretto	GR attivo / <i>push moraine</i>	2680 - 2735	GST, RGV	0.5 - 1
30	Passo di Grandinaglia	Val Bavona	GR attivo / <i>push moraine</i>	2545 - 2650	GST, RGV, CE	0.5 - 1
30b	Lago Nero	Val Bavona				
	Lago Nero		GR attivo	2560 - 2630	GST	1
	Bocchetta del Mottone		<i>ice patches</i> permanenti	2560 - 2640	CE	1
31	Ganoni di Schenadüi	Val Cadlimo				
	Lobo E		GR attivo	2515 - 2620	RGV	1 - 3
	Lobo W		GR attivo	2470 - 2620	GST, RGV, CE	1 - 3
32	Valle di Sceru	Val Malvaglia				
	Piancabella		GR attivo	2455 - 2570	GST, RGV, (CE)	1 - 3
	Gana Rossa		falda di detrito	2460 - 2560	GST, RGV	1 - 3
	Alpe di Sceru I – Lobo N		GR relitto	1965 - 2060	CE	1 - 3
	Alpe di Sceru I – Lobo S		GR relitto	1995 - 2070	CE	1 - 3
33	Stabbio di Largarìo	Val Soia				
	Lobo E		GR attivo	2270 - 2465	GST, RGV	1 - 3
	Lobo W		GR attivo	2260 - 2330	GST, RGV	1 - 3
33b	Alpe Pièi	Val da Pièi				
	Lobo inferiore		GR transizionale	2335 - 2415	RGV, (CE)	0.33
	Lobo superiore		GR attivo	2415 - 2480	RGV	0.33
–	Lago di Leit	Valle Leventina	GR attivo	2275 - 2475	GST, CE	1
–	Rambödt	Valle di Blenio	ghiacciaia naturale	1340	GST	0.5 - 1

Tabella 2: Localizzazione dei punti di misura e sensori descritti nel testo. Tipo di misurazione: CE = conduttività elettrica; MAGST = temperatura media annua della superficie del suolo; PermGNSS = misura permanente della posizione con antenna GNSS fissa; vH_{ref} = velocità orizzontale di riferimento media. Punto di misurazione: GNSS = posizione GNSS; GST = temperatura della superficie del suolo; per le sorgenti è riportato il codice identificativo. Per la disponibilità dei dati, l'asterisco (*) indica una serie con interruzioni. Proprietà dei dati: PERMOS = Rete svizzera di osservazione del permafrost; SUPSI = Scuola universitaria professionale della Svizzera italiana, Istituto scienze della Terra; UIBK = Universität Innsbruck, Institut für Informatik; UniFR = Université de Fribourg, Département de géosciences.

No.	Sito/unità morfologica	Misurazione		Coordinate CH1903+ / LV95			Disponibilità dei dati	Proprietà dei dati
		Tipo	Punto	Coord. E	Coord. N	Alt. m slm		
27	Monte Prosa N ghiacciaio roccioso sorgente	vH_{ref} CE	GNSS S001	<i>media di 16 punti GNSS</i> 2'687'481 1'157'886 2426			dal 1.10.2009 puntuale	PERMOS, UniFR SUPSI
29	Pizzo Nero ghiacciaio roccioso	vH_{ref}	GNSS	<i>media di 25 punti GNSS</i>			dal 1.10.2009	SUPSI
29b	Pizzo Gallina ghiacciaio roccioso ghiacciaio roccioso	MAGST	GST	<i>media di 2 sensori GST</i>			dal 1.10.2011	SUPSI
		vH_{ref}	GNSS	<i>media di 20 punti GNSS</i>			dal 1.10.2012	SUPSI
30	Passo di Grandinaglia ghiacciaio roccioso ghiacciaio roccioso	MAGST	GST	<i>media di 2 sensori GST</i>			dal 1.10.2009	SUPSI
		vH_{ref}	GNSS	<i>media di 20 punti GNSS</i>			dal 1.10.2009	SUPSI
30b	Lago Nero ghiacciaio roccioso sorgente <i>ice patches</i>	MAGST	GST	<i>media di 3 sensori GST</i>			dal 13.10.2015	SUPSI
		CE	IPO	2'684'995	1'144'405	2556	puntuale	SUPSI
31	Ganoni di Schenadüi Lobo E, ghiacciaio roccioso Lobo W, ghiacciaio roccioso Lobo W, sorgente	vH_{ref}	GNSS	<i>media di 12 punti GNSS</i>			dal 1.10.2009	SUPSI
		MAGST	GST	<i>media di 4 sensori GST</i>			dal 1.10.2009	SUPSI
		vH_{ref}	GNSS	<i>media di 18 punti GNSS</i>			dal 1.10.2009	SUPSI
		CE	S3	2'700'292	1'157'035	2471	puntuale	SUPSI
32	Valle di Sceru Piancabella, ghiacciaio roccioso Piancabella, sorgente Alpe di Sceru I, sorgente Lobo N Alpe di Sceru I, sorgente Lobo S	MAGST	GST	<i>media di 4 sensori GST</i>			dal 1.10.2006	PERMOS, SUPSI
		vH_{ref}	GNSS	<i>media di 20 punti GNSS</i>			dal 1.10.2009	PERMOS, SUPSI
		CE	S1	2720131	1145665	2460	puntuale	SUPSI
		CE	Lobo Nord	2'721'964	1'146'186	1964	puntuale	SUPSI
		CE	Lobo Sud	2'721'980	1'145'954	1995	puntuale	SUPSI
33	Stabbio di Largario Lobo E, ghiacciaio roccioso Lobo W, ghiacciaio roccioso	MAGST	GST	<i>media di 4 sensori GST</i>			dal 1.10.2011	PERMOS, SUPSI
		vH_{ref}	GNSS	<i>media di 21 punti GNSS</i>			dal 1.10.2009	PERMOS, SUPSI
		PermGNSS	LAR-1	2'718'882	1'148'516	2349	dal 1.10.2014*	PERMOS, SUPSI, UIBK
		MAGST	GST	<i>media di 2 sensori GST</i>			dal 1.10.2014	PERMOS, SUPSI
		vH_{ref}	GNSS	<i>media di 4 punti GNSS</i>			dal 1.10.2009	PERMOS, SUPSI
		PermGNSS	LAR-2	2'718'726	1'148'487	2297	1.10.2024 - 8.12.2017*	SUPSI, UIBK
33b	Alpe Pièi Lobo inferiore Lobo superiore	vH_{ref}	GNSS	<i>media di 6 punti GNSS</i>			dal 1.10.2009	SUPSI
		vH_{ref}	GNSS	<i>media di 12 punti GNSS</i>			dal 1.10.2009	SUPSI
–	Lago di Leit ghiacciaio roccioso sorgente	MAGST CE	GST GR	<i>media di 2 sensori GST</i> 2'698'694 1'146'614 2268			dal 14.10.2020 puntuale	SUPSI SUPSI
–	Rambött ghiacciaia naturale	MAGST	GST	1 sensore GST all'interno, 1 all'esterno			dal 21.5.2011	SUPSI

sato un eccezionale raffreddamento e una conseguente diminuzione della velocità (Del Siro et al. 2023a). Oltre alla consueta analisi dell'ultimo biennio idrologico, è proposto un approfondimento sulle variazioni intra-annuali di RGV a varie scale temporali (stagionale, mensile e giornaliera), che si rivelano estremamente utili nella comprensione dei fattori di controllo della cinematica di questi accumuli detritici di alta montagna (per es. Delaury et al. 2010; Vivero & Lambiel 2024).

MATERIALI E METODI

Monitoraggio della temperatura

GST è misurata utilizzando dei sensori autonomi (mini-logger) del tipo UTL-3 (Geotest AG), la cui precisione è di $\pm 0.1^\circ\text{C}$. Le misure sono acquisite con un intervallo di 2 ore, calibrate sulla base della fase di *zero curtain* (vedi Scapozza 2009) e infine aggregate in medie giornaliere (dGST). Sono presentati in questo contributo sia i valori della temperatura media annua della superficie del suolo (MAGST: *Mean Annual Ground Surface Temperature*) calcolata per anno idrologico (1° ottobre – 30 settembre dell'anno civile successivo), sia la sua media mobile su un anno (rMAGST). rMAGST è ottenuta calcolando per ogni giorno la temperatura media dei 365 giorni precedenti, così da rappresentare un'evoluzione della temperatura della superficie del suolo che risulti smussata e meno influenzata dalle va-

riazioni giornaliere, settimanali o mensili. MAGST è calcolata sulla base di un numero di sensori variabile da sito a sito (Tab. 2). Maggiori informazioni relative all'osservazione di GST, come ad esempio la posizione dei punti di misura e i sensori selezionati per calcolare MAGST di riferimento per ogni sito, sono presentate in Scapozza et al. (2020a) e Del Siro et al. (2023a).

Monitoraggio della cinematica

RGV è monitorata tramite la misura della posizione tridimensionale di una serie di punti situati sulla superficie del terreno grazie a un sistema satellitare globale di navigazione GNSS (*Global Navigation Satellite System*), con un'accuratezza di 0.5-2 cm sulla posizione orizzontale. Il numero di punti di misura GNSS (compreso tra 22 e 37 per sito) e la frequenza dei rilievi (effettuati ogni uno, due, tre o cinque anni) cambiano da sito a sito (Tab. 1). Il confronto delle posizioni dei punti di misura GNSS acquisite in epoche diverse consente di calcolare lo spostamento orizzontale (dH) per ogni punto della rete di misura. La velocità media orizzontale annua (vH) per ogni punto di misura è poi ottenuta normalizzando lo spostamento orizzontale su un periodo di 365.25 giorni. Per ogni sito di studio, è infine calcolata la velocità orizzontale di riferimento (vH_{ref} anche chiamata *reference value*), che corrisponde alla media della vH di una serie di punti di misura GNSS considerati rappresentativi del movimento di insieme della superficie del ghiacciaio roccioso. Per il numero



Figura 1: Vista dall'elicottero del ghiacciaio roccioso di Stabbio di Largario (versante sinistro della Val Soia), con la posizione dei sensori PermGNSS LAR-1 (collocato sul Lobo E) e LAR-2 (sul Lobo W). Foto: C. Scapozza, 22.9.2017.

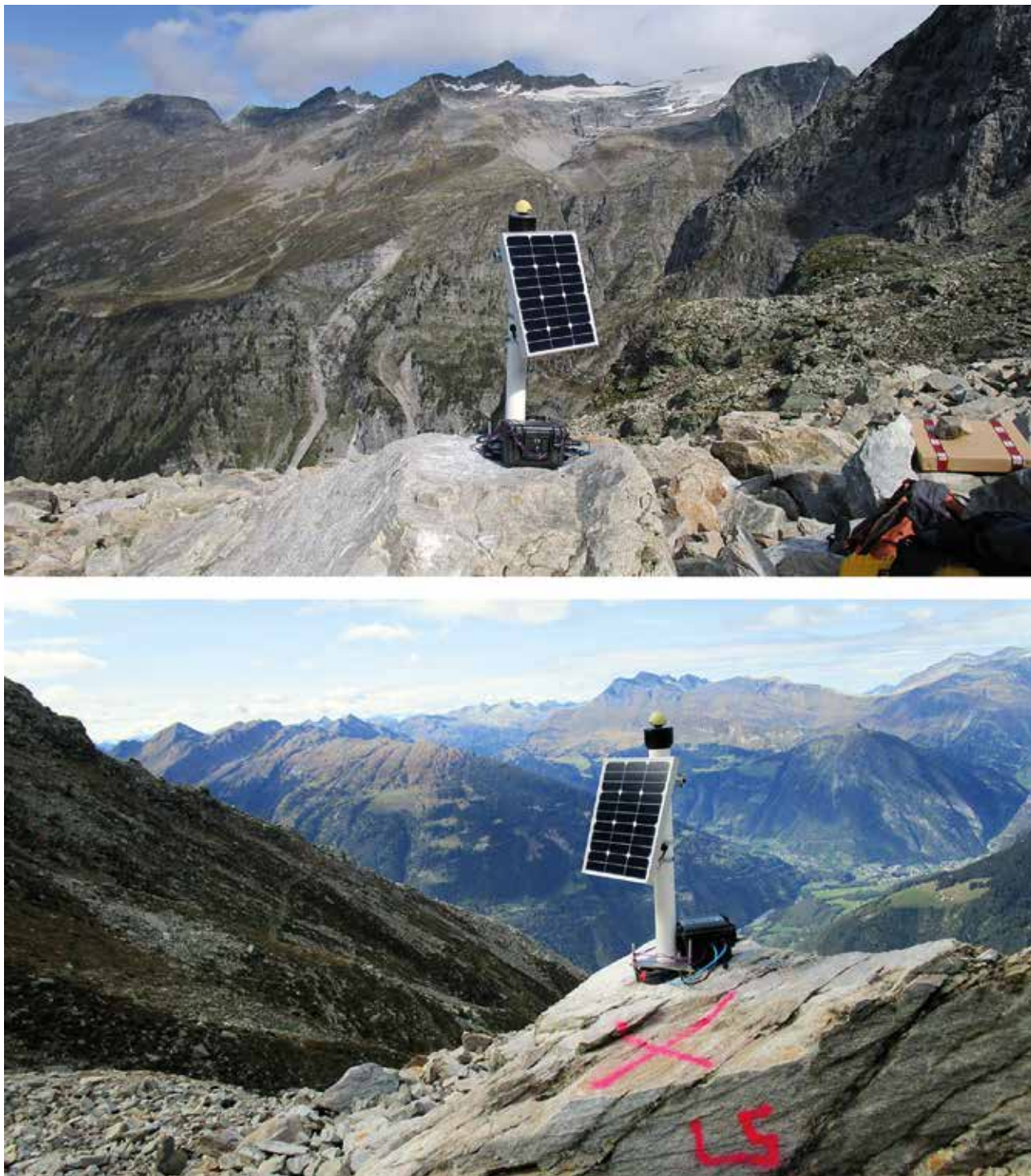


Figura 2: Le due antenne PermGNSS collocate sul ghiacciaio roccioso di Stabbio di Largario (versante sinistro della Val Soia). In alto, il sensore LAR-1 sul Lobo E, con il Vadrecc di Brasciana e l'Adula/Rheinwaldhorn sullo sfondo. In basso, il sensore LAR-2 sul Lobo W, con la conca di Olivone e la Valle Santa Maria in secondo piano. Foto: C. Scapozza, 26.9.2014.

di punti GNSS selezionati per calcolare la vH_{ref} , si veda la tabella 2. Ulteriori informazioni relative alle misure delle velocità orizzontali di superficie dei ghiacciai rocciosi, come la frequenza delle misure e i punti di misura GNSS utilizzati per il calcolo della vH_{ref} per ogni sito di studio, sono presentate in Scapozza et al. (2020a). Eccezionalmente, per il 2023 e il 2024 sono state effettuate anche delle misure GNSS a scala intra-annuale nei siti di Stabbio di Largario, Piancabella e Ganoni di Schenadüi nell'ambito di una tesi di Master (Crivelli 2024) e di una tesi di dottorato in corso (Del Siro et al. 2024; 2025). La misura della posizione dei punti di mi-

sura GNSS è stata eseguita grazie alla strumentazione Zenith 25 di GeoMax AG.

Nell'ottobre del 2014, due stazioni fisse dotate di sensori PermGNSS (Cicoira et al. 2022) sono state installate per misurare la posizione tridimensionale di due blocchi situati su ognuno dei due lobi del ghiacciaio roccioso di Stabbio di Largario (Fig. 1). I sensori PermGNSS sono costituiti da un'antenna GNSS mono-frequenza dotata di inclinometro, installata su un palo di un metro di altezza, alimentata da un pannello solare di 50 cm x 40 cm e da una batteria ad accumulazione di 27 cm x 23 x 17 cm che rilascia una tensione di 12 V (Fig. 2). Il sensore

PermGNSS LAR-1 è stato collocato sul Lobo E e registra dati in continuo dal 1.10.2014, nonostante alcune interruzioni (2016-2017 e 2018-2021). Il sensore PermGNSS LAR-2 era invece situato sul Lobo W e ha registrato dati dal 1.10.2014 fino all'8.12.2017, giorno in cui è stato distrutto da una valanga. I dati dei sensori PermGNSS sono stati elaborati allo scopo di ottenere dH giornalieri e mensili (Cicoira et al. 2022), a loro volta normalizzabili in vH. Questa variazione a corto termine è stata messa a confronto con le variazioni stagionali di vH_{ref} del ghiacciaio roccioso di Monte Prosa N, situato a nord del Passo del San Gottardo ma su territorio del Cantone Ticino, le cui misure sono raccolte dall'Università di Friburgo nell'ambito della rete nazionale PERMOS (PERMOS 2019; 2024; 2025).

Monitoraggio delle sorgenti

La misura della conduttività elettrica dell'acqua (CE) che defluisce dai ghiacciai rocciosi può fornire preziose informazioni sul suo grado di mineralizzazione e quindi sulla sua origine (per es. Carturan et al. 2016; Del Siro et al. 2023b). Un numero crescente di studi ha infatti mostrato che la degradazione del permafrost influenza le caratteristiche fisico-chimiche dell'acqua tramite il rilascio di soluti dovuti alla fusione del ghiaccio presente nel sottosuolo (per una revisione della letteratura, vedi Colombo et al. 2018; Jones et al. 2019). I dati presentati in questo studio sono stati misurati in modo puntuale con un conduttivimetro digitale modello EC210 di Extech Instruments, la cui accuratezza è di ± 1 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Le osservazioni sono state effettuate in sette sorgenti situate alla base dei ghiacciai rocciosi monitorati (Tab. 2).

RISULTATI

Monitoraggio della temperatura

Il 2022, 2023 e 2024 rappresentano a livello nazionale i tre anni più caldi mai misurati dal 1864 (MeteoSvizzera 2023; 2024; 2025a). Questa tendenza nazionale è confermata anche alla stazione di MeteoSvizzera di

Robiè (1898 m slm), che rappresenta la stazione meteorologica del Cantone Ticino con la più lunga serie di dati (dal 1.2.1991) ad alta quota. L'anomalia di temperatura rispetto alla norma 1991-2020 testimonia di un 2020/2021 piuttosto fresco (-0.31°C), seguito dai tre anni idrologici che hanno fatto registrare le anomalie positive più elevate di tutta la serie di osservazioni, sempre superiori a $+1.30^\circ\text{C}$ (Fig. 3).

I valori massimi della temperatura media giornaliera dell'aria (dAT) sono stati raggiunti il 23.8.2023 alle stazioni di MeteoSvizzera di Robiè e del Matro (2171 m slm), facendo registrare rispettivamente 20.8°C e 19.2°C (Tab. 3). Anche MAGST ha fatto registrare un raffreddamento ma, a differenza della temperatura media annua dell'aria (MAAT), esso si è verificato con un anno di ritardo, ovvero nel 2021/2022. È interessante notare che anche il raffreddamento di MAGST registrato nel 2013/2014 è avvenuto un anno dopo l'importante anomalia negativa di MAAT. Il raffreddamento di MAGST tra il biennio 2020/2021 e 2021/2022 è stato mediamente di -0.89°C su tutti i siti di studio, variando tra -0.41°C al Lago Nero e -1.42°C al Pizzo Gallina (Fig. 3). Dal 2020/2021, i valori minimi di rMAGST sono stati registrati nella primavera del 2022 in tutti i siti, ad eccezione del Lobo W del ghiacciaio roccioso di Stabbio di Largario, in cui il valore minimo è stato osservato nell'autunno del 2021 (Tab. 3 e Fig. 4).

Gli ultimi due anni idrologici sono stati caratterizzati da un aumento medio di MAGST di 1.18°C su tutti i siti di studio ($+0.76^\circ\text{C}$ fra il 2021/2022 e il 2022/2023 e $+0.42^\circ\text{C}$ fra il 2022/2023 e il 2023/2024). Il valore di MAGST medio di 1.34°C per il 2023/2024 è risultato il più elevato di tutta le serie di misurazioni (Fig. 3). Il riscaldamento più marcato di MAGST per i singoli siti è stato registrato ai Ganoni di Schenadüi (Lobo W), con un incremento di 1.52°C (Fig. 3). I valori massimi di rMAGST dell'ultimo quadriennio idrologico sono stati registrati nella primavera del 2024 in tutti i siti, a eccezione del Lobo W a Stabbio di Largario, in cui il valore minimo è stato osservato il 1.10.2020 (Tab. 3 e Fig. 4). La differenza fra i valori minimi e massimi di

Tabella 3: Valori minimi e massimi giornalieri di rMAGST e rMAAT e valori massimi giornalieri di dGST e dAT per il quadriennio idrologico dal 2020/2021 al 2023/2024. Dati della temperatura dell'aria delle stazioni MTR e ROE: MeteoSvizzera.

No.	Sito	rMAGST/rMAAT [$^\circ\text{C}$]				Diff.	dGST/dAT [$^\circ\text{C}$]	
		MIN	Data	MAX	Data		MAX	Data
29b	Pizzo Gallina	-1.38	9.5.2022	1.09	5.5.2024	2.47	12.84	11.8.2024
30	Passo di Grandinaglia	-0.73	16.4.2022	1.75	30.4.2024	2.48	14.91	20.7.2022
30b	Lago Nero	-0.22	13.4.2022	2.14	1.5.2024	2.36	17.06	23.8.2023
31	Ganoni di Schenadüi	-0.98	14.5.2022	2.02	8.5.2024	3.00	15.86	23.8.2023
32	Piancabella	-0.46	19.4.2022	1.89	25.5.2024	2.36	15.17	24.8.2023
33	Stabbio di Largario							
	lobo E	0.14	15.4.2022	1.87	6.5.2024	1.73	17.25	30.7.2024
	lobo W	0.49	22.9.2021	3.11	1.10.2020	2.62	20.40	30.7.2024
-	Lago di Leit	-0.98	12.4.2022	1.17	4.5.2024	2.15	13.03	18.7.2022
MTR	Matro (2171 m slm)	1.79	11.12.2021	4.50	16.4.2024	2.71	19.20	23.8.2023
ROE	Robiè (1896 m slm)	3.21	22.9.2021	5.58	16.4.2024	2.37	20.80	23.8.2023

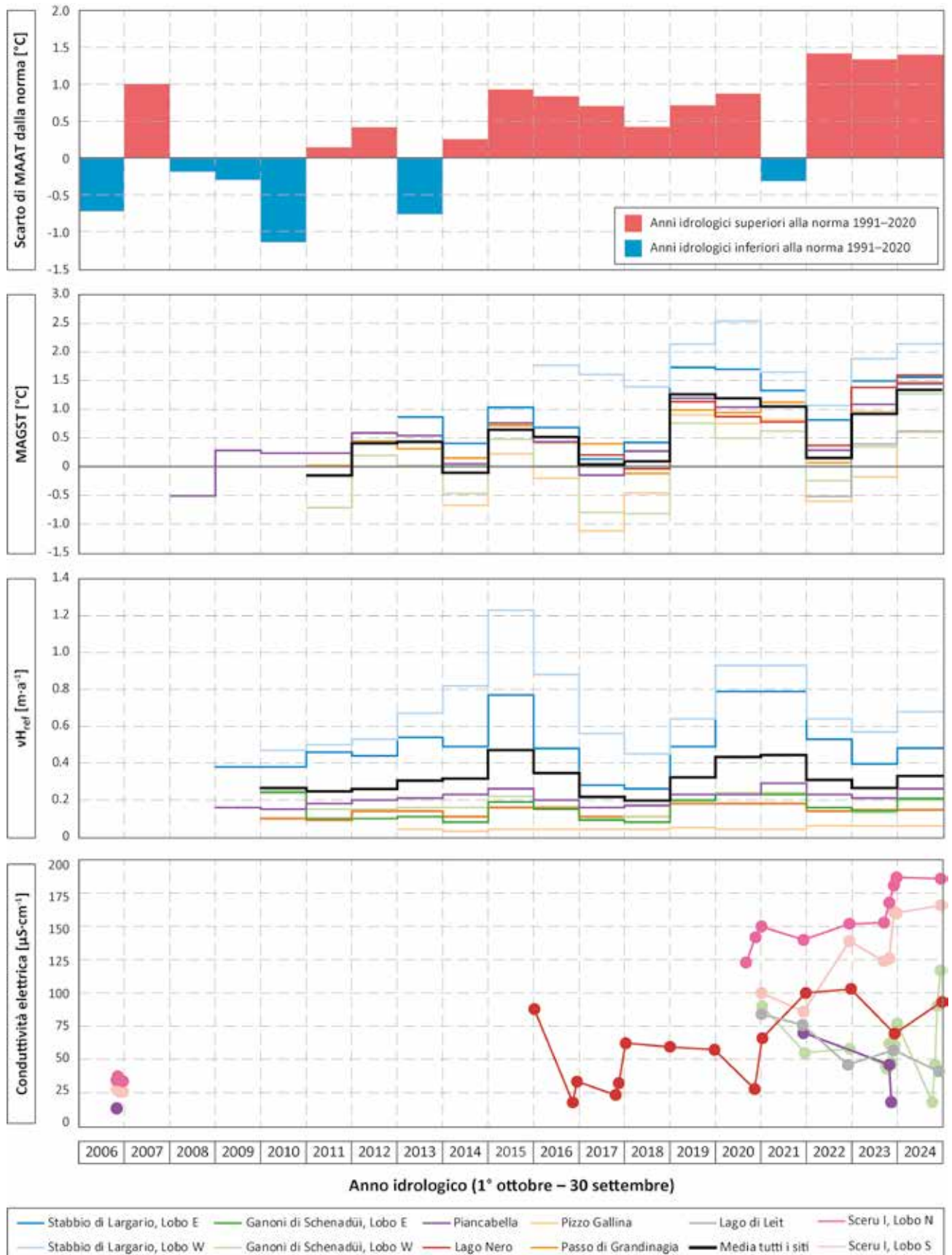


Figura 3: Evoluzione di alcuni parametri di riferimento per il permafrost nelle Alpi Ticinesi dal 1.10.2006. Dall'alto verso il basso: differenza di MAAT rispetto alla norma 1991-2020 per la stazione meteorologica di Robièi (1896 m slm), dati MeteoSvizzera; andamento inter-annuale di MAGST e vH_{ref} e misure manuali di CE. Per la proprietà dei dati, vedi tabella 2.

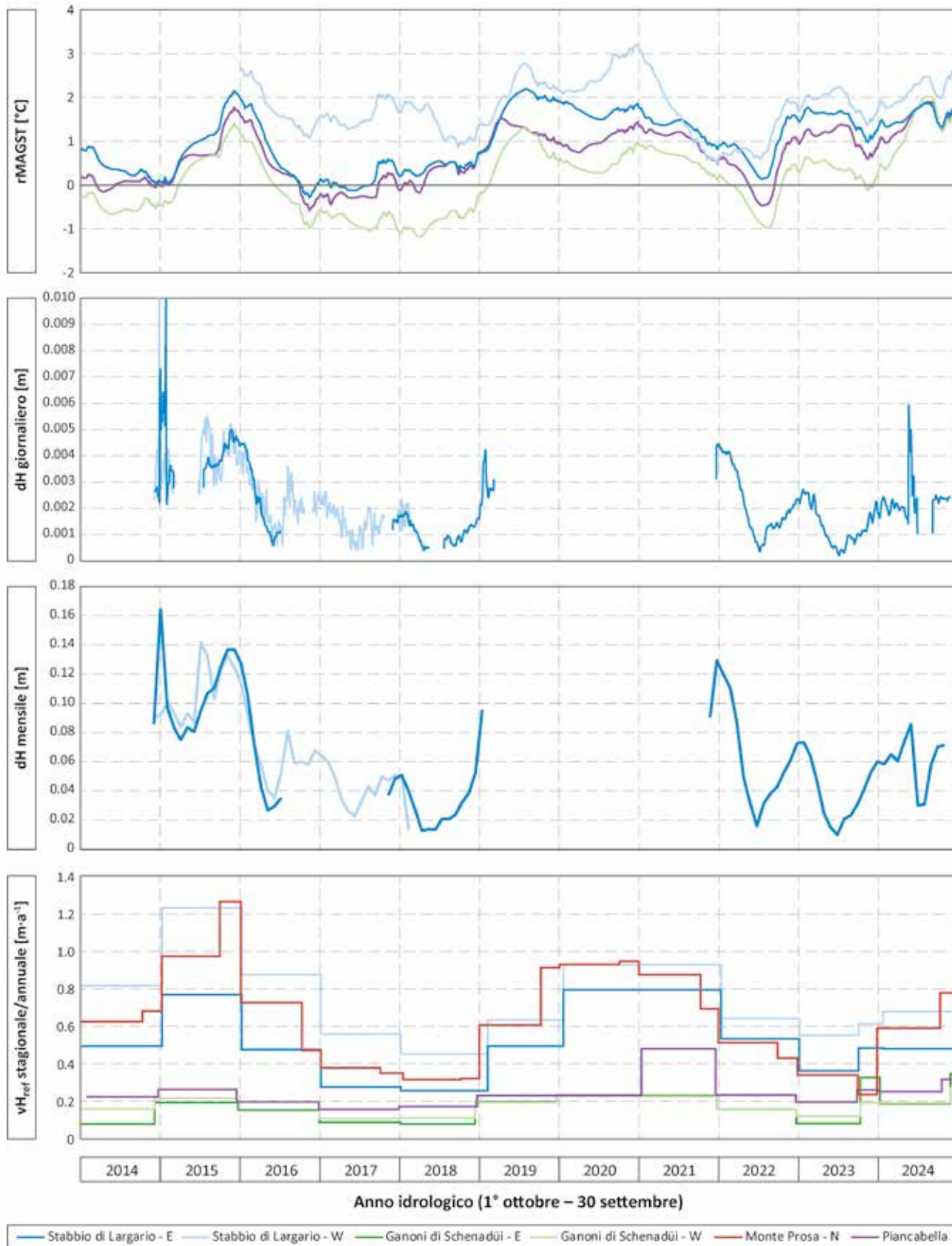


Figura 4: Evoluzione della cinematica di alcuni ghiacciai rocciosi delle Alpi Ticinesi dal 1.10.2013 e confronto con la variazione della temperatura (rMAGST). dh giornaliero e mensile sono stati registrati dai sensori PermGNSS posti sul ghiacciaio roccioso di Stabbio di Largario (Val Soia). Per la proprietà dei dati, vedi tabella 2.

rMAGST è stata notevole e supera 2°C per tutti i siti a eccezione del Lobo E a Stabbio di Largario (1.73°C), raggiungendo addirittura 3°C ai Ganoni di Schenadüi. Se consideriamo dGST, va notato come nel 2023/2024 sia stata superata per la prima volta in assoluto la temperatura di 20°C. Questo è avvenuto il 30.7.2024 sul Lobo W di Stabbio di Largario, dove si sono raggiunti 20.40°C. Il singolo valore di GST più elevato è stato di 31.88°C, misurato alle ore 19:00 dal sensore LAR_S006 situato a 2291 m slm. Non si tratta del record assoluto di GST, perché questo stesso sensore ha misurato 33.15°C alle ore 15:00 del 14.8.2021, 32.87°C alle ore 15:00 del 15.8.2021 e 31.92°C alle ore 19:00 del 29.7.2024.

Monitoraggio della cinematica

Dopo l'ultimo picco di RGV osservato nel 2021, la cinematica dei ghiacciai rocciosi è stata caratterizzata da un'importante variazione inter-annuale, mostrando un forte rallentamento nel 2023, ovvero un anno dopo il marcato raffreddamento di MAGST (Fig. 3). Dal 2021 al 2023 vH_{ref} è diminuita mediamente del 44%, passando da 0.44 a 0.25 $m \cdot a^{-1}$ (Tab. 4). Il rallentamento più marcato è stato registrato sul sito di Monte Prosa N, dove vH_{ref} è passata da 0.82 $m \cdot a^{-1}$ nel 2021 a 0.32 $m \cdot a^{-1}$ nel 2023 (-61%). Fra il 2023 e il 2024 è stata invece osservata una lieve accelerazione, caratterizzata da un aumento medio di vH_{ref} da 0.25 a 0.33 $m \cdot a^{-1}$ (+32%). Anche in questo caso, l'accelerazione più marcata è stata registrata sul sito di Monte Prosa N, con un aumento

di vH_{ref} da 0.32 a 0.63 $m \cdot a^{-1}$ (+97%). Il comportamento leggermente diverso dei due ghiacciai rocciosi del Pizzo Gallina e del Passo di Grandinaglia è legato al fatto che non sono stati misurati nel 2023.

La vH_{ref} massima presenta delle variazioni confrontabili con quelle della vH_{ref} media (Tab. 4). Al Monte Prosa N sono state misurate la decelerazione (-57% fra il 2021 e il 2023) e l'accelerazione (+84% fra il 2023 e il 2024) più marcate. I valori assoluti più elevati sono stati misurati sul Lobo E a Stabbio di Largario, dove fra il 2020 e il 2021 è stata misurata una vH_{ref} massima di 1.44 $m \cdot a^{-1}$. Si tratta del valore più elevato mai misurato nelle Alpi Ticinesi, ma non di un record assoluto: è stato misurato sempre sul Lobo E a Stabbio di Largario anche fra il 2014 e il 2015 e fra il 2019 e il 2020, così come al Monte Prosa N fra il 2014 e il 2015.

L'evoluzione intra-annuale della cinematica, in particolare al Monte Prosa N (Fig. 4), consente di scomporre l'andamento inter-annuale descritto sopra. È evidente la ripartizione non omogenea delle velocità durante l'anno idrologico, mostrata dalla ciclicità stagionale, ben visibile soprattutto nei dH mensili e giornalieri a Stabbio di Largario, con i valori minimi che sono raggiunti in primavera e i valori massimi in autunno (Tab. 5). Delle eccezioni sono però presenti, come testimonia il picco di dH culminato a fine inverno/inizio primavera 2024 sul Lobo E di Stabbio di Largario (con il massimo assoluto misurato il 21.2.2024). A questo picco massimo tardivo è seguita una brusca decelerazione durante la primavera, per tornare ad accelerare

Tabella 4: Evoluzione di vH_{ref} media e massima per il quadriennio idrologico dal 2020/2021 (marcato come 2021) al 2023/2024 (riportato come 2024) e variazione percentuale rispetto all'anno idrologico precedente.

No.	Sito	vH_{ref} media [$m \cdot a^{-1}$]				vH_{ref} massima [$m \cdot a^{-1}$]			
		2021	2022	2023	2024	2021	2022	2023	2024
27	Monte Prosa N	0.82	0.49	0.32	0.63	1.15	0.70	0.49	0.90
	<i>variazione [%]</i>		-40	-35	97		-39	-30	84
29b	Pizzo Gallina	0.04	0.06	0.06	0.06	0.13	0.14	0.16	0.16
	<i>variazione [%]</i>		50	0	0		8	14	0
30	Passo di Grandinaglia	0.18	0.14	0.15	0.15	0.45	0.31	0.36	0.36
	<i>variazione [%]</i>		-22	7	0		-31	16	0
31	Ganoni di Schenadüi								
	lobo E	0.23	0.16	0.14	0.21	0.43	0.30	0.36	0.33
	<i>variazione [%]</i>		-30	-13	50		-30	20	-8
	lobo W	0.24	0.16	0.13	0.20	0.45	0.32	0.26	0.42
32	Piancabella	0.29	0.23	0.21	0.26	0.57	0.52	0.52	0.58
	<i>variazione [%]</i>		-21	-9	24		-9	0	12
33	Stabbio di Largario								
	lobo E	0.79	0.53	0.40	0.48	1.44	0.88	0.74	0.90
	<i>variazione [%]</i>		-33	-25	20		-39	-16	22
	lobo W	0.93	0.64	0.57	0.68	0.96	0.68	0.66	0.75
Media per tutti i siti		0.44	0.30	0.25	0.33	0.70	0.48	0.44	0.55
	<i>variazione [%]</i>		-32	-17	32		-31	-8	25

Tabella 5: Valori minimi e massimi di spostamento giornaliero e mensile del ghiacciaio roccioso di Stabbio di Largario registrati dai sensori PermGNSS LAR-1 (Lobo E) e LAR-2 (Lobo W).

Sensore	Valore	Spostamenti giornalieri			Spostamenti mensili		
		dH_filt [m]	vH_filt [m · a ⁻¹]	Giorno	dH_filt [m]	vH_filt [m · a ⁻¹]	Mese
LAR-1	MIN	0.000	0.076	10.4.2023	0.010	0.120	apr. 2023
	MAX	0.010	3.742	25.11.2014	0.164	1.970	nov. 2014
LAR-2	MIN	0.000	0.152	7.4.2017	0.013	0.158	dic. 2017
	MAX	0.011 (0.030)	4.141 (10.960)	25.10.2014 (26.10.2014)	0.142	1.702	mag. 2015

notevolmente nel corso dell'estate. Non è possibile determinare quando è stato toccato il valore minimo di dH giornaliero poiché il sensore PermGNSS LAR-1 è rimasto sepolto dalla neve dal 31.3.2024 al 8.6.2024. L'accelerazione più brusca è stata misurata nell'autunno 2014, con i valori più elevati di dH giornaliero e mensile di tutta la serie di osservazioni (Tab. 5). Il picco è stato raggiunto il 25-26.10.2014 sul Lobo W (sensore LAR-2) e un mese dopo, il 25.11.2014, sul Lobo E (sensore LAR-1). Sul Lobo W, il picco mensile si è manifestato a maggio 2015 (ed è culminato il 1.6.2015). Questa accelerazione tardo autunnale 2014 (per il Lobo W) e primaverile 2015 (per il Lobo E), associata al consueto aumento di spostamenti estivo-autunnale, ha contribuito alla vH_{ref} eccezionale misurata a Stabbio di Largario fra il 25.9.2014 e il 25.9.2015 (date delle misure annuali che sono state utilizzate per calcolare vH_{ref} per l'anno idrologico 2014/2015). Sul sito di Monte Prosa N è stato osservato un incremento di dH_{ref} di 0.71 m fra il 8.10.2014 e il 1.7.2015, seguito da un ulteriore aumento di 0.33 m fra il 1.7.2015 e 5.10.2015 (dati UniFR), ciò che ha causato un'accelerazione di vH_{ref} da 0.68 a 0.97 a 1.26 m·a⁻¹, segnando il picco massimo di tutta la serie di misurazioni (Fig. 4). Per il secondo picco di velocità della serie storica, quello del 2020-2021, non abbiamo purtroppo a disposizione i valori di dH mensile e giornaliero di Stabbio di Largario a causa di problemi tecnici al sensore LAR-1.

Conduttività elettrica delle sorgenti

La variabilità inter-annuale di CE non presenta un andamento chiaro e univoco (Fig. 3). Ad eccezione dei ghiacciai rocciosi attivi di Piancabella e Lago di Leità, CE mostra una tendenza all'aumento in tutti i siti dall'inizio delle misure. I valori più elevati sono misurati nelle due sorgenti alimentate dal ghiacciaio roccioso relitto dell'Alpe di Sceru I, che presentano un incremento molto significativo fra i valori puntuali misurati nel 2006 e quelli raccolti dal 2020, con i valori al Lobo S che sono sistematicamente più elevati rispetto a quelli al Lobo N. Le CE del 2006 erano comprese fra 26 e 30 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ per il Lobo N e fra 34 e 37 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ per il Lobo S. Ad eccezione del 17.9.2021, dal 2020 i valori superano sempre i 100 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ al Lobo N, per attestarsi sopra i 160 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ dal 14.9.2023. Al Lobo S, fra giugno 2020 e agosto 2023 CE aumenta da 123 a 168 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$, per attestarsi sopra i 180 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ da metà settembre 2023.

Alla sorgente IPO situata a valle delle placche di ghiaccio (*ice patches*) del Lago Nero, per due volte dal 2015 è stata raggiunta e superata la soglia dei 100 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$

(100 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ il 6.10.2021 e 103 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ il 4.10.2022; Tab. 2). CE è diminuita ai 69 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ misurati il 19.9.2023, per aumentare nuovamente fino ai 94 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ del 11.10.2024. Fatta eccezione per il sito di Passo di Grandinaglia, che presenta valori compresi fra 205 e 320 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ dovuti alla litologia composta da scisti calcarei micacei, i valori di CE più elevati in assoluto su litologia gneissica sono stati misurati nel 2024 ai Ganoni di Schenadüi (208 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ il 14.10.2024 e 221 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ il 24.9.2024). Queste misure si riferiscono a un laghetto permanente alla base del fronte del ghiacciaio roccioso, ciò che potrebbe avere l'effetto di incrementare notevolmente la CE. I valori misurati alla sorgente S3 situata alla base del lobo ovest del ghiacciaio roccioso di Ganoni di Schenadüi, oggetto del monitoraggio a lungo termine (Tab. 2 e Fig. 3), sono notevolmente meno elevati (105 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ il 14.10.2024 e 117 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ il 24.9.2024).

DISCUSSIONE

Regime cinematico e fattori di controllo

Il confronto fra RGV, MAGST (Fig. 3) e rMAGST (Fig. 4) conferma la relazione fra GST e vH_{ref} dei ghiacciai rocciosi delle Alpi Ticinesi discussa nei rapporti precedenti (vedi Scapozza et al. 2020a; Del Siro et al. 2023a; e referenze ivi contenute). Le osservazioni compiute nel biennio 2022/2023 e 2023/2024 consentono di documentare la fine del rallentamento di vH_{ref} in atto dal 2020/2021. La RGV minima che è stata raggiunta sul Lobo E di Stabbio di Largario nel 2023 (ad aprile per dH mensile e il 10.4.2023 per dH giornaliero) è stata determinata dal valore minimo di MAGST registrato nel 2021/2022 (la più bassa dal 2019). Il suolo ha potuto raffreddarsi a causa dall'abbassamento di MAAT osservato nel 2020/2021, l'anno idrologico più fresco in montagna dell'ultimo decennio, e dell'inverno 2021/2022 poco nevoso (Del Siro et al. 2023a). L'anomalia positiva di MAAT degli ultimi tre anni idrologici, unitamente all'inverno 2023/2024 e all'inizio della primavera 2024 particolarmente nevosi alle alte quote del Sud delle Alpi (MeteoSvizzera 2025a), hanno invertito la tendenza al raffreddamento di GST – decrescita di vH_{ref} , per causare una nuova accelerazione di RGV nel 2024, determinata dall'aumento della temperatura. Il regime degli spostamenti orizzontali mensili e giornalieri del Lobo E di Stabbio di Largario permette di comprenderne il comportamento cinematico (Fig. 5). Il regime di dH mensile, con il massimo a novembre e il minimo ad aprile, riflette il regime termico del sot-

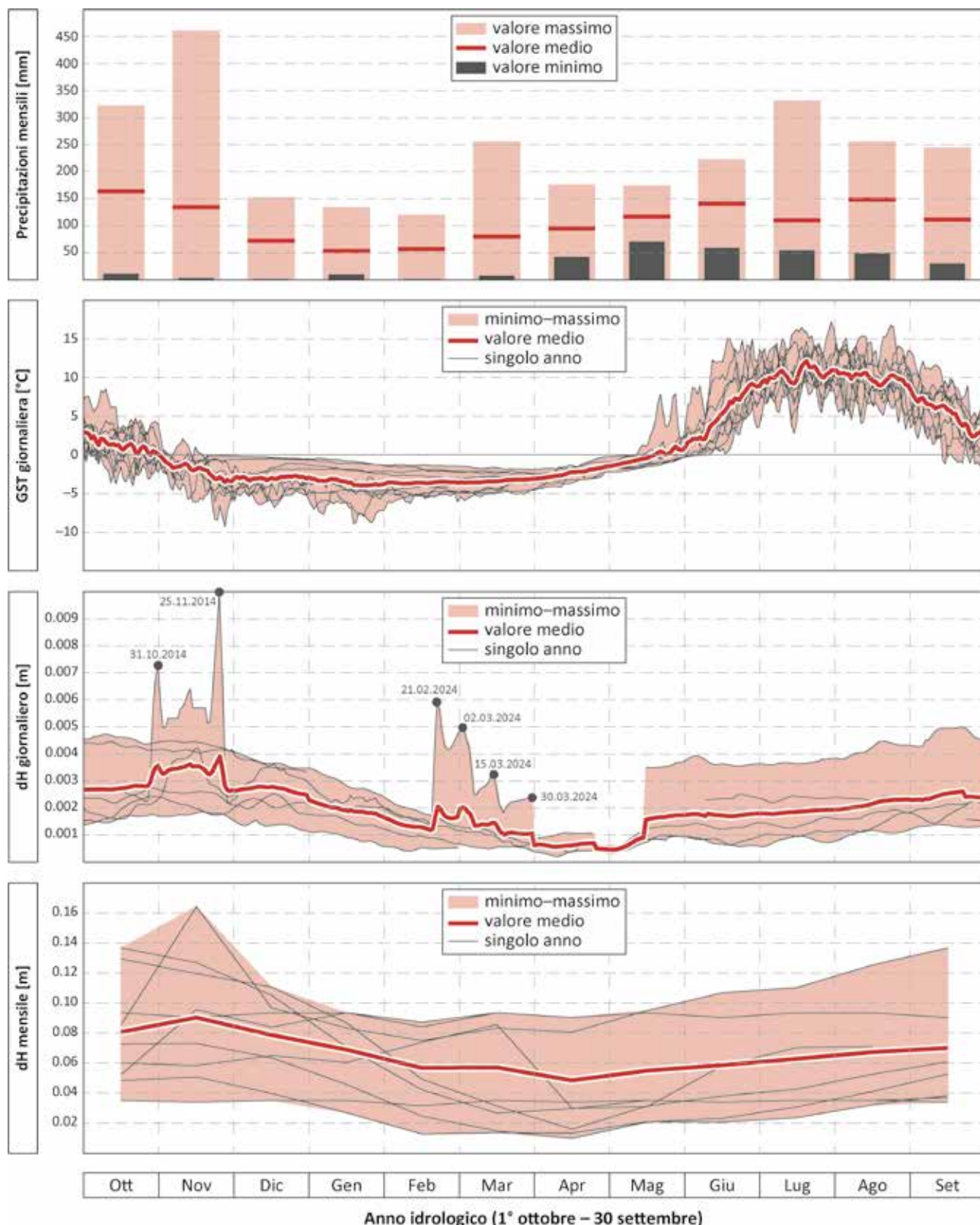


Figura 5: Regime cinematico mensile e giornaliero del Lobo E del ghiacciaio roccioso di Stabbio di Largario (Val Soia) determinato sulla base degli spostamenti registrati dal sensore PermGNSS LAR-1 fra il 1.10.2014 e il 30.8.2024 (con interruzioni), e confronto con il regime della media giornaliera di GST misurata fra il 1.10.2014 e il 17.9.2024 e con il regime mensile delle precipitazioni misurate fra il 1.10.2014 e il 30.9.2024 dalla stazione TIOLV di Olivone (coord. 2°715'410/1°154'120, 909 m slm) di proprietà dell'Ufficio dei corsi d'acqua della Repubblica e Cantone Ticino e gestita dall'Istituto scienze della Terra SUPSI. Sono contrassegnati con la data i picchi di dH giornaliero descritti nel testo.

tosuolo. Il massimo di calore alla superficie del suolo accumulato durante i mesi di luglio e agosto impiega diversi mesi a essere trasferito nel sottosuolo. Di conseguenza, il picco massimo di dH avviene con un ritardo di 3-4 mesi rispetto al picco massimo di GST. Lo stesso ritardo di 3-4 mesi è presente anche fra il minimo di GST che avviene verso fine gennaio e il minimo di dH che si verifica durante i mesi di aprile e maggio. La variabilità inter-annuale massima del regime di dH mensile è più ampia rispetto a quella giornaliera. Nel regime mensile è in media del 401% e varia da un minimo del 214% a dicembre a un massimo del 803% ad aprile. Nel regime giornaliero è in media del 287%, con un massimo superiore al 700% fra il 20 febbraio e il 1° marzo e un minimo inferiore al 100% fra il 26 aprile e il 15 maggio. Fatta eccezione per i picchi eccezionali di dH registrati nel 2014 fra fine ottobre e fine novembre e quelli fra metà febbraio e fine marzo registrati nel 2024, il regime di dH giornaliero è particolarmente coerente con il regime di GST giornaliera. Gli spostamenti giornalieri minimi avvengono infatti nel periodo invernale, in cui GST ha poca variabilità. Dopo le prime nevicate, perché il suolo raggiunge la temperatura di equilibrio invernale, e in seguito, perché la superficie del terreno passa nel cosiddetto periodo di *zero curtain*, durante il quale il consumo di calore latente legato alla fusione della neve mantiene la temperatura invariabilmente a 0°C (vedi Scapozza 2009). Con la scomparsa del manto nevoso e la conseguente mancanza di uno strato isolante alla superficie, il calore può penetrare del terreno, anche grazie all'infiltrazione dell'acqua di fusione nivale (cf. Wirz et al. 2016; Cicoira et al. 2019; Del Siro et al. 2023a). Da quel momento il terreno inizia a scaldarsi e dH ad aumentare progressivamente. L'aumento repentino a metà maggio rappresentato nella figura 5 è un artefatto legato alla mancanza di dati fra aprile e maggio 2015, l'anno con i valori più elevati di tutta la serie, ciò che contribuisce ad abbassare la media.

Il regime cinematico può essere messo in relazione anche con il regime delle precipitazioni (Fig. 5). Il massimo autunnale, con il picco a ottobre delle precipitazioni medie e il picco a novembre delle precipitazioni massime, può favorire l'incremento di RGV determinato dal riscaldamento estivo-autunnale del suolo, soprattutto in caso di precipitazioni liquide o nevose che non permangono alla superficie del suolo fino all'inverno. La somma mensile massima delle precipitazioni (462 mm, equivalenti al 342% rispetto alla media 2014-2024) è stata misurata a novembre 2014. Le precipitazioni sono avvenute fra il 3 e il 17 novembre, con un picco di 145 mm misurato il 5 novembre. Il picco massimo di dH giornaliero è stato invece registrato il 25 novembre, quindi con un ritardo di 20 giorni dal picco massimo delle precipitazioni e di 8 giorni dalla fine dell'evento pluviometrico. Questo tempo di ritardo può essere osservato anche nel mese di ottobre del 2014: il picco dH misurato il 31 ottobre si è infatti manifestato 9 giorni dopo la fine dell'evento pluviometrico del 4-22 ottobre, che ha avuto il suo picco il 13 ottobre (con 130 mm di pioggia), quindi 18 giorni prima. Discorso analogo è valevole per i picchi di dH registrati fra fine febbraio

e marzo 2024. I picchi di importanza decrescente del 21 febbraio, 2, 15 e 30 marzo sono legati alle precipitazioni del 8-11 febbraio, 22 febbraio – 10 marzo e 27 marzo – 1° aprile, in parte nevose in parte liquide, che fanno di marzo 2024 il più ricco in precipitazioni di tutto il decennio 2014-2024 (con 256 mm, pari al 319% rispetto alle medie). Rispetto alle precipitazioni autunnali del 2014, non è possibile stabilire la durata del ritardo fra gli eventi pluviometrici e i picchi di dH di febbraio e marzo 2024, anche perché andrebbero considerate le condizioni del manto nevoso presente al suolo, le sue trasformazioni, l'effetto delle nuove precipitazioni ricevute (se liquide o solide) e delle temperature dell'aria durante e fra gli eventi pluviometrici.

Se la variazione inter-annuale di RGV può essere considerata una variabile climatica essenziale che traduce l'impatto del riscaldamento climatico sul permafrost, e quindi dei fattori di controllo che agiscono alla scala sopra-regionale e/o continentale (cf. Fleischer et al. 2021; Thibert & Bodin 2022; Kellerer-Pirklbauer et al. 2024), le variazioni intra-annuali di RGV consentono di determinare gli effetti dei fattori di controllo che agiscono alla scala regionale e/o locale, e quindi di valutare anche l'effetto della degradazione del permafrost e della destabilizzazione dei ghiacciai rocciosi sull'innescamento di eventi naturali potenzialmente pericolosi (cf. Wirz et al. 2016; Cicoira et al. 2022; Vivero & Lambiel 2024). Le variazioni di innevamento invernali e primaverili, il significativo riscaldamento estivo e autunnale e gli apporti di acqua liquida che possono derivare dalla fusione nivale e da eventi piovosi particolarmente intensi possono agire a varie scale temporali e determinare degli incrementi di dH anche particolarmente significativi, come è stato il caso per il Lobo E di Stabbio di Largario a fine novembre 2014 e febbraio 2024 e per il Lobo W a fine ottobre 2014. In tutti e tre i casi non è possibile identificare un singolo fattore che abbia controllato l'aumento repentino degli spostamenti; è più probabile che i fattori di controllo si siano addizionati fra loro per generare un incremento esponenziale di RGV, come già dimostrato in precedenza con la relazione fra GST e vH_{ref} (cf. Müller et al. 2016; Scapozza et al. 2018; 2020a).

Le sorgenti: sentinelle della degradazione del permafrost?

I dati di CE delle sorgenti al fronte dei ghiacciai rocciosi sono stati raccolti in maniera meno sistematica rispetto a GST e RGV. L'idro(geo)logia periglaciale è forse maggiormente dipendente dai fattori di controllo alla scala locale, anche se le osservazioni compiute negli ultimi anni stanno fornendo delle chiavi di interpretazione dell'idro-chimica delle sorgenti volte a comprendere i processi che avvengono in un ghiacciaio roccioso (Del Siro et al. 2023b; Brighenti et al. 2024; e referenze ivi contenute). Partendo da dati di CE dell'acqua di sorgente misurati alla base di placche di ghiaccio (*ice patches*) a monte del Lago Nero, in alta Val Bavona, è stato possibile stabilire una relazione lineare con lo stato termico del terreno, quantificato sulla base di GST media dei tre mesi precedenti (Scapozza et al. 2020b) e dei sei mesi precedenti (Del Siro et al. 2023a).

L'aggiunta dei dati misurati nel 2023 e 2024 consente di osservare che il coefficiente di determinazione (R^2) migliore non lo si ottiene più con una relazione lineare, bensì con una di tipo esponenziale (Fig. 6). Questa relazione esponenziale sarà da testare con le sorgenti alimentate da ghiacciai rocciosi attivi, i cui meccanismi di stoccaggio e rilascio di soluti dovuti ai processi di aggradazione e fusione del ghiaccio del sottosuolo avvengono su scale temporali più lunghe, differenziandosi quindi da quelli riscontrati nel suolo in prossimità delle placche di ghiaccio. Se la relazione esponenziale dovesse essere confermata anche per queste sorgenti, sarebbe possibile trovare una relazione concettuale fra aumento di GST, aumento di temperatura e del contenuto in acqua liquida del permafrost che determina l'incremento esponenziale di RGV, aumento della degradazione del permafrost con conseguente incremento sia dell'acqua di fusione del ghiaccio sia della superficie di contatto fra l'acqua e i detriti di roccia e, di conseguenza, aumento di CE dell'acqua esportata dal ghiacciaio roccioso. Il monitoraggio puntuale e automatico dell'acqua di sorgente al fronte dei ghiacciai rocciosi attivi dei Ganoni di Schenadüi, Monte Prosa N e Piancabella consentirà di affinare la relazione concettuale espressa sopra grazie ai dati empirici di terreno (cf. Del Siro et al. 2024; 2025).

CONCLUSIONE

I dati di GST, vH_{ref} e CE dell'acqua di sorgente misurati nelle Alpi Ticinesi testimoniano del riscaldamento e della conseguente degradazione del permafrost in corso dall'inizio del XXI sec. (cf. Noetzi et al. 2024). Nonostante le variazioni inter- e intra-annuali delle tre grandezze fisiche osservate, la tendenza pluriennale è chiara: GST si sta riscaldando mediamente di 0.73°C al decennio, mentre sia RGV sia CE della acqua di sorgente presentano un incremento esponenziale all'aumento di GST. Il biennio 2022/2023 e 2023/2024 analizzato in questo rapporto ha mostrato che la temperatura media annua dell'aria molto elevata registrata negli ultimi tre anni idrologici, congiuntamente all'inverno 2023/2024 molto nevoso, hanno causato un riscaldamento di GST e un'accelerazione di vH_{ref} . L'analisi a scala intra-annuale della cinematica del ghiacciaio roccioso di Stabbio di Largario ha evidenziato come il regime di dH mensile e giornaliero sia influenzato da molteplici fattori di controllo, come l'andamento di GST, le variazioni di innevamento invernali e primaverili e gli apporti idrici (derivanti da eventi piovosi o fusione nivale). Considerando che l'inverno 2024/2025 ha registrato delle precipitazioni superiori alla norma al Sud delle Alpi (MeteoSvizzera 2025b), favorendo l'accumulo di neve ad alta quota, e la costante tendenza all'incremento delle temperature dell'aria, ci si potrà attendere nel 2025 un aumento di GST e, di conseguenza, un'ulteriore accelerazione di RGV rispetto a quanto già osservato nell'anno idrologico 2023/2024.

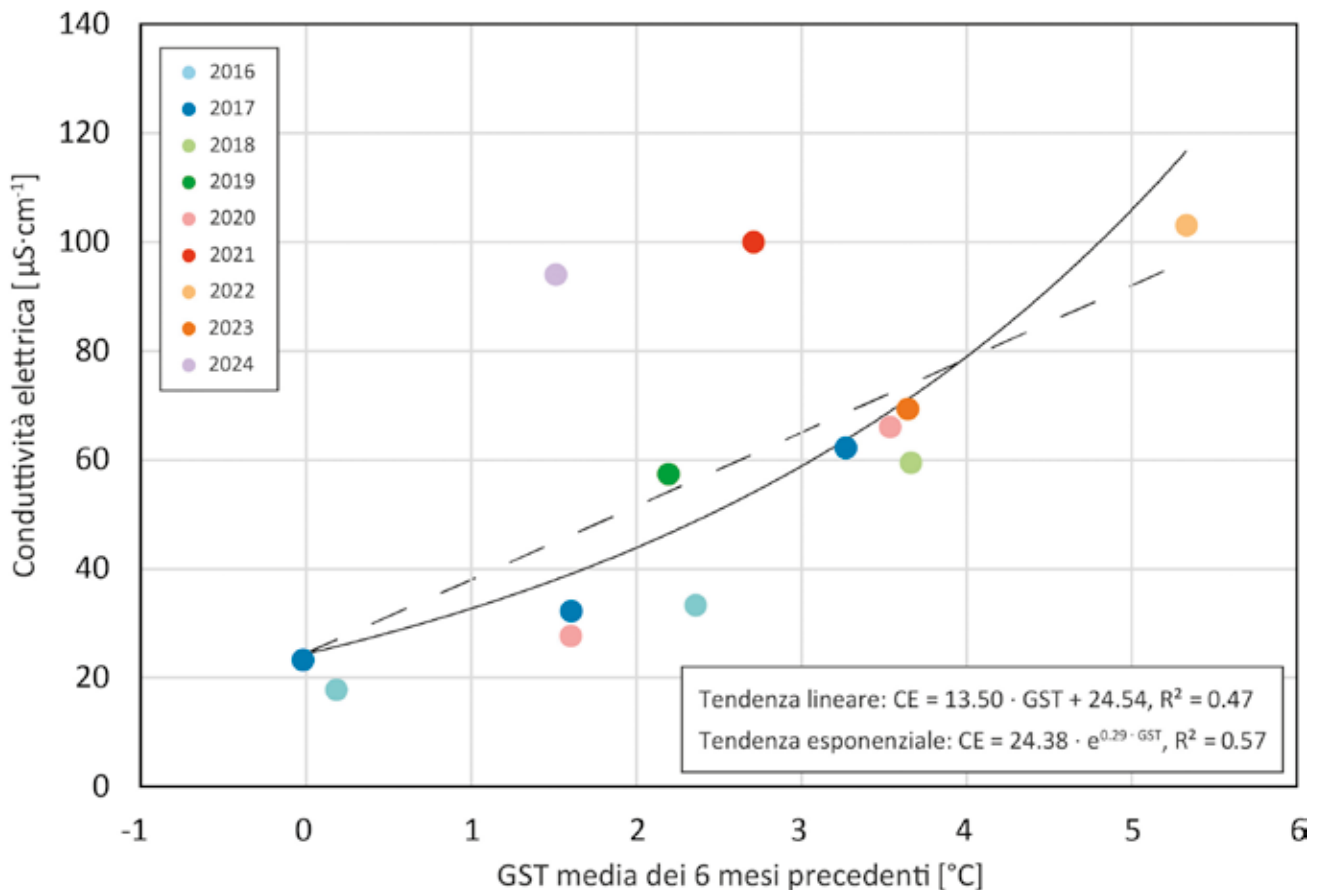


Figura 6: Confronto tra CE misurata nella sorgente a valle degli *ice patches* permanenti della Bocchetta del Mottone e GST media dei 6 mesi precedenti alla misura puntuale nell'acqua sul ghiacciaio roccioso del Lago Nero.

RINGRAZIAMENTI

L'acquisizione dei dati sui ghiacciai rocciosi delle Alpi Ticinesi è finanziata dalla rete svizzera di osservazione del permafrost PERMOS, dal Museo cantonale di storia naturale di Lugano e dalla Fondazione Avv. Dott. Angelo Berla, console generale, e Teresita Berla nata Veglio. La raccolta dei dati sul terreno ha beneficiato del supporto di Giona Crivelli, Sergio Crivelli, Micaela Dassié, Eliano Del Siro, Andrea Mini, Felice Scapozza, Francesco Scapozza, Georgia Scapozza e Mattia Scotti. Un ringraziamento particolare a Paolo Pogliotti (revisore esterno) e a Nicolas Sironi (redattore) per l'attenta rilettura del manoscritto.

REFERENZE BIBLIOGRAFICHE

- Barsch D. 1996. Rockglaciers. Indicators for the present and former geocology in high mountain environments. Berlin/Heidelberg, Springer, 331 pp.
- Brighenti S., Colombo N., Wagner T., Pettauer M., Guyenmon N., Krainer K., ... & Winkler G. 2024. Factors controlling the water quality of rock glacier springs in European and American mountain ranges. *Science of The Total Environment*, 953: 175706.
- Carturan L., Zuecco G., Seppi R., Zanoner T., Borga A., Carton A. & Dalla Fontana G. 2016. Catchment-scale permafrost mapping using spring water characteristics. *Permafrost and Periglacial Processes*, 27: 253-270.
- Cicoria A., Beutel J., Failletaz J. & Vieli A. 2019. Water controls the seasonal rhythm of rock glacier flow. *Earth and Planetary Science Letters*, 528: 115844.
- Cicoira A., Weber S., Biri A., Buchli B., Delaloye R., Da Forno R., ... & Beutel J. 2022. In situ observations of the Swiss periglacial environment using GNSS instruments. *Earth System Science Data*, 14: 5061-5091.
- Colombo N., Salerno F., Gruber S., Freppaz M., Williams M., Fratianni S. & Giardino M. 2018. Review: Impacts of permafrost degradation on inorganic chemistry of surface fresh water. *Global and Planetary Change*, 162: 69-83.
- Crivelli, G. 2024. Seasonal variability of rock glaciers kinematics using GNSS and UAV photogrammetry: four case studies in the Southern Swiss Alps, Canton Ticino. Master's Thesis, University of Zurich, Department of Geography, 119 pp.
- Delaloye R., Lambiel C. & Gärtner-Roer I. 2010. Overview of rock glacier kinematics research in the Swiss Alps. Seasonal rhythm, interannual variations and trends over several decades. *Geographica Helvetica*, 65: 135-145.
- Del Siro C., Antognini M. & Scapozza C. 2023a. Il permafrost nelle Alpi Ticinesi (2019/2020, 2020/2021 e 2021/2022). Rapporto No. 6 del Gruppo Permafrost Ticino. Bollettino della Società ticinese di scienze naturali, 111: 27-39.
- Del Siro C., Scapozza C., Perga M.-E. & Lambiel C. 2023b. Investigating the origin of solutes in rock glacier springs in the Swiss Alps: A conceptual model. *Frontiers in Earth Science*, 11: 1056305.
- Del Siro C., Crivelli G., Gärtner-Roer I., Lambiel C., Delaloye R. & Scapozza C. 2024. Morphodynamics of three active rock glaciers and its influence on spring hydrochemistry in the Swiss Alps. EGU General Assembly 2024, Vienna, Austria, 14-19 April 2024: EGU24-6056.
- Del Siro C., Crivelli G., Gärtner-Roer I., Lambiel C., Delaloye R. & Scapozza C. 2025. Spring hydrochemistry of three active rock glaciers and its relationship with their morphodynamics. In: Weber S. (ed.), 15th DACH permafrost conference, Abstract collection, 8-10 January 2025. Davos, WSL Institute for Snow and Avalanche Research SLF.
- Fleischer F., Haas F., Piermattei L., Pfeiffer M., Heckmann T., Altmann M., ... & Becht M. 2021. Multi-decadal (1953-2017) rock glacier kinematics analysed by high-resolution topographic data in the upper Kaunertal, Austria. *The Cryosphere*, 15: 5345-5369.
- Jones D. B., Harrison S., Anderson K. & Whalley W. B. 2019. Rock glaciers and mountain hydrology: a review. *Earth-Science Reviews*, 19: 66-90.
- Kääb A., Frauenfelder R. & Roer I. 2007. On the response of rockglacier creep to surface temperature increase. *Global and Planetary Change*, 56: 172-187.
- Kellerer-Pirklbauer A., Bodin X., Delaloye R., Lambiel C., Gärtner-Roer I., Bonnefoy-Demongeot M., ... & Zumiani M. 2024. Acceleration and interannual variability of creep rates in mountain permafrost landforms (rock glacier velocities) in the European Alps in 1995-2022. *Environmental Research Letters*, 19: 034022.
- MeteoSvizzera 2023. Bollettino del clima dell'anno 2022. Locarno-Monti, Ufficio federale di meteorologia e climatologia, 17 pp.
- MeteoSvizzera 2024. Bollettino del clima dell'anno 2023. Locarno-Monti, Ufficio federale di meteorologia e climatologia, 16 pp.
- MeteoSvizzera 2025a. Bollettino del clima dell'anno 2024. Locarno-Monti, Ufficio federale di meteorologia e climatologia, 14 pp.
- MeteoSvizzera 2025b. Bollettino del clima Inverno 2024/25. Locarno-Monti, Ufficio federale di meteorologia e climatologia, 10 pp.
- Müller J., Vieli A. & Gärtner-Roer I. 2016. Rock glaciers on the run – understanding rock glacier landform evolution and recent changes from numerical flow modelling. *The Cryosphere*, 10: 2865-2886.
- Noetzi J., Isaksen K., Barnett J., Christiansen H. H., Delaloye R., Eitzelmüller B., ... & Phillips M. 2024. Enhanced warming of European mountain permafrost in the early 21st century. *Nature Communications*, 15: 10508.
- PERMOS 2019. Permafrost in Switzerland 2014/2015 to 2017/2018. Noetzi J., Pellet C. & Staub B. (eds.), Glaciological Report Permafrost No. 16-19 of the Cryospheric Commission of the Swiss Academy of Sciences, 104 pp.
- PERMOS 2024. Swiss Permafrost Bulletin 2023. Noetzi J. & Pellet C. (eds.), No. 5, 25 pp.
- PERMOS 2025. Swiss Permafrost Bulletin 2024. Noetzi J. & Pellet C. (eds.), No. 6, 29 pp.
- RGIK 2022. Towards standard guidelines for inventorying rock glaciers: baseline concepts (version 4.2.2). University of Fribourg, IPA Action Group Rock glacier inventories and kinematics, 13 pp.
- Scapozza C. 2009. Contributo dei metodi termici alla prospezione del permafrost montano: esempi dal massiccio della Cima di Gana Bianca (Val Blenio, Svizzera). Bollettino della Società ticinese di scienze naturali, 97: 55-66.

- Scapozza C. & Reynard E. 2007. Rock glaciers e limite inferiore del permafrost discontinuo tra la Cima di Gana Bianca e la Cima di Piancabella (Val Blenio, TI). *Geologia Insubrica*, 10(2): 29-40.
- Scapozza C. & Fontana G. 2009. Le Alpi Bleniesi. Storia glaciale e periglaciale e patrimonio geomorfologico. Memoria della Società ticinese di scienze naturali e del Museo cantonale di storia naturale, Lugano, 10: 1-111.
- Scapozza C., Lambiel C., Bozzini C., Mari S. & Conedera M. 2014. Assessing the rock glacier kinematics on three different timescales: a case study from the Southern Swiss Alps. *Earth Surface Processes and Landforms*, 39: 2056-2069.
- Scapozza C., Antognini M. & Ambrosi C. 2018. Il permafrost nelle Alpi Ticinesi (2015/2016 e 2016/2017). Rapporto No. 4 del Gruppo Permafrost Ticino. *Bollettino della Società ticinese di scienze naturali*, 106: 13-22.
- Scapozza, C., Deluigi, N., Del Siro, C., Pollo, A. & Antognini, M. 2020a. Il permafrost nelle Alpi Ticinesi (2017/2018 e 2018/2019). *Bollettino della Società ticinese di scienze naturali*, 108: 13-23.
- Scapozza C., Deluigi N., Bulgheroni M., Pera S., Pozzoni M., Colombo L. & Lepori F. 2020b. Assessing the impact of ground ice degradation on high mountain lake environments (Lago Nero catchment, Swiss Alps). *Aquatic Sciences*, 82: 5.
- Thibert E. & Bodin X. 2022. Changes in surface velocities over four decades on the Laurichard rock glacier (French Alps). *Permafrost and Periglacial Processes*, 33: 323-335.
- Vivero S. & Lambiel C. 2024. Annual surface elevation changes of rock glaciers and their geomorphological significance: Examples from the Swiss Alps. *Geomorphology*, 467: 109487.
- Wirz V., Gruber S., Purves R.S., Beutel J., Gärtner-Roer I., Gubler S. & Vieli A. 2016. Short-term velocity variations of three rock glaciers and their relationship with meteorological conditions. *Earth Surface Dynamics*, 4: 103-123.

Primi censimenti del progetto di monitoraggio di piante vascolari prioritarie in Cantone Ticino

Laura Torriani^{1*}, Christophe Bornand², Antonella Borsari³, Matteo Gentilini⁴, Michele Jurietti⁵, Brigitte Marazzi^{1,6} & Sofia Mangili⁶

¹ InfoFlora, c/o Museo cantonale di storia naturale, Viale C. Cattaneo 4, 6900 Lugano, Svizzera

² InfoFlora, c/o Botanischer Garten, Altenbergrain 21, 3013 Berna, Svizzera

³ Via Rabissale 2a, 6600 Muralto, Svizzera

⁴ Via Ghiridone 71, CP 427, 6614 Brissago, Svizzera

⁵ In Nosicc 24, 6703 Osogna, Svizzera

⁶ Museo cantonale di storia naturale, Viale C. Cattaneo 4, 6900 Lugano, Svizzera

* laura.torriani@infoflora.ch

Redattore di riferimento: Marco Barandun

Riassunto: Nel 2022 in Cantone Ticino (Svizzera) è stato avviato un progetto di monitoraggio con una prima serie di censimenti durato fino al 2024 aventi lo scopo di stabilire lo “stato zero” di 12 piante vascolari prioritarie e identificare potenziali minacce. *Asphodelus albus* è presente con 21 stazioni ed è minacciato dall’imboschimento naturale. *Botrychium lanceolatum* e *B. multifidum* sono stati individuati in singole stazioni con un solo individuo. *Cytisus emeriflorus* è stato ritrovato in una grossa stazione, ma sembra in regressione nelle radure sassose in altitudine. *Gladiolus imbricatus* è presente in otto stazioni, mentre *Inula hirta* in 27, entrambe le specie sono minacciate dal cambiamento nella gestione del territorio. *Isoetes echinospora* ed *I. lacustris* presentano popolazioni importanti, ma vulnerabili al calpestio. *Phyteuma scorzonerifolium* è stata ritrovata in 26 stazioni e a volte è confusa con specie simili. *Pseudostellaria europaea* è presente in cinque stazioni e non è minacciata dalla gestione attuale del bosco. *Saponaria lutea* è stata censita in otto stazioni e non presenta minacce immediate. *Tulipa sylvestris* subsp. *australis* è stata confermata in tre stazioni ed è stata scoperta in una nuova, ma è a rischio per le dimensioni molto ristrette delle superfici su cui si trova. La continuità del monitoraggio nei prossimi anni sarà essenziale per valutare le tendenze delle stazioni e proporre delle strategie di conservazione. Pertanto, si raccomandano censimenti a intervalli variabili a seconda della specie e della vulnerabilità del loro ambiente.

Parole chiave: accordi programmatici, biodiversità, conservazione, minaccia, PopCount, promozione specie, specie minacciate

First censuses of priority vascular plant species in the monitoring project of Canton Ticino

Abstract: A monitoring project was initiated in Canton Ticino (Switzerland) in 2022 with an initial series of census until 2024 aimed at establishing the ‘zero status’ of 12 priority vascular plants and identifying potential threats. *Asphodelus albus* is present with 21 sites and threatened by the transition of the habitat into a forest. *Botrychium lanceolatum* and *B. multifidum* were found at single site with only one individual. *Cytisus emeriflorus* was found in one large population but seems to be regressing in stony glades at higher altitude. *Gladiolus imbricatus* was present at eight sites and *Inula hirta* at 27; both species are threatened by changes in land management. *Isoetes echinospora* and *I. lacustris* have important populations but are vulnerable to excessive trampling. *Phyteuma scorzonerifolium* was found at 26 sites and is sometimes confused with similar species. *Pseudostellaria europaea* occurs at five sites and is not threatened by current forest management. *Saponaria lutea* was recorded at eight sites and poses no immediate threat. *Tulipa sylvestris* subsp. *australis* was confirmed at three sites and a new one was discovered, but it is at risk due to the extremely small dimensions of the areas where it occurs. Continued monitoring in the coming years will be essential to assess station population and propose conservation strategies. Censuses at varying time intervals depending on the species and the vulnerability of their environment are recommended.

Keywords: biodiversity, conservation, endangered species, PopCount, programmatic agreements, species promotion, threats

INTRODUZIONE

Il monitoraggio dei taxa prioritari nazionali è uno degli obiettivi previsti dal piano di azione della Strategia Biodiversità Svizzera (Ufficio federale dell’ambiente [UFAM] 2012, 2017) per sorvegliare l’evoluzione e

lo stato di salute delle entità minacciate. L’implementazione di misure a favore dei taxa è di competenza dei Cantoni, mentre la Confederazione si impegna a fornire loro un contributo finanziario adeguato (Art. 26, OPN, RS 451.1). In questo contesto legale, gli accordi programmatici (AP) stipulati tra Confederazione

e Cantoni definiscono le prestazioni che un Cantone deve svolgere per contribuire agli obiettivi strategici della Confederazione nel settore ambientale (UFAM 2018). Le piante vascolari per le quali vi è una necessità di monitoraggio vengono selezionate e proposte ai Cantoni dall'UFAM su consultazione di InfoFlora – il Centro nazionale dei dati e delle informazioni sulla flora Svizzera. La lista finale è stilata tenendo conto anche delle proposte delle autorità cantonali.

Nel Cantone Ticino nel 2022 è iniziato il programma di monitoraggio di 12 taxa di piante vascolari prioritarie e di rilevanza cantonale, ovvero di: *Asphodelus albus* Mill., *Botrychium lanceolatum* (S.G. Gmel.) Ångstr., *B. multifidum* (S.G. Gmel.) Rupr., *Cytisus emeriflorus* Rchb., *Gladiolus imbricatus* L., *Inula hirta* L., *Isoetes echinospora* Durieu, *I. lacustris* L., *Phyteuma scorzonerifolium* Vill., *Pseudostellaria europaea* Schaeftl., *Saponaria lutea* L. e *Tulipa sylvestris* subsp. *australis* (Link) Pamp. (Fig. 1, Tab. 1). Lo scopo iniziale era quello di conoscere lo stato “zero” delle popolazioni attraverso censimenti mirati e di identificare eventuali minacce. I censimenti seguono una metodologia standard ripetuta a intervalli regolari nel corso del monitoraggio permettendo di stabilire tendenze positive o negative dell'andamento delle popolazioni nel tempo.

Nel Cantone Ticino, il monitoraggio è possibile in gran misura anche grazie al prezioso impegno di volontari che, partecipando in modo attivo in collaborazione con la Società Botanica Ticinese, contribuiscono concretamente a seguire l'andamento della biodiversità. In questo articolo sono presentati i principali risultati di questa prima serie di censimenti che danno avvio al monitoraggio su più anni.

MATERIALI E METODI

Monitoraggio

Il monitoraggio si è svolto dal 2022 al 2024 e ha interessato 12 taxa prioritarie per la Svizzera e di rilevanza cantonale elencate nella tabella 1. Nella tabella 1 è indicato inoltre il grado di minaccia secondo la Lista Rossa nazionale (Bornand et al. 2016), la priorità di conservazione a livello nazionale (UFAM 2019), l'ambiente di crescita così come il tipo biologico (Delarze et al. 2015; Lauber et al. 2018). InfoFlora si è occupata di definire le stazioni per ogni singolo taxon monitorato, ovvero di raggruppare le osservazioni in unità utili per organizzare i censimenti del monitoraggio, denominati anche “missioni”. Il numero di stazioni da monitorare è stato stabilito sulla base delle segnalazioni presenti in banca dati al momento dell'inizio dei censimenti. In generale è probabile che esistano ancora delle popolazioni non conosciute in siti poco frequentati dai botanici, ma le stazioni visitate rappresentano verosimilmente tutte le popolazioni (ad eccezione forse di *Phyteuma scorzonerifolium*). Sono state scartate le stazioni situate in ambienti evidentemente errati così come le segnalazioni troppo generiche e imprecise. Nel caso di *Botrychium multifidum*, *Isoetes echinospora* e *I. lacustris* si è voluto ricercare le specie anche nelle stazioni storiche e imprecise.

La scelta della metodologia di censimento (conteggio

preciso, perimetro della stazione o PopCount) è stata decisa individualmente per ogni taxa e si è basata sulle dimensioni delle popolazioni conosciute. Il conteggio preciso degli individui è stato utilizzato solo nel caso delle piccolissime stazioni di *Botrychium lanceolatum* e *B. multifidum*, dedicando poi molto tempo alla ricerca minuziosa di altri individui nelle vicinanze. Per *A. albus* si è proceduto a censire lungo il perimetro, mentre tutti gli altri taxa sono stati censiti seguendo il metodo PopCount sviluppato da InfoFlora (Bornand 2022). Questo metodo, che è regolarmente utilizzato in numerosi cantoni in Svizzera, consente di misurare la dimensione della popolazione contando la presenza e l'assenza dei taxa in determinate celle di una griglia virtuale (Bornand 2022). Esso necessita di una breve istruzione dei rilevatori e un minimo di pratica, ma permette di monitorare l'evoluzione delle popolazioni nel tempo senza bisogno di marcature permanenti sul campo. La dimensione delle celle della griglia è da decidere in fase pianificatoria a dipendenza della precisione degli strumenti utilizzati e del tempo a disposizione. La scelta di una griglia a maglia relativamente piccola (5 m x 5 m) consente di stimare con relativa facilità la presenza/assenza del taxon, l'abbondanza o la superficie occupata, in quanto si ha la visuale sull'intera cella. Le osservazioni negative (cioè, di assenza del taxon in una cella) vengono registrate automaticamente attraverso il rilevamento della posizione (“tracklog”) senza la necessità di doverle creare manualmente. Il tracklog consente di quantificare sia lo sforzo di ricerca nelle varie celle sia le tendenze positive nell'arco del tempo. La presenza o l'assenza all'interno delle celle è un metodo che aumenta la riproducibilità della valutazione, rispetto a una valutazione più complicata come un indice di abbondanza o la stima del numero di individui presenti nelle celle (Juillerat & Marazzi 2024). Nel caso di popolazioni dense il conteggio degli individui ne provoca inevitabilmente il danneggiamento, motivo per cui per *Tulipa sylvestris* subsp. *australis* si è deciso di non contare i numerosi individui sterili, ma solo di stimare l'abbondanza totale degli individui in fiore restando il più possibile sul bordo delle popolazioni. Il censimento con la stima della superficie occupata in celle 5 m x 5 m è stato effettuato solo nel caso di *Pseudostellaria europea*, una specie che cresce in modo intricato.

Sono stati concepiti due tipi di censimenti per il monitoraggio, uno di tipo *citizen-science* su base volontaria, l'altro di tipo professionale e remunerato. L'attribuzione ad un botanico volontario o professionista si è basata sulle caratteristiche dei taxa e al grado di difficoltà nel raggiungere le popolazioni.

Strumenti: FlorApp e GNSS

InfoFlora ha fornito gli strumenti necessari per eseguire i censimenti del monitoraggio grazie alla creazione di missioni visibili sull'applicazione FlorApp (v. 2.5). FlorApp permette di segnalare le piante vascolari (e altri gruppi d'organismi) direttamente sul campo e di registrare diverse informazioni quali l'abbondanza dei taxa in quadrati di 5 m x 5 m, l'abbondanza totale delle specie nelle stazioni, le fotografie, il tragitto eseguito (tracklog) e di compilare un rapporto di missione in

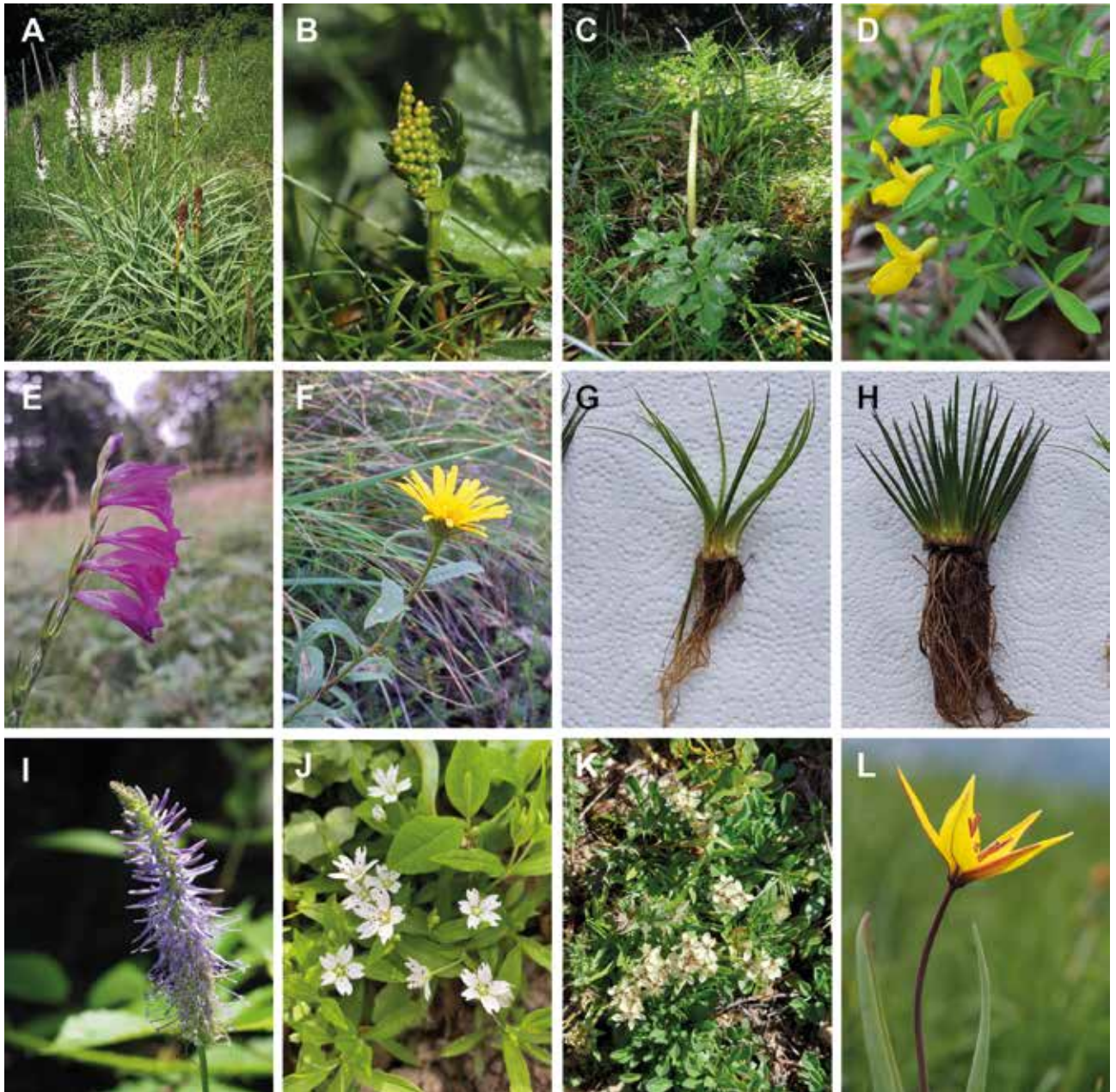


Figura 1: Panoramica dei taxa in Cantone Ticino (Svizzera) dal 2022-2024. A: *Asphodelus albus*; B: *Botrychium lanceolatum*; C: *Botrychium multifidum*; D: *Cytisus emeriflorus*; E: *Gladiolus imbricatus*; F: *Inula hirta*; G: *Isoetes echinospora*; H: *Isoetes lacustris*; I: *Phyteuma scorzonerifolium*; J: *Pseudostellaria europaea*; K: *Saponaria lutea*; L: *Tulipa sylvestris* subsp. *australis* (foto A, D, E: Laura Torriani; B, C, G-I, K, L: Michele Jurietti; F: Matteo Gentilini; J: Antonella Borsari).

cui è possibile descrivere lo stato e l'evoluzione della popolazione, così come le minacce riscontrate (InfoFlora 2022).

I volontari hanno eseguito i rilievi utilizzando il proprio smartphone con la precisione del GPS incorporato. Per i rilievi eseguiti su base professionale, è stato utilizzato un sensore GNSS HAPPY GNS-X3 con correzione RTK (in tempo reale) basata sul servizio di posizionamento refnet (<https://www.refnet.ch/>), un GNSS con precisione centimetrica, per ridurre al minimo l'errore di posizionamento sul campo. Il sensore GNSS (Global Navigation Satellite System) è collegato ad un tablet via Bluetooth che, grazie all'applicazione Android NTRIP Client di Lance Lefebure, permette di ottenere la precisione massima utilizzando le correzioni provenienti dal servizio refnet tramite la rete telefonica disponibile (3G o 4G a seconda della copertura).

Nella tabella 1 sono riassunte le informazioni riguardanti la metodologia scelta, l'attribuzione delle missioni (se su base volontaria o professionale), il tipo di unità di conteggio, gli strumenti utilizzati e la loro precisione media, così come l'intervallo di ripetizione minimo consigliato. Si è pure proceduto ad una valutazione generale della praticità e dell'efficacia degli strumenti utilizzati (FlorApp, GPS e GNSS). Tutti i dati floristici raccolti sono stati trasmessi alla banca dati nazionale di InfoFlora. Presso l'erbario generale del Museo cantonale di storia naturale (LUG) sono stati depositati i campioni di erbario di taxa per i quali non erano ancora presenti campioni di riferimento (*Inula hirta*, *Isoetes echinospora*, *I. lacustris*, *Phyteuma scorzonerifolium* e *Tulipa sylvestris* subsp. *australis*).

Tabella 1: Taxa monitorati in Cantone Ticino dal 2022 al 2024 nell'ambito degli accordi programmatici 2020-2024.

Stato di conservazione = grado di minaccia IUCN per la Svizzera secondo la Lista Rossa nazionale (Bornand et al. 2016): VU = vulnerabile, EN = fortemente minacciato, CR = in pericolo d'estinzione; Priorità = priorità a livello nazionale (UFAM 2019): 1 = molto elevata, 2 = elevata, 3 = media, 4 = bassa; Ambiente = ambiente di crescita secondo Delarze et al. (2015) e per *P. scorzonerifolium* Lauber et al. (2018); Tipo biologico = forme biologiche secondo il sistema Raunkiaer; Anno = anno del monitoraggio; Metodologia = metodologia utilizzata: PopCount 5 m x 5 m = presenza/assenza in quadrati di 5 m x 5 m, abb. tot. = abbondanza totale, conteggio ind. = conteggio individui, superficie = superficie occupata all'interno del quadrato 5 m x 5 m; Stazioni conosciute = numero di stazioni conosciute; Stazioni monitorate = numero totale di stazioni monitorate (dai volontari/dagli esperti); Stazioni neg./pos. = numero di stazioni negative e positive; Altitudine = altitudine minima e massima delle stazioni monitorate (m s.l.m.); Dimensione = dimensione minima e massima delle stazioni monitorate; Unità = unità di conteggio; Precisione media = precisione media in metri delle coordinate; Ripetizione = ripetizione consigliata del monitoraggio in anni.

Taxa	Stato di conservazione	Priorità	Ambiente	Tipo biologico	Anno	Metodologia	Stazioni conosciute	Stazioni monitorate	Stazioni neg./pos.	Altitudine	Dimensione	Unità	Precisione media	Ripetizione
<i>Asphodelus albus</i> Mill.	VU	4	Prati aridi su suolo calcareo con Sesleria comune (Seslerion)	Emicriptofita perenne	2022	Perimetro stazioni e abb. tot.	31	25 (25/0)	4/21	564-1'478	Da 1-10 a 1'001-2'500	Cespi	3.8 (GPS)	5-10
<i>Botrychium lanceolatum</i> (S.G. Gmel.) Ångstr.	CR	1	Pascoli magri su suolo acido con Cervino (Nardion)	Geofita	2022	Conteggio ind.	1	1 (0/1)	0/1	2'120	1	Individui	1.29 (GNSS)	1
<i>Botrychium multifidum</i> (S.G. Gmel.) Rupr.	CR	1	Pascoli magri su suolo acido con Cervino (Nardion)	Geofita	2022	Conteggio ind.	5	4 (0/4)	3/1	1'400	1	Individui	1.55 (GNSS)	1
<i>Cytisus emeriflorus</i> Rchb.	EN	1	Prati aridi su suolo calcareo con Sesleria comune (Seslerion)	Nanofanerofita	2022	PopCount e abb. tot.	5	5 (1/4)	4/1	975-1'305	2'500	Individui	1.87 (GNSS)	5
<i>Gladiolus imbricatus</i> L.	EN	2	Prati acquitrinosi a Gramigna altissima (Molinia) (Molinion)	Geofita	2023-2024	PopCount e abb. tot.	26	14 (14/0)	6/8	550-780	Da 1-10 a 501-1'000	Individui	4.4 (GPS)	5
<i>Inula hirta</i> L.	EN	3	Prati insubrici aridi su suolo acido (Diplachnion), margini magri e xerothermofili (Geranion sanguinei)	Emicriptofita perenne	2023-2024	PopCount e abb. tot.	41	41 (20/21)	14/27	317-1'419	Da 1-10 a 2'501-5'000	Individui	3.2 (GPS & GNSS)	5-10
<i>Isoëtes echinospora</i> Durieu	CR	2	Greti con copertura vegetale temporanea (Littorellion)	Idrofita	2022	PopCount e abb. tot.	5	5 (0/5)	2/3	1'955-2'170	Da 9'000 a 30'000	Individui	1.12 (GNSS)	10
<i>Isoëtes lacustris</i> L.	VU	3	Greti con copertura vegetale temporanea (Littorellion)	Idrofita	2022	PopCount e abb. tot.	3	3 (0/2)	2/1	2'090	4'000	Individui	1.53 (GNSS)	10
<i>Phyteuma scorzonerifolium</i> Vill.	VU	4	Boschi luminosi, prati, arbusteti; su porfido, gneiss e dolomia	Emicriptofita perenne	2023-2024	PopCount e abb. tot. (nr. cespi e steli fertili)	58	45 (17/28)	19/26	312-953	Da 1 a 101-250	Cespi	2 (GPS & GNSS)	10
<i>Pseudostellaria europaea</i> Schaefl.	EN	2	Frassinetti umidi	Geofita	2022	PopCount e superficie	6	6 (0/6)	1/5	335-629	Da 60 a 163 quadrati 5x5m	m ²	1.64 (GNSS)	10
<i>Saponaria lutea</i> L.	VU	2	Prati aridi su suolo calcareo con Sesleria comune (Seslerion)	Emicriptofita perenne	2022	PopCount e abb. tot.	10	8 (0/8)	1/7	2'100-2'400	25-1'300	Cuscineti	3.9 (GPS)	5-10
<i>Tulipa sylvestris</i> subsp. <i>australis</i> (Link) Pamp.	VU	2	Praterie steppiche tipiche (Stipo-Poion)	Geofita	2023-2024	PopCount e abb. tot.	5	5 (2/3)	2/3	1'620-2'090	Da 21 a 197	Individui in fiore	1.7 (GNSS)	3

RISULTATI

I risultati dei censimenti del monitoraggio sono riassunti nella tabella 1 e discussi nel capitolo successivo. Per quanto riguarda la valutazione degli strumenti utilizzati per il monitoraggio (FlorApp+GNSS e FlorApp+GPS), sia i volontari sia i professionisti hanno concordato sul fatto che erano relativamente semplici da utilizzare e performanti (sia in termini di praticità sia di precisione). Il sensore GNSS ha permesso di raggiungere una precisione delle osservazioni globalmente buona e maggiore rispetto a quella effettuata con il GPS: 1.12 m per *Isoetes echinospora* (GNSS), 1.29 m per *Botrychium lanceolatum* (GNSS), 1.53 m per *I. lacustris* (GNSS), 1.55 m per *B. multifidum* (GNSS), 1.64 m per *Pseudostellaria europaea* (GNSS), 1.7 m per *Tulipa sylvestris* subsp. *australis* (GNSS), 1.87 m per *Cytisus emeryiflorus* (GNSS), 2 m per *Phyteuma scorzonrifolium* (GNSS e GPS), 3.2 m per *Inula hirta* (GNSS e GPS), 3.8 m per *Asphodelus albus* (GPS), 3.9 m per *Saponaria lutea* (GPS) e 4.4 m per *Gladiolus imbricatus* (GNSS e GPS).

DISCUSSIONE

I rilievi eseguiti nell'ambito del progetto di monitoraggio di 12 piante vascolari del Cantone Ticino (Fig. 1; Tab. 1) rappresentano lo "stato zero" di questi taxa, descritto nei capitoli sottostanti in ordine alfabetico. Questi rilievi hanno già permesso di individuare delle criticità e consigliare delle misure da intraprendere. Il proseguimento del monitoraggio negli anni a venire seguendo la stessa modalità consentirà di quantificare l'andamento delle stazioni a breve e medio termine.

Asphodelus albus (asfodelo montano, Asphodelaceae; Fig. 1A)

Asphodelus albus è una specie presente nell'Europa meridionale, a nord fino alla Bretagna, nelle Alpi (quasi solo nelle catene meridionali) e a est fino alla penisola balcanica occidentale (Hess et al. 1967; Lauber et al. 2018). In Svizzera cresce nel Ticino meridionale (25 stazioni confermate dopo il 2000 e 6 stazioni storiche) e nel Vallese (8 stazioni).

Monitoraggio

Nella stagione vegetativa 2022-2024 sono state monitorate 25 stazioni. Due stazioni sono state scartate: una al Bosco di Falmoira perché probabilmente la stessa si trova in Italia (coordinata imprecisa) e l'altra al Sass dala Ròba del 1950 poiché difficilmente accessibile a causa dell'abbandono della gestione del sentiero. Ventun stazioni sono state riconfermate e si localizzano esclusivamente nelle zone aperte del Monte Generoso (da qui in poi Monte sarà abbreviato con M.) dove sono presenti cinque stazioni vigorose di 1'001-2'500 cespi, una di 501-1'000 cespi, cinque di 251-500 cespi, una di 101-250 cespi, due di 51-100 cespi, una di 26-50 cespi e sei di 1-10 cespi. La stazione più grande si trova sopra Scudellate (Corengiole) con una superficie di circa 10 ha, dove l'asfodelo occupa almeno 1.3 ha.

Minacce e misure

Delle 21 stazioni ritrovate 17 sono minacciate per uno o più motivi. La minaccia principale (2/3 delle stazioni) è il cambiamento del modo di gestione dell'area (in particolare la sottogestione, l'abbandono, l'avanzamento di alte erbe e l'imboschimento naturale; Stampfli & Zeiter 1999), inoltre, in alcuni casi, sono stati riscontrati terreni danneggiati dai cinghiali, foglie brucate e la presenza di terreni pascolati, che però rappresentano delle minacce reali unicamente nelle piccole stazioni. In 4 stazioni *A. albus* non è stato osservato: l'unica stazione al M. San Giorgio dove ora il terreno è pascolato e sfalcato (l'ultima osservazione positiva risale al 1998), una radura sul M. Generoso (osservazione mal posizionata: il Giardino della Regina si trova a Al Pián dal Alp invece che a Bové), una stazione a Rovio con coordinate molto generiche (la presenza della specie è possibile e delle ricerche nella regione di San Vigilio potrebbero permettere di ritrovarla) e una all'Alpe di Melano dove la radura è ancora presente. *A. albus* è favorito da una gestione agricola adeguata (la specie è talvolta considerata una malerba; InfoFlora 2025a); nei prossimi anni se la gestione agricola tradizionale non sarà ripristinata o garantita, la specie ne potrà risentire soprattutto nelle piccole radure in fase di imboschimento naturale, mentre sui ripidi pendii sommitali a monte del bosco, sui versanti ovest (Tiralocchio) e sud-ovest (Corengiole), la specie non dovrebbe regredire significativamente, ma a lungo termine potrebbe essere messa in pericolo dalla successione. Si consiglia la ripetizione del censimento ogni 10 anni nelle grosse stazioni in altitudine, mentre nelle stazioni piccole e a bassa quota ogni 5 anni. Per riuscire ad interpretare con maggior precisione il perimetro delle stazioni in futuro, si consiglia di eseguire le osservazioni utilizzando il metodo PopCount.

Botrychium lanceolatum (botrichio lanceolato, Ophioglossaceae; Fig. 1B)

Botrychium lanceolatum è una piccola felce con una distribuzione artico-alpina (Lauber et al. 2018; WFO 2025). In Svizzera è presente nei Cantoni Grigioni, Ticino e Vallese. L'unica stazione conosciuta in Ticino si trova in Val di Campo (Blenio) e la prima osservazione risale al 1996 (InfoFlora 2025b).

Monitoraggio

Nel 2022, 2023 e 2024 la ricerca della specie ha portato all'osservazione sempre di un unico individuo, nonostante una minuziosa ricerca nei dintorni, in un'area di circa un ettaro.

Minacce e misure

Il minimo cambiamento delle condizioni presenti, in una direzione (pascolo) o nell'altra (successione naturale), potrebbe portare alla scomparsa dell'individuo. La presenza del pascolo è certamente positiva poiché specie del genere *Botrychium* sono pioniere e le aree disturbate dagli animali possono favorirle. Dato che non sono competitive, l'assenza di pascolo potrebbe indurre le altre erbe a soffocarle e provocarne la scomparsa. La grande sfida sarà di comprendere meglio la biologia di

B. lanceolatum in modo da favorire la sua presenza nelle aree circostanti (Farrar & Johnson 2024). Trattandosi di un singolo individuo in una stazione a rischio di calpestio, si consiglia la ripetizione del censimento ogni anno.

***Botrychium multifidum* (botrichio multifido, Ophioglossaceae; Fig. 1C)**

Botrychium multifidum è una piccola felce delle regioni fredde dell'emisfero settentrionale. In Europa è presente soprattutto in Scandinavia, ma anche nelle Alpi e nei Carpazi (Prelli & Baudrie 2021). In Svizzera ci sono vecchie segnalazioni nei Cantoni Grigioni, Ticino e Uri, ma recentemente la specie è stata segnalata unicamente in Cantone Ticino, dove vi sono una stazione recente (ultima osservazione positiva nel 2021) e quattro storiche (osservazioni positive prima del 1980).

Monitoraggio

Nel 2022 sono state ricercate quattro stazioni da parte di un esperto, localizzate nel bellinzonese, in Valle Onsernone e in alta Valle Verzasca (una stazione del 1980 con precisione 3 km nel Bellinzonese [Monti Moneda] è stata scartata). La specie è stata ritrovata unicamente nella stazione più recente a Mornera (Bellinzonese), in un bosco pascolato, costituito da larici e abeti rossi. La presenza è stata confermata anche nel 2023 e nel 2024.

Minacce e misure

La minaccia principale che incombeva su questa stazione era il calpestio (animale e pedestre) e per questo motivo è stata costruita una staccionata per proteggere l'unico esemplare; una persona è stata inoltre incaricata della gestione annuale. È fondamentale gestire la superficie in modo accurato e continuo nei prossimi anni. La biologia della specie è poco conosciuta, motivo per cui è difficile definire un tipo di gestione corretto, ma in generale si consiglia di ricreare l'azione del pascolo in maniera artificiale. Nelle stazioni storiche la bassa accuratezza delle osservazioni e la scarsa visibilità hanno sicuramente contribuito al non ritrovamento della specie, ma non si può escludere che le altre stazioni siano realmente scomparse in seguito all'imboschimento naturale e all'abbandono della gestione dei pascoli. Si consiglia la ripetizione del censimento ogni anno.

***Cytisus emeriflorus* (citiso insubrico, Fabaceae; Fig. 1D)**

Cytisus emeriflorus è un piccolo arbusto endemico della regione insubrica, il cui areale principale è costituito dalle Prealpi Bergamasche e le Grigne (Bertolli et al. 2024). In Svizzera è presente esclusivamente nel Ticino meridionale.

Monitoraggio

Nel 2022 sono state ricercate le quattro stazioni presenti al M. Boglia e ai Denti della Vecchia, mentre nel 2023 è stata ricercata anche la dubbia segnalazione al M. di Caslano. La specie è stata ritrovata esclusivamente in una stazione ai Denti della Vecchia nella fascia collinare-montana, dove si stimano 2'500 individui. In totale la presenza è stata confermata in 137 quadrati di 5 m x 5 m.

Minacce e misure

La specie è minacciata dalla bruciazione da parte degli ungulati, dall'imboschimento naturale e dallo sfalcio dei sentieri nel periodo di fioritura. Nonostante la grossa popolazione registrata nel bosco ai Denti della Vecchia, nelle radure sassose in altitudine la fioritura degli individui sembra essere in regressione rispetto ad un ventennio or sono, ma il motivo è sconosciuto (com. pers. Michele Jurietti, Fig. 2). Si consiglia una ripetizione del censimento ai Denti della Vecchia tra 5 anni, in modo da confermare o meno questa tendenza.

***Gladiolus imbricatus* (gladiolo piemontese, Iridaceae; Fig. 1E)**

Gladiolus imbricatus è una geofita con distribuzione centrata sull'Europa sud-orientale e si estende fino agli Urali, al Caucaso e all'Iran settentrionale (Meusel et al. 1965; Kose et al. 2019). In Svizzera è presente unicamente nel Cantone Ticino con 26 stazioni in totale, ma solo 16 confermate dal 2000.

Monitoraggio

Delle stazioni conosciute, 14 sono state monitorate da parte dei volontari nella stagione vegetativa 2023-2024. Quattro stazioni sono state scartate (due vecchie stazioni a Melano e due stazioni con localizzazioni molto imprecise a Rovio ed Arogno), mentre quattro altre si trovano nel perimetro del M. San Giorgio e saranno oggetto di un monitoraggio specifico promosso dall'Ufficio della natura e del paesaggio nei prossimi anni. Otto stazioni sono state riconfermate e si localizzano tra il Poncione d'Arzo e Meride; in particolare sono presenti una stazione di 501-1'000 individui, una di 251-500 individui, una di 101-250 individui, due di 51-100 individui, due di 11-25 individui e una di 1-10 individui. L'altitudine di crescita minima osservata è di 550 m s.l.m., mentre l'altitudine massima di 780 m (senza considerare le stazioni sul Monte San Giorgio di 880 m). La stazione più estesa è localizzata a Bagno (Meride) con 66 quadrati di 5 m x 5 m.

Minacce e misure

Delle otto popolazioni ritrovate quattro sono minacciate per uno o più motivi. La minaccia principale (nella metà delle stazioni) è il cambiamento del modo di gestione (in particolare l'abbandono e il conseguente imboscamento naturale) e in una stazione il pascolo bovino. La specie non è stata ritrovata in 6 stazioni localizzate nella regione del Poncione d'Arzo e Meride, in Valle di Muggio e sul M. San Salvatore (dove Käserman nel 1999 indicava che la presenza è dubbia). Le cause sono attribuibili all'imboschimento naturale e all'ecologia dei siti non ideale per la specie. In caso di ombreggiamento eccessivo *G. imbricatus* riesce a vegetare per alcuni anni grazie alle riserve sotterranee, ma non a fiorire. In generale è stato riscontrato che gli interventi che contrastano l'avanzamento del bosco e della vegetazione infestante consentono alla specie di riprendersi. Per questo motivo si consiglia una ripetizione del censimento ogni 5 anni.



Figura 2: La fioritura di *Cytisus emeriflorus* ai Denti della Vecchia nelle radure sassose in altitudine sembra essere diminuita rispetto a un ventennio fa. La ripetizione del monitoraggio nei prossimi anni potrà confermare o meno questa tendenza (foto: Laura Torriani).

***Inula hirta* (enula scabra,
Asteraceae; Fig. 1F)**

Inula hirta è una pianta erbacea perenne dell'Europa orientale e dell'Asia occidentale (Lauber et al. 2018; Hess et al. 1972). In Svizzera è presente nell'Altopiano settentrionale (cantoni Zurigo e Sciaffusa) e nella Svizzera meridionale dove si trovano le popolazioni più grandi.

Monitoraggio

Tutte le 41 stazioni conosciute nel Cantone Ticino sono state monitorate nella stagione vegetativa 2023-2024. In totale sono state ritrovate 27 stazioni localizzate nel Luganese (Denti della Vecchia, M. Boglia, M. Brè, M. Generoso/Melano e M. San Salvatore), nel Malcantone (M. di Caslano) e nel Mendrisiotto (Meride, M. Generoso, M. San Giorgio, Poncione d'Arzo). La specie non è stata ritrovata alle Cave di Arzo, in Valle di Muggio e al Poncione di Cabbio. In alcuni casi è probabile che in passato sia stata in realtà confusa con *Buphthalmum salicifolium* o *Aster amellus* (allo stato vegetativo). Le stazioni sono prevalentemente di piccole-medie dimensioni: una stazione di 2'501-5'000 individui, una di 1'001-2'500 individui, tre di 501-1'000 individui, una di 251-500 individui, quattro di 101-250 individui, cinque di 51-100 individui, due di 26-50 individui, tre di 11-25 individui e sette di 1-10 individui. In alcune stazioni è stato stimato il numero di steli fertili e di steli sterili, in media la percentuale di

steli fertili per stazione è del 7% (senza considerare le ev. fioriture scalari nel corso della stagione vegetativa). Una campagna di raccolta semi eseguita dalla banca semi di Ginevra in giugno-luglio 2024 in due località ha osservato che il numero di semi maturi sul totale di semi raccolti era approssimativamente solo il 5% (M. San Salvatore) e il 20-30% (M. di Caslano; osservazione personale di Matteo Gentilini).

Minacce e misure

Delle 27 stazioni ritrovate 25 sono minacciate per uno o più motivi. La minaccia principale (3/4 delle stazioni) è il cambiamento del modo di gestione del territorio (in particolare l'abbandono e il conseguente imboschimento naturale), secondariamente vi è il pascolo e lo sfalcio non sempre adeguati. La possibile causa del non ritrovamento di *I. hirta* in 14 stazioni è principalmente l'imboschimento naturale, in due stazioni la specie ha probabilmente sofferto la presenza del pascolo, in quattro stazioni c'è il dubbio che la specie sia stata confusa e in una stazione la precisione della coordinata era troppo bassa. Si consiglia la ripetizione dei censimenti ogni 5 anni delle stazioni con <1'000 individui, mentre per quanto riguarda la grossa stazione ai Denti della Vecchia (2'501-5'000 individui) anche ogni 10 anni. Per motivi di sicurezza si sconsiglia di tornare alla stazione del M. San Salvatore (1'001-2'500 individui) che presenta pareti rocciose ideali per *I. hirta*, ma localizzate su un versante ripido, impervio e pericoloso in più punti.

***Isoëtes echinospora* (calamaria setacea, Isoëtaceae; Fig. 1G)**

Isoëtes echinospora è una idrofita delle regioni temperate e fredde dell'emisfero settentrionale. In Europa è presente soprattutto in Scandinavia, ma esistono delle popolazioni isolate nelle Alpi, nel Massiccio Centrale e nei Pirenei (Prelli & Baudrie 2021). In Svizzera ci sono vecchie segnalazioni nel Cantone San Gallo (prima del 1900 a Rorschach, nel Lago di Costanza) e nel Cantone Ticino lungo il Lago Maggiore (1921 tra Muralto e Rivapiana e nel 1980 al delta della Verzasca), ma le recenti osservazioni confermano la presenza unicamente in quattro laghetti alpini del Cantone Ticino dove la specie è stata scoperta nel 2002.

Monitoraggio

Nel 2022 sono state rivisitate le cinque stazioni conosciute: tre stazioni della Valle di Campo (Vallemaggia) sono state confermate, mentre due stazioni storiche del Lago Maggiore sono risultate negative. Considerando solo gli individui visibili dalla riva, i rilievi hanno permesso di registrare 3 stazioni importanti con ben 30'000 individui (stazione composta da due laghetti con 71 quadrati 5 m x 5 m positivi), 12'600 individui (85 quadrati 5 m x 5 m positivi) e 9'000 individui (57 quadrati 5 m x 5 m positivi).

Minacce e misure

I. echinospora è scomparsa dal Lago Maggiore a causa della modifica dei livelli medi del lago (regolati dal 1943; UFAM 2010) e della modifica della copertura del fondale dovuta allo scarico di caolino nel bacino di mappo ad opera della cartiera di Tenero attiva dal 1853 al 2006 (Canevascini 2016). In generale le tre stazioni di *I. echinospora* in Valle di Campo sono disoste, vigorose e non presentano grosse minacce, ma in un laghetto alcuni individui sono risultati calpestati dai bovini che entrano in acqua per abbeverarsi. La specie potrebbe soffrire a lungo termine a causa del riscaldamento climatico, motivo per cui si consiglia di ripetere il censimento unicamente fra 10 anni.

***Isoëtes lacustris* (calamaria lacustre, Isoëtaceae; Fig. 1H)**

Isoëtes lacustris è un'idrofita delle regioni temperate e fredde dell'emisfero settentrionale diffusa in Scandinavia, ma molto rara nel resto d'Europa, con rare stazioni nei Pirenei e nelle Alpi (Prelli & Baudrie 2021). In Svizzera è conosciuta in tre regioni delle Alpi centrali (in un lago nella Binntal, in tre laghi al San Gottardo e in quattro laghi al San Bernardino).

Monitoraggio

Nel 2022 sono state ispezionate le rive di tre stazioni: due storiche del Lago Maggiore (del 1864 a Muralto/Minusio tra il Burbaglio e Rivapiana, e del 1950 al delta della Maggia), con esito negativo, e una recente al Passo del San Gottardo dove sono stati stimati 4'000 esemplari. In questa regione sono stati visitati gli otto laghi più grandi: solo tre sono risultati positivi. La presenza della specie è stata confermata in ben 33 quadrati 5 m x 5 m. Il vento e il deposito di materiale organico

sugli individui hanno reso il monitoraggio difficoltoso. Secondo Moser (1999) in Svizzera la specie è in grado di svilupparsi fino a 2 m di profondità; quindi, il numero di individui e quadrati 5 m x 5 m realmente occupato nei laghi è verosimilmente maggiore. Un piano d'azione specifico inter-cantonale previsto nei prossimi anni su *I. echinospora* e *I. lacustris* con un drone subacqueo dovrebbe fornire maggiori informazioni sulla profondità di crescita (com. pers. Marylaure de La Harpe, Ufficio per la natura e l'ambiente Cantone dei Grigioni).

Minacce e misure

La stazione di *I. lacustris* sul Passo del San Gottardo è vicina a un sito turistico ed è facilmente accessibile (strada, ristorante, hotel), il che aumenta i rischi associati all'eutrofizzazione, al calpestio da parte dei bagnanti e all'inquinamento. Tuttavia, le possibilità di sopravvivenza a lungo termine sono elevate se si adottano le misure necessarie (riduzione del calpestio da parte dei bagnanti). La velocità dell'impatto del riscaldamento globale è difficile da prevedere; pertanto, si consiglia la ripetizione del censimento fra 10 anni.

***Phyteuma scorzonerifolium* (raponzolo a foglie di scorzonera, Campanulaceae; Fig. 1I)**

Phyteuma scorzonerifolium è una pianta erbacea perenne ed endemica delle Alpi occidentali e degli Appennini (Lauber et al. 2018). In Svizzera cresce unicamente nel Cantone Ticino meridionale.

Monitoraggio

Delle 58 stazioni conosciute 45 sono state monitorate nel corso della stagione vegetativa 2023-2024, in parte da volontari e in parte da professionisti. Sono state ritrovate 26 popolazioni ubicate nel Luganese (M. Brè, M. Generoso, Melide, Sighignola, Vico Morcote), nel Malcantone (M. di Caslano) e nel Mendrisiotto (Chiasso, M. Generoso, Morbio Inferiore, Vacallo). Le stazioni sono prevalentemente di piccole-medie dimensioni: una stazione di 101-250 cespi, sette di 51-100 cespi, sei di 26-50 cespi, tre di 11-25 cespi e nove di 1-10 cespi. In alcune stazioni è stato stimato il numero di steli, in media si osservano 2 steli fertili per cespo (senza considerare le fioriture scalari nel corso della stagione vegetativa). Diciannove stazioni non sono state ritrovate, in particolare si segnala il M. Generoso, la Val Colla e la Cima di Fojoirina. Il motivo principale è molto probabilmente dovuto alla confusione con *Phyteuma betonicifolium*, specie vegetativamente molto simile che si identifica con facilità se in fiore (*Phyteuma betonicifolium* possiede generalmente tre stimmi, *P. scorzonerifolium* invece solo due) o, più raramente, con *Campanula persicifolia*. In secondo luogo, si segnalano siti con bosco molto fitto ed ecologia dei luoghi non adatta.

Minacce e misure

Circa 3/4 delle stazioni sono minacciate in modo leggero, si segnalano lo sfalcio dei sentieri nel periodo di fioritura, la sotto-gestione e il conseguente imboschimento naturale, e la brucatura delle infiorescenze. La specie sembra comunque essere ben presente e dove cresce è probabilmente sotto-segnalata perché confusa

con la più comune *P. betonicifolium*. *P. scorzonerifolium* si sviluppa nel bosco lungo i sentieri e le strade, la cui gestione, non rappresentando una minaccia allo stato attuale, dovrebbe rimanere invariata nel tempo; pertanto, si consiglia di ripetere il censimento fra 10 anni.

***Pseudostellaria europaea* (centocchio bulboso, Caryophyllaceae; Fig. 1J)**

Pseudostellaria europaea è una geofita con baricentro all'estremità orientale (Macchi 1995). In Svizzera si sviluppa esclusivamente nel Cantone Ticino meridionale.

Monitoraggio

Nel 2022 *P. europaea* è stata ricercata nelle sei stazioni conosciute e nelle loro vicinanze, con esito positivo in cinque di esse. A Mendrisio è presente in modo discontinuo in una stazione alla Colombera (Genestrerio) con 60 quadrati 5 m x 5 m occupati e una copertura media del 5.6 %. Nel Malcantone invece cresce in quattro stazioni lungo la Magliasina e occupa in totale 148 quadrati 5 m x 5 m con copertura <5%, 12 quadrati con copertura 5-10%, due quadrati con copertura 10-25% e un quadrato con copertura 25-50%. Nella stazione a Novazzano (ultima osservazione positiva del 1995) la specie non è stata ritrovata: l'ambiente non è risultato idoneo, probabilmente a causa del cambiamento delle condizioni a seguito della dinamica naturale del bosco alluvionale.

Minacce e misure

Dove la specie è presente, le minacce riscontrate sono la caduta di alberi sulle popolazioni e il calpestio. *P. europaea* in generale si sviluppa in modo rigoglioso all'ombra di alberi e arbusti nei boschi igrofilo e la sua conservazione sembra quindi essere garantita dalla copertura delle chiome. La Colombera e tutto il comparto fluviale della Magliasina si trovano all'interno di zone protette, pertanto, non dovrebbero essere previsti dei tagli di alberi e di conseguenza la specie non dovrebbe essere minacciata a lungo termine. Si consiglia una ripetizione del monitoraggio fra 10 anni.

***Saponaria lutea* (saponaria gialla, Caryophyllaceae; Fig. 1K)**

Saponaria lutea è una pianta erbacea perenne endemica delle Alpi Occidentali tra Italia, Francia e Svizzera (Bertolli 2024). In Svizzera cresce esclusivamente in Cantone Ticino, in modo particolare in Valle Bavona (Robiei e Val d'Antabia) e in Val Bedretto (Val Corno).

Monitoraggio

La specie cresce nel piano alpino su dossi calcarei con esposizione prevalentemente a sud. Le stazioni conosciute sono 10, di queste, due sono subito state scartate (una al Pizzo Pecora su substrato acido e una troppo generica in Valle Bavona). Nel 2022, tutte le otto stazioni monitorate da parte di un esperto sono state ritrovate. In Val Corno sono stati contati 25 cuscinetti. A Robiei il numero di cuscinetti è stimato a 1'300, mentre in Val d'Antabia sono stati contati 987 cuscinetti.

Minacce e misure

La specie non sembra essere minacciata nell'immediato, eventualmente potrebbe patire temperature più elevate a seguito del riscaldamento climatico, la concorrenza con altre piante e il pascolo (ovino in Val d'Antabia, bovino e caprino a Robiei). Si consiglia di ripetere il censimento ogni 5-10 anni.

***Tulipa sylvestris* subsp. *australis* (tulipano montano, Liliaceae; Fig. 1L)**

Tulipa sylvestris subsp. *australis* è una geofita con areale che si estende dal Mediterraneo verso nord fino alla Francia e alla Svizzera e verso est in Bielorussia, Ucraina e Russia fino all'Asia centrale (Stefanaki et al. 2022). In Svizzera è localizzata nel Cantone Ticino settentrionale e nell'Alto Vallese.

Monitoraggio

Le cinque stazioni conosciute sono state monitorate nel corso della stagione vegetativa 2023-2024. Sono state ritrovate tre stazioni ubicate in alta Valle di Blenio. Nel 2024 è stata scoperta una nuova stazione in Valle Rovana, per un totale di quattro stazioni confermate nel Cantone Ticino. In Valle di Blenio, in una stazione sono stati contati 21 individui in fiore e oltre un centinaio di individui sterili, in un'altra ben 197 individui in fiore e oltre 200 individui sterili, nella terza stazione non è stato possibile contare gli individui presenti a causa di danni meccanici alla vegetazione. La ricerca in Riviera (Valle di Lodrino) ha dato esito negativo, nonostante il luogo potrebbe essere a tratti idoneo alla specie, così come a Faido (Chiggionna), dove le condizioni in pianura sono cambiate rispetto alle segnalazioni storiche del 1890 e del 1920 (in particolare a causa dell'urbanizzazione).

Minacce e misure

Due stazioni sono minacciate dall'attività agricola (bonifica, concimazione e danneggiamento con mezzi agricoli). Inoltre, la sottospecie è presente in popolazioni di piccole dimensioni concentrate in pochi metri quadrati (da 25 a 50 m² per sito) e la loro sopravvivenza è precaria in assenza di una gestione agricola adeguata. Pertanto, nel 2024, nell'ambito del progetto di interconnessione, gli agricoltori sono stati informati delle necessità di questo fiore. La ripetizione del censimento di *T. sylvestris* subsp. *australis* è consigliata almeno ogni 3 anni.

RINGRAZIAMENTI

Ringraziamo la Società Botanica Ticinese e tutti i volontari che hanno contribuito a cartografare i taxa: Fedele Airoidi, Marco Barandun, Giacomo Catenazzi, Agata Filippini, Carlotta Giacometti, Cesare Jermini, Antoine Jousson, Fiorenza Margoler, Nadia Mudry, Silvana Soldini e Cristina Spinelli, come pure Simone Spataro e Loris Lancetti dell'Ufficio di Geomatica per gli strumenti GNSS messi a disposizione. Un vivo ringraziamento va non da ultimo ad Adrian Möhl e Guido Maspoli per il lavoro di revisione e a Marco

Barandun per il lavoro redazionale. I censimenti sono stati finanziati dall'Ufficio della natura e del paesaggio e dalla Confederazione (decisione nr. 772-94/2022 del 16.11.2022) e dal Museo cantonale di storia naturale (decisioni nr. 722-23/17 del 24 aprile 2023 e 722-24/22 del 15 aprile 2024).

REFERENZE BIBLIOGRAFICHE

- Bertolli A., Adorni M., Alessandrini A., Andreatta S., Ardenghi N.M.G., Argenti C., ... & Wilhelm T. 2024. Flora endemica del Nord Italia. 1ª edizione. Bolzano, Athesia Verlag, 542 pp.
- Bornand C., Gygax A., Juillerat P., Jutzi M., Möhl A., Rometsch S., ... & Eggenberg S. 2016. Lista Rossa Piante vascolari. Specie minacciate in Svizzera. Ufficio federale dell'ambiente, Berna e InfoFlora, Ginevra. Pratica ambientale n° 1621, 178 pp.
- Bornand C. 2022. Monitoring avec FlorApp. Présentation de la méthode PopCount et des standards d'InfoFlora. Berna, InfoFlora, 12 pp. <https://www.infoflora.ch/it/conservazione/monitoring.html> (ultima consultazione: 12.6.2025).
- Canevascini M. 2016. La cartiera – una fabbrica tra storia e ricordi, pp. 16-21.
- Delarze R., Gonseth Y. & Galland P. 2015. Guide des milieux naturels de Suisse. Ecologie – Menaces – Espèces caractéristiques. Lausanne, Delachaux et Niestlé, 377 pp.
- Farrar D.R. & Johnson C.L. 2024. *Botrychium* subgenus *Botrychium*: Moonwort Biology Basics. American Fern J., 114: 10-21
- Hess E.H., Landolt E. & Hirzel R. 1967-1972. Flora der Schweiz und angrenzender Gebiete. Basel, Birkhäuser Verlag.
- Juillerat P. & Marazzi B. 2024. Les espèces de *Danthomia* (Poaceae) au Monte San Giorgio (Canton Tessin, Suisse) et implications pour la conservation de *D. alpina*. Bollettino della Società ticinese di scienze naturali, 112: 57-64.
- Käserman C. 1999. *Gladiolus imbricatus* L. – Glaïeul imbriqué – Iridaceae. In Käsermann C. & Moser D.M. 1999. Fiches pratiques pour la conservation – Plantes à fleurs et fougères. Office fédéral de l'environnement, des forêts et du paysage, 2 pp.
- Kose M., Liira J. & Tali K. 2019. Long-term effect of different management regimes on the survival and population structure of *Gladiolus imbricatus* in Estonian coastal meadows. Global Ecology and Conservation, 20, 12 pp.
- InfoFlora 2022. Manuale d'utilizzo, FlorApp: la soluzione mobile per le tue osservazioni sul terreno! Berna, InfoFlora, 12 pp. https://www.infoflora.ch/fr/assets/content/documents/monitoring/MONI%20FlorApp%20Monitoring%2020221215_booklet_F.pdf
- InfoFlora 2025a. *Asphodelus albus* Mill., Conservazione. <https://www.infoflora.ch/fr/flore/asphodelus-albus.html> (ultima consultazione: 12.6.2025).
- InfoFlora 2025b. *Botrychium lanceolatum* (S.G. Gmel.) Ångstr. <https://www.infoflora.ch/de/flora/botrychium-lanceolatum.html> (ultima consultazione: 12.6.2025).
- Lauber K., Wagner G. & Gygax A. 2018. Flora Helvetica. 5ª edizione. Bern, Haupt Verlag, 1686 pp.
- Macchi P. 1995. *Pseudostellaria europaea* Schaeftlein (Caryophyllaceae) in Provincia di Varese. Bollettino della Società ticinese di scienze naturali, 83: 195-197.
- Meusel H., Jäger E. & Weinert E. 1965. Vergleichende Chorologie der zentraleuropäischen Flora. VEB G Fischer, Jena.
- OPN 1991. Ordinanza sulla protezione della natura e del paesaggio del 16 gennaio 1991 (RS 451.1).
- Prelli R. & Boudrie M. 2021. Les Fougères et plantes alliées d'Europe. Editions Biotope, Mèze, 527 pp.
- Stampfli A. & Zeiter M. 1999. Plant species decline due to abandonment of meadows cannot easily be reversed by mowing. A case study from the southern Alps. Journal of Vegetation Science, 10: 151-164.
- Stefanaki A., Walter T. & van Andel T. 2022. Tracing the introduction history of the tulip that went wild (*Tulipa sylvestris*) in sixteenth-century Europe. Scientific Reports, 12(1):9786.
- UFAM 2012. Plan de conservation des espèces en Suisse. Berna, Ufficio federale dell'ambiente, 64 pp.
- UFAM 2017. Piano d'azione Strategia Biodiversità Svizzera. Berna, Ufficio federale dell'ambiente, 50 pp.
- UFAM 2018. Manuale Accordi programmatici nel settore ambientale 2020-2024. Comunicazione dell'UFAM quale autorità esecutiva ai richiedenti. Pratica ambientale n. 1817. Berna, Ufficio federale dell'ambiente, 294 pp.
- UFAM 2019. Lista delle specie e degli ambienti prioritari a livello nazionale. Specie e ambienti prioritari da promuovere in Svizzera. Pratica ambientale n. 1709. Berna, Ufficio federale dell'ambiente, 97 pp.
- UFAM 2020. Regolazione del lago Maggiore. Schede sulla regolazione dei livelli lacustri. Berna, Ufficio federale dell'ambiente, 2 pp.
- WFO 2025. World Flora Online. <http://www.worldfloraonline.org> (ultima consultazione: 13.2.2025).

Analisi ecologica e della successione delle paludi aperte delle Bolle di Magadino (Cantone Ticino, Svizzera meridionale) tramite le cenosi epigee di ragni e carabidi

Lorenzo Giollo* & Nicola Patocchi

Fondazione Bolle di Magadino, Vicolo Forte Olimpo 3, 6573 Magadino, Svizzera

* fbm@bluewin.ch

Redattore di riferimento: Luca Gaggini

Riassunto: Le cenosi delle paludi aperte delle Bolle di Magadino sono conosciute principalmente attraverso lo studio dell'avifauna e della vegetazione. A complemento di queste conoscenze, nel 1999 e nel 2000 è stata avviata una campagna volta ad indagare le cenosi epigee di ragni e carabidi che caratterizzano questi ambienti. La sensibilità di questi animali ai cambiamenti ambientali ne fa dei buoni indicatori. Nel 2020 e nel 2021, in seguito all'innalzamento della soglia primaverile di regolazione massima del lago Verbano, è stata effettuata una seconda campagna di campionamento quale primo confronto dell'evoluzione spazio-temporale di queste cenosi. I risultati mostrano il mantenimento di buone cenosi palustri ma segnalano pressioni da due fronti opposti. Da un lato si osserva un rafforzamento del carattere igrofilo delle cenosi alle quote più basse e una diminuzione della loro equitabilità, con un aumento dell'instabilità cenotica come è tipico per gli ambienti perturbati; dall'altro vi è una maggiore penetrazione di specie mesofile e ubiquiste favorite dalle sempre più frequenti siccità. Inoltre, la parte del gradiente ecotonale alle quote più alte subisce una riduzione della propria estensione, dovuta all'impossibilità di espandersi verso le aree agricole. Se da un lato il ritrovamento di specie rare, minacciate e stenoece palustri sottolinea l'importanza della conservazione degli ambienti della riserva, la sfida per la conservazione si attua nelle praterie umide alle quote più alte.

Parole chiave: Araneae, Carabidae, lago Verbano, monitoraggi faunistici a lungo termine, sinecologia, trappole a caduta

Ecological and successional analysis of the marshes of the Bolle di Magadino through the epigeal coenoses of spiders and carabids

Abstract: Marsh coenoses of the Bolle di Magadino are known mainly through the study of birds and vegetation. To complement this knowledge, between 1999 and 2000 a first campaign was carried out to investigate the epigeal communities of spiders and carabids that characterise these environments. The sensitivity of these animals to environmental changes makes them good indicators. A second sampling campaign was carried out between 2020 and 2021 as a first comparison of the spatio-temporal evolution of these coenoses following the raising of the spring maximum regulation threshold of Lake Verbano. The results show the maintenance of good marsh coenoses but signal pressures from two opposite fronts. On the one hand, there is a strengthening of the hygrophilous character of the coenoses at lower elevations and a decrease in evenness, with an increase in coenotic instability as typical for disturbed environments; on the other, there is an increased penetration of mesophilic and ubiquitous species favoured by more frequent dry periods. In addition, the part of the ecotonal gradient at higher altitudes suffers a reduction of extension, due to the impossibility of expanding into agricultural areas. While the discovery of rare, endangered and stenotopic marsh species emphasises the importance of conserving the reserve's environments, the challenge for conservation lies in the wetland meadows at higher altitudes.

Keywords: Araneae, Carabidae, lake Verbano, longterm faunistic monitoring, pitfall traps, synecology

INTRODUZIONE

Le paludi aperte, senza essenze legnose, rappresentano una porzione importante (ca. 60 ha) della superficie totale di ambienti naturali presenti nelle Bolle di Magadino (ca. 150 ha). Questi ambienti temporanei sono studiati principalmente da un punto di vista ornitologico e fitosociologico (Patocchi et al. 2014; Meyer Grass & Patocchi 2016; Haritz et al. 2017; Lardelli et al. 2022)

e di conseguenza la loro gestione è basata in primo luogo sulle necessità di alcune specie di uccelli nidificanti e sulle comunità vegetali e la loro risposta ai regimi idrici. Considerati i ritmi di reazione relativamente lunghi della vegetazione ai cambiamenti delle condizioni ambientali, a complemento di queste conoscenze si è ritenuto opportuno integrare delle analisi faunistiche dello strato epigeo. Alcuni gruppi di animali, reagendo più rapidamente ai cambiamenti ambientali rispetto

alla vegetazione (Moretti & Patocchi 2003), si prestano bene come indicatori della loro evoluzione e dinamica, come pure del loro stato di conservazione. Particolarmente informativa risulta essere l'analisi delle cenosi di ragni (Arachnida: Araneae) e carabidi (Coleoptera: Carabidae) dello strato epigeo campionati con trappole a caduta (Barber 1931), metodo che riporta una densità dinamica delle specie in movimento sulla superficie del terreno.

Questi due gruppi di artropodi sono strettamente legati alle condizioni ambientali su piccola scala per via della loro sensibilità a fattori quali il livello di umidità e la granulometria del suolo, così come la copertura e la struttura della vegetazione (Rainio & Niemelä 2003). Questi aspetti, oltre alla loro posizione di predatori nella catena trofica, la sistematica relativamente stabile e ben conosciuta e la presenza in entrambi i gruppi di numerose specie generaliste e specialiste, li rendono dei buoni indicatori, utilizzati da molto tempo e riportati da una vasta bibliografia di confronto e critica (si veda p.e. Tretzel 1952; Southwood 1966; Luff 1975; Uetz & Unzicker 1976; Rainio & Niemelä 2003; Chittaro et al. 2024). In particolare, la possibilità di indagare l'equilibrio tra specie dominanti/compagne e strutturanti/qualificanti (Boumezzough 1983; Patocchi 1993) fornisce interessanti indizi sull'equilibrio cenotico stazionario.

La caratterizzazione delle cenosi di ragni-carabidi degli ambienti aperti planiziali a livello regionale va considerata buona grazie agli studi nelle golene della Valle Maggia (Patocchi 1993), sulle spiagge del Verbano (Pronini 1989), nelle praterie golene (Patocchi 1997), nelle golene del Brenno (Moretti & Patocchi 2003; Frei et al. 2024), senza dimenticare gli importanti studi sui prati magri e secchi (Antognoli et al. 1995; Gemma Blu 1998; Moretti et al. 2001; Pierallini 2006). A livello nazionale, lo stesso tipo di studio, realizzato nelle paludi della Grande Caricæ (Mulhauser 1989; Gerber & Gander 1998) ha fornito riferimenti utili. Nelle Bolle di Magadino, il primo studio chinatosi su questi gruppi tassonomici è stato realizzato durante una campagna di campionamenti tra il 1999 e il 2000 (Pierallini & Patocchi 2001). Questo studio ha permesso, da un lato, di identificare le specie stenoece tipiche delle paludi aperte della riserva, e dall'altro di mettere in evidenza una soglia altitudinale critica (ca. 194.00 m slm) che separa le cenosi palustri caratteristiche da quelle più soggette alla penetrazione di specie più mesofile ed euriecie. Lo studio ha inoltre contribuito a migliorare le conoscenze faunistiche di questi gruppi e ha portato al rilevamento di specie rare d'interesse conservazionistico. A distanza di vent'anni, tra il 2020 e il 2021, è stata effettuata una seconda campagna al fine di ottenere un primo confronto delle cenosi, evidenziarne eventuali evoluzioni e metterle in relazione ai regimi idrici del Verbano: dal 2007 la soglia massima di regolazione primaverile-estiva del livello del lago è stata innalzata di 25 cm (Elzi et al. 2023; Giuntini et al. 2023). Nel presente articolo sono riportati i risultati di entrambe le campagne: 1999-2000 e 2020-2021.

MATERIALI E METODI

Raccolta dei dati

I campionamenti di ragni e carabidi sono stati effettuati tramite trappole a caduta (*pitfall traps*), consistenti in bicchieri di plastica (circonferenza 7 cm, profondità 7 cm) conficcati nel terreno fino all'orlo e sovrastati da un tettuccio (Barber 1931). Le trappole sono state riempite per metà con una miscela di acqua (80%), aceto bianco (20%), e un'aggiunta di detersivo per rompere la tensione superficiale. In ogni stazione sono state posizionate tre trappole, distanziate ca. 50 cm l'una dall'altra, attivate durante dieci (1999-2000) e sette (2020-2021) periodi di quattro giorni tra aprile/maggio e settembre, durante giorni per quanto possibile di tempo bello e asciutto. Questo campionamento minimo (Duelli 1990) si presta bene per studiare le dinamiche delle popolazioni epigee di ragni e carabidi poiché offre una buona ripetibilità e permette di avere un quadro della composizione delle comunità, mettendo in evidenza le cenosi principali così come le specie dominanti presenti in un determinato ambiente (Patocchi 1993; Chiarabaglio & Allegro 2008).

Le stazioni sono state scelte in modo da stratificare il campionamento lungo il gradiente altitudinale tra 193.58 m e 194.55 m slm in base alle varie macrotipologie vegetali (Patocchi et al. 2014; Haritz et al. 2017) che costituiscono gli ambienti aperti palustri della riserva: cariceti (parvocariceti e cariceti densi), pseudocanneti e megaforbieti (inclusi i lischeti) (Tab. 1). Non sono stati indagati i canneti veri e propri, presenti a quote inferiori. Le stazioni sono state installate nei tre settori della riserva: Bolle meridionali (Piattono; B2, B3, B4, B5, B6), Bolle centrali (B8, B9, B19) e Bolle settentrionali (B10, B11, B13) (Appendice 1).

Per l'identificazione delle specie di carabidi si è fatto riferimento a Trautner & Geigenmüller (1984, 1987), Freude et al. (2004), Neri et al. (2011) e Allegro (2021), mentre per i ragni a Roberts (1985) e Heimer & Nentwig (1991). Le identificazioni sono state eseguite dalla Fondazione Bolle di Magadino e convalidate da verifiche puntuali (ragni) o totali (carabidi) da parte di esperti esterni (vedi Ringraziamenti).

Poiché nel 2007 la soglia di regolazione estiva massima del Verbano è stata portata a 193.91 m slm (incremento di 0.25 m), al fine di mettere in relazione i dati faunistici e i regimi del lago, sono stati utilizzati i dati idrologici disponibili sulla piattaforma pubblica dell'Osservatorio Ambientale della Svizzera italiana (UCA 2024). In base alla quota delle stazioni e al livello medio giornaliero del lago, per ogni anno sono stati calcolati i giorni di sommersione delle stazioni durante la stagione di campionamento (tra il primo e l'ultimo periodo).

Analisi

Le cenosi sono state analizzate qualitativamente sulla base dell'identità delle specie più abbondanti e, per ogni anno, sono stati calcolati gli indici di equitabilità (J') e di Shannon (H') delle comunità di ragni e di carabidi di tutte le stazioni.

Al fine di descrivere le varie strutture cenotiche, per

Tabella 1: Lista delle stazioni di campionamento di ragni e carabidi nelle paludi aperte delle Bolle di Magadino nei periodi 1999-2000 e 2020-2021. Sono dati: la quota del terreno, gli anni nei quali sono stati fatti campionamenti e le macrotipologie ambientali. Le stazioni sono ordinate in base alla quota crescente (2020-2021).

Stazione	Campionamenti			Campionamenti			Macrotipologia ambientale
	Quota CH (m slm)	1999	2000	Quota CH (m slm)	2020	2021	
B13	193.58	X	X	193.58	X	X	Cariceto
B9	193.65	X	X	193.65	X	X	Cariceto
B3	193.68	X	X	193.68	X	X	Cariceto
B10	193.81	X	X	193.83	X	X	Cariceto
B4	193.88	X	X	193.88	X	X	Cariceto
B8	193.85	X		193.95	X	X	Cariceto
B11	193.96	X		194.00	X	X	Cariceto
B2	194.04	X	X	194.04	X	X	Pseudocanneto
B19	194.18		X	194.18	X	X	Megaforbieto
B6	194.24	X		194.24	X	X	Megaforbieto
B5	194.55	X		194.41	X	X	Megaforbieto

ogni stazione in ognuno degli anni sono state identificate le specie dominanti fondamentali e qualificanti stenoecie (Patocchi 1993; Moretti & Patocchi 2003). Una specie è ritenuta dominante fondamentale in una stazione se la sua abbondanza relativa è $\geq 5\%$ del totale degli individui catturati, e se è stata rilevata con una frequenza $\geq 50\%$ dei periodi di cattura, mentre è ritenuta qualificante se è strettamente legata agli ambienti aperti caratteristici della riserva.

Tramite l'analisi delle specie dominanti fondamentali e delle specie qualificanti stenoecie (Pierallini & Patocchi 2001) è stato descritto lo stato cenotico delle varie stazioni. In questo senso è stato assegnato un giudizio di valore in base al numero di specie stenoecie presenti in una stazione e quante di queste sono dominanti fondamentali, con la scala seguente: sufficiente (almeno otto specie stenoecie di cui due fondamentali), discreto (nove e due), buono (dieci e tre) e ottimo (undici e quattro). Le specie dominanti fondamentali sono state utilizzate anche per definire la stabilità cenotica delle varie stazioni nel tempo, sia di anno in anno, sia fra il primo e il secondo biennio. Una stazione viene definita stabile se mantiene almeno il 30% delle specie dominanti fondamentali fra i due anni o i due bienni a confronto.

Per paragonare la composizione cenotica delle varie stazioni e nei vari anni, le comunità di ragni e di carabidi sono state indagate tramite analisi della ridondanza (RDA) (Borcard et al. 2011), la cui significanza è stata testata con un test per permutazione, con 999 permutazioni. Le matrici dell'abbondanza delle specie sono state standardizzate con il metodo della trasformazione di Hellinger (Legendre & Gallagher 2001) per eliminare l'effetto dei cosiddetti "doppi zeri", e sono state incrociate con una matrice delle variabili ambientali con le seguenti variabili: "giorni di sommersione", "anno" e "macrotipologia ambientale". Il numero di giorni di sommersione è calcolato su tutta la stagione di campionamento, dal primo all'ultimo periodo. Come anno è inteso l'anno di campionamento. La macrotipologia

ambientale è definita da una delle seguenti categorie fisionomiche: "cariceto", "pseudocanneto", megaforbieto" (v. Tab. 1).

Le analisi statistiche sono state eseguite con il programma R 4.3.2. e il pacchetto vegan (2.6-10); le analisi della ridondanza sono state visualizzate con dei *triplots*.

RISULTATI

Aspetti faunistici generali

Nei quattro anni di campionamento sono stati catturati 4'777 ragni appartenenti a 59 specie e 3'175 carabidi appartenenti a 56 specie (Appendici 1 e 2). I carabidi sono stati catturati in maggiori quantità nel primo biennio, mentre i ragni nel secondo.

I ragni più catturati sono stati, in ordine di abbondanza, *Pardosa prativaga* e *Pachygnatha clercki* nel 1999, *Oedothorax apicatus* e *Pachygnatha clercki* nel 2000, *Pardosa tenuipes* (N.B.: non è stata fatta distinzione fra *P. tenuipes* (L. Koch, 1882) (= *P. proxima* auct.) e *P. proxima* (L. Koch, 1847); infatti si suppone che nelle Bolle di Magadino, *P. tenuipes* sia largamente abbondante e *P. proxima* sia presente con pochi individui; Milano F. *com. pers.*) ed *Erigone dentipalpis* nel 2020 e nel 2021.

La comunità mostra una diversità specifica più elevata nel 2020 ($H' = 2.50$) e nel 2021 (2.64) rispetto al 1999 ($H' = 2.47$) e al 2000 ($H' = 2.37$) (Appendice 2), mentre l'equitabilità è più elevata nel 1999 ($J = 0.77$) e nel 2000 ($J = 0.75$) rispetto al 2020 ($J = 0.69$) e nel 2021 ($J = 0.71$). Quattro specie costituiscono la metà degli individui nel primo biennio (*Pardosa prativaga*, *Pachygnatha clercki*, *Oxyptila trux*, *Oedothorax apicatus*), tre nel secondo (*Pardosa tenuipes*, *Erigone dentipalpis*, *P. prativaga*).

Oodes helopioides helopioides è stato il carabide catturato in maggior numero in tutti gli anni di campionamento. La seconda specie più abbondante è stata *Carabus granulatus* nel 1999 e nel 2000, *Pterostichus vernalis* nel 2020 e *Bembidion properans* nel 2021. La diversità tassonomica globale risulta più elevata nel 1999 ($H' = 2.26$) e nel



Figura 1: Subadulti di A) *Dolomedes* sp. (probabilmente *D. fimbriatus*) e B) *Pirata* sp., fra i generi d'interesse faunistico, in due cariceti inondatai (rispettivamente B10 e B9) (foto: Fondazione Bolle di Magadino).

2000 ($H' = 2.28$) rispetto al 2020 ($H' = 2.22$) e al 2021 ($H' = 2.02$) (Appendice 3). La stessa tendenza si osserva nell'equitabilità: più elevata nel 1999 ($J = 0.68$) e nel 2000 ($J = 0.68$), rispetto al 2020 ($J = 0.60$) e il 2021 ($J = 0.57$). Nel primo biennio dominano insieme *Oodes helopioides helopioides* (26.4%) e *Carabus granulatus* (25.2%) che, con *Pterostichus vernalis* (9.7%), costituiscono quasi due terzi degli individui. Nel secondo biennio *Oodes helopioides helopioides* da sola risulta fortemente dominante (49%) e rappresenta lo “zoccolo duro” dei carabidi; *Carabus granulatus* è stata invece catturata in quantità molto ridotte rispetto al primo biennio.

Struttura cenotica

Il numero di specie dominanti fondamentali è variato in modo diverso alle varie quote fra il primo e il secondo biennio: nelle stazioni più basse (in particolare B13, B9 e B3) il numero di specie fondamentali è aumentato; alle quote medie è rimasto più stabile (in particolare B2 e B4) e nelle stazioni più alte è diminuito (B5, in parte B6). Le stazioni stabili fra il 1999 e il 2000 sono B3, B10, B4, B2 (tra 193.68 m e 194.04 m), mentre tra il 2020 e il 2021 sono le stazioni B13, B9, B3, B4, B8, B19, B6, distribuite sull'intero gradiente altitudinale. Nessuna delle stazioni è risultata stabile fra il primo e il secondo biennio.

Cenosi palustri, sulla base delle specie qualificanti stenocie, nel primo biennio sono state osservate in una fascia compresa tra 193.68 m e 194.04 m, nelle stazioni B3, B10, B4, B8, B2. Nel secondo biennio, esse sono state osservate anche nelle stazioni più basse (B13, B9) e in particolare nelle stazioni alle quote intermedie (B10, B4, B11). *Oodes helopioides helopioides* è specie dominante fondamentale presente in tutte le stazioni in almeno uno degli anni di campionamento, e lo è in tutte le stazioni, tranne in quelle più alte, nel secondo biennio, mentre *Carabus granulatus* è dominante in tutte le stazioni sopra i 193.76 m nel primo biennio, e in nessuna nel secondo.

Alle quote più basse (B13, B9, B3) si osservano cenosi maggiormente dominate da specie tipiche palustri (*Pirata piraticus*, *P. tenuitarsis*, *Gnathonarium dentatum*, *Pachygnatha clercki*), al contempo caratterizzate dall'incurisione di specie più mesofile ed euriecie (*Bembidion lampros*, *B. properans*, *Pardosa tenuipes*, *P. prativaga*) o pioniere (*Erigone dentipalpis*) nei periodi di lago basso. Il fenomeno è simile, ma meno marcato, alle quote intermedie, in particolare nelle stazioni B10 e B4, dove già nel primo biennio le cenosi erano caratterizzate da specie palustri (*Carabus granulatus*, *Dyschirius globosus*, *Pterostichus vernalis*, *Gnathonarium dentatum*). Alle quote più elevate si osserva, invece, la permanenza di cenosi piuttosto mesofile ed euriecie, in parte accentuate nei megaforbieti del Piattono (B6 e B5) dalla scomparsa di specie igrofile (*Carabus granulatus*, *Oodes helopioides helopioides*, *Pterostichus vernalis*) fra le specie dominanti fondamentali. Come osservato per B13, B9 e B3, anche in stazioni a quote basse si è osservato la penetrazione temporanea di specie ubiquiste come *Pardosa tenuipes*, che diventa strutturante in diverse di queste stazioni e anche in anni ritenuti molto umidi come il 1999 e il 2021. Questo fenomeno sembra accentuato nelle stazioni a bassa quota, dove la struttura vegetazionale non è troppo densa (parvocariceti a *Carex panicea* come B10 e cariceti con *Molinia arundinacea* B13), ciò che lascia spazi aperti al suolo quando il lago si ritira.

La figura 2 riporta le proiezioni delle analisi di ridondanza. In entrambi i gruppi, sul primo asse (carabidi: RDA, 49%, $p=0.001$; ragni: RDA1, 41%, $p=0.001$) le stazioni si distribuiscono secondo un fattore temporale, mostrando una netta separazione fra i due bienni, più marcata nei carabidi. Il secondo asse (carabidi: RDA2, 27%, $p=0.001$; ragni: RDA2, 21%, $p=0.009$) distribuisce le stazioni in base al livello di igrofilia-sommersione delle cenosi. Le cenosi di ragni sono influenzate in modo significativo dalle tre variabili (“sommersione”, “anno”, “macrotipologia ambientale”), mentre nei carabidi un effetto significativo risulta da “sommersione” e “anno”.

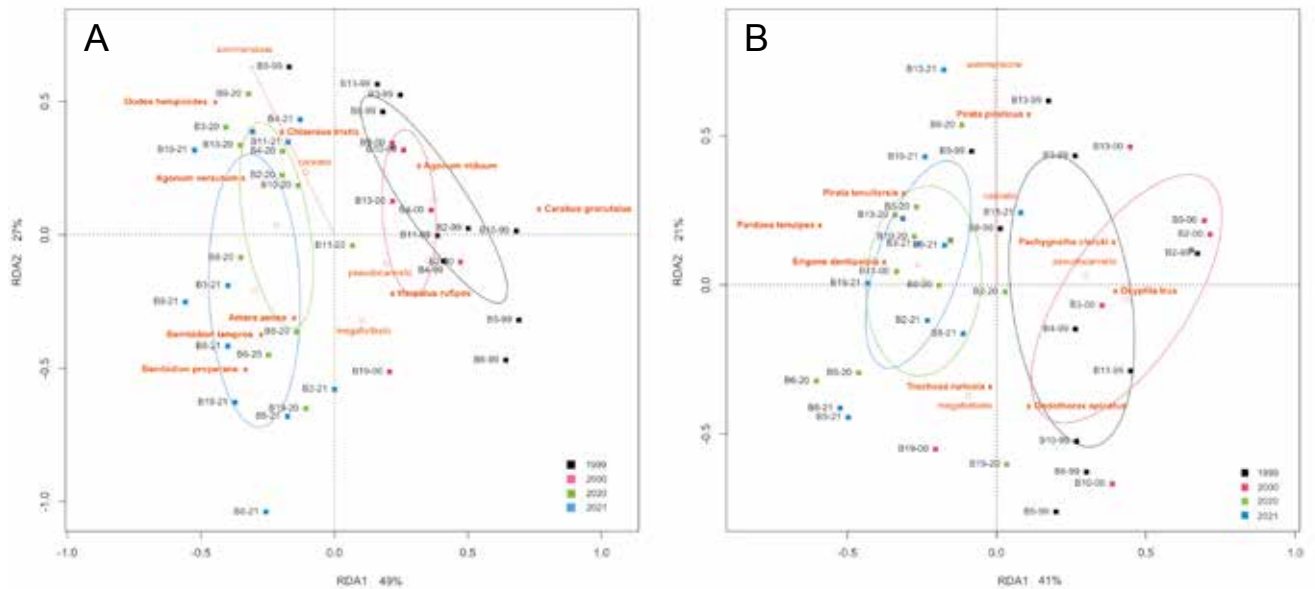


Figura 2: Risultati delle analisi della ridondanza su A) carabidi e B) ragni campionati nelle paludi aperte delle Bolle di Magadino nei periodi 1999-2000 e 2020-2021. Sono riportate le stazioni (vedi sigle nella tabella 1; quadrati, colorati in base agli anni), le variabili indipendenti (rosso) e le specie più caratterizzanti (rosso grassetto).

Nei carabidi, nel primo biennio (1999-2000), si osserva una certa continuità nelle composizioni cenotiche da quelle più igrofile a quelle più mesofile, secondo il gradiente di quote. Nel secondo biennio (2020-2021), vi è invece una più marcata distinzione fra un gruppo di stazioni alle quote più basse rispetto alle altre: le prime risultano maggiormente influenzate dalla sommersione e sono più simili fra di loro (anche rispetto alle cenosi del primo biennio), mentre le altre sono più diverse fra di loro e caratterizzate da cenosi nettamente più mesofile. Nei ragni si osserva una distinzione meno netta fra i due bienni, seppur le cenosi risultino cambiate. Inversamente ai carabidi, nel secondo biennio (2020-2021) le cenosi di ragni delle varie stazioni sono più simili tra di loro rispetto al primo (1999-2020). Inoltre, le cenosi di ragni mostrano meno correlazione fra il gradiente di igrofilia e quello altitudinale, con stazioni a quote diverse che mostrano cenosi più simili e viceversa.

Specie particolari

Oltre alle specie dominanti e strutturanti, le campagne hanno permesso il rilevamento di alcune specie rare e di interesse faunistico e conservazionistico. Fra i ragni citiamo in particolare *Dolomedes fimbriatus* e *D. plantarius* (Fig. 1a), strettamente legate all'acqua per diversi aspetti della loro biologia; la seconda, rara e localizzata a livello europeo, e conosciuta da pochissime popolazioni in Svizzera, è considerata vulnerabile (VU) dalla IUCN (World Conservation Monitoring Centre 1996; Milano & Patocchi 2025). A queste si aggiungono le osservazioni di *Argyroneta aquatica* e *Pirata tenuitarsis*, la seconda presente con importanti popolazioni nei cariceti delle Bolle settentrionali (parvocariceti) dove è anche specie dominante fondamentale (B13 e B10).

Anche nei carabidi sono avvenute osservazioni puntuali di alcune specie rare, nella Lista Rossa e prioritarie in Svizzera: *Cylindera germanica germanica* (VU), xerofila, tipica di ambienti alluvionali pionieri; *Notiophilus substriatus* (EN), igrofila, legata ad ambienti al limitare

di acque stagnanti; *Odachanta melanura* (EN), igrofila, tipica delle zone umide e in particolare dei canneti; *Chlaenius spoliatus* (CR), specie mediterranea molto rara in Svizzera (Marggi, 1992). Va segnalata inoltre la presenza di *Chlaenius tristis tristis* (EN), altamente igrofila al pari di *Oodes helopioides helopioides* ma molto più rara e stenocia, abbondante specialmente nei cariceti più bassi delle Bolle centrali (B9; Fig. 3).

DISCUSSIONE

Questo studio permette una prima valutazione dell'evoluzione delle paludi aperte delle Bolle di Magadino, sulla base delle cenosi epigee di ragni e carabidi, in relazione alle modifiche dei regimi idrici del Verbano.

Le analisi mostrano la persistenza di buone cenosi palustri, principalmente composte da ragni, che in base al giudizio di valore oggi (2020-2021) risultano in parte migliori rispetto alle prime indagini (1999-2000). Ciò si deve a catture più numerose di specie fortemente igrofile (*Pirata piraticus*, *P. tenuitarsis*, *Gnathoranium dentatum*), in particolar modo sotto la quota 194.00 m slm. Il rilevamento di cenosi più fortemente palustri e su una fascia altitudinale più ampia nel secondo biennio sembra indicare un incremento altitudinale e temporale del grado di umidità, in linea con l'aumento dei giorni di sommersione. Nel primo biennio (1999-2000) è probabile che queste cenosi si situassero a quote più basse o che fossero più mobili per via di una minor durata delle sommersioni, e che non siano state rilevate. Questa dinamica sembra segnalare un effetto della nuova gestione della regolazione del Verbano, caratterizzata, dal 2007, dall'innalzamento della quota massima di regolazione primaverile-estiva di 25 cm.

Nonostante il mantenimento di cenosi a carattere palustre, nel secondo biennio si riscontra un'importante incursione di specie eurieche anche alle quote più basse, in particolare nei ragni, diversamente da quanto emer-



Figura 3. Cariceto denso a grandi carici (*Carex vesicaria*, *C. acuta*) con *Phalaris arundinacea* (stazione B9, 193.65 m slm) (foto: Fondazione Bolle di Magadino, 18.6.2020).

so dalla prima campagna. Dai risultati delle RDA, le cenosi stazionali di ragni risultano in effetti più omogenee nel secondo biennio. Specie mesofile competitive come *Pardosa prativaga*, *P. tenuipes* ed *Erigone dentipalpis* risultano dominanti fondamentali in tutte le stazioni nel secondo biennio, mentre nel primo lo erano puntualmente soltanto nelle stazioni più alte. Dalla prima campagna di indagine è emerso come i ragni siano più strettamente legati alla copertura vegetale rispetto ai carabidi (Pierallini & Patocchi 2001); in questo senso, lo sfalcio regolare delle paludi aperte, mantenendo una struttura vegetale relativamente omogenea, potrebbe favorire la penetrazione di specie ubiquiste alle quote più basse.

Maggiori penetrazioni di specie mesofile nel secondo biennio si osservano anche nei carabidi, seppur in modo meno marcato. Nel primo biennio solo le cenosi dei megaforbieti (B6, B5) e dei cariceti più alti (B4) del Piattono presentavano specie particolarmente mesofile (*Harpalus rufipes*) o xerofile (*Harpalus luteicornis*) fra le dominanti fondamentali. Nel secondo biennio queste specie non sono più risultate strutturanti ma si osserva un importante aumento di due specie euriecie (*Bembidion lampros* e *B. proferans*), principalmente nelle stazioni delle Bolle centrali (B9, B8, B19) ma puntualmente anche nei cariceti più bassi del Piattono (B3). La marcata presenza di queste specie nel settore centrale della riserva suggerisce un effetto dei terreni agricoli adiacenti dai quali esse si espandono verso le paludi. Le altre stazioni (perlopiù alle quote più basse) mostrano un'evoluzione verso cenosi di carabidi molto simili tra loro e fortemente influenzate dal livello di umidità, evidenziato dall'eudominanza di *Oodes helopioides helopioides*, estremamente igrofila (Marggi 1992). Questo

carabide, nonostante possa puntualmente allontanarsi di molto dall'acqua, trova il suo optimum vicino al lago e risulta seguirne da vicino l'evoluzione (Marggi 1992; Pierallini & Patocchi 2001). La dominanza di questa specie, in particolare nelle stazioni attorno ai 194.00 m slm e in quelle più basse, sembra indicare un aumento dell'umidità, al pari delle cenosi di ragni fortemente palustri.

Le tendenze emergenti sembrano quindi indicare due fronti di pressione che conducono, dal basso, a un aumento dell'igrofilia, e dall'alto a una banalizzazione degli ambienti. Le maggiori incursioni di specie mesofile sono verosimilmente in parte riconducibili alla vicinanza con terreni agricoli, all'aumento di eventi di siccità che contrastano le sommersioni e all'aumento locale della pressione gestionale. Questi fattori permettono di mantenere formazioni vegetali e comunità animali di pregio ma al contempo possono favorire specie poco esigenti che colonizzano velocemente gli ambienti aperti. Una tendenza simile è stata osservata nelle fasi di successione della vegetazione, ad esempio nei quadrati permanenti rilevati dagli anni '70 del secolo scorso ad oggi (Patocchi et al. 2014), e nel confronto delle paludi del Piattono fra il 1992 e il 2015 (Haritz et al. 2017). La penetrazione di specie più banali e opportuniste segnala anche un problema di dimensione critica delle fasce palustri con un effetto bordo dagli ambienti agricoli limitrofi importante. Con l'arretramento del gradiente igrofilo dovuto all'innalzamento delle quote medie di primavera e inizio estate del lago da un lato, e la pressione delle zone limitrofe dell'altra, le cenosi di ragni e carabidi che si situano nella parte alta dell'ecotono (p.e. in lischeti e megaforbieti), a contatto con l'area più propriamente agricola e le praterie da fieno, sono risultate

perturbate se non addirittura estinte. Sebbene le paludi aperte siano ancora presenti e conservate grazie ad una gestione mirata, la fauna epigea analizzata in questa ricerca segnala come la funzionalità ecologica ne sia fortemente compromessa, anticipando probabilmente quanto succederà in futuro anche con la successione vegetale.

Da un punto di vista della conservazione si tratta di una perdita importante e problematica. La doppia pressione di successione esercitata sulle paludi della parte più alta del gradiente ecotonale palustre-ripario ne compromette la funzionalità ecologica. La superficie di queste formazioni si è ridotta e la fauna epigea segnala che ha già superato una soglia critica di spazio minimo.

CONCLUSIONI

Globalmente, le cenosi segnalano una struttura lontana dall'equilibrio, tipica di ambienti pionieri e fortemente perturbati, dove poche specie sono nettamente dominanti e riescono ad appropriarsi delle risorse disponibili, limitando la presenza di altre specie. Le forti e tipiche escursioni del livello del Verbano vanno individuate quale fattore di disturbo ecologico principale e caratterizzante della situazione naturale assai unica a livello europeo di questo lago (Patocchi & Scapozza 2022). Ritroviamo i meccanismi del cosiddetto modello di Motomura (Ramade 1984), che descrive le comunità instabili. La selettività di questi ambienti palustri-ripari, co-partecipe del notevole interesse conservazionistico dell'area, determina delle fasi di successione nella comunità faunistica che mantengono queste caratteristiche instabili, diventando paradossalmente stabili nel tempo, da cui l'interesse di conoscere e monitorare nel tempo queste situazioni, come evidenziato da numerose ricerche (per es. i fondamentali Southwood 1977; Greenslade 1983; Grime 1987).

Questo studio permette le seguenti considerazioni principali: i) nella riserva sono ancora presenti specie di interesse conservazionistico, ma al contempo, le cenosi globali si sono lievemente banalizzate perdendo di equitabilità; ii) vi è una maggiore polarizzazione delle cenosi sopra e sotto la quota 194.00 m s.l.m., più palustri da un lato e più mesofile e banali dall'altro; iii) le formazioni palustri-ripariali alle quote più alte perdono superficie e di conseguenza la loro funzionalità ecologica. Queste considerazioni evidenziano la sfida nel mantenere un mosaico di habitat in uno spazio ristretto soggetto a importanti pressioni, dove risulta importante poter adattare la gestione come le scelte di "non intervento". L'utilizzo di indicatori che rispondono più velocemente ai cambiamenti ambientali rispetto alla vegetazione risulta viepiù importante in un contesto di cambiamenti ambientali e climatici sempre più rapidi. Al contempo, i ritrovamenti di specie rare e minacciate (p.e. *Dolomedes plantarius*), alcune delle quali con popolazioni consistenti (*Chlaenius tristis tristis*, *Pirata tenuitarsis*), sottolineano l'importante ruolo delle Bolle di Magadino quale serbatoio di ambienti pregiati e mostrano che questi presentano ancora un buono stato di conservazione.

RINGRAZIAMENTI

Ringraziamo Yannick Chittaro per la verifica delle identificazioni dei carabidi e per l'identificazione di specie difficili, Filippo Milano per la verifica dei ragni, e il Museo cantonale di storia naturale di Lugano per aver fornito il materiale per la conservazione dei campioni. Ringraziamo inoltre Marco Moretti per la rilettura critica dell'articolo.

REFERENZE BIBLIOGRAFICHE

- Allegro G. 2021. Tabella illustrata di determinazione per le specie del genere *Pterostichus* note in Italia (Coleoptera, Carabidae, Pterostichinae). Memorie della Società Entomologica Italiana, 98: 65-91.
- Antognoli C., Guggisberg F., Lörtscher M., Häfelfinger S. & Stampfli A. 1995. Prati magri ticinesi tra passato e futuro. Memorie della Società ticinese di scienze naturali, 5, 169 pp.
- Barber H.S. 1931. Traps for cave-inhabiting insects. Journal of the Elisha Mitchell Scientific Society, 46: 259-266.
- Borcard D., Gillet F. & Legendre P. 2011. Numerical Ecology with R. Springer, 688 pp.
- Boumezzough A. 1983. Les communautés animales ripicoles épiquées et endogées du bassin versant de la rivière Aille (Var-France). Thèse de doctorat, Université des Sciences d'Aix-Marseille, 192 pp.
- Chiarabaglio P.M. & Allegro G. 2008. Monitoraggio di ambienti del Parco Naturale Mont Avic (Valle d'Aosta) mediante studio delle popolazioni di coleotteri carabidi (Coleoptera, Carabidae). Revue Valdôtaine d'Histoire Naturelle, 61-62: 379-389.
- Chittaro Y., Hoess R., Huber C., Luka H., Marggi W., Szallies A. & Gonseth Y. 2024. Lista Rossa dei Carabidi. Specie minacciate in Svizzera. Ufficio federale dell'ambiente (UFAM) e info fauna, 80 pp.
- Duelli P. 1990. Minimalprogramme für die Erhebung und Aufbereitung zooökologischer Daten als Fachbeiträge zu Planungen am Beispiel ausgewählter Arthropodengruppen. Schriftenreihe für Landschaftspflege und Naturschutz, 32: 211-222.
- Elzi L., Villa E. & Patocchi N. 2023. Correlation between *Phragmites australis* growth and seasonal lake level variations in Lake Maggiore (Italy/Switzerland): common reed management guidelines. Journal of Limnology, 81: 2143.
- Frei G., Milano F., Chittaro Y. & Koch. B. 2024. Diversità di ragni e carabidi in tre zone golenali del fiume Brenno (Cantone Ticino, Svizzera). Bollettino della Società ticinese di scienze naturali, 112: 79-89.
- Freude H., Harde K.-W. & Lohse G.A. 2004. Die Käfer Mitteleuropas. Band 2. Adephaga 1. Carabidae (Laufkäfer). Spektrum Akademischer Verlag, Elsevier GmbH, Heidelberg, 2. (erweiterte) Auflage, 521 pp.
- Gemma Blu. 1998. Piano di gestione di cinque complessi di prati secchi nella valle di Blenio. Ufficio della protezione della natura, rapporto interno, 53 pp.
- Gerber E. & Gander A. 1998. Etude des forêts alluviales de la Grande Caricaie à l'aide des invertébrés: Test de méthodes d'échantillonnage et de bioindication. Grande Caricaie, Rapport de gestion, Suivi scientifique no. 53, 70 pp.

- Giuntini S., Tattoni C., Gagliardi A., Martinoli A., Patocchi N., Lardelli R., ... & Preatoni D. 2023. Limnology for the ornithologist: effects of Lake Maggiore water level on migratory flows. *Journal of Limnology*, 81: 2123.
- Greenslade P. 1983. Adversity selection and habitat templet. *American Naturalist*, 122: 352-365.
- Grime J. 1987. Dominant and subordinate components of plant communities: implications for succession, stability and diversity. In: Gray A. 1987. Colonisation, succession and stability. Blackwell, London, pp. 413-428.
- Haritz C., Gaggini L., Babbi M., Catalano C., Donati F., Meier S., ... & Patocchi N. 2017. Monitoraggi floristici alle Bolle di Magadino (Cantone Ticino, Svizzera). Modifiche vegetazionali delle associazioni palustri aperte su substrato sabbioso (località Piattono): confronto tra il 1992 e il 2015. *Bollettino della Società ticinese di scienze naturali*, 105: 39-51.
- Heimer S. & Nentwig W. 1991. *Spinnen Mitteleuropas*. Verlag Paul Parey, Berlin und Hamburg, 543 pp.
- Lardelli R., Patocchi N. & Scandolara C. 2022. Monitoraggio e gestione alle Bolle di Magadino. In: Carabella M., et al. 2022. Gli uccelli del Lago Maggiore. *Quaderni del Gruppo Insubrico di Ornitologia*, 4: 198-205.
- Legendre P. & Gallagher E.D. 2001. Ecologically meaningful transformations for ordination of species data. *Oecologia*, 129: 271-280.
- Luff M. 1975. Some features influencing the efficiency of pitfall traps. *Oecologia*, 19: 345-357.
- Marggi W.A. 1992. Faunistik der Sandlaufkäfer und Laufkäfer der Schweiz (Cicindelidae & Carabidae). Teil 1. *Documenta Faunistica Helveticae* 13, Centre suisse de cartographie de la faune (CSCF), Neuchâtel, 477 pp.
- Meyer Grass M. & Patocchi N. 2016. Monitoraggi floristici alle Bolle di Magadino (Cantone Ticino, Svizzera). Variazioni del livello del lago e tendenze evolutive delle associazioni palustri. *Bollettino della Società ticinese di scienze naturali*, 104: 11-19.
- Milano F. & Patocchi N. 2025. Note faunistiche sui ragni (Arachnida, Araneae) delle Bolle di Magadino, con dati nuovi per il Cantone Ticino. *Bollettino della Società ticinese di scienze naturali*, 113, in questo stesso volume.
- Moretti M. & Patocchi N. 2003. Bioindicazione faunistica in ecosistemi fluviali ripariali. Principi e metodologie proposte nell'ambito di un programma di controllo a lungo termine delle golene svizzere. *Studi Trentini di Scienze Naturali, Acta Biologica*, 80: 209-215.
- Moretti M., Patocchi N. & Zambelli N. 2001. Gestione dei prati magri del Monte San Giorgio (Ticino, Svizzera). Verifica degli interventi 1994-1998 tramite tre gruppi faunistici: Rapaocer, Ortoteri e Ragni. *Bollettino della Società ticinese di scienze naturali*, 89: 15-24.
- Mulhauser B. 1989. Les peuplements d'arthropodes épiédaphiques de la rive sud-est du lac de Neuchâtel (Suisse). Université de Neuchâtel, Travail de licence, 196 pp.
- Neri P., Bonavita P., Gudenzi I. Magrini P. & Toledano L. 2011. Bembidiina della fauna italo-corsa: chiavi di identificazione (Insecta Coleoptera Carabidae). *Quaderno di Studi e Notizie di Storia Naturale della Romagna*, 33: 1-183.
- Patocchi N. 1993. I ragni della Valle Maggia: studio faunistico ecologico delle zone alluvionali. In: Rampazzi F., Carraro G., Gianoni P., Focarile A., Jann B. & Patocchi N., Studio naturalistico del fondovalle Valmaggese. *Memorie della Società ticinese di scienze naturali*, 3: 209-268.
- Patocchi 1997. Praterie golenali del Piano di Magadino. Ufficio della protezione della natura, rapporto interno, 16 pp.
- Patocchi N., Greco G. & Meyer Grass M. 2014. Monitoraggi floristici alle Bolle di Magadino (Cantone Ticino, Svizzera). Tendenze evolutive delle associazioni palustri. *Bollettino della Società ticinese di scienze naturali*, 102: 33-45.
- Patocchi N. & Scapozza C. 2022. Il Lago maggiore, un fondovalle colmato d'acqua. In: Carabella M. et al. 2022. Gli uccelli del Lago Maggiore. *Quaderni del Gruppo Insubrico di Ornitologia*, 4: 2-31.
- Pierallini R. 2006. I Coleotteri Carabidi (Coleoptera: Carabidae) dei prati magri del Monte San Giorgio (Cantone Ticino, Svizzera). *Bollettino della Società ticinese di scienze naturali*, 94: 69-77.
- Pierallini R. & Patocchi N. 2001. Valutazione degli effetti provocati dai livelli medi del lago Verbano sulle cenosi epigee degli ambienti aperti paludosi delle Bolle di Magadino tramite l'analisi dei ragni (Araneae) e carabidi (Carabidae). Rapporto interno, Fondazione Bolle di Magadino, 44 pp.
- Pronini P. 1989. Contributo alla conoscenza della fauna invertebrata (in particolare quella araneologica) in tre valli del Canton Ticino (Svizzera meridionale). *Bollettino della Società ticinese di scienze naturali*, 77: 53-74.
- Rainio J. & Niemelä J. 2003. Ground beetles (Coleoptera: Carabidae) as bioindicators. *Biodiversity and Conservation*, 12: 487-506.
- Ramade F. 1984. *Eléments d'écologie*. McGraw-Hill, Paris.
- Roberts M.J. 1985. *The spiders of Great Britain and Ireland*. Vol. 1 e 2. Harley Books, Colchester.
- Southwood T.R.E. 1966. *Ecological methods with particular reference to the study of insect populations*. Methuen & Co. Ltd. London, first edition, 391 pp.
- Southwood T.R.E. 1977. Habitat, the templet for ecological strategies. *Journal of Animal Ecology*, 46: 337-365.
- Trautner J. & Geigenmüller K. 1984. *Laufkäfer*. Deutsche Jugendbund für Naturbeobachtung, Hamburg, 120 pp.
- Trautner J. & Geigenmüller K. 1987. *Sandkäfer, Laufkäfer*. Illustrierter Schlüssel zu den Cicindeliden und Carabiden Europas. Josef Margraf, Aichtal, 488 pp.
- Tretzel E. 1952. *Zur Ökologie der Spinnen (Araneae)*. Autökologie der Arten in Raum von Erlangen. *Sitzungsberichte der Physikalisch-Medizinischen Sozietät zu Erlangen*, 75: 36-131.
- Uetz G.W. & Unziker J.D. 1976. Pitfall trapping in ecological studies of wandering spiders. *Journal of Arachnology*, 3: 101-111.
- Ufficio dei corsi d'acqua (UCA). 2024. Osservatorio Ambientale della Svizzera italiana (OASI). Dati idrologici. <https://www.oasi.ti.ch/web/dati/idrologia-laghi.html> (ultima consultazione: dicembre 2024).
- Ufficio federale dell'ambiente (UFAM). 2019. Lista delle specie e degli ambienti prioritari a livello nazionale. Specie e ambienti prioritari da promuovere in Svizzera. Ufficio federale dell'ambiente, Berna. Pratica ambientale n. 1709, 97 pp.
- World Conservation Monitoring Centre. 1996. *Dolomedes plan-tarius*. The IUCN Red List of Threatened Species 1996: e.T6790A12806270. <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.1996.RLTS.T6790A12806270.en>. (ultima consultazione: marzo 2025).

Appendice 1: Localizzazione delle stazioni di campionamento nella zona A di protezione delle Bolle di Magadino. Bolle settentrionali: B10, B11, B13; Bolle centrali: B8, B9, B19; Bolle meridionali (Piattono): B2, B3, B4, B5, B6.



Appendice 2: Lista delle specie di ragni campionati nelle paludi aperte delle Bolle di Magadino nei periodi 1999-2000 e 2020-2021 ordinati per “Totale complessivo” e “% complessiva”. Sono dati: il numero di individui catturati nei vari anni, i totali biennali, il totale complessivo e le abbondanze relative. Nell’ultima colonna, sono indicate le specie ritenute stenoece per le Bolle di Magadino (Pierallini & Patocchi 2001).

Specie	Campionamento 1999-2000				Campionamento 2020-2021				Totale complessivo	% complessiva	Specie stenoece per le Bolle
	Individui 1999	Individui 2000	Totale 1999-2000	% 1999-2000	Individui 2020	Individui 2021	Totale 2020-2021	% 2020-2021			
<i>Pardosa tenuipes</i> L. Koch, 1882	71	16	87	8.2	398	237	635	17.1	722	15.1	
<i>Erigone dentipalpis</i> (Wider, 1834)	25	54	79	7.4	349	274	623	16.8	702	14.7	
<i>Pardosa prativaga</i> (L. Koch, 1870)	145	10	155	14.5	343	170	513	13.8	668	14.0	
<i>Arctosa leopardus</i> (Sundevall, 1833)	45	28	73	6.8	152	221	373	10.1	446	9.3	
<i>Pachygnatha clercki</i> Sundevall, 1823	96	58	154	14.4	209	76	285	7.7	439	9.2	X
<i>Gnathonarium dentatum</i> (Wider, 1834)	49	15	64	6.0	187	69	256	6.9	320	6.7	X
<i>Ozyptila trux</i> (Blackwall, 1846)	65	55	120	11.3	79	92	171	4.6	291	6.1	X
<i>Oedothorax apicatus</i> (Blackwall, 1850)	43	75	118	11.1	82	16	98	2.6	216	4.5	
<i>Pirata piraticus</i> (Clerck, 1757)	35	10	45	4.2	77	56	133	3.6	178	3.7	X
<i>Pirata tenuitarsis</i> Simon, 1876	1		1	0.1	48	77	125	3.4	126	2.6	X
<i>Trochosa ruricola</i> (De Geer, 1778)	59	3	62	5.8	35	29	64	1.7	126	2.6	
<i>Prinerigone vagans</i> (Audouin, 1826)					45	35	80	2.2	80	1.7	
<i>Agyneta rurestris</i> (C.L. Koch, 1836)		1	1	0.1	21	57	78	2.1	79	1.7	
<i>Antistea elegans</i> (Blackwall, 1841)	10	23	33	3.1	15	21	36	1.0	69	1.4	X
<i>Ceratinella brevipes</i> (Westring, 1851)	14	5	19	1.8		32	32	0.9	51	1.1	
<i>Micaria pulicaria</i> (Sundevall, 1831)	1		1	0.1	19	16	35	0.9	36	0.8	
<i>Bathyphantes gracilis</i> (Blackwall, 1841)	2	9	11	1.0	13	9	22	0.6	33	0.7	X
<i>Pardosa saltans</i> (Töpfer-Hoffmann, 2000)					23	8	31	0.8	31	0.6	
<i>Attulus floricola</i> (C.L. Koch, 1837)	1	1	2	0.2	18	7	25	0.7	27	0.6	
<i>Pardosa lugubris</i> (Walckenaer, 1802)	16	2	18	1.7					18	0.4	
<i>Mermessus trilobatus</i> (Emerton, 1882)	1		1	0.1	3	8	11	0.3	12	0.3	
<i>Agyneta mollis</i> (O. Pickard-Cambridge, 1871)					5	4	9	0.2	9	0.2	
<i>Erigone autumnalis</i> Emerton, 1882		1	1	0.1	4	4	8	0.2	9	0.2	
<i>Pachygnatha degeeri</i> Sundevall, 1830	2		2	0.2	3	3	6	0.2	8	0.2	
<i>Ceratinella brevis</i> (Wider, 1834)	2		2	0.2	5		5	0.1	7	0.1	
<i>Clubiona stagnatilis</i> Kulczyński, 1897					1	5	6	0.2	6	0.1	
<i>Walckenaeria atrotilialis</i> (O. Pickard-Cambridge, 1878)	3		3	0.3	1	2	3	0.1	6	0.1	
<i>Dolomedes plantarius</i> (Clerck, 1757)					3	2	5	0.1	5	0.1	
<i>Tenuiphantes tenuis</i> (Blackwall, 1852)					3	1	4	0.1	4	0.1	
<i>Xysticus ulmi</i> (Hahn, 1831)	3		3	0.3		1	1	0.0	4	0.1	
<i>Dolomedes limbriatus</i> (Clerck, 1757)					1	2	3	0.1	3	0.1	
<i>Piratula hygrophila</i> (Thorell, 1872)		1	1	0.1		2	2	0.1	3	0.1	
<i>Xerolycosa miniata</i> (C.L. Koch, 1834)					2	1	3	0.1	3	0.1	
<i>Xysticus kochi</i> Thorell, 1872						3	3	0.1	3	0.1	
<i>Bathyphantes nigrinus</i> (Westring, 1851)	2		2	0.2					2	0.0	
<i>Cnephalocotes obscurus</i> (Blackwall, 1834)						2	2	0.1	2	0.0	
<i>Drassyllus pusillus</i> (C.L. Koch, 1833)						2	2	0.1	2	0.0	
<i>Erigone atra</i> Blackwall, 1833	1	1	2	0.2					2	0.0	
<i>Metopobactrus nadiği</i> Thaler, 1976					2		2	0.1	2	0.0	
<i>Nematogmus sanguinolentus</i> (Walckenaer, 1841)						2	2	0.1	2	0.0	
<i>Oedothorax fuscus</i> (Blackwall, 1834)					2		2	0.1	2	0.0	
<i>Pardosa agrestis</i> (Westring, 1861)						2	2	0.1	2	0.0	
<i>Pardosa palustris</i> (Linnaeus, 1758)						2	2	0.1	2	0.0	
<i>Porhomma pygmaeum</i> (Blackwall, 1834)					1	1	2	0.1	2	0.0	
<i>Walckenaeria nudipalpis</i> (Westring, 1851)					2		2	0.1	2	0.0	
<i>Agyneta affinis</i> (Kulczyński, 1898)	1		1	0.1					1	0.0	
<i>Argyroneta aquatica</i> (Clerck, 1757)		1	1	0.1					1	0.0	
<i>Bathyphantes setiger</i> F.O. Pickard-Cambridge, 1894					1		1	0.0	1	0.0	
<i>Clubiona pallidula</i> (Clerck, 1757)						1	1	0.0	1	0.0	
<i>Diplostyla concolor</i> (Wider, 1834)					1		1	0.0	1	0.0	
<i>Enoplognatha caricis</i> (Fickert, 1876)						1	1	0.0	1	0.0	
<i>Mendoza canestrinii</i> (Ninni, 1868)		1	1	0.1					1	0.0	
<i>Myrmarachne formicaria</i> (De Geer, 1778)		1	1	0.1					1	0.0	
<i>Neriere clathrata</i> (Sundevall, 1830)					1		1	0.0	1	0.0	
<i>Peponocranium orbiculatum</i> (O. Pickard-Cambridge, 1882)						1	1	0.0	1	0.0	
<i>Pirata piscatorius</i> (Clerck, 1757)		1	1	0.1					1	0.0	
<i>Psammittis ninnii</i> (Thorell, 1872)						1	1	0.0	1	0.0	
<i>Tetragnatha extensa</i> (Linnaeus, 1758)		1	1	0.1					1	0.0	
<i>Tetragnatha striata</i> L. Koch, 1862					1		1	0.0	1	0.0	
<i>Walckenaeria mitrata</i> (Menge, 1868)					1		1	0.0	1	0.0	
Totale complessivo del numero di individui	693	373	1066		2156	1555	3711		4777		
Ricchezza specifica	26	24	34		38	42	52		59		
Indice di Shannon (H')	2.47	2.37			2.5	2.64					
Equitabilità (J)	0.77	0.75			0.69	0.71					

Appendice 3: Lista delle specie di carabidi campionati nelle paludi aperte delle Bolle di Magadino nei periodi 1999-2000 e 2020-2021 ordinati per “Totale complessivo” e “% complessiva”. Sono dati: il numero di individui catturati nei vari anni, i totali biennali, il totale complessivo e le abbondanze relative. Sono indicati il grado di minaccia secondo la Lista Rossa, LR (Chittaro et al. 2024), le specie prioritarie a livello nazionale, SPN (UFAM 2019), e le specie ritenute stenoece per le Bolle di Magadino (Pierallini & Patocchi 2001).

Specie	Campionamento 1999-2000				Campionamento 2020-2021				Totale complessivo	% complessiva	LR 2024	SPN	Specie stenoece per le Bolle
	Individui 1999	Individui 2000	Totale 1999-2000	% 1999-2000	Individui 2020	Individui 2021	Totale 2020-2021	% 2020-2021					
<i>Oodes helopioides helopioides</i> (Fabricius, 1792)	320	183	503	26.4	313	308	621	49.0	1124	35.4	NT	X	X
<i>Carabus granulatus</i> Linnaeus, 1758	317	164	481	25.2	27	21	48	3.8	529	16.7	LC		X
<i>Poecilus versicolor</i> (Sturm, 1824)	155	30	185	9.7	15	5	20	1.6	205	6.5	LC		
<i>Pterostichus vernalis</i> (Panzer, 1796)	32	24	56	2.9	74	37	111	8.8	167	5.3	LC		X
<i>Dyschirius globosus</i> (Herbst, 1784)	54	51	105	5.5	22	30	52	4.1	157	4.9	LC		X
<i>Harpalus rufipes</i> (De Geer, 1774)	92	32	124	6.5	17	2	19	1.5	143	4.5	LC		
<i>Amara communis</i> (Panzer, 1797)	81	11	92	4.8	4	2	6	0.5	98	3.1	LC		
<i>Bembidion properans</i> (Stephens, 1828)		3	3	0.2	11	58	69	5.4	72	2.3	LC		
<i>Chlaenius tristis tristis</i> (Schaller, 1783)	19	4	23	1.2	32	15	47	3.7	70	2.2	EN	X	X
<i>Bembidion lampros</i> (Herbst, 1784)					7	50	57	4.5	57	1.8	LC		
<i>Harpalus luteicornis</i> (Duftschmid, 1812)	52	3	55	2.9					55	1.7	NT		X
<i>Agonum versutum</i> Sturm, 1824		4	4	0.2	36	14	50	3.9	54	1.7	VU	X	X
<i>Anisodactylus binotatus</i> (Fabricius, 1787)	2	26	28	1.5	13	5	18	1.4	46	1.4	LC		
<i>Agonum viduum</i> (Panzer, 1796)	38	7	45	2.4					45	1.4	LC		X
<i>Stenolophus teutonius</i> (Schränk, 1781)		37	37	1.9	2		2	0.2	39	1.2	LC		
<i>Pterostichus niger niger</i> (Schaller, 1783)	33		33	1.7	1	2	3	0.2	36	1.1	LC		
<i>Clivina collaris</i> (Herbst, 1784)	11	14	25	1.3	3	2	5	0.4	30	0.9	LC		
<i>Agonum lugens</i> (Duftschmid, 1812)					17	7	24	1.9	24	0.8	EN	X	
<i>Pterostichus strenuus</i> (Panzer, 1796)	12	7	19	1.0	1	1	2	0.2	21	0.7	LC	X	
<i>Pterostichus oenotrius</i> Ravizza, 1975	9	4	13	0.7	4	3	7	0.6	20	0.6	VU	X	X
<i>Chlaenius nitidulus</i> (Schränk, 1781)	12	3	15	0.8	3	1	4	0.3	19	0.6	EN		
<i>Pterostichus nigrita nigrita</i> (Paykull, 1790)	14	4	18	0.9					18	0.6	LC		X
<i>Amara aenea</i> (De Geer, 1774)		1	1	0.1	6	10	16	1.3	17	0.5	LC		
<i>Poecilus cupreus cupreus</i> (Linnaeus, 1758)	2	1	3	0.2	4	8	12	0.9	15	0.5	LC		
<i>Acupalpus dubius</i> Schilsky, 1888	5	1	6	0.3	6	2	8	0.6	14	0.4	VU		X
<i>Diachromus germanus</i> (Linnaeus, 1758)		9	9	0.5	1		1	0.1	10	0.3	LC		
<i>Bembidion quadrimaculatum quadrimaculatum</i> (Linnaeus, 1769)	1	1	2	0.1	3	3	6	0.5	8	0.3	LC		
<i>Agonum muelleri</i> (Herbst, 1784)	1	3	4	0.2	1	2	3	0.2	7	0.2	LC		
<i>Agonum sexpunctatum</i> (Linnaeus, 1758)	1		1	0.1	3	3	6	0.5	7	0.2	LC		
<i>Harpalus griseus</i> (Panzer, 1796)					6	1	7	0.6	7	0.2	LC		
<i>Notiophilus substriatus</i> G.R. Waterhouse, 1833						7	7	0.6	7	0.2	EN	X	
<i>Tachys micros</i> (Fischer von Waldheim, 1828)	1		1	0.1	4	2	6	0.5	7	0.2	VU		
<i>Cylindera germanica germanica</i> (Linnaeus, 1758)					6		6	0.5	6	0.2	VU	X	
<i>Loricera pilicornis pilicornis</i> (Fabricius, 1775)	5		5	0.3					5	0.2	LC		
<i>Badister sodalis</i> (Duftschmid, 1812)	1	2	3	0.2	1		1	0.1	4	0.1	LC		
<i>Agonum thoreyi</i> Dejean, 1828					3		3	0.2	3	0.1	NT		
<i>Amara similata</i> (Gyllenhal, 1810)					3		3	0.2	3	0.1	LC		
<i>Badister dilatatus</i> Chaudoir, 1837	1		1	0.1	2		2	0.2	3	0.1	NT	X	
<i>Microlestes minutulus</i> (Goeze, 1777)					1	2	3	0.2	3	0.1	LC		
<i>Amara ovata</i> (Fabricius, 1792)		2	2	0.1					2	0.1	LC		
<i>Badister peltatus</i> aggr.					1	1	2	0.2	2	0.1	-		
<i>Limodromus assimilis</i> (Paykull, 1790)		2	2	0.1					2	0.1	LC		
<i>Agonum micans</i> (Nicolai, 1822)	1		1	0.1					1	0.0	LC		
<i>Amara lucida</i> (Duftschmid, 1812)					1		1	0.1	1	0.0	NT		
<i>Anisodactylus nemorivagus</i> (Duftschmid, 1812)					1		1	0.1	1	0.0	NT		
<i>Anisodactylus signatus</i> (Panzer, 1796)						1	1	0.1	1	0.0	LC		
<i>Blemus discus discus</i> (Fabricius, 1792)	1		1	0.1					1	0.0	NT		
<i>Chlaenius spoliatus spoliatus</i> (P. Rossi, 1792)					1		1	0.1	1	0.0	CR		
<i>Dyschirius aeneus aeneus</i> (Dejean, 1825)						1	1	0.1	1	0.0	NT		
<i>Harpalus affinis</i> (Schränk, 1781)		1	1	0.1					1	0.0	LC		
<i>Harpalus rubripes</i> (Duftschmid, 1812)						1	1	0.1	1	0.0	LC		
<i>Nebria brevicollis</i> (Fabricius, 1792)						1	1	0.1	1	0.0	LC		
<i>Odacantha melanura</i> (Linnaeus, 1767)						1	1	0.1	1	0.0	EN	X	
<i>Oxytelus obscurus</i> (Herbst, 1784)						1	1	0.1	1	0.0	NT		
<i>Stenolophus marginatus</i> Dejean, 1829					1		1	0.1	1	0.0	LC		
<i>Tachyura parvula</i> (Dejean, 1831)					1		1	0.1	1	0.0	LC		
Totale complessivo del numero di individui	1273	634	1907		658	610	1268		3175				
Ricchezza specifica	28	29	35		40	35	47		56				
Indice di Shannon (H)	2.26	2.28			2.22	2.02							
Equitabilità (J)	0.68	0.68			0.6	0.57							

Note faunistiche sui ragni (Arachnida, Araneae) delle Bolle di Magadino, con dati nuovi per il Cantone Ticino, Svizzera

Filippo Milano^{1*} & Nicola Patocchi²

¹ Via alle Brughette 15B, 6918 Figino, Svizzera

² Fondazione Bolle di Magadino, Vicolo Forte Olimpo 3, 6573 Magadino, Svizzera

* filippo.milano.77@gmail.com

Redattore di riferimento: Marco Moretti

Riassunto: Nell'ambito di una serie di monitoraggi condotti nel corso di più anni negli ambienti palustri delle Bolle di Magadino (Cantone Ticino, Svizzera), sono state raccolte diverse specie di ragni (Arachnida, Araneae). Nel presente studio viene discusso in dettaglio il ritrovamento di *Dolomedes plantarius*, specie considerata vulnerabile secondo la Lista Rossa della IUCN, *Hypososinga heri*, *Micaria micans*, *Porrhoclubiona leucaspis* e *Tetragnatha striata*. Si tratta di specie di particolare interesse faunistico che costituiscono nuove segnalazioni per il Cantone Ticino. Vengono riportate indicazioni sull'ecologia e la distribuzione delle specie, e alcune considerazioni sul loro valore dal punto di vista conservazionistico.

Parole chiave: aree umide, *Dolomedes plantarius*, Lista Rossa, paludi, riserva naturale, trappole a emergenza, trappole a caduta, trappole Barber

Faunistic notes on the spiders (Arachnida, Araneae) of the Bolle di Magadino, with new records for the Canton of Ticino, Switzerland

Abstract: As part of a series of monitoring conducted over several years in the wetlands of the Bolle di Magadino (Canton of Ticino, Switzerland), several spider species (Arachnida, Araneae) were collected. In this paper, the records of *Dolomedes plantarius*, which is classified as vulnerable on the IUCN Red List, *Hypososinga heri*, *Micaria micans*, *Porrhoclubiona leucaspis*, and *Tetragnatha striata*, are discussed in detail. These species are of particular faunistic interest, and represent new records for the Canton of Ticino. Information on the species' ecology and distribution, along with some considerations on their conservation value, is also provided.

Keywords: Barber traps, *Dolomedes plantarius*, emergence traps, marshes, nature reserve, pitfall traps, Red List, wetlands

INTRODUZIONE

La riserva naturale delle Bolle di Magadino costituisce uno dei rari esempi in Europa di ecosistemi deltiizi prossimi allo stato naturale (Fondazione Bolle di Magadino 2001). In un'estensione relativamente limitata, pari a circa 660 ettari, si alternano diverse tipologie di ambienti naturali, in un mosaico dinamico che ospita un'elevata ricchezza di specie.

Le zone umide, in virtù della loro complessità strutturale, dei numerosi microhabitat e della loro grande produttività, sono ambienti elettivi per molte specie di ragni. Molte di queste specie sono considerate rare o minacciate di estinzione, e quindi di interesse per la conservazione.

Ad oggi, gli studi riguardanti i ragni delle Bolle di Magadino segnalano la presenza di 86 specie (Pierallini & Patocchi 2001).

Una serie di monitoraggi condotti tra il 1998 e il 2022 con lo scopo di indagare le comunità di invertebrati degli ambienti palustri, ha permesso di estendere le conoscenze sui ragni presenti nelle Bolle. Alcuni di que-

sti rilievi fanno parte del progetto di censimento degli artropodi degli ambienti umidi del Lago Maggiore condotto dalla Fondazione Bolle di Magadino (FBM), volto a monitorare le comunità di invertebrati a larva edafica, quali indicatori di produttività degli ambienti palustri, in relazione alle fluttuazioni del livello del lago (Giollo et al. 2024).

Il presente lavoro illustra in dettaglio il ritrovamento di alcune specie di ragni di particolare interesse faunistico che costituiscono nuove segnalazioni per il Cantone Ticino.

MATERIALI E METODI

Le raccolte sono state effettuate in anni diversi tra il 1998 e il 2022, in periodi compresi tra aprile e ottobre, per mezzo di trappole a caduta (Barber) e trappole a emergenza (fotoelettro).

Le trappole a caduta, costituite da recipienti di plastica con diametro all'imboccatura di 8 cm e profondità di 12 cm, sono state riempite con una soluzione di ac-

qua (80%) e glicole etilenico (20%) o formolo al 3%. Le trappole a emergenza, costituite da una struttura piramidale in rete a maglia fine con base quadrata metallica, recano alla sommità un collettore per la raccolta del materiale contenente una soluzione di acqua (80%) e glicole etilenico (20%). Le due tipologie di trappole sono state collocate nelle stesse stazioni, ma sono state operative in anni diversi. Nello specifico, nei periodi 1999-2000 e 2020-2021 i campionamenti sono stati realizzati con trappole a caduta, mentre nei periodi 1998, 2003-2004 e 2021-2022 con fotoelettroli. Per informazioni più dettagliate sui periodi delle campagne di monitoraggio e sulle tecniche adottate, si rimanda ai lavori di Pierallini & Patocchi (2001), Pollini (2003; 2010) e Giollo et al. (2024),

Nel corso dei diversi anni sono state investigate 19 stazioni, distribuite in una fascia altitudinale compresa tra 193 e 194.5 metri sul livello del mare.

Le tipologie di ambienti interessate dai rilievi variavano da cariceti e parvocariceti, a pseudocanneti con grandi carici, a megaforbieti. Non sono stati indagati ambienti boscati o cespugliati, limitando le ricerche alle sole aree palustri aperte. Una descrizione della vegetazione palustre delle Bolle è contenuta in Patocchi et al. (2014) e Hartitz et al. (2017).

Tutti gli esemplari oggetto del presente contributo sono depositati nella collezione del Museo cantonale di storia naturale a Lugano.

La distribuzione delle specie qui trattate fa riferimento a quanto riportato in *Spiders of Europe* (Nentwig et al.

2025). Per la distribuzione in Svizzera, si fa riferimento a Maurer & Hänggi (1990) e Hänggi & Stäubli (2012), mentre per la distribuzione sul territorio italiano limitrofo al Cantone Ticino si fa riferimento al Catalogo dei ragni italiani *Araneae.it* (Pantini & Isaia 2019).

Le coordinate riportate nelle segnalazioni seguono il sistema di riferimento geodetico svizzero (CH 1903+/LV95).

RISULTATI E DISCUSSIONE

Dolomedes plantarius (Clerck, 1757) –

Dolomedidae (Fig. 1A, B)

Locarno, Bolette, Piattono, cariceto denso, staz. 4, 2°709'904/1°112'280, 193.9 m, 3 ♂♂, 10.07–13.07.2020, leg. FBM, trappola Barber, GBIFCH01407787; stessa località, 1 ♂, 15.06–18.06.2021, leg. FBM, trappola Barber, GBIFCH01408054; Locarno, Bo Grasso, Bolle settentrionali, parvocariceto e cariceto denso, staz. 13, 2°709'661/1°113'491, 193.6 m, 1 ♂, 15.06–18.06.2021, leg. FBM, trappola Barber, GBIFCH01408055.

Dolomedes plantarius è una specie semi-acquatica, strettamente legata agli ambienti umidi e all'acqua in generale per molti aspetti della sua biologia, dalla nutrizione alla riproduzione. Questa specie si osserva lungo le rive di corsi d'acqua, canali, stagni, in acquitrini e paludi, dove caccia sulla superficie dell'acqua o tra la vegetazione ripariale (Duffey 1995; Smith 2000). Sebbene presenti un'ampia distribuzione paleartica, le popolazioni sono



Figura 1: *Dolomedes plantarius* maschio (A) e femmina (B) rinvenuti alle Bolle di Magadino. Le immagini non sono riprodotte alla stessa scala (foto A: L. Pollini Paltrinieri, foto B: Fondazione Bolle di Magadino).

localmente scarse e fortemente in declino in gran parte dell'areale (Milano et al. 2022). La specie ha inoltre una limitata capacità di dispersione, testimoniata dal fatto che le popolazioni siano generalmente molto isolate (Monsimet et al. 2022).

L'alterazione e la scomparsa degli ambienti umidi, unite all'isolamento degli habitat e all'inquinamento delle acque, hanno comportato una rapida e drammatica riduzione nella dimensione delle popolazioni, accentuata dalle ristrette esigenze ecologiche della specie (Milano et al. 2022). Per questo motivo, *D. plantarius* è la specie di ragno più citata dalle Liste Rosse nazionali e regionali e dai programmi di protezione in tutta Europa (Milano et al. 2021). Si tratta inoltre di una delle poche specie di ragno valutate dalla IUCN e iscritta dal 1996 in Lista Rossa nella categoria *Vulnerabile* (World Conservation Monitoring Centre 1996). L'aggiornamento della valutazione del rischio di estinzione di questa specie è attualmente in fase di revisione da parte della IUCN.

In Svizzera, questa specie era nota solo nel Canton Vaud (Maurer & Hänggi 1990; Duffey 1995), ed è stata recentemente segnalata a Versoix, presso la riserva naturale Les Douves nel Cantone Ginevra (Loria et al. 2024). Il rinvenimento alle Bolle di Magadino di diversi esemplari nei cariceti densi in località Piattone e nelle Bolle settentrionali, rappresenta quindi la terza segnalazione della specie in Svizzera, nonché la prima registrata in Cantone Ticino.

Questo dato, rilevante dal punto di vista faunistico e conservazionistico, non sorprende considerata l'elevata qualità ecologica degli ambienti umidi alle Bolle e vista anche la presenza della specie sulle sponde meridionali del lago Verbano, presso la riserva naturale del Fondo Toce (Leroy et al. 2013). È probabile che la distribuzione della specie sul territorio nazionale sia più estesa rispetto a quanto rilevato finora, seppur limitata

a zone umide planiziali in buone condizioni ecologiche. Nel Cantone Ginevra, la scoperta della specie ha comportato l'avvio di un piano d'azione volto alla ricerca di altri potenziali siti idonei alla specie, al monitoraggio delle popolazioni rinvenute e alla conservazione dei loro habitat (Loria et al. 2024).

***Hypsosinga heri* (Hahn, 1831) –
Araneidae (Fig. 2)**

Locarno, Bolette, Piattone, cariceto denso, staz. 3, 2°709'731 / 1°112'344, 193.7 m, 1 ♂, 30.06–11.07.2022, leg. FBM, trappola a emergenza, Progetto Bolle 'Non Target', GBIFCH01408331.

Specie ampiamente distribuita nel Palearctico (Nentwig et al. 2025) anche se osservata solo raramente (Almquist 1994). Strettamente legata agli ambienti umidi aperti, tesse tele orbicolari quasi orizzontali tra le canne e le alte erbe vicino agli specchi d'acqua (Wiehle 1931). Gli adulti si rinvencono solitamente a inizio estate (Nentwig et al. 2025).

In Svizzera è nota solo in un numero limitato di località isolate nei cantoni Argovia, Basilea, Sciaffusa e Zurigo (Maurer & Hänggi 1990), oltre che per alcune sporadiche segnalazioni in Svizzera romanda (info fauna 2025), sempre in canneti e tra la vegetazione erbacea ai margini di specchi e corsi d'acqua. L'esemplare rinvenuto alle Bolle di Magadino è stato raccolto in un cariceto a grandi carici, con presenza di *Phragmites* sparse. Nell'ambito dello stesso monitoraggio è stato rinvenuto anche un individuo femmina sulle sponde meridionali del Lago Verbano, presso le paludi di Sabbie d'Oro (provincia di Varese), all'interno di un canneto denso. La specie in provincia di Varese era già stata segnalata in Valtravaglia (Pavesi 1879) e Valganna (Baratelli 1996).

Per via della sua stretta relazione con gli ambienti acquatici, la specie è considerata a rischio di estinzione

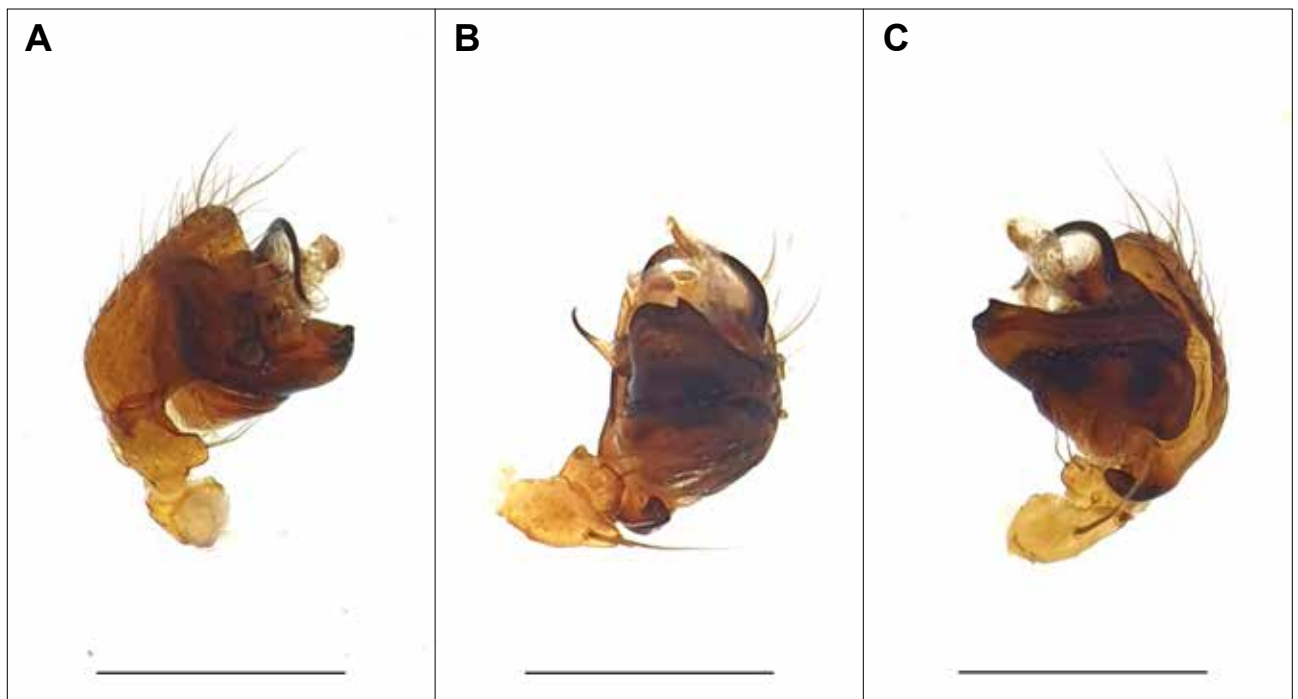


Figura 2: Pedipalpo sinistro di maschio di *Hypsosinga heri* raccolto alle Bolle di Magadino, in visione prolaterale (A), ventrale (B), retrolaterale (C). Scala: 0.5 mm (foto: F. Milano).

in diversi Paesi europei, come Belgio, Germania, Gran Bretagna, Repubblica Ceca e Svezia (Milano et al. 2021). Si ritiene infatti che variazioni nella gestione o alterazioni della struttura degli ambienti palustri possano arrecare un notevole disturbo a questa specie, fino a comportare l'estinzione locale delle popolazioni.

***Micaria micans* (Blackwall, 1858) – Gnaphosidae**

Locarno, Bolette, Piattono, cariceto, staz. 5, 2'709'974 / 1'112'234, 194.5 m, 1 ♀, 20.05–03.06.1998, leg. L. Pollini, trappola a emergenza, GBIFCH01407803; stessa località, 1 ♂, 24.06–07.07.1998, leg. L. Pollini, trappola a emergenza, GBIFCH01407804; Locarno, Bolette, Piattono, cariceto, staz. 6 F-L, 2'709'960 / 1'112'291, 194.1 m, 1 ♀, 14.06–25.06.2004, leg. FBM, trappola a emergenza, GBIFCH01407914; Locarno, Bolette, Piattono, megaforbie, staz. 5, 2'709'971 / 1'112'206, 194.4 m, 5 ♂♂, 4 ♀♀, 24.05–27.05.2020, leg. FBM, trappola Barber, GBIFCH01408053; Locarno, Bolette, Piattono, pseudocanneto, staz. 2, 2'709'827 / 1'112'154, 194 m, 1 ♂, 10.05–20.05.2021, leg. FBM, trappola a emergenza, Progetto Bolle 'Non Target', GBIFCH01408326; Locarno, Bolette, Piattono, megaforbie, staz. 6, 2'709'954 / 1'112'257, 194.2 m, 1 ♀, 01.07–12.07.2021, leg. FBM, trappola a emergenza, Progetto Bolle 'Non Target', GBIFCH01408327; stessa località, 1 ♀, 22.07–02.08.2021, leg. FBM, trappola a emergenza, Progetto Bolle 'Non Target', GBIFCH01408328; stessa località, 5 ♀♀, 02.08–12.08.2021, leg. FBM, trappola a emergenza, Progetto Bolle 'Non Target', GBIFCH01408329; stessa località, 1 ♂, 30.06–11.07.2022, leg. FBM, trappola a emergenza, Progetto Bolle 'Non Target', GBIFCH01408330.

Micaria micans ha un areale che si estende dall'Europa all'Asia Centrale (Nentwig et al. 2025). Specie mirmeomorfa, come tutti i rappresentanti del genere *Micaria*, è un predatore diurno che caccia spostandosi rapidamente su suoli soleggiati. Di difficile identificazione, complice anche l'elevata variabilità morfologica degli individui, appare molto simile alla specie gemella *M. pulicaria* (Sundevall, 1831) con cui è presente in simpatia in ampie porzioni dell'areale. Da questa differisce lievemente nella morfologia dei caratteri genitali e per la presenza di strie nere longitudinali sui femori del quarto paio di arti, assenti invece in *M. pulicaria* (Muster & Michalik 2020).

Numerosi individui sono stati raccolti alle Bolle di Magadino in diversi ambienti in località Piattono presso una formazione a *Phragmites* molto densa, in un cariceto e in un megaforbieto.

La mancanza di dati pregressi di questa specie in Cantone Ticino è verosimilmente da imputare alla recente rimozione dalla sinonimia con *M. pulicaria* (Muster & Michalik 2020). Sembra plausibile quindi che molti dati di *M. pulicaria* siano in realtà riferibili a *M. micans*.

***Porrhoclubiona leucaspis* (Simon, 1932) – Clubionidae**

Locarno, Bolette, Piattono, pseudocanneto, 1 ♂, staz. 2, 2'709'827 / 1'112'154, 194 m, 20.04–29.04.2022,

leg. FBM, trappola a emergenza, Progetto Bolle 'Non Target', GBIFCH01408332.

Specie termofila corticicola, *P. leucaspis* è originaria delle regioni affacciate sul Mediterraneo occidentale (Bosmans et al. 2017). La sua distribuzione è considerata in espansione verso nord-est, dove la specie è stata recentemente osservata in Austria, Germania (Lemke 2018), Belgio (Van Keer & Van Keer 2006), Paesi Bassi (Noordijk 2022), Balcani (Lecigne 2013; van Helsdingen & Ijland 2015) e Gran Bretagna (Denton 2016). Si osserva generalmente sul tronco e nella chioma degli alberi, solitamente di *Pinus* sp. e *Quercus* sp. (Horváth et al. 2005; Van Keer & Van Keer 2006; Noordijk 2022), ma è stata raccolta anche al suolo tra la vegetazione e tra i detriti (Simon 1932; Bosmans et al. 2017). In inverno, si rinviene sotto le cortecce (Simon 1932). Nelle regioni meridionali del suo areale è abbondante negli agrumeti (Di Franco 1993; Ijland & van Helsdingen 2016). In Gran Bretagna, dove è considerata introdotta, la specie è stata trovata in cespugli ornamentali ai piedi di esemplari di *Pinus nigra* e altri arbusti esotici, in una zona fortemente antropizzata (Denton 2016).

In Svizzera, la specie è stata finora segnalata solo nel Cantone Ginevra da esemplari raccolti in giardini e parchi urbani dove erano stati piantati diversi alberi ornamentali, tra cui conifere, portando a suggerire una sua possibile introduzione tramite il commercio di piante ornamentali (Loria 2023). Questa tipologia di vettore è stata più volte segnalata per i ragni (Hänggi & Stäubli 2012; Bauer et al. 2019; Isaia et al. 2019; Bauer & Wendt 2022; Henrard, 2023), con un aumento dell'entità del fenomeno negli ultimi anni (Nentwig 2015). I ritrovamenti nel Cantone Ginevra potrebbero anche essere legati all'espansione dell'areale della specie verso nord-est indotta dal riscaldamento climatico (Loria 2023), come già suggerito per esemplari trovati in Germania (Lemke 2018). Loria (2023) ipotizza in alternativa che la specie possa essere presente naturalmente sul territorio svizzero, e che la mancanza di segnalazioni sia da attribuire a errori di identificazione. Diversi autori hanno infatti suggerito che la somiglianza morfologica dei genitali con *P. genevensis* (L. Koch, 1866), maggiormente legata ad habitat xerici e sabbiosi, possa essere alla base di possibili confusioni tra le due specie (Malten 1994; Szinetár & Horváth 2005; Lemke 2018). L'individuo delle Bolle di Magadino è stato raccolto da una trappola a emergenza posizionata in una formazione densa a *Phragmites*, in località Piattono. Il contesto naturale di questo ritrovamento, difficilmente compatibile con un'introduzione mediata da piante ornamentali, suggerisce che la segnalazione della specie alle Bolle di Magadino possa essere piuttosto legata all'espansione del suo areale legata al clima. Tuttavia, non si esclude che possa trattarsi di una specie autoctona finora mai segnalata. La peculiare ecologia di questa specie e la mancanza di approfondite indagini incentrate sugli habitat arboricoli, spiegherebbero il fatto che non sia stata rilevata in precedenza. In mancanza di altre segnalazioni, lo stato di autoctonia di questa specie in Svizzera rimane incerto.

***Tetragnatha striata* L. Koch, 1862 –**

Tetragnathidae (Fig. 3)

Locarno, Bolla Rossa, lago, staz. B3, 2°709'500 / 1°113'160, 193 m, 1 ♂, 25.06–06.07.2004, leg. FBM, trappola a emergenza, Progetto Bolle 'Non Target', GBIFCH01407912.

Nonostante l'ampia distribuzione che si estende dall'Europa occidentale fino alla Siberia meridionale (Nentwig et al. 2025), *T. striata* ha una presenza sul territorio molto frammentata, complice anche la difficoltà nell'osservarla. Questa specie è infatti strettamente legata agli ambienti palustri, dove si rinviene sulla vegetazione di riva, in particolare nei canneti a *Phragmites* in prossimità di grandi specchi d'acqua, dove gli individui costruiscono tele orbicolari sul lato rivolto verso l'acqua, e rimangono nascosti nelle immediate vicinanze, al riparo tra le guaine fogliari e gli steli di *Phragmites* (Wiehle 1939; Harvey et al. 2002). Gli adulti sono presenti da aprile-maggio fino a settembre-ottobre (Nentwig et al. 2025).

In Svizzera la specie è nota finora nei cantoni di Basilea, Berna, San Gallo e Sciaffusa (Maurer & Hänggi 1990). Alle Bolle di Magadino è stato raccolto un individuo maschio da una trappola a emergenza posta in acqua a diverse decine di metri dalla riva, in località Bolla Rossa. Il ritrovamento di un individuo così lontano dalla riva è verosimilmente legato alla capacità delle specie del genere *Tetragnatha* di muoversi agilmente sulla superficie dell'acqua (Suter et al. 2003).

La frammentazione del suo areale e le minacce alle quali sono sottoposti gli habitat umidi, hanno portato diversi Paesi europei a elencare *T. striata* tra le specie a rischio di estinzione (Milano et al. 2021).

CONCLUSIONI

Le nuove segnalazioni riportate in questo studio permettono di accrescere il numero di specie conosciute per il Cantone Ticino, e in particolare di ampliare le conoscenze sulla fauna araneologica della riserva naturale delle Bolle di Magadino.

Il ritrovamento di specie rare e strettamente associate agli ambienti umidi come *Dolomedes plantarius*, *Hypsosinga heri* e *Tetragnatha striata*, considerate a rischio di estinzione in diversi Paesi (Milano et al. 2021), evidenzia il ruolo che le Bolle rivestono dal punto di vista della conservazione della biodiversità, sia a livello regionale che internazionale, come logico aspettarsi vista la rarità sul territorio di ambienti simili.

In particolare per *D. plantarius*, le Bolle di Magadino potrebbero costituire un importante sito di rifugio. Questa specie è in declino in gran parte del suo areale e per questo è considerata vulnerabile dalla Lista Rossa della IUCN (World Conservation Monitoring Centre 1996) e oggetto di vari programmi di conservazione in molti Paesi (Milano et al. 2021). L'effetto barriera rappresentato dalla catena alpina, che impedisce il flusso

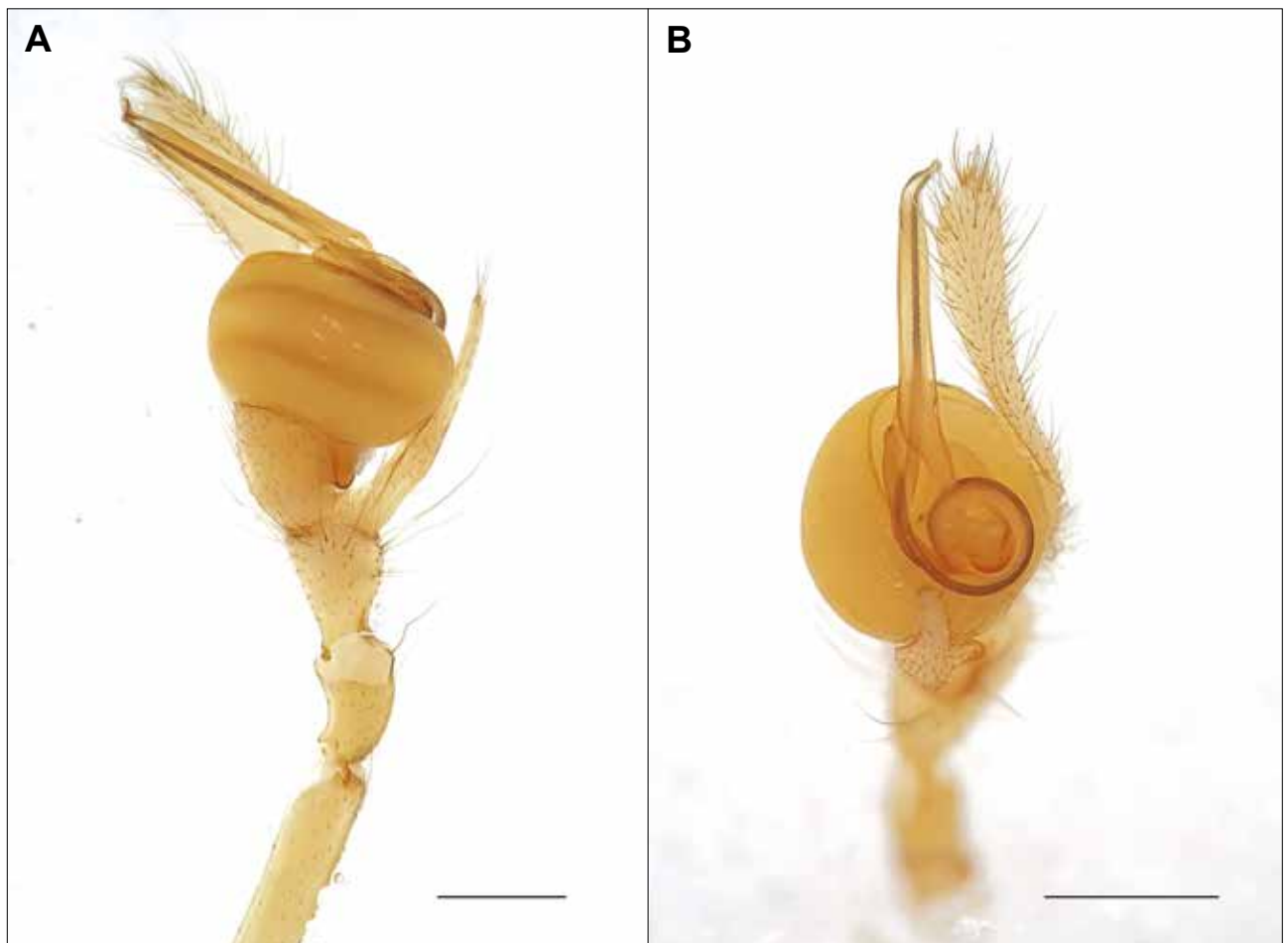


Figura 3: Pedipalpo sinistro di maschio di *Tetragnatha striata* raccolto alle Bolle di Magadino in visione retroterale (A) e dettaglio di embolo e conductor (B). Scala: 0.5 mm (foto: F. Milano).

genico con le popolazioni settentrionali, e il continuo declino delle aree umide planiziali, con conseguente frammentazione e isolamento delle popolazioni, aumenta ulteriormente il rischio di estinzione locale di questa specie a sud delle Alpi (Milano et al. 2022). La protezione e gestione di aree umide permanenti in buono stato ecologico e connesse a una rete di habitat idonei, appare quindi essenziale per il mantenimento di popolazioni stabili e vitali. Da questo punto di vista, le Bolle di Magadino rivestono quindi un ruolo rilevante nella conservazione di questa specie, e in particolare delle popolazioni presenti a sud della catena alpina. La sensibilità della specie alla qualità dell'habitat e alla struttura della vegetazione ripariale emergente (Monsi-met et al. 2022) è indicativa dello stato di integrità dei biotopi alle Bolle di Magadino. Il rinvenimento di *D. plantarius* si aggiunge alla precedente segnalazione alle Bolle di *Argyroseta aquatica* (Clerck, 1757) (Pierallini & Patocchi 2006), specie anch'essa di interesse conservazionistico e indicatore di ambienti palustri di elevata qualità ecologica (Mammola et al. 2016).

Le zone umide delle Bolle si confermano, pertanto, come un prezioso serbatoio di biodiversità, rifugio per specie rare e specializzate che trovano nella riserva ambienti indisturbati e prossimi allo stato naturale. Rimane tuttavia la sfida di conservare l'elevata qualità ecologica di questi habitat nel tempo, anche a fronte degli impatti attesi nel prossimo futuro, quali ad esempio l'innalzamento dei livelli medi del lago Verbano (Inderwildi & Salvetti 2020) e i cambiamenti nel clima. Sarebbero necessari studi approfonditi per valutare il livello di presenza di queste specie nella riserva e indagini regolari per monitorare nel tempo lo stato di salute delle popolazioni.

È interessante infine notare come alcuni dei nuovi ritrovamenti riguardino specie orbitele, ossia tessitrici di tele orbicolari (*Hypsosinga heri*, *Tetragnatha striata*), o corticicole, che vivono cioè generalmente sulla corteccia e sul tronco degli alberi (*Porrhoclubiona leucaspis*). Queste specie conducono la maggior parte del loro ciclo vitale tra la vegetazione, e vengono quindi raramente catturate mediante trappole a caduta. L'integrazione di tecniche di monitoraggio alternative a quelle generalmente adottate per il campionamento dei ragni, permetterebbe di ampliare il ventaglio di microhabitat indagati, contribuendo ad accrescere il novero di specie note per il territorio.

RINGRAZIAMENTI

Si ringrazia Claudia Longhi (settore Gestione Aree Protette, Provincia di Varese) per l'autorizzazione a campionare nelle zone umide varesine. Un sentito ringraziamento va a Lorenzo Giollo per la sua preziosa collaborazione, a Lucia Pollini Paltrinieri per i dettagli riguardanti alcune stazioni di campionamento. Gli autori ringraziano Marco Moretti (redattore di riferimento) e Paolo Pantini (revisore esterno) per la revisione del manoscritto e per i preziosi commenti.

REFERENZE BIBLIOGRAFICHE

- Almquist S. 1994. Four species of spiders (Araneae) new to Sweden. *Entomologisk Tidskrift*, 115: 113-117.
- Baratelli D. 1996. Indagine sul popolamento araneologico della Valganna (Prealpi Varesine, Lombardia). *Atti della Società italiana di Scienze Naturali e del Museo civico di Storia naturale di Milano*, 136: 73-85.
- Bauer T., Feldmeier S., Krehenwinkel H., Wiczorrek C., Reiser N. & Breitling R. 2019. *Steatoda nobilis*, a false widow on the rise: a synthesis of past and current distribution trends. *NeoBiota*, 42: 19-43.
- Bauer T. & Wendt I. 2022. La araña toro, *Macrothele calpeiana*, repeatedly imported to Germany (Araneae: Macrothelidae). *Fragmenta entomologica*, 54: 69-72.
- Bosmans R., Henrard A., Benhalima S. & Kherbouche-Abrous O. 2017. The genus *Clubiona* Latreille, 1904 (Araneae: Clubionidae) in the Maghreb, with notes on the *genevensis* group and new records from the Mediterranean Region. *Zootaxa*, 4353: 1-28.
- Denton J. 2016. *Clubiona leucaspis* Simon, 1932 (Clubionidae) new to Britain in Surrey. *Newsletter of the British Arachnological Society*, 135: 5-6.
- Di Franco F. 1993. Nuovi dati su *Clubiona leucaspis* Simon, 1932 (Araneae, Clubionidae). *Animalia*, 20: 71-75.
- Duffey E. 1995. The distribution, status and habitats of *Dolomedes fimbriatus* (Clerck) and *D. plantarius* (Clerck) in Europe. In: Růžička, V. (Ed.), *Proceedings of the 15th European Colloquium of Arachnology*. Institute of Entomology, Ceske Budejovice, pp. 54-65.
- Fondazione Bolle di Magadino 2001. Contributo alla conoscenza delle Bolle di Magadino. FBM, pp. 270.
- Giollo L., Pollini Paltrinieri L. & Patocchi N. 2024. Produttività di ditteri a larva edafica (Diptera) negli ambienti palustri delle Bolle di Magadino (Cantone Ticino, Svizzera). *Bollettino della Società ticinese di Scienze naturali*, 112: 21-33.
- Hänggi A. & Stäubli A. 2012. Nachträge zum «Katalog der schweizerischen Spinnen» 4. Neunachweise von 2002 bis 2011. *Arachnologische Mitteilungen*, 44: 59-76.
- Harvey P.R., Nellist D.R. & Telfer M.G. 2002. *The Provisional atlas of British spiders*. Volumes 1 & 2. Huntingdon, Biological Records Centre.
- Henrard A. 2023. On some introduced species in Belgium: new spiders detected and new records. *Journal of the Belgian Arachnological Society*, 38: 71-83.
- Horváth R., Lengyel S., Szinetár C. & Jakab L. 2005. The effect of prey availability on spider assemblages on European black pine (*Pinus nigra*) bark: spatial patterns and guild structure. *Canadian Journal of Zoology*, 83: 324-335.
- Ijland S. & van Helsdingen P.J. 2016. On some spiders (Arachnida, Araneae) of Basilicata and Calabria, Italy. *Nieuwsbrief SPINED*, 36: 25-36.
- Inderwildi A. & Salvetti A. 2020. Schede sulla regolazione dei livelli lacustri: Regolazione del lago Maggiore. Ufficio federale dell'ambiente, Divisione Prevenzione dei pericoli. Berna, 2 pp.
- info fauna 2025. Données tabulaires, info fauna, Neuchâtel, Suisse. <https://lepus.infofauna.ch/tab> (ultima consultazione: 15.3.2025).

- Isaia M., Milano F., Pantini P. & Colli E.L. 2019. Segnalazioni faunistiche italiane. 619. *Macrothele calpeiana* (Walckenaer, 1805) (Araneae: Macrothelidae). Bollettino della Società entomologica italiana, 151: 141-142.
- Lecigne S. 2013. Contribution à l'inventaire aranéologique de Corfou (Grèce) (Arachnida, Araneae). Nieuwsbrief van de Belgische Arachnologische Vereniging, 28: 177-191.
- Lemke M. 2018. Erstnachweise von Spinnen und Weberknechten (Arachnida: Araneae, Opiliones) für Schleswig-Holstein seit 2010 mit Hinweisen zum Gefährdungsstatus. Arachnologische Mitteilungen: Arachnology Letters, 55: 10-21.
- Leroy B., Paschetta M., Canard A., Bakkenes M., Isaia M. & Ysnel F. 2013. First assessment of effects of global change on threatened spiders: Potential impacts on *Dolomedes plantarius* (Clerck) and its conservation plans. Biological Conservation, 161: 155-163.
- Loria P. 2023. Cinq premières et une deuxième mentions d'araignées pour la Suisse (Araneae). Entomo Helvetica, 16: 123-136.
- Loria P., Andriollo T. & Blanc M. 2024. Découverte d'une deuxième station suisse pour *Dolomedes plantarius* (Clerck, 1757) (Araneae: Pisauridae). Entomo Helvetica, 17: 235-240.
- Malten A. 1994. Fünf für Deutschland neue Spinnenarten: *Lepthyphantes midas*, *Neriene furtiva*, *Hahnina petrobia*, *Clubiona leucaspis*, *Diaea pictilis* (Araneae: Linyphiidae, Hahniidae, Clubionidae, Thomisidae). Arachnologische Mitteilungen, 8: 58-62.
- Mammola S., Cavalcante R. & Isaia M. 2016. Ecological preference of the diving bell spider *Argyroneta aquatica* in a resurgence of the Po plain (Northern Italy) (Araneae: Cybaeidae). Fragmenta Entomologica, 48: 9-16.
- Maurer R. & Hänggi A. 1990. Catalogue des araignées de Suisse. Documenta Faunistica Helvetiae 12. info fauna-CSCF, Neuchâtel, 412 pp.
- Milano F., Blick T., Cardoso P., Chatzaki M., Fukushima C.S., Gajdoš P., ... & Isaia M. 2021. Spider conservation in Europe: a review. Biological Conservation, 256: 109020.
- Milano F., Cardoso P., Mammola S., Smith H. & Isaia M. 2022. Trends in habitat suitability and conservation status of aquatic spiders in Europe. Biological Conservation, 275: 109767.
- Monsimet J., Pétilion J., Devineau O., Gardoni N., Bataillard L. & Lafage D. 2022. Contrasted propensity for waterborne and airborne dispersal between two closely related semi-aquatic spider species. Insect Conservation and Diversity, 15: 704-713.
- Muster C. & Michalik P. 2020. Cryptic diversity in ant-mimic *Micaria* spiders (Araneae, Gnaphosidae) and a tribute to early naturalists. Zoologica Scripta, 49: 197-209.
- Nentwig W. 2015. Introduction, establishment rate, pathways and impact of spiders alien to Europe. Biological Invasions, 17: 2757-2778.
- Nentwig W., Blick T., Bosmans R., Gloor D., Hänggi A. & Kropf C. 2025. Spiders of Europe. <https://www.araneae.nmbe.ch> (ultima consultazione: 10.3.2025).
- Noordijk J. 2022. Twee voor Nederland nieuwe spinnensoorten, *Porrhoclubiona leucaspis* en *Tuberta maerens*, gevangen in boomkronen (Araneae: Clubionidae, Cybaeidae) [Two new spider species for the Netherlands caught in the tree canopy, *Porrhoclubiona leucaspis* and *Tuberta maerens* (Araneae: Clubionidae, Cybaeidae)]. Nederlandse Faunistische Mededelingen, 59: 49-56.
- Pantini P. & Isaia M. 2019. Araneae.it: the online catalog of Italian spiders, with addenda on other arachnid orders occurring in Italy (Arachnida: Araneae, Opiliones, Palpigradi, Pseudoscorpionida, Scorpiones, Solifugae). Fragmenta Entomologica, 51: 127-152.
- Patocchi N., Greco G. & Meyer-Grass M. 2014. Monitoraggi floristici alle Bolle di Magadino. Tendenze evolutive delle associazioni palustri. Bollettino della Società ticinese di Scienze naturali, 102: 33-45.
- Pavesi P. 1879. Saggio di una fauna aracnologica del Varesotto. Atti della Società italiana di Scienze Naturali, Milano, 21: 789-817.
- Pierallini R. & Patocchi N. 2001. Valutazione degli effetti provocati dai livelli medi del lago Verbano sulle cenosi epigee degli ambienti aperti palustri delle Bolle di Magadino tramite l'analisi dei ragni (Araneae) e carabidi (Carabidae). Fondazione Bolle di Magadino, rapporto non pubblicato, 44 pp.
- Pierallini R. & Patocchi N. 2006. Monitoraggi faunistici alle Bolle di Magadino: Prima osservazione del ragno d'acqua (*Argyroneta aquatica*) nel cantone Ticino. Bollettino della Società ticinese di Scienze naturali, 94: 135-136.
- Pollini Palitrineri L. 2003. On the compatibility of Bt applications in natural ecosystems on Non Target organisms at the Bolle di Magadino, Ticino, Switzerland Periodo: 1998 - 2001. Fondazione Bolle di Magadino. Rapporto non pubblicato, pp. 31.
- Pollini Palitrineri L. 2010. Utilizzo del larvicida Bt in ecosistemi naturali ed effetti sulla fauna ditterologica non mirata (non target) nella riserva delle Bolle di Magadino (Ticino, Svizzera). Risultati delle campagne 2003-2004. Fondazione Bolle di Magadino. Rapporto non pubblicato, pp. 34.
- Simon E. 1932. Les arachnides de France. Synopsis générale et catalogue des espèces françaises de l'ordre des Araneae. Tome VI. 4e partie. Roret, Paris, pp. 773-978.
- Smith H. 2000. The status and conservation of the fen raft spider (*Dolomedes plantarius*) at Redgrave and Lopham Fen National Nature Reserve, England. Biological Conservation, 95: 153-164.
- Suter R.B., Stratton G.E. & Miller P.R. 2003. Water surface locomotion by spiders: distinct gaits in diverse families. Journal of Arachnology, 31: 428-432.
- Szinétár C. & Horváth R. 2005. A review of spiders on tree trunks in Europe (Araneae). Acta Zoologica Bulgarica, 1: 221-257.
- van Helsdingen P.J. & Ijland S. 2015. A quick scan of the spider fauna in the surroundings of Përmet, Albania (Arachnida, Araneae) - preliminary report. Nieuwsbrief SPINED, 35: 15-33.
- Van Keer K. & Van Keer J. 2006. The spiders (Araneae) of Antwerp inner city: faunistics and some reflections on ecology. Nieuwsbrief van de Belgische Arachnologische Vereniging, 20: 81-90.
- Wiehle H. 1931. Spinnentiere oder Arachnoidea. 27. Familie. Araneidae. Die Tierwelt Deutschlands, 23: 47-136.
- Wiehle H. 1939. Die einheimischen *Tetragnatha* Arten. Nova Acta Leopoldina, Abhandlungen der Kaiserlich Leopoldinisch-Carolinisch Deutschen Akademie der Naturforscher (N.F.), 6: 363-386.
- World Conservation Monitoring Centre 1996. *Dolomedes plantarius*. The IUCN Red List of Threatened Species 1996: e.T6790A12806270.

Aggiornamento dell'inventario dei gamberi d'acqua dolce del Cantone Ticino (Svizzera)

Nicole Santi¹, Mirko Zanini^{1*}, Christophe Molina² & Ivan Candolfi¹

¹ Maddalena & associati sagl, 6672 Gordevio, Svizzera

² Ufficio della caccia e della pesca, 6500 Bellinzona, Svizzera

* mirko.zanini@maddalenaassociati.ch

Redattore di riferimento: David Frey

Riassunto: Il Gambero di fiume italiano *Austropotamobius italicus* è l'unica specie di gambero indigeno presente nel Cantone Ticino, Svizzera. Il primo inventario dei gamberi d'acqua dolce del Cantone Ticino è stato allestito sulla base dei censimenti svolti tra il 1997 e il 2007. Per il suo aggiornamento tra il 2021 e il 2023 sono state visitate le 89 stazioni in cui erano presenti segnalazioni storiche o recenti di *A. italicus*, confermandone la presenza in 46 di queste (51,7%). Due delle tre popolazioni serbatoio di importanza nazionale sono purtroppo scomparse. Il Gambero di fiume italiano è minacciato da numerosi fattori e soffre in particolare dell'avvento delle specie di gamberi esotiche (*Procambarus clarkii*, *Pacifastacus leniusculus* e *Faxonius limosus*) e la conseguente diffusione dell'afanomicosi. L'aggiornamento dell'inventario cantonale è stato la base fondamentale per l'allestimento del Piano di Azione Specifico (PAS), un documento strategico che descrive la biologia, l'ecologia e la distribuzione delle specie astacicole presenti nel Cantone Ticino, identifica le minacce che gravano sulle popolazioni di *A. italicus* e propone le misure di conservazione.

Parole chiave: *Austropotamobius italicus*, conservazione, demografia, distribuzione, *Faxonius limosus*, *Pacifastacus leniusculus*, *Procambarus clarkii*

Update on the inventory of freshwater crayfish in the Canton of Ticino (Switzerland)

Abstract: The Italian crayfish *Austropotamobius italicus* represents the only indigenous species of crayfish found in the Canton of Ticino, Switzerland. The first freshwater crayfish inventory of the Canton of Ticino was compiled using data from a census conducted between 1997 and 2007. To update this inventory, 89 stations where there had been historical or recent reports of *A. italicus* were visited between 2021 and 2023, confirming its presence in 46 of them (51.7%). Unfortunately, two of the three source populations of national importance have disappeared. The Italian crayfish is threatened by many factors, particularly the introduction of exotic crayfish species (*Procambarus clarkii*, *Pacifastacus leniusculus* and *Faxonius limosus*), which has led to the spread of aphanomycosis. The update of the cantonal inventory formed the basis for a Conservation Action Plan. This strategic document provides a general overview of the biology, ecology and distribution of the crayfish species found in Canton Ticino. It also describes the known populations of *A. italicus* in detail and identifies the associated threats and conservation measures.

Keywords: *Austropotamobius italicus*, conservation, demography, distribution, *Faxonius limosus*, *Pacifastacus leniusculus*, *Procambarus clarkii*

INTRODUZIONE

Numerosi studi condotti a livello europeo mostrano a partire dal secolo scorso una situazione preoccupante per le specie indigene di gamberi d'acqua dolce su tutto il continente. A causa di numerosi fattori negativi, tra cui l'avvento di specie di gamberi esotiche e la diffusione dell'afanomicosi, le popolazioni superstiti sono spesso medio-piccole, frammentate e isolate (Holdich et al. 2010; Kouba et al. 2014).

In Svizzera sono documentate 4 specie indigene e 4 specie alloctone di gamberi di fiume (Tab. 1). L'unica specie indigena presente nel Cantone Ticino è il Gambero di fiume italiano *Austropotamobius italicus* (Fig. 1), considerata come specie fortemente minacciata (EN) secondo la Lista Rossa nazionale (Ufficio federale



Figura 1: Esemplare di *Austropotamobius italicus* osservato nel 2024 a S. Antonino.

dell'ambiente [UFAM] 2019) e quella internazionale (International Union for the Conservation of Nature [IUCN] 2010). La specie è presente anche nel Cantone Vallese e in alcune vallate del Cantone Grigioni, mentre nella parte più settentrionale della Svizzera viene sostituita dalla specie gemella, il Gambero di fiume dai piedi bianchi *A. pallipes*. La distinzione di queste due specie è avvenuta solo recentemente grazie ad approfondimenti di tipo genetico (Grandjean et al. 2000). Altre due specie indigene sono presenti esclusivamente al Nord delle Alpi: il Gambero di fiume dai piedi rossi (*Astacus astacus*) e il Gambero di torrente (*Austropotamobius torrentium*).

Per quanto riguarda le specie di gamberi esotiche presenti in Svizzera, il Gambero di fiume turco (*Astacus leptodactylus*) è originario del sud-est europeo, mentre le altre tre hanno origini nordamericane: il Gambero rosso della Louisiana (*Procambarus clarkii*), il Gambero dal segnale (*Pacifastacus leniusculus*) e il Gambero di fiume americano (*Faxonius limosus*).

Le tre specie neozoe d'origine nordamericana sono portatrici sane dell'afanomicosi causata dal fungo oomicete *Aphanomyces astaci* (Schikora 1906) responsabile della peste del gambero. Grazie ad un fenomeno di coevoluzione i decapodi nordamericani risultano in genere resistenti mentre il contagio delle specie europee ha quasi sempre esito letale in pochi giorni. La rapidità di diffusione e l'elevato tasso di mortalità (Alderman et al. 1987; Svoboda et al. 2016; Ufficio federale della sicurezza alimentare e di veterinaria [USAV] 2022) rendono l'afanomicosi una delle peggiori minacce per la conservazione dei gamberi indigeni di acqua dolce (Alderman 1996). Per questo essa è considerata un'epizoozia da combattere ed è soggetta all'obbligo di notifica in Svizzera (Legge federale sulle epizoozie [LFE 1966] e relativa Ordinanza federale sulle epizoozie [OFE 1995]). Inoltre, tutte le specie astacicole esotiche rappresentano una grave minaccia per la conservazione di *A. italicus*. Le caratteristiche biologiche ed ecologiche che le contraddistinguono conferiscono loro un vantaggio competitivo rispetto alla specie indigena: possiedono una capacità riproduttiva significativamente su-

periore (ad es. Nakata et al. 2004; McClay & Van den Brink 2016) così come una maggiore tolleranza agli inquinanti e un'ampia adattabilità a variazioni termiche (ad es. Aquiloni et al. 2005; Gherardi et al. 2006). Manifestano pure comportamenti aggressivi più marcati, sia intraspecifici (ad es. Figler et al. 1995; Pintor et al. 2009) che interspecifici (ad es. Sönderbäck 1991; Tierney et al. 2000). La letteratura scientifica evidenzia come queste specie rappresentino una minaccia per l'intero ecosistema acquatico riducendo sia la biomassa sia la biodiversità degli organismi acquatici, come per esempio libellule (Watanabe & Ohba 2022), anfibi (Cruz & Rebelo 2005; Bruni et al. 2016), pesci (Guan & Wiles 1997; Peay et al. 2009) e macrofite acquatiche (Gherardi & Acquistapace 2007).

Altre cause di declino delle popolazioni di gamberi autoctoni sono da ricercare nella distruzione e nel degrado degli ambienti naturali (ad es. artificializzazione dei corsi d'acqua, cambiamenti del regime idrico, gestione inadatta della vegetazione ripariale), negli inquinamenti chimici ed organici delle acque, nell'isolamento delle popolazioni, nella gestione ittica inadatta e nei cambiamenti climatici (ad es. Stucki & Zaugg 2006).

A seguito del forte declino in Europa delle popolazioni di tutti i gamberi indigeni, sono state allestite delle norme di protezione e di conservazione specifiche. In Svizzera lo statuto giuridico dei gamberi è regolato dalla Legge federale sulla pesca (LFSP) del 1991 e dalla relativa Ordinanza (OLFP) del 1993. In questi documenti per ogni specie indigena viene definito un grado di minaccia a livello nazionale (Tab. 1) e vengono regolati l'importazione, il trasporto e la manipolazione dei gamberi vivi. Per la conservazione di *A. italicus* in Svizzera è pure stato elaborato un Piano d'azione nazionale, che nel nostro Cantone identifica 3 stazioni di importanza nazionale per la sua tutela (Stucki & Zaugg 2006). I Cantoni hanno l'obbligo di attuare le misure necessarie affinché i biotopi che ospitano gamberi minacciati vengano preservati e sono tenuti ad elaborare degli inventari su scala cantonale.

L'elaborazione di un inventario permette di approfondire le conoscenze sulla distribuzione delle diverse

Tabella 1: Elenco delle specie di gamberi presenti in Svizzera e in Cantone Ticino. Grado di protezione secondo Ordinanza concernente la legge federale sulla pesca (OLFP) del 1993: 1 = in pericolo di estinzione, 2 = fortemente minacciato, 3 = minacciato/vulnerabile, E = protetto a livello europeo dalla Convenzione di Berna; LR, Lista rossa CH: VU = vulnerabile, EN = minacciato di estinzione; TI, specie presente nel Cantone Ticino: sì = presente, no = assente (si) = individui isolati osservati storicamente.

Nome scientifico	Nome vernacolare	Origine	Protezione	LR	TI
Specie indigene					
<i>Astacus astacus</i>	Gambero di fiume dai piedi rossi	Indigena	3, E	VU	no
<i>Austropotamobius italicus</i>	Gambero di fiume italiano	Indigena	1, E	EN	sì
<i>Austropotamobius pallipes</i>	Gambero di fiume dai piedi bianchi	Indigena	2, E	EN	no
<i>Austropotamobius torrentium</i>	Gambero di torrente	Indigena	2, E	EN	no
Specie esotiche					
<i>Astacus leptodactylus</i>	Gambero di fiume turco	Europa orientale			(si)
<i>Faxonius limosus</i>	Gambero di fiume americano	Nord America			sì
<i>Pacifastacus leniusculus</i>	Gambero dal segnale	Nord America			sì
<i>Procambarus clarkii</i>	Gambero rosso della Louisiana	Nord America			sì

specie e sui loro effettivi. Affinché l'inventario sia uno strumento gestionale efficace è necessario che venga mantenuto aggiornato nel tempo.

MATERIALI E METODI

Metodo di campionamento delle popolazioni

La definizione delle stazioni da visitare per l'aggiornamento dell'Inventario cantonale dei gamberi del Cantone Ticino è stata realizzata utilizzando come base i dati (storici e recenti) presenti nella banca dati di info fauna (stato 29.05.2020) e le osservazioni personali degli autori. Complessivamente sono così state selezionate 89 stazioni, localizzate a quote comprese tra 193 m s.l.m. e 828 m s.l.m.

I rilievi di campo sono stati effettuati tra il 2021 e il 2023, nei mesi compresi tra marzo e ottobre. Per ogni stazione sono stati censiti almeno 200 metri di corso d'acqua mediante ricerca visiva notturna al faro oppure almeno 100 metri di corso d'acqua mediante posa di nasse (tipo Pirat [Rapu-Rosvo[®], Parainen, Finlandia] per i corsi d'acqua e tipo LineaEffe [Lineaeffe, San Pietro in Casale Bologna, Italia] per stagni profondi e laghetti) in luoghi favorevoli. Come esca sono stati usati pesce bianco in decomposizione oppure crocchette per gatti al pesce. Tutte le stazioni sono state visitate almeno una volta. Il metodo della ricerca visiva notturna al faro fornisce dei buoni risultati lungo corsi d'acqua lenti o negli stagni poco profondi (meno di 50 cm), con pochi sedimenti sul fondale e facilmente accessibili. La tecnica di cattura mediante le nasse consente di censire anche i siti che non possono essere controllati visivamente a causa, per esempio, della torbidità dell'acqua, dell'inaccessibilità o della crescita esuberante della vegetazione acquatica.

Per evitare la potenziale diffusione dell'afanomicosi, al termine di ogni visita tutto il materiale entrato in contatto con l'acqua è stato sterilizzato con Virkon[®]S (Lanxess AG, Colonia, Germania), diluizione 15 mg/L, oppure lasciato essiccare al sole per almeno 1-2 giorni.

Misure morfometriche e stato sanitario dei gamberi

Per ogni esemplare catturato è stata annotata la specie, il sesso, la classe di taglia (misurazione rostro-telson; 0-4 cm, 4-8 cm, >8 cm) e l'eventuale presenza di uova o giovani. Lo stato di salute degli animali è stato definito visualmente sulla base della presenza o meno di funghi, ectoparassiti e/o ferite. Nel caso di popolazioni molto abbondanti solo una parte degli esemplari è stata catturata per la determinazione del sesso e della taglia. Gli esemplari autoctoni sono poi stati immediatamente rilasciati nel luogo di cattura, mentre gli esemplari alloctoni sono stati soppressi mediante congelamento. Le principali popolazioni di gamberi alloctoni sono state testate per la presenza di *Aphanomyces astaci* in collaborazione con l'Istituto di medicina dei pesci e della fauna selvatica dell'università di Berna (FiWi). A tale scopo sono stati spediti all'istituto tra i 15 e i 30 esemplari congelati per ogni popolazione testata, i collaboratori

del FiWi hanno poi proceduto ad effettuare dei test PCR per l'amplificazione delle sequenze genetiche e l'eventuale rilevamento dell'afanomicosi.

Dimensione delle popolazioni

In accordo con Marchesi et al. (1998) e Maddalena et al. (2009), la dimensione delle popolazioni è stata definita in funzione del numero di esemplari catturati con 5 nasse lungo 100 metri di riva oppure osservati al faro in un tratto di circa 200 metri (Tab. 2).

Tabella 2: Classi di abbondanza utilizzate per definire la dimensione delle popolazioni campionate in un tratto di almeno 200 metri censito al faro notturno o di almeno 100 metri censito con le nasse secondo Marchesi et al. (1998) e Maddalena et al. (2009).

Dimensione della popolazione	Numero di individui censiti	Numero di individui stimati
Residua	1-5	< 20
Piccola	< 20	< 100
Media	20 - 50	100 - 1'000
Grande	> 50	> 1'000

Banca-dati e allestimento dell'inventario

Le informazioni riguardanti la presenza o l'assenza di specie di gamberi (indigeni ed esotici), il numero di esemplari, le classi di taglia e lo stato sanitario sono state riportate in un foglio di calcolo Excel, mentre la cartografia è stata realizzata con il software QGIS (QGIS Development Team 2024). I dati raccolti sono stati inoltrati a info fauna. Per tutte le stazioni censite è stata redatta una scheda di sintesi che riporta le segnalazioni storiche, l'esito del monitoraggio, la descrizione della stazione, le minacce presenti e proposte per la sua gestione e/o la protezione di *A. italicus*.

RISULTATI

Austropotamobius italicus

Distribuzione

I rilievi condotti hanno permesso di confermare la presenza di *Austropotamobius italicus* in 46 delle 89 delle stazioni visitate (51.7%; Fig. 2). Complessivamente sono così state allestite 73 schede d'inventario (46 stazioni confermate e 27 non confermate ma comunque inserite nell'inventario alla luce dei dati pregressi e dell'idoneità del corso d'acqua).

Le popolazioni sono situate a una quota compresa tra i 194 m s.l.m (Riazzino) e i 594 m s.l.m (Astano), con una ripartizione equa tra le fasce altitudinali intermedie. *A. italicus* è attualmente presente nel Mendrisiotto, nel Malcantone, a Pregassona, in Capriasca, sul Monteceneri, sul Piano di Magadino (in sponda destra come pure in sponda sinistra a Sant'Antonino e a Contone), ad Ascona, a Losone e ad Osogna, dove raggiunge il suo limite settentrionale.

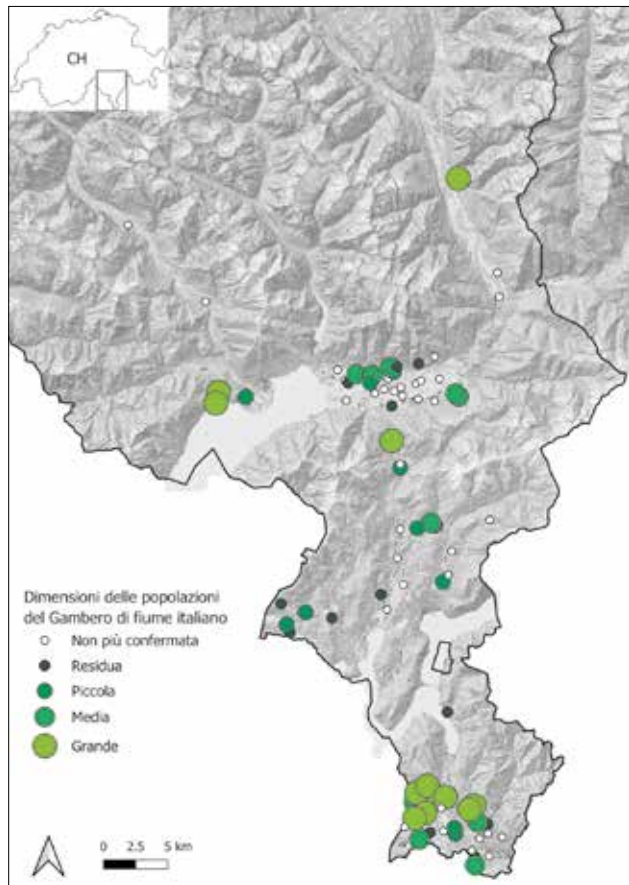


Figura 2: Carta di distribuzione di *Austropotamobius italicus* nel Cantone Ticino (stato banca dati: autunno 2024; Mappa © Swisstopo).

Struttura e dimensioni delle popolazioni

Complessivamente sono stati censiti 4'982 gamberi (Tab. 3). Il numero maggiore di esemplari è stato osservato nel Mendrisiotto con 3'705 individui (18 stazioni con esito positivo), che corrispondono al 74.3% degli esemplari osservati su suolo cantonale. Il secondo comparto con effettivi particolarmente elevati è il Locarnese con 723 individui (14.5% degli esemplari totali, ripartiti su 3 stazioni). Nel Mendrisiotto si trova anche la popolazione più grande di tutto il Cantone Ticino. Essa è stata censita a Ligornetto con il conteggio notturno al faro di 1'489 esemplari lungo un tratto di 1'150 metri nel giugno 2022.

Il sesso è stato rilevato solamente per 1'013 individui. La *sex ratio* risulta essere perfettamente bilanciata, infatti 524 esemplari (51.7%) erano maschi mentre 489 (48.3%) femmine.

La classe di taglia è invece stata registrata solo per 975 gamberi. La maggior parte degli esemplari (620 individui; 63.3%) presenta una taglia media (4-8 cm). Altri 304 esemplari (31.2%) risultavano di grandi dimensioni (>8 cm) mentre solamente 51 esemplari (5.2%) erano di taglia piccola (0-4 cm; 5.2%). Sono pure stati osservati 199 giovani esemplari appena rilasciati dalle madri, in particolare nel Locarnese (129 esemplari in una stazione), nel Mendrisiotto (52 esemplari in 8 stazioni) e sul Piano di Magadino (17 esemplari in 2 stazioni). La presenza di giovani così come di femmine con larve (5 esemplari in una stazione del Mendrisiot-

to) conferma la riproduzione della specie nel sito ed è indice di una buona dinamica di popolazione.

La ripartizione delle dimensioni delle 46 popolazioni confermate di *A. italicus* è equilibrata: 12 grandi, 10 medie, 12 piccole e 12 residue (Tab. 4). Le 12 popolazioni di grandi dimensioni sono concentrate in particolare nel Mendrisiotto (8 stazioni).

Caratterizzazione delle stazioni

I corsi d'acqua in cui è stata confermata la presenza di *A. italicus* presentano una larghezza media compresa tra i 0.3 m e i 6.5 m, con una media generale di 1.7 m. Le profondità sono invece comprese tra i 5 cm e i 50 cm, con una media di 22 cm. La specie indigena occupa quindi principalmente piccoli ruscelli e canali.

L'analisi delle caratteristiche ecomorfologiche dei corsi d'acqua (Tab. 5) evidenzia come delle 46 stazioni di *A. italicus* confermate tra il 2021 e il 2024, solamente 11 (23.9%) si trovano in uno stato naturale o prossimo allo stato naturale. Ben 22 stazioni (47.8%) sono invece compromesse (17 stazioni poco compromesse, 5 stazioni altamente compromesse). I corsi d'acqua con un'ecomorfologia più favorevole alla presenza di *A. italicus* (classi *naturale*, *prossimo allo stato naturale*) risultano essere localizzati nel Luganese, nel Mendrisiotto e nel Locarnese. A causa degli interventi di bonifica realizzati lo scorso secolo sul Piano di Magadino, in questo comparto i corsi d'acqua corrispondono principalmente a canali poco naturali e artificiali. Tuttavia, con i dovuti accorgimenti, anche questi ambienti meno naturali potrebbero essere apprezzati dalla specie indigena.

Principali minacce

Nella figura 3 è riportata una sintesi delle principali minacce riscontrate nelle stazioni che ospitano popolazioni di *A. italicus* confermate nel Cantone Ticino tra il 2021 e il 2024. La minaccia più frequente è legata ai prolungati periodi di siccità (95.6% delle stazioni), con conseguente diminuzione dell'apporto idrico e aumento della temperatura o, nel peggiore dei casi, periodi di secca. Ai periodi di magra si contrappone l'aumento degli eventi alluvionali eccezionali (82.6% delle stazioni): piogge improvvise e violente hanno un impatto negativo sulle popolazioni, in particolare laddove vi è un deficit nella disponibilità di rifugi siccome la corrente dilava gli esemplari verso valle. In generale *A. italicus* soffre a causa dei cambiamenti di regime idrico, siano essi di origine naturale, come quelli appena citati (siccità, alluvioni), siano essi di origine antropica (captazioni, pompaggi, immissioni). Queste pratiche alterano la portata dell'acqua così come la temperatura, sfavorendo la presenza del Gambero di fiume italiano che predilige corsi d'acqua con portata costante e poco torrentizia.

Anche l'artificializzazione delle rive e l'omogeneizzazione dell'alveo rendono l'habitat meno idoneo per soddisfare le esigenze ecologiche del gambero indigeno. La scarsità di strutture che possono fungere da rifugio (30.4%) così come l'assenza di pozze con acqua più calma e profonda (26.1%) e la presenza di rive consolidate (26.1%) sfavoriscono la specie.

La gestione intensiva dei corsi d'acqua, ad esempio attraverso lo sfalcio meccanico della vegetazione ripuale

Tabella 3: Sintesi del numero di esemplari di *Austropotamobius italicus* censiti tra il 2021 e il 2024 in ogni comparto territoriale, suddivisi per sesso e per taglia (stato banca dati: autunno 2024).

Comparto	Totale	Maschi				Femmine				Giovani <4cm	Femmine con larve
		Totale	0-4 cm	4-8 cm	>8 cm	Totale	0-4 cm	4-8 cm	>8 cm		
Mendrisiotto	3'705	388	28	198	161	399	18	299	80	52	5
Luganese	156	50	2	30	19	59	2	38	19	1	0
Bellinzonese	130	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Piano di Magadino	268	80	0	34	19	28	1	15	3	17	0
Locarnese	723	6	0	4	2	3	0	2	1	129	0
Totale	4'982	524	30	266	201	489	21	354	103	199	5

Tabella 4: Dimensioni delle popolazioni di *Austropotamobius italicus* censite nel Cantone Ticino tra il 2021 e il 2023, suddivise per comparti territoriali. La dimensione della popolazione è stimata in funzione degli esemplari censiti durante il monitoraggio di almeno 200 metri di corso d'acqua.

Comparto	Dimensione della popolazione di <i>Austropotamobius italicus</i>				No. stazioni confermate (2021-2023)	No. stazioni non confermate ma idonee (2021-2023)	Totale schede d'inventario
	Residua (1-5 individui)	Piccola (<20 individui)	Media (20-50 individui)	Grande (>50 individui)			
Mendrisiotto	4	2	4	8	18	10	27
Luganese	4	6	1	1	12	8	21
Bellinzonese	–	–	–	1	1	2	3
Piano di Magadino	4	3	5	–	12	15	17
Locarnese	–	1	–	2	3	2	5
Totale	12	12	10	12	46	37	73

Tabella 5: Ecomorfologia dei corsi d'acqua che ospitano popolazioni di *Austropotamobius italicus* nel Cantone Ticino tra il 2021 e il 2024 (fonte dati ecomorfologia dei corsi d'acqua: Repubblica e Cantone Ticino, Ufficio di geomatica www.map.geo.ti).

Comparto	Non noto	Altamente compromesso	Poco compromesso	Poco naturale, artificiale	Naturale, prossimo allo stato naturale
Mendrisiotto	1	1	10	3	3
Luganese	2	2	4		4
Bellinzonese	1				
Piano di Magadino	1	2	2	5	2
Locarnese			1		2
Totale	5	5	17	8	11

e/o acquatica (30.4%) oppure il dragaggio dell'alveo (15.2%), minaccia le popolazioni di *A. italicus*, non solo a causa dell'impatto diretto sugli esemplari ma pure per le conseguenti alterazioni dell'habitat (distruzione dei rifugi, diminuzione delle risorse trofiche disponibili, riduzione dell'ombreggiamento e quindi aumento della temperatura).

Elementi che causano la discontinuità dell'alveo, come per esempio chiuse o salti naturali/artificiali (32%) oppure tratti intubati (15.2%), sono problematici perché impediscono la dispersione degli esemplari e quindi la possibilità di scambio di materiale genetico con eventuali metapopolazioni. L'isolamento, almeno parziale, delle popolazioni è stato riscontrato in 10 delle 46 stazioni.

La presenza di pesci, potenziali predatori dei giovani gamberi, è stata riscontrata in 30 delle 46 popolazioni di *A. italicus*. Particolarmente preoccupante è l'avvento delle specie di gamberi esotici: in 3 stazioni oltre al gambero indigeno è stato censito pure *P. clarkii* mentre altre 14 stazioni di *A. italicus* si trovano in prossimità di popolazioni di gamberi esotici e sono quindi minacciate da una potenziale colonizzazione da parte di questi ultimi. In qualità di potenziali vettori di *A. astacii*, l'avvento di specie esotiche rappresenta una minaccia per *A. italicus* pure per la possibilità di contrarre la malattia della peste del gambero. Infatti, sono almeno 14 le popolazioni o meta-popolazioni rilevate nel primo inventario ma non più confermate la cui scomparsa è almeno parzialmente da ricondurre alla presenza di *P. clarkii*: la popolazione del riale Rovagina (Origlio) e la complessa meta-popolazione che era presente in sponda sinistra del Piano di Magadino.

Specie alloctone

Attualmente nel Cantone Ticino è nota la presenza di 3 specie di gamberi esotici (*F. limosus*, *P. clarkii* e *P. leniusculus*), tutte con popolazioni in espansione (Fig. 4). Per il Gambero di fiume turco (*A. leptodactylus*) non vi sono segnalazioni recenti; tuttavia, un individuo è stato cattu-

rato nel fiume Magliasina a Caslano nel 1976 e uno nel riale Ostarietta a Lamone nel 1985, entrambi sono in collezione presso il Museo cantonale di storia naturale. Nel Cantone Ticino *P. clarkii* è stato segnalato per la prima volta nell'estate 2013 nel Riale Rovagina a Origlio all'altezza del campo di calcio; i tempestivi interventi di lotta promossi dall'Ufficio della caccia e della pesca subito dopo la segnalazione hanno permesso di rimuovere 376 esemplari a conferma che la popolazione era già ben insediata (Zanini & Maddalena 2013). Non è nota l'origine degli esemplari. La lotta a *P. clarkii* nel riale Rovagina è proseguita negli anni successivi e nel 2020 è stata estesa anche al Laghetto di Origlio e ai 3 stagni adiacenti. Nel 2021 la Fondazione Bolle di Magadino (FBM) ha rinvenuto un esemplare adulto di *P. clarkii* in un canale di bonifica all'altezza dell'Isola del Trodo in sponda sinistra del Piano di Magadino. In seguito a questo ritrovamento casuale il Gruppo di lavoro cantonale sui gamberi ha subito avviato dei monitoraggi intensivi e le prime azioni di lotta si sono svolte nel periodo 2021-2024 sull'insieme del reticolo idrografico di sponda sinistra. Nel 2021 sono stati catturati 6 esemplari di *P. clarkii* nel canale all'Isola del Trodo presso le Bolle di Magadino, un esemplare nel canale Ramello e un esemplare nel canale principale di sponda sinistra all'altezza del Demanio cantonale (Zanini & Santi 2022). Nel 2022 la situazione era già rapidamente evoluta: sono stati catturati 91 esemplari e più della metà provenivano dal Laghetto del Demanio di Gudo. Nel 2024 quasi tutto il reticolo dei canali di sponda sinistra del Piano di Magadino era colonizzato da *P. clarkii* (Zanini & Santi 2024c). La densità rimane ancora generalmente bassa, tipico delle prime fasi di colonizzazione. Oltre alle due popolazioni citate (Origlio e Piano di Magadino), sono state documentate alcune segnalazioni puntuali nel Lago Ceresio (Punta Poiana nel 2020, Caslano nel 2021, Ponte diga di Melide nel 2021, bacino di Ponte Tresa nel 2025), a Lodano (nel 2018, non più confermata negli anni successivi),

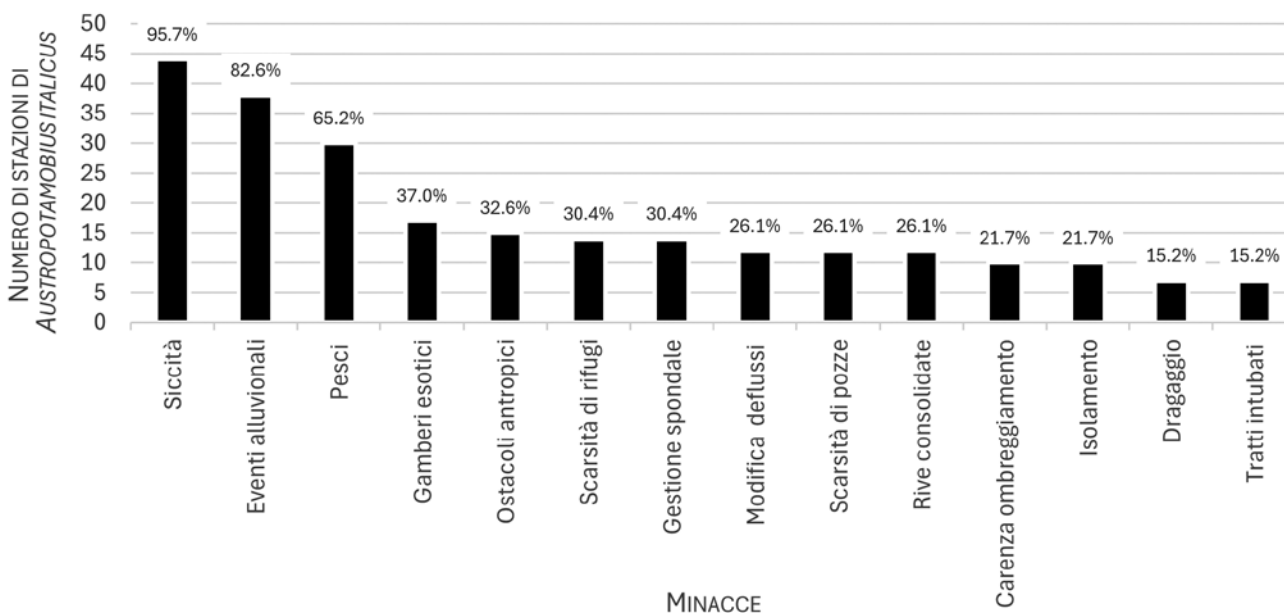


Figura 3: Principali minacce riscontrate nelle stazioni che ospitano popolazioni di *Austropotamobius italicus* confermate nel Cantone Ticino tra il 2021 e il 2024, suddivise per comparto (stato banca dati: autunno 2024).

nel Mendrisiotto (torrente Faloppia nel 2022) e nel bacino svizzero del Lago Verbano (Lido di Magadino nel 2024). La presenza puntuale nella parte meridionale nel bacino italiano del Lago Verbano è invece documentata già dal 2016 (Garzoli et al. 2020).

Il primo rinvenimento in Cantone Ticino di *P. leniusculus* è avvenuto nel 2007 a Minusio, con un unico esemplare catturato da un guardapesca nel riale Navegna all'altezza di Via Storta (Maddalena et al. 2009). A seguito della presenza confermata nel 2015 nel Lago Verbano (zona Tenero-Mappo) da un pescatore professionista (Boggero et al. 2018), nel 2019 l'Ufficio della caccia e della pesca ha commissionato degli approfondimenti lungo il riale Navegna che hanno evidenziato come la specie occupasse già almeno 1 km di corso d'acqua, dall'Hotel Esplanade fino alla foce (Zanini 2020). Nel 2024 il tratto di sponda lacustre colonizzato era già lungo circa 4 km, tra Tenero-Mappo e Muralto (Zanini & Santi 2024b).

Faxonius limosus è la specie esotica maggiormente diffusa nel Cantone Ticino, dove è presente nel Lago Ceresio (dal 1990), nel Laghetto di Origlio (dal 2016) e nel Laghetto di Muzzano (dal 2019). Recentemente sono state effettuate delle segnalazioni anche nel bacino svizzero del Lago Verbano (Gambarogno e Locarno dal 2022, Tenero e Bolle di Magadino dal 2024).

Per contrastare la diffusione delle specie esotiche negli ultimi 10 anni sono state intraprese varie azioni coordinate tra loro e promosse da numerosi partner (in particolare Ufficio della natura e del paesaggio, Ufficio della caccia e della pesca, Fondazione Bolle di Magadino, Pro Natura Ticino, Parco del Piano di Magadino). L'accompagnamento scientifico è garantito dal Servizio di coordinamento svizzero per i gamberi e dal Museo Cantonale di Storia Naturale. Questi interventi sono stati impegnativi dal profilo finanziario e logistico ma hanno permesso di rallentare la colonizzazione delle popolazioni e di mantenere in genere delle densità a livelli più bassi rispetto ad un'evoluzione senza alcuna gestione. In generale si conferma che obiettivi realistici di lotta alle specie di gambero esotiche sono il contenimento della colonizzazione e la riduzione della densità in modo da limitarne l'impatto sulle cenosi acquatiche.

Aphanomyces astaci

Grazie alle analisi svolte presso l'Istituto di medicina dei pesci e della fauna selvatica dell'Università di Berna (FiWi), la presenza del fungo responsabile per la peste del gambero è stata confermata nelle popolazioni di *P. clarkii* nel fiume Faloppia (Chiasso), nel riale Rovagina (Origlio) e in un canale di S. Antonino così come nella popolazione di *P. leniusculus* nel riale Navegna (Minusio).

Nel 2024 le analisi hanno permesso di confermare per la prima volta in Ticino la presenza di *A. astaci* anche su *A. italicus* in un canale di S. Antonino dove *A. italicus* e *P. clarkii* coesistevano. Nel mese di giugno sono stati rinvenuti una cinquantina di esemplari di *P. clarkii* morti, risultati poi positivi alle analisi per *A. astaci*. Nel mese di ottobre sono stati osservati 5 esemplari di Gambero indigeno morti, anch'essi risultati positivi alla peste del gambero.

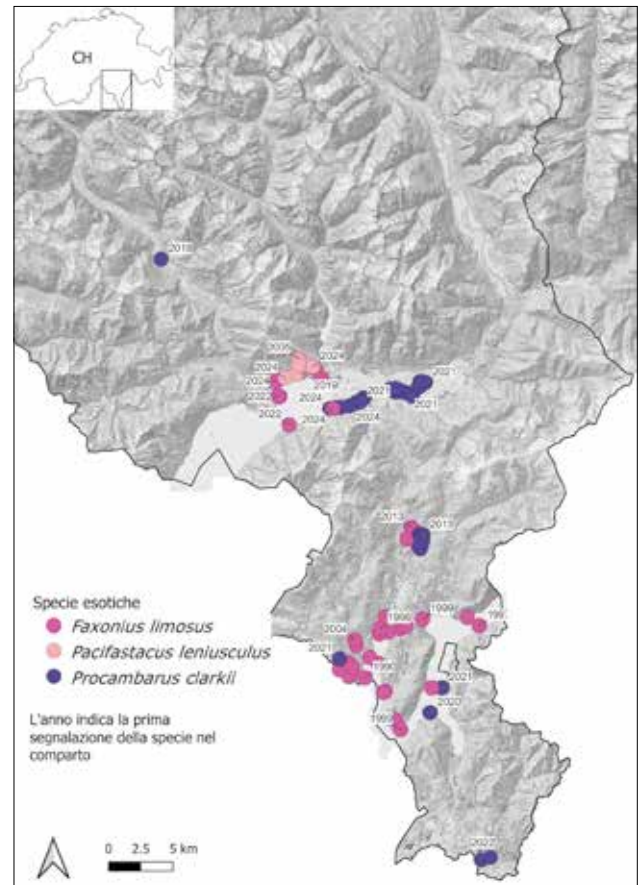


Figura 4: Carta di distribuzione delle specie esotiche *Faxonius limosus*, *Procambarus clarkii* e *Pacifastacus leniusculus* nel Cantone Ticino (stato banca dati: autunno 2024, Mappa © Swisstopo).

DISCUSSIONE

Situazione attuale di *Austropotamobius italicus* nel Cantone Ticino

La specie è completamente scomparsa dai bacini lacustri cantonali e la sua presenza è ora nota solamente in torrenti, riali, ruscelli, canali e puntualmente in alcuni piccoli stagni. Rispetto al primo Inventario dei gamberi del Cantone Ticino (1997-2007) questa specie indigena non è più stata censita lungo il fiume Vedeggio, nella bassa Val Colla, sulla sponda sinistra del Piano di Magadino (fatta eccezione per le popolazioni residue di Sant'Antonino e di Contone) e a Bellinzona-nord (Gorduno e Claro). I puntini bianchi nella figura 1 illustrano le stazioni storiche non più confermate. In generale si osserva quindi una tendenza negativa per *A. italicus*, che negli ultimi 40 anni è scomparsa da circa la metà delle stazioni conosciute. Sono per contro state identificate 4 nuove stazioni di *A. italicus* (Osogna, Rivera, Castel San Pietro, Stabio) e riconfermata una grande meta-popolazione ad Arcegno-Ascona.

Il Mendrisiotto, grazie all'elevato numero di popolazioni presenti, molte delle quali di grandi dimensioni, corrisponde attualmente all'hotspot più importante per la conservazione di *A. italicus* nel Cantone Ticino. Diverse popolazioni sono probabilmente interconnesse tra loro formando delle metapopolazioni. Le popolazioni identificate come di importanza nazionale (Stucki & Zaugg 2006) situate lungo il fiume Gaggiolo sono ancora pre-

sentì e denotano effettivi piuttosto importanti. Preoccupante è però il ritrovamento di alcuni esemplari di *P. clarkii* nel 2022 nel torrente Faloppia. La seconda popolazione considerata serbatoio di importanza nazionale situata nel Bellinzonese a Gorduno non è per contro più stata confermata e le cause di questa probabile estinzione locale non sono note.

Anche il Piano di Magadino era considerato un serbatoio di importanza nazionale per la conservazione della specie indigena (Stucki & Zaugg 2006) siccome ospitava, insieme al Mendrisiotto, le popolazioni più numerose. Una prima contrazione delle popolazioni era già stata osservata nel 2009-2010 (Zanini et al. 2011). Nell'ambito del presente studio la situazione è ulteriormente peggiorata tanto che sono state confermate solamente 3 popolazioni locali (due planiziali e una di versante) che formano verosimilmente una metapopolazione di *A. italicus* in sponda sinistra, mentre nel primo inventario realizzato erano 13 le popolazioni locali censite. È probabile che in questo comparto le popolazioni locali siano state decimate a causa, in particolare, dall'avvento di *P. clarkii* a partire dal 2021. Le popolazioni locali situate in sponda destra sembrano, invece, mantenersi; ne sono, infatti, state confermate 9 (6 planiziali e 3 di versante; probabilmente almeno in parte interconnesse tra loro) ed erano già 9 quelle identificate nell'ambito del primo inventario.

Il Locarnese è l'unico comparto in cui è stato possibile osservare una lieve tendenza positiva. Attualmente sono conosciute due popolazioni di grandi dimensioni ad Arcegno e una di piccole dimensioni ad Ascona. Probabilmente queste 3 popolazioni sono interconnesse tra loro e formano un'unica metapopolazione. Per queste stazioni sono disponibili alcuni dati storici risalenti tra il 1917 e il 1995; tuttavia, nell'ambito dei rilievi svolti per la realizzazione del primo inventario cantonale 1997-2007 non era stato censito alcun gambero. È quindi probabile che le popolazioni abbiano subito un crollo ma siano successivamente riuscite a riprendersi, tant'è che la popolazione di Arcegno è attualmente una delle più numerose su territorio cantonale (conteggio al faro notturno di 640 esemplari lungo un tratto di 340 metri nel luglio 2022).

Nel Luganese, infine, alcune popolazioni medio-piccole persistono negli affluenti del fiume Cassarate e del fiume Vedeggio. Le popolazioni nel Malcantone sembrano mantenersi stabili, sia per il numero di stazioni sia per gli effettivi censiti; tuttavia, si tratta di popolazioni marginali e isolate di dimensioni piccole o residue.

Misure di conservazione specifiche per *Austropotamobius italicus*

Alla luce dei risultati scaturiti dall'aggiornamento dell'Inventario dei gamberi di acqua dolce del Cantone Ticino, intraprendere azioni mirate alla salvaguardia di *A. italicus* nei corsi d'acqua ticinesi appare assai urgente. Il Piano di Azione Specifico (Zanini et al. 2023) individua, quindi, tutta una serie di azioni da mettere in atto nel prossimo quadriennio 2025-2028. Tra queste vi è un progetto di reintroduzione. A tal fine è attualmente in fase di attuazione una caratterizzazione genetica delle popolazioni ticinesi di *A. italicus* volta a identificare del-

le unità gestionali coerenti dal profilo genetico al fine di identificare le popolazioni serbatoio a cui attingere per ottenere i riproduttori necessari per le stazioni di allevamento previste nel Cantone Ticino. Fondamentale è pure il monitoraggio standardizzato e regolare delle popolazioni conosciute in modo da seguirne l'evoluzione demografica, intercettare tempestivamente eventuali problematiche e attuare immediatamente le dovute misure di conservazione. Sarà inoltre necessario proseguire con gli interventi di rivitalizzazione dei corsi d'acqua degradati favorevoli o potenzialmente favorevoli ai gamberi indigeni, con particolare attenzione alla qualità della loro struttura spondale e dell'alveo (offerta di rifugi) e della loro interconnessione, e ridurre le minacce presenti (captazioni idriche, rilasci fognari, gestione alienica, ecc). Sul Piano di Magadino la messa in atto di una gestione dei canali di bonifica più in sintonia con le esigenze biologiche dell'ecosistema acquatico è auspicata e in parte già in corso (dragaggi a mosaico, interventi invernali), ma andrà maggiormente estesa. Infine, andranno proseguite le azioni volte a contrastare l'ulteriore diffusione delle specie esotiche, così come dell'afanomicosi. In questo ambito è pure indispensabile l'impostazione di un'efficace comunicazione e sensibilizzazione rivolta al grande pubblico, ai Comuni coinvolti e ai gruppi target, ad esempio pescatori (professionisti e amatoriali), giardinieri paesaggisti, acquariofili e agricoltori.

Per far fronte in modo più efficace alla gestione delle specie esotiche e alla promozione del gambero indigeno, nel 2024 il Cantone Ticino ha promosso l'allestimento di un progetto integrato (Zanini & Santi 2024a) che include sia la lotta intensiva ai gamberi invasivi, attraverso l'attuazione di diverse tecniche (cattura con nasse, cattura notturna al faro, pesca elettrica, posa di briglie, lotta biologica, sterilizzazione dei maschi), sia la conservazione di *A. italicus* (creazione di stazioni di allevamento, monitoraggio delle popolazioni, caratterizzazione genetica, educazione ambientale).

RINGRAZIAMENTI

La realizzazione dell'aggiornamento dell'Inventario cantonale dei gamberi di acqua dolce nel Cantone Ticino così come l'allestimento del Piano di Azione Specifico per *A. italicus* sono stati promossi dall'Ufficio della Natura e del Paesaggio (Dipartimento del Territorio, Bellinzona).

Un ringraziamento particolare è rivolto a tutti i collaboratori che hanno contribuito ai rilievi di campo (Michele Ferrario, Sissi Gandolla, Federica Guidotti, Beatrice Jann, Tiziano Maddalena, Marzia Mattei-Roesli, Luca Pagano, Damiano Torriani, Federico Tettamanti, Ethan Triches, guardapesca UCP: Thomas Romanski, Luca Brugali, Giorgio Bonomi, Alessandro Petronio, Mattia Kuzmic, Claudio Mondelli, Christophe Molina), così come a tutte le persone che hanno fornito informazioni utili circa la presenza di gamberi. Si ringrazia inoltre l'Ufficio della caccia e della pesca, l'Ufficio della natura e del paesaggio, la Fondazione Bolle di Magadino, il Parco del Piano di Magadino e Pro Natura Ticino per

l'ottima collaborazione e il sostegno ai vari progetti sui gamberi intrapresi in questi ultimi anni. Ringraziamo infine Marzia Mattei-Roesli per la rilettura critica del presente articolo e Luca Paltrinieri e David Frey per la revisione scientifica.

REFERENZE BIBLIOGRAFICHE

- Aquiloni L., Ilhéu M. & Gherardi F. 2005. Habitat use and dispersal of the invasive crayfish *Procambarus clarkii* in ephemeral water bodies in Portugal. *Marine and Freshwater Behaviour and Physiology*, 38: 225-236.
- Alderman D.J., Polglase J.L. & Frayling G.M. 1987. *Aphanomyces astaci* pathogenicity under laboratory and field conditions. *Journal of fish disease*, 10: 385-393.
- Alderman D.J. 1996. Geographical spread of bacterial and fungal diseases of crustaceans. The scientific and technical review, 15: 603-632.
- Boggero A., Dugaro M., Migliori L. & Garzoli L. 2018. Prima segnalazione del gambero invasivo *Pacifastacus leniusculus* (Dana 1852) nel Lago Maggiore (Cantone Ticino, Svizzera). *Bollettino della Società ticinese di scienze naturali*, 106: 103-106.
- Bruni G., Ricciardi G. & Vannini A. 2016. Effectiveness of artificial amphibian breeding sites against non-native species in a public protected area in Tuscany, Italy. *Conservation Evidence*, 13: 12-16.
- Cruz M.J. & Rebelo R. 2005. Vulnerability of Southwest Iberian amphibians to an introduced crayfish, *Procambarus clarkii*. *Amphibia-Reptilia*, 26: 293-303.
- Figler M.H., Twum M., Finkelstein J.E. & Peeke H.V.S. 1995. Maternal aggression in Red Swamp Crayfish (*Procambarus clarkii*, Girard): the relation between reproductive status and outcome of aggressive encounters with male and female conspecifics. *Behaviour*, 132: 107-125.
- Garzoli L., Mammola S., Ciampittiello M. & Boggero A. 2020. Alien Crayfish Species in the Deep Subalpine Lake Maggiore (NW-Italy), with a Focus on the Biometry and Habitat Preferences of the Spiny-Cheek Crayfish. *Water*, 12: 1391.
- Gherardi F. 2006. Crayfish invading Europe: the case study of *Procambarus clarkii*. *Marine and Freshwater Behaviour and Physiology*, 39: 175-191.
- Gherardi F. & Acquistapace P. 2007. Invasive crayfish in Europe: the impact of *Procambarus clarkii* on the littoral community of a Mediterranean lake. *Freshwater Biology*, 52: 1249-1259.
- Grandjean F., James Harris D., Souty-Grosset C. & Crandall K.A. 2000. Systematics of the european endangered crayfish species *Austropotamobius pallipes* (decapoda: astacidae). *Journal of Crustacean Biology*, 20: 522-529.
- Guan R.Z. & Roy Wiles P. 1997. Ecological impact of introduced crayfish on benthic fishes in a british lowland river. *Conservation Biology*, 11: 641-647.
- Holdich D.M., Reynolds J.D., Souty-Grosset C. & Sibley P.J. 2010. A review of the ever increasing threat to European crayfish from non-indigenous crayfish species. *Knowledge and Management of Aquatic Ecosystems*, 394-395: 11.
- IUCN 2010. IUCN Red List of threatened species. Version 2023-1.
- Kouba A., Petrusek A. & Kozák P. 2014. Continental-wide distribution of crayfish species in Europe: update and maps. *Knowledge and Management of Aquatic Ecosystems*, 413: 05.
- LFE 1966. Legge federale sulle epizoozie del 1° luglio 1966 (RU 1966 1604).
- LFSP 1991. Legge federale sulla pesca del 21 giugno 1991 (RU 1991 2259).
- Maddalena T., Zanini M., Torriani D., Marchesi P., Jann B. & Paltrinieri L. 2009. Inventario dei gamberi di acqua dolce del Cantone Ticino (Svizzera). *Bollettino della Società ticinese di Scienze naturali*, 97: 19-25.
- Marchesi P., Vielle A. & Fournier J. 1998. Les écrevisses du Valais. *Bulletin de la Société Valaisanne des Science Naturelles La Murithienne*, 166: 7-21.
- Mclay C.L. & Van den Brink A. 2016. Crayfish growth and reproduction. In: Longshaw M. & Stebbing P. 2016. *Biology and ecology of crayfish*. CRC Press, Chapter 3: 62-116.
- Nakata K., Tanaka A. & Goshima S. 2004. Reproduction of the Alien Crayfish Species *Pacifastacus leniusculus* in Lake Shikaribetsu, Hokkaido, *Journal of crustacean biology*, 24: 496-501.
- OFE 1995. Ordinanza federale sulle epizoozie del 27 giugno 1995 (RU 1995 3716).
- OLFP 1993. Ordinanza concernente la legge federale sulla pesca del 24 novembre 1993 (RU 1993 3384).
- Peay S., Guthrie N., Spees J., Nilsson E. & Bradley P. 2009. The impact of signal crayfish (*Pacifastacus leniusculus*) on the recruitment of salmonid fish in a headwater stream in Yorkshire, England. *Knowledge and Management of Aquatic Ecosystems*, 394-395: 12.
- Pintor L.M., Sih A. & Kerby J.L. 2009. Behavioral correlations provide a mechanism for explaining high invader densities and increased impacts on native prey. *Ecology*, 90: 581-587.
- QGIS Development Team 2020. QGIS Geographic Information System (Version 3.30). <https://qgis.org>.
- Schikora F. 1906. Die Krebspest. *Fischerei Zeitung* 9: 529-532.
- Söderbäck B. 1991. Interspecific dominance relationship and aggressive interaction in the freshwater crayfish *Astacus astacus* (L.) and *Pacifastacus leniusculus* (Dana). *Canadian Journal of Zoology*, 69: 1321-1325.
- Stucki P. & Zaugg B. 2006. Plan d'action national pour les écrevisses. Ufficio federale dell'ambiente, 41 pp.
- Svoboda J., Mrugala A., Kozubikova-Balcarova E. & Petrusek A. 2016. Hosts and transmission of the crayfish plague pathogen *Aphanomyces astaci*: a review. *Journal of Fish Disease*, 40: 127-140.
- Tierney A.J., Godleski M.S. & Massanari J.R. 2000. Comparative analysis of agonistic behaviour in four crayfish species. *Journal of Crustacean Biology*, 20: 54-66.
- UFAM 2019. Lista delle specie e degli ambienti prioritari a livello nazionale; specie e ambienti prioritari da promuovere in Svizzera. Ufficio federale dell'ambiente, Berna. Pratica ambientale nro. 1709, 97 pp.
- USAV 2022. Peste dei gamberi. Pubblicato su www.blv.admin.ch (ultima consultazione: 15.04.2025).
- Watanabe R. & Ohba S. 2022. Comparison of the community composition of aquatic insects between wetlands with and without the presence of *Procambarus clarkii*: a case study from Japanese wetlands. *Biological invasion*, 24: 1033-1047.

- Zanini M. 2020. Controllo della presenza del Gambero da segnale (*Pacifastacus leniusculus*) nel Riale Navegna. Ufficio della caccia e della pesca. Rapporto non pubbl., 6 pp.
- Zanini M., Maddalena T. & Torriani D. 2011. Censimento delle popolazioni di Gambero dai piedi bianchi (*Austropotamobius pallipes italicus*) presenti sul Piano di Magadino e alle Gole della Breggia. Interreg IV – Cooperazione transfrontaliera Italia-Svizzera 2007-2013. Rapporto non pubbl., 12 pp. + allegati.
- Zanini M. & Maddalena T. 2013. Gestione del Gambero della Louisiana (*Procambarus clarkii*) e misure di contenimento presso il comparto del Laghetto di Origlio. Stagione 2013. Ufficio della Caccia e della Pesca, Dipartimento del territorio, Bellinzona. Rapporto non pubbl., 13 pp.
- Zanini M. & Santi N. 2022. Prospezione sulla distribuzione del gambero della Louisiana (*Procambarus clarkii*) sul Piano di Magadino. Stagione 2021-2022. Ufficio della natura e del paesaggio, Dipartimento del Territorio, Bellinzona. Rapporto non pubbl., 22 pp. + allegati.
- Zanini M., Santi N. & Candolfi I. 2023. Piano di azione cantonale per *Austropotamobius italicus* (Faxon, 1914) nel Cantone Ticino. Ufficio della Natura e del Paesaggio, Dipartimento del territorio, Bellinzona. 47pp + 73 schede di inventario.
- Zanini M. & Santi N. 2024a. Progetto per la tutela del Gambero di fiume italiano e della biodiversità degli ambienti acquatici nel Cantone Ticino. Periodo 2025-2028. Ufficio della Natura e del Paesaggio, Dipartimento del territorio, Bellinzona, 41 pp.
- Zanini M. & Santi N. 2024b. Gestione del Gambero da segnale (*Pacifastacus leniusculus*, Dana, 1852) nel Riale Navegna (Minusio). Stagione 2024. Fondazione Bolle di Magadino. Rapporto non pubbl., 21 pp.
- Zanini M. & Santi N. 2024c. Gestione del Gambero della Louisiana (*Procambarus clarkii*) sul Piano di Magadino. Stagione 2024. Fondazione Parco del Piano di Magadino. Rapporto non pubbl., 27 pp. + allegati.

PARTE III

Notizie

Bilancio meteorologico dell'anno 2024

Marco Gaia*, Luca Nisi, Luca Panziera & Giona Ravani

MeteoSvizzera, Centro regionale sud, 6600 Locarno-Monti, Svizzera

* marco.gaia@meteosvizzera.ch

Redattore di riferimento: Marco Moretti

Il 2024 a livello svizzero

Dopo i due anni da record 2023 e 2022, il 2024 si situa al terzo rango dall'inizio delle misurazioni avvenuto nel 1864. I 7.2 °C di temperatura media annuale, rispettivamente, gli 1.4 °C di anomalia positiva rispetto alla norma 1991-2020 (in seguito indicata con norma 91/20), confermano il trend pluriennale al riscaldamento degli strati bassi dell'atmosfera in Svizzera. Rispetto al periodo preindustriale (1871-1900) la temperatura annuale in Svizzera è oggi 2.9 °C più elevata. A questo risultato ha contribuito in particolare l'inverno 2023/2024, il più mite dal 1864, con una temperatura media di 2.8 °C sopra la norma 91/20. Una citazione la merita pure il mese di febbraio 2024, che con un'anomalia di 4.6 °C superiore alla norma 91/20 ha fatto segnare la seconda deviazione positiva dalla norma più grande da quando sono iniziate le misurazioni nel 1864, tutti i mesi considerati. Solamente il mese di giugno 2003 aveva fatto registrare un valore appena più alto, pari a 4.7 °C.

Nel 2024 le precipitazioni totali hanno raggiunto il 90-115% della norma 91/20 nella maggior parte delle regioni della Svizzera. Sull'Altopiano della Svizzera centrale e orientale e in Vallese, a livello locale sono stati

registrati valori compresi tra il 120 e il 130% di tale norma. Meritano una citazione le abbondanti precipitazioni primaverili, superiori alla norma, con le anomalie positive maggiori registrate sul versante meridionale delle Alpi e nelle aree ad esso adiacenti, a causa dei mesi di marzo e maggio molto piovosi. Diversi siti di misurazione con serie storiche di oltre 100 anni hanno registrato una delle dieci primavere più piovose, alcuni addirittura una delle tre più piovose. Parte di queste precipitazioni è caduta in montagna sottoforma di neve: al di sopra dei 2200 metri lo spessore del manto nevoso in primavera sul versante sudalpino è risultato da record per alcune stazioni gestite dall'Istituto federale per lo studio della neve e delle valanghe di Davos. Oltre ai forti temporali di inizio estate, descritti più avanti, non vanno dimenticate le due forti incursioni invernali che hanno portato quantità eccezionali di neve a livello locale in montagna a inizio settembre e poi di nuovo attorno alla metà di novembre. Nel 2024 il soleggiamento totale è stato compreso tra l'80 e il 90% della norma 1991-2020 su gran parte del territorio svizzero. Singole stazioni di misura della regione alpina hanno registrato uno degli anni meno soleggiati dall'inizio delle misurazioni.

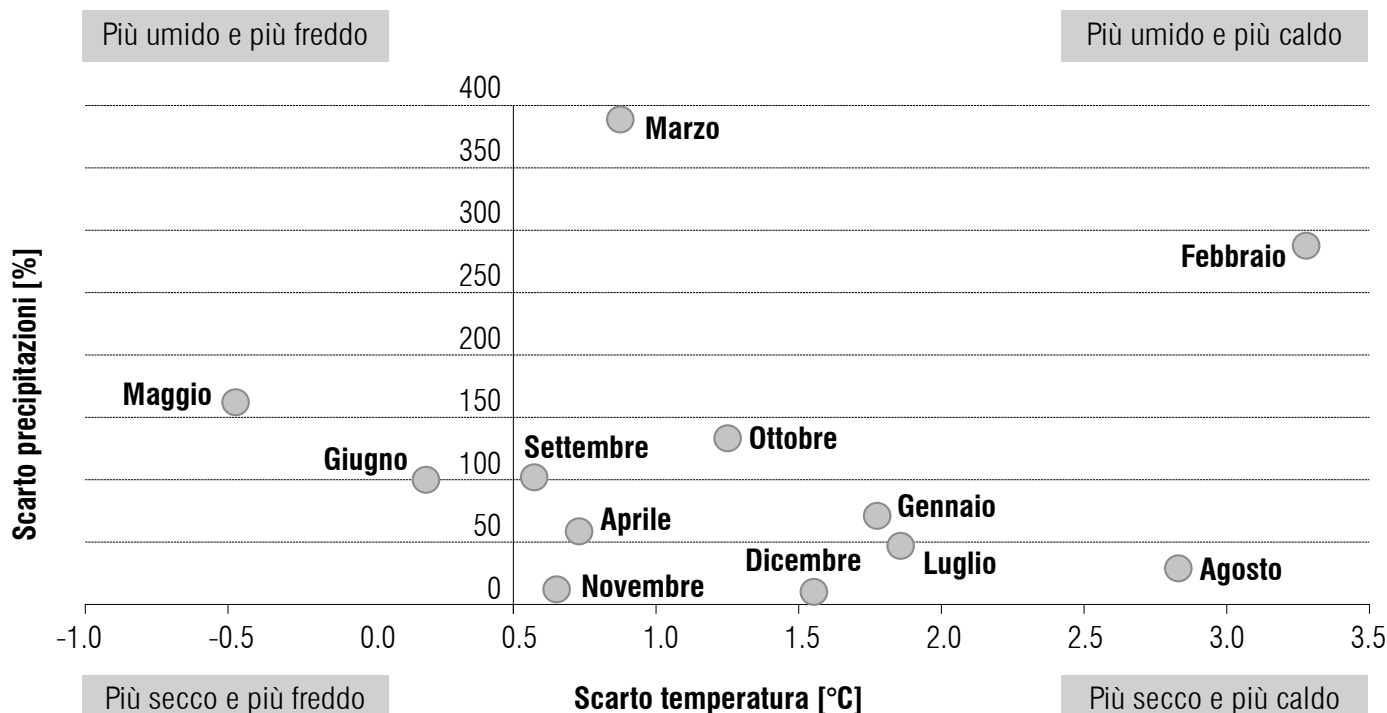


Figura 1: Climatogramma Locarno-Monti: scarto dalla media della temperatura e delle precipitazioni nel 2024, rispetto al periodo di riferimento 1991-2020.

Il 2024 a Sud delle Alpi

Con un'anomalia di $+1.3$ °C rispetto alla norma 91/20, a sud delle Alpi il 2024 è risultato il terzo anno più caldo dall'inizio delle misurazioni nel 1864, dopo il 2022 e il 2023, confermando una volta di più come il riscaldamento globale stia interessando la regione alpina in modo significativo. Fra il periodo preindustriale 1871-1900 e l'ultimo trentennio 1995-2024, la temperatura media annuale a sud delle Alpi è salita di circa 2 °C. Anche nel corso del 2024 sono stati pochi i periodi che hanno fatto registrare temperature inferiori alla norma 91/20. Sull'insieme del territorio della Svizzera italiana, a livello mensile solamente le temperature medie di aprile, maggio e settembre sono risultate inferiori alla norma (con rispettivamente -0.4 , -0.5 e -0.6 °C). Il mese di giugno è risultato molto vicino alla norma (-0.1 °C), mentre tutti gli altri mesi sono risultati più caldi della norma di almeno 1 grado, con le anomalie maggiori registrate in febbraio ($+3.9$ °C) e agosto ($+2.9$ °C).

La somma annuale delle precipitazioni mediata su tutto il territorio ha raggiunto il 107 % della norma 91/20. Gli ultimi anni ad aver fatto registrare precipitazioni più abbondanti della media furono il 2019 e il 2014, con rispettivamente il 115 e il 135 % della norma. Nel 2022, anno particolarmente asciutto, non si superò il 63 % della norma. Nel 2024 a sud delle Alpi il mese più piovoso rispetto alla norma è stato marzo, in assoluto il mese di marzo più ricco di precipitazioni dall'inizio delle misure nel 1901. Mediata sul versante sudalpino, è caduto il 382 % della precipitazione normalmente attesa in questo mese, quindi quasi quattro volte la norma. Anche in febbraio le precipitazioni sono state abbondanti, con il 236 % della media pluriennale. Altri mesi più piovosi della norma sono stati maggio, giugno, settembre e ottobre. Al contrario, nei mesi di agosto, novembre e dicembre è caduta meno della metà della precipitazione media. Riguardo alle precipitazioni non sono mancati gli eventi estremi, come i disastrosi temporali in Mesolcina e nell'Alta Valle Maggia alla fine di giugno.

Riguardo al soleggiamento, così come sull'insieme del Paese, anche sul versante sudalpino esso è stato leggermente inferiore alla norma 91/20. Sul versante sudalpino il numero totale di ore di sole del 2024 è stato compreso fra l' 89 e il 95 % di essa.

Nella regione alpina i mesi di aprile, settembre e dicembre 2024 sono stati caratterizzati da frequenti episodi di favonio. Il numero totale di ore di favonio registrato in questi tre mesi, in particolare in settembre, è stato ben superiore alla media pluriennale.

Intensi temporali con un forte impatto locale

Fra metà giugno e metà luglio 2024, con una curiosa regolarità, ogni circa 7 giorni la regione alpina è stata interessata dal passaggio di perturbazioni temporalesche, che hanno causato forti temporali con ingenti danni a livello locale, in particolare nei cantoni Ticino, Vallese e Grigioni. Benché ogni situazione abbia avuto un proprio sviluppo specifico, tutti gli eventi si possono ricondurre ad un'evoluzione delle condizioni meteorologiche tipica per il versante sud delle Alpi, nota

e descritta nella letteratura scientifica. Il meccanismo alla base di questi eventi può essere semplificato come segue: sospinte da venti in quota da sudovest masse d'aria calda e umida provenienti dall'area mediterranea raggiungono le Alpi, dove sono costrette a muoversi verso l'alto per scavalcare le montagne. Questo sollevamento forzato, di origine orografica, innesca processi di condensazione che liberano energia termica, a disposizione per sostenere lo sviluppo dei turbolenti moti convettivi che portano alla formazione dei temporali, che di fatto "si alimentano" con l'umidità presente negli strati bassi dell'atmosfera. In una simile, instabile, atmosfera i temporali trovano le condizioni ideali per il loro sviluppo. Essi si muovono seguendo la direzione delle correnti in quota, tipicamente da SW a NE. Finché la struttura dei venti in quota mantiene la sua posizione geografica su larga scala, i temporali si rigenerano costantemente e insistono ripetutamente sulle medesime regioni. Solo quando l'intera struttura dei venti in quota si sposta verso est, anche le regioni interessate dai temporali iniziano a spostarsi. Ciò avviene generalmente in corrispondenza dell'avvicinamento da ovest o da nordovest di un fronte freddo, che con il suo passaggio pone rapidamente fine alla situazione testé descritta e alle precipitazioni. Magari dopo averne causato un temporaneo rinforzo finale, una sorta di colpo di coda. La velocità e la direzione dei venti nei diversi strati atmosferici variano di volta in volta, determinano il tipo di interazione con l'orografia e, in definitiva, l'esatta posizione ed estensione dei temporali. Ciò significa che, anche in presenza di condizioni meteorologiche simili su scala continentale, l'esatta localizzazione dei temporali e le regioni da essi interessate variano di volta in volta attraverso l'intero versante meridionale delle Alpi, dalla Valle Maggia alla Mesolcina.

Il primo evento si è verificato la sera di venerdì 21 giugno, quando dopo un'intera giornata mite e carica di umidità, con i primi rovesci temporaleschi che si sono sviluppati già al mattino presto, in serata intensi temporali hanno colpito per meno di 2 ore il Moesano. Se sull'insieme della giornata sono caduti sul totale dell'evento da 60 a 80 mm, localmente fino a più di 150 mm, sono proprio state queste due ore a lasciare una triste ferita nel territorio. A Grono nella fase più intensa sono stati misurati 63.7 mm in 60 minuti. L'evento di maltempo ha avuto conseguenze molto importanti nel Moesano con decine di frane e colate detritiche. Particolarmente colpito il comune di Lostallo, dove una colata di detriti ha travolto parte dell'abitato di Sorte producendo non solo gravi danni, ma purtroppo anche alcune vittime e, poco più a nord, una frana ha raggiunto l'alveo della Moesa, deviandola e provocando in questo modo l'erosione di una parte della massicciata su cui è posata l'autostrada, che è crollata su alcune centinaia di metri.

Il secondo evento si è verificato il 29 giugno, con intensi temporali serali che, fino a circa metà notte, hanno interessato soprattutto l'Alta Valle Maggia e la parte superiore della Leventina. Trascinate dai forti venti in quota, le precipitazioni sono state di rilievo anche nei Cantoni Uri e Vallese. Le precipitazioni si sono veri-

ificate grosso modo in due fasi: la prima caratterizzata dal passaggio di frequenti cellule temporalesche di forte intensità, la seconda caratterizzata da un fronte temporalesco praticamente stazionario e molto intenso. In circa 6 ore in alcune zone dell'Alta Valle Maggia sono caduti, basandosi sui dati combinati fra misure da parte dei radar meteorologici e delle stazioni al suolo, localmente fino a 250 mm e più di pioggia. Vale a dire il quantitativo che di solito cade in 4-6 settimane. Precipitazioni così intense hanno lasciato un segno indelebile nel territorio, in particolare fra la bassa Valle Bavona e la Valle di Peccia: numerose frane e colate detritiche hanno portato morte e distruzione in una zona geograficamente piccola, a testimonianza di come i fenomeni di maltempo dovuti ai temporali sono a volte estremamente limitati ma non per questo meno pericolosi. Le piogge molto intense hanno fatto salire rapidamente il livello dei fiumi della zona, che sono esondati. Da segnalare in particolare la distruzione del ponte di Viletto a sud di Cevio.

Da un punto di vista meteorologico, benché molto intense, le precipitazioni registrate nell'evento del 21 giugno 2024 hanno avuto, per singoli "pixels" del territorio un periodo di ritorno attorno ai 5-20 anni (a seconda della regione e dell'intervallo temporale considerato). Durante l'evento del 29 giugno 2024 l'analisi dei periodi di ritorno ha mostrato – sempre per singoli "pixels" – sia per le somme massime su 1 ora, sia per quelle su 6 ore, dei periodi di ritorno superiori ai 100 anni, per un'ampia zona fra la Valle Bavona e la Valle di Peccia. A prima vista può apparire una discrepanza fra simili periodi di ritorno e l'ampiezza dei danni provocati. La spiegazione sta nel non dimenticare che la pioggia che cade rappresenta "solo" l'innesco di, ad esempio, una potenziale colata detritica. Affinché la colata si inneschi veramente e le sue dimensioni assumano dimensioni

catastrofiche, ulteriori "ingredienti" devono essere presenti nella giusta quantità. Nel caso concreto simili ingredienti possono essere stati il suolo saturo dalle precipitazioni primaverili, la presenza di neve al suolo in alta montagna, l'acqua di fusione della neve, l'eventuale presenza di materiale mobile negli alvei dei torrenti, l'eventuale presenza di residui di valanghe nei torrenti, eccetera. Il periodo di ritorno di un evento composito, come una colata detritica, è sempre superiore (a volte anche di molto) a quello che si riferisce esclusivamente alla pioggia caduta in una stazione di misura.

Due altri eventi di maltempo si sono verificati nelle due settimane seguenti, fortunatamente con impatto sul territorio decisamente inferiore rispetto a quello avuto in Mesolcina e in Valle Maggia. Il 7 luglio un temporale quasi stazionario ha causato precipitazioni molto intense nel Mendrisiotto: la stazione di Coldrerio ha misurato 57.4 mm sull'arco di 1 ora, 123.6 mm su 3 ore e ben 181.8 mm in 6 ore. Il totale sulle 24 ore fra le 6 UTC del 7 e le 6 UTC dell'8 luglio è stato di 185.7 mm, secondo valore più elevato per questa stazione attiva dal 1919, e corrispondente ad un tempo di ritorno di 30-50 anni. Il 12 luglio sul Mendrisiotto sono state registrate abbondanti precipitazioni: di primo mattino in poche ore sono caduti fra i 30 e poco meno di 90 mm, con un massimo in Valle di Muggio. Nel pomeriggio della medesima giornata alcuni temporali hanno poi interessato un po' tutte le regioni, provocando raffiche di vento superiori ai 100 km/h a Magadino / Cadenazzo e in diverse stazioni di rilevamento del Sottoceneri. La stazione di Magadino / Cadenazzo ha misurato 37,1 mm su dieci minuti, nuovo primato di pioggia su questo intervallo di tempo per quel che riguarda il versante sudalpino. La medesima cella temporalesca ha causato anche chicchi di grandine di medie dimensioni, con diametro fino a 2-3 cm.

Tabella 1: Specchietto riassuntivo dei valori mensili dei principali elementi meteorologici rilevati a Locarno-Monti nel 2024, con le variazioni rispetto alla norma (periodo 1991-2020).

Dati climatologici per il 2024 a Locarno-Monti																							
Mese	Temperatura						Umidità relativa			Precipitazioni				Numeri di giorni con					Sole				
	Media gradi °C	Differenza dalla norma °C	Massima °C	Giorno	Minima °C	Giorno	Media %	Minima %	Giorno	Totale mm	Differenza dalla norma %	Massimo giornaliero mm	Giorno	Precipitazioni ≥ 0.3 mm	#	⊖	Δ	III	Giorni chiari	Giorni oscuri	Nuvolosità in %	Totale ore	% del possibile
I	5.6	1.7	21.4	25	-1.9	20	60	8.3	19	49	71	40.0	5	3	0	0	2	16	9	44	140	62	105
II	8.9	3.7	20.8	19	1.7	26	66	10.4	20	185	287	36.7	9	12	0	0	6	9	9	65	117.6	46	77
III	9.8	0.5	22.2	21	1.0	10	68	12.0	23	370	390	96.6	31	13	0	1	8	10	13	73	151	45	75
IV	12.9	0.3	26.5	14	5.0	22	56	13.0	16	97	58	30.6	9	11	0	1	1	13	9	65	196.7	53	101
V	15.1	-1.3	25.5	28	8.4	17	76	24.8	28	306	161	53.2	14	22	0	3	9	4	13	78	120.4	29	57
VI	19.8	-0.4	30.4	28	11.9	13	71	30.7	1	187	100	58.4	15	12	0	4	4	4	8	72	173.6	43	73
VII	24.1	1.8	33.0	28	15.3	4	65	24.9	2	77	47	47.0	6	6	0	1	2	13	1	44	282.1	68	105
VIII	24.9	3.1	34.7	13	17.4	8	61	24.8	21	60	28	20.5	7	7	0	6	0	18	0	45	299.8	76	121
IX	17.7	0.1	29.9	1	10.1	29	66	8.8	15	206	101	41.7	8	14	0	2	5	5	8	68	140.7	41	71
X	13.9	1.0	21.3	22	7.7	5	85	37.9	11	282	134	49.9	8	18	0	0	12	8	17	68	106.2	36	70
XI	8.1	0.2	18.6	1	-0.6	22	69	13.1	20	23	11	16.0	21	4	4	0	0	20	2	33	190.4	83	169
XII	5.8	1.4	14.0	16	0.4	13	54	12.8	6	8	9	7.7	19	1	0	0	1	19	8	33	144.1	68	122
Anno	13.9	1.0	34.7	13-VIII	-1.9	20-I	66	8.3	19-I	1849	100	96.6	31-III	123	4	18	1	139	97	57	2063	54	96

Un'unica ondata di caldo, ma molto lunga

Dal punto di vista delle temperature, l'estate 2024 è iniziata in sordina (con la temperatura media di giugno di 0.1 °C sotto la norma 91/20). A partire da metà luglio le temperature hanno iniziato a salire dando vita fino a metà agosto ad una lunga fase canicolare. Per Lugano si è trattato dell'ondata di caldo più lunga mai registrata, con 17 giorni consecutivi di temperatura giornaliera media superiore ai 25 °C. Sempre con riferimento alla stazione di Lugano fra il 24 luglio e il 6 agosto la media delle temperature minime giornaliere è stata pari a 22.0 °C, valore più elevato della serie storica. Vale a dire a partire dall'inizio delle misure nel 1864, due settimane così calde per quanto riguarda le temperature minime non erano mai state registrate. Le elevate temperature minime hanno avuto un impatto sul numero di notti tropicali sull'insieme dell'estate, che è stato ben superiore alla norma. A Locarno Monti e a Lugano le notti tropicali sono state 33, rispettivamente, 41. Per Lugano si è trattato del numero più elevato di notti tropicali mai registrato dall'inizio delle misure nel 1864, per Locarno Monti del secondo valore più elevato.

Aurore boreali fino in Ticino

Le aurore boreali si osservano raramente in Svizzera, ma nel 2024 è stato possibile osservarle in due periodi: il primo dal 10 all'11 maggio e in seguito di nuovo dal 10 all'11 ottobre. Grazie al cielo sereno, l'aurora di maggio è stata ben visibile, mentre per vedere quella di ottobre è stata necessaria anche un po' di fortuna, poiché in molte zone del Ticino erano presenti nuvole piuttosto estese e dense che hanno limitato la vista del cielo notturno colorato.

Carex otrubae Podp.: ritrovata nel Cantone Ticino (Svizzera) dopo oltre ottant'anni

Paolo Selldorf¹ & Sofia Mangili^{2*}

¹ Via Campagna 19, 6926 Collina d'Oro, Svizzera

² Museo cantonale di storia naturale, 6900 Lugano, Svizzera

* sofia.mangili@ti.ch

Redattore di riferimento: Luca Gaggini

Riassunto: Nel 2021, in un biotopo umido a Novazzano, sono stati scoperti alcuni cespi di *Carex otrubae* Podp. (Cyperaceae), una carice considerata estinta sul territorio svizzero al sud delle Alpi e non più osservata da oltre 80 anni nel Cantone Ticino. In questa notizia viene presentata la specie e le caratteristiche rilevanti per distinguerla da altre carici molto simili. In seguito, sono discussi gli aspetti storici e la presenza di *C. otrubae* nel Cantone e nelle zone limitrofe. È inoltre fornita una descrizione del sito di ritrovamento, ossia uno stagno creato artificialmente circa un decennio fa per promuovere la rana di Lataste. Il monitoraggio eseguito nel periodo 2021-2024 ha evidenziato un aumento del numero di individui. Per proteggere e favorire la dispersione della specie sono state approntate delle misure di gestione specifiche. Si tratta comunque di una piccola stazione isolata.

Parole chiave: *Carex cuprina* (Sándor ex Heuff.) Nendtv. ex A. Kern, *Carex nemorosa* Rebent., *Carex vulpina* L., Carice nemorosa

***Carex otrubae* Podp.: found in Canton Ticino (Switzerland) after more than eighty years**

Abstract: In 2021, a few tufts of *Carex otrubae* Podp. (Cyperaceae) were discovered in a wet biotope in Novazzano. This sedge is considered extinct in the Swiss Southern Alps and was not observed for more than 80 years in Canton Ticino. This article presents the species and the relevant characteristics to distinguish it from other, very similar, sedges. The historical aspects and the presence of *C. otrubae* in Canton Ticino and neighbouring areas are also discussed. A description of the site of discovery, i.e. a pond artificially created about a decade ago to promote the Lataste frog, is provided. Monitoring during the period 2021-2024 showed an increase in the number of individuals. Specific management measures have been put in place to protect and promote the dispersal of the species. However, this remains a small isolated station.

Keywords: *Carex cuprina* (Sándor ex Heuff.) Nendtv. ex A. Kern, *Carex nemorosa* Rebent., *Carex vulpina* L., False fox-sedge

INTRODUZIONE

Negli ultimi anni le Note floristiche nel Cantone Ticino (Svizzera) si sono concentrate perlopiù sulla segnalazione di piante esotiche nuove per il territorio cantonale o nazionale. La pubblicazione di ritrovamenti di specie indigene rare, minacciate e/o regionalmente scomparse è meno frequente (vedi p.es. Mangili et al. 2016). Con questo contributo si vuole in parte colmare questa lacuna e informare sul ritrovamento di una specie considerata estinta per il versante svizzero al sud delle Alpi (Bornand et al. 2019).

Nel 2021, in un biotopo umido del Mendrisiotto monitorato regolarmente, è stata osservata una nuova carice, inizialmente identificata come la neofita *Carex vulpinoidea* Michx. e, in seguito ad approfondimenti, determinata come *C. otrubae* Podp., una specie indigena non più osservata nel Cantone Ticino dagli anni '40 del secolo scorso. In questo articolo è presentata la descrizione botanica della specie e le caratteristiche

rilevanti per distinguerla da altre carici molto simili. In seguito, è discussa la presenza storica di *C. otrubae* nel Cantone. È infine fornita una descrizione del sito di ritrovamento, sono presentati i risultati del monitoraggio svolto nel periodo 2021-2024 e descritti gli interventi di gestione attuati per salvaguardarla e promuoverla localmente.

MATERIALI E METODI

L'identificazione è stata eseguita sia su campioni d'erbario, sia su esemplari freschi osservati in loco, utilizzando la letteratura specialistica svizzera e dei paesi limitrofi (De Langhe & Reichling 1958; Hess et al. 1976; Pignatti 2017-2019; Graf 2019; Eggenberg et al. 2022; Hamon 2022; Lauber et al. 2024). Per le caratteristiche differenziali più importanti sono state seguite le indicazioni fornite dalle flore più recenti (Pignatti 2017-2019; Eggenberg et al. 2022; Hamon 2022). I cam-

pioni sono depositati nell'Erbario generale del Museo cantonale di storia naturale (MCSN) di Lugano (LUG). Agli erbari di Basilea (BAS), Berna (BERN), Ginevra (G), Losanna (LAU) e Zurigo (Z+ZT) è stato richiesto di verificare la presenza nelle loro collezioni di campioni di *C. otrubae* raccolti nel Cantone Ticino. Per le micro-fotografie è stato utilizzato un binoculare Leica S9i e un microscopio Leica DM750 (con fotocamera integrate, software Leica LAS X). La taglia della popolazione è stata monitorata nel periodo 2021-2024, mediante un conteggio preciso dei cespi in maggio o giugno. Nel 2021 e nel 2024 sono stati contati anche i cespi in fiore.

RISULTATI E DISCUSSIONE

Carex otrubae ha numerosi sinonimi, i più utilizzati in passato erano *C. nemorosa* Rebentisch (1804, non Schrank), *C. vulpina* L. var. *nemorosa* De Candolle (1815), *C. cuprina* (Sándor ex Heuff.) T. Nendtv. Ex A. Kern (1863), *C. vulpina* ssp. *nemorosa* Schinz et Keller (1923), e altri. Per le caratteristiche morfologiche di *C. otrubae* Podp. (carice nemorosa, Cyperaceae, Figg. 1A e B) si faccia riferimento alla tabella 1. *Carex otrubae* può essere confusa con le indigene *C. spicata* Hudson (inclusa nell'aggregato *C. muricata*) e, soprattutto, con *C. vulpina* L. o con la neofita *C. vulpinoidea* Michx. *Carex spicata* si distingue da *C. otrubae* per le foglie larghe ≤ 4 mm (Hamon 2022). *Carex vulpinoidea*, specie di origine nord-americana ancora poco frequente nel Cantone Tici-

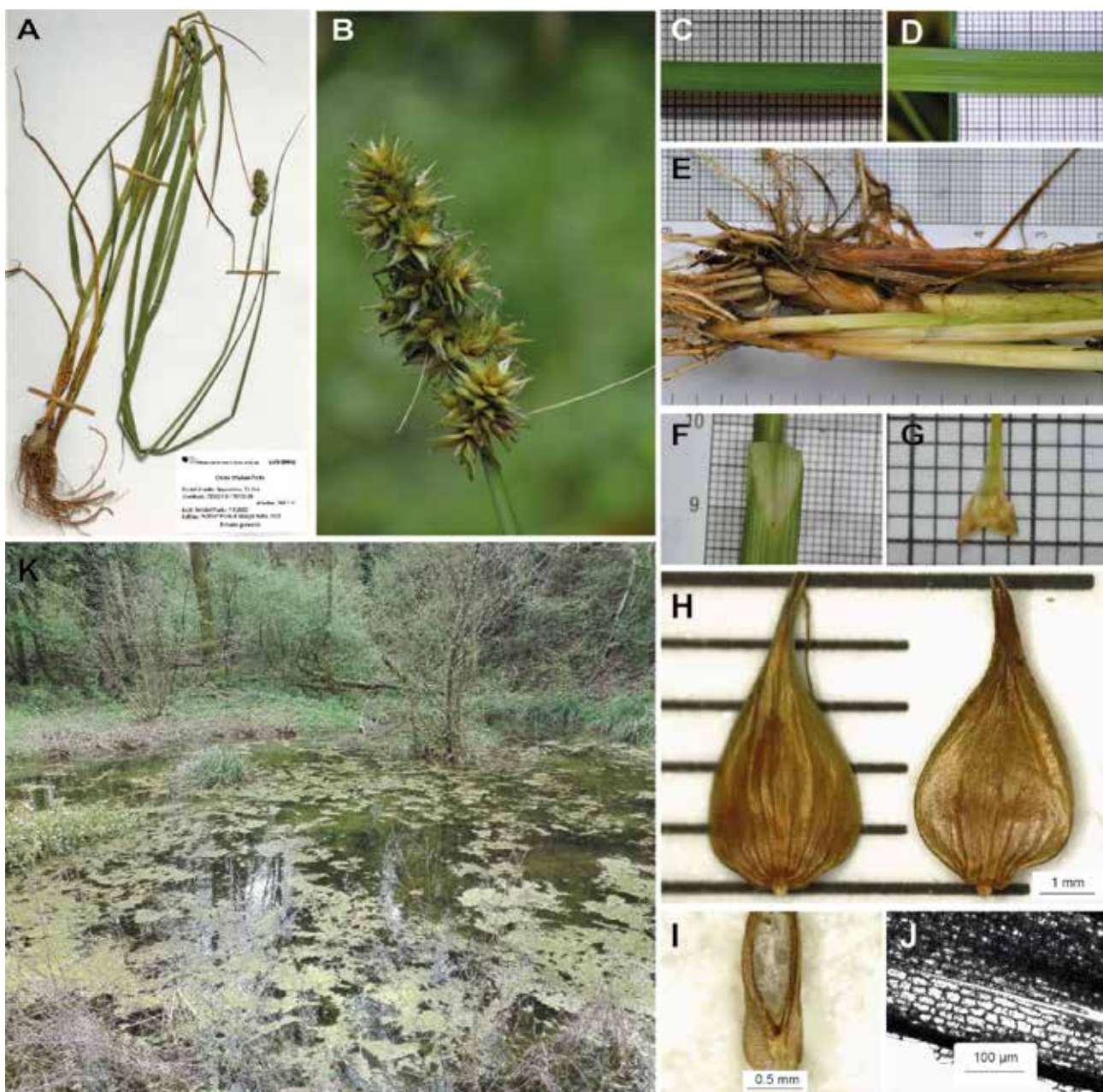


Figura 1: *Carex otrubae* a Novazzano. A: campione d'erbario di *C. otrubae* depositato al Museo cantonale di storia naturale a Lugano, B: dettaglio dell'infruttescenza, C: fusto, D: foglia, E: guaine basali, F: ligula, G: orecchiette della brattea inferiore, H: otricelli (faccia esterna a sinistra e interna a destra), I: sezione trasversale dell'otricello, J: superficie e cellule epidermiche dell'otricello, K: ambiente di crescita a Novazzano (foto A: Adriano Nicolosi, B-J: Sofia Mangili, K: Paolo Selldorf).

Tabella 1: Caratteri di *C. otrubae* e *C. vulpina* in base a De Langhe & Reichling (1958), Graf (2019), Hamon (2022) e Lauber et al. (2024). I caratteri rilevanti per distinguere le due specie sono sottolineati.

	<i>Carex otrubae</i>	<i>Carex vulpina</i>
Fusto	<u>Non o poco alato</u> , trigono, a facce piano-convesse, meno ruvido sugli spigoli, largo 2.5-4 mm (Fig. 1C)	<u>Chiaramente alato</u> , trigono, a facce concave, ruvido sugli spigoli
Foglie	Larghe 4-10 mm, carenate, scabre nella parte superiore, <u>da verde chiaro a glauche</u> (Fig. 1D)	Larghe (3-)4-7(-8) mm, piane o carenate, di colore <u>verde scuro</u> anche da essiccate
Guaine basali	<u>Bianche a nervature verdi poi marrone chiaro, poco fibrose</u> (Fig. 1E)	<u>Di colore marrone-nerastro, molto fibrose</u>
Ligula della foglia superiore	Distanza tra la base e la punta dell'arco 5-15 mm, <u>angolo acuto o subacuto, più lunga che larga</u> (lungh./largh. > 1; Fig. 1F)	Distanza tra la base e la punta dell'arco 2-6 mm, <u>angolo ottuso a quasi piatto, più larga che lunga</u> (lungh./largh. < 1)
Infiorescenza (pannocchia)	Allungata, 2-4.5(-8) cm, oblunga o piramidale, spesso interrotta alla base, di colore verde-giallastro a marrone chiaro (Fig. 1B)	Allungata, (3.5-)7-9 cm, densa, di colore marrone scuro-rossastro
Brattea inferiore e orecchiette	Filiforme-setacea, in generale più lunga rispetto alla spighetta adiacente ma raramente superante l'infiorescenza, <u>a orecchiette pallide</u> (Fig. 1G)	Filiforme-setacea, generalmente corta, <u>a orecchiette scure</u>
Otricelli (nervature)	<u>Nervature prominenti, ben visibili su entrambi lati</u> (quelle della faccia interna spesso visibili solo nel terzo inferiore dell'otricello; Fig. 1H)	<u>Nervature ben visibili solo sulla faccia esterna</u>
Otricelli (sezione)	<u>Massa spugnosa alla base presente e > 3 mm</u> (sezione, Fig. 1I)	<u>Massa spugnosa alla base assente o < 2 mm e decorrente</u>
Otricelli (superficie)	<u>Senza papille</u> (liscia, Fig. 1J)	<u>Con papille</u>
Otricelli (cellule epidermiche)	<u>A contorno ± rettangolare</u> (Fig. 1J)	<u>A contorno isodiametrico (rotondeggiante)</u>

no, si differenzia dalle prime due principalmente per l'assenza di una massa spugnosa alla base degli otricelli, che sono lunghi al massimo 3 mm (Hamon 2022). In passato *C. otrubae* non veniva distinta da *C. vulpina*. I caratteri rilevanti per distinguere le due specie sono illustrati nella tabella 1.

Nell'ambito delle ricerche svolte per questa notizia sono stati ritrovati unicamente tre campioni d'erbario di *C. otrubae* raccolti nel Cantone Ticino, attualmente conservati presso gli erbari di Zurigo (Z+ZT). Il primo, nominato *C. vulpina* var. *nemorosa* e datato 1921, è stato raccolto da Alban Voigt tra il 1920 e il 1921 nei pressi della stazione ferroviaria di Lugano. Il secondo campione, identificato come *C. nemorosa*, è stato raccolto da Walo Koch nel 1945 lungo la riva del porto di Melide. La stazione di Melide è stata compromessa dall'arginatura della riva avvenuta in seguito. Un terzo campione, raccolto nel Locarnese da Otto Hirschmann nel 1952 e identificato come *C. nemorosa* è atipico (com. pers. U. Graf) e probabilmente appartenente ad un'altra specie. Nessun altro degli erbari svizzeri consultati ha finora segnalato la presenza di campioni ticinesi di *C. otrubae* nelle loro collezioni. La presenza di *C. otrubae* alle Bolle di Paltano in Valle Bedretto, segnalata nel 1999 e già indicata come incerta dall'osservatrice, è poco probabile, data l'altitudine del ritrovamento (ca. 2'000 m s.l.m.; InfoFlora 2024). Nel 2024 è stato comunque effettuato un sopralluogo in loco, senza esito positivo. Da ciò risulta che, per il momento, il ritrovamento nella zona protetta di Novazzano nel 2021 è da considerarsi una novità per il Cantone Ticino. *Carex otrubae* in Svizzera è valutata come potenzialmen-

te minacciata (Bornand et al. 2016), mentre per il versante sud delle Alpi è considerata regionalmente estinta (Bornand et al. 2019). È inoltre protetta nel Cantone Ticino (Allegato 1 del Regolamento della legge cantonale sulla protezione della natura del 23 gennaio 2013). Il luogo del ritrovamento si trova nel Comune di Novazzano, in zona Castel di Sotto, nel Parco Valle della Motta (proprietà della Fondazione Luigi e Teresa Galli). *Carex otrubae* è stata osservata per la prima volta sull'isola più piccola di uno degli stagni creati una decina di anni fa, e ricoperta per la maggior parte da *Carex pendula* Huds. È probabile che *C. otrubae* sia giunta a Novazzano grazie ad anatre o altri uccelli acquatici, in passato spesso avvistati nello stagno e in particolare sull'isoletta, provenienti da luoghi umidi italiani nei pressi del confine (segnalatici da R. Ceriani). Nel 2021, primo anno dell'osservazione, sono stati conteggiati 2 individui sulla piccola isola. Negli anni seguenti il numero di individui è progressivamente aumentato fino a raggiungere un massimo di 22 (2022: 10 ind.; 2023: 22 ind.; 2024: 18 ind.). Nel 2021 gli individui in fiore erano 2, mentre nel 2024 18. Auspichiamo che anche in futuro gli effettivi della popolazione vengano monitorati conteggiando anche i cespi fertili e ispezionando altri siti nell'area potenzialmente favorevoli alla crescita della specie.

A livello della gestione, finora è stato adottato un intervento di taglio della vegetazione delle rive in autunno, senza toccare i cespi di *C. otrubae*, e un taglio specifico dei rovi in giugno. Per favorire la crescita della popolazione e, di conseguenza, la conservazione della specie, riteniamo utile continuare ad effettuare almeno un ta-

glio autunnale della vegetazione erbacea, con allontanamento del materiale tagliato. Va comunque sottolineato che si tratta di una popolazione esigua e isolata, la cui sopravvivenza potrebbe non essere garantita a lungo termine (ad esempio, a causa dell'attività di cinghiali).

In conclusione, il ritrovamento di una specie considerata regionalmente estinta in un biotopo creato artificialmente, protetto e con una gestione a scopo naturalistico è la conferma della validità di questi interventi per la promozione e la protezione della biodiversità e in particolare delle specie minacciate d'estinzione. La pubblicazione di questo contributo vuole anche rendere attenti botanici e biologi sulla presenza di *C. otrubae* nel Cantone e motivarli a segnalare i loro ritrovamenti a InfoFlora. Ulteriori informazioni sono disponibili presso gli autori.

RINGRAZIAMENTI

Ringraziamo C. Pradella per l'aiuto alla ricerca di pubblicazioni, A. Nicolosi per la foto del campione d'erbario, M. Jutzi per l'estratto dalla banca dati di InfoFlora, A. Möhl e P. Juillerat per le informazioni sulla specie, A. Selvaggi e R. Ceriani del Centro Flora Autoctona per le informazioni sulle stazioni italiane e U. Graf per l'aiuto alla determinazione di alcuni esemplari. Un ringraziamento particolare a R. Nyffeler e ai suoi collaboratori F. Schmid e M. Mendelin degli erbari combinati Z+ZT dell'Università e dell'ETH di Zurigo; così come ai responsabili e curatori degli erbari dell'Università di Basilea (A. Grall e J. de Vos), del Giardino botanico dell'Università di Berna (R. Vetsch), del Conservatoire et Jardin botaniques di Ginevra (N. Schoenenberger e L. Nusbaumer) e del Jardin botanique cantonal di Losanna (P. Descombes). Grazie anche a Alessio Maccagni e Luca Gaggini per l'attenta revisione del testo.

REFERENZE BIBLIOGRAFICHE

- Bornand C., Gygas A., Juillerat P., Jutzi M., Möhl A., Rometsch S., ... & Eggenberg S. 2016. Liste rouge Plantes vasculaires. Espèces menacées en Suisse. Office fédéral de l'environnement, Berne et Info Flora, Genève. L'environnement pratique, 1621: 1-178.
- Bornand C., Eggenberg S., Gygas A., Juillerat P., Jutzi M., Marazzi B., ... & Santiago H. 2019: Regionale Rote Liste der Gefäßpflanzen der Schweiz. Genf, Bern, Lugano, Info Flora, 386 pp.
- De Langhe J.E. & Reichling L. 1958. *Carex vulpina* L. et *Carex otrubae* Podp. (*C. nemorosa* Reb.) en Belgique et au Grand-Duché de Luxembourg. Bulletin de la Société des Naturalistes Luxembourgeois, 61: 29-61.
- Eggenberg, S., Bornand C., Juillerat P., Jutzi M., Möhl A., Nyffeler R. & Santiago H. 2022. Flora Helvetica – Flore d'excursion, 2. überarbeitete Auflage. Bern, Haupt Verlag, 848 pp.
- Graf U.H. 2019. Schlüssel zur Bestimmung von nichtblühenden Seggen, Binsen und anderen Sauergräsern in der Schweiz. Cyperaceae, Juncaceae, Juncaginaceae, Scheuchzeriaceae. 3. überarb. Auflage. WSL Berichte 10, 131 pp.
- Hamon D. 2022. Carex de France, Manuel d'identification de terrain. Méze, Editions Biotope 384 pp.
- Hess H.E., Landolt E. & Hirzel R. 1976. Flora der Schweiz und angrenzender Gebiete. Zweite, durchgesehene Auflage. Basel, Birkhäuser, 858 pp.
- InfoFlora 2024. Centro nazionale dei dati e delle informazioni sulla flora svizzera. Estratto dalla banca dati di InfoFlora per la flora vascolare e le caracee (19.1.2024).
- Lauber K., Wagner G. & Gygas A. 2024. Flora Helvetica – Flore illustrée de Suisse. 6e édition. Bern, Haupt Verlag, 1695 pp.
- Mangili S., Schoenenberger N. & Frey D. 2016. Ritrovamento di tre specie vegetali nuove per la Svizzera e di un taxon raro considerato regionalmente scomparso. Bollettino della Società ticinese di scienze naturali, 104: 29-36.
- Pignatti S., Guarino R. & La Rosa M. 2017-2019. Flora d'Italia, 2a edizione, Bologna Edagricole-Edizioni Agricole di New Business Media, 1120 pp.

Residual anophelism in the Lake Piano area (Lombardy; North Italy) over 90 years after local malaria eradication

Marco Martignoni¹, Michela Menegon² & Francesco Severini²

¹ Piazza G. Matteotti 25, 21050 Lonate Ceppino, Italy

² Department for Infectious Diseases, Vector-borne diseases Unit, Istituto Superiore di Sanità, Viale Regina Elena 299, 00161 Rome, Italy

marcomartignoni.sn@gmail.com

Redattore di riferimento: Mauro Jermini

Abstract: The objective of this report is provide an update on the residual population of *Anopheles* mosquitoes in the Lake Piano area, over 120 years after the last study on the topic (Galli-Valerio & Rochaz-de Jongh 1903). The present investigation confirmed the presence of *Anopheles claviger* s.s., *A. petragrani*, *A. plumbeus*, *A. maculipennis* s.s. and *A. messeae/daciae* sp. inq. Some of these species, mainly zoophilic or exophilic but recently re-evaluated as potential malaria vectors (Bertola et al. 2022), could explain the peculiarities of the sporadic and long intermittent transmission of malaria that affected the local population more than 90 years ago.

Keywords: *Anopheles claviger*, *Anopheles daciae*, *Anopheles maculipennis*, *Anopheles messeae*, *Anopheles petragrani*, *Anopheles plumbeus*, malaria

Anofelismo residuo nell'area del Lago di Piano (Lombardia, Nord Italia) ad oltre 90 anni dalla scomparsa della malaria locale

RIASSUNTO ESTESO

Introduzione: L'obiettivo di questa Notizia è approfondire la conoscenza sulla distribuzione e l'ecologia delle zanzare del genere *Anopheles* nell'area del lago di Piano a distanza di oltre 120 anni dall'ultimo studio condotto in questa area (Galli-Valerio & Rochaz-de Jongh 1903). Inoltre, la presenza di specie di anofelini, recentemente rivalutate come potenziali vettori di malaria (Bertola et al. 2022), potrebbe spiegare la peculiarità della sporadicità e della lunga intermittenza della trasmissione della malaria che, più di 90 anni fa, colpiva la popolazione locale.

Materiali e metodi: Gli esemplari di *Anopheles*, raccolti nell'estate 2024 in 25 siti dell'area di studio, sono stati successivamente trasferiti in laboratorio per l'identificazione e per ottenere ovideposizioni dalle femmine gravide e alate dalle pupe. L'identificazione morfologica è stata eseguita attraverso chiavi tassonomiche e una parte degli esemplari adulti sono stati mantenuti a -20°C per successive conferme molecolari.

Risultati e discussione: Un totale di 115 alate, 76 larve, 23 ovideposizioni e 12 uova libere sono state identificate morfologicamente come appartenenti a due complessi (*maculipennis* e *claviger*) e cinque specie (*Anopheles claviger* s.s., *A. petragrani*, *A. plumbeus*, *A. maculipennis* s.s. e *A. messeae/A. daciae* sp. inq.). Questo studio suggerisce che la sporadicità e le lunghe intermittenze dei casi di malaria terzana benigna verificatisi in passato in questa area potrebbero essere attribuibili alla presenza simultanea di *Plasmodium vivax*, che se non opportunamente trattato, è in grado di recidivare periodicamente, ma irregolarmente per un periodo fino anche a oltre 5 anni e di specie vettrici, prevalentemente zoofile o esofile, soggette a fattori ambientali che ne influenzavano l'abbondanza temporanea e le abitudini alimentari. Sarebbe interessante approfondire l'indagine sulla attuale distribuzione degli anofelini in altre aree in Svizzera e nelle Alpi e Prealpi italiane, un tempo soggette a malaria, e ricostruire il loro ruolo come vettori. Per l'identificazione delle specie (in particolare per i membri di complessi di specie) è auspicabile la conferma molecolare, come peraltro in corso per gli esemplari del presente studio (ISS) e per le raccolte previste nel 2025 nelle Bolle di Magadino (SUPSI).

Parole chiave: *Anopheles claviger*, *Anopheles daciae*, *Anopheles maculipennis*, *Anopheles messeae*, *Anopheles petragrani*, *Anopheles plumbeus*, malaria

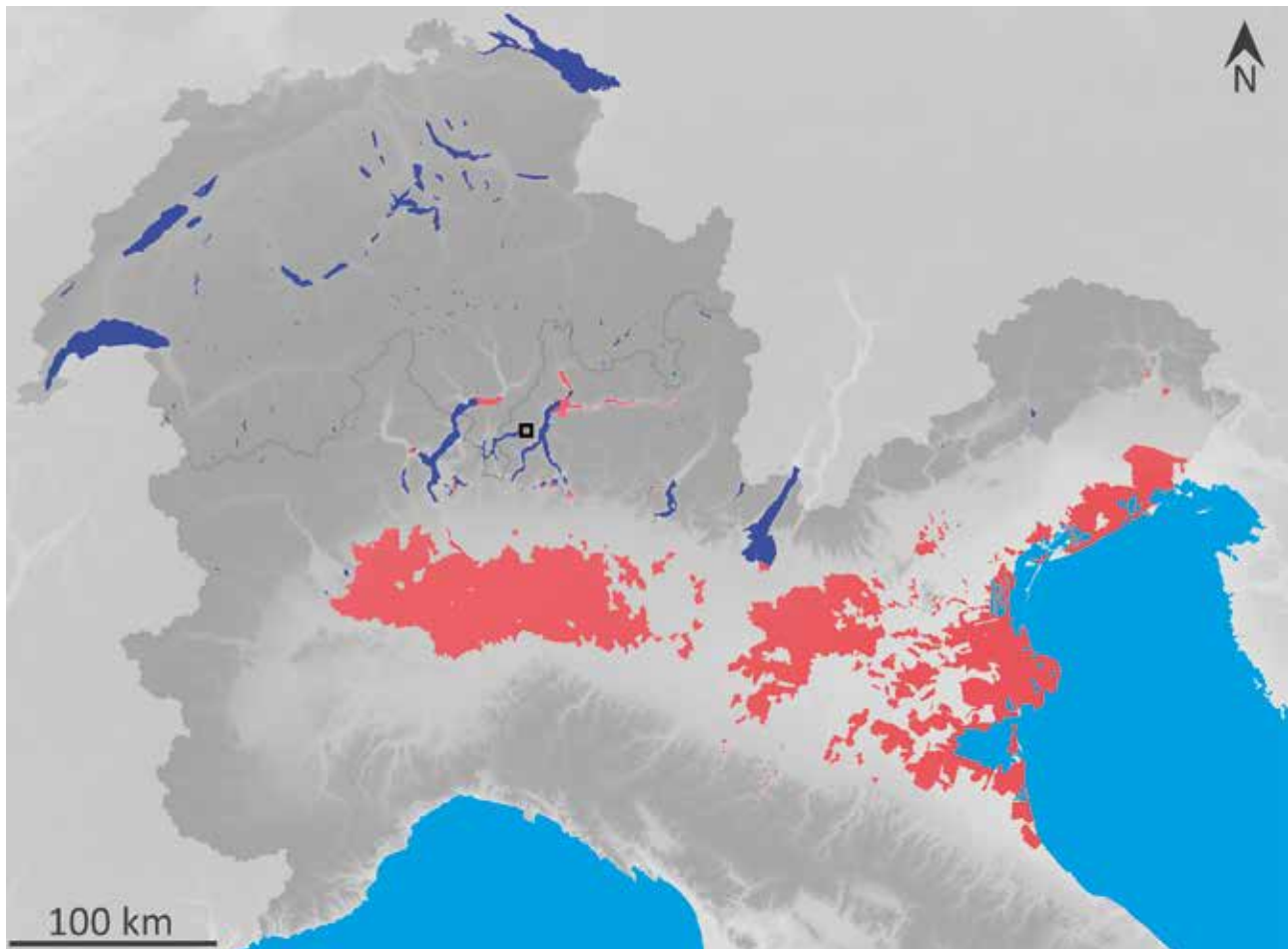


Figure 1: Localization of Lake Piano (black square); highlighted in red are the areas affected by malaria in circa 1903 according to Galli-Valerio (1917) for Switzerland and to the references reported by Archivio centrale dello Stato (2003) for North Italy.

INTRODUCTION

Lake Piano is a small natural dam lake located in Val Menaggio at an altitude of 276 m a.s.l., characterized by marshy banks and flooded meadows (Lagadone and Binandone plains). The supply is provided by the Civagno torrent, other small tributaries and springs. The emissary is the Lagadone canal, which flows into Lake Lugano near Porlezza.

The population living near the lake was affected by malarial fevers, as shown in documents from around the mid-19th century (Tassani 1867; Bonardi 1882; Brusoni 1893) which led to the inclusion of this territory in the malarial areas of the Italian Reign in 1904 (R.D. 476/1904). Measures such as partial reclamation, socio-economic improvements and treatment of the affected population led to the eradication of the disease and the area was officially declared malaria-free in 1932 (R.D. 2050/1932).

The malarial area of Lake Piano was indeed very limited in surface compared to the much larger ones, once widespread at that time in Northern Italy and Switzerland (Fig. 1). Nevertheless, the sporadicity (few cases, apparently all autochthonous) and the long intervals of time (up to 5-6 years) without symptomatic infections of tertian malaria, attracted the attention of Bruno Galli-Valerio (1867-1943), who was aware of this malaria zone in 1899 as evidenced by a letter to Robert Koch (Galli-Valerio 1899). Later, Galli-Valerio, together with

Jeanne Rochaz-de Jongh (1903), collected epidemiological data from the local physician Francesco De Pari and investigated the local anopheline fauna. Their research highlighted the presence of larval population of *Anopheles* spp. in the marshy banks and ditches around the lake. Reared mosquitoes were identified as *A. maculipennis* (s.l.) (Fig. 2) and *A. bifurcatus* (= *A. claviger* s.l.) the latter even in very small specimens, described as similar to *A. nigripes*, considered at that time a dubious species (later Galli-Valerio described the larvae of the genuine *A. nigripes* = *A. plumbeus* and convinced himself that was a true species, Galli-Valerio 1917; Blacklock & Carter 1920).

Concerning the epidemiological aspects, they identified the mild nature of the disease, which did not require medical intervention, and the long incubations of the *Plasmodium vivax* strains as plausible causes of the prolonged periods between malaria transmission.

The aim of this short communication is to verify the residual anophelism in the area and interpret the peculiar aspects of the past malaria cases in the light of actual entomological and medical knowledge.



Figure 2: *Anopheles maculipennis* s.l. adult female mosquito (photo by M. Martignoni).

MATERIALS AND METHODS

Collection of specimens

Collection of specimens Mosquito survey was carried out in summer 2024 in 25 sites of the study area (Fig. 3, Fig. 4, Tab. 1). Immature stages were collected with a WHO 350 ml standard dipper, adult mosquitoes with a Coluzzi aspirator. All specimens were taken to the laboratory (preimaginal stages in 120 ml containers, mosquitoes in meshed paper cups) in a cooled box. Engorged females were placed to oviposit on moist disks of filter paper in Petri dishes while pupae were reared to adulthood. Specimens were than examined under a stereoscope for identification. As the morphological characters of sibling species frequently partially overlap among members of the same complex, some adults were preserved at -20°C for internal transcribed spacer (ITS2) characterization in order to confirm the mosquito species; these molecular results will be presented elsewhere.

Table 1: Details on sampling sites and specimen collected.

Site n°	Longitude	Latitude	Toponim	Habitat	Date	Anopheles														
						Maculipennis complex						Claviger complex								
						<i>maculipennis</i> s.l.**	<i>maculipennis</i> s.s.	<i>messeae/daciae</i>	<i>claviger</i> s.l.	<i>claviger</i> s.s.	<i>petragnani</i>	<i>plumbeus</i>								
						Larvae	Male Adults	Female Adults	Floating eggs	Oviposition	Floating eggs	Oviposition	Larvae	Male Adults	Female Adults	Floating eggs	Oviposition	Larvae	Male Adults	
						Number of individuals collected														
①	46° 2'32.60"N	9° 9'40.93"E		Water in boat on shore	27.07.2024	4														
②	46° 2'18.21"N	9°10'24.05"E	Torrente Bonallo	Puddles in stream bed	19.08.2024								5	1*						
③	46° 2'17.77"N	9°10'25.38"E	Torrente Bonallo	Puddles in stream bed	12.08.2024								1							
④	46° 2'14.96"N	9°10'12.58"E	Torrente Civagno	Ditches, reed beds	12.08.2024											1				
⑤	46° 2'14.21"N	9°10'14.16"E	Torrente Civagno	Puddles in ditches	12.08.2024	1														
⑥	46° 2'12.08"N	9°10'22.66"E	Torrente Civagno	Puddles in drying stream bed	12.08.2024	3														
⑦	46° 2'11.83"N	9°10'23.95"E	Torrente Civagno	Puddles in drying stream bed	01.09.2024								3	1*						
⑧	46° 2'8.92"N	9°10'18.59"E	Fosso Maggiore	Puddles in ditches	19.08.2024								9							
⑨	46° 2'6.61"N	9°10'25.21"E		Spring (drying)	01.09.2024								6							
⑩	46° 2'6.11"N	9°10'24.28"E		Spring	01.09.2024								3							
⑪	46° 2'6.00"N	9°10'23.45"E	Fosso Maggiore	Ditch (drying)	01.09.2024															3
⑫	46° 2'2.65"N	9°10'23.20"E	Antichi Mulini	Spring	12.08.2024								12		1					
⑬	46° 2'1.97"N	9°10'17.72"E	Antichi Mulini	Lake's reed beds	01.09.2024								3							
⑭	46° 1'59.53"N	9° 9'43.75"E	Sorgente Pesia	Puddles in stream bed	12.08.2024								3							
⑮	46° 1'59.50"N	9° 9'38.04"E	Osservatorio naturalistico	Educational pond	12.08.2024	4					2									
⑯	46° 2'0.43"N	9° 9'18.63"E	Camping "La Rivetta"	Lake's floating vegetation	12.08.2024	2			1	1										
					01.09.2024	1			3											
⑰	46° 2'1.36"N	9° 8'57.12"E	Casa Cavo	Old ice house ("nevera")	04.08.2024		8	11		4				1						
					12.08.2024		3	17		6	3									
					19.08.2024		1	6												
					01.09.2024		1	2												
⑱	46° 2'4.84"N	9° 9'18.89"E		Lake's floating vegetation	19.08.2024	4				2										
⑲	46° 2'19.30"N	9° 8'59.44"E	Castel S. Pietro	Livestock troughs	19.08.2024	2														
⑳	46° 2'22.05"N	9° 9'23.87"E	Colle Brione	Felled hollow trunk	04.08.2024								1							
㉑	46° 2'26.99"N	9° 9'30.20"E		Concrete footbridge on a ditch	27.07.2024		3	5		2				12	2			3		
					04.08.2024		3	8		1										
					12.08.2024		12	2							3		1			
					01.09.2024		1	1							1		1			
					29.09.2024										1					
㉒	46° 2'26.09"N	9° 9'28.98"E		Felled hollow trunks	04.08.2024		1	1						2			1	2		
19.08.2024		2																		
㉓	46° 2'28.86"N	9° 9'30.06"E		Reed beds	27.07.2024	1														
㉔	46° 2'29.62"N	9° 9'29.20"E		Reed beds	27.07.2024	2														
㉕	46° 2'29.76"N	9° 9'29.30"E		Ditches, reed beds	27.07.2024	3				1						1				
Total						27	35	53	2	13	8	3	45	17	8	2	1	6	3	2

* = laboratory-reared from pupae

**=one sterile oviposition

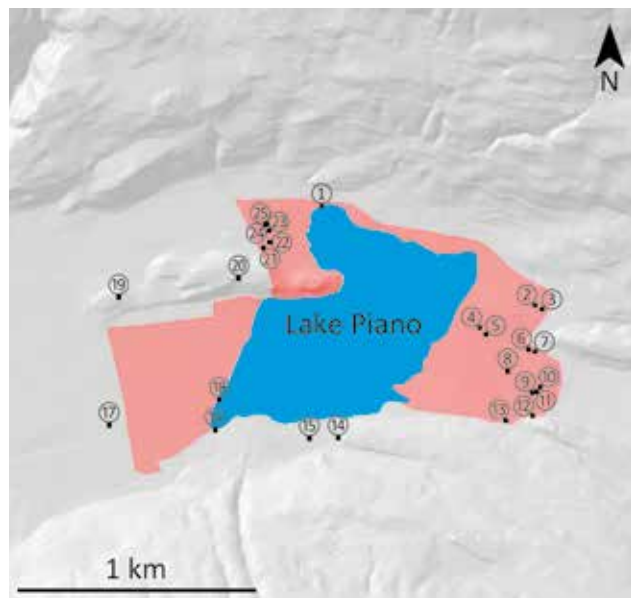


Figure 3: Study area and sampling sites; the sites' numbers are the same reported in table 1. Highlighted in pink are the malarial areas according to R.D. 476/1904.

Morphological identification

Morphological identification was undertaken by the criteria of Severini et al. (2022) for adults and larvae, Becker et al. (2020) for *maculipennis* complex eggs and Coluzzi (1960) for *claviger* complex eggs (Fig. 4). In the dichotomous key used in this study, the eggs of *A. daciae* could not be distinguished by those of *A. messeae*; for this reason, we provisionally refer to these findings as *A. messeae/A. daciae* sp. inq. (species inquirenda), while awaiting the identification based on ITS2 characterization.

RESULTS AND DISCUSSION

A total of 115 adults (54 males, 61 females), 76 larvae, 23 oviposition (Fig. 4) and 12 free floating eggs (collected in breeding sites) were analysed. Overall, two mosquitoes complexes (*maculipennis* and *claviger*) and five species (*Anopheles claviger* s.s. Meigen, 1804, *A. petragrani* Del Vecchio, 1939, *A. plumbeus* Stephens, 1828, *A. maculipennis* s.s. Meigen, 1818 and *A. messeae* Falleroni, 1926 / *A. daciae* Linton, Nicolescu and Harbach, 2004 sp. inq.) were morphologically identified (Tab. 1). These species are generally considered to play a secondary, local or not confirmed role in past malaria transmission in Europe due to their zoophily (*A. maculipennis* s.s., *A. messeae/daciae* sp. inq., *A. petragrani*) or esophily (*A. claviger* s.s., *A. petragrani*, *A. plumbeus*). However, a recent re-evaluation of their role as malaria vectors has been undertaken (Bertola et al. 2022). *A. messeae* and for some authors even more *A. daciae* sp. inq. can be considered as moderate vectors of *Plasmodium vivax* in Europe; *A. plumbeus* has recently been re-evaluated as a primary vector of malaria infections, and it has been attributed a very likely involvement in the recent autochthonous cases in Germany. Additionally, *A. maculipennis* s.s., although with limited vector capacity, may have contributed to the maintenance of transmission, especially in those areas, including at high altitudes, where this species is very abundant. In light of Galli-Valerio & Rochaz-de Jongh's observations (1903) and of the results of the present study, it can be hypothesized that the peculiar nature (sporadicity and intermittency) of malaria which affected the local population can be explained by the long latency of the pathogen *Plasmodium vivax*, by the zoophily or exophily of the *Anopheles* vectors (that can be reflected in a low percentage of the infected population) and by fluctuating environmental factors that can influence temporary abundances of mosquitoes (e.g. exceptional

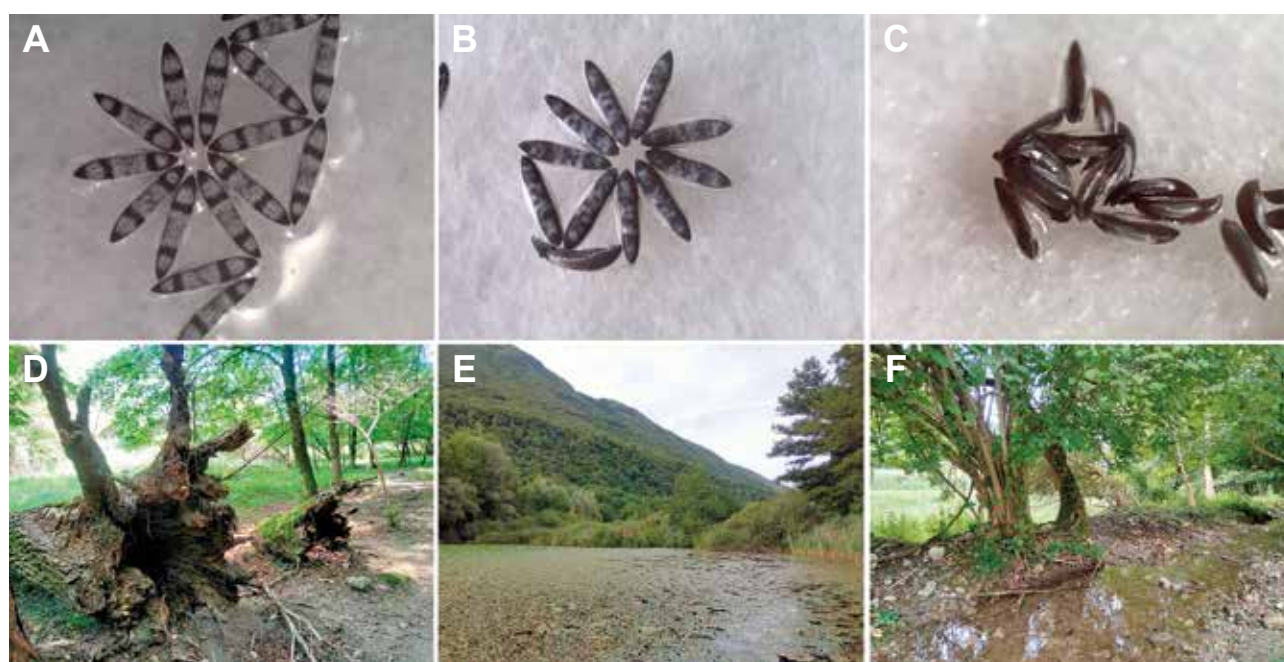


Figure 4: Oviposition of *Anopheles maculipennis* s.s. (A), *A. messeae/daciae* (B) and *A. claviger* s.s. (C); site n° 22 (D), 18 (E) and 2 (F). (photos by M. Martignoni).

heavy rains that can increase breeding sites, Galli-Valerio & Rochaz-de Jongh, 1903) or their feeding behaviour (temporary shortage of livestock that can divert the attention of mosquitoes towards humans).

Opportunities

While actual residual anophelism is well known for the Po-Venetian plain (Calzolari et al. 2021), recent studies investigating the presence of *Anopheles* mosquitoes in Italian Alps and Pre-Alps and in Switzerland are limited to a local or regional level (Flacio et al. 2014; Flämig & Flacio 2018; Tagliapietra et al. 2019; Zamburlini et al. 2019; Martignoni 2024). It would be interesting to further study the current distribution of anophelines in these regions in light of the anthropogenic modifications of the territory, particularly in the areas once affected by malaria and reconstruct their role in the past transmission of *Plasmodium*. For a better species identification (especially for species complexes), ITS2 barcoding is desirable as foreseen for the specimens of the present study (ISS) and for a 2025 survey in the Bolle di Magadino (SUPSI).

ACKNOWLEDGEMENTS

We are grateful to Vincenzo Perin (Riserva Naturale Regionale Lago di Piano) and Emanuele Ferrise (Università Ca' Foscari Venezia) for collecting permits and logistic support, Attilio Selva for local ecological information. Special thanks to Marco Di Luca and Eleonora Flacio for valuable comments on the manuscript and Mauro Jermini for editorial assistance.

This work was partially supported by EU funding within the NextGeneration EU-MUR PNRR Extended Partnership initiative on Emerging Infectious Diseases (Project no. PE00000007, INF-ACT).

LITERATURE CITED

Archivio centrale dello Stato 2003. Fonti per la storia della malaria in Italia. Repertorio a cura di Bocchini F., Ciccozzi E., Di Simone M., Eramo N.; saggio introduttivo e coordinamento di Piccialuti M. Roma, Ministero per i beni e le attività culturali, 781 pp.

Becker N., Petrić D., Zgomba M., Boase C., Madon M.B., Dahl C. & Kaiser A. 2020. Mosquitoes. Identification, Ecology and control. Third Edition. Cham, Springer Nature Switzerland AG., 570 pp.

Bertola M., Mazzucato M., Pombi M. & Montarsi F. 2022. Updated occurrence and bionomics of potential malaria vectors in Europe: a systematic review (2000-2021). *Parasites and Vectors*, 15: 88.

Blacklock B. & Carter H.F. 1920. The Experimental Infection in England, of *Anopheles plumbeus*, Stephens, and *Anopheles bifurcatus*, L., with *Plasmodium vivax*. *Annals of Tropical Medicine*, 4: 413-420.

Bonardi E. 1882. Sui molluschi del laghetto del Piano e de' suoi dintorni. *Bollettino Scientifico*, 4: 98-105.

Brusoni E. 1893. Como il suo lago ed i suoi monti. Alpi, Prealpi e Laghi n. 13-17. Domodossola. Professore Edmondo Brusoni, Editore, 150 pp.

Calzolari M., Desiato R., Albieri A., Bellavia V., Bertola M., Bonilauri P., ... & Montarsi F. 2021. Mosquitoes of the *Maculipennis* complex in Northern Italy. *Scientific Reports*, 11: 6421.

Coluzzi M. 1960. Alcuni dati morfologici e biologici sulle forme italiane di *Anopheles claviger* Meigen. Estratto dalla Rivista di Malariologia, 39: 1-17.

Flacio E., Rossi-Pedruzzi A., Bernasconi-Casati E. & Patocchi N. 2014. Culicidae fauna from Canton Ticino and report of three new species for Switzerland. *Mitteilungen der Schweizerischen Entomologischen Gesellschaft*, 87: 163-182.

Flämig S. & Flacio E. 2018. Census 2018 of Culicidae at the national natural reserve Bolle di Magadino. Internal Report. Magadino, Fondazione Bolle di Magadino, 17 pp.

Galli-Valerio B. 1899. Übersendung von Mücken aus Carlazzo. Letter to Robert Koch, 4 June 1899. Robert Koch Institute. <http://edoc.rki.de/176904/9094> (ultima consultazione: 18.5.2025).

Galli-Valerio B. 1917. La distribution géographique des Anophelines en Suisse au point de vue du danger de la formation des foyers de malaria. *Bulletin des Schweizerischen Gesundheitsamtes*, 39: 440-448; 40: 453-458.

Galli-Valerio B. & Rochaz-de Jongh J. 1903. Il focolaio malarico del lago del Piano. *Atti della Società per gli Studi della Malaria*, 4: 185-192.

Martignoni M. 2024. Second contribution to the knowledge of alien *Aedes* and native *Anopheles* mosquitoes (Diptera: Culicidae) in Northwest Lombardy (Northern Italy). *Bollettino della Società ticinese di scienze naturali*, 112: 121-126.

R.D. 476/1904. Regio decreto n. 476 del 1° agosto 1904. "Elenco di zone malariche esistenti in provincia di Como con la indicazione dei rispettivi confini territoriali". *Gazzetta Ufficiale* del 9 settembre 1904, n. 211.

R.D. 2050/1932. Regio decreto n. 2050 del 27 dicembre 1932. "Zone malariche. Revoca delle dichiarazioni di zone malariche per i territori dei comuni di Colico ed altri della provincia di Como". *Gazzetta Ufficiale* del 14 marzo 1933, n. 61.

Severini F., Toma L. & Di Luca M. 2022. Zanzare in Italia: raccolta, identificazione e conservazione delle specie più comuni. *Rapporti ISTISAN 22/3*. Roma: Istituto Superiore di Sanità, 111 pp.

Tagliapietra V., Arnoldi D., Di Luca M., Toma L. & Rizzoli A. 2019. Investigation on potential malaria vectors (*Anopheles* spp.) in the Province of Trento, Italy. *Malaria Journal*, 18: 151.

Tassani A. 1867. Notizie fisico-igieniche sulla Provincia di Como. In: *Memorie comensi. Scritti raccolti pel Congresso d'agronomi che doveva aver luogo in Como nell'autunno 1865*. Como. Tipografia provinciale Figli di C.A. Ostinelli, pp. 93-123.

Zamburlini R., Cargnus E. & Zandigiacomo P. 2019. Mosquitoes (Diptera Culicidae) of Friuli Venezia Giulia (North Eastern Italy): annotated checklist, geographic distribution and habitats of preimaginal stages. *Redia*, 102: 13-21.

Scoperta di *Oxygastra curtisii* e *Gomphus vulgatissimus* (Insecta: Odonata) nella porzione svizzera del Lago Maggiore nel Gambarogno (Cantone Ticino)

Michele Viganò^{1*} & Bärbel Koch²

¹ Via A. Ongetta 5, 21010 Germignaga (VA), Italia

² Museo cantonale di storia naturale, Viale Carlo Cattaneo 4, 6901 Lugano, Svizzera

* mikivigano@yahoo.com

Redattore di riferimento: Nicolas Sironi

Riassunto: La ricerca mirata di *Oxygastra curtisii* nel Gambarogno il 19 luglio 2024, ha portato alla prima conferma della presenza della specie nella porzione svizzera del Lago Maggiore, nonché al ritrovamento di *Gomphus vulgatissimus*, specie presente in Ticino unicamente in una stazione sul fiume Tresa. La presenza di *O. curtisii*, specie prioritaria nazionale e ritenuta vulnerabile in Svizzera, in questa zona è un dato importante per la conservazione di questa specie rara. La ricerca di odonati per mezzo di esuvie si è rivelata una metodologia efficace per specie talvolta difficili da osservare allo stadio adulto. **Parole chiave:** direttiva habitat, esuvie, libellule, Smeralda di fiume, specie prioritaria nazionale.

Discovery of *Oxygastra curtisii* and *Gomphus vulgatissimus* (Insecta: Odonata) in the Swiss part of Lake Maggiore, Gambarogno (Canton of Ticino)

Abstract: On 19th July 2024 the authors explored the Swiss eastern shores of Lake Maggiore (Gambarogno) searching for signs of the presence of *Oxygastra curtisii*. This allowed to confirm for the first time the presence of *O. curtisii* in the area, but also to find *Gomphus vulgatissimus*, a species previously known in Ticino only on the Tresa River. *O. curtisii* is considered a conservation priority and is listed as Vulnerable in Switzerland; thus, its discovery in this area is of significant interest for the conservation of the species. Searching for exuviae proved to be an extremely effective method for species which can be difficult to observe as adults in certain situations.

Keywords: conservation priority species, dragonflies, exuviae, habitat directive, Orange-spotted Emerald

INTRODUZIONE

In Ticino sono attualmente presenti 53 specie di libellule, che corrisponde a circa il 69% delle specie presenti in Svizzera (info fauna 2025; osservazioni dopo il 2000, escluse sottospecie). Tra le specie ticinesi, la Smeralda di fiume *Oxygastra curtisii* (Dale, 1834) (Insecta: Odonata) è l'unica specie svizzera la cui distribuzione si concentra nel Cantone Ticino, dove è nota dal 1927 (De Marmels & Schiess 1977/78).

O. curtisii è distribuita esclusivamente nel Palearctico Occidentale, essendo presente solo in Europa e, localmente, in Marocco (Boudot et al. 2015). Come riassunto da Boudot (2020), in Europa *O. curtisii* è molto rara in Belgio e Svizzera, scarsa in Italia e Francia del nord e nord-est, ma piuttosto frequente o comune nelle porzioni sud/occidentale e mediterranea della Francia. Nella Penisola Iberica si presenta con popolazioni distanti tra loro ed a bassa densità, anche se è più frequente nelle porzioni occidentali e meridionali rispetto a quanto ritenuto in precedenza (Boudot & Kalkman 2015). Recentemente, nel nord dell'Italia, nella porzione dei grossi laghi prealpini, sono state scoperte consistenti popolazioni (Bazzi et al. 2023; Viganò et al. 2024). In Svizzera, nel Canton Ticino *O. curtisii* si può trovare sul

lago Ceresio, sul fiume Tresa e sul laghetto d'Origlio, ma animali in caccia possono essere osservati anche nelle zone prative e aperte, lungo le pendici e sulle vette dei Monti San Giorgio, Brè, San Salvatore e Arbostora (Mattei-Roesli & Maddalena 2013).

Si tratta di una specie termofila presente prevalentemente al di sotto dei 500 m di altitudine, che per la riproduzione sceglie le acque più calme senza corrente troppo forte nei tratti intermedi dei fiumi (Mattei-Roesli & Maddalena 2013). Meno frequentemente viene anche osservata in acque ferme, come in cave abbandonate, lanche, pozze, stagni e grandi laghi alimentati da afflussi di acque correnti e ben ossigenate (Boudot et al. 2015; Boudot 2020). Gli specchi d'acqua sono caratterizzati dalla presenza di rive naturali con scarsa vegetazione e limitata ombreggiatura da parte di alberi o cespugli. Altre caratteristiche importanti sono la presenza di sedimenti fini sul fondale, preferiti dalle larve che vivono tra le radici delle piante lungo le rive, come anche un livello dell'acqua stabile e senza troppi moti ondosi (Mattei-Roesli & Maddalena 2013; Boudot et al. 2015).

O. curtisii ha subito in Europa un declino moderato nella seconda metà del XX secolo (Boudot et al. 2015), estinguendosi nel Regno Unito (1957), in Olanda (1982) e

recentemente dal confine tra Lussemburgo e Germania, probabilmente a causa dell'invasione del Gambero della California *Pacifastacus leniusculus* (Ott 2018). Le cause di questo declino sono state l'inquinamento, il cambiamento climatico, la riduzione dell'acqua (prelievo per usi domestici e agricoli), l'alterazione strutturale dei fiumi e l'introduzione di specie esotiche invasive. Attualmente *O. curtisii* è considerata non minacciata (LC) nella Lista Rossa delle libellule del bacino del Mediterraneo (Riservato et al. 2009) e potenzialmente minacciata (NT) nella Lista Rossa delle libellule europee, poiché mostra una tendenza negativa (De Knijf et al. 2024). Tuttavia, è considerata stabile nella maggior parte del suo areale, benché molte delle cause del suo declino siano ancora presenti e potrebbero portare ad ulteriori estinzioni locali nel prossimo futuro; particolarmente a rischio appaiono certe popolazioni della Penisola Iberica e dell'Italia (Boudot & Kalkman 2015). In Svizzera, sebbene la specie fosse ritenuta maggiormente minacciata nelle precedenti versioni della Lista Rossa, è stata valutata come vulnerabile (VU) in quella del 2021 (Monnerat et al. 2021) poiché, pur avendo un ristretto areale elvetico, si è dimostrata nel tempo stabile o in leggero aumento. È inoltre considerata come specie prioritaria nazionale (UFAM 2019).

A livello legislativo, la specie è inserita nell'allegato II della Convenzione di Berna e negli allegati II e IV della Direttiva Habitat (De Knijf et al. 2024), che comprendono specie animali e vegetali d'interesse comunitario a livello europeo.

La presenza di *O. curtisii* nella porzione italiana del Lago Maggiore è confermata dal 2012. Grazie a un recente studio, la distribuzione della specie sulle rive di questo lago è ora meglio conosciuta (Viganò et al. 2024). Tuttavia, malgrado la buona presenza nella porzione italiana fin quasi al confine svizzero, *O. curtisii* non era mai stata confermata sul Lago Maggiore in Svizzera. L'obiettivo di questa ricerca mirata era quello di trovare la specie anche nella porzione svizzera, per mezzo

della ricerca di adulti, ma anche di esuvie che talvolta si riescono a trovare più facilmente.

Gomphus vulgatissimus (Linnaeus, 1758) è piuttosto abbondante a Nord delle Alpi, è considerata non minacciata (LC) nella Lista Rossa svizzera (Monnerat et al. 2021) e non è inserita negli allegati della Direttiva Habitat, né nella lista delle specie prioritarie nazionali; tuttavia, la specie era finora nota in Ticino in una sola località sul Fiume Tresa.

MATERIALI E METODI

Durante la giornata del 19 luglio 2024 gli autori hanno esplorato la porzione svizzera delle sponde orientali del Lago Maggiore nella regione del Gambarogno, con il preciso intento di cercare una conferma della presenza di *Oxygastra curtisii*. Sono stati effettuati rilievi in 6 punti (Fig. 1), scelti in base all'esperienza degli autori riguardo le esigenze ecologiche della specie e all'accessibilità dei siti. Nei siti sono stati cercati sia adulti in volo o posati lungo le sponde, osservati con l'aiuto di binocoli 10x42, sia esuvie eventualmente presenti sulle sponde, sulla vegetazione, sulle rocce o sui muri in prossimità dell'acqua. Le esuvie sono poi state identificate al binocolare, quelle delle specie più rare sono attualmente conservate al Museo cantonale di storia naturale a Lugano.

RISULTATI E DISCUSSIONE

Durante il monitoraggio sono stati osservati svariati adulti e 29 esuvie appartenenti a sette specie di libellule: *Coenagrion puella*, *Gomphus vulgatissimus*, *Onychogomphus forcipatus unguiculatus*, *Orthetrum cancellatum*, *Oxygastra curtisii*, *Somatochlora metallica* e *Sympetrum striolatum* (Tab. 1). La presenza di *O. curtisii* e *G. vulgatissimus* ha potuto essere confermata unicamente tramite esuvie.

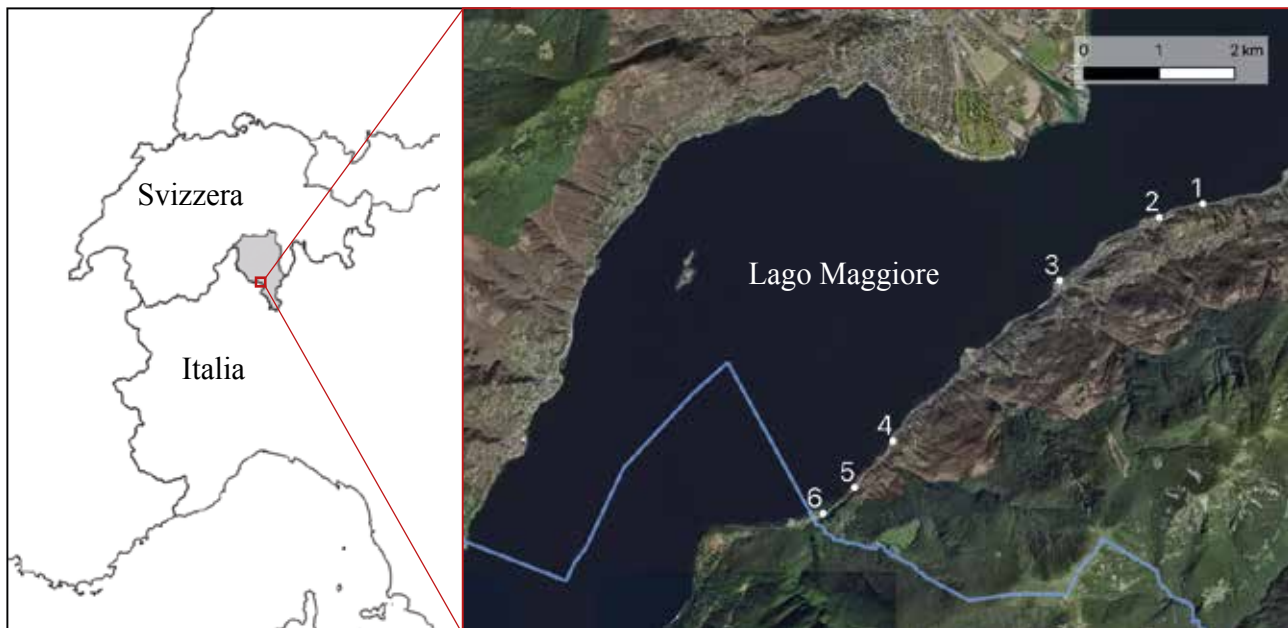


Figura 1: Siti di ricerca di odonati monitorati nel presente studio nel Gambarogno. Linea blu: confine tra Svizzera e Italia. Ortofoto: © Swisstopo.

Tabella 1: Elenco delle specie osservate e delle esuvie raccolte nell'ambito della presente ricerca il 19 luglio 2024. Località*: la numerazione delle località è ripresa dalla figura 1.

Specie	Località*	Numero adulti	Numero esuvie
<i>Coenagrion puella</i>	6	1	0
<i>Gomphus vulgatissimus</i>	3	0	1
<i>Onychogomphus forcipatus unguiculatus</i>	2	1	0
<i>Orthetrum cancellatum</i>	3,4,5,6	1	6
<i>Oxygastra curtisii</i>	6	0	1
<i>Somatochlora metallica</i>	1,2,3,4,5,6	2	21
<i>Sympetrum striolatum</i>	2	1	0

L'unica esuvia di *O. curtisii* osservata è stata rinvenuta aggrappata presso le mura dei pilastri di sostegno di una rimessa per barche ubicata in riva al lago in località Caviano Dirinella, nel comune di Gambarogno: 706'499 / 110'698, 195 m s.l.m. (Fig. 2; stazione 6). A nostra conoscenza, questo dato rappresenta la prima conferma della presenza della specie nella porzione svizzera del bacino del Lago Maggiore. Nella porzione italiana dello stesso bacino sono recentemente state individuate importanti popolazioni di *O. curtisii*, distribuite principalmente nelle porzioni centrali e settentrionali del lago (Viganò et al. 2024). Sugli stessi muri erano presenti anche diverse esuvie di *S. metallica* e *O. cancellatum*, in parte aggrappate sulle pareti, in parte incastrate nelle numerose ragnatele presenti.

Mentre *O. curtisii* è di norma facilmente osservabile lungo le sponde alberate laddove le popolazioni sono consistenti, per popolazioni esigue l'osservazione diretta risulta spesso difficile. Inoltre, il periodo di volo presso l'acqua, che avviene dopo il periodo di maturazione che la specie spende lungo i pendii erbosi/cespugliati dei rilievi prossimi ai bacini lacustri, è piuttosto breve e la sua durata può essere fortemente influenzata da eventi climatici intensi quali forti temporali e grandina-

te. In questa situazione può essere molto utile l'utilizzo di un mezzo natante (canoa, kayak, piccola imbarcazione) per raggiungere le zone più alberate e idonee delle sponde (Viganò et al. 2024) o la ricerca delle esuvie, come confermato anche dal presente studio.

L'estate 2024 è stata caratterizzata da costanti piogge e condizioni meteorologiche poco soleggiate, cosa che probabilmente ha influito anche sul numero di ritrovamenti di *O. curtisii*. Tuttavia, ora che la presenza della specie è confermata, sfruttando queste due metodologie di ricerca sarebbe auspicabile estendere le ricerche anche alla sponda occidentale della porzione svizzera del Lago Maggiore, dove sono presenti porzioni di sponda con ambiente idoneo ad ospitare la specie. Per quanto riguarda la sponda orientale del lago, dove è stata rinvenuta questa singola esuvia, gli autori hanno avuto la forte impressione che l'intensa urbanizzazione delle sponde lasci pochi spazi idonei alla presenza e riproduzione della specie. Sarebbe tuttavia opportuno intensificare le ricerche negli anni a venire, concentrandosi nel periodo di metà/fine giugno, quando l'attività degli adulti è intensa e le esuvie sono da poco state abbandonate sui supporti di sostegno.

L'esuvia di *G. vulgatissimus* è stata trovata in località San Nazzaro, Taverna, nel comune di Gambarogno: 705'140 / 109'760, 195 m s.l.m. (Fig. 2; stazione 3), dove il riale della Valle Cedullo sfocia nel Lago Maggiore. Si tratta di una specie maggiormente legata alla presenza di fiumi e canali che tuttavia, come *O. curtisii*, trova un ambiente idoneo anche sulle sponde dei grandi laghi prealpini. In Ticino, è presente dal 1995 in un'unica stazione sul Fiume Tresa, si tratta quindi della seconda località ticinese per questa specie rara sul nostro territorio.

La ricerca di esuvie si è rivelata essere un metodo idoneo per la ricerca di queste due specie schive o non sempre facili da trovare allo stadio adulto, permettendo di confermare la presenza, così come la riproduzione, di *O. curtisii* e *G. vulgatissimus* anche nella zona del Gambarogno, ed espandendo quindi l'areale noto in Ticino di queste due specie.



Figura 2: Il deposito barche (a sinistra) e le mura presso cui è stata rinvenuta l'esuvia di *Oxygastra curtisii* durante la ricerca (a destra) (foto Bärbel Koch).

RINGRAZIAMENTI

Ringraziamo Marzia Mattei-Roesli per la conferma dell'identificazione dell'esuvia di *Gomphus vulgatissimus* e per i commenti costruttivi al testo.

REFERENZE BIBLIOGRAFICHE

- Bazzi G., Galimberti A., Fogliani C., Bani L., Bazzi L., Bonvicini P., ... & Assandri G. 2023. Odonate diversity of a highly urbanised region: An annotated checklist of the damselflies and dragonflies (Insecta, Odonata) of Lario and Brianza (Lombardy, N Italy). *Biodiversity Data Journal*. 11: e111358. <https://doi.org/10.3897/BDJ.11.e111358> (ultima consultazione: 15.3.2025).
- Boudot J.-P. 2020. *Oxygastra curtisii*. The IUCN Red List of Threatened Species 2020: e.T15777A140606655. <https://www.iucnredlist.org/species/15777/140606655> (ultima consultazione: 15.3.2025).
- Boudot J.-P. & Kalkman V.J. 2015. Atlas of the European dragonflies. KNNV Publishing.
- Boudot J.-P., Riservato E. & Hardersen S. 2015. *Oxygastra curtisii*. In J.-P. Boudot & V.J. Kalkman (Eds.), Atlas of the European dragonflies and damselflies. KNNV Publishing, the Netherlands, pp. 150-160.
- De Knijf G., Billqvist M., van Grunsven R.H.A., Prunier F., Vinko D., Trottet A., ... & Allen D.J. 2024. Measuring the pulse of European biodiversity. *European Red List of Dragonflies & Damselflies (Odonata)*. Brussels, Belgium, European Commission, 46 pp.
- De Marmels J. & Schiess H. 1977/78. Le libellule del Canton Ticino e zone limitrofe. *Bollettino della Società ticinese di scienze naturali*, 66: 29-83.
- info fauna. 2025. Data Server. <https://lepus.infofauna.ch/tab/> (ultima consultazione: 22.3.2025).
- Mattei-Roesli M. & Maddalena T. 2013. *Schede di protezione delle specie - Libellule - Oxygastra curtisii*. Gruppo di lavoro per la conservazione delle Libellule in Svizzera, CSCF info fauna, Neuchâtel e Ufficio federale dell'Ambiente, Berna, 5 pp.
- Monnerat C., Wildermuth H. & Gonseth Y. 2021. Lista Rossa delle Libellule. Specie minacciate in Svizzera. *Pratica ambientale* n. 2120, 72 pp.
- Ott J. 2018. Invasive Krebse und ihre Wirkungen auf Libellen. Wie gewonnen, so zerronnen - erfolgreiche Ansiedlungen geschützter und gefährdeter Arten im Südwesten Deutschlands bedroht. *Naturschutz und Landschaftsplanung*, 50: 37-43.
- Riservato E., Boudot J.-P., Ferriera S., Jovic M., Kalkman V.J., Schneider W. & Cuttelod A. 2009. The status and distribution of dragonflies of the Mediterranean Basin. Gland, Switzerland and Malaga, Spain: IUCN vii + 33 pp.
- UFAM. 2019. Lista delle specie e degli ambienti prioritari a livello nazionale. Specie e ambienti prioritari da promuovere in Svizzera. Ufficio federale dell'ambiente, Berna. *Pratica ambientale*, n. 1709, 97 pp.
- Viganò M., Pompilio L., Bazzi G., Bionda R., Clemente F., Pilon N., Zuffi E. & Assandri G. 2024. The EU conservation priority dragonfly *Oxygastra curtisii* in the Italian Lake District: a review and new data (Insecta: Odonata). *Fragmenta entomologica*, 56: 193-204.

A new Forester Moth for the Canton of Ticino: *Adscita dujardini* Efetov & Tarmann, 2014

André Rey^{1*} & Yvonne Fabian²

¹ Luzernerstrasse 22, 6415 Arth, Switzerland

² Agricultural Landscape and Biodiversity, Agroscope, Reckenholzstrasse 191, 8046 Zürich, Switzerland

* ar@andre-rey.ch

Redattore di riferimento: Marco Barandun

Summary: *Adscita dujardini*, in Switzerland previously only been known from the Canton of Valais and the Poschiavo valley in the Canton of Grisons, was found in 2024 in the Canton of Ticino. It inhabits *Geranio sanguinei* plant communities and was found in a dry warm herbaceous fringe resting underneath a *Geranium sanguineum* inflorescence. *Adscita dujardini*, as all other Forester specimens, can only be distinguished by the preparation of their genitalia for species identification. We highlight important conservation measures to enhance the disappearing *Geranio sanguinei* plant communities in Ticino such as to inhibited shrub encroachment by partial selective forest clearing and meadow management in autumn to conserve this species.

Keywords: Dujardini's Forester, dry meadow management, forest clearing, *Geranio sanguinei* community, shrub encroachment

***Adscita dujardini* Efetov & Tarmann, 2014 – Una nuova specie di Zygenidi per il Canton Ticino (Lepidoptera: Zygaenidae, Procridinae)**

Riassunto: *Adscita dujardini*, conosciuta in Svizzera finora solo nel Canton Vallese e in Valle Poschiavo nel Cantone dei Grigioni, è stata trovata nel 2024 anche nel Canton Ticino. Abita l'associazione vegetale *Geranio sanguinei* ed è stata trovata in un orlo erbaceo caldo e secco a riposo sotto un'infiorescenza di *Geranium sanguineum*. *Adscita dujardini*, come tutte le altre specie della sottofamiglia Procridinae, può essere identificata solo grazie a un'analisi dell'apparato genitale. Per la conservazione di questa specie sottolineiamo importanti misure di conservazione volte a valorizzare le comunità vegetali di *Geranio sanguinei* che stanno scomparendo in Ticino, come il controllo dell'invasione arbustiva mediante disboscamento selettivo parziale e la gestione dei prati in autunno.

Parole chiave: associazione *Geranio sanguinei*, Dujardini's Forester, gestione prati secchi, incespugliamento, rimboschimento

INTRODUCTION

Forester moths from the genus *Adscita* are difficult to distinguish in the field based on external characteristics, as they exhibit very few reliable morphological differences. Accurate identification requires genitalization or molecular technics. Consequently, species-level records of Forester moths are rare, as they are often only identified to genus level in the field. Thus, distribution maps of Forester moths are likely incomplete.

In 2014, Tarmann and Efetov used molecular genetic techniques and divided the forester moth species previously classified as *Adscita albanica* (Lepidopterologen Arbeitsgruppe 1997) into two species with different distribution areas: 1) *Adscita albanica*, found in Albania, Bulgaria, North Macedonia, Greece, Ukraine and Russia; and 2) *Adscita dujardini*, found in central Mediterranean regions of Italy, France, Slovenia and Switzerland (Tarmann 2019). In Switzerland, the species had previously only been known from the Canton of Valais and the Poschiavo valley in the Canton of Grisons (Guenin

2015; Guenin 2023; info fauna 2024) and is categorized as nearly threatened on the Red List (Wermeille et al. 2014).

The species inhabits rocky steppes, dry grasslands, and shrub-encroached nutrient-poor meadows. In central and southern Italy, it can also be found in forest clearings (Efetov & Tarmann 2014). While the larvae of *A. albanica* feed on various *Geranium* and *Erodium* species (Efetov & Tarmann 2014) the larvae of *A. dujardini* feed on *Geranium sanguineum* only (Guenin 2023) and their eggs are laid on the underside of the host plant's leaves (Lepidopterologen-Arbeitsgruppe 1997). The adult *A. dujardini* moths often perch beneath the flowers of *G. sanguineum*, extending their proboscis between the petals to access nectar (Efetov & Tarmann 2014).

G. sanguineum is the characteristic species of the plant community known as "dry warm herbaceous fringes" (*Geranio sanguinei*, Delarze et al. 2015), which is classified as VU (vulnerable) on the Red List of habitats (Delarze et al. 2016). This plant community is mainly found on dry and rocky south-facing slopes at low



Figure 1: Male of *Adscita dujardini* on *Geranium sanguineum* (Chironico 26.7.2024).

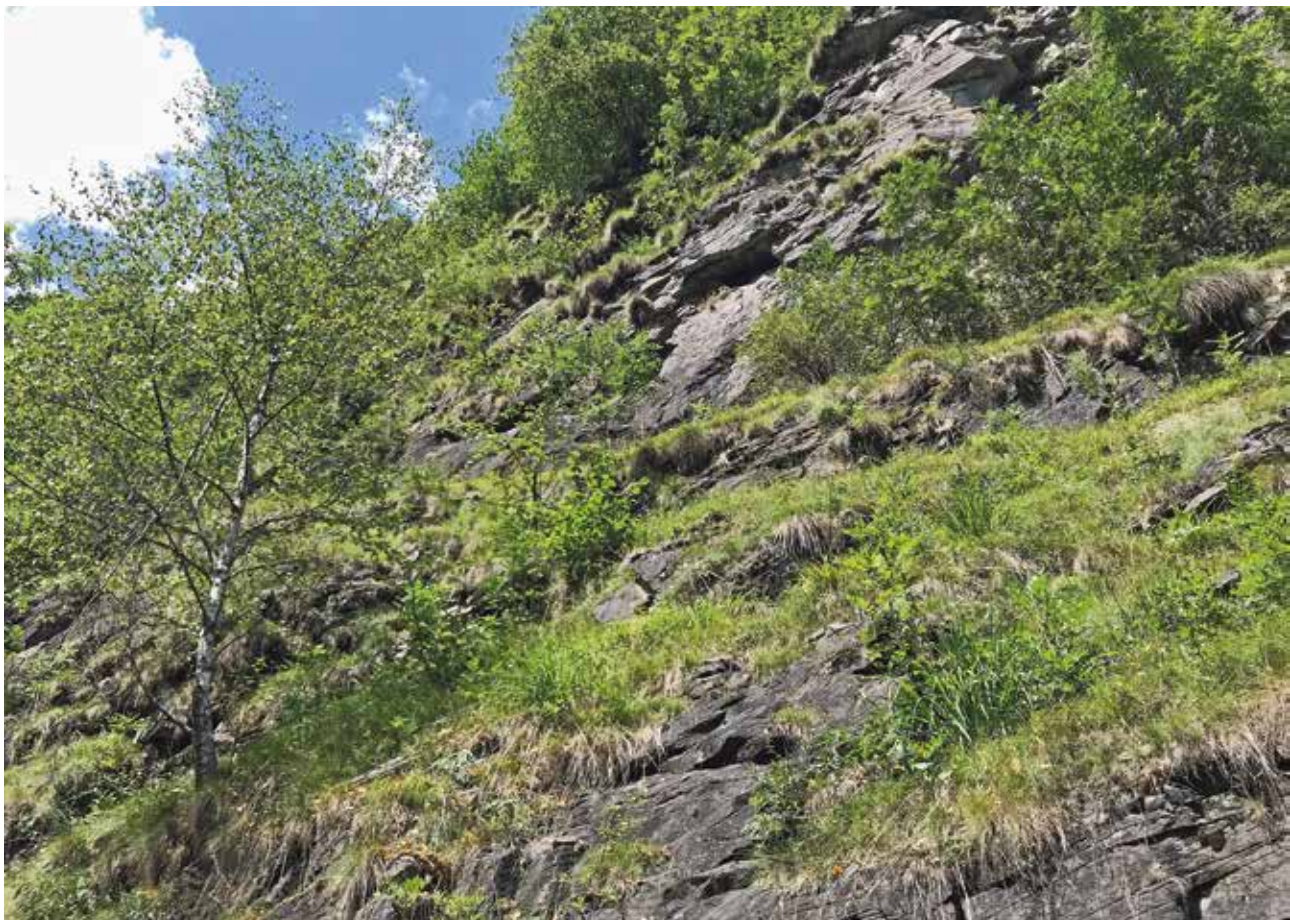


Figure 2: Habitat where *Adscita dujardini* was found in Chironico.

elevations, forming a transition zone between oak or pine forests and dry nutrient-poor grasslands of rocky steppes. In the short term, it benefits from the abandonment of dry grasslands, but in the long term, it is displaced by expanding pre-forest plant communities unless these areas are kept open and are occasionally cleared of shrubs.

METHODS AND RESULTS

First record for the Canton of Ticino

During a field survey conducted as part of a faunistic mapping (Rey 2024) for a biodiversity promotion project in 'Alpe di Doro' above Chironico, a male Forester moth (Fig. 1) was collected on 26.07.2024, at approximately 850 m a.s.l. on a dry slope (Fig. 2). The moth was genitalized for species identification (Fig. 3A) and verified by the specialist Raymond Guenin. The pointed valvae revealed the assignment to *A. dujardini* (Fig. 3B) which appear rounded in *A. alpina* (Fig. 3C). Before in this area in Ticino, only *A. alpina* (Alberti, 1937) was recorded (Fig. 4). This specimen is the first occurrence of *A. dujardini* in the Canton of Ticino.

DISCUSSION

The newly verified occurrence of *Adscita dujardini* in Chironico in the canton of Ticino presents a new population between the known occurrences in the Canton of Valais, the Poschiavo valley in the Canton of Grisons and the Italian populations. Thus, Forester moths in this region that are found in dry warm herbaceous

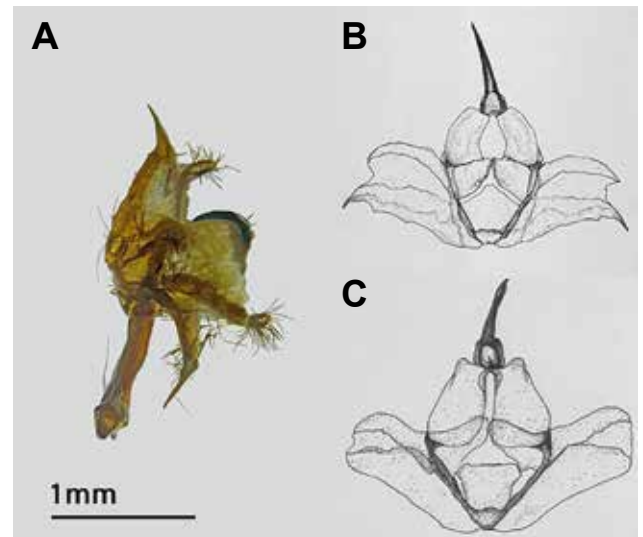


Figure 3: A) Part of male genitalia (Uncus-Tegumen complex) of *Adscita dujardini* from Chironico with the typical pointed valvae. B) Part of male genitalia (Uncus-Tegumen complex) of *A. dujardini* (Guenin 2023) and C) Part of male genitalia (Uncus-Tegumen complex) of *A. alpina* (Guenin 2023).

fringes in *Geranio sanguinei* habitat should be carefully identified, especially if they are found on, or under *Geranium sanguineum* inflorescences.

CONSERVATION RELEVANCE

Distribution data are crucial for targeted conservation measures. In the present case, the new record of *A. dujardini* may highlight the need for conservation actions and their implementation.

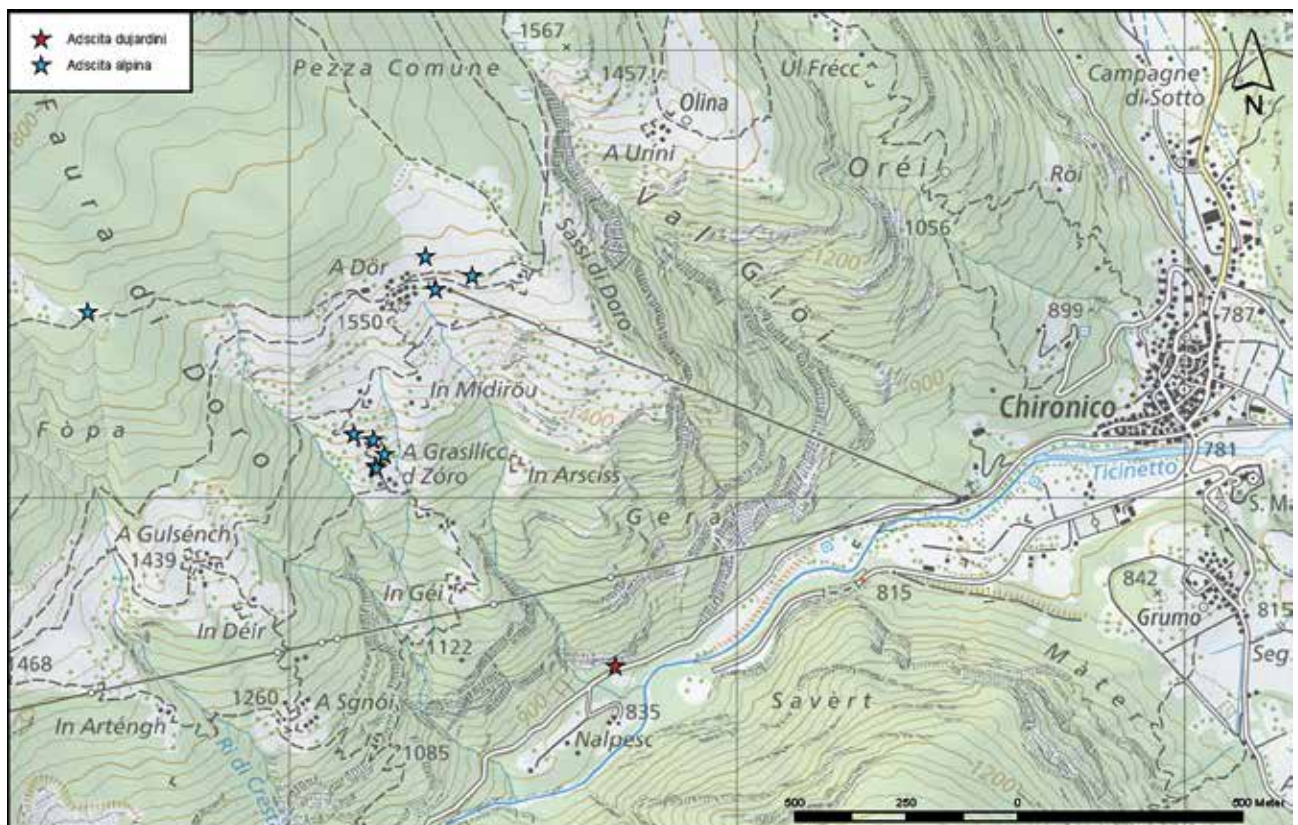


Figure 4: Observation sites of *Adscita dujardini* (red star) in Chironico and *A. alpina* (blue stars) in Doro (Map © Swisstopo).

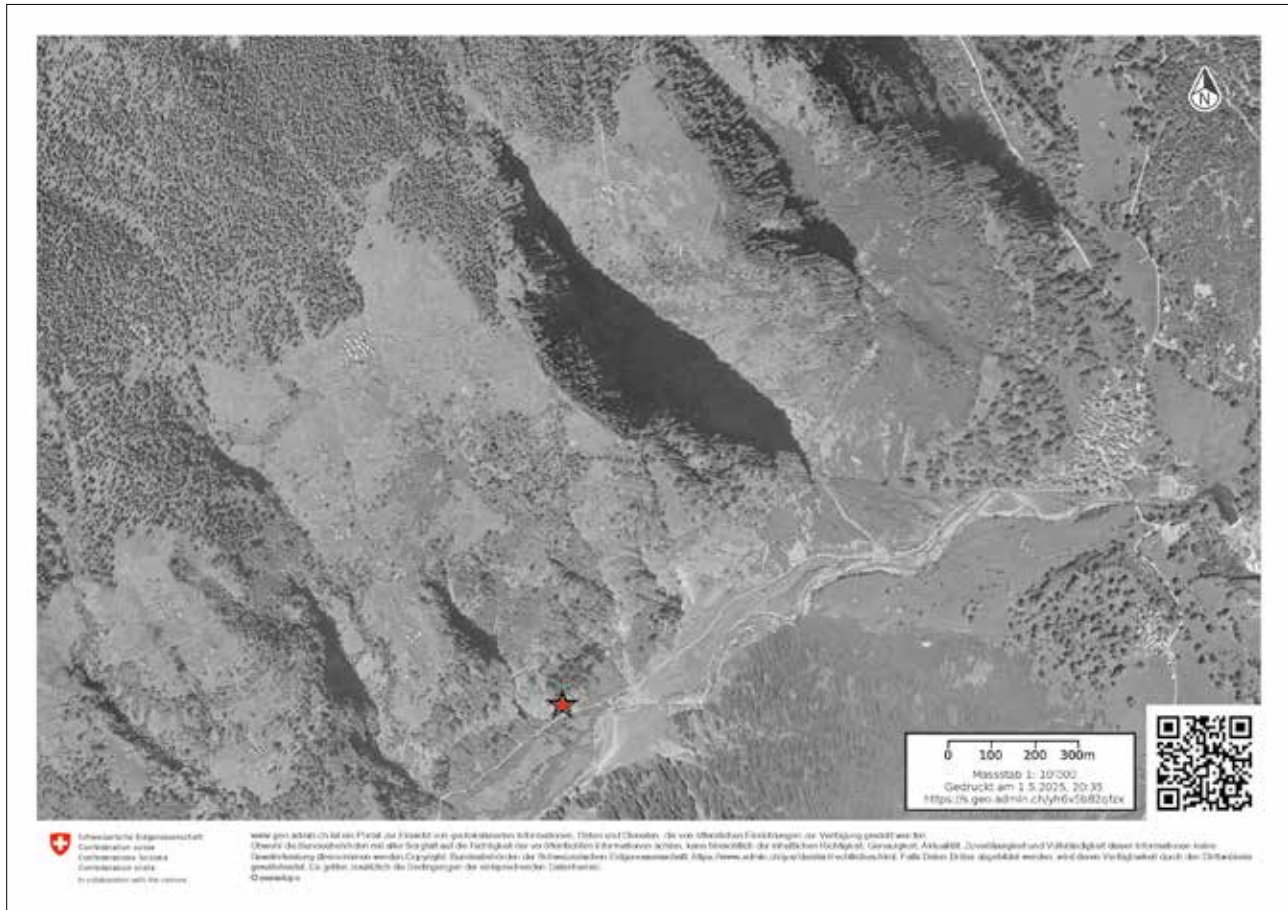


Figure 5: Aerial photograph of Chironico in 1961. The site of the current *Adscita dujardini* observation is marked with a red star (© Swisstopo).



Figure 6: Aerial photograph of Chironico in 2019. The site of the current *Adscita dujardini* observation is marked with a red star (© Swisstopo).

Biodiversity in the survey area is threatened by the abandonment of agricultural land and forest encroachment of rock formations and scree slopes. These areas were historically kept open by intensive forest use in past decades. In recent decades, forest cover in Ticino has significantly increased (Brändli et al. 2020), with a growth rate of $+0.29 \pm 0.09\%$ per year (LFI 2025). Additionally, forest stands have become denser and darker (Stand Density Index $+6.9 \pm 2.5\%$).

In Chironico, the rocky formations on the south-facing slopes along the Ticinetta River were significantly more open in the 1960s than they are today (Figs. 5 and 6). To support the fauna specialized on open habitats, the increasingly denser forest should be thinned and fast-growing bushes should be selectively cleared every few years. *Geranio sanguinei* as a plant community can be supported by partial mowing in September. Implementing these management actions would not only benefit *A. dujardini* but also numerous other species that depend on open habitats, including the Common Redstart (*Phoenicurus phoenicurus* (Linnaeus, 1758)), the Large Chequered Skipper (*Heteropterus morpheus* (Pallas, 1771)), the Purple-edged Copper (*Lycaena alciphron* (Rottenburg, 1775)) and the Silky-footed Leafcutter Bee (*Megachile lagopoda* (Linnaeus, 1761)). Thus, these measures would help preserve and enhance biodiversity in the Ticinetta valley.

ACKNOWLEDGEMENTS

The authors thank Dr. Raymond Guenin for the confirmation of the determination of the male of *Adscita dujardini* and proofreading the manuscript, the association Amici di Doro for funding the field work. Bärbel Koch for the translation and editorial support, Jürg Sommerhalder for the picture editing and Marco Barandun for constructive comments on the manuscript.

LITERATURE CITED

- Brändli U.B., Abegg M. & Allgaier Leuch B. 2020. Schweizerisches Landesforstinventar. Ergebnisse der vierten Erhebung 2009-2017. Birmensdorf, Eidgenössische Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft WSL. Bern, Bundesamt für Umwelt, 341 pp.
- Delarze R., Gonseth Y., Eggenberg S. & Vust M. 2015. Lebensräume der Schweiz. 3. Auflage. Ott Verlag, Bern, 456 pp.
- Delarze R., Eggenberg S., Steiger P., Bergamini A., Fivaz F., Gonseth Y., ... & Stucki P. 2016. Rote Liste der Lebensräume der Schweiz. Aktualisierte Kurzfassung zum technischen Bericht 2013 im Auftrag des Bundesamtes für Umwelt (BAFU), Bern, 33 pp.
- Guenin R. 2015. Über die Variabilität der äusseren männlichen Genitalstrukturen, die Beschreibung der erwachsenen Raupe sowie das Vorkommen von *Adscita dujardini* EFETOV & TARMANN, 2014 im Val Poschiavo (Puschlav, GR) (Lepidoptera: Zygaenidae, Procridinae). – Mitteilungen der Schweizerischen Entomologischen Gesellschaft, 88: 347-360.
- Guenin R. 2023. Bildatlas der Rot- und Grünwiderchen des Alpenraums (Zygaenidae: Zygaeninae, Procridinae, Chalcosiinae). Contributions to Natural History, Naturhistorisches Museum Bern, Nr. 39, 1007 pp.
- Efetov K.A. & Tarmann G.M. 2014. A new European species *Adscita dujardini* sp. nov. (Lepidoptera: Zygaenidae, Procridinae), confirmed by DNA analysis. Entomologist's Gazette, 65: 175-200.
- Lepidopterologen-Arbeitsgruppe. 1997. Schmetterlinge und ihre Lebensräume (Band 2). 679 S.; Fotorotar, Elgg.
- LFI – Landesforstinventar. 2025. Zwischenergebnisse des fünften Landesforstinventar (LFI5). <https://www.bafu.admin.ch/bafu/de/home/themen/wald/fachinformationen/zu-stand-wald/waldbeobachtung/lfi5.html> (last consultation: 15.2.2025).
- info fauna. 2024. Kartenserver *Adscita dujardini*. <https://lep.us.infofauna.ch/carto/29303> (last consultation: 15.02.2025).
- Rey A. 2024. Biodiversitätsförderprojekt Doro – Wirkungskontrolle 2024. Unpublished Report for association Amici di Doro, 108 pp.
- Tarmann G.M. 2019. Vergleich der historischen und aktuellen Verbreitung von *Chazara briseis* (Nymphalidae) und Zygaenidae (Lepidoptera) im oberen Vinschgau (Südtirol, Italien) zeigt ein komplettes Verschwinden der Zygaenidae in talnahen Gebieten. Gredleriana, 19/2019. <https://zenodo.org/records/3565315> (last consultation: 15.2.2025).
- Wermeille E., Chattaro Y. & Gonseth Y. 2014. Rote Liste der Tagfalter und Widderchen. Gefährdete Arten der Schweiz, Stand 2012. Bundesamt für Umwelt, Bern, und Schweizerisches Zentrum für die Kartografie der Fauna, Neuenburg. Umwelt-Vollzug Nr. 1403, 97 pp.

PARTE IV

Contributi speciali

Scienza e gioventù Concorso nazionale 2024

I lavori di ricerca presentati dai finalisti provenienti dalla Svizzera italiana

Mariasole Agazzi & Ferdinando Lehmann

Responsabili di Scienza e gioventù per la Svizzera italiana

mariasole.agazzi@sjf.ch, ferdinando.lehmann@sjf.ch

Redattore di riferimento: Marco Moretti

La finale del 58. Concorso nazionale di Scienza e gioventù si è svolta dal 25 al 27 aprile 2024 presso l'Università di Friburgo e ha visto la partecipazione di 116 giovani con complessivamente 106 progetti di ricerca realizzati nell'ambito del lavoro di maturità liceale, della formazione professionale o nel tempo libero. Tra di loro c'erano anche 10 liceali provenienti dalla Svizzera italiana che, come i loro coetanei, hanno superato con successo l'impegnativo percorso di selezione e perfezionamento sotto la supervisione e la guida degli esperti designati dalla fondazione che ogni anno premia i lavori più originali e innovativi svolti in ambito extra accademico da giovani tra i 16 e i 23 anni d'età.

Dopo essersi candidati per le selezioni regionali del mese di gennaio 2024 a Berna, Losanna e Lugano e aver dimostrato la qualità, l'originalità e gli aspetti innovativi del loro progetto, hanno ottenuto l'ammissione alla fase di coaching successiva durante la quale hanno potuto approfondire e affinare ulteriormente il loro lavoro. Essendo infine riusciti a soddisfare tutte le richieste poste per essere ammessi alla finale nazionale, hanno potuto partecipare alla manifestazione nell'affascinante e accogliente atmosfera universitaria della cittadina burgunda. Qui, oltre a fare conoscenza e stringere nuove amicizie con coetanei provenienti da tutta la Svizzera, hanno potuto presentare i risultati



delle proprie fatiche alla giuria degli esperti di Scienza e gioventù e al numeroso pubblico convenuto: una soddisfazione non da poco!

Durante la cerimonia di premiazione di sabato pomeriggio è stata resa nota la decisione della giuria sull'attribuzione delle menzioni (38 volte "eccellente", 57 "molto buono" e 21 "buono", con i relativi premi in denaro) e degli ambiti premi speciali, che ogni anno permettono alle vincitrici e ai vincitori di rappresentare la Svizzera a concorsi ed esposizioni internazionali o di vivere straordinarie esperienze presso istituzioni e centri di ricerca in Svizzera e all'estero.

La delegazione della Svizzera italiana ha ottenuto risultati di tutto rispetto: con la menzione "eccellente" e tre prestigiosi premi speciali internazionali, Alice Penzavalli, Giulia Pozzi insieme a Linda Cossi e Marta Cvetkovska si sono affermate nell'élite assoluta giovanile della ricerca a livello nazionale; di assoluto valore anche i riconoscimenti ottenuti da Lisa Manzoni, Anna Khijo, Aleksander Jonasz Romaszkievicz, Caterina Wohlgemuth, Aline Togni e Noah Weibel.

In questo Bollettino, grazie all'ospitalità della STSN, abbiamo il piacere di presentare i riassunti delle ricerche nell'ambito delle scienze naturali realizzate da Linda e Marta, da Lisa, da Anna e da Aline e Noah.

Invitiamo i lettori interessati a visitare il sito www.sjf.ch, dove sono disponibili anche i riassunti dei lavori di Alice, Giulia, Aleksander Jonasz e Caterina e di tutti gli altri finalisti del Concorso nazionale 2024: non perdetevi l'occasione di apprezzare la varietà degli argomenti trattati da queste giovani promesse della ricerca.

Mariasole Agazzi e Ferdinando Lehmann
Responsabili di Scienza e gioventù
per la Svizzera italiana

Link

Scienza e gioventù
<https://sjf.ch/it>

Tutti i lavori finalisti del Concorso nazionale 2024
(pagina trilingue)
<https://inspiration.sjf.ch/nationalerwettbewerb-2024>

I video di presentazione dei progetti finalisti 2023
<https://www.youtube.com/playlist?list=PLqkLSIpuSs8FwoyxEaeVlg-xwMGPU4oCz>

LAVORI DI RICERCA PRESENTATI DAI FINALISTI DELLA SVIZZERA ITALIANA

Chimica/Biochimica/Medicina

Linda Cossi e Marta Cvetkovska, Liceo cantonale di Lugano 2

Foglia artificiale a supporto della vita nello spazio e sulla Terra

Menzione: eccellente

Premio speciale: MILSET Expo Science Europe

Biologia/Ambiente

Lisa Manzoni, Scuola cantonale Grigione, Coira

Resina di larice come nuovo antibatterico

Menzione: buono

Anna Khijo, Liceo cantonale di Lugano 2

Spirulina: una speranza per la vita su Marte?

Menzione: buono

Aline Togni e Noah Weibel, Liceo cantonale di Lugano 2

Batteri nitrificanti: alleati contro l'ammoniaca

Menzione: buono

Storia/Geografia/Filosofia/Lingue

Alice Penzavalli, Liceo cantonale di Lugano 2

La ricetta per una truffa (quasi) perfetta

Menzione: eccellente

Premio speciale: Premio speciale del Dipartimento federale degli affari esteri

Giulia Pozzi, Liceo cantonale di Lugano 2

Roma anni Settanta: politica, violenza e società Il dibattito pubblico in Italia intorno al caso del Massacro del Circeo

Menzione: eccellente

Premio speciale: Luxembourg International
Science Expo

Caterina Wohlgemuth, Liceo cantonale di Lugano 2

Turisti influenzati dall'UNESCO?

Un'immersione nel patrimonio mondiale

dell'umanità per capirne gli effetti sul turismo

Menzione: buono

Aleksander Jonasz Romaszkievicz, Liceo cantonale di Lugano 2

Sinfonia di identità

Esplorando la trasformazione di mente e corpo nella transizione di genere

Menzione: buono

Foglia artificiale a supporto della vita nello spazio e sulla Terra

Riassunto: Il nostro lavoro consiste nella creazione di una foglia artificiale che contribuisca alla produzione di diossigeno all'interno delle navicelle spaziali e sulla Terra. La foglia è costituita dalla combinazione di un organismo fotosintetico e di un idrogel. Esistono tre prototipi, differenziati per l'idrogel utilizzato: PVA-borace, idrogel di fibroina di seta e alginato di sodio. Ognuno di questi idrogel è combinato con tre diversi organismi fotosintetici: la Spirulina, la Clorella e i cloroplasti estratti dalle foglie di spinaci.



Gruppo disciplinare
Chimica/Biochimica/
Medicina
**Linda Cossi, 2005 |
Cureglia, TI
Marta Cvetkovska,
2005 |
Massagno, TI**

Liceo cantonale di Lugano 2, Lugano-Savosa
Docente: Yuri Malagutti

Argomento

L'approvvigionamento di diossigeno rappresenta una sfida centrale nelle missioni spaziali, che viene affrontata da grandi compagnie quali la NASA, l'ESA o l'ISS attraverso sistemi estremamente avanzati e ricercati in tutto il mondo. Il nostro lavoro tenta di contribuire in maniera semplice ma efficace al superamento di questa problematica. Le potenzialità del progetto studiate dapprima per l'ambito spaziale, si sono in seguito rivelate molto promettenti anche per la Terra, sempre più minacciata dalla crisi climatica.

Metodologia

Per il primo prototipo sono stati mischiati i rispettivi organismi a una soluzione di alginato di sodio 2%. La soluzione ottenuta è stata versata a gocce in una soluzione di CaCl_2 0,2 M, ottenendo delle sfere solide. Per il secondo prototipo, inizialmente si è separata la sericina dalla fibroina di seta, bollendo dei bozzoli di Bombyx mori in una soluzione di Na_2CO_3 0,02 M per 90 minuti. Dopo tre lavaggi consecutivi in acqua distillata, la fibroina pura è stata lasciata in forno a 60 °C per 24 ore. In seguito, si è cercato il metodo migliore di dissoluzione della fibroina. Nel primo approccio 0,4 g di fibroina sono stati sciolti in una soluzione ternaria di CaCl_2 , etanolo e acqua distillata, in rapporto molare 1:2:8 a 85° per dieci minuti. Nel secondo approccio, 1g di fibroina è stato sciolto in una soluzione di 4,75 g di acido formico e 0,25 g di CaCl_2 . Con l'ultimo tentativo sono invece stati sciolti 5 g di fibroina in 17 mL di una soluzione di LiBr 13,5 M a 60 °C per 4 ore. A tutti i composti sono stati aggiunti gli organismi fotosintetici e sono poi stati lasciati seccare per 24 ore. Per il terzo prototipo gli organismi fotosintetici sono stati aggiunti a una soluzione di PVA con borace all'8%. Il composto ottenuto è stato lasciato seccare.

Risultati

Il sistema di sfere di alginato ottenuto è funzionante: le sfere immerse nel liquido, facendo la fotosintesi, producono diossigeno diventando meno dense e di conseguenza si spostano verso la superficie. Una volta rilasciato il diossigeno nell'ambiente, le sfere tornano ad essere più dense della soluzione e ricadono sul fondo. A partire da 30 mL di soluzione di alginato, contenente 15 mL di cloroplasti, è stato possibile raccogliere circa 34 mL di diossigeno a STP sull'arco di 5 giorni. L'idrogel di fibroina ottenuto con il solvente di acido formico si è solidificato diventando trasparente e flessibile, ma l'organismo non è sopravvissuto al suo interno. Quest'ultimo è, al contrario, sopravvissuto nella soluzione ternaria e in quella di LiBr, ma l'idrogel non si è mai solidificato. L'idrogel di PVA e borace si è solidificato mantenendo la stessa forma e il colore verde dell'organismo anche a distanza di quattro mesi.

Discussione

Il sistema di palline di alginato si è rivelato essere molto efficiente e particolarmente adatto alla Terra. La sua componente liquida esclude però, la possibilità di applicarlo in un ambiente privo di gravità. L'idrogel di fibroina è, nella teoria, altrettanto promettente, eppure, gli ostacoli presentati dai metodi di dissoluzione non sono ancora stati superati. Al contrario, l'idrogel di PVA, essendo solido e avendo un pH neutro, si mostra adeguato ad un uso sia spaziale che terrestre. Se si avessero gli strumenti necessari, sarebbe possibile effettuare misurazioni del diossigeno prodotto anche da questo prototipo di foglia artificiale.

Conclusioni

Attraverso il nostro lavoro si è dimostrato di poter creare in maniera semplice e biologica un sistema artificiale che produca diossigeno. In ambienti chiusi, che siano edifici sulla Terra o navicelle nello spazio, si potrebbe pensare di disporre dei fogli fotosintetici vicino a fonti luminose, producendo diossigeno. Con il sistema di sfere di alginato, invece, si potrebbero progettare delle vere e proprie lampade fotosintetiche. Se si provasse quantitativamente il rilascio di glucosio nella soluzione, prodotto durante la fotosintesi, si potrebbe inoltre pensare di riutilizzare tale soluzione per generare energia elettrica, alimentando la lampada stessa.

Resina di larice come nuovo antibatterico

Riassunto: Per dimostrare le proprietà antibatteriche della resina di abete rosso (*Picea abies*) e di larice (*Larix decidua*) sui batteri *Staphylococcus aureus* e *Escherichia coli* è stata svolta un'analisi approfondita in laboratorio. È emerso che la resina di larice è stata efficace su entrambe le specie di batterio dimostrando quindi proprietà antibatteriche importanti. Al contrario, la resina di abete rosso è stata efficace solo sullo *S. aureus* (batterio Gram-positivo), confermando quanto già osservato in studi precedenti. I risultati ottenuti grazie a questa ricerca potranno essere utilizzati in futuro per progredire nella lotta continua contro i batteri e limitare le resistenze agli antibiotici utilizzando metodi più sicuri e naturali come la resina.



Gruppo disciplinare
Biologia/Ambiente
Lisa Manzoni, 2005 |
Roveredo, GR
Scuola Cantonale
Grigione, Coira
Docente: Stefano Peduzzi

Argomento

L'obiettivo principale di questa ricerca è quello di scoprire se la resina di *Larix decidua* possiede delle proprietà antibatteriche contro i batteri *Staphylococcus aureus* e *Escherichia coli*, utilizzando la resina di *Picea abies* come controllo.

Metodologia

Per verificare le proprietà antibatteriche delle due diverse tipologie di resina sono stati svolti un totale di 96 esperimenti in vitro utilizzando un terreno di coltura liquido, a cui è stata aggiunta una specifica quantità di resina in polvere. I batteri *S. aureus* e *E. coli* sono stati successivamente inoculati nelle provette. Infine, il livello di concentrazione batterica dopo l'aggiunta della resina è stato estrapolato grazie ai risultati raccolti inserendo le colture cellulari in un lettore di torbidità secondo gli standard McFarland.

Risultati

La resina di abete rosso aggiunta alle provette con lo *S. aureus* ha mostrato un livello di torbidità pari a zero ed è stata perciò efficace al 100%, mentre a contatto con l'*E. coli* ha mostrato una torbidità media di 2.84 secondo la scala McFarland rispetto al mezzo di coltura sterile. La resina di larice ha invece inibito la crescita dell'*E. coli* con una diminuzione statisticamente significativa della torbidità di 0.61 rispetto al controllo positivo.

Discussione

Grazie a questi risultati è stato dimostrato che sia la resina di larice che la resina di abete rosso possiedono proprietà antibatteriche seppur leggermente diverse tra loro. Il risultato più interessante dell'analisi è stato però scoprire che, a differenza della resina di abete rosso, la resina di larice è efficace sia sui batteri Gram-positivi che sui batteri Gram-negativi.

Conclusioni

La resina si è dimostrata un mezzo molto efficace da utilizzare nella lotta continua contro i batteri. In particolare la resina di larice, poiché ha un'efficacia sia sui batteri Gram-positivi che Gram-negativi, potrebbe essere sfruttata in futuro per la realizzazione di creme naturali e sicure da impiegare nella disinfezione di piccole ferite. Inoltre, sarebbe molto interessante ampliare le analisi svolte in questo lavoro testando le proprietà della resina su batteri resistenti agli antibiotici per trovare delle soluzioni a questo problema così attuale e pericoloso.

Spirulina

una speranza per la vita su Marte?

Riassunto: Questa ricerca esplora l'adattabilità della *Spirulina platensis* alle condizioni ambientali simulate, soprattutto sulle dinamiche osservate nell'ultimo esperimento condotto. L'obiettivo principale è stato valutare la risposta della *Spirulina* a variazioni di pressione atmosferica e temperatura, cercando di simulare le condizioni ardue, simili il più possibile a quelle su Marte. Attraverso una serie di esperimenti, è stata condotta un'analisi della *Spirulina* alle variazioni. I risultati hanno dimostrato una sorprendente resilienza della *Spirulina* di fronte a tali condizioni estreme, con adattamenti fisiologici e metabolici, suggerendo una capacità di sopravvivere e prosperare in ambienti ostili. Tuttavia, nell'ultimo gruppo dell'esperimento, la *Spirulina* ha mostrato segni di stress alle temperature basse, come frammentazione e perdita di clorofilla. Nonostante ciò, ha dimostrato una ottima capacità di ripresa, una volta esposta nuovamente a condizioni normali. Questo studio offre nuove prospettive sulla biologia adattativa della *Spirulina* in contesti simulati, contribuendo all'apprendimento delle sfide che la vita potrebbe affrontare su altri pianeti e fornendo una base per ulteriori ricerche sulla coltivazione di organismi fotosintetici in ambienti extraterrestri.



Gruppo disciplinare
Biologia/Ambiente
Anna Khijo, 2004 |
Breganzona, TI
Liceo cantonale
di Lugano 2,
Lugano-Savosa
Docente: Yuri Malagutti

Argomento

Il progetto si concentra sull'adattabilità della *Spirulina platensis* in ambienti ostili simili a quelli di Marte. Analizziamo attraverso una serie di esperimenti la sua resilienza e capacità di sopravvivenza in condizioni caratterizzate da variazioni di pressione atmosferica e temperatura.

Metodologia

Nell'esperimento della durata di 14 giorni sono state introdotte metodologie di misurazione per analizzare la risposta della *Spirulina platensis* a variazioni ambientali estreme. Dopo la preparazione dei campioni, sono stati suddivisi in tre gruppi distinti e sottoposti a condizioni ambientali differenziate. Tre campioni sottoposti a temperature basse (4 °C), altri tre sotto pressione atmosferica bassa (200 mBar) e gli ultimi tre con temperatura e pressione ambientali come controllo. La crescita dei campioni è stata monitorata regolarmente, registrando dati relativi a temperatura e a luminosità. Mentre per il cambiamento di densità verrà utilizzato il metodo della disposizione del foglio bianco dietro i campioni.

Risultati

Dopo 14 giorni di esperimento, le culture esposte a condizioni ambientali (con pH 10.5) e quelle a pressione basse (pH 10) hanno evidenziato una significativa crescita rispetto a quella mantenuta nel frigorifero (pH attorno a 8). L'aumento della densità delle prime due colture ha ostacolato la chiara visione del foglio dietro i campioni, suggerendo un tangibile incremento nella densità della coltura. Questo risultato conferma

la maggiore difficoltà di sopravvivenza della *Spirulina* alle temperature basse. Tuttavia, dopo aver lasciato riposare tutti i campioni per 4 giorni, la *Spirulina* ha mostrato un'impressionante capacità di recupero, ripristinando rapidamente la sua vitalità.

Discussione

L'analisi dei risultati riflette una risposta differenziata della *Spirulina platensis* alle diverse condizioni ambientali. Sebbene il primo gruppo abbia evidenziato una crescita significativa, confermando l'importanza di condizioni ottimali, il secondo gruppo ha mostrato una sorprendente capacità di adattamento alle basse pressioni, suggerendo una resilienza della *Spirulina*. Tuttavia, il terzo gruppo ha incontrato maggiori difficoltà a temperature basse, evidenziando la sensibilità della microalga a variazioni estreme. Questi risultati supportano parzialmente l'ipotesi di lavoro, suggerendo ulteriori ricerche per comprendere meglio i limiti della crescita della *Spirulina*.

Conclusioni

La ricerca ha confermato la robustezza della *Spirulina platensis* in risposta a variazioni ambientali estreme di pressione e temperatura, sottolineando la sua straordinaria resilienza. Sebbene le basse temperature rappresentino una sfida, la *Spirulina* dimostra una notevole capacità di ripresa. I risultati forniscono una base solida per ulteriori indagini sull'ottimizzazione delle condizioni di coltivazione.

Batteri nitrificanti alleati contro l'ammoniaca

Riassunto: I batteri nitrificanti sono di fondamentale importanza in quanto permettono di rimuovere l'azoto in eccesso trasformandolo in nitriti e poi in nitrati senza creare danni all'ambiente. Dato che le temperature globali sono in continuo aumento la domanda che ci siamo posti era la seguente: In che modo le condizioni ambientali, come la variazione della temperatura e del pH, compromettono il funzionamento dei batteri nitrificanti? Per rispondere a questa domanda abbiamo eseguito un esperimento in laboratorio utilizzando il fango attivo. Tramite questo esperimento abbiamo scoperto che i batteri lavorano molto bene alla temperatura di 30 °C, ma se la temperatura dell'acqua aumenta ulteriormente l'efficacia diminuisce.



Gruppo disciplinare
Biologia/Ambiente
Aline Togni, 2005 |
Cassina d'Agno, TI
Noah Weibel, 2005 |
Rivera, TI

Liceo cantonale di Lugano 2, Lugano-Savosa
Docente: Annamaria Scacchi-Bottini

Argomento

Con un esperimento in laboratorio abbiamo voluto verificare l'efficacia dei batteri nitrificanti di trasformare l'azoto ammoniacale in azoto nitrico sottoponendoli a temperature maggiori rispetto ai loro standard (25 °C). Nello specifico l'obiettivo era di simulare un possibile habitat futuro per i batteri nel caso in cui le temperature delle acque dovessero aumentare.

Metodologia

Inizialmente abbiamo preparato una soluzione di solfato di ammonio con una concentrazione di 2g/L di azoto ammoniacale. Dopodiché abbiamo inserito 500mL di fango attivo in 4 becher e impostato le temperature a 25 °C, 30 °C, 40 °C e 45 °C per il primo campione. I becher venivano ossigenati mediante dei tubi e rimescolati grazie alle piastre che fungevano anche da oscillatori magnetici. Lo stesso procedimento è stato eseguito per il secondo campione impostando però le temperature a 33 °C e 36 °C. Abbiamo eseguito le misurazioni delle concentrazioni di azoto ammoniacale e di azoto nitrico a 0 minuti (dopo l'aggiunta della soluzione) a 60 minuti e a 140 minuti. Per il secondo campione abbiamo misurato il pH a intervalli di 10 minuti a ogni temperatura.

Risultati

Con il primo campione abbiamo osservato che a 30 °C l'azoto ammoniacale degradato e la produzione di azoto nitrico nell'arco dei 140 minuti era molto maggiore rispetto alle altre temperature. Inoltre, abbiamo potuto notare che indipendentemente dalla temperatura la produzione di azoto nitrico è maggiore rispetto alla degradazione di azoto ammoniacale. Per quanto riguarda il secondo campione abbiamo notato un andamento

molto simile a quello del primo campione solo più costante. Inoltre, per il secondo campione abbiamo osservato che a ogni temperatura il pH finale (dopo 140 minuti) era minore rispetto a quello iniziale.

Discussione

Svolgendo l'esperimento in laboratorio siamo riusciti a capire che a 30 °C i batteri nitrificanti sono più efficaci rispetto alle altre temperature. La nitrificazione funziona bene anche ad una temperatura di 25 °C, mentre a 40 °C e a 45 °C le concentrazioni sono variate di poco. La principale motivazione è dovuta dal fatto che i batteri non sono abituati a stare a delle temperature così alte, perché l'enzima coinvolto AMO viene influenzato, andando a inibire le reazioni e dunque tutto il processo.

Alla fine dell'esperimento abbiamo notato che le soluzioni risultavano più torbide alle temperature più alte e che in tutti i campioni è maggiore la produzione totale di azoto nitrico rispetto alla diminuzione totale dell'azoto ammoniacale. Possiamo quindi dedurre che siano intervenute altre reazioni portando alla degradazione di alcuni composti all'interno del fango attivo. Per quanto riguarda il secondo campione i grafici sono abbastanza costanti. Questi risultati sono ricollegabili ai fattori meteorologici, in quanto al depuratore viene eseguita una denitrificazione. Infine, con il passare del tempo si è assistito ad un abbassamento del pH e di conseguenza ad una diminuzione della nitrificazione.

Conclusioni

Siamo giunti alla conclusione che sia la temperatura che il pH influiscono sul corretto funzionamento dei batteri e dunque sulla buona riuscita della nitrificazione. Inizialmente a 30 °C l'efficacia dei batteri è aumentata rispetto a 25 °C. Tuttavia, continuando ad aumentare la temperatura fino a 45 °C l'efficacia è diminuita, come da nostra ipotesi. A 25 °C, 30 °C, 33 °C e 36 °C il pH finale risulta inferiore rispetto a quello iniziale. Dunque, si può dire che a queste temperature diminuendo il pH il processo viene inibito leggermente e ciò potrebbe rappresentare un problema in caso di un aumento delle piogge acide. Mentre a 40 °C e 45 °C avviene il contrario di quanto abbiamo ipotizzato, il pH finale risulta maggiore di quello iniziale e, nonostante ciò, la nitrificazione è stata notevolmente compromessa. Infatti in questo caso riteniamo che abbia influito maggiormente la temperatura e non tanto il pH.

Valutazione del successo di interventi di rivitalizzazione di rive lacustri: una prima proposta di indicatori da considerare

Sandro Peduzzi^{1,2*}, Sabrina Lötscher³, Red Calore³ & Andreas Bruder³

¹ Ufficio dei corsi d'acqua, Dipartimento del territorio, Repubblica e Cantone Ticino, Via Franco Zorzi 13, 6501 Bellinzona, Svizzera

² Département F.-A. Forel des sciences de l'environnement et de l'eau, Université de Genève, 66 boulevard Carl-Vogt, 1211 Genève 4, Svizzera

³ Istituto microbiologia, SUPSI, Via Ruchat-Roncati 15, 6850 Mendrisio, Svizzera

* sandro.peduzzi@unige.ch

Redattore di riferimento: Mauro Jermini

Riassunto: Sebbene la rivitalizzazione idromorfologica delle rive lacustri sia una pratica comune in molte regioni del mondo, il monitoraggio e la valutazione del loro successo vengono effettuati raramente. Il monitoraggio e la valutazione dei progetti di rivitalizzazione forniscono dati fondamentali per l'apprendimento e permettono, se necessario, di correggere quanto realizzato e di migliorare futuri progetti di rivitalizzazione. Mentre i monitoraggi di rivitalizzazioni di corsi d'acqua sono già ampiamente considerati, non esistono, o quasi, pubblicazioni e linee guida sulla valutazione e il monitoraggio dei progetti di rivitalizzazione delle rive lacustri. Considerando questa lacuna di conoscenze, la Commissione Internazionale per la Protezione delle Acque Italo-Svizzere (CIPAIS) ha commissionato all'Istituto Microbiologia un progetto di ricerca, qui riassunto, il quale ha come scopo l'analisi dei potenziali indicatori e metodi per valutare e monitorare gli effetti delle misure di rivitalizzazione delle rive lacustri. Questo progetto si basa sulla letteratura scientifica e grigia (qualora disponibile) prendendo spunto dagli sviluppi concettuali e pratici, più avanzati, nel campo delle rivitalizzazioni di corsi d'acqua. Il contributo fornisce una panoramica sull'importanza per gli ecosistemi lacustri e le loro rive degli indicatori selezionati e illustra i metodi disponibili per monitorarli. Quando possibile accenna ad esperienze acquisite sui laghi Maggiore e Lugano.

Parole chiave: controllo dell'efficacia, indicatori ecologici, monitoraggio, rive lacustri, rivitalizzazione

How to evaluate the success of lake shores restoration: a first proposal of indicators to consider

Abstract: Although hydromorphological revitalization of lakeshores is a common practice in many regions of the world, monitoring and evaluating their success is rare. In addition, monitoring and evaluating revitalization projects provide crucial data for continuous learning and thus allow future revitalization projects to be improved. As a result, while river revitalization measures are widely monitored, there are almost no publications or guidelines on the evaluation and monitoring of lakeshores restoration projects. Considering this knowledge gap, the International Commission for the Protection of Italian-Swiss Waters (CIPAIS) has commissioned the Microbiology Institute to conduct a search project, which aims to analyse existing methods for evaluating and monitoring the effects of revitalization measures on lakeshores. This project is based on the scientific and gray (where available) literature and inspired by what done on river restoration projects a field where reflections and applications are more developed. The paper provides an overview of the importance to lake ecosystems and lake shores of the selected indicators and the methods available to monitor them, and, when possible, it mentions experiences gained on Lakes Maggiore and Lugano.

Keywords: ecological indicators, ecological restoration, lake shores, monitoring, success control

INTRODUZIONE

I ripristini ecologici di ecosistemi compromessi, definiti in inglese *Ecological restoration measures*, sono di attualità e hanno l'ambizione di poter, assieme alla tutela di porzioni importanti del nostro territorio, contrastare la perdita di biodiversità che è particolarmente alta negli ecosistemi d'acqua dolce (Reid et al. 2019; WWF 2024). *Ecological restoration*, già citata nel nostro precedente contributo (Peduzzi & Peduzzi 2022), è ad esem-

pio promossa nel decennale programma (2021-2030) delle Nazioni Unite dedicato alla Riqualificazione ecologica (www.decadeonrestoration.org).

Gli interventi di rivitalizzazione delle rive lacustri sono una delle possibili misure del ripristino ecologico e sono già una pratica comune in molte regioni del mondo tra cui la Svizzera (Iseli et al. 2020a). A livello svizzero ogni cantone nel 2022 ha elaborato una Pianificazione strategica della Rivitalizzazione delle rive lacustri. Per il Canton Ticino la pianificazione è disponibile all'indi-

rizzo: <https://www4.ti.ch/dt/dc/uca/temi/corsi-dacqua/gestione-delle-acque/premunizione-e-rivitalizzazione/pianificazioni-rinaturazione-delle-acque/pianificazione-rivitalizzazioni-delle-rive-lacustri> (Ufficio dei corsi d'acqua 2022).

A partire dal 2005 anche in Ticino sui laghi di Lugano e Maggiore sono stati realizzati diversi lavori di rivitalizzazione di rive lacustri e zone litorali in particolare misure di ripristino di zone a canneto (*Phragmites australis*) ma anche di bassi fondali. In aggiunta possiamo citare alcune rivitalizzazioni di foci a lago di importanti corsi d'acqua, ad esempio il progetto Delta vivo del fiume Ticino nella riserva della Bolle di Magadino (Peduzzi et al. 2009; Rossi-Pedrucci et al. 2012) o la riqualificazione della Foce del Cassarate nel golfo di Lugano (Filippini et al. 2014). Malgrado gli investimenti, anche importanti, fatti per le rivitalizzazioni di rive lacustri gli esempi di verifiche della loro efficacia e del loro successo ecologico sono rari e il tema è poco indagato. Al contrario, sui corsi d'acqua gli esempi di verifica del successo sono più numerosi e sono state proposte delle linee guida e metodi standard per il rilievo di indicatori. Per il progetto Delta vivo, a cavallo tra riva lacustre e corso d'acqua, è stato tuttavia impostato ed eseguito un esteso programma di monitoraggio e verifica del successo (Rossi-Pedrucci et al. 2012-Stato 1; Bricalli et al. 2021-Stato 2; Giollo et al. 2021-Stato3).

La Commissione internazionale per la protezione delle acque italo-svizzere (CIP AIS, www.cipais.org) nella Sezione Ambienti litorali e temi emergenti ha così affrontato la tematica nel programma 2019-2021. Il progetto CIP AIS, *Valutazione del successo di rivitalizzazione ecologica delle rive lacustri*, è sfociato in una prima proposta di strumento per la valutazione del successo ecologico di una rivitalizzazione di rive lacustri da una prospettiva Svizzera. L'indagine, fornendo il contesto generale e lo stato dell'arte di interventi di ripristino ecologico di rive lacustri, identifica e descrive gli indicatori ecologici e i metodi adeguati per valutare l'efficacia di interventi di rivitalizzazione di rive lacustri e verificare così il loro successo ecologico.

Per il Ticino sono da tener presenti le caratteristiche peculiari dei suoi maggiori bacini e in particolar modo del Maggiore, dove interventi di rivitalizzazione delle rive devono poter avere quali obiettivi prioritari gli ambienti più pregiati e rari, derivati dalle caratteristiche del sistema. Per il lago Maggiore l'oscillazione naturale dei livelli e la conseguente formazione di una fascia litorale con habitat particolari e rari, diventa una priorità conservazionistica, in contrapposizione la gestione artificiale dei livelli (Scapozza & Patocchi 2022).

Il presente contributo propone quindi una sintesi dell'indagine CIP AIS (Istituto Microbiologia 2022), con l'intento di promuovere questo tipo di monitoraggi affinché essi possano fornire basi scientifiche solide e sempre attualizzate alla progettazione di interventi di rivitalizzazione delle rive lacustri e confermarne l'efficacia ecologica. Infine, il presente contributo vuol anche essere un'introduzione al tema ed un invito al suo approfondimento: nel documento originale, disponibile sul sito CIP AIS, www.cipais.org/web/wp-content/uploads/2023/04/S3-RL-CIP AIS_Rapporto_fina

le_2019-2021_Valutazione_Lugano_rev.pdf, nonché nella sua estesa bibliografia di 271 titoli e nei successivi studi CIP AIS sulle rivitalizzazioni delle rive lacustri (CNR IRSA 2024a,b; Oikos 2018).

MATERIALI E METODI

Basandoci sulla letteratura scientifica, la letteratura grigia e attraverso contatti con esperti, professionisti ed enti coinvolti nella rivitalizzazione delle rive proponiamo una selezione di indicatori utili per la valutazione dell'efficacia di un ripristino ecologico ma, in generale, anche dello stato ecologico di una riva lacustre. Gli studi di caso analizzati mostrano che la valutazione del successo richiede una combinazione di indicatori di diverse categorie e che questa combinazione dipende dalla tipologia del lago e dall'obiettivo specifico di una rivitalizzazione. La struttura e i gruppi (categorie) di indicatori identificati come utili (elencati e descritti in seguito) sono in linea con la procedura Svizzera per la valutazione del successo della rivitalizzazione dei corsi d'acqua (UFAM 2018). Questo approccio è stato scelto perché, in parte, i concetti e i gruppi di indicatori sono comuni a laghi e corsi d'acqua. Lavorare in modo coordinato per laghi e corsi d'acqua permetterà inoltre di sviluppare delle sinergie per la formazione degli enti implicati nella valutazione e nella gestione dei progetti. Benché siano entrambi ecosistemi d'acqua dolce, e presentino caratteristiche comuni, i corsi d'acqua e le rive lacustri sono comunque molto diversi tra di loro e i singoli indicatori, in particolare i metodi di campionamento, sono spesso differenti e necessitano di un adattamento.

Lo stato ecologico di una riva lacustre dipende dall'estensione della riva stessa, dai processi biologici che avvengono in questo ecosistema e dalla presenza di comunità biologiche. Tuttavia, anche vari parametri abiotici sono ugualmente importanti per ottenere un quadro completo della condizione ecologica di un sito. Nella figura 1 sono illustrate le categorie (i gruppi) di indicatori ritenuti importanti. Gli indicatori dall'1 al 3 sono considerati abiotici mentre dal 4 al 10 biotici, tali categorie sono identificate e descritte nei risultati.

I paragrafi che seguono sintetizzano le ragioni per cui la categoria dell'indicatore è considerata rilevante nell'ecosistema lacustre. Quando disponibili vengono inoltre descritti metodi di rilievo applicabili al controllo dell'efficacia insieme alle esperienze già effettuate con questi metodi. Infine, se possibile, vengono proposte delle considerazioni riferite ai laghi di Lugano e Maggiore. Laddove i metodi non sono indicati è utile riferirsi allo studio CIP AIS (Istituto Microbiologia 2022) che per ogni indicatore fornisce una tabella riassuntiva dei metodi disponibili.

RISULTATI

Diversità dell'habitat

Rive lacustri caratterizzate da un'alta diversità di habitat e da un'alta complessità biologica favoriscono la biodiversità ed i processi ecosistemici (Pieczyńska



Figura 1: Panoramica delle categorie di indicatori più importanti per la valutazione del successo delle rivitalizzazioni ecologiche delle rive lacustri: 1 Diversità dell'habitat, 2 Dinamica, 3 Connettività, 4 Processi ecosistemici, 5 Macrofite, 6 Canneti, 7 Vegetazione ripariale terrestre, 8 Macroinvertebrati acquatici, 9 Fauna ittica, 10 Avifauna (adattato e modificato da Duane Raver, "Lake ecosystem", Georgia Department of Natural Resources, Aquatic Education Program).

1995; Ostendorp 2004). In particolare, la vegetazione nelle aree ripariali e nella zona litorale è una componente importante di una riva lacustre diversificata. Questa diversità strutturale è a beneficio di gruppi di organismi come: macroinvertebrati, pesci e uccelli.

In Svizzera, la linea guida dell'UFAM propone il rilievo dell'ecomorfologia delle rive lacustri che costituisce una buona stima della diversità dell'habitat e che si basa solitamente su foto aeree (Niederberger et al. 2016). I dati necessari al rilievo sono così disponibili attraverso ortofoto già presenti in banche dati (pubbliche) o sono producibili con un impegno limitato.

Tuttavia questo approccio pone anche dei limiti, altri parametri sono rilevanti per valutare la diversità dell'habitat (per esempio la composizione e stabilità del sedimento, presenza e diversità strutturale di elementi morfologici della riva) e non sono ricavabili da foto aeree. Un approccio più approfondito per valutare l'ecomorfologia delle rive si trova nel "Lake Habitat Survey (LHS)", sviluppato per creare uno standard europeo (Rowan et al. 2006). Questo metodo tiene conto di diversi parametri che permettono di valutare la diversità di un habitat, così come considera i fattori di stress idromorfologici e antropici. Il metodo è adatto non solo per valutare l'ecomorfologia di interi corpi idrici, ma anche considerato utile per valutare i cambiamenti su rive lacustri rivitalizzate (Rowan et al. 2006; Latinopoulos et al. 2018). I dati per il LHS sono rilevati usando una combinazione di immagini aeree e rilievi sul campo, a piedi o in barca (Boon et al. 2019).

L'ecomorfologia delle sponde svizzere dei laghi Maggiore e di Lugano, aggiornata nell'ambito della Pianificazione strategica del 2022, restituisce un quadro nettamente insufficiente con deficit ecologici gravi e ampiamente distribuiti. Solo il 20% delle sponde svizzere del lago di Lugano e del Maggiore appartengono alle classi naturali-seminali e lievemente degradate mentre il restante è nelle classi: degradato, non naturale e artificiale (Ufficio dei corsi d'acqua 2022).

Dinamica

Il monitoraggio dei processi di erosione e di accumulo dei sedimenti può fornire informazioni cruciali sulle condizioni di una riva lacustre e dei delta (Spreafico et al. 2005). Per esempio, la continua e eccessiva erosione associata alla rimozione dei sedimenti fini, può portare alla mancanza di un substrato adatto alla crescita delle macrofite mentre la mancanza totale di dinamica è anch'essa da considerare negativa. Di regola, condizioni stabili del sedimento promuovono la formazione di comunità di piante acquatiche.

Il metodo per rilevare la dinamica sulle rive lacustri (descritto in dettaglio in Hofmann & Ostendorp 2019) include indicatori per quantificare il bilancio dei sedimenti, la distribuzione granulometrica, e la stratificazione verticale dei sedimenti. Per gli aspetti idraulici sono considerati: rilievi batimetrici, temperatura e livello dell'acqua, velocità della corrente ed energia delle onde. Elementi importanti della dinamica sono quindi il bilancio dei sedimenti (Bragg et al. 2003) e le fluttuazioni del livello dell'acqua (Hofmann & Ostendorp 2019).

dorp 2019). Per esempio, alcune piante come i canneti traggono vantaggio da livelli d'acqua temporaneamente bassi durante i quali possono espandersi (Elzi et al. 2023). Misure di rivitalizzazione come il ripristino di livelli lacuali più naturali hanno mostrato un effetto positivo sul bilancio dei sedimenti e sui cicli dei nutrienti, e di conseguenza sulle specie che ne dipendono. La variazione del livello dell'acqua e l'esposizione alle onde sono fattori particolarmente importanti per la pianificazione delle misure da attuare, in quanto influenzano significativamente lo sviluppo e la dinamica di un sito. Tuttavia, i livelli di tanti laghi sono regolati artificialmente, questo va considerato, ma non può essere modificato/influenzato dalle rivitalizzazioni puntuali. Malgrado il sistema sia molto complesso e a volte conflittuale per i vari interessi in gioco, sempre più, nella gestione dei livelli dei laghi si prova a garantire un andamento più naturale dei livelli idrometrici medi. Il progetto STRADA (Salveti 2014) ha analizzato le modalità di regolazione artificiale del lago di Lugano integrando poi nel sistema possibili aspetti ecologici. Per esempio sono stati valutati livelli lacuali appropriati affinché permettano in primavera ed estate di "arieggiare" i canneti favorendone la crescita.

Connettività

Il mantenimento e l'aumento della connettività tra gli habitat lacustri (acquatici) e quelli ripariali (terrestri) è spesso uno degli obiettivi principali della rivitalizzazione delle rive. La connettività può essere migliorata su piccola scala rimuovendo ad esempio un muro d'argine o su una scala più grande ripristinando la funzionalità ecologica e la dinamica di una foce o di una zona umida.

È rilevante che la connettività attuale di una riva ed il suo potenziale di recupero siano presi in considerazione nel calcolo del potenziale di rivitalizzazione. In linea di principio, il successo di un progetto di connettività ecologica può essere determinato sulla base di determinate specie vegetali o animali indicatrici che dovrebbero beneficiare delle nuove strutture o dall'eliminazione degli ostacoli alla migrazione, come per esempio alcune specie di pesci che risalgono negli immissari. Nel caso di una linea di riva senza ostacoli le fluttuazioni naturali del livello dell'acqua portano a cambiamenti sostanziali, soprattutto nella fascia spondale e retrospandale (Liu et al. 2019), e permettono il trasporto di sedimenti e di nutrienti che sono importanti per l'intero ecosistema lacustre (Schindler & Scheuerell 2002).

Processi ecosistemici

Gli ecosistemi ripariali e loro comunità biologiche sono altamente dipendenti dai processi ecologici. I più rilevanti includono la produzione primaria, la decomposizione aerobica o anaerobica della materia organica, e la produzione secondaria degli organismi. Questi processi contribuiscono ai cicli dell'energia e dei nutrienti negli ecosistemi. Tuttavia, anche se sono ancora poco studiati per le rive lacustri, spesso sono perturbati a causa dell'influenza antropica come la disconnessione degli habitat e l'inquinamento chimico (Schindler & Scheuerell 2002). Considerata l'importanza dei processi eco-

logici per gli ecosistemi, incluse le rive dei laghi (Choi, 2007), è opportuno utilizzarli in combinazione con i classici bioindicatori basati sulle comunità biologiche (Elosegi et al. 2017). L'impiego di indicatori specifici per i processi (decomposizione della materia organica, attività microbica, produzione primaria, ecc.) è ancora poco diffuso perché i metodi non sono calibrati su ecosistemi ripariali o rispettivamente non sono ancora sufficientemente standardizzati. Lo studio Istituto microbiologia (2022) fornisce comunque un primo elenco di metodi. Sempre nell'ambito degli studi promossi dalla CIPAI, l'IM-SUPSI ha testato degli indicatori per misurare la decomposizione di materia organica sulle rive del lago di Lugano, usando delle strisce di cotone come bioindicatore standardizzato (Tiegs et al. 2024) e nelle foglie di canneto. I risultati preliminari suggeriscono che i nutrienti (soprattutto i fosfati) hanno effetti fortemente positivi sulla degradazione delle foglie, probabilmente a causa di un incremento dell'attività microbica.

Macrofite

Le macrofite (qui intese come piante sommerse) svolgono molteplici funzioni e sono quindi organismi chiave dell'ecosistema lacustre (Jeppesen et al. 1997). Contribuiscono in modo rilevante alla produzione primaria, assorbono e stoccano diversi nutrienti e hanno un'influenza positiva sull'accumulo e la stabilizzazione dei sedimenti. Infine, le macrofite forniscono risorse e habitat a molte specie acquatiche e semi-acquatiche. La perdita di habitat, l'eutrofizzazione e il cambiamento climatico hanno causato un declino della diversità delle macrofite e delle specie che ne dipendono. A causa della loro sensibilità alle influenze antropiche, le macrofite sono utili bioindicatori. Diversi studi (Istituto microbiologia 2022) hanno dimostrato la loro sensibilità all'eutrofizzazione, all'acidificazione, alle fluttuazioni del livello dell'acqua, ai cambiamenti della morfologia della riva lacustre, al disturbo causato dalle attività antropiche, al ripopolamento ittico e alle specie invasive. In Svizzera, il metodo sviluppato e principalmente usato per il rilievo delle macrofite è il MESAV+ (Niederberger & Sturzenegger 2014). I dati vengono raccolti con immersioni in transetti predefiniti (2-3 m di larghezza). I dati su specie, densità e composizione, vengono completati con altri parametri biotici e abiotici. Questo metodo può essere utilizzato per valutare la comunità di macrofite in un sito specifico o anche in un intero lago. Nella valutazione del successo di rivitalizzazione, il metodo MESAV+ è adatto sia per le indagini prima e dopo l'intervento, ma anche per documentare l'evoluzione a lungo termine (Coops et al. 2007). Devono quindi essere considerati i lunghi periodi di tempo (anni o decenni) necessari per ristabilire una comunità di macrofite. Se altri fattori di stress dominanti non vengono ridotti (per esempio la qualità d'acqua o le medie stagionali dei livelli) e nonostante il miglioramento delle condizioni morfologiche, gli effetti desiderati potrebbero non essere raggiunti.

Nel lago di Lugano, le macrofite si trovano su circa l'83% delle rive, anche se con diversità e abbondanza di specie molto variabili (Paltrinieri & Jann 2012). Sono state osservate un totale di 17 specie (15 piante da seme

e 2 alghe della famiglia delle *Charophyceae*). Il bacino Nord mostrava una maggiore diversità di specie rispetto al bacino Sud e al bacino di Ponte Tresa. Un motivo potrebbe essere la maggiore trasparenza dell'acqua nel bacino Nord (7.1 m a Gandria rispetto a 5.6 m a Figgino) e l'effetto diretto o indiretto delle concentrazioni inferiori di nutrienti e una maggior varietà di substrato.

Canneti

Le zone a canneto (*Phragmites australis*) di dimensioni anche importanti erano molto diffuse sulle rive lacustri europee. Tuttavia, a partire dagli anni '50 del secolo scorso, l'abbondanza di questa specie è considerata generalmente in declino. Considerate le molteplici funzioni ecosistemiche che possono essere attribuite a canneti intatti (Paltrinieri & Pollini 2022), la protezione dei canneti esistenti, così come il loro ripristino, è spesso un obiettivo centrale dei progetti di rivitalizzazione delle rive lacustri. I canneti assorbono nutrienti in eccesso, contrastando l'eutrofizzazione, e impediscono l'erosione delle rive così come la mobilizzazione dei sedimenti. Grazie alla loro alta produttività, sono base alimentare, e costituiscono zone rifugio da predatori, o zone di riproduzione per vari organismi.

Il declino dei canneti si spiega con diversi fattori come la mancanza di ossigeno nella rizosfera, causata dall'eutrofizzazione, o anche le regolazioni artificiali del livello dell'acqua (Elzi et al. 2023). Altri fattori, come le proprietà sfavorevoli del sedimento e l'infestazione di parassiti, sono anche sospettati. Quindi l'identificazione dei fattori limitanti in un sito e la pianificazione di misure efficaci per migliorare o proteggere i canneti richiede un'analisi approfondita del sito. L'evoluzione della salute dei canneti può essere monitorata usando rilievi *in situ* (Elzi et al. 2023) e con approcci di telerilevamento (Paltrinieri & Pollini 2022). Un confronto con fotografie aeree ad intervalli regolari di circa 5-10 anni permette di valutare se i canneti naturali o ripristinati si stiano diffondendo o regredendo. Per il lago di Lugano l'estensione dei canneti e il relativo successo dei progetti di ripristino sono stati censiti per la prima volta nel 2000 e ancora nel 2019 (Paltrinieri & Pollini 2022). Molto istruttivi sono i casi di interventi di ripristino dei canneti sul lago Maggiore che non hanno avuto l'effetto ecologico previsto, reperibili nella letteratura grigia, e che servono da esempio di "cattive" pratiche dalle quali imparare per interventi futuri (Villa 2023). Per i canneti del lago di Biemme sono disponibili dati di oltre 30 anni di monitoraggio (Iseli et al. 2020b). In questo caso, il declino dei canneti è stato principalmente correlato a processi di erosione del litorale. Terrazzamenti e frangiflutti di legno sono stati costruiti per favorire l'accumulo di sedimenti e di conseguenza favorire la ricolonizzazione dei canneti. Recentemente si è osservato una ripresa di questi canneti, ma probabilmente non solo a causa delle misure attuate. L'ipotesi è che la rioligotrofizzazione del lago abbia cambiato la composizione delle specie di macrofite sommerse e che le *Charophyceae* abbiano potuto ristabilirsi e che esse abbiano contribuito ad una stabilizzazione del fondale del lago a beneficio dei canneti. Biemme è un esempio utile per la illustrare la complessità dei cambiamenti

in un ecosistema con il coinvolgimento di vari fattori diretti ed indiretti che necessitano di essere presi in considerazione.

Vegetazione ripariale terrestre

Proprio come i canneti e le macrofite, la vegetazione ripariale (terrestre e semiacquatica) è cruciale come habitat ma anche come fascia tampone fra le superfici retrostanti i laghi, spesso antropizzate, e gli ecosistemi ripari. Una copertura vegetale sana e intatta può ridurre il flusso dei nutrienti e dei sedimenti dalle aree circostanti verso il lago, prevenire l'erosione delle rive e fornire ombra riducendo la temperatura dell'acqua. Inoltre, la vegetazione ripariale è una fonte di lettiera di foglie e di legno, che sono usati come nutrimento nonché rifugio da vari organismi acquatici e terrestri. Gli habitat e la struttura trofica nella zona riparia sono quindi significativamente influenzati dalle condizioni della vegetazione ripariale (Rowan et al. 2006). L'estensione della riva stessa e le fluttuazioni del livello dell'acqua hanno un'influenza significativa sull'insediamento della vegetazione ripariale, che idealmente deve poter esprimere il suo potenziale ecotonale (zonazioni e fasce successionali)

Il metodo opportuno per il monitoraggio della vegetazione ripariale terrestre dipende dall'obiettivo dello studio ed eventualmente da metodi che sono stati utilizzati in precedenti indagini sui siti indagati/rivitalizzati. Per la Svizzera si propone il metodo finora usato nel monitoraggio della protezione degli habitat (Bergami et al. 2025, vedi anche <https://biotopschutz.wsl.ch/it/>). Questo metodo viene utilizzato già dal 2011 ma solo per il monitoraggio dei biotopi d'importanza nazionale, comprese le zone riparie e le zone umide, e permette teoricamente di confrontare dati di laghi diversi. L'utilizzo dei macroinvertebrati epigei nelle fasce riparie quali indicatori ha dato risultati molto interessanti per descrivere i trend evolutivi in atto (Rossi-Peduzzi et al. 2012). Per il lago Maggiore la vegetazione ripariale terrestre e anfibia è da considerarsi quale fattore chiave essenziale poiché riflette la particolarità delle oscillazioni naturali di questo lago, con la conseguente presenza di habitat molto rari in tutta Europa.

Macroinvertebrati acquatici

La complessità e diversità di habitat dei litorali permette a una grande varietà di specie di macroinvertebrati di trovare la loro nicchia ecologica e infatti le zone litorali comprendono la più alta diversità di macroinvertebrati nei laghi (Miler et al. 2013). Inoltre, la maggior parte dei macroinvertebrati ha una durata di vita relativamente breve e può reagire abbastanza rapidamente a un cambiamento delle condizioni, questo si manifesta nella struttura della popolazione e della comunità. I macroinvertebrati svolgono anche un ruolo essenziale nella rete trofica, come prede per i pesci o quali decompositori di materiale organico, e quindi anche per tutti i processi ecologici. La loro abbondanza e diversità può essere un buon bioindicatore nei controlli dell'efficacia delle rivitalizzazioni delle rive lacustri (Miler et al. 2013; McGoff et al. 2013).

Rilievi della zona litorale del lago di Lugano (Jann

2016) suggeriscono che parametri idromorfologici, in particolare il tipo di substrato e gli afflussi da altri corpi idrici, sembrano essere importanti fattori di influenza per la composizione della comunità dei macroinvertebrati. Ad esempio in zone di ghiaia con sassi si è osservato il numero di taxa maggiore e, in assenza di vegetazione di macrofite, è stata trovata una densità di macroinvertebrati inferiore. Si può quindi supporre che i macroinvertebrati traggano beneficio dalle misure di rivitalizzazione mirate all'aumento della diversità e qualità dell'habitat come la presenza di diversi tipi di substrato, di macrofite e di strutture di legno morto. Tuttavia, non va dimenticato che la diversità e l'abbondanza dei macroinvertebrati dipende anche da altri fattori come il moto ondoso, le fluttuazioni del livello dell'acqua, e la qualità dell'acqua. Gruppi come i tricoteri e le libellule sono particolarmente sensibili all'azione delle onde, soprattutto negli habitat con poche strutture essi hanno possibilità limitate di reagire a questo stress (Miler et al. 2016).

Per caratterizzare la salute delle comunità di macroinvertebrati in Svizzera è stato proposto l'indicatore AESHNA (Miler et al. 2016) in combinazione col monitoraggio della diversità degli habitat e loro dinamica. È stata presa in considerazione anche l'influenza delle specie invasive, lo stato trofico, l'esposizione al vento e l'impatto antropico delle onde nell'eulitorale lacustre (Miler et al. 2016). In Italia è stato invece sviluppato e usato l'Indice di Qualità Bentonica (BQIES; Boggero et al. 2020). Nello studio di Boggero il BQIES ha rilevato una modifica significativa dell'habitat della riva e delle zone ripariali. Questo risultato suggerisce che il BQIES potrebbe essere un indicatore utile per monitorare gli effetti del ripristino morfologico delle rive lacustri sulle comunità di macroinvertebrati. Tuttavia, al momento non è noto nessuno studio che abbia applicato il BQIES per valutare il successo di rivitalizzazione ecologica delle rive lacustri. Quindi, l'utilità dell'AESHNA e/o rispettivamente del BQIES per la valutazione delle rivitalizzazioni delle rive lacustri dovrà essere calibrata e verificata in un caso concreto.

Fauna ittica

La zona litorale è cruciale come habitat per diverse specie di pesci. Le strutture legnose e le macrofite acquatiche sono zone ricche di nutrimento, fungono da rifugio dai predatori e in particolare sono siti di riproduzione. La morfologia della riva gioca quindi un ruolo essenziale per la diversità e la struttura della popolazione delle specie ittiche. Di conseguenza sia la biomassa che la diversità dei pesci spesso diminuiscono con l'aumento del grado di edificazione delle rive lacustri (Vonlanthen & Périat 2020). Probabilmente questo effetto non è direttamente legato all'edificazione della riva, ma all'assenza di legno morto e di macrofite sommerse, e di altre strutture che fungono da habitat. Oltre alla diversità dell'habitat anche l'eutrofizzazione, le fluttuazioni del livello dell'acqua e la presenza di specie ittiche invasive possono avere un'influenza importante e devono essere prese in considerazione.

Poiché i pesci sono organismi relativamente longevi, mobili, presenti in diversi livelli trofici e dipendenti da

diversi habitat durante il loro ciclo di vita, essi sono ottimi bioindicatori di un ecosistema funzionante. Tuttavia, poiché reagiscono a una grande varietà di parametri ambientali e fattori di stress, non sempre è facile identificare delle relazioni causa-effetto direttamente correlabili allo stato ecomorfologico delle rive lacustri. Le conclusioni del "Projet Lac" (condotto dall'eawag 2010-2018) propongono la pesca elettrica per il controllo dell'efficacia delle rivitalizzazioni delle rive lacustri (Vonlanthen & Périat 2020) principalmente perché essa permette di caratterizzare le comunità separatamente per habitat di diversa tipologia e qualità. La pesca elettrica è anche adeguata perché permette catturare specie rare e piccole che sono solitamente nascoste nelle strutture del litorale. Il metodo consiglia dei rilievi in diverse stagioni perché i pesci cambiano stagionalmente le loro esigenze di habitat.

Un indice per la valutazione dello stato ecologico dei pesci non è ancora stato sviluppato per la Svizzera. Una soluzione per la valutazione del successo di rivitalizzazioni potrebbe essere quella di concentrarsi su singole specie di pesci (specie target) che reagiscono in modo particolarmente sensibile e conosciuto alla diversità strutturale e degli habitat delle rive. Per il lago di Lugano il "Projet Lac" ha evidenziato una bassa diversità ittica attribuita alla mancanza di ambienti litorali strutturati con della vegetazione o del substrato minerale adatto (solo presenti in 1.6 % della superficie del lago). Particolarmente deficitari sono gli habitat per specialisti come il ghiozzo (*Padogobius bonelli*) e la cagnetta (*Salaria fluviatilis*). Le rivitalizzazioni delle rive per migliorare le condizioni per la fauna ittica, quindi, richiedono principalmente la creazione di habitat con strutture sommerse di legno morto, macrofite e riqualificazioni di delta fluviali.

Avifauna

I laghi e le loro rive sono importanti come habitat per l'avifauna acquatica, non solo per gli uccelli nidificanti, ma anche per quelli migratori e gli ospiti invernali. Di notevole valore sono le zone umide, le quali però stanno diventando sempre più rare a causa delle trasformazioni delle superfici o della scomparsa delle dinamiche di inondazione a causa della regolazione del livello dell'acqua. È stato dimostrato che l'abbondanza e la diversità dell'avifauna aumenta con una maggiore complessità della vegetazione ripariale e con l'aumento dell'abbondanza e ricchezza delle prede di macroinvertebrati acquatici. Per preservare le zone umide esistenti vengono spesso eseguite misure di manutenzione come il pascolo estensivo, se possibile in combinazione con delle inondazioni naturali o lo sfalcio regolare, idealmente ogni sei anni. Misure che sono intese principalmente per impedire l'invasione della boscaglia e in generale per aumentare la diversità degli habitat.

In Svizzera, i censimenti degli uccelli nidificanti sono generalmente organizzati a livello nazionale dalla stazione ornitologica svizzera (Schweizerische Vogelwarte), in Ticino è molto attiva Ficedula e per il lago Maggiore la Fondazione Bolle di Magadino (Carabella et al. 2022). Attualmente, per le zone umide, vengono censiti annualmente circa cento siti in Svizzera. I dati mo-

strano che per le zone umide, la ricchezza delle specie di uccelli sembra essere un buon indicatore di un ecosistema sano. La disponibilità di habitat ripari per gli uccelli di passo tramite il loro censimento nel periodo migratorio è un indicatore molto interessante e che fornisce informazioni utili anche sulle cosiddette “trappole ecologiche”, cioè habitat attrattori disponibili per breve tempo solamente o troppo disturbati per garantire la riproduzione (Rossi-Peduzzi et al. 2012). Tuttavia, un censimento sull'avifauna in un'area ristretta di una riva lacustre rivitalizzata potrebbe anche non mostrare differenze significative rispetto a un sito di riferimento. In questi casi è più appropriato concentrarsi su specifiche specie o su problematiche ecologiche particolari (Giuntini et al. 2023; Giollo et al. 2023). Nel progetto della rivitalizzazione del delta della Reuss, per esempio, sia gli uccelli nidificanti che gli ospiti invernali facevano parte del controllo dell'efficacia della rivitalizzazione (Schmid et al. 2016). Il monitoraggio ha fornito informazioni importanti sullo sviluppo dell'avifauna, anche grazie ai dati forniti da ornitologi volontari. Considerando il grande interesse della popolazione per l'avifauna un monitoraggio con il metodo “Citizen-Scientists” potrebbe essere utile nell'ambito dei progetti di rivitalizzazione delle rive lacustri. Tali progetti aumentano anche la sensibilità del pubblico a questioni ambientali e promuovono il sostegno e l'accettazione popolare per l'attuazione di misure di rivitalizzazione e conservazione della natura (Kennedy et al. 2016).

DISCUSSIONE

Sebbene esista già una vasta letteratura scientifica sull'importanza delle rive lacustri, in particolare sull'estensione e le conseguenze del loro degrado, ci sono ancora poche pubblicazioni dedicate ad esempi di progetti di rivitalizzazione delle rive lacustri e sul controllo dell'efficacia di tali progetti. I rapporti dei progetti di rivitalizzazione sono spesso pubblicati localmente sotto forma di letteratura grigia, di difficile reperibilità. È noto che nelle rivitalizzazioni imparare dalle esperienze altrui e pregresse può facilitare il processo decisionale, supportarlo con dati aggiornati e garantire il successo di un intervento. Per raggiungere questo obiettivo, è essenziale una migliore collaborazione e comunicazione tra professionisti, ricercatori ed enti pubblici. Per i dati ed esperienze concrete, una banca dati (inter)nazionale con dati verificati sui controlli dell'efficacia e sul monitoraggio sarebbe quindi di notevole utilità (Sutherland et al. 2004). In Svizzera, esiste una piattaforma sviluppata a questo scopo (www.plattform-renaturierung.ch). Tuttavia l'attenzione è attualmente ancora concentrata quasi unicamente sui corsi d'acqua e dati relativi alle rive lacustri dovrebbero essere maggiormente considerati.

La valutazione del successo ed il monitoraggio di una rivitalizzazione di riva lacustre sarà in futuro da considerare parte integrante del progetto stesso. I dati raccolti forniscono informazioni sull'evoluzione e sulle condizioni del sito rivitalizzato che a loro volta permettono di trarre conclusioni per ulteriori miglioramenti del sito

o per la progettazione di altri interventi. La valutazione del successo di una rivitalizzazione comporta spesso il monitoraggio di diversi parametri su singole specie (dimensione e densità della popolazione, classi di età, ecc.) o su gruppi di specie (diversità e composizione delle specie, ecc.). Con tali dati, è possibile identificare le tendenze e fattori di stress temporanei o a lungo termine e eventualmente adattare i piani di gestione.

Come descritto per i vari indicatori, gli habitat delle rive lacustri così come l'abbondanza e la diversità delle varie comunità di specie sono influenzati da una varietà di fattori. Oltre a varie fonti di stress come l'alterazione ecomorfologica delle rive, la qualità d'acqua, la fluttuazione del livello d'acqua (o la mancanza di essa), e la presenza di specie invasive, anche fattori naturali come le condizioni meteorologiche e il clima, sono importanti per la composizione e la salute delle comunità dei vari gruppi d'organismi su una riva. Per esempio, anche in condizioni morfologicamente ottimali, una comunità di macrofite non può stabilirsi se le condizioni trofiche di un lago non lo permettono. L'evoluzione sana di un ecosistema si manifesta solo se tutti i principali fattori di stress sono stati ridotti. Questa visione integrale su di un ecosistema riflette anche l'approccio usato per il monitoraggio dei progetti di rivitalizzazione dei corsi d'acqua (Weber et al. 2019). In precedenza abbiamo quindi descritto gli indicatori più efficaci per monitorare lo sviluppo delle rive lacustri (intese come ecosistema) dopo una rivitalizzazione. In che modo gli indicatori descritti siano selezionati e combinati per uno specifico progetto deve essere però essere valutato, caso per caso, sulla base delle condizioni specifiche di una zona lacustre o delle caratteristiche dell'intero lago.

Per il monitoraggio di una rivitalizzazione è importante considerare il fattore temporale. L'obiettivo di ripristinare in pochi anni uno stato che in condizioni naturali ha richiesto decenni o addirittura secoli di sviluppo può non essere realistico. Ogni ecosistema è soggetto ad una certa successione naturale e quindi concentrarsi su un unico stato finale non è appropriato. Comunque la valutazione del successo di una rivitalizzazione può determinare se la riduzione o l'eliminazione di uno o più fattori di stress sta avendo l'effetto desiderato sull'evoluzione degli indicatori. Come dimostrato ad esempio dalla diversità e rapidità del rinverdimento spontaneo osservato sul delta della Murinascia (lago Ritom), 62 taxa di piante vascolari in una sola stagione vegetativa, (Peduzzi et al. 2021) o dal rapido rinverdimento spontaneo del delta del Ticino dopo il progetto Delta vivo (Rossi-Peduzzi et al. 2012). I cambiamenti devono avvenire durante il periodo del monitoraggio che di conseguenza deve essere fatto su periodi adeguati. Ad esempio per i corsi d'acqua la linea guida suggerisce due rilievi post-intervento: il primo dopo 5 anni dalla conclusione dei lavori e il secondo dopo 10 anni (Weber et al. 2019). Per ecosistemi meno dinamici come le rive lacustri (esclusi i delta) le tempistiche e gli intervalli di rilievo potrebbero essere ancora più lunghi.

Il monitoraggio di una rivitalizzazione potrebbe anche servire per determinare quali misure aggiuntive devono essere implementate per promuovere e mantenere

un ecosistema funzionale in un processo iterativo di miglioramento. Per permettere dei paragoni utili e statistiche i dati e i metodi di indagine impiegati in studi già effettuati o futuri dovranno essere standardizzati e messi in ordine di priorità.

La Pianificazione strategica cantonale ha messo in luce che per i laghi di Lugano e Maggiore, molte rive non si prestano alla rivitalizzazione a causa della presenza di infrastrutture come vie di comunicazione (strade e binari ferroviari) oppure a causa della loro topografia naturalmente ripida. Al contrario, i delta degli immisari hanno in generale un grande potenziale di rivitalizzazione, poiché sono importanti strutture di connettività ecologiche nel territorio e sono maggiormente dinamici. Nella citata Pianificazione l'attenzione è stata messa sulle zone litorali poco profonde e su siti che possono essere trasformati attraverso il riempimento e/o lo scavo di materiale inerte adeguato. Inoltre, anche la conservazione, il mantenimento e, se possibile, l'ampliamento (acquatico ma anche terrestre) delle aree naturali protette esistenti, come le Bolle di Magadino, la foce dello Scairolo a Pian Casoro (Lugano) o la foce della Magliasina (Caslano), non vanno dimenticate e dovrebbero avere la massima priorità.

CONCLUSIONI

La valutazione dell'efficacia non solo permette di valutare se le misure di rivitalizzazione stanno dando l'effetto auspicato, ma fornisce anche dati importanti per comprendere meglio l'interazione e l'influenza dei diversi fattori di stress nell'ecosistema lacustre. Visto l'investimento spesso molto grande, un progetto di rivitalizzazione deve essere efficace e ben pianificato: sin dalla definizione degli obiettivi fino alla valutazione e all'interpretazione dei dati ottenuti dal monitoraggio. Considerando il valore e i costi relativamente bassi della valutazione del successo rispetto ai costi totali di un intervento di rivitalizzazione, è sorprendente che questi siano l'eccezione piuttosto che la regola. Tuttavia, è anche vero che i monitoraggi approfonditi sono costosi e non sempre realistici, soprattutto nel contesto di progetti di rivitalizzazione più piccoli. Una valutazione e un monitoraggio efficiente sono quindi sempre un compromesso tra la qualità dei dati, il tempo e i costi necessari per generare questi dati. Lo sforzo impiegato dovrebbe riflettere le dimensioni del progetto e, nel caso di progetti su larga scala, dovrebbe includere vari indicatori. Dal punto di vista scientifico, un monitoraggio a lungo termine seguendo lo schema BACI *Before-After, Control-Impact* (Prima-Dopo, Sito di riferimento-Sito rivitalizzato) è il procedimento consigliato perché ha le maggiori possibilità di fornire risultati solidi e quindi opportunità di apprendimento per progetti simili. È importante essere coscienti che i cambiamenti voluti spesso non avvengono in tempi brevi (1-2 anni dopo gli interventi) ma che i risultati degli sforzi di rivitalizzazione sono talvolta visibili e misurabili solo molti anni dopo (5-10-20-30 anni).

Il presente contributo non ha la pretesa di essere esauritivo, in particolare in un campo in pieno sviluppo, ma

il suo scopo principale era quello di fornire un quadro concettuale per strutturare ed incentivare la valutazione del successo di progetti di rivitalizzazione delle rive lacustri e tracciare una panoramica dei metodi e indicatori che possono essere utilizzati per il controllo dell'efficacia. Per alcuni indicatori ci sono già metodi consolidati (ad es. macroinvertebrati) o altri necessitano solo di essere leggermente adattati per poter essere utilizzati sulle rive lacustri (ad es. avifauna). Per altri gruppi di indicatori invece, come ad esempio i processi ecosistemici, il lavoro da fare per un loro impiego sistematico è ancora importante.

Con questo contributo riteniamo di aver messo in risalto un tema importante e di aver mostrato la necessità di affrontare il tema a tutti i livelli: da quello scientifico a quello procedurale e di finanziamento. Riteniamo anche di aver messo in luce l'utilità pratica di una valutazione del successo. Ricordiamo che per quanto concerne la progettazione e l'esecuzione di ripristini ecologici di rive lacustri (rivitalizzazioni), l'indagine qui riassunta è stata completata successivamente dalla linea guida per la riqualificazione delle aree litorali lacustri CIP AIS (CNR IRSA 2024a, b) che illustra possibili misure con schemi progettuali e schede di interventi tipo realizzati su laghi lombardi e insubrici.

RINGRAZIAMENTI

Ringraziamo la Commissione internazionale per la protezione delle acque italo-svizzere (CIP AIS) per il finanziamento del progetto di ricerca qui riassunto. Siamo inoltre grati ai vari esperti esterni che hanno fornito preziosi contributi nel corso di numerose discussioni e grati ai membri della sezione Ambienti litorali e temi emergenti della CIP AIS. Ringraziamo A. Lanfranco per i suggerimenti durante la revisione e G. Frei per l'aiuto durante la redazione del rapporto originario (Istituto microbiologia, 2022). Ringraziamo N. Patocchi (Fondazione Bolle di Magadino) per la revisione critica e i preziosi suggerimenti sul presente manoscritto.

REFERENZE BIBLIOGRAFICHE

- Bergamini A., Ginzler C., Schmidt B.R., Boch S., Ecker K.T., Pichon N.A., ... & Holderegger R. 2025. Wirkungskontrolle Biotopschutz Schweiz (WBS): Zustand und Veränderungen in den Biotopen von nationaler Bedeutung nach zwei Erhebungsperioden. WSL Ber. 174: 207 pp. doi.org/10.55419/wsl:40802.
- Boon P., Argillier C., Boggero A., Ciampittello M., England J., Peterlin M., ... & Urbanič G. 2019. Developing a standard approach for assessing the hydromorphology of lakes in Europe. Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems, 29: 655-669.
- Boggero A., Zaupa S., Bettinetti R., Ciampittello M. & Fontaneto D. 2020. The Benthic Quality Index to assess water quality of lakes may be affected by confounding environmental features. Water, 12: 2519.

- Bragg O.M., Duck R.W., Rowan J.S. & Black A.R. 2003. Review of methods for assessing the hydromorphology of lakes – Final Report. Sniffer, 138 pp.
- Bricalli A., Gaggini L., Greco G., Lardelli R., Pierallini R. & Patocchi N. 2021. Riserva naturale Bolle di Magadino. Valutazione del successo della rinaturazione alla foce del Ticino e controllo della sua evoluzione: stato 2 (2015). Bollettino della Società ticinese di scienze naturali, 109: 33-40.
- Carabella M., Aletti R., Guenzani W., Lardelli R., Parnell A., Patocchi N., ... & Scandolaro C. 2022. Gli uccelli del Lago Maggiore. Quaderni del Gruppo Insubrico di Ornitologia, nr. 4, 256 pp.
- Choi Y.D. 2007. Restoration Ecology to the Future: A Call for New Paradigm. Restoration Ecology, 15: 351-353.
- CNR IRSA. Sede di Verbania. 2024a. Linee guida per la riqualificazione delle aree litorali lacustri. Ricognizione della qualità delle zone litorali del Lago Maggiore. Programma triennale 2022-2024. Campagna 2024 e Rapporto triennale 2022-2024. Commissione Internazionale per la protezione delle acque italo-svizzere (Ed.), 60 pp.
- CNR IRSA. Sede di Verbania. 2024b. Linee guida per la riqualificazione delle aree litorali lacustri. Allegato. Ricognizione della qualità delle zone litorali del Lago Maggiore. Programma triennale 2022-2024. Campagna 2024 e Rapporto triennale 2022-2024. Commissione Internazionale per la protezione delle acque italo-svizzere (Ed.), 85 pp.
- Coops H., Kerkum F.C.M., van den Berg M.S. & van Splunder I. 2007. Submerged macrophyte vegetation and the European Water Framework Directive: Assessment of status and trends in shallow, alkaline lakes in the Netherlands. Hydrobiologia, 584: 395-402.
- Elosegi A., Gessner M.O. & Young R.G. 2017. River doctors: Learning from medicine to improve ecosystem management. Science of the Total Environment, 595: 294-302.
- Elzi L., Villa E. & Patocchi N. 2023. Correlation between *Phragmites australis* growth and seasonal lake level variations in Lake Maggiore (Italy Switzerland): Common Reed Management Guidelines. Journal of Limnology, 81 (s2).
- Filippini L., Ambroise S. & Peduzzi S. 2014. Flood protection and river restoration in the urban catchment basin of Casarate river: An opportunity to restore public areas along an urban watercourse running through the city of Lugano. In: Schleiss A.J., Speerli J. & Pfamatter R. (eds), Swiss Competences in River Engineering and Restoration. London, Taylor & Francis Group, pp. 99-107.
- Giollo L., Greco G., Beffa P., Lardelli R. & Patocchi N. 2021. Riserva naturale Bolle di Magadino. Valutazione del successo della rinaturazione alla foce del Ticino: Stato 3 (2021). Fondazione Bolle di Magadino. Rapporto 2023, 54 pp. (disponibile su www.bolledimagadino.com).
- Giollo L., Pollini Paltrinieri L & Patocchi N. 2024. Produttività di ditteri a larva edafica (Diptera) negli ambienti palustri delle Bolle di Magadino (Cantone Ticino, Svizzera). Bollettino della Società ticinese di scienze naturali, 112: 91-104.
- Giuntini S., Tattoni C., Gagliardi A., Martinoli A., Patocchi N., Lardelli R., Martinoli A. & Preatoni D.G. 2023. Limnology for the Ornithologist: Effects of Lake Maggiore Water Level on Migratory Flows. Journal of Limnology, 81 (s2).
- Hofmann H. & Ostendorp W. 2019. Seeufer: Wellen – Erosion – Schutz – Renaturierung: Handlungsempfehlungen für den Gewässerschutz – Ergebnisse aus dem ReWaM-Verbundprojekt HyMoBioStrategie (2015-2018), 174 pp.
- Istituto microbiologia (IM-SUPSI). 2022. Valutazione del successo di rivitalizzazione ecologica delle rive lacustri. Programma triennale 2019-2021. Commissione Internazionale per la Protezione delle Acque Italo-Svizzere (Ed.), 87 pp.
- Iseli C., La Poutré M. & De Cesare G. 2020a. Rivitalizzazione delle rive lacustri – linee guida. Associazione per il Genio Biologico VIB. Rivista di ingegneria biologica. N1/2020, 30° anno, aprile 2024, 64 pp.
- Iseli C., Schiefer A. & Barhoumi Z. 2020b. 30 Jahre Schilfschutz am Bielersee – eine Erfolgskontrolle. Landschaftswerk Biel-Seeland AG.
- Jann B. 2016. Ecomorfologia rive delle acque comuni. Lago Ceresio. Monitoraggio delle componenti biologiche: macrozoobenthos. Campagna aggiuntiva 2016. Commissione Internazionale per la protezione delle acque italo-svizzere (Ed.), 23 pp.
- Jeppesen E., Søndergaard M., Søndergaard M. & Christoffersen C. (eds.). 1997. The Structuring Role of Submerged Macrophytes in Lakes. Ecological Studies 131, Springer, Heidelberg, 407 pp.
- Kennedy T.A., Muehlbauer J.D., Yackulic C.B., Lytle D.A., Miller S.W., Dibble K.L., ... & Baxter C.V. 2016. Flow management for hydropower extirpates aquatic insects, undermining river food webs. BioScience, 66: 561-575.
- Latinopoulos D., Ntislidou C. & Kagalogou I. 2018. A multi-approach Lake Habitat Survey method for impact assessment in two heavily modified lakes: A case of two Northern Greek lakes. Environmental Monitoring and Assessment, 190: 658.
- Liu D., Wang X., Zhang Y., Yan S., Cui B. & Yang Z. 2019. A Landscape Connectivity Approach for Determining Minimum Ecological Lake Level: Implications for Lake Restoration. Water, 11: 2237.
- McGoff E., Aroviita J., Pilotto F., Miler O., Solimini A.G., Porst G., ... & Sandin L. 2013. Assessing the relationship between the Lake Habitat Survey and littoral macroinvertebrate communities in European lakes. Ecological Indicators, 25: 205-214.
- Miler O., Porst G., McGoff E., Pilotto F., Donohue L., Jurca T., ... & Pusch M.T. 2013. Morphological alterations of lake shores in Europe: A multimetric ecological assessment approach using benthic macroinvertebrates. Ecological Indicators, 34: 398-410.
- Miler O., Pusch M. & Böhmer J. 2016. Weiterentwicklung des deutschen Makrozoobenthos- Bewertungsverfahrens für Seen, AESHNA' zu einer Strukturgütegestützten Gesamtseebewertung. Umweltbundesamt, 184 pp.
- Niederberger K. & Sturzenegger M. 2014. Wasserpflanzenerbhungen–Methodik zur Erfassung der Wasserpflanzen- und Seegrundverhältnisse. Aqua & Gas, 7/8: 66-77.
- Niederberger K., Rey P., Reichert P., Schlosser J., Helg U., Haretel-Borer S. & Binderheim E. 2016. Methoden zur Untersuchung und Beurteilung der Seen. Modul: Ökomorphologie Seeufer. Bundesamt für Umwelt, Bern. Umwelt-Vollzug Nr. 1632, 73 pp.
- Oikos 2000 – consulenza e ingegneria ambientale. 2018. Studio di valutazione del potenziale di rivitalizzazione e di pubblica fruizione delle rive del Lago Maggiore. Rapporto finale 2016-2018. Commissione Internazionale per la Protezione delle Acque Italo-Svizzere (Ed.), 84 pp.
- Ostendorp W. 2004. New approaches to integrated quality assessment of lakeshores. Limnologica, 34: 160-166.

- Paltrinieri L. & Jann B. 2012. Ecomorfologia rive delle acque comuni Lago Ceresio – Programma quinquennale 2008-2012 (Rapporto finale). CIPAIS – Commissione Internazionale per la Protezione delle Acque Italo-Svizzere, 85 pp.
- Paltrinieri L. & Pollini L. 2022. Indagini sulla qualità dei nuclei di canneto (*Phragmites australis*) lungo le rive del lago Ceresio. Stato attuale e evoluzione 2000-2020. Programma triennale 2019-2021. CIPAIS – Commissione Internazionale per la Protezione delle Acque Italo-Svizzere (Ed.), 35 pp.
- Peduzzi S., Patocchi N., Foglia M. & Filippini L. 2009. Gestione integrata e riqualificazione fluviale nel cantone Ticino: interventi sul fiume Ticino da Bellinzona alla foce nel Lago Maggiore. *Riqualificazione Fluviale*, 2: 140-147.
- Peduzzi S., Maspoli G., Ferrari S. & Peduzzi R. 2021. Rinverdimento spontaneo del delta della Murinascia (lago Ritom) durante l'estate 2020. *Bollettino della Società ticinese di scienze naturali*, 109: 133-137.
- Peduzzi S. & Peduzzi R. 2022. Formazione interdisciplinare e importanza dei dati scientifici pregressi: esempi dalla Val Piora. *Bollettino della Società ticinese di scienze naturali*, 110: 155-163.
- Pieczynska E. 1995. Habitat heterogeneity and biodiversity in the shore zone of water bodies. *Acta Hydrobiologica*, 37: 29-35.
- Reid A., Carlson A., Creed I., Eliason E., Gell P., Johnson P., ... & S. Cooke. 2019. Emerging threats and persistent conservation challenges for freshwater biodiversity. *Biological Reviews*, 94: 849-873.
- Rossi-Pedrucci A., Francini A., Beffa P., Greco G., Lardelli R., Pierallini R., Filippini L., Peduzzi S., Foglia M. & Patocchi N. 2012. Riserva naturale Bolle di Magadino: rinaturazione della foce del Ticino e controllo della sua evoluzione. *Bollettino della Società ticinese di scienze naturali*, 100: 65-78.
- Rowan J.S., Carwardine J., Duck R.W., Bragg O.M., Black A.R., Cutler M.E.J., ... & Boon P.J. 2006. Development of a technique for Lake Habitat Survey (LHS) with applications for the European Union Water Framework Directive. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 16: 637-657.
- Salveti A. 2014 Il progetto STRADA, Dati – Statistiche e Società, Maggio 2014, 80-89.
- Scapozza C. & Patocchi N. 2022. Lake Maggiore: geomorphological genesis, lake-level evolution, and present and future ecosystems importance. *Journal of Limnology*, 81(s2).
- Schmid H., Müller C. & Volet B. 2016. Die Entwicklung der Vogelwelt im Urner Reussdelta – Bericht zur Erfolgskontrolle 1991-2015. *Schweizerische Vogelwarte*, 178 pp.
- Schindler D.E. & Scheuerell M.D. 2002. Habitat coupling in lake ecosystems. *Oikos*, 98: 177-189.
- Spreafico M., Lehmann C., Jakob A. & Grasso A. 2005: Feststoffbeobachtung in der Schweiz – Ein Tätigkeitsgebiet der Landeshydrologie. *Berichte des BWG, Serie Wasser Nr. 8*, Ber, 100 pp.
- Sutherland W.J., Pullin A.S., Dolman P.M. & Knight T.M. 2004. The need for evidence-based conservation. *Trends in Ecology & Evolution*, 19: 305-330.
- Tiegs S.D., Capps K.A., Costello D.M., Schmidt J.P., Patrick C.J., Follstad Shah J.J., ... & CELLDEX Consortium. 2024. Human activities shape global patterns of decomposition rates in rivers. *Science* 14, 384: 1191-1195.
- UFAM (ed.). 2018. Rivitalizzazione delle rive lacustri. Pianificazione strategica. Un modulo dell'aiuto all'esecuzione Rinaturazione delle acque. Ufficio federale dell'ambiente, Berna. *Pratica ambientale n. 1834*, 45 pp. (disponibile anche in tedesco e francese).
- Ufficio dei corsi d'acqua – Dipartimento del territorio. 2022. Rivitalizzazione delle rive lacustri, Progetto di Pianificazione Strategica, 38 pp.
- Villa E. 2023. Interventi di riqualificazione ambientale nelle Riserve naturali del Fondo Toce e dei canneti di Dormelletto. Ente di Gestione delle Aree Protette Ticino Lago Maggiore. Presentazione ppt https://www.parchiverbanoticino.it/images/PDF/08_Interventi_di_riqualificazione_ambientale_Ticino_Lago_Maggiore.pdf.
- Vonlanthen P. & Périat G. 2020. *Projet Lac – Methodenbericht; Entwicklung und Anwendung einer Methode zur Erfassung des Fischbestands in stehenden Gewässern*. Aquabios GmbH/Teleos Sàrl, 74 pp.
- Weber C., Sprecher L., Åberg U., Thomas G., Baumgartner S. & Haertel-Borer S. 2019. Controllo dell'efficacia delle rivitalizzazioni: imparare insieme per il futuro. Ufficio federale dell'ambiente (UFAM) Berna, 139 pp. (disponibile anche in tedesco e francese vedi <https://www.bafu.admin.ch/bafu/it/home/temi/acque/valorizzazione-e-protezione-delle-acque/rivitalizzazioni/praxisleitfaden-zur-wirkungskontrolle.html>).
- WWF. 2024. *Living Planet Report 2024 – A System in Peril*. WWF, Gland, Switzerland, 93 pp.

Piora nel cuore delle scienze alpine

30 anni della Fondazione del Centro Biologia Alpina (CBA)

Raffaele Peduzzi, membro onorario STSN e presidente del Centro Biologia Alpina

Fondazione Centro Biologia Alpina Piora, Via Mirasole 22a, 6500 Bellinzona, Svizzera

raffaele.peduzzi@cadagno.ch

Redattore di riferimento: Francesco Danza

Riassunto: Per il 30° della costituzione della Fondazione Centro Biologia Alpina (CBA) avvenuta il 29 luglio 1994, abbiamo indetto una riunione-anniversario in quota il 9 luglio 2024. Per l'occasione abbiamo ripercorso l'iter costitutivo del Centro con interventi di personalità da parte universitaria e politica. L'anniversario è stato sottolineato anche con la pubblicazione di un nuovo Documenta contenente testimonianze di chi ha frequentato in questi anni il CBA e una sintesi della biodiversità e ricchezza idrica e geologica.

Parole chiave: biodiversità, Centro Biologia Alpina, scienze alpine, storia costitutiva

Piora at the heart of Alpine science 30 years of the Alpine Biology Centre Foundation

Abstract: To celebrate the 30th anniversary of the Centro Biologia Alpina (CBA) founded the 29th of July 1994, the 9th of July 2024 we held an anniversary meeting on site. During the day, we retraced the founding process of the Centre with contributions from the academic and political side. The anniversary was also underlined with the publication of a new Documenta collecting experience reports of regular frequenters of the CBA during these 30 years and a summary of the biological and geological diversity and water richness of Val Piora.

Keywords: Alpine sciences, Alpine Biology Centre, biodiversity, constituent history

INTRODUZIONE

Il Centro Biologia Alpina di Piora (CBA) è ancorato nel 1° articolo degli Statuti della nostra società STSN:

art. 1

Fondata nel 1903, la Società ticinese di scienze naturali (STSN) ha lo scopo di promuovere e divulgare le scienze naturali. Essa vuol raggiungere questi fini:

cap. e) sostenendo le attività del Museo cantonale di storia naturale e del Centro di biologia alpina di Piora

Partendo da questa considerazione ci sembra interessante e pertinente ripercorrere i contenuti del festoso e pregnante anniversario per il 30° della costituzione della Fondazione CBA e dell'inaugurazione degli spazi del Centro.

Come presidente della Fondazione CBA ho aperto la giornata del 9 luglio 2024 accogliendo gli invitati con un saluto particolare agli ospiti che avevano partecipato all'inaugurazione del Centro il 29 luglio 1994.

Piora luogo di ricerca e di educazione ambientale

Dobbiamo risalire all'anno accademico 1982-83 quale inizio della frequenza regolare in Piora degli studenti in biologia dell'Università di Ginevra con l'organizzazione dello "Stage d'écologie alpine" concepito allo scopo di illustrare la parte pratica, ("les travaux pratiques"), di un corso teorico di microbiologia delle ac-

que (Hydrobiologie microbienne). Scegliendo Piora, in modo opportuno, quale zona riconosciuta molto ricca d'acqua con relativi dati scientifici pregressi, soprattutto dovuti agli studi idrologici necessari per la costruzione della prima diga del Ritom (1914-1918). Nella scelta della Val Piora veniva ripresa la motivazione di un programma di ricerca in limnologia della Commissione d'idrologia della Société Helvétique des Sciences Naturelles: "Cette zone est une région alpine par excellence, bien délimitée géographiquement. Elle présente une diversité idéale qui passe des petits ruisseaux aux cours d'eau à débits importants, des nombreux marécages aux lacs alpins relativement profonds. Nous proposons le val Piora ainsi que ses vallées latérales (Val Cadlino, Val Canaria et Val Termine) qui, mis ensemble, comprennent 21 lacs, 28 étangs, 14 marécages et 58 cours d'eau" (SHSN 1915).

Contemporaneamente il collega prof. Bachofen dell'Università di Zurigo, aveva iniziato con analoghi scopi e motivazione la frequenza di Piora (Bachofen 2019).

Le tappe essenziali dell'iter istituzionale

Nel 1989 il Gran Consiglio votava il Decreto legislativo d'istituzione del Centro Biologia Alpina "allo scopo di promuovere l'insegnamento di livello universitario, la ricerca scientifica, la divulgazione..." (Messaggio del Consiglio di Stato al Gran Consiglio, Educazione n.

3501 del 19.9.1989. Concernente l'istituzione di un Centro di biologia alpina nella Valle di Piora). Si trattava di ottenere una maggior capacità di accoglimento in laboratorio per effettuare le prime valutazioni del materiale raccolto. Migliorare la logistica ed evitare “il mordi e fuggi” per quanto riguarda la raccolta di campioni biologici per studi scientifici. Questo avveniva dopo la caduta in votazione popolare del CUSI (Centro universitario della Svizzera italiana, aprile 1986). Il progetto Centro Biologia Alpina Piora fu inserito nel disegno politico del Consiglio di Stato del Canton Ticino, allo scopo di mantenere un obiettivo e un'apertura di tipo universitario nel Cantone, favorendo quanto già esisteva sul territorio a livello di ricerca e insegnamento accademico. Nel caso di Piora si trattava di attività promosse precedentemente, inizio anni '80, dall'Università di Ginevra e dall'Università di Zurigo. È pure stato ricordato brevemente l'iter decisionale che ha portato alla creazione del Centro tramite il coinvolgimento e l'adesione di diverse istanze: i Boggesi (proprietari degli antichi edifici dell'alpe), il Cantone Ticino, le Università di Ginevra e di Zurigo. Inoltre la Confederazione tramite il Dipartimento federale dell'Interno ha assicurato il 32% della spesa. Nel 1994 fu costituita una Fondazione con la partecipazione degli enti pubblici citati.

Alexander Grass, giornalista e scrittore, fine conoscitore del Ticino, in quanto per lunghi anni corrispondente della Radio SRF (radio svizzero tedesca), nel suo libro “Grenzland Tessin” dedicato agli importanti sviluppi del “Südrand der Schweiz”, puntualmente riporta gli interessi universitari di Zurigo e Ginevra per la regione di Piora ed il ruolo fondamentale di un'attività accademica. “Die Professoren Reinhard Bachofen von der Universität Zürich und Raffaele Peduzzi von der Universität Genf gründeten 1994 das Zentrum für Alpine Biologie in der Region Ritom-Piora. In jahrzehntelanger Freizeitarbeit war das Zentrum eingerichtet worden. (...) Dank einer Stiftung und dank Sponsoren kamen zwei zusätzliche Gebäude hinzu. Institute aus Zürich, Genf, Paris, Turin, Pallanza und Bremen entsandten ihre Forschenden auf die Piora...” (Grass 2023).

Durante la cerimonia del 9 luglio 2024 (Fig. 1) ho stilato una breve ricapitolazione e bilancio delle attività svolte a partire dall'anno dell'inaugurazione e dell'istituzione della Fondazione (1994); sottolineando l'obiettivo fondamentale raggiunto, quello di poter effettuare le prime valutazioni delle ricerche sul terreno e la possibilità di svolgere corsi pratici in aule adeguate ed attrezzate. Evidenziando le oltre 62'700 giornate di lavoro svolte in quota al CBA; la frequenza di oltre 20 Università, i 30 titoli di studio ottenuti (Master e Dottorati) e oltre 400 pubblicazioni, soprattutto internazionali “peer-reviewed”.

Venivano ribaditi i punti fondamentali; in sintesi il fatto di poter disporre di:

- una regione con una ricca biodiversità vegetale e animale; con a disposizione dati pregressi di ricerche e indagini ambientali risalenti agli anni 1800 e inizio 1900
- una ricchezza d'acqua idonea per la parte pratica del corso teorico di “Idrobiologia microbica” con la particolarità dei laghi stratificati (Cadagno, Ritom);

l'illustrazione dei concetti della limnologia disponibili in Piora sin dalla nascita della disciplina

- una sede di attività umane rispettose dell'ambiente: ad esempio oltre 1'000 anni di pascolazione, coevoluzione esistente tra l'attività umana e la natura (1'732 specie vegetali e 750 specie animali) alta varietà botanica, zoologica e geologica

L'elaborazione di guide che facilitano la frequenza scientifica della zona. La messa a disposizione di fascicoli con testi nelle lingue nazionali e inglese su percorsi didattici e di divulgazione:

- Microbiologico, percorso senza microscopio: tramite la messa in evidenza di pigmenti prodotti dai microbi (2016)
- Ritom, sentiero nel tracciato sul versante della foresta (2009)
- Documenta “Guida natura e ambiente” partendo dal CBA cosa si può didatticamente intraprendere (2018)
- “La forza idrica, Val Piora-Piotta”, fascicolo 5.1 inserito nell'Atlante idrologico della Svizzera (2011)

Sottolineando che la frequenza scientifica di Piora ogni anno riserva qualcosa di nuovo dal profilo conoscitivo. Inoltre, per l'occasione della riunione-anniversario abbiamo pubblicato un nuovo numero della serie “Documenta” (n. 9) di 168 pagine, contenente la breve cronistoria dell'evoluzione del Centro partendo dagli “albori”. Si tratta di un compendio con 26 contributi e testimonianze di chi ha “vissuto” il CBA (studenti, insegnanti, ricercatori, organizzatori) che, in questi anni, hanno animato l'attività del Centro con varie forme di responsabilità. Il libro contiene un dettagliato capitolo sulla nostra “Bioregione ricca e preziosa” ed un articolo riguardante le “Materie prime minerali nell'Alta Leventina”, in particolare l'argento e il gesso; completano il volume i concetti fondamentali in biologia alpina messi in forma didattica (Peduzzi 2024).

Interventi e contributi

Durante i festeggiamenti sono intervenuti con puntuali e brevi discorsi le autorità politiche e i rappresentanti delle Università (Fig. 2) evidenziando l'importanza scientifica del nostro Centro ed il suo ruolo nell'avvio di un'attività accademica al sud delle Alpi. Di seguito vengono riportati i testi originali dei loro interventi.

Ruth Dreifuss, già presidente della Confederazione Svizzera ha ricordato la sua partecipazione alla giornata dell'inaugurazione il 29 luglio del 1994 come Consigliera federale a capo del Dipartimento federale dell'interno, riassumendo le tappe essenziali dell'iter decisionale a livello federale. In particolare ha sottolineato il significato dell'inizio al CBA di Piora delle attività di ricerca e d'insegnamento a livello universitario. Aspetto importante sia per il riconoscimento del sostegno federale a Piora che per la realizzazione dell'Università della Svizzera italiana (USI).

“L'inauguration du Centre de biologie alpine. Première pierre de l'Université de la Suisse italienne.

Les scientifiques ont coutume de dire que toute avancée dans la connaissance est fruit d'inspiration et de transpiration. Pour faire aboutir un projet politique,



Figura 1: Visione d'insieme con i/le partecipanti alla giornata del 9 luglio 2024.

il y faut tout autant de l'imagination et de l'endurance, mais encore davantage. Il faut être capable de fédérer autour de cette vision d'avenir des partenaires, des autorités, l'opinion publique. Il faut savoir partager un rêve.

L'ambition d'implanter au Tessin des activités académiques remonte à la fin des années '60 et a pris d'abord la forme du Centre universitaire de la Suisse italienne (CUSI), qui aurait dû être mis en place progressivement à partir de 1986. Le rêve de regrouper au sein du CUSI trois unités de recherche et de formation post-grade a coalisé beaucoup d'énergies, suscité bien des études d'experts, obtenu le soutien de la Confédération et du Canton des Grisons et rassemblé une majorité confortable du Grand Conseil. Hélas, l'année qui aurait dû le voir commencer ses activités est celle qui a sonné son échec en votation populaire. Elu cette même année au Conseil d'Etat et responsable du Département de l'instruction publique, Giuseppe Buffi allait immédiatement remettre l'ouvrage sur le métier.

Il s'agissait dorénavant de bâtir progressivement une réelle université sur ce que le Tessin avait déjà à offrir à la communauté académique de la Suisse et de la Lombardie. En d'autres termes, avancer pas à pas vers une vision plus ambitieuse : développer de vraies facultés, offrir des formations de base et post-grade, promouvoir la recherche et s'ouvrir progressivement à d'autres disciplines, nouer des partenariats académiques, bref, s'intégrer de plein droit dans le paysage universitaire suisse et lombard.

Une personnalité particulièrement endurente et passionnée avait déjà établi des liens au-delà du Gothard, avec l'Université de Genève où il enseignait et avec l'Institut EAWAG du domaine des Ecoles polytechniques où il avait travaillé : Raffaele Peduzzi, directeur de l'Institut bactériologique cantonal, conduisait déjà des recherches dans ce laboratoire naturel qu'est le Lac de Cadagno au-dessus de Piora et voulaient inviter des étudiants et étudiantes à en étudier les particularités *ou les mystères*. La Fondation du Centre de biologie alpine eut lieu en 1994 : un petit projet, mais qui affichait fièrement ses ambitions : « promouvoir l'enseignement de niveau universitaire, la recherche scientifique, la vulgarisation et d'autres tâches d'utilité publique ». A la cérémonie officielle, sur une alpe à près de deux mille mètres d'altitude, fut en fait posée la première pierre de l'Université de la Suisse italienne. Dès l'année suivante, celle-ci ouvrait ses premières facultés, puis l'Académie d'architecture s'installait à Mendrisio. La croissance organique de l'USI se poursuit jusqu'à aujourd'hui et le Tessin peut aujourd'hui s'enorgueillir du chemin accompli contre vents et marées pour offrir ses contributions propres à l'enseignement et à la science de notre pays" (Dreifuss 2024).

Marina Carobbio Guscetti, Consigliera di Stato e direttrice del DECS, ha ribadito il sostegno cantonale tramite il suo Dipartimento e ha messo in evidenza il ruolo di Piora nell'avvio universitario al sud delle Alpi. "Gentili signore e signori, sono felice di essere qui

oggi a celebrare con voi questo importante traguardo: il 30° della fondazione del Centro Biologia Alpina di Piora. È con gratitudine che ringrazio coloro che, con lungimiranza, hanno fondato e creduto in questo Centro, insieme a tutte le persone che nel corso degli anni hanno contribuito alla sua crescita, sia accademica che infrastrutturale. Il Centro riveste un ruolo importante per l'educazione, la ricerca e la divulgazione scientifica, un vero fiore all'occhiello per il Ticino. Il Cantone è orgoglioso di aver sostenuto la sua creazione insieme alle Università di Ginevra e Zurigo. Con la sua posizione a circa 2'000 metri d'altitudine, il Centro offre una presenza accademica unica ad alta quota, studiando temi di grande attualità, come l'impatto dei cambiamenti climatici sulla biodiversità. Le sinergie create tramite le collaborazioni con università e istituti di ricerca, a livello nazionale e internazionale, sono fondamentali per il progresso scientifico ed evidenziano l'importanza del Centro Biologia Alpina di Piora. Come Direttrice del Dipartimento dell'educazione, della cultura e dello sport (DECS) ringrazio il Centro e chi vi lavora anche per la possibilità offerta a gruppi e scolaresche di essere accompagnati lungo i percorsi che si snodano lungo il Lago Ritom e il Lago Cadagno. Ritengo importante che l'insegnamento non avvenga unicamente nelle classi all'interno delle scuole; offerte didattiche all'aperto come quelle del Centro di Biologia Alpina sono molto apprezzate dal DECS. Sono lieta che il Dipartimento possa sostenere le attività di ricerca e divulgazione del Centro Biologia Alpina tramite il contratto di prestazione con l'Università della Svizzera italiana (USI), alla quale il Centro è associato. Concludo con l'augurio che il Centro Biologia Alpina di Piora continui a prosperare, ispirando nuove generazioni e contribuendo in modo significativo al progresso della scienza e alla tutela del nostro ambiente. Grazie a tutte e tutti per il vostro impegno e la vostra passione”.

Massimo Filippini, Prof. all'Università della Svizzera italiana e al Politecnico federale di Zurigo, ha rievocato i parallelismi tematici che sono alla base dell'entrata dell'USI a pieno titolo nella Fondazione del Centro. “Casa della sostenibilità dell'USI e Centro di Biologia Alpina. Nella primavera del 2024 l'Università della Svizzera Italiana (USI) ha inaugurato la Casa della Sostenibilità ad Airolo. Si tratta di un centro di formazione e promozione della conoscenza sullo sviluppo sostenibile, un tipo di sviluppo economico e sociale che mira a soddisfare i bisogni delle generazioni correnti senza compromettere, in particolare attraverso una conservazione del capitale naturale, le possibilità alle generazioni future di soddisfare i propri bisogni. L'obiettivo principale della Casa è di dare la possibilità agli studenti dell'USI, ma anche a studenti di altre istituzioni formative, a persone e istituzioni pubbliche e private, di riflettere su temi legati allo sviluppo sostenibile. Inoltre, attraverso un programma diversificato di attività culturali, la Casa interagisce in modo più generale con la società civile. La località di Airolo e la regione del San Gottardo-Piora offrono tutte le caratteristiche per essere un laboratorio a cielo aperto dove studenti e ricercatori hanno la possibilità di riflettere

sul tema dello sviluppo sostenibile. In questa regione troviamo zone naturali intatte, bellissime montagne, tracce di ghiacciai, impianti idroelettrici, linee elettriche ad alta tensione, strade e autostrade, impianti turistici, la ferrovia e una base militare. Insomma, una regione molto variegata con attività economiche e infrastrutture importanti che, al momento attuale, rendono difficile promuovere uno sviluppo sostenibile. Quest'area funge quindi da laboratorio unico per osservare e affrontare le principali sfide della società come il cambiamento climatico, la conservazione della biodiversità, la produzione e il consumo di energia, i trasporti e il turismo. Una delle attività importanti della Casa della Sostenibilità è l'offerta di un seminario alpino per gli studenti dell'USI. Questo seminario è basato su un approccio pedagogico innovativo che pone l'accento sull'interazione con il territorio alpino, vivendo esperienze a contatto con la natura e la realtà economica e sociale. Nell'ambito di questo seminario, il Centro di Biologia Alpina di Piora ricopre un ruolo essenziale. Durante molti seminari alpini è infatti prevista un'escursione alla scoperta della biodiversità presente nella regione di Piora con visita al Centro. Come sappiamo, la conservazione della biodiversità è un obiettivo fondamentale per poter promuovere uno sviluppo sostenibile. Attraverso interessanti escursioni, preziose visite come quella al Centro di Biologia Alpina, il seminario permette di costruire conoscenze interdisciplinari, pensare in modo sistemico, comprendere e sviluppare maggiore consapevolezza dei problemi e delle possibili soluzioni per la promozione dello sviluppo sostenibile”.

Michele Guerra, presidente del Gran Consiglio e Coordinatore Antenna Leventina - Masterplan Leventina, ricorda l'importante traguardo e la dedizione cantonale alla ricerca e alla tutela ambientale.

“Autorità, professori, care amiche e cari amici, oggi, per tutto il nostro cantone, è un giorno importante. È con grande onore, che mi rivolgo a voi, oggi, in qualità di Presidente del Gran Consiglio della Repubblica e Cantone Ticino, per celebrare, insieme, il 30° anniversario, della costituzione, della Fondazione Centro Biologia Alpina (CBA). Questo importante traguardo, rappresenta, non solo un momento di riflessione sulle conquiste passate, ma anche, un'occasione, per guardare al futuro, con rinnovata speranza e determinazione. Guardando al passato, posso dirvi, particolarmente fiero, di essere oggi qui a rappresentare il Gran Consiglio. Perché il Gran Consiglio, con lungimiranza, il 15 dicembre del 1989, decise di istituire formalmente, il Centro Biologia Alpina, con un decreto legislativo, riconoscendo l'importanza, di un'istituzione dedicata allo studio e alla conservazione, della nostra, veramente unica, biologia alpina. Il documento che sancisce questa istituzione, e il successivo sviluppo del Centro, sono un testamento della nostra dedizione cantonale, alla ricerca scientifica, e alla tutela ambientale. Riflettendo sull'importanza del vostro lavoro, mi viene in mente, una citazione di Aristotele: «In tutte le cose della natura, esiste qualcosa di meraviglioso». Questa meraviglia, è ciò che qui, a livello biologico, abbiamo,

ma è anche, quella magia, che vi spinge ogni giorno, a esplorare, studiare, e proteggere, queste unicità naturali. Francis Bacon, un grande filosofo e scienziato, disse: «La natura, per essere comandata, deve essere obbedita». Questa verità fondamentale, vi guida nel vostro impegno, a studiare e comprendere, i complessi ecosistemi alpini, rispettando i loro equilibri intrinseci, e la loro natura. Talete, uno dei sette saggi della Grecia antica, affermava che «l'acqua, è la sostanza primaria da cui tutte le cose derivano». E qui, anche qui, l'acqua, è veramente la sostanza primaria, da cui deriva la scienza di questo Centro. Per fare un umile parallelismo scientifico, un teorema che rispecchia la perseveranza del CBA, è il Teorema di Hardy-Weinberg, che in genetica delle popolazioni, afferma che, in assenza di chiare forze evolutive, le frequenze geniche in una popolazione, rimangono costanti, di generazione in generazione. Questo principio, ci ricorda che la stabilità e l'equilibrio, sono fondamentali, ma è solo attraverso l'azione e l'intervento, che possiamo determinare, il cambiamento. E qui, l'azione, il cambiamento, la forza evolutiva, li ha portati, il prof. Peduzzi, accompagnato, dal prof. Bachofen. Non possiamo dimenticare, e non dobbiamo dimenticare, che tutto questo, non sarebbe stato possibile, senza questi due professori, e soprattutto, quale ticinese, senza il grande professore Raffaele Peduzzi: scienziato, profondissimo e riconosciutissimo, ma, al contempo, esempio di umiltà e semplicità. Un vero scienziato, un vero signore. In Ticino, il CBA, grazie alla disponibilità del prof. Peduzzi, non solo è stato, è, e sarà, una vera eccellenza scientifica. Ma, parlando per tutti noi profani, è stato anche, tra i pionieri, della cosiddetta democraticizzazione della scienza, rendendola fruibile a tutti, e non chiudendosi in una torre d'avorio. Qui vi era certo anche questa possibilità: chiudersi, fare ricerca, avere solo successo accademico. Invece no, con nel cuore il territorio, ecco che non ci si è limitati a fare scienza in modo eccellente, ma ci si è anche concentrati, sulla divulgazione scientifica, e quindi, a offrire un grande servizio, a tutto il territorio, e a tutta la comunità. Ricorderò sempre, le visite fatte, qui, con autorità, enti, associazioni. A guidare noi e altri, sempre, c'era, o il professor Peduzzi, o suo figlio Sandro, entrambi scienziati, pronti a condividere anche con il profano, elementi scientifici di enorme importanza, ma spiegati in modo accessibile.

Il tutto, con una bella passeggiata, in questo locus amoenus, in cui il Genius loci, oggi, non è solo, la natura, ma, grazie a questo centro, anche, la scienza. La storia del CBA, è poi una storia, di collaborazione e crescita. Sin dai suoi primi giorni, il vostro centro, ha lavorato a stretto contatto, con istituzioni accademiche, enti pubblici, e organizzazioni internazionali, per portare avanti la missione, di ricerca e conservazione. Più volte, ho sentito dire che qui, nei mesi di ricerca, c'è, il mondo. E se andiamo a vedere l'elenco delle collaborazioni, ecco che queste parole, trovano solida conferma. Questo spirito di cooperazione, è stato fondamentale, per i vostri successi, e sarà altrettanto cruciale, per le vostre future imprese. Ma, ancor di più, è stato, è, e sarà fondamentale, per il nostro Cantone. Voi, ogni anno, da 30 anni, portate qui il mondo. Come Presidente del

Gran Consiglio, vorrei esprimere il mio più profondo apprezzamento, a tutti coloro che hanno contribuito al successo del CBA. Il vostro impegno, la vostra passione, e la vostra dedizione, sono stati e continueranno ad essere, la linfa vitale del vostro centro. Senza il vostro lavoro, non saremmo qui oggi, a celebrare questo significativo anniversario, importantissimo, per il nostro cantone. Concludo, con un pensiero di Victor Hugo: «Tra gli esseri e le cose, vi sono relazioni prodigiose, e in questo inesauribile complesso, dal sole al moscerino, nessuno si disprezza; si ha bisogno, l'uno dell'altro». Che queste parole, possano guidarvi nel vostro continuo impegno, per la ricerca scientifica, e la conservazione, della nostra preziosa biodiversità alpina. Grazie a tutti, e buon anniversario».

Jean-Luc Loizeau, Università di Ginevra, Maître d'enseignement et de recherche e membro del Consiglio di Fondazione CBA, dopo 30 anni di frequenza in Piora esplicita la motivazione alla base del regolare ritorno ogni anno al CBA. Esegue un breve bilancio di una storia di successo "success story".

«La force de ce stage est mise en relief par un signe qui ne trompe pas. Lors de rencontres avec d'anciennes étudiantes et d'anciens étudiants, la discussion sur la formation suivie dans le cadre du master revient régulièrement sur le stage de Piora, qui leur a laissé un souvenir inoubliable tant pour les approches scientifique et pédagogique que pour l'expérience humaine vécue dans les montagnes tessinoises. Le 30^e anniversaire de la création de la Fondation du Centre de biologie alpine de Piora coïncide avec le 30^e camp de terrain du Master en environnement de l'Université de Genève dans le Val Piora. Cet anniversaire est l'occasion de regarder brièvement en arrière et de retracer l'historique de cette «success story». En 1987, en tant que jeune doctorant j'ai participé au cours d'hydrobiologie du prof. Raffaele Peduzzi sur le Lac de Cadagno, dans des locaux à l'époque assez spartiates mais suivant un programme riche en découverte et dispensé par des encadrants passionnés et passionnants. Un séjour qui m'a durablement marqué, et c'est donc tout naturellement que j'ai proposé d'organiser un camp de terrain dans cette vallée lors de la mise sur pied, en 1993, du premier Master en sciences naturelles de l'environnement de l'Université de Genève (UNIGE), alors en commun avec l'Université de Lausanne (UNIL). Le site, bien qu'éloigné des rives du Léman, est particulièrement propice à l'apprentissage sur le terrain car il permet une approche naturaliste de par la diversité des milieux présents en termes de formations géologiques et pédologiques, d'hydrologie, de végétation, et d'autre part une approche environnementale liée à la présence pluri-centenaire d'activités humaines dans la vallée. Ces atouts ont d'emblée séduit les responsables de cette nouvelle formation, les Prof. J. Dominik de l'UNIGE et H-R Pfeifer de l'UNIL» (Loizeau 2024).

Reinhard Bachofen, Università di Zurigo, Prof. emerito, membro onorario della Fondazione CBA, risponde alla domanda cosa significa il CBA di Piora per l'Università di Zurigo.

“Die Alpinstation Piora und ihre Bedeutung für die Universität Zürich” (Bachofen 2019). Ritraccia il divenire e l’importanza di poter disporre di un’attrezzatura di base che permette di lavorare e soggiornare nel cuore delle Alpi. Im Jahr 2005 hat uns besonders Freude bereitet, dass die Alpinstation von der Internationalen Gesellschaft für mikrobielle Ökologie (ISME) zum ersten «Lab of the month» gewählt wurde. Bereits im 18. Jahrhundert wurde im Val Piora geforscht. Die heutigen wissenschaftlichen Tätigkeiten im Val Piora mit dem Ritom- und Cadagnosee sind eigentlich Fortsetzungen der Arbeiten von Scheuchzer, Haller und De Saussure aus dem 18. Jahrhundert. Viele wurden später im 20. Jahrhundert durch Fuhrmann, Türler, Bourcart und Düggele wieder aufgegriffen. Die Arbeiten von Düggele am Ritomsee sind deshalb besonders bemerkenswert, da sie als frühe (1915) Umweltverträglichkeitsprüfung zum Bau des Ritomstausees für die Elektrifizierung der Gotthardstrecke der SBB betrachtet werden können”.

Il Consigliere di Stato **Raffaele De Rosa**, Direttore del Dip. della sanità e della socialità, impossibilitato a partecipare ha inviato un messaggio d’augurio per la giornata di festa, del quale riportiamo uno stralcio dove evidenzia l’importanza di Piora.

“Ho personalmente nel cuore il Centro di Piora, di cui ho seguito il suo sviluppo anche in qualità di direttore dell’Ente regionale di sviluppo Bellinzonese e Valli. Un gioiello che permette di dare il giusto valore alla regione della Val Piora, e soprattutto alla particolarità del Lago Cadagno. Un valore certamente scientifico, e

quindi accademico, ma anche economico, naturalistico e sociale. Penso all’indotto per il territorio in considerazione delle persone che raggiungono la val Piora proprio per scoprirne la sua bellezza e le sue peculiarità. Proprio recentemente il Lago di Cadagno è stato protagonista di un video sul portale di TEDed, che rappresenta un chiaro riconoscimento globale all’unicità microbiologica e di biodiversità presente in questo luogo. Il Cantone, per il tramite dell’Istituto di microbiologia della SUPSI, sostiene l’attività scientifica e ne ha di recente confermato il valore, nel rinnovo del credito annuale per il periodo 2025-2028 proposto con il relativo messaggio del Consiglio di Stato, ora al vaglio del parlamento. Auguro al Centro di biologia alpina di continuare al meglio la propria attività anche in futuro, e auguro a tutti voi di approfittare di questa giornata di festa. Con stima, affetto e gratitudine”. Nel frattempo, il messaggio citato è stato approvato dal Parlamento.

Come pure **Mauro Tonolla**, già Direttore dell’Istituto microbiologia SUPSI e membro del Consiglio di Fondazione CBA, impossibilitato a partecipare, nella sua testimonianza sottolinea l’influenza e l’importanza di Piora nella sua carriera di ricercatore e di insegnante “quale scuola di vita”.

“Ho realizzato in questi giorni che il 2023 è il 40° anno che mi reco in Piora e ciò mi ha un po’ sconvolto. È una strana sensazione. Per anni lavori fai disfi corri di qua corri di là per una moltitudine di impegni e progetti, il tempo passa e ad un certo punto ripensi alle origini del tuo percorso e... sembra l’altro ieri che tutto è iniziato. Ho ritrovato le fotografie del corso di Hydro-



Figura 2: I relatori della giornata del 9 luglio 2024. Da sinistra: Ruth Dreifuss, Marina Carobbio Guscetti, Raffaele Peduzzi, Reinhard Bachofen, Michele Guerra, Massimo Filippini, Jean-Luc Loizeau.



Figura 3: La manifestazione è stata allietata dall'esibizione del gruppo "Cör e corni".

biologie microbienne del prof. R. Peduzzi dell'Università di Ginevra del 1984, con immagini dell'escursione scientifica al Lago di Dentro per effettuare i prelievi limnologici e del lavoro sul Lago di Cadagno a bordo della barca in metallo, che peraltro usiamo ancora oggi quale mezzo di trasbordo dalla riva alla più comoda piattaforma galleggiante montata nel 1986. Effettuavamo le misure con la sonda Hydropolytester della Züllig AG ed i prelievi con la bottiglia a chiusura automatica della stessa ditta, stipati in 6 persone più il materiale, quasi come dei "boat people". All'inizio del corso recuperavamo una seconda barca più piccola dalla Centrale idroelettrica del Ritom che serviva da "appoggio" e nella quale potevano prendere posto ancora 3 persone incaricate generalmente di rilevare i profili di trasmissione della luce in profondità con i famosi sensori LiCor sensibili allo spettro della luce visibile (450 nm-750 nm). Era la stessa barchetta usata dai guardapesca che il Prof. Peduzzi "reclutava" per la pesca, talvolta miracolosa, con le reti nel Ritom o nel Cadagno e che fornivano grosse trote canadesi, arcobaleno, fario ecc. per l'analisi ittiologica con gli studenti. L'analisi dell'età, tramite l'esame di scaglie e otoliti, accrescimento e contenuto stomacale completavano la visione della catena alimentare del lago. Dall'analisi dei batteri fotosintetici alle identificazioni morfologiche di organismi del fito- e zooplancton. Il corso terminava con gli esami orali all'aperto e accompagnati dal suono delle campane delle mucche al pascolo... Cosa significa Piora per me? Questa è la domanda che il Professor Raffaele Peduzzi ha posto come titolo di questo contributo! La risposta è semplice, per me Piora ha rappresentato 40 anni della mia vita e spero che continui ad influenzare la mia esistenza anche in futuro. Una scuola di vita dal punto di vista professionale ed uma-

no. Le attività sul Lago di Cadagno e l'incontro con il Professor Peduzzi hanno dato il via ad un percorso poco prevedibile di continua crescita che dal Cadagno mi ha portato all'Istituto cantonale batteriosierologico prima e alla SUPSI in seguito, ad occuparmi anche di altri ambiti come la biosicurezza, ad approfondire le potenzialità della spettrometria di massa MALDI-TOF per l'identificazione dei microorganismi, la problematica delle zanzare asiatiche invasive fino all'esperienza di condurre e sviluppare durante 10 anni l'Istituto microbiologia della SUPSI che ora conta una cinquantina di collaboratori".

L'incontro festoso e soleggiato è poi proseguito con un ricco pranzo nel solco del motto "local et durable", a base di prodotti locali, allietato dal gruppo di corni delle alpi "Cör e corni" (Fig. 3) e la visita agli spazi dei tre stabili A, B e C del Centro.

Alcuni aspetti di sintesi inerenti l'attività accademica dall'origine e alla stagione 2024

Da anni frequentiamo Piora con obiettivi di studio. Ad esempio un documento proveniente dall'Olanda costituisce una traccia della nostra presenza e attività scientifica avviata 50 anni prima della frequenza regolare menzionata e festeggiata quest'anno. Infatti, già nell'agosto del 1971 avevamo percorso la Val Piora accompagnati da due collaboratori del "Jardin botanique" di Ginevra: A. Charpin specialista della flora alpina, e O. Monthoux micologo. A questo proposito disponiamo della segnalazione proveniente dal Botanisch Museum di Utrecht con l'illustrazione di una pianta raccolta in Piora e inviata dai ricercatori di Ginevra per essere inserita dai colleghi nell'erbario di Utrecht, utilizzando la prassi dello scambio di materiale tra gli istituti di botanica. Si tratta della specie *Astragalus penduliflorus*,

raccolta sul percorso tra i due laghi Tom e Cadagno il 17 agosto 1971.

Durante la stagione 2024, con le 18 settimane di apertura del Centro, abbiamo raggiunto le 62'700 giornate-lavoro conteggiate a partire dal 1994, anno dell'istituzione della Fondazione. Sono giornate svolte in quota dedicate all'insegnamento, alla ricerca ed anche all'accogliimento di persone per visite guidate ai laboratori e accompagnamento sui sentieri didattici. Inoltre, la piattaforma di lavoro è stata posizionata sul Lago di Cadagno il 14 giugno e smontata il 3 ottobre. Abbiamo accolto in quota 10 Università delle quali 3 estere e i 2 Politecnici federali di Losanna e Zurigo. Inoltre a livello d'insegnamento medio superiore sono stati effettuati 5 stages.

Per la settima volta al CBA è stata ospitata la **Società svizzera di idrologia e limnologia** (SGHL, www.sgchl.ch) per la "Nachwuchstagung". La riunione-SGHL per giovani ricercatori mette in contatto studenti di dottorato e di master in idrologia e limnologia con professionisti impegnati nell'attività pratica. Per due giorni studenti, dottorandi e professionisti hanno scambiato esperienze e discusso del futuro delle professioni legate all'acqua, come risorsa e elemento naturale. Dal 2007 la "Nachwuchstagung" è organizzata, ogni tre anni, presso il Centro di Piora.

La **Commissione svizzera di oceanografia e limnologia** (COL, www.col.ch) si è incontrata per la riunione estiva al CBA dove ha potuto apprezzare l'infrastruttura scientifica e l'attrezzatura di indagine sul Lago di Cadagno e più in generale le attività del Centro. Nel 2023 la COL ha sostenuto il CBA con un progetto volto a rafforzare la nostra infrastruttura quale punto di riferimento per la limnologia in Svizzera e all'estero. La SGHL e la COL sono entrambe affiliate all'**Accademia svizzera di scienze naturali** (SCNAT), le loro attività in Piora testimoniano dell'importante ruolo per le scienze che si è ritagliato il CBA nella sua trentennale attività (Peduzzi S. 2024a).

A livello dell'**USI** abbiamo accolto l'**Accademia di architettura** che ha effettuato la ricomposizione delle due rovine («eriscie») delle cascate del Grasso Vecchio, zona Alpe Carorescio-Piano Grande, ai piedi del Pizzo Columbe-Campanitt. Dal professore responsabile del lavoro Martino Peduzzi, l'esperienza di questo lavoro è stata definita «entusiasmante sia per gli studenti che per i docenti ed assistenti».

Rilevante è pure stata la presenza di ricercatori dell'**Università di Stanford** (USA), una delle università più prestigiose e rinomate, che ha campionato in collaborazione con la **Scuola Politecnica Federale** di Losanna (EPFL), i tre strati del Lago di Cadagno per la ricerca di "biomarker" di microorganismi primordiali.

"Le meraviglie del Lago di Cadagno" è il titolo di un video elaborato per TED-Ed <https://www.supsi.ch/le-meraviglie-del-lago-di-cadagno-girano-il-mondo-in-un-video-di-ted-ed>. Infatti, nell'ambito del progetto Agorà "Cadagno meromittico" finanziato dal Fondo nazionale, nel corso dell'anno è stato realizzato per la prima volta un filmato inserito sulla piattaforma TED-Ed che si rivolge a giovani e istituzioni scolastiche e mette a disposizione video animati come strumenti a supporto degli insegnanti.

Abbiamo accolto in quota il giornalista e il fotografo della Rivista "Schweizer Illustrierte", l'articolo è apparso nel numero di ottobre. Sono pure state effettuate interviste radiofoniche e televisive per quanto riguarda la giornata della ricorrenza.

CONCLUSIONI

In conclusione possiamo affermare che la riunione-anniversario del luglio 2024 è stato un momento importante e prezioso in quanto ha permesso di rinnovare e condividere lo spirito e gli intenti degli inizi, quali:

- la centralità di Piora per le scienze alpine
- la constatazione di un'unità di intenti da parte delle Università fondatrici Ginevra e Zurigo e del CBA
- il rinnovato impegno e appoggio delle istanze politiche nella prosecuzione delle attività e dei relativi finanziamenti
- dal profilo della biodiversità la scoperta di nuove specie di funghi e di batteri e la relativa descrizione (Peduzzi S. 2024b)

Possiamo così prospettare le prossime stagioni con rinnovata fiducia ed entusiasmo in questo prezioso "biodiversarium" a cielo aperto che è Piora.

RINGRAZIAMENTI

Si ringraziano Gabriele Corti e Mauro Bernasconi per la documentazione fotografica della giornata. Un grazie particolare per l'impegno nell'organizzazione logistica alle collaboratrici e collaboratori: Claudia Tagliabue, Lorena Casanova, Flavia Cavalli, Maria Ovtcharova, Amelia Dotta, Sandro Peduzzi, Samuele Roman e Nicola Storelli.

REFERENZE BIBLIOGRAFICHE

- Bachofen R. 2019. Die Alpinstation Piora und ihre Bedeutung für die Universität Zürich, In: Documenta CBA n. 7: 165-170.
- Dreifuss R. 2024. L'inauguration du Centre de biologie alpine. Première pierre de l'Université de la Suisse italienne. In: Documenta CBA, 9: 13-14.
- Grass A. 2023. Grenzland Tessin. Ed. Hier und Jetzt, Verlag für Kultur und Geschichte, pp. 205-206.
- Loizeau J.L. 2024. Pourquoi revenir chaque année à Piora depuis trente ans ? Un bref bilan d'une success story. In: Documenta CBA, 9:71-74.
- Peduzzi R. 2000. La ricerca alpina e le trasversali. Documenta CBA n. 1, 159 pp.
- Peduzzi R. 2024. Piora nel cuore delle scienze alpine. Documenta CBA n. 9, 167 pp.
- Peduzzi S. 2024a. Stralcio Rapporto d'attività CBA.
- Peduzzi S. 2024b. Alla scoperta di specie nuove. In: Documenta CBA n. 9: 52-57.
- Société Helvétique des Sciences Naturelles (SHSN), Commission d'hydrologie. 1915. Programme de grande envergure sur Piora.
- Tonolla M. 2024. Quarant'anni in Piora. In: Documenta CBA, 9: 68-70.

Errata corrige

Nell'ultima frase del riassunto dell'articolo di Matteo Gentilini apparso nel Bollettino STSN vol. 112, 2024 (pag. 47), "*Cyperus glomeratus* e *Cyperus rotundus* (Cyperaceae) in Svizzera: indigene o neofite? Implicazioni per il loro stato di conservazione", l'ordine delle due specie è stato invertito.

La frase corretta è quindi la seguente: [...] Per entrambe le specie il riscaldamento climatico potrebbe favorire la diffusione sempre più a nord; dunque, se per *C. glomeratus* un monitoraggio delle popolazioni in Svizzera per comprenderne l'effettiva distribuzione è auspicabile, per *C. rotundus* ciò è fortemente raccomandato e quale neofita andrebbe tolta dalle Liste rosse.

Per la versione inglese del riassunto: [...] Climate warming may favor a spread further north of both species; therefore, while for *C. glomeratus* a population monitoring to understand its actual distribution in Switzerland is desirable, for *C. rotundus* it is strongly recommended and, as a neophyte, it should be removed from the national Red Lists.

