

## Parte I – Attività della Società

- 5 Rapporto di attività 2017
- 7 162ª Assemblée ordinaria STSN 2017

## Parte II – Comunicazioni scientifiche

- 13 C. Scapozza *et al.*: Il permafrost nelle Alpi Ticinesi (2015/2016 e 2016/2017)  
Rapporto No. 4 del Gruppo Permafrost Ticino
- 23 M. Pozzoni *et al.*: Lago Nero: monitoraggio della risposta di un ecosistema all'inquinamento atmosferico e ai cambiamenti ambientali
- 35 S. Mangili *et al.*: Note floristiche ticinesi 2018: Specie vegetali esotiche spontanee nuove per la Svizzera e per il Cantone Ticino
- 43 M. Conedera *et al.*: Dinamica evolutiva di *Prunus serotina* Ehrh. nei boschi del Canton Ticino
- 53 P. Valenti *et al.*: L'ultima *Adenophora* (Campanulaceae) svizzera: situazione attuale e prospettive
- 63 A. Python e B. Koch: Monitoraggi faunistici alle Bolle di Magadino (Cantone Ticino, Svizzera) – Studio di radiotelemetria sul Rospo comune (*Bufo bufo*)
- 69 M. Nembrini *et al.*: Contributo alla conoscenza della fauna ittica e macrobentonica dei corsi d'acqua del Piano di Magadino (Cantone Ticino, Svizzera): stato ecologico e prospettive
- 87 V. Trivellone *et al.*: Indagini faunistiche sui Chalcidoidea Mymaridae e considerazioni sui loro ospiti nei vigneti della Svizzera Italiana

## Parte III – Notizie

- 99 M. Gaia *et al.*: Bilancio meteorologico dell'anno 2017
- 103 A. Boggero *et al.*: Prima segnalazione del gambero invasivo *Pacifastacus leniusculus* (Dana 1852) nel Lago Maggiore (Cantone Ticino, Svizzera)
- 107 T. Maddalena *et al.*: Confermata dopo quasi 30 anni la presenza della Martora *Martes martes* (L., 1758) nel Cantone Ticino (Svizzera)

## Parte IV – Contributi speciali

- 113 Edoardo Martinetto *et al.*: Scoperta di macrofossili vegetali (4.8-4.7 ka cal BP) al Lago Cadagno nell'ambito delle attività dei Naturalisti dell'Università di Torino in Val Piora (Canton Ticino, Svizzera)
- 125 C. Scapozza e P. Gex: Misurare l'energia dei luoghi: i metodi geofisici passivi e la loro applicazione nel Cantone Ticino
- 139 Francesca Brigatti *et al.*: Sale in Zucca! Progetto botanico e didattico del Liceo cantonale di Lugano 1 – Resoconto delle attività svolte
- 147 M. Antognini: Dario Ferrini (1940-1965): un pioniere della speleologia in Ticino
- 155 Atti del Congresso internazionale "Botanica Sudalpina" Museo cantonale di storia naturale, Lugano, 18.11.2017

# 2018

## Bollettino della Società ticinese di scienze naturali





**Bollettino della**

**SOCIETÀ TICINESE  
DI SCIENZE  
NATURALI**

# SOCIETÀ TICINESE DI SCIENZE NATURALI

Fondata nel 1903

*Affiliata all'Accademia svizzera di scienze naturali*

## Scopo della Società

Promuovere e divulgare nella Svizzera italiana le scienze naturali e in particolar modo lo studio degli aspetti scientifici del versante sudalpino.

## Comitato da maggio 2017

Presidente	Manuela Varini
Vicepresidente	Mauro Tonolla
Segretaria	Gilda Giudici
Cassiera	Gisella Novi
Delegato alla piattaforma NWR della SCNAT (Comitato)	Marco Moretti

Webmaster	Marco Cagnotti
Archivista	Filippo Rampazzi
Redattore	Marco Moretti
Membri	Marco Gaia Mauro Jermini Giovanni Pellegrini Alberto Piatti Cristian Scapozza Silvio Seno

<i>Commissione redazione</i>	Marco Moretti Mauro Jermini Filippo Schenker
------------------------------	--

<i>Commissione divulgazione</i>	Giovanni Pellegrini Marco Cagnotti Alberto Piatti Cristian Scapozza Silvio Seno
---------------------------------	---

<b>Revisori</b>	Cecilia Antognoli Silvana Soldini
-----------------	--------------------------------------

<b>Delegati alla Commissione scientifica del Parco Botanico delle Isole di Brissago</b>	Luca Bacciarini Pietro Romerio
---	-----------------------------------

## Soci

I soci sono ammessi per decisione a maggioranza dell'Assemblea. 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.

## 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.

La riproduzione di articoli o parti di essi è permessa solo con la citazione della fonte.

*Bollettino della Società ticinese di scienze naturali:*

⇒ ISSN 0379-1254

*Memorie della Società ticinese di scienze naturali e del Museo cantonale di storia naturale:*

⇒ ISSN 1421-5586

*Contributi per le pubblicazioni*

Di regola la pubblicazione di articoli è riservata ai soci. I manoscritti devono essere inviati al redattore, rispettando le direttive per gli autori pubblicate nel sito della Società.

*Indirizzo della redazione*

Società ticinese di scienze naturali (STSN)  
c/o Museo cantonale di storia naturale  
Viale C. Cattaneo 4, cp 5487, CH-6901 Lugano  
e-mail: info@stsn.ch

## Sede e indirizzo della Società

Società ticinese di scienze naturali (STSN)  
c/o Museo cantonale di storia naturale  
Viale C. Cattaneo 4, cp 5487, CH-6901 Lugano  
Tél. +41 91 815 47 61 - Fax +41 91 815 47 69  
web: www.stsn.ch  
e-mail: info@stsn.ch

## Stampa del Bollettino

Tipografia Stazione SA, CH-6600 Locarno

SCNAT: Accademia svizzera di scienze naturali

NWR: Naturwissenschaften und Region

# **PARTE I**

## **Attività della Società**



La 162<sup>a</sup> **Assemblea generale** della Società ticinese di scienze naturali si è tenuta il 4 maggio 2017 presso la sala multiuso di Cavigliano, seguita da una **serata pubblica**, in collaborazione con il Progetto di Parco Nazionale del Locarnese (PNL), in cui, tramite brevi presentazioni suggestive, si è andati alla scoperta delle bellezze naturali del bosco e dei suoi abitanti, con particolare riferimento alla fauna boschiva. A seguito dei discorsi di benvenuto di Fabrizio Garbani-Nerini, sindaco di Cavigliano, Tiziana Zaninelli, pres. del Progetto PNL e Manuela Varini, pres. STSN, che ha moderato la serata, si sono tenute le relazioni di Filippo Rampazzi, dir. Museo cantonale di storia naturale, di Davide Bettelini, resp. Gruppo cantonale Biodiversità in bosco, Sezione forestale, di Marco Moretti, entomologo WSL Birmensdorf, di Tiziano Maddalena, zoologo, di Roberto Lardelli, ornitologo e pres. Ficedula, di Pippo Gianoni, resp. scientifico del Progetto.

In occasione dell'Assemblea, Cecilia Antognoli (cassiera) e Francesca Palli hanno presentato le loro dimissioni in qualità di membri di comitato. Sono quindi stati eletti due nuovi membri di comitato: Alberto Piatti, direttore del Dipartimento Formazione e Apprendimento della SUPSI e Gisella Novi, la quale ha ripreso il ruolo di cassiera. Inoltre, hanno dimissionato in qualità di revisori Marco Nembrini e Giuliano Greco, il cui ruolo è stato ripreso da Cecilia Antognoli e Silvana Soldini.

### **Presa di posizione**

Nel corso dell'anno è stata presentata una presa di posizione sulla situazione venutasi a creare alle Isole di Brissago (riportata integralmente nel *Bollettino della STSN* del 2017).

Il tema delle attività della STSN nel 2017 è stato il *Tempo*. Si è quindi organizzato un *ciclo di conferenze* in collaborazione con L'Ideatorio, delle *proposte alla scoperta della scienza sul territorio* (conferenze, escursioni e visite) e delle *proposte per i più piccoli*.

### **Ciclo di conferenze *Che cos'è il tempo?***

Le conferenze che hanno cercato di rispondere a questa domanda hanno toccato ambiti che andavano dalla fisica, alla biologia, alla filosofia, alla tecnologia, all'antropologia, all'astronomia.

Hanno aperto le danze Paolo Attivissimo, giornalista scientifico ed esperto del mondo delle tecnologie e Lorenzo Cantoni, Scienze della comunicazione, USI con la conferenza *Il tempo nella tecnologia – come cambia il tempo nel mondo tecnologico*. In seguito, vi è stata la conferenza *Il tempo nelle cellule – perché la vita non è eterna?* con Andrea Alimonti, medico dell'Istituto oncologico di ricerca di Bellinzona. È poi stato il momento di parlare di evoluzione nel tempo della specie umana con Telmo Pievani, evoluzionista e filosofo della scienza con la conferenza *Il tempo dell'umanità – da dove veniamo?*. Il neurobiologo e neurochirurgo Arnaldo Benini ha poi tenuto la confe-

renza, in collaborazione con la Settimana del cervello della Svizzera Italiana, *Il tempo nel cervello – come facciamo a percepire il tempo?*. Ha concluso il ciclo di conferenze Roberto Trotta, cosmologo dell'Imperial College of London, parlando del *Tempo nell'universo – come cambia e come appare il tempo nel cosmo?*. Il ciclo di conferenze ha ottenuto un'ottima partecipazione con un pubblico dalle 200 alle 350 persone ad ogni serata.

### **Conferenze diverse**

È stata anche tenuta la conferenza *L'epidemia di cinipide del castagno al Sud delle Alpi: situazione attuale e impatto sui nostri castagneti* con Marco Conedera, Eric Gehring, Istituto Federale di Ricerca WSL e Giorgio Moretti, Sezione Forestale cantonale e Associazione castanicoltori della Svizzera Italiana.

È anche stata organizzata una serata di presentazione della pubblicazione delle Memorie della STSN, del progetto BioDiVine: *Diversità dei vigneti della Svizzera italiana: stato attuale e prospettive* con Valeria Trivellone, Marco Moretti, Mirto Ferretti, Patrik Krebs, Mauro Jermini, Chiara Scandolara, Nicola Schönenberger, e Lucia Paltrinieri Pollini, che ha moderato la serata.

### **Escursioni**

Si sono svolte le seguenti escursioni: *La botanica a spasso con la storia: escursione nella bassa Valle di Blenio*, da Dongio al Castello di Serravalle, lungo la via storica della Valle di Blenio con Antonella Borsari, fitoterapista e botanica di terreno; *Flora ferroviaria di Chiasso*, dove si sono effettuate delle osservazioni botaniche sull'area della stazione di Chiasso con Nicola Schönenberger, botanico, esperto conoscitore della flora ruderale; *A spasso nel tempo*, passeggiata alla scoperta delle storie del paesaggio con Cristian Scapozza, geografo e geomorfologo, ricercatore SUPSI; *Nel cuore delle Alpi*, dove grazie ai segreti racchiusi nei minerali che le compongono, è stato possibile raccontare la storia geologica della parte più profonda delle Alpi con Filippo Schenker, geologo e ricercatore SUPSI e Athos Simonetti, presidente della Società Mineralogica Ticinese (escursione organizzata in collaborazione con la Società Mineralogica Ticinese); *L'importanza delle api*, visita all'apiario didattico di Lottigna accompagnata da Roberto Fischer, apicoltore e formatore STA/Scuola professionale del verde Mezzana, dove è stato presentato il ruolo dell'ape come impollinatore e bioindicatore.

L'escursione *Alla scoperta di un mondo nascosto: percorso didattico sui microorganismi della Val Piora* con Mauro Tonolla, direttore del Laboratorio di Microbiologia applicata, ha dovuto essere annullata anche a causa del tempo.

Non sono poi mancate le attività per i giovani, infatti, in estate, in collaborazione con L'Ideatorio, l'Università della Svizzera Italiana e la città di Lugano, è stata organizzata la proposta *Scoprire la scienza in vacanza*, vacan-

ze scientifiche residenziali che hanno permesso a una quarantina di bambini delle elementari di incontrare la scienza. Sono inoltre state organizzate anche vacanze scientifiche diurne.

### **Esposizioni**

La STSN ha poi sostenuto le seguenti esposizioni:

*No limits! I campioni d'alta quota*, mostra del Museo cantonale di storia naturale sugli adattamenti dei viventi alle difficili condizioni degli ambienti d'alta montagna, che è ora esposta ad Airolo.

*X-Nature – Il tempo della Terra, il tempo dell'uomo*, mostra che ripercorre duecento anni di scoperte e invenzioni, quale frutto della curiosità per l'ignoto, realizzata dal Museo cantonale di storia naturale in collaborazione con gli studenti del Corso di laurea in Architettura d'interni del Dipartimento ambiente costruzioni e design della SUPSI.

*Sguardi sulla biodiversità*, progetto di Capriasca Ambiente in collaborazione con gli allievi della Scuola Media di Tesserete, il cui scopo è quello di risvegliare nei giovani una maggiore consapevolezza della natura e della biodiversità "fuori dalla porta di casa". Mostra che nel 2017 è stata ospitata dal Liceo cantonale di Lugano 2 (dove è stata visitata da delle classi in collaborazione con i docenti di biologia del liceo) e dalla Scuola Elementare di Tesserete, dove attività didattiche nella natura sono state svolte dalle classi con L'alberoteca e con il Museo cantonale di storia naturale (MCSN).

*Erbe di qui, spezie del mondo*, mostra realizzata dal MCSN e ora esposta al Museo del Dazio Grande, incentrata sul commercio delle spezie.

### **Sostegno al progetto *Sale in zucca!***

La STSN e l'Accademia svizzera di scienze naturali hanno dato sostegno all'iniziativa di orto didattico e attività di divulgazione *Sale in zucca!* del Liceo cantonale di Lugano 1 e dei partner coinvolti: Lugano al Verde, MCSN, L'alberoteca, ProSpecieRara, SlowFood, Le zucche della Valle del Sole e Capriasca Ambiente. Il progetto, che si è snodato su più livelli e che ha interessato un largo pubblico, è descritto in un articolo pubblicato in questo Bollettino.

### **Sostegno al Congresso di Botanica Sudalpina**

Nell'autunno del 2017 è inoltre stato sostenuto il Congresso di Botanica Sudalpina organizzato dalla Società Botanica Ticinese (SBT) e i cui Atti sono pubblicati in questo Bollettino.

### **Pubblicazioni**

Il 2017 ha inoltre visto la pubblicazione delle Memorie *Diversità dei vigneti della Svizzera italiana: stato attuale e prospettive*. Pubblicazione realizzata a più mani che ha permesso di riunire i contributi di temi finora poco noti, quali la storia, il paesaggio, la biodiversità, la gestione e gli aspetti fitosanitari, allo scopo di proporre una valutazione integrata del vigneto e delle strategie per la sua gestione.

È stato poi pubblicato il 105° *Bollettino della STSN*, che si conferma l'unica pubblicazione di questo genere in lingua italiana in tutta la Svizzera. Redazione e impaginazione sono state condotte e seguite dal gruppo redazionale composto da Mauro Jermini, Marco Moretti e Filippo Schencker.

Un caloroso ringraziamento va a tutti i soci per il costante e prezioso sostegno e a tutto il Comitato della STSN. Si ringraziano inoltre tutte le persone che hanno contribuito alla buona riuscita delle attività e alla realizzazione delle Memorie e 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  
Manuela Varini, presidente

# 162<sup>a</sup> Assemblea ordinaria STSN 2017

Verbale dell'Assemblea svolta presso la Sala multiuso di Cavigliano il giovedì 4 maggio 2017

## Scusati

Barandun Marco, Bernasconi Christian, Bernasconi Franca, Bernasconi Mauro, Conza Lisa, Dorota Czerski, Gaia Marco, Giudici Fulvio, Lepori Carlo, Rusconi Sandro, Peduzzi Sandro, Pellegrini Giovanni, Piatti Alberto, Scapozza Georgia, Schenker Filippo, Ticozzi Giancarlo.

## Parte amministrativa

La presidente Manuela Varini dà il benvenuto ai presenti, scusa gli assenti e ringrazia il Progetto Parco Nazionale del Locarnese (PNL) per l'ospitalità. Vengono nominati il presidente del giorno, Raffaele Peduzzi e gli scrutatori, Nicola Bomio-Pacciorini e Ivano Sartori. Raffaele Peduzzi legge i punti all'ordine del giorno. Il verbale della 161<sup>a</sup> Assemblea ordinaria STSN è accettato all'unanimità. L'esonero della lettura è richiesto e accettato.

## Relazione presidenziale

Alla presenza di trentadue soci Manuela Varini rievoca che il 2016 è stato un anno ricco di eventi, molti dei quali incentrati attorno alla tematica delle leguminose in occasione dell'Anno internazionale dedicato a questi vegetali. Preannuncia che all'inizio del 2017 è stato proposto un ciclo di conferenze sul tempo che ha riscontrato grande successo in termini di pubblico, e si auspica che le attività dei prossimi anni permettano alla Società di restare in linea con questo esito positivo, al fine di poter raggiungere numerose persone anche fuori dall'ambito prettamente scientifico. Ringrazia poi Marco Cagnotti per aver dato una nuova forma grafica alla Newsletter della Società.

Informa inoltre che la STSN nel 2016 ha sostenuto la ricerca sul muschio *Orthotrichum dentatum* del ricercatore del WSL Thomas Kiebacher. Comunica poi che sempre nel 2016 la Società si è esposta con alcune prese di posizione, in particolare ha dato il suo sostegno al Progetto Parc Adula e si è espressa in merito alle Isole di Brissago. A questo riguardo Varini riassume la situazione venutasi a creare e ribadisce la posizione della STSN a riguardo. Inoltre, la Società si impegna, anche con la conferenza associata alla 162<sup>esima</sup> Assemblea ordinaria, a dare il suo sostegno al Progetto PNL.

Raffaele Peduzzi, in assenza di domande da parte dei presenti, passa la parola a Cecilia Antognoli per il rapporto dei conti.

## Rapporto della cassiera e dei revisori con approvazione dei conti

Il conto economico 2016 dettagliato, presentato dalla cassiera Cecilia Antognoli, chiude con una maggiore uscita di fr. 13'888.80 (ricavi fr. 43'244.44, costi fr. 57'133.24), a bilancio (attivi e passivi, fatture in sospeso comprese) risultano fr. 97'424.85.

Antognoli dettaglia poi la situazione in merito alle fatture in sospeso.

L'Assemblea approva i conti e il rapporto dei revisori Giuliano Greco e Marco Nembrini, letto da quest'ultimo.

## Avvicendamenti in seno al comitato della STSN

Raffaele Peduzzi ringrazia Cecilia Antognoli e Francesca Palli, che dopo numerosi anni di attività lasciano il comitato. Dopo la consegna dei fiori, Palli riassume i compiti che ha svolto nei suoi 27 anni di presenza in comitato (cassa, sito web, Commissione divulgazione, partecipazione alle escursioni) e ringrazia la STSN, che attraverso incontri con persone ed enti attivi sul territorio le ha dato molto. Anche Antognoli riassume gli anni in cui ha svolto diversi compiti prima di riprendere il ruolo di cassiera per la Società, ringrazia poi i membri di comitato e i diversi Presidenti.

Varini presenta poi Gisella Novi, che entra in comitato riprendendo il ruolo di cassiera. Novi si presenta brevemente: dopo una formazione commerciale ha lavorato in diverse fiduciarie dove ha assunto ruoli amministrativo-bancari. Grazie allo studio della botanica si sta avvicinando all'ambito naturalistico. Varini presenta poi la seconda persona che entra nel comitato (assente scusato): Alberto Piatti, Direttore del Dipartimento Formazione e Apprendimento della SUPSI a partire da settembre 2017. Piatti è già stato membro del comitato in passato e recentemente ha espresso interesse a tornare a farvi parte, anche per creare un ponte tra le scienze naturali e le scuole.

In seguito alle dimissioni dei revisori dei conti Nembrini e Greco, che ringraziano la Società, Peduzzi procede alla proposta di nomina di due nuovi revisori. La carica viene ripresa da Cecilia Antognoli e Silvana Soldini e come revisore supplente viene invece nominata dall'assemblea Francesca Palli.

## Rapporto della Commissione divulgazione (2016/2017)

### Programma 2016

Cristian Scapozza dà il benvenuto ai presenti e informa che nel 2016, nell'ambito del programma "Capita a fagliolo...", si sono svolte diverse attività (escursioni, conferenze, corsi, vacanze scientifiche per giovani), molte delle quali attorno al tema delle leguminose. Nel 2016 sono state organizzate una decina di escursioni. Tre sono state le visite guidate dalla fitoterapista Antonella Borsari, sempre molto apprezzate: il 30 aprile si è svolta l'uscita *Non solo leguminose* al Monte Sant'Agata e Rovio, il 9 luglio ha avuto luogo l'*Escursione botanica e geologica in alta Valle di Blenio* dal passo del Lucomagno fino al Centro Pro Natura Lucomagno e il 24 luglio è stata proposta la visita *Botanica in Val Piora* nella zona del lago di Cadagno. Purtroppo l'uscita prevista per l'11 giugno (*Escursione al Bosco Sacro di Mergugno*, sempre

guidata da Antonella Borsari) è stata annullata a causa del maltempo. Il 18 giugno ha avuto luogo l'escursione *Cisto femmina e lande subatlantiche* per scoprire le piante particolari, suddivisa in due parti, una alle Bolle di Magadino, l'altra alle Isole di Brissago con Guido Maspoli. Quest'attività è stata seguita il 25 giugno da *La marsilea alle Bolle di Magadino*, escursione guidata da Nicola Patocchi e proposta in collaborazione con il Parco botanico delle Isole di Brissago e la Fondazione Bolle di Magadino.

L'Escursione tra geodiversità e biodiversità sull'altopiano della Greina in collaborazione con il Parc Adula e guidata da Cristian Scapozza è stata proposta il 16 luglio. Il 3 settembre ha poi avuto luogo l'escursione in collaborazione con il Progetto PNL *Ricchezza di ambienti e agricoltura di montagna nel futuro PNL* con Pippo Gianoni e Cecilia Antognoli, seguita il 4 settembre dall'uscita *Alla scoperta di antiche varietà di mele* con Muriel Hendrichs in Capriasca. L'11 settembre presso le Isole di Brissago – in collaborazione con il Parco Botanico – è stata proposta la *Giornata sulle leguminose – Capita a fagiolo!*, mentre l'8 di ottobre l'archeologa Rosanna Janke ha guidato la visita *Viaggio culinario nel passato* al Castello Visconteo di Locarno.

Nel 2016 hanno avuto luogo differenti conferenze sostenute dalla STSN: il 24 febbraio si è svolta *Archeologia e Paleontologia senza confini* dell'Associazione archeologica ticinese (AAT); il 12 maggio è stata presentata *La ricerca scientifica nel Parc Adula*, in collaborazione con il Parc Adula; il 2 settembre in collaborazione con il Progetto PNL e Ficedula è stata proposta la conferenza *In volo dai limonai ai nevai: gli uccelli del futuro Parco Nazionale del Locarnese*; infine il 24 novembre Mimosa Ravaglia e Flavia Butti hanno presentato *Come mangiavano gli Antichi* – sempre in collaborazione con l'AAT.

Il 4 giugno è stato inoltre proposto il corso *Botanica e cucina/1: leguminose selvatiche & Co* a Malvaglia con Mereth Bissegger.

Le vacanze scientifiche estive proposte da L'ideatorio dell'Università della Svizzera italiana e dal Museo cantonale di storia naturale in collaborazione con l'Istituto scolastico della Città di Lugano e con la STSN, hanno come di consuetudine avuto luogo durante il periodo estivo. Nel 2016 la Società ha inoltre sostenuto alcune esposizioni: *X-Nature – Il tempo della Terra, il tempo dell'uomo*, realizzata dal Museo cantonale di storia naturale in collaborazione con la SUPSI; *No limits! I campioni dell'altitudine* della Fondazione Centro Biologia Alpina ad Airolo; *Erbe qui, spezie del mondo* proposta presso il Dazio Grande e *Sguardi sulla biodiversità*, di Capriasca Ambiente.

#### Programma 2017

Cristian Scapozza informa i presenti che per l'anno 2017 la Commissione divulgazione ha organizzato un programma incentrato su una tematica trasversale: un ciclo di conferenze sul tempo con cinque incontri, gratuite e aperte a tutti. Il 19 gennaio Paolo Attivissimo e Andrea Cantoni hanno presentato *Il tempo nella tecnologia*; il 13 febbraio è stata proposta la conferenza *Il tempo nelle cellule* con Andrea Alimonti; il 6 di marzo Telmo Pievani ha tenuto *Il tempo nell'umanità*, il 16

marzo Arnaldo Benini ha presentato *Il tempo nel cervello*; infine il 27 marzo Roberto Trotta ha proposto *Il tempo nell'universo*. Gli appuntamenti hanno riscontrato molto successo: in totale hanno partecipato ai diversi incontri 1'120 persone. Cristian Scapozza riferisce che la Commissione divulgazione ritiene che il successo sia dovuto alla tematica trasversale e probabilmente anche al periodo e alle date scelte.

Il 7 marzo ha inoltre avuto luogo, presso la sezione ticinese di Agroscope, la conferenza *Epidemia di cinipide del castagno al Sud delle Alpi*.

La prima escursione in programma, la visita *La botanica a spasso con la storia* guidata da Antonella Borsari, ha avuto luogo nella bassa Valle di Blenio lo scorso 29 aprile con una buona partecipazione.

Scapozza illustra poi le prossime attività previste per il 2017. Quattro escursioni: *Alla scoperta di un mondo nascosto* in Val Piora il 1° luglio; *Flora ferroviaria di Chiasso* con Nicola Schönenberger il 2 settembre; *A spasso nel tempo* con Cristian Scapozza il 30 settembre e *Nel cuore delle Alpi* il 7 ottobre con Filippo Schenker e Athos Simonetti; due conferenze: la prima sul progetto PNL in seguito all'Assemblea, la seconda il 28 novembre presso il Museo cantonale di storia naturale con la presentazione delle Memorie Biodivine 2017, sulla biodiversità dei vigneti; la visita *L'importanza delle api* l'8 ottobre e le vacanze scientifiche de L'ideatorio-USI e del Museo cantonale di storia naturale per i giovani durante l'estate. Informa infine che il lavoro per la creazione del programma per l'anno 2018 è in corso. Peduzzi ringrazia Scapozza per il suo intervento.

#### Publicazioni 2016 – Bollettino e Memorie

Marco Moretti informa che il lavoro legato al Bollettino ha richiesto un grande impegno di Mauro Jermini, Filippo Schenker e lui medesimo. Comunica che il Bollettino nr. 105 del 2017 sarà ricco di contributi che illustrano quanto viene svolto in ambito di ricerca sul territorio ticinese. Illustra i contenuti degli articoli previsti: 7 sono attività della Società, 7 sono contributi scientifici, 7 sono notizie, 2 sono contributi speciali e comunica che buona parte degli articoli sono già in tipografia per l'impaginazione. Moretti informa che la stampa è prevista per l'estate. Ricorda poi ai presenti che ogni contributo futuro con temi della Svizzera italiana è benvenuto, e che i Bollettini degli anni passati sono disponibili online tramite il sito della Società.

Per quanto riguarda le Memorie, Moretti informa che la tematica centrale è stata quella dei vigneti della Svizzera italiana, ma che questa è stata declinata anche a tematiche più generali (botanica, paesaggio). Il volume è composto da tre sezioni, al momento quasi tutte in fase di impaginazione. Informa poi che il 15 luglio vi sarà la consegna della bozza di stampa al DECS e il 28 novembre 2017 si terrà la presentazione ufficiale delle Memorie.

#### Approvazione nuova quota sociale per i giovani

Varini illustra la proposta del comitato di modificare la quota sociale dei giovani fino ai 25 anni da fr. 40.– a fr. 20.–. I presenti approvano la modifica.

### **Ammissioni di nuovi soci e dimissioni**

Tra il 13 maggio 2016 e il 3 maggio 2017 sono state 33 le nuove richieste di adesione e 17 i soci dimissionari, deceduti o estromessi per mancato pagamento. Il numero di soci raggiunge così la quota di 439 (429 svizzeri, 10 esteri). Il numero di nuovi soci è più consistente rispetto agli scorsi anni, si tratta di un segnale positivo, che si spera di confermare anche in futuro. Anche Peduzzi ricorda che si tratta di un numero considerevole anche rispetto al numero di soci delle altre Società della nostra nazione.

### **Nuovi soci**

Antoniazzi Maria Luisa, Archbold Jahmaira, Barandun Marco, Borghi Giovanna, Borra Antonio, Bosia Carlo, Bostock Louise, Crivelli Fabio, Czerski Dorota, Ferrari

Renata, Gabuzzi Ferruccio, Gianoni Monica, Jermini Cesare, Lechleitner Fransiska, Lehmann Lucia, Liberti Gianfranco, Iodetti Florence, Moscatelli Mariella, Pedraita Serena, Pirazzi Flavio, Schauwecker Valerio, Schenker Filippo, Soldini Silvana, Soma Linda, Torriani Marco, Tuozzo Amanda, Valsesia Gerber Giorgia, Varini Osvalda, Varini Marco, Watsavino Marta, Wylezol Halina, Rapelli Michel, Varallo Jasmin.

### **Eventuali**

Raffaele Peduzzi distribuisce ai presenti la pubblicazione “Alla scoperta di un mondo nascosto – Percorso didattico sui microorganismi della Val Piora”.

A nome del comitato STSN  
Gilda Giudici



## **PARTE II**

### **Comunicazioni scientifiche**



# Il permafrost nelle Alpi Ticinesi (2015/2016 e 2016/2017)

## Rapporto No. 4 del Gruppo Permafrost Ticino

Cristian Scapozza<sup>1</sup>, Marco Antognini<sup>2</sup> e Christian Ambrosi<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Istituto scienze della Terra (IST), Scuola universitaria professionale della Svizzera italiana (SUPSI), Campus Trevano, CH-6952 Canobbio

<sup>2</sup> Museo cantonale di storia naturale, Viale Carlo Cattaneo 4, CP 5487, CH-6901 Lugano

*cristian.scapozza@supsi.ch*

---

**Riassunto:** È discussa l'evoluzione del permafrost nei due anni idrologici 2015/2016 e 2016/2017, biennio seguente l'anno idrologico 2014/2015 che ha presentato le temperature e le velocità di spostamento dei ghiacciai rocciosi più alte di tutto il periodo di misura. L'inverno 2015/2016 senza precipitazioni nevose di rilievo ha permesso un raffreddamento significativo della temperatura della superficie del suolo (compreso fra 1.6-2.5 °C) tra il 5 settembre 2015 e metà agosto/fine settembre 2016. L'inverno 2016/2017 di nuovo asciutto ha permesso alla temperatura della superficie del suolo di rimanere stabile senza riscaldamenti significativi fino a maggio-giugno 2017. Ne consegue una diminuzione compresa tra il 39% e il 64% della velocità orizzontale della superficie dei ghiacciai rocciosi dal 2015 al 2017. Per Stabbio di Largario (lobo E), Piancabella e Ganoni di Schenadüi, le velocità medie misurate nel 2017 sono le più basse dal 2009. Si è quindi stabilita una relazione matematica di tipo esponenziale tra le temperature della superficie del suolo e le velocità medie dei ghiacciai rocciosi. Le velocità dei ghiacciai rocciosi calcolate sulla base di immagini aeree riprese con il drone nel 2014 e 2016 si sono rivelate coerenti con quanto misurato a terra con il GPS differenziale. La radice dell'errore quadratico medio (RMSE) delle misure acquisite con i due metodi è di soli 6 cm, mentre la correlazione è di 0.99, indicando che i due approcci possono essere considerati complementari o alternativi.

**Parole chiave:** ghiacciaio roccioso, cinematica, temperatura della superficie del suolo, dGPS, drone, Alpi svizzere.

**Permafrost in the Ticino Alps (2015/2016 and 2016/2017). Report No. 4 of the Gruppo Permafrost Ticino**

**Abstract:** The permafrost evolution occurring during the two hydrological years 2015/2016 and 2016/2017 is discussed. This biennium follows the hydrological year 2014/2015, which presented the highest rock glacier temperatures and creeping velocities of the entire measurement period. The winter 2015/2016 lacked of snow precipitations, that allowed a significant cooling of the ground surface temperatures (ranging between 1.6 and 2.5 °C) between the 5th September 2015 and mid-August/end of September 2016. The dry 2016/2017 winter conditions also kept the ground surface temperature stable, without a significant warming until May-June 2017. As a result, from 2015 to 2017, a decrease ranging between 39% and 64% of the rock glacier horizontal surface velocity was observed. For Stabbio di Largario (lobe E), Piancabella and Ganoni di Schenadüi, the mean velocities measured in 2017 are the lowest since 2009. It was possible to establish an exponential mathematical relationship between ground surface temperatures and mean rock glacier velocities. Rock glacier velocities derived from aerial images collected with an Unmanned Aerial Vehicle (UAV) in 2014 and 2016 were in accordance with terrestrial values measured using a differential GPS. A root mean square error (RMSE) between measurements acquired with the two mentioned methods of only 6 cm and a correlation of 0.99 indicate that both approaches can be considered complementary or alternative.

**Key words:** rock glacier, kinematics, ground surface temperature, dGPS, Unmanned Aerial Vehicle, Swiss Alps.

---

## INTRODUZIONE

### Dieci anni di monitoraggio del permafrost in Ticino

Il monitoraggio dello stato e dell'evoluzione del permafrost nelle Alpi Ticinesi ha raggiunto nel 2016 il decennio di attività, con le prime misurazioni sistematiche della temperatura della superficie del suolo (GST) iniziate durante l'estate del 2006. Dall'estate del 2009, è inoltre misurata la cinematica di sei degli otto ghiacciai rocciosi monitorati nelle Alpi Ticinesi (Fig. 1 e Tab. 1). Lo sviluppo e l'evoluzione della rete di monitoraggio

del permafrost sono ben documentati nei tre rapporti biennali precedenti (Mari *et al.*, 2012; Scapozza *et al.*, 2014a; Scapozza *et al.*, 2016), mentre i lavori di ricerca svolti sui siti studiati sono elencati nella bibliografia di questi rapporti. Per i siti di Piancabella e Stabbio di Largario, i dati sono presentati e discussi nei rapporti della rete svizzera di monitoraggio del permafrost PERMOS (PERMOS, 2013, 2016, 2018). Questi due siti, unitamente a quello dei Ganoni di Schenadüi, sono stati integrati in uno studio di sintesi svolto sull'intero arco alpino (Kellerer-Pirklbauer *et al.*, 2017, 2018). L'obiettivo di questo contributo è di fare il punto sul-

Tabella 1: Caratteristiche e tipo di misure svolte nei nove siti di monitoraggio del permafrost gestiti dalla SUPSI. Per la localizzazione e le principali caratteristiche dei siti, vedi Fig. 1.

No.	Sito	Regione	Altitudine [m slm]	No. sensori MAGST	No. punti GPS	No. punti per valori di riferimento
29	Pizzo Nero	Val Bedretto	2600-2700	0	36	25
29b	Pizzo Gallina	Val Bedretto	2660-2760	4	26	20
30	Passo di Grandinagia	Val Bavona	2560-2800	4	32	16
30b	Lago Nero	Val Bavona	2570-2600	10	–	–
31	Ganoni di Schenadüi	Val Cadlimo	2480-2640	4	36	18
32	Piancabella <sup>(1)</sup>	Val Malvaglia	2440-2550	10	22	20
33	Stabbio di Largario <sup>(1)</sup>	Val Soi	2240-2550	4 + 2 <sup>(2)</sup>	33 (2) <sup>(3)</sup>	21 + 4 <sup>(2)</sup>
33b	Alpe Pièi	Valle di Blenio	2340-2500	0	35	6 + 12 <sup>(4)</sup>
–	Ghiacciaia di Rambött	Valle di Blenio	1350	2	–	–

<sup>(1)</sup> Sito PERMOS. <sup>(2)</sup> Lobo E + lobo W. <sup>(3)</sup> Antenne GPS mono-frequenza fisse. <sup>(4)</sup> Lobo inferiore + lobo superiore.

la condizione del permafrost nei due anni idrologici 2015/2016 e 2016/2017, biennio seguente l'anno idrologico 2014/2015 eccezionalmente caldo, che ha presentato le temperature e le velocità di spostamento dei ghiacciai rocciosi più alte di tutto il periodo di misura (Scapozza *et al.*, 2016). Oltre ai classici dati di temperatura e velocità dei ghiacciai rocciosi misurati con il GPS differenziale (dGPS), saranno presentati anche i primi dati desunti dall'analisi di riprese aeree effettuate con droni nel 2014 e 2016 sui ghiacciai rocciosi di Piancabella e Stabbio di Largario.

### Siti di studio

Ai sette ghiacciai rocciosi monitorati dall'Istituto scienze della Terra SUPSI dal 2012, si è aggiunto nel 2016 il nuovo sito del Lago Nero, in alta Val Bavona, oggetto di un monitoraggio pluridisciplinare di tutte le componenti del ciclo dell'acqua, inclusa quindi la criosfera (Bruder *et al.*, 2016; Scapozza *et al.*, 2017; Pozzoni *et al.*, 2018; Scapozza *et al.*, 2018). Oltre ai ghiacciai rocciosi, è oggetto di monitoraggio dal 2011 (con un lungo periodo senza dati tra il 2012 e il 2016 per ragioni tecniche), una ghiacciaia naturale situata a Rambött, a monte di Olivone (Valle di Blenio). Si tratta di una fessura situata nella parte inferiore di un deposito di versante a grossi blocchi plurimetrici, dove si è formata una cavità con l'apertura orientata a nord-est e con una profondità di circa 20 metri. Questi elementi, unitamente al fatto che l'entrata della ghiacciaia sia protetta dall'irradiazione solare diretto grazie alla presenza di conifere, permettono alla neve di accumularsi nella cavità e di preservarsi fino a estate inoltrata. Questa ghiacciaia era sfruttata fino ai primi decenni del Novecento, quando la neve riusciva a riempirla ogni anno, per approvvigionare in ghiaccio i ristoranti di Olivone (Scapozza *et al.*, 2008).

Le osservazioni svolte sulla maggior parte dei siti includono il monitoraggio in continuo della temperatura della superficie del suolo (GSTM) e la misura della velocità media annua della superficie dei ghiacciai rocciosi (a eccezione del sito del Lago Nero). A queste misure, si aggiungono, da settembre 2014: (a) il monitoraggio in continuo dei movimenti grazie a due GPS fissi mono-frequenza installati sul ghiacciaio roccioso

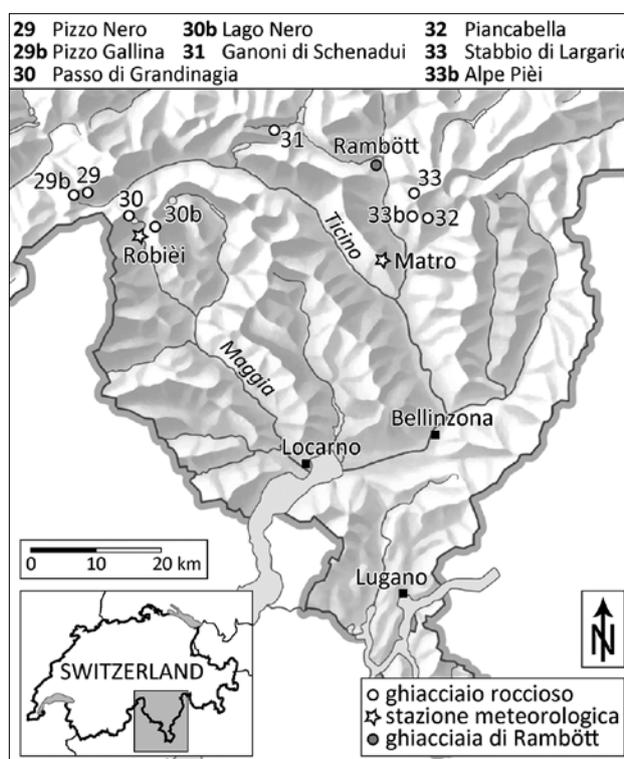


Figura 1: Localizzazione degli otto ghiacciai rocciosi monitorati dalla SUPSI nelle Alpi Ticinesi e delle stazioni climatiche di riferimento. Base cartografica: © swisstopo.

di Stabbio di Largario in collaborazione con la Scuola Politecnica Federale di Zurigo e l'Ufficio federale dell'ambiente (Wirz *et al.*, 2016); (b) la misura degli spostamenti superficiali tramite analisi multi-temporale di ortofoto ottenute da riprese aeree da drone, svolte a cadenza biennale sui ghiacciai rocciosi di Piancabella e Stabbio di Largario.

## MATERIALI E METODI

### Indicatori utilizzati

I due indicatori principali utilizzati per valutare lo stato e l'evoluzione del permafrost nei ghiacciai rocciosi delle Alpi ticinesi sono la temperatura media annua della superficie del suolo (MAGST – *Mean Annual Ground*

*Surface Temperature*) (Fig. 2A) e la velocità media annua di riferimento della superficie dei ghiacciai rocciosi (*reference value*) (Fig. 2B) (Scapoza et al., 2014a, 2016). MAGST è calcolata mediante una media mobile su 365 giorni delle temperature medie giornaliere, a loro volta computate sulla base di misure biorarie (12 misure giornaliere tra la 1.00 e le 23.00). I dati di temperatura sono misurati con mini-logger UTL-3 (Geotest AG), con un'accuratezza di  $\pm 0.1$  °C. Il valore di riferimento della velocità media annua è calcolato sulla base della media degli spostamenti, trasposta su un periodo di 365 giorni, di una serie di punti di misura che sono rappresentativi del movimento di insieme di un ghiacciaio roccioso (Tab. 1). La misura a terra è stata esegui-

ta con un sistema dGPS SR530 (Leica Geosystems). Le riprese aeree sono state realizzate con un drone ad ala fissa eBee (senseFly SA).

Nel caso di ghiacciai rocciosi composti da più lobi, che possono essere giustapposti (per es. Stabbio di Largario e Ganoni di Schenadüi) o addirittura sovrapposti (per es. Alpe Pièi), i punti di misura utilizzati per calcolare MAGST media e il valore di riferimento della velocità di spostamento sono attinenti al lobo principale, sia dal punto di vista morfologico, sia delle velocità. Per Stabbio di Largario e Alpe Pièi, da questo rapporto, i dati inerenti entrambi i lobi saranno presentati separatamente (non era il caso, soprattutto per il sito di Stabbio di Largario, per i rapporti precedenti).

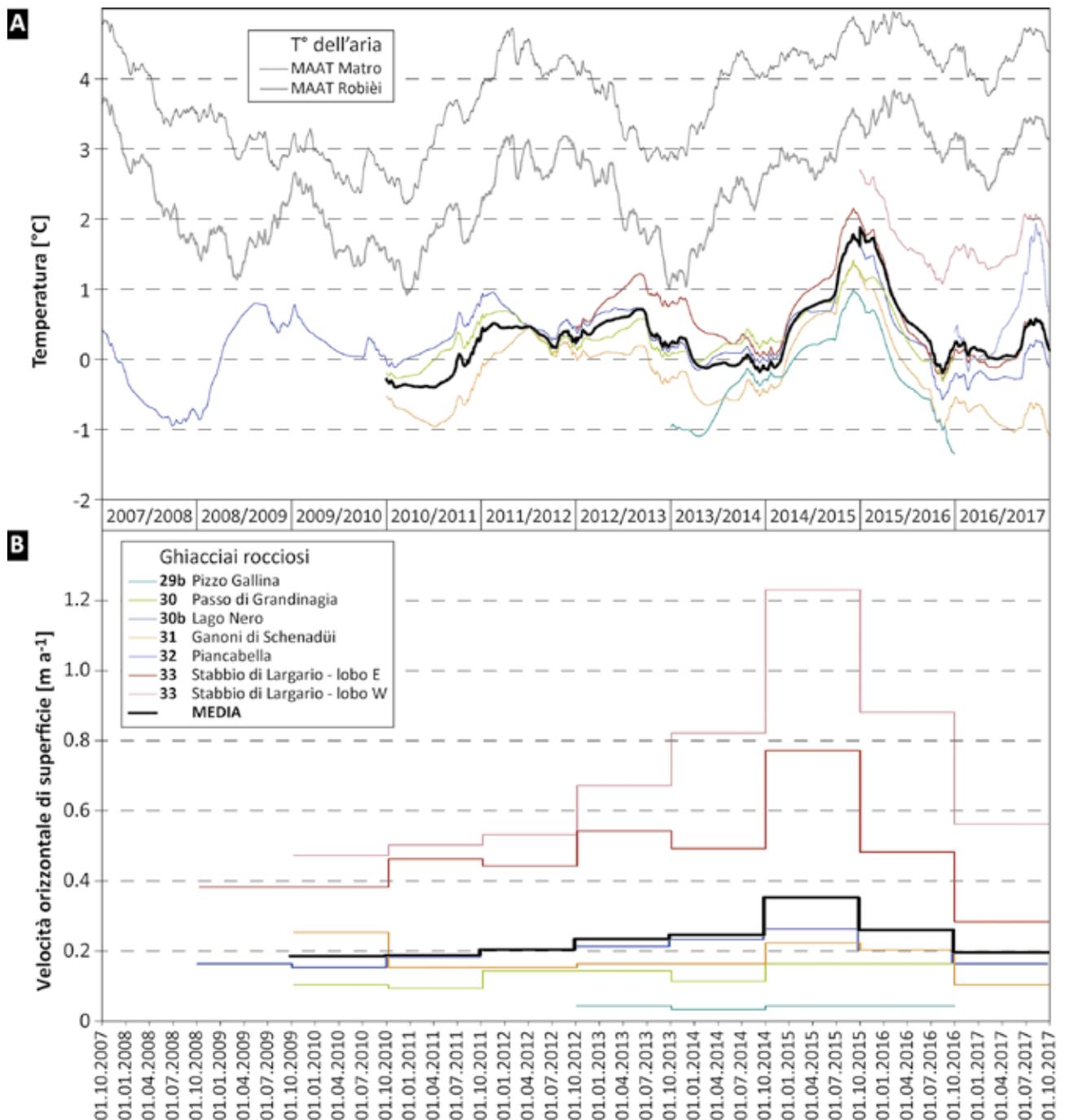


Figura 2: Evoluzione dei parametri monitorati dal 2007 al 2017. A) Temperatura media annua della superficie del suolo (MAGST – Mean Annual Ground Surface Temperature) dei ghiacciai rocciosi (dati: IST-SUPSI e PERMOS) e temperatura media annua dell'aria (MAAT – Mean Annual Air Temperature) per le stazioni del Matro (2'171 m slm) e di Robièi (1'896 m slm) (dati: MeteoSvizzera). B) Velocità orizzontale media di superficie dei ghiacciai rocciosi monitorati nelle Alpi Ticinesi (dati: IST-SUPSI e PERMOS).

Tabella 2: Evoluzione della temperatura media annua del suolo (MAGST) e della velocità media annua di riferimento della superficie dei ghiacciai rocciosi tra il 2015 e il 2017.

No.	Sito	MAGST [°C]					Velocità di riferimento [m·a <sup>-1</sup> ]			
		MAX	Data	MIN	Data	Diff.	2015	2016	2017	Δ 2015-2017
29	Pizzo Nero	No misure GSTM					0.07	0.07		(1)
29b	Pizzo Gallina	1.01	5.9.2015	-1.35	28.9.2016 <sup>(2)</sup>	-2.36	0.04	0.04	(3)	
30	Passo di Grandinaglia	1.39	5.9.2015	-0.31	14.8.2016	-1.70	0.16	0.16	(3)	
30b	Lago Nero <sup>(4)</sup>	1.94	8.8.2017	-0.18	21.11.2016	+2.12	No misure dGPS		–	
31	Ganoni di Schenadüi	1.42	5.9.2015	-1.10	30.9.2017	-2.52	0.22	0.20	0.10	-54.5%
32	Piancabella	1.77	5.9.2015	-0.57	14.8.2016	-2.34	0.26	0.20	0.16	-38.5%
33	Stabbio di Largario, lobo E	2.15	5.9.2015	-0.28	14.8.2016	-2.43	0.77	0.48	0.28	-63.6%
	Stabbio di Largario, lobo W	2.71	1.10.2015 <sup>(5)</sup>	1.07	13.8.2016	-1.64	1.23	0.88	0.56	-54.5%
33b	Alpe Pièi, lobo inferiore	No misure GSTM					0.04	0.04	0.04	(6)
	Alpe Pièi, lobo superiore	No misure GSTM					0.03	0.03	0.03	(6)

(1) Velocità media calcolata su spostamenti quadriennali tra il 2015 e il 2016.

(2) Ultimo valore di MAGST disponibile.

(3) Velocità media calcolata su spostamenti biennali tra il 2015 e il 2016.

(4) MAGST disponibile solo da 1.10.2016.

(5) MAGST disponibile solo da 1.10.2015.

(6) Velocità media calcolata su spostamenti quinquennali tra il 2012 e il 2017.

### Acquisizione di fotografie aeree con drone

L'acquisizione di fotografie aeree con drone sui ghiacciai rocciosi di Stabbio di Largario e di Piancabella nel 2014 e nel 2016 ha permesso di ottenere, sia fotografie aeree verticali che consentono di produrre fotografie ortorettificate (ortofoto o ortomosaici), sia modelli numerici di terreno (MNT). Entrambi i modelli fotogrammetrici sono stati correttamente georeferenziati impiegando punti di controllo materializzati artificialmente alla superficie del suolo (GCP – *Ground Control Points*; 13 per Stabbio di Largario, 11 per Piancabella), rilevati sul e attorno al ghiacciaio roccioso in occasione delle misure dGPS annuali. L'acquisizione di GCP misurati a terra è particolarmente importante poiché l'immagine aerea fa riferimento a un oggetto in movimento (Dall'Asta *et al.*, 2017). Per questa ragione, i voli con il drone sono stati eseguiti a un intervallo massimo di sette giorni rispetto alle misure dGPS al suolo (Tab. 3). Le ortofoto consentono di calcolare i valori di spostamento di un certo numero di blocchi per confronto multi-temporale, mentre i MNT permettono di calcolare gli spostamenti verticali (dovuti alla componente verticale del movimento orizzontale lungo un pendio e all'eventuale perdita di volume per fusione del ghiaccio) e rappresentare la morfologia come rilievo ombreggiato, particolarmente efficace per il confronto diretto delle variazioni avvenute alla superficie dei ghiacciai rocciosi (Fig. 3; vedi dettaglio delle immagini in Scapozza & Ambrosi, 2017).

La gestione autonoma del momento di acquisizione delle informazioni e la maggiore risoluzione geometrica consentite dal drone costituisce, da un lato, valore aggiunto per il monitoraggio e lo studio dei versanti, dall'altro, introduce eterogeneità nella rappresentazione della verità. Rispetto alle ortofoto SWISSIMAGE e al MNT swissALTI3D, forniti dall'Ufficio federale di topografia swisstopo e le cui risoluzioni al suolo sono rispettivamente di 25 e 200 cm, i prodotti foto-

Tabella 3: Confronto tra lo spostamento (dH) e la velocità (vH) orizzontale misurata a terra con il dGPS e derivata dal confronto tra le ortofoto da drone.

	Data acquisizione	dH [m]	vH [m·a <sup>-1</sup> ]
<b>Stabbio di Largario – lobo E</b>			
dGPS	25.09.2014/23.09.2016	1.24	0.62
drone	02.10.2014/20.09.2016	1.31	0.65
Δ dGPS/drone [%]	–	6	5
<b>Stabbio di Largario – lobo W</b>			
dGPS	25.09.2014/23.09.2016	2.10	1.05
drone	02.10.2014/20.09.2016	1.96	0.98
Δ dGPS/drone [%]	–	-7	-7
<b>Piancabella</b>			
dGPS	22.09.2014/26.09.2016	0.46	0.23
drone	22.09.2014/28.09.2016	0.55	0.27
Δ dGPS/drone [%]	–	20	17

grammetrici ottenuti presentano rispettivamente risoluzioni comprese fra 5.1 e 6.4 cm per le ortofoto e tra 20 e 100 cm per i MNT e i relativi modelli ombreggiati (Fig. 3).

## RISULTATI E INTERPRETAZIONE

### Evoluzione della temperatura della superficie del suolo

L'anno idrologico 2014/2015 estremamente caldo aveva portato a un innalzamento di MAGST molto pronunciato. In tutti i siti monitorati si erano registrati, a inizio settembre 2015, i valori più alti dall'inizio delle misurazioni (Scapozza *et al.*, 2016). Nell'anno seguente, si assiste a una significativa diminuzione delle temperature, che tra metà agosto e fine settembre 2016 hanno

raggiunto valori simili a quelli registrati nell'autunno del 2014 (Fig. 2A).

L'inverno 2015/2016 è stato estremamente mite, con temperature da primato, ed è risultato il secondo più caldo, dopo quello del 2006/2007, dall'inizio delle misurazioni nel 1864 (MeteoSvizzera, 2017). Nonostante questo fatto, la mancanza estrema di precipitazioni nevose a dicembre 2015 e, in generale, le scarse precipitazioni nevose lungo tutto l'inverno, hanno permesso al suolo di raffreddarsi in maniera significativa. Basti pensare che, a fine dicembre, le Alpi erano ancora libere da neve fino a circa 2'000 m slm e lo spessore dello strato nevoso a 2'500 m slm era di appena 20-30 cm (MeteoSvizzera, 2017). Di conseguenza, il raffreddamento di MAGST tra il 5 settembre 2015 (valore massimo di tutta la serie di misure per tutti i siti) e metà agosto/fine settembre 2016 è stato superiore a 1.6 °C, per raggiungere i 2.5 °C sul ghiacciaio roccioso dei Ganoni di Schenadüi (Tab. 2). In generale, il raffreddamento è

stato tanto più marcato quanto più il ghiacciaio roccioso è elevato in altitudine, segno che è proprio venuto a mancare l'effetto isolante del manto nevoso, normalmente più efficace per i siti situati più in altitudine dove le precipitazioni nevose sono più abbondanti.

Sebbene a Sud delle Alpi le condizioni estive siano giunte tardivamente solo a partire da luglio, esse si sono prolungate fino a fine settembre, che è stato il più caldo mai misurato dal 1864 (Gaia *et al.*, 2017). Questo spiega il leggero riscaldamento di MAGST tra fine settembre e inizio ottobre 2016. L'inverno 2016/2017, nuovamente asciutto, in particolare con innevamento molto scarso tra dicembre e febbraio (MeteoSvizzera, 2018), ha fatto sì che MAGST sia rimasta stabile senza riscaldamenti significativi fino a maggio-giugno 2017. L'effetto combinato della primavera ed estate calde (entrambe le terze più calde dal 1864; MeteoSvizzera, 2018) ha portato a un innalzamento di MAGST, con i valori massimi dell'anno idrologico 2016/2017 regi-

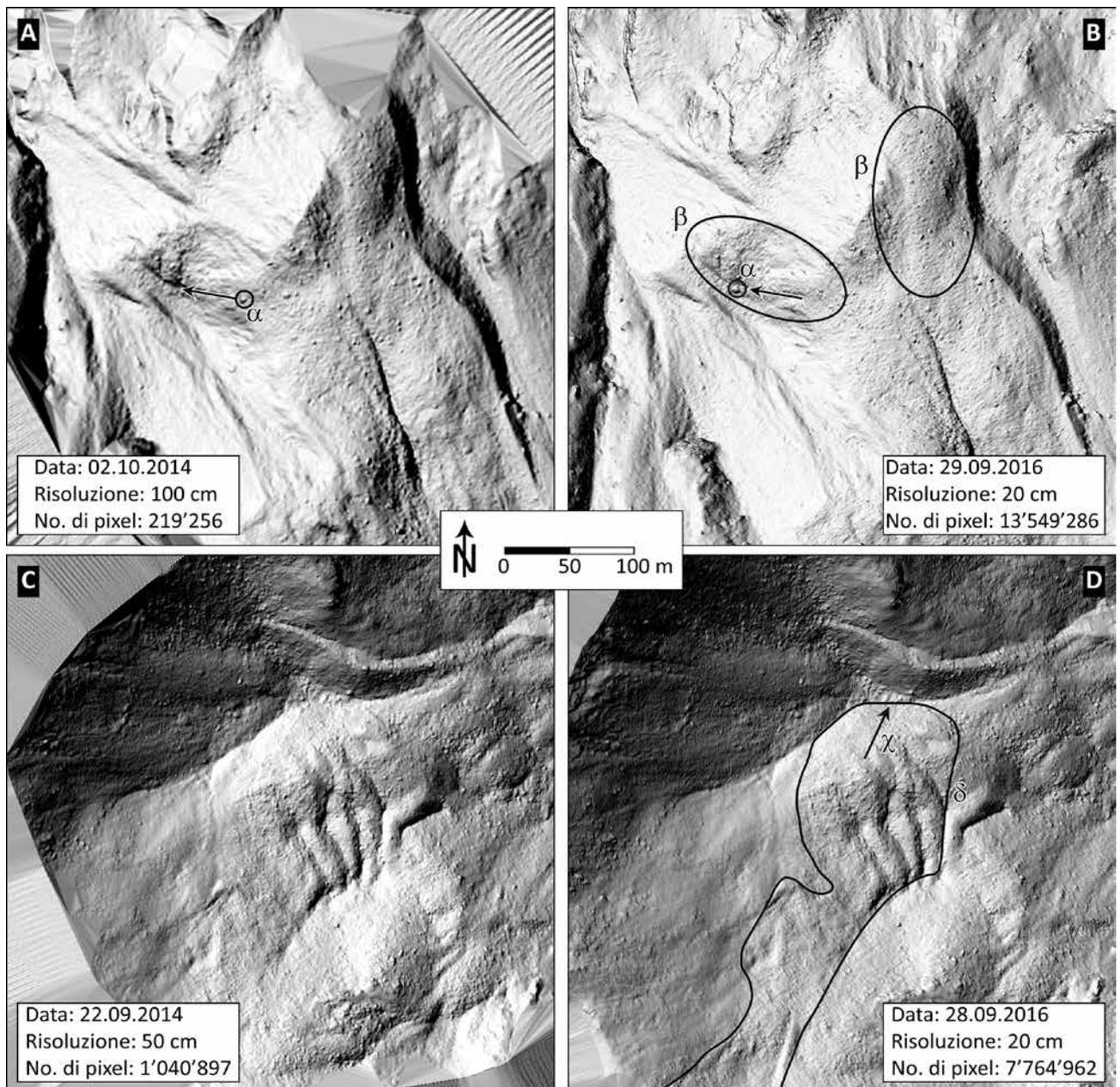


Figura 3: Rilievi ombreggiati ottenuti dai modelli numerici di terreno calcolati tramite fotogrammetria da drone. A) e B) Ghiacciaio roccioso di Stabbio di Largario. C) e D) Ghiacciaio roccioso di Piancabella. Vedi il testo per i dettagli.

strati ad agosto (Fig. 2A). Questo riscaldamento è stato particolarmente marcato sul ghiacciaio roccioso del Lago Nero, con MAGST che è aumentata di più di 2 °C tra fine novembre 2016 e agosto 2017 (Tab. 2), con ben +1.83 °C tra il 4 marzo e l'8 agosto 2017 (più di 0.01 °C al giorno in media).

### Evoluzione della cinematica dei ghiacciai rocciosi

Dopo le velocità orizzontali di superficie eccezionalmente alte del 2014/2015, che avevano terminato la fase di costante accelerazione dei movimenti in atto dal 2011 (Scapozza *et al.*, 2016), nel 2015/2016 e nel 2016/2017 si assiste a una rilevante diminuzione delle velocità, riscontrata per tutti i ghiacciai rocciosi misurati annualmente (Fig. 2B). Dal 2015 al 2017 questa diminuzione è stata compresa tra il 39% di Piancabella e il 64% del lobo E del ghiacciaio roccioso di Stabbio di Largario (Tab. 2); in media si è misurata una diminuzione delle velocità del 53%, corrispondente a un dimezzamento della media annua rispetto al 2015. Per i ghiacciai rocciosi di Stabbio di Largario (lobo E), Piancabella e Ganoni di Schenadüi, le velocità medie misurate nel 2017 sono le più basse di tutta la serie di misure iniziata nel 2009. Questa è una conseguenza diretta dello scarso innevamento durante gli inverni 2015/2016 e 2016/2017 che, da una parte, ha portato a una riduzione di MAGST (vedi capitolo precedente), dall'altra, ha limitato la quantità d'acqua di fusione nivale che riscalda il corpo del permafrost all'inizio dell'estate e che favorisce una crescita delle deformazioni quale conseguenza dell'aumento di plasticità del ghiaccio (Lambiel, 2011; Scapozza & Lambiel, 2013).

### Acquisizione di fotografie aeree con drone

Dalle immagini acquisite sui ghiacciai rocciosi di Stabbio di Largario e Piancabella è possibile trarre diverse informazioni generali o puntuali sulle deformazioni che avvengono alla loro superficie (vedi Scapozza & Ambrosi, 2017). Nel caso specifico di Stabbio di Largario, è possibile osservare il trasferimento verso valle di singoli blocchi, che in prossimità del fronte normalmente sono soggetti a processi di crollo (Fig. 3A-B, lett.  $\alpha$ ), e pertanto non sono direttamente utilizzabili come riferimento per la misura della velocità. Il movimento in massa di interi settori, soprattutto nelle zone che presentano gli spostamenti superficiali maggiori, è ben visibile dal confronto tra i rilievi ombreggiati del 2014 e del 2016 (Fig. 3A-B, lett.  $\beta$ ). Per il sito di Piancabella, la concentrazione del movimento lungo un singolo vettore di spostamento sta avendo l'effetto di accentuare la pendenza del fronte del ghiacciaio roccioso (Fig. 3C-D, lett.  $\chi$ ). Un attento confronto tra le immagini del 2014 e del 2016 permette inoltre di delimitare con precisione il settore che presenta dei movimenti significativi della superficie del ghiacciaio roccioso (Fig. 3C-D, lett.  $\delta$ ), analisi che si avvantaggia inoltre dell'impiego di tecniche automatiche di analisi dei MNT (Dall'Asta *et al.*, 2017).

## DISCUSSIONE E CONCLUSIONI

### Relazioni tra la temperatura e la cinematica dei ghiacciai rocciosi

Dopo dieci anni di misurazioni sistematiche, il legame tra l'evoluzione di MAGST e della cinematica dei ghiacciai rocciosi, già evidenziato qualitativamente da Scapozza *et al.* (2016), può essere ora espresso in maniera quantitativa anche per i ghiacciai rocciosi delle Alpi Ticinesi. I dati degli ultimi due anni idrologici non fanno che confermare tale relazione. Dopo l'anno idrologico 2014/2015 estremamente caldo, la marcata diminuzione delle velocità orizzontali dei ghiacciai rocciosi è la diretta conseguenza di un significativo raffreddamento di MAGST causato dagli inverni 2015/2016 e 2016/2017 contrassegnati da una mancanza estrema di precipitazioni nevose. Vale quindi la pena soffermarsi su tale relazione per definire quantitativamente la velocità di reptazione (*creep*) dei ghiacciai rocciosi in funzione della temperatura. La relazione teorica che descrive la velocità di reptazione ( $v$ ) in funzione della temperatura del permafrost ( $T$ ) è conosciuta da diversi anni e segue la funzione esponenziale seguente (Arenson, 2002; in Staub, 2015a: 25):

$$v = a \cdot e^{bT} \quad (1)$$

dove:  $a$  è un parametro variabile dipendente dalla geometria del ghiacciaio roccioso, della sua composizione interna e dalla pendenza del versante;  $b$  caratterizza le reattività del ghiacciaio roccioso ai cambiamenti di temperatura del permafrost  $T$  [K].

Sulla base di questa funzione, ma considerando la temperatura dell'aria invece di quella del permafrost (non misurata direttamente in nessun sito ticinese), nello scorso rapporto è stato possibile proporre una variante dell'eq. 1 che esprimesse, per il ghiacciaio roccioso di Stabbio di Largario, la relazione tra la velocità massima ( $v_{max}$ ) e la temperatura media annua dell'aria ( $MAAT$ ) dalla forma seguente (Scapozza *et al.*, 2016: 42):

$$v_{max} \approx a \cdot e^{(b \cdot MAAT)} \quad (2)$$

dove:  $a = 0.53$ ;  $b = 0.71$ ;  $v_{max}$  [ $m \cdot a^{-1}$ ];  $MAAT$  [ $^{\circ}C$ ].

I dati di movimento del ghiacciaio roccioso, poi convertiti in velocità medie, erano stati ottenuti grazie alla monofotogrammetria digitale tra il 1901 e il 2008 (Scapozza *et al.*, 2014b) e misurati con il dGPS tra il 2009 e il 2015. Grazie ai nuovi dati per gli anni idrologici 2015/2016 e 2016/2017, è possibile proporre la relazione tra la velocità orizzontale di superficie media ( $vH$ ) del ghiacciaio roccioso e la temperatura della superficie del suolo ( $MAGST$ ) seguente (Fig. 4A):

$$vH \approx a \cdot e^{(b \cdot MAGST)} \quad (3)$$

dove:  $a$  varia tra 0.17 e 0.27;  $b$  varia tra 0.38 e 0.95;  $vH$  [ $m \cdot a^{-1}$ ];  $MAGST$  [ $^{\circ}C$ ]. Una relazione analoga è stata ritrovata anche per il ghiacciaio roccioso della Gemmi, nelle Alpi Bernesi, con  $a = 1.25$  e  $b = 0.9$  (Staub, 2015b: 11).

Questa relazione esponenziale tra velocità e temperatura dei ghiacciai rocciosi è visibile sia considerando tutti i dati a disposizione sia quantificando distintamente le relazioni per i ghiacciai rocciosi di Stabbio di Largario e dei Ganoni di Schenadüi/Piancabella (Fig. 4A). Considerando tutti i valori, è interessante notare come, indipendentemente dal ghiacciaio roccioso, più MAGST è elevata, più la velocità orizzontale di superficie è anche elevata. In altre parole, indipendentemente dalla geometria del ghiacciaio roccioso e dalla pendenza del versante, più il ghiacciaio roccioso si trova a quote elevate, più MAGST è fredda, più la velocità di reptazione è lenta. Questo indica quindi che, a dominare la velocità media misurata, è la composizione interna del ghiacciaio roccioso; in particolare, lo stato termico e la quantità di ghiaccio del permafrost, almeno fino a quando le condizioni non varieranno in modo significativo determinando dei cambiamenti repentini della cinematica (collasso del ghiacciaio roccioso o cessazione del movimento di reptazione).

Siccome i dati per i ghiacciai rocciosi dei Ganoni di Schenadüi e di Piancabella sono coerenti, la relazione tra  $vH$  e  $MAGST$  è stata computata considerando entrambi i siti congiuntamente. I dati di Stabbio di Largario sono invece stati considerati separatamente (Fig. 4A). Sia per Ganoni di Schenadüi + Piancabella, sia per Stabbio di Largario, la relazione quantificata tra  $vH$  e  $MAGST$  è risultata significativa, mostrando come questi due parametri siano fortemente dipendenti ( $R > 0.7$ ): il coefficiente di determinazione ( $R^2$ ) ottenuto è infatti di 0.56, rispettivamente 0.85, corrispondente a un coefficiente di correlazione ( $R$ ) di 0.75, rispettivamente 0.92. È dunque ulteriormente rafforzata l'importanza della velocità media di superficie quale parametro fondamentale che riassume, integra ed esprime le variazioni di cinematica, reologia e stato termico di un ghiacciaio roccioso e permette quindi, indirettamente, di monitorarle (Kellerer-Pirklbauer *et al.*, 2017, 2018; PERMOS, 2018).

#### Apporto dei droni al monitoraggio del permafrost

L'utilizzo di immagini aeree scattate con il drone è stato introdotto per due ragioni. Da una parte, per ottenere informazioni distribuite a complemento e perfezionamento di quanto realizzabile tramite misurazioni dGPS terrestri e, di conseguenza, disporre di numerosi vettori di spostamento per definire campi di velocità (spazializzazione dell'informazione); sul ghiacciaio roccioso di Stabbio di Largario sono stati computati 364 vettori di spostamento, contro i 33 misurati annualmente con il dGPS (vedi Scapoza & Ambrosi, 2017: 23). D'altra parte, per testare questo metodo di acquisizione di dati di spostamento da immagini aeree e confrontarlo con le misure geodetiche terrestri (Eltner *et al.*, 2016). Un confronto tra le velocità orizzontali di superficie dei ghiacciai rocciosi di Stabbio di Largario e Piancabella derivate dalle immagini da drone e misurate a terra con il dGPS è quindi presentato per il periodo 2014-2016 (Fig. 4B). Per compiere un confronto significativo, i dati misurati con il dGPS sono stati accoppiati con il valore desunto dalle immagini aeree nello stesso settore; in altre parole, il confronto è basato sui valori

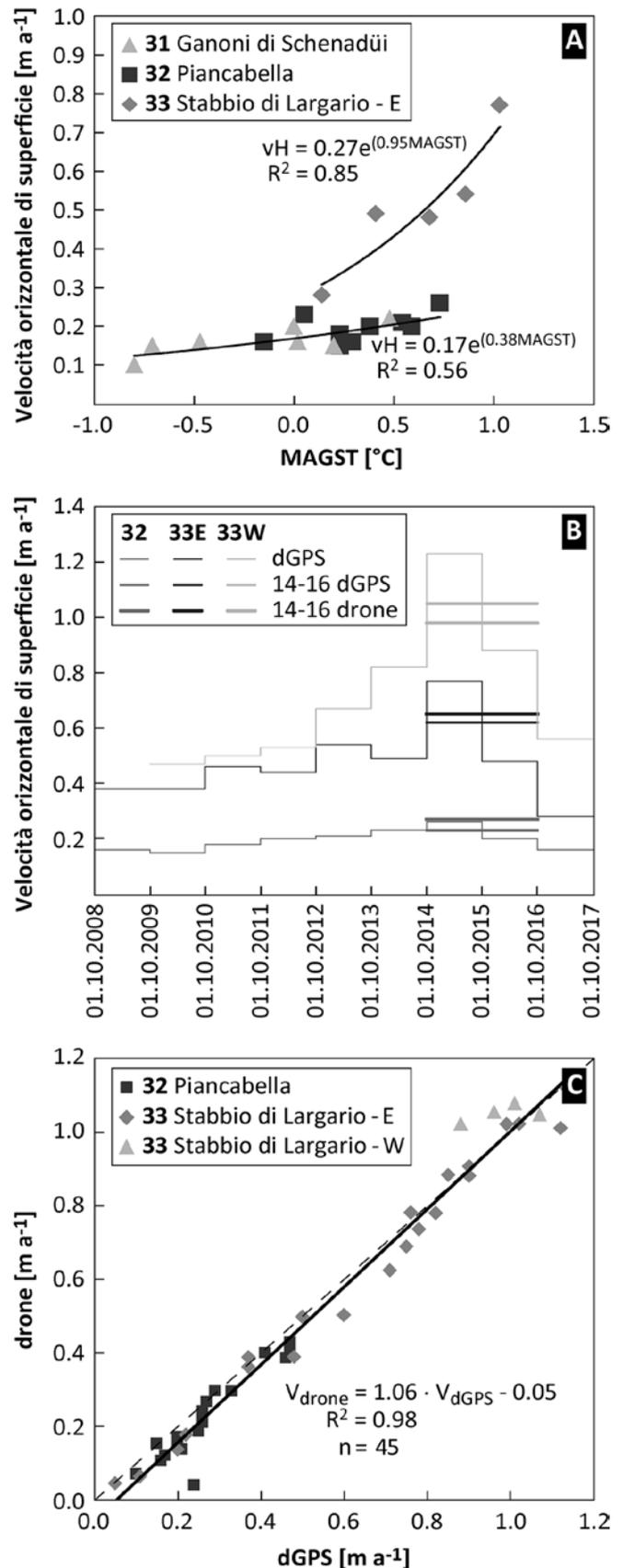


Figura 4: Evoluzione della cinematica dei ghiacciai rocciosi. A) Relazione tra la velocità orizzontale media di superficie e la media annua della temperatura della superficie del suolo (MAGST). B) Confronto tra la velocità orizzontale di superficie misurata a terra con il dGPS e derivata dal confronto tra le ortofoto acquisite con il drone. C) Grafico di dispersione (*scatter plot*) delle velocità misurate con il dGPS *versus* derivate dalle immagini del drone.

acquisiti dai due metodi nello stesso punto e per lo stesso numero di punti (considerando i punti che permettono di definire la velocità media annua di riferimento; vedi Tab. 1).

La differenza tra la velocità media 2014-2016 misurata con il dGPS o calcolata sulla base delle immagini da drone è compresa tra 0.03 e 0.07 m (Fig. 4B), quindi non si discosta di molto dall'accuratezza di 0.02-0.05 m delle misure con il dGPS (Scapozza *et al.*, 2014b). Le variazioni percentuali possono sembrare più ampie (tra 5 e 20% secondo i siti; vedi Tab. 3), ma i valori relativamente elevati per il ghiacciaio roccioso di Piancabella si spiegano dalle velocità di spostamento più basse che, di fatto, fanno sì che la differenza di velocità sia di soli 0.04 m/a.

Le differenze tra i due metodi non sono sistematiche, quindi non vi è una sovrastima o una sottostima delle velocità ricavate dall'analisi delle ortofoto. Il confronto tra i 45 singoli punti di misura usati per confrontare i due metodi mostra una differenza massima di 0.20 m per il ghiacciaio di Piancabella (Fig. 4C). Questo valore diminuisce a 0.15 m per il lobo W del ghiacciaio roccioso di Stabbio di Largario, rispettivamente 0.11 m per il lobo E. La differenza media su tutte le misure è di soli 0.02 m (media di 0.49 m·a<sup>-1</sup> per le misure dGPS, 0.51 m·a<sup>-1</sup> per il drone), mentre la radice dell'errore quadratico medio (RMSE – *Root Mean Square Error*) è di 0.06 m. Questo valore è nettamente inferiore a quanto ottenuto dal confronto di 48 misure di spostamento compiute tra il 2012 e il 2014 su un ghiacciaio roccioso della Valtournenche (Valle d'Aosta), che presentava un RMSE di 0.16 m (Dall'Asta *et al.*, 2017). Il coefficiente di determinazione ( $R^2$ ) tra le due variabili di 0.98, corrispondente a un coefficiente di correlazione ( $R$ ) di 0.99, permette di concludere che le misure ottenute con i due metodi sono perfettamente correlate. Il drone ad ala fissa si è quindi rivelato particolarmente efficace per il monitoraggio della cinematica dei ghiacciai rocciosi, situati spesso in situazioni di difficile accessibilità logistica e su versanti impervi. Tuttavia, la necessità di dover posizionare e misurare un certo numero di GCP destinati all'appoggio del blocco fotogrammetrico limita, almeno in parte, tale beneficio. Il recente sviluppo e miglioramento di mezzi ad ala fissa o ad ala rotante dotati di ricevitore RTK (*Real-time kinematics*) potrebbe aumentare in modo significativo l'accuratezza nella produzione di MNT, costituendo un elemento di rilevante interesse per il futuro del monitoraggio in ambienti remoti (Forlani *et al.*, 2018).

A livello di confronto tra la cinematica dei ghiacciai rocciosi e il clima, però, le sole velocità medie calcolate dalle fotografie aeree scattate con il drone nel 2014 e nel 2016 non permetterebbero di cogliere l'eccezionalità dell'anno idrologico 2014/2015. La media biennale presenta sì i valori di spostamento più alti di tutto il periodo di misure disponibili, ma non permette di osservare l'eccezionale incremento avvenuto tra il 2013/2014 e il 2014/2015 e la seguente rilevante diminuzione di velocità nel 2016 (Fig. 4A).

L'approccio multi-metodi (nell'esempio presentato qui tra drone e dGPS), è quindi necessario per l'acqui-

zione dei GCP, per la validazione incrociata dei dati, per la spazializzazione di dati puntuali nell'ottica di disporre di una migliore continuità spaziale delle misure, e per la composizione di serie temporali semi-continue per ottenere una migliore continuità temporale del monitoraggio. L'utilizzo di droni ad ala fissa rappresenta pertanto un ottimo complemento ai dati di terreno in grado soprattutto di migliorare la continuità spaziale (ma anche quella temporale, in caso di più voli ripetuti nel corso di un anno) dei dati di monitoraggio della cinematica dei ghiacciai rocciosi, nell'ottica di una sempre migliore comprensione della loro reazione ai cambiamenti climatici in atto nella criosfera alpina.

## RINGRAZIAMENTI

I primi dieci anni di monitoraggio sistematico del permafrost nelle Alpi Ticinesi hanno beneficiato di numerosi aiuti finanziari e logistici nell'acquisizione dei dati. Le prime ricerche sono state finanziate dalle Università di Losanna (2007-2013) e di Friburgo (2009-2013), mentre il monitoraggio è proseguito grazie al contributo della rete svizzera di monitoraggio del permafrost PERMOS, del Museo cantonale di storia naturale di Lugano e della Fondazione Avv. Dott. Angelo Berla, console generale, e Teresita Berla nata Veglio. L'acquisizione e l'analisi delle immagini acquisite con il drone è stata finanziata in parte nell'ambito del progetto Arge Alp EVADAR "Emergenze gestite con Velivoli a pilotaggio remoto in Aree di Difficile Accesso e a Rischio" ed è stata svolta in collaborazione con lo Studio di geomatica Lehmann-Visconti (Daniele Righetti, Rodolfo Visconti). Un ringraziamento particolare a Umberto Morra di Cella per la rilettura critica del manoscritto e alle Officine Idroelettriche della Maggia SA (Ofima) per il supporto logistico alle misurazioni compiute sul ghiacciaio roccioso del Passo di Grandinaglia. In dieci anni, l'acquisizione e il trattamento dei dati ha beneficiato del supporto di numerose persone: Stefano Mari (principale contributore nel periodo 2009-2013), Christian Ambrosi, Simona Bronzini, Andreas Bruder, Martin Brunati, Claudio Castelletti, Matteo Clerici, Dorota Czerski, Nicola Deluigi, Mattia Domenici, Simona Fratianni, Elisa Giaccone, Marcus Hoffmann, Vittorio Lepori, Ruggero Mari, Silvia Passardi, Maurizio Pozzoni, Giulia Ramelli-Grassi, Stefano Rioggi, Eliano Scapozza, Georgia Scapozza-Fontana, Filippo Schenker, Giorgio Valenti e Loris Vallenari.

## BIBLIOGRAFIA

- Arenson L. 2002. Unstable alpine permafrost: a potentially important natural hazard - Variations of geotechnical behaviour with time and temperature. PhD Thesis, ETH Zürich, Diss. ETH No. 14801, 271 pp. [<https://doi.org/10.3929/ethz-a-004442393>].
- Bruder A., Lepori F., Pozzoni M., Pera S., Rioggi S., Scapozza C., Domenici M. & Colombo L. 2016. Lago Nero – a new site to assess the effects of environmental change on high-alpine lakes and their catchments. ICP-IM 25<sup>th</sup> Annual Report 2016. Reports of the Finnish Environment Institute, 29: 52-56. [<http://repository.supsi.ch/7706>].
- Dall'Asta E., Forlani G., Roncella R., Santise M., Diotri F. & Morra di Cella U. 2017. Unmanned aerial systems and DSM matching for rock glacier monitoring. ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, 127: 102-114. [<http://dx.doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2016.10.003>].
- Eltner A., Kaiser A., Castillo C., Rock G., Neugirg F. & Abellán A. 2016. Image-based surface reconstruction in geomorphometry – merits, limits and developments. Earth Surface Dynamics, 4: 359-386. DOI: 10.5194/esurf-4-359-2016.
- Forlani G., Dall'Asta E., Diotri F., Morra di Cella U., Roncella R. & Santise M. 2018. Quality Assessment of DSMs Produced from UAV Flights Georeferenced with On-Board RTK Positioning. Remote Sensing, 10: 311. DOI: 10.3390/rs10020311.
- Gaia M., Spinedi F. & Altoni E. 2017. Bilancio meteorologico dell'anno 2016. Bollettino della Società ticinese di Scienze naturali, 105: 89-91.
- Kellerer-Pirklbauer A., Bodin X., Delaloye R., Fischer A., Gärtner-Roer I., Hartl L., Kaufmann V., Krainer K., Lambiel C., Mair V., Marcer M., Morra di Cella U., Scapozza C., Schoeneich P. & Staub B. 2017. Interannual variability of rock glacier surface velocities and its relationship to climatic conditions on a decadal scale: Some insights from the European Alps. Geophysical Research Abstract, 19: EGU2017-13912.
- Kellerer-Pirklbauer A., Delaloye R., Lambiel C., Gärtner-Roer I., Kaufmann V., Scapozza C., Krainer K., Staub B., Thibert E., Bodin X., Fischer A., Hartl L., Morra di Cella U., Mair V., Marcer M. & Schoeneich P. 2018. Interannual variability of rock glacier velocities in the European Alps. Proceedings of the 5<sup>th</sup> European Conference on Permafrost, 23 June-1<sup>st</sup> July 2018, Chamonix/Mont-Blanc, France, in press.
- Lambiel C. 2011. Le glacier rocheux déstabilisé de Tsaté-Moiry (VS): caractéristiques morphologiques et vitesses de déplacement. In: Lambiel C., Reynard E. & Scapozza C. (éds), La géomorphologie alpine : entre patrimoine et contrainte. Actes du colloque de la Société Suisse de Géomorphologie, Olivone, Suisse, 3-5.9.2009. Université de Lausanne, Institut de Géographie, Géovisions, 36, pp. 211-224. [[https://serval.unil.ch/resource/serval:BIB\\_B1C7B78A8BD2.P001/REF](https://serval.unil.ch/resource/serval:BIB_B1C7B78A8BD2.P001/REF)].
- Mari S., Scapozza C., Delaloye R. & Lambiel C. 2012. Il permafrost nelle Alpi Ticinesi (2006-2011). Rapporto No. 1 del Gruppo Permafrost Ticino. Bollettino della Società ticinese di Scienze naturali, 100: 135-139. [<http://repository.supsi.ch/2147>].
- MeteoSvizzera 2017. Rapporto sul clima 2016. Zurigo, Ufficio federale di meteorologia e climatologia MeteoSvizzera, 80 pp.
- MeteoSvizzera 2018. Bollettino del clima dell'anno 2017. Locarno-Monti, Ufficio federale di meteorologia e climatologia MeteoSvizzera, 12 pp.
- PERMOS 2013. Permafrost in Switzerland 2008/2009 and 2009/2010. Noetzi J. (ed.), Glaciological Report (Permafrost) No. 10/11 of the Cryospheric Commission of the Swiss Academy of Sciences, 80 pp.
- PERMOS 2016. Permafrost in Switzerland 2010/2011 to 2013/2014. Noetzi J., Luethi R. & Staub B. (eds.), Glaciological Report (Permafrost) No. 12/15 of the Cryospheric Commission of the Swiss Academy of Sciences, 85 pp.
- PERMOS 2018. Permafrost in Switzerland 2014/2015 to 2015/2016. Noetzi J., Pellet C. & Staub B. (eds.), Glaciological Report (Permafrost) No. 16/17 of the Cryospheric Commission of the Swiss Academy of Sciences, in press.
- Pozzoni M., Bruder A., Bulgheroni M., Pera S., Scapozza C., Rioggi S., Domenici M. & Colombo L. 2018. Lago Nero: monitoraggio della risposta di un ecosistema all'inquinamento atmosferico. Bollettino della Società ticinese di Scienze naturali, 106: 23-33.
- Scapozza C. & Lambiel C. 2013. Structure interne et répartition du pergélisol dans l'éboulis «à galets» de Tsaté-Moiry (VS). In: Graf C. (red.), Mattertal – ein Tal in Bewegung. Publikation zur Jahrestagung der Schweizerischen Geomorphologischen Gesellschaft, 29.6-1.8.2011, St. Niklaus, Schweiz. Birnensdorf, Eidg. Forschungsanstalt WSL, pp. 33-45. [<http://repository.supsi.ch/3156>].
- Scapozza C. & Ambrosi C. 2017. Monitoraggio sistematico del permafrost con il drone ad ala fissa (Cantone Ticino, Svizzera). Droni nel settore pubblico fra presente e futuro, 11.12.2017, Milano, Italia. [<http://www.regione.lombardia.it/wps/portal/istituzionale/HP/DettaglioRedazionale/servizi-e-informazioni/Enti-e-Operatori/protezione-civile/progetti-europei-protezione-civile/convegno-droni-evadar/convegno-droni-evadar>].
- Scapozza C., Scapozza V. & Fontana G. 2008. Morfologia periglaciale delle Alpi Ticinesi orientali. GEA – Paesaggi, territori, geografie, 24: 14-22. [<http://repository.supsi.ch/9230>].
- Scapozza C., Mari S., Antognini M., Lepori V. & Ambrosi C. 2014a. Il permafrost nelle Alpi Ticinesi (2011/2012 e 2012/2013). Rapporto No. 2 del Gruppo Permafrost Ticino. Bollettino della Società ticinese di Scienze naturali, 102: 59-69. [<http://repository.supsi.ch/5420>].
- Scapozza C., Lambiel C., Bozzini C., Mari S. & Conedera M. 2014b. Assessing the rock glacier kinematics on three different time scales: a case study from the Southern Swiss Alps. Earth Surface Processes and Landforms, 39: 2056-2069. DOI: 10.1002/esp.3599.
- Scapozza C., Giaccone E., Mari S., Antognini M., Fratianni S. & Ambrosi C. 2016. Il permafrost nelle Alpi Ticinesi (2013/2014 e 2014/2015). Rapporto No. 3 del Gruppo Permafrost Ticino. Bollettino della Società ticinese di Scienze naturali, 104: 37-44. [<http://repository.supsi.ch/7891>].
- Scapozza C., Colombo L., Domenici M., Lepori F., Pera S., Pozzoni M., Rioggi S. & Bruder A. 2017. Lago Nero – an example of mountain lake monitoring in a changing Alpine cryosphere. ICP-IM 26<sup>th</sup> Annual Report 2017. Reports of the Finnish Environment Institute, 24: 43-49. [<http://repository.supsi.ch/8618>].

- Scapozza C., Bruder A., Lepori F., Pozzoni M., Pera S., Rioggi S., Domenici M. & Colombo L. 2018. Alpine cryosphere monitoring for mountain lake studies: the example of Lago Nero (Ticino Alps). *Geographica Helvetica*, in press.
- Staub B. 2015a. The evolution of mountain permafrost in the context of climate change: towards a comprehensive analysis of permafrost monitoring data from the Swiss Alps. PhD Thesis, Department of Geosciences, University of Fribourg, 207 pp. [oai:doc.rero.ch:20160725084614-JV].
- Staub B. 2015b. Key messages from observational mountain permafrost research. The Evolution of Mountain Permafrost in Switzerland (TEMPS), Final Symposium, 4-5.2.2015, Sion, Switzerland. [[http://www.temps-symposium.ch/files/talks/Staub\\_Key\\_messages\\_observational\\_mountain\\_permafrost\\_research.pdf](http://www.temps-symposium.ch/files/talks/Staub_Key_messages_observational_mountain_permafrost_research.pdf)].
- Wirz V., Beutel J., Delaloye R., Gsell T., Gruber S., Gärtner-Roer I., Hasler A., Kenner R., Limpach P., Müller J., Phillips M., Raetzo H., Scapozza C., Vieli A. & Weber S. 2016. Short-term variability of rock glacier surface velocities in the Swiss Alps revealed by continuous GPS. In: Günther F. & Morgenstern A. (eds.), XI. International Conference On Permafrost – Book of Abstracts, 20-24.6.2016, Potsdam, Germany. Potsdam, Bibliothek Wissenschaftspark Albert Einstein, pp. 1064-1065. DOI: 10.2312/GFZ.LIS.2016.001.

# Lago Nero: monitoraggio della risposta di un ecosistema all'inquinamento atmosferico e ai cambiamenti ambientali

Maurizio Pozzoni<sup>1,3</sup>, Andreas Bruder<sup>2,3</sup>, Monica Bulgheroni<sup>1,3</sup>, Sebastian Pera<sup>1,3</sup>, Cristian Scapozza<sup>1,3</sup>, Stefano Rioggi<sup>1,3</sup>, Mattia Domenici<sup>1,3</sup> e Luca Colombo<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Istituto scienze della Terra (IST)

<sup>2</sup> Laboratorio microbiologia applicata (LMA)

<sup>3</sup> Dipartimento ambiente costruzioni e design (DACD)

Scuola universitaria professionale della Svizzera italiana (SUPSI), Campus Trevano, CH-6952 Canobbio

*maurizio.pozzoni@supsi.ch*

---

**Riassunto:** La deposizione di inquinanti atmosferici sugli ecosistemi è un problema ambientale rilevante, soprattutto nel versante meridionale delle Alpi svizzere, che ricevono apporti considerevoli di sostanze inquinanti dalla Pianura Padana, in Italia. I bacini di alta montagna sono particolarmente sensibili agli inquinanti atmosferici, ma anche ad altri cambiamenti ambientali, tra cui i cambiamenti climatici, principalmente a causa della loro limitata capacità tampone chimica e fisica e delle loro comunità biologiche sensibili. I differenti e complessi effetti degli inquinanti atmosferici e dei cambiamenti ambientali necessitano di un monitoraggio multidisciplinare degli ecosistemi sensibili. Queste problematiche ambientali sono affrontate dal *International Cooperative Programme on Integrated Monitoring of Air Pollution Effects on Ecosystems* (ICP IM). È stato selezionato il bacino del Lago Nero (Val Bavona, Cantone Ticino) come sito ideale per rispondere a queste domande e avviato un programma di monitoraggio interdisciplinare nel 2014. Qui si presentano una panoramica e i risultati dei parametri monitorati durante i primi tre anni idrologici, per poi concentrarsi sui bilanci di azoto e zolfo. I dati raccolti suggeriscono che, in confronto ad altri siti monitorati con la stessa metodologia, l'uscita dell'azoto che si deposita nel bacino è relativamente alta, probabilmente per la debole assimilazione a causa della bassa biomassa dei produttori primari. Inoltre lo zolfo, depositato principalmente nel passato, sta venendo rilasciato in misura maggiore dal bacino, mostrando segnali di depositi passati molto rilevanti. Le conseguenze di questi bilanci sui processi e comunità biologiche saranno approfondite nel futuro del programma di monitoraggio.

**Parole chiave:** deposizioni atmosferiche, cambiamenti ambientali, monitoraggio ambientale, bilancio di massa, azoto, zolfo, Alpi svizzere

## **Lago Nero: Monitoring of integrated ecosystem responses to air pollutants and environmental changes**

**Abstract:** The deposition of atmospheric pollutants on ecosystems is a key environmental issue, especially in the southern slopes of the Swiss Alps, which receive substantial inputs of pollutants from the Po valley, Italy. High-alpine catchments are particularly sensitive to atmospheric pollutants but also to other current environmental issues including climate change, mainly because of their often low chemical and physical buffer capacity and their sensitive biological communities. The various and complex effects of atmospheric pollutants and environmental change in general warrants an integrative monitoring of sensitive ecosystems. These environmental issues are being addressed by the *International Cooperative Programme on Integrated Monitoring of Air Pollution Effects on Ecosystems* (ICP IM). The catchment of Lago Nero (Val Bavona, Cantone Ticino) was selected as an ideal site to address these questions and an interdisciplinary monitoring program was thus initiated in 2014. Here, we present an overview and results of parameters monitored during the first three hydrological years, focusing on budgets of nitrogen and sulphur. The collected data suggests that, compared to a wide range of study sites monitored with the same methods, export of deposited nitrogen from the catchment is relatively high, probably due to low assimilation due to low biomass of primary producers. Also exports of sulphur, deposited mainly in the past, are relatively high, indicative of still substantial deposits in the catchment. The consequences of these budgets on processes and biological communities should be assessed in the future of our monitoring programme.

**Key words:** atmospheric deposition, environmental change, environmental monitoring, mass balance, nitrogen, sulphur, Swiss Alps

## INTRODUZIONE

### Presentazione generale del progetto

I bacini imbriferi dei laghi sono spesso influenzati dagli inquinanti atmosferici, come i composti dell'azoto e dello zolfo, anche quando collocati in luoghi distanti dalle sorgenti di questi inquinanti (Lepori & Keck, 2012). I bacini alpini sono particolarmente sensibili a queste pressioni e, pertanto, possono servire come utili indicatori o sentinelle (Psenner, 2003; Williamson *et al.*, 2009). Di conseguenza, durante gli ultimi decenni, alcuni bacini montani ed alpini in Europa e in America settentrionale sono stati utilizzati per monitorare sul lungo periodo gli effetti dell'inquinamento atmosferico (Rogora *et al.*, 2014; Ormerod & Durance, 2018).

Le Alpi svizzere, e in particolare il versante meridionale delle Alpi Lepontine (Cantone Ticino), offrono condizioni uniche per valutare gli effetti dell'inquinamento atmosferico sugli ecosistemi sensibili. In Cantone Ticino, la deposizione atmosferica d'inquinanti e i suoi effetti sulla chimica dei laghi di montagna sono stati ampiamente monitorati dagli anni '80 (Steingruber & Colombo, 2006; Colombo & Steingruber, 2010). In seguito, dal 2000, venti laghi di montagna del Cantone Ticino sono stati inclusi nella rete di monitoraggio dell'*International Cooperative Programme on Assessment and Monitoring of the Effects of Air Pollution on Rivers and Lakes* (ICP Waters) della Convenzione UNECE sull'inquinamento atmosferico transfrontaliero di lungo raggio (CLRTAP).

Accanto a questo programma, l'Ufficio Federale dell'Ambiente ha finanziato nel 2014 uno studio pilota per valutare l'idoneità del bacino imbrifero di uno dei laghi studiati nel programma di monitoraggio ICP Waters (Lago Nero) a diventare oggetto di un monitoraggio multidisciplinare più intensivo (Bruder, 2015; Bruder *et al.*, 2016). Lo studio pilota è andato a buon fine e il bacino imbrifero del Lago Nero è entrato a far parte della rete di monitoraggio dell'*International Cooperative Programme on Integrated Monitoring of Air Pollution Effects on Ecosystems* (ICP IM), anch'essa parte del CLRTAP (Bruder *et al.*, 2016). Gli obiettivi principali di questo programma sono (Kleemola & Forsius, 2017):

- studiare lo stato biologico, chimico e fisico di bacini imbriferi sul lungo periodo e fornire una spiegazione dei cambiamenti legati a fattori ambientali, quali inquinamento atmosferico e cambiamenti climatici;
- sviluppare e validare modelli predittivi per riuscire a fornire le basi per valutazioni regionali.

Si tratta dell'unico bacino imbrifero svizzero incluso in questa rete europea che, attualmente, consta di 45 siti in 16 nazioni (Fig. 1).

### Sito di studio

Il bacino imbrifero del Lago Nero è stato selezionato principalmente per i motivi seguenti:

- impatti antropici molto ridotti all'interno del bacino e nelle vicinanze;
- inclusione all'interno del programma di monitoraggio ICP Waters con dati disponibili a partire dal 2000 sulla chimica delle acque del lago (Steingruber & Colombo, 2006);



Figura 1: Localizzazione di tutti i siti della rete di monitoraggio ICP IM. In nero quelli con dati aggiornati a oggi, in grigio quelli con dati più vecchi (Kleemola & Forsius, 2017).

- corso d'acqua a carattere permanente nel punto di chiusura del bacino;
- presenza di una stazione di monitoraggio climatico e di una delle deposizioni in un punto molto vicino al bacino imbrifero (Fig. 2; Meteosvizzera, 2016a).

Il bacino del Lago Nero si trova in alta Val Bavona (Cantone Ticino), presenta un'esposizione a sud-ovest, con un'altezza che va dai 2'385 m slm. ai 2'842 m slm. del Pizzo del Ghiacciaio di Sasso Nero, e una superficie di circa 0.77 km<sup>2</sup>. Il bacino è costituito in prevalenza da rocce gneissiche, alternate a lenti di metacarbonato ed anfibolite, con macchie di vegetazione erbosa e suoli poco profondi, che sono coperti dalla neve approssimativamente da novembre a giugno. Per un periodo simile, il lago è coperto di ghiaccio. La pendenza media del bacino è estremamente elevata (84%). Il Lago Nero è oligotrofo, ha una superficie di 0.13 km<sup>2</sup> (17% dell'area totale) e una profondità massima di circa 73 m. Nella porzione più elevata del bacino sono presenti alcuni piccoli glacionevati semi-permanenti e un ghiacciaio roccioso intatto (Scapozza *et al.*, 2017).

## MATERIALI E METODI

### Il programma di monitoraggio

Il programma dello studio si compone di numerose tipologie di monitoraggio (chiamate sotto-programmi), con frequenze e modalità differenti, che cercano di coprire tutte le componenti del ciclo dell'acqua e delle sostanze inquinanti trasportate, in modo da tentare di comprendere la risposta dell'ecosistema acquatico e terrestre a queste sollecitazioni. Alcuni parametri sono obbligatori, altri opzionali, altri ancora non sono richiesti dagli standard di monitoraggio dell'ICP IM (Finnish Environment Institute, 1998) ma sono stati

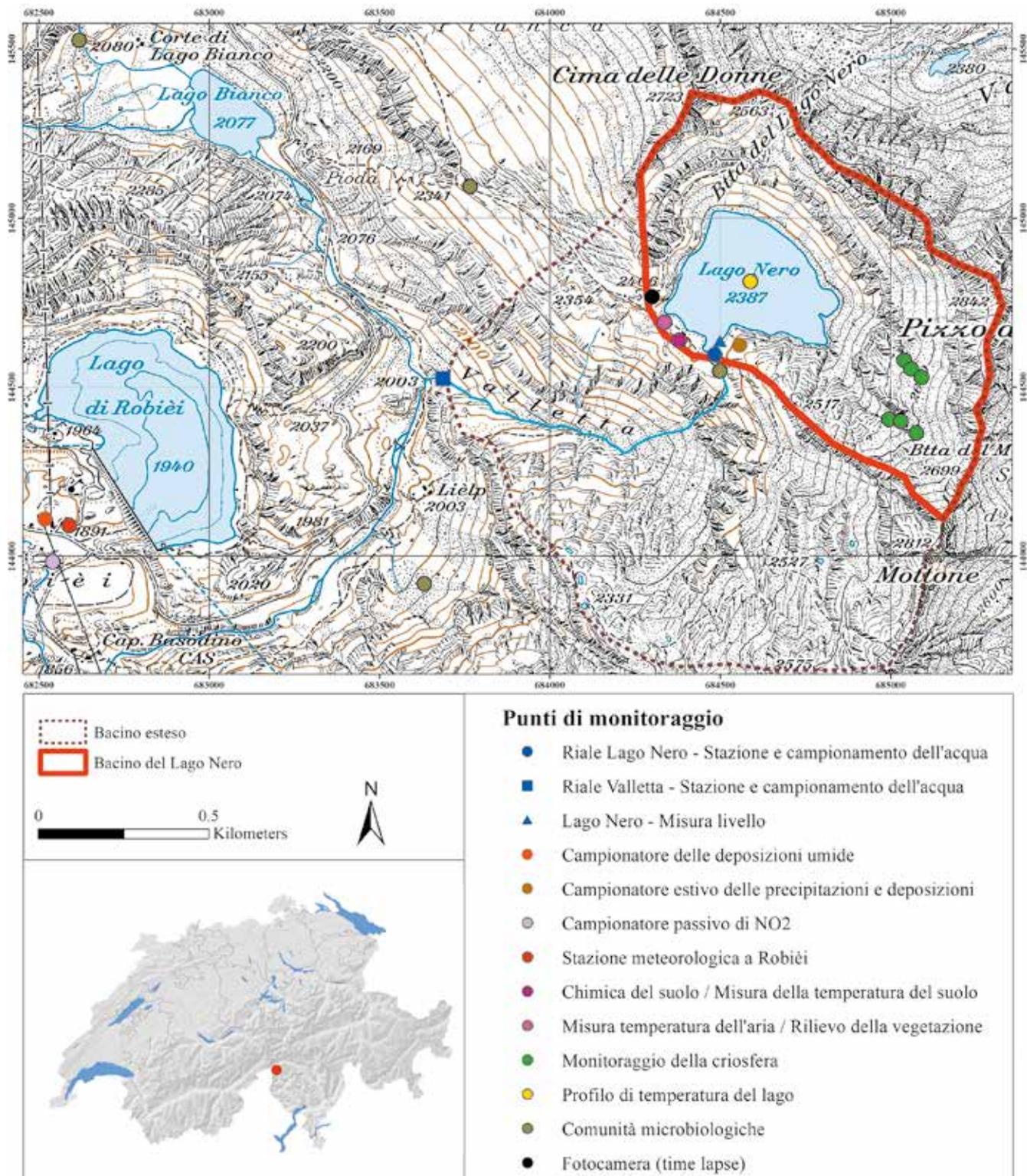


Figura 2: Il bacino imbrifero del Lago Nero e quello esteso, con i punti di monitoraggio attivi attualmente nella zona.

implementati per comprendere meglio le caratteristiche del particolare ecosistema di alta montagna che si è scelto di monitorare (Tab. 1).

Poiché si tratta di un bacino situato sopra al limite del bosco, tutti i parametri legati all'ecosistema forestale, richiesti dall'ICP IM, non sono rilevanti. Inoltre, la ridotta accessibilità dell'area, se da un lato è un vantaggio per l'assenza di impatti antropici di rilievo, dall'altro limita la possibilità di raccolta di alcuni parametri al solo periodo libero dalla neve, che negli ultimi anni è stato da giugno a ottobre/novembre.

Le stazioni di misura non sono sempre ubicate all'in-

terno del bacino imbrifero oggetto dello studio (Fig. 2): per alcuni parametri si sfruttano i seguenti strumenti già esistenti a Robièi (Meteosvizzera, 2012):

- stazione automatica SwissMetNet di Meteosvizzera (Meteosvizzera, 2016), con dati a partire dal 1991;
- campionatore passivo di diossido di azoto (NO<sub>2</sub>), con dati a partire dal 2014, gestito dall'Ufficio dell'aria, del clima e delle energie rinnovabili (UACER) del Cantone Ticino;
- campionatore settimanale delle deposizioni umide con dati a partire dal 1996, gestito da UACER (Steingruber, 2015).

Tabella 1: Nome e frequenza dei sotto-programmi di monitoraggio attualmente operativi nel bacino del Lago Nero e a Robièi. Per la localizzazione, si veda la Fig. 2.

<b>Sotto-programmi obbligatori</b>	<b>Frequenza di campionamento</b>	<b>Sorgente dei dati</b>
Meteorologia	Continua	MeteoSvizzera
Chimica dell'aria	Mensile	Cantone Ticino
Chimica delle precipitazioni	Settimanale	Cantone Ticino
Proprietà chimico-fisiche delle acque superficiali (Riale Lago Nero)	Continua/Mensile	SUPSI
Chimica del suolo	Quinquennale	SUPSI
Chimica delle acque del suolo	Mensile (durante il periodo senza neve)	SUPSI
Rilievo della vegetazione	Quinquennale	SUPSI
<b>Sotto-programmi opzionali</b>		
Proprietà fisico-chimiche del lago	3 volte all'anno (durante il periodo senza ghiaccio)	Cantone Ticino
Comunità di invertebrati nel Riale Lago Nero	Triennale	SUPSI
<b>Altri sotto-programmi</b>		
Criosfera (ghiaccio e permafrost)	Continua / Campionamenti estivi	SUPSI
Comunità microbiologiche	Triennale	SUPSI
Altezza e profilo di temperatura del lago	Continua	SUPSI
Fotocamera time lapse	Continua	SUPSI
Proprietà fisico-chimiche del Bacino esteso	Continua/3 volte all'anno (durante il periodo senza neve)	SUPSI

Tabella 2: Riepilogo dei parametri monitorati nel Riale Lago Nero, con frequenza e periodo di disponibilità dei dati.

<b>Parametro</b>	<b>Frequenza di campionamento</b>	<b>Disponibilità dati</b>
Portata	10 min	2014-2017
Temperatura dell'acqua	10 min	2014-2017
Conducibilità elettrica	10 min / mensile	2014-2017
pH	Mensile	2014-2017
Fosfati and fosforo totale	Mensile	2014-2017
Alcalinità	Mensile	2014-2017
Nitrati, Nitriti, Ammonio, Azoto totale	Mensile	2014-2017
Solfati	Mensile	2014-2017
Altri cationi e anioni maggiori	Mensile	2016-2017

Tabella 3: Riepilogo dei principali dati climatici misurati a Robièi (dati Meteosvizzera).

<b>Valori annuali a Robièi</b>	<b>Norma 1981-2010</b>	<b>2014-2015</b>	<b>Anno idrologico 2015-2016</b>	<b>2016-2017</b>
Precipitazioni [mm]	2'420	3'082	2'031	2'313
Differenza dalla norma [%]		127%	84%	96%
Temperatura aria a 2 m [°C]	3.1	4.6	4.5	4.4
Differenza dalla norma [°C]		1.5	1.4	1.3
Velocità del vento [m/s]	1.7	2.2	2.0	2.1
Differenza dalla norma [%]		130%	120%	123%
Ore di sole [h]	1'478	1'477	1'500	1'584
Differenza dalla norma [%]		100%	102%	107%
Giorni con neve al suolo	-	202	141	194
Periodo		5.11.2014/26.5.2015	4.1.2016/24.5.2016	7.11.2016/2.5.2017

Questi punti di misura si trovano a una quota di circa 500 metri inferiore rispetto a quella del bacino del Lago Nero. Per verificare l'estendibilità di alcuni dei parametri misurati a Robièi (Bruder *et al.*, 2016), sono stati installati sensori, nelle vicinanze del Lago Nero, per misurare la temperatura dell'aria e del suolo a differenti profondità e un campionatore delle precipitazioni nel periodo estivo (Fig. 2). I sensori di temperatura hanno fornito buone corrispondenze rispetto ai dati di Robièi e consentiranno di stimare un gradiente altimetrico di temperatura specifico per la zona in esame.

L'unico deflusso conosciuto nel bacino del Lago Nero è il Riale Lago Nero. La stazione di monitoraggio e campionamento è di fondamentale importanza per la valutazione dei carichi di inquinanti in uscita ed è stata installata 10 m a valle del lago: è dotata di due sonde automatiche che registrano in continuo temperatura, conducibilità elettrica e pressione dalla fine dell'estate 2014 in avanti. Nel medesimo punto sono raccolti campioni di acqua per analisi chimiche a intervalli regolari, con frequenza inferiore al mese durante il periodo senza neve e circa ogni due mesi nel resto dell'anno.

Nella stazione di monitoraggio è stato possibile calibrare una scala delle portate, grazie ad alcune misure periodiche con un profilatore magnetico delle velocità. Di conseguenza è possibile stimare il coefficiente di deflusso, ottenuto come il rapporto tra il deflusso totale all'emissario e la precipitazione annua a Robièi, moltiplicata per l'area del bacino imbrifero del Lago Nero.

Utilizzando i dati di deflusso, i risultati delle analisi chimiche di laboratorio sui campioni prelevati, i dati delle precipitazioni e delle deposizioni, è quindi possibile effettuare un bilancio idrico e delle principali sostanze inquinanti. Le due sostanze su cui ci si focalizza in questo contributo sono l'azoto inorganico totale (TIN; presente nelle deposizioni totali e nel Riale Lago Nero principalmente sotto forma di  $\text{NO}_3^- + \text{NH}_4^+$ ) e zolfo (presente come  $\text{SO}_4$ ). Per i bilanci di queste due sostanze (Tab. 5) sono state utilizzate le misure della quantità di precipitazioni (MeteoSvizzera, 2016) e della loro chimica (UACER) a Robièi, mentre le stime delle portate in uscita e della loro chimica sono state ottenute dal deflusso del Riale Lago Nero. Il contributo delle deposizioni secche è trascurabile, pari a circa il 5% del totale per l'azoto e inferiore all'1% per lo zolfo (Bruder *et al.*, 2015).

La quantità di deposizione di azoto (TIN) e zolfo è stata calcolata moltiplicando la quantità di precipitazione giornaliera con la corrispondente concentrazione, stimata con misure settimanali ed estrapolata all'area del bacino imbrifero del Lago Nero. Per confermare la validità dell'estrapolazione dei dati di deposizione da Robièi al bacino del Lago Nero, è stato installato un campionatore delle precipitazioni (Fig. 2), usato solo nel periodo estivo con frequenza di campionamento mensile.

L'uscita dal bacino (calcolata sempre come TIN) è stata stimata moltiplicando la portata media giornaliera misurata per le concentrazioni giornaliere, calcolate dalle concentrazioni mensili tramite un'interpolazione spline cubica. Le stime dei bilanci dell'azoto si limitano a  $\text{NO}_3^-$  e  $\text{NH}_4^+$ , non includendo l'azoto totale perché

queste analisi hanno una migliore qualità rispetto a quella dell'azoto totale. Quest'approccio è giustificabile per la ridotta biomassa degli organismi planctonici, che, invece, in laghi più produttivi può contribuire a valori dell'azoto totale relativamente alti.

In aggiunta alla stazione principale, si è deciso di monitorare il bacino esteso (chiamato Riale Valletta) che comprende tutto il bacino imbrifero fino alla confluenza con il Fiume Bavona a un'altitudine di circa 2'010 m slm. (Fig. 2). Il bacino esteso ha una superficie totale di circa 1.9 km<sup>2</sup> ed è più esposto a nord rispetto al bacino del Lago Nero. Il monitoraggio fisico-chimico del Riale Valletta può fornire informazioni integrative poiché la porzione inferiore del bacino imbrifero è influenzata dal lago in misura molto minore, il che può comportare sostanziali differenze nei parametri chimici. L'accesso alla stazione di campionamento del Riale Valletta in inverno è però impossibile; di conseguenza, si realizza il monitoraggio continuo con una sonda di temperatura, conducibilità elettrica e pressione, mentre i campionamenti sono limitati ai periodi di accessibilità in sicurezza dell'area. Il secondo limite delle misurazioni sul Riale Valletta riguarda la scarsa affidabilità della scala delle portate, problema difficilmente risolvibile a causa dell'alveo torrentizio molto irregolare.

Gli altri sotto-programmi obbligatori del monitoraggio integrato prevedono una frequenza di campionamento inferiore rispetto ai precedenti e sono stati implementati nel 2017: riguardano il campionamento e le analisi chimiche delle soluzioni acquose circolanti nello strato superiore di suolo, il rilievo della vegetazione e il censimento delle comunità di invertebrati nel Riale Lago Nero.

Oltre ai sottoprogrammi ICP IM, sono stati raccolti dati di parametri che migliorano la comprensione delle conseguenze dei cambiamenti ambientali sull'ecosistema in esame. Questi parametri supportano l'interpretazione dei risultati da sottoprogrammi obbligatori e la loro estrapolazione all'intero ecosistema.

Ad esempio le immagini di una fotocamera time-lapse, installata nell'autunno del 2015, sono state utilizzate per stimare i giorni con superficie del lago ghiacciata e una visione generale delle condizioni della zona nei vari periodi dell'anno.

Trattandosi di un bacino a quote elevate, la criosfera ha un ruolo molto rilevante (Scapozza *et al.*, 2018). Il bacino del Lago Nero contiene un ghiacciaio roccioso intatto e alcuni piccoli glacionevati semi-permanenti (*ice patches*) sui pendii più elevati. A partire da ottobre 2015, sono stati quindi installati tre sensori per il monitoraggio della temperatura della superficie del suolo nel ghiacciaio roccioso (GSTM, Fig. 2), a cui si è aggiunto il campionamento manuale e la misura della temperatura dell'acqua di una sorgente nei suoi pressi. Tre nuovi sensori GSTM sono stati installati tra i glacionevati a valle della Bocchetta del Mottone ad agosto e ottobre 2017.

## RISULTATI E INTERPRETAZIONE

Si presentano in Tab. 3 i principali parametri climatici misurati a Robièi, confrontati con la norma climatica 1981-2010.

I primi tre anni idrologici di monitoraggio nel bacino del Lago Nero hanno mostrato una forte variabilità delle precipitazioni (e di conseguenza della coltre nevosa) da un anno all'altro. Mentre il 2014-2015 ha avuto una pluviometria molto superiore alla media (3'082 mm, secondo valore più alto dall'inizio delle misurazioni a Robièi nel 1991), i due anni successivi sono stati caratterizzati da una pluviometria di poco inferiore alla media, con valori pari a 2'031 e 2'313 mm rispettivamente (Meteosvizzera, 2016b; Meteosvizzera, 2017; Meteosvizzera, 2018). In ogni anno la temperatura media dell'aria è stata ben superiore al valore di riferimento (+1.3/1.5°C), pur non rappresentando gli anni più caldi dall'inizio delle misurazioni a Robièi. La temperatura media nella parte più bassa del bacino del Lago Nero è stata inferiore di poco più di 2°C rispetto a quella di Robièi, che porta a stimare (anche se sulla base di soli due anni di misurazioni concomitanti) un gradiente altimetrico di temperatura specifico per l'area di 0.4°C/100 m, leggermente inferiore rispetto al gradiente di 0.5°C/100 m stimato per le stazioni meteo ticinesi (Scapozza *et al.*, 2016).

I parametri misurati al Lago Nero (Tab. 4) riguardano le temperature dell'aria, mentre i giorni con neve al suolo sono stati stimati allo stesso modo utilizzando i dati di GSTM misurati in prossimità del Lago e sul ghiacciaio roccioso (Fig. 2). La parte centrale della Tab. 4 illustra i dati rilevati nel Riale Lago Nero durante i tre anni di monitoraggio continuo, mentre la parte inferiore presenta i principali parametri chimici derivati dai campionamenti periodici. Le portate medie giornaliere

del Riale Lago Nero per tutto il periodo di misurazione sono invece presentate in Fig. 3A. Anche per i principali parametri chimici campionati si presentano i dati medi mensili per i tre anni idrologici (Fig. 3D-G).

La portata media annua nel Riale Lago Nero è strettamente correlata alla pluviometria dell'anno. In realtà, il calcolo del coefficiente di deflusso ha mostrato un valore anomalo per l'anno idrologico 2016-2017. Al momento non si hanno sufficienti informazioni sul comportamento idrologico del lago e del Riale per capire i motivi di questo valore molto basso, anche se è probabile che sia legato a una leggera modifica della sezione trasversale dove si registrano i dati che ha portato ad un cambiamento nella scala delle portate. Ulteriori verifiche nel corso dell'estate 2018 cercheranno di approfondire questo aspetto critico, che può influenzare fortemente anche la valutazione dei bilanci di azoto e zolfo.

A livello mensile il deflusso avviene soprattutto nei periodi di fusione nella neve: da maggio a inizio luglio si ha più del 50% del deflusso totale annuo (Fig. 3C). Per questo motivo, un incremento della frequenza dei campionamenti in questo trimestre è pienamente giustificato e può consentire una migliore comprensione dei meccanismi di rilascio degli inquinanti accumulati nella coltre nevosa. Questo aspetto è stato affrontato con l'installazione di un campionario automatico nel Riale Lago Nero nella fase di fusione nivale (dati non mostrati). Tale concentrazione del deflusso è percentualmente maggiore in anni con precipitazioni inferiori alla media (2015-2016, 2016-2017).

La temperatura media annua del Riale Lago Nero (Tab. 4) non è in correlazione diretta con la temperatura dell'aria, ma dipende probabilmente dalla temperatura dell'aria nel periodo libero dalla neve (da giugno a ottobre o novembre) e dalla data di fusione della coper-

Tabella 4: Riepilogo dei valori annuali di alcuni parametri per il bacino del Lago Nero (parte superiore), delle variabili misurate dalla sonda in continuo nel Riale Lago Nero (parte centrale) e dei campionamenti manuali effettuati nel medesimo punto (parte inferiore).

Valori annuali nel bacino del Lago Nero	Anno idrologico		
	2014-2015	2015-2016	2016-2017
Temperatura aria a 2 m [°C]	-	2.4	2.2
Giorni con neve al suolo (quota 2'400 m slm)	-	174	223
Periodo	-	2.1.2016/24.6.2016	3.11.2016/14.6.2017
Giorni con neve al suolo (ghiacciaio roccioso)	-	198	232
Periodo	-	4.1.2016/20.7.2016	12.11.16/2.7.2017
Giorni con superficie del lago ghiacciata	-	231	219
Periodo	-	23.11.2015/11.7.2016	14.11.16/21.6.2017
Portata Riale Lago nero [l/s]	57.5	41.5	32.0
Coefficiente di deflusso [%]	76%	84%	57%
Temperatura Riale Lago Nero [°C]	3.1	3.3	3.6
Conducibilità Riale Lago Nero [ $\mu$ S/cm]	-	18.7	17.7
Conducibilità Riale Lago Nero [ $\mu$ S/cm]	15.1	17.8	16.3
pH [-]	6.7	6.9	6.8
Alcalinità [mmol/l]	0.15	0.15	0.15
Azoto (TIN) [mg N/l]	0.17	0.16	0.15
Zolfo [mg S/l]	0.70	0.86	0.82

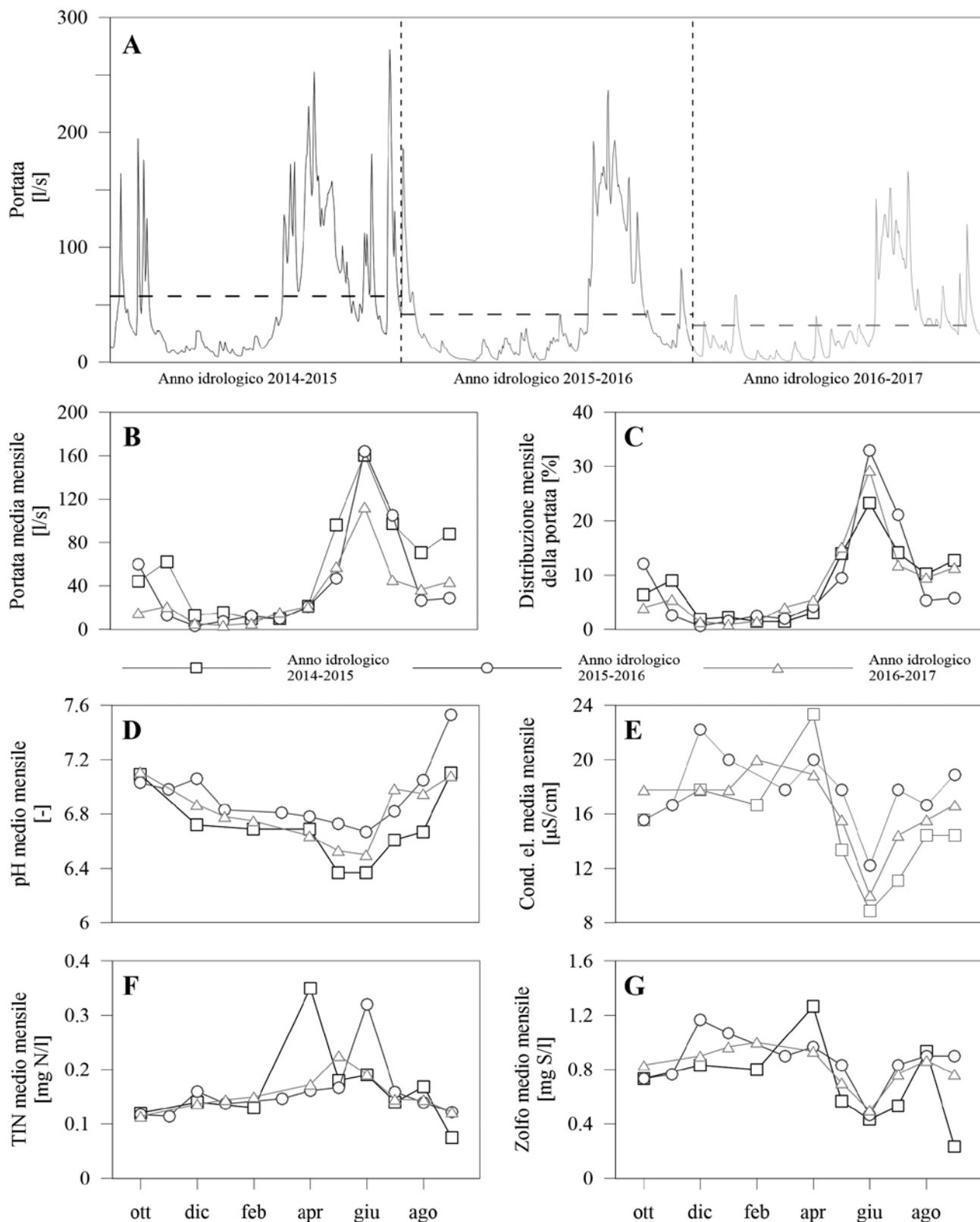


Figura 3: Valori misurati per i tre anni idrologici all'emissario del Lago Nero. A) Portate medie giornaliere (linee continue) e annuali (linee tratteggiate). B) Portate medie mensili. C) Distribuzione percentuale delle portate medie mensili. D) pH medio mensile. E) Conducibilità elettrica media mensile. F) Azoto (TIN) medio mensile. G) Zolfo medio mensile.

tura di ghiaccio sulla superficie del lago. Attualmente si hanno troppi pochi dati a disposizione per tentare di stimare una correlazione.

La conducibilità elettrica ha mostrato un andamento caratteristico sui tre anni di misura: rimane costante tra 15 e 20  $\mu\text{S}/\text{cm}$  per quasi tutto l'anno, mentre diminuisce durante la fase di fusione nivale, con una decremento più marcato quando la coltre nevosa è maggiore (Fig. 3E), in accordo con quanto mostrato da Rogora *et al.* (2014). Il valore minimo sembra corrispondere al momento di fusione più intenso della neve e precede di circa 7-10 giorni la scomparsa completa del ghiaccio dal lago. Anche il pH ha lo stesso comportamento (Fig. 3D), con valori costanti durante l'anno e tanto più inferiori nella fase di disgelo quanta più neve è presente nel bacino.

La percentuale di output (percent net export; PNE) dal bacino imbrifero è stata calcolata come (Tab. 5):

$$\text{PNE} = (\text{Uscita} - \text{Deposizioni}) / \text{Deposizioni} \times 100$$

Valori positivi di PNE indicano quindi una fuoriuscita di inquinanti dal bacino superiore alle deposizioni, viceversa per valori negativi si ha un immagazzinamento all'interno del bacino.

La deposizione totale di TIN nel bacino del Riale Lago Nero (dedotta unicamente dal campionario di deposizione di Robièi) è indicata nella Tab. 5 e varia tra 1'122 kg all'anno (14.6 kg/ha · anno) e 1'516 kg all'anno (19.7 kg/ha · anno) il che è notevolmente superiore all'output (compreso tra 169 e 301 kg). La deposizione totale di zolfo nell'intero bacino varia tra 307 kg (4.0 kg/ha · anno) e 466 kg (6.1 kg/ha · anno). Contrariamente al TIN, l'output di zolfo è molto più elevato dell'input e varia tra 740 e 1'298 kg all'anno.

## DISCUSSIONE E CONCLUSIONI

L'effetto della fusione nivale sul deflusso è ugualmente rilevante per i flussi di TIN (Fig. 4A) e di zolfo (Fig. 4B) del bacino del Lago Nero. Il periodo di fusione nivale (compresi i principali eventi piovosi di questo periodo) è responsabile di ca. 50% dell'output annuale di entrambe le sostanze chimiche. Per l'azoto, questo effetto è amplificato dalle elevate concentrazioni all'inizio del periodo di fusione nivale, che indicano una mobilitazione dell'azoto immagazzinato nella neve (Fig. 3F). Nel periodo 2014-2015, anche i dati dello zolfo indicano un aumento delle concentrazioni all'ini-

zio del periodo di fusione nivale (Fig. 3G), tuttavia tale fenomeno non si è riproposto nei prelievi degli anni successivi. Con i soli tre anni di dati a disposizione non è possibile comprendere a fondo quest'aspetto legato all'incremento di concentrazione durante la fusione nivale. L'intensificazione dei campionamenti in questo periodo dell'anno e il proseguimento del monitoraggio consentiranno un'interpretazione più approfondita. È interessante notare che, in tutti gli anni monitorati, dopo il primissimo periodo di fusione nivale, le concentrazioni di zolfo si dimezzano nella fase più intensa di fusione rispetto alle medie annuali (Fig. 3G) probabilmente a causa di effetti di diluizione con i deflussi alti durante la fusione nivale più intensiva (Fig. 3C e 3G). Al contrario, i flussi di input di entrambe le sostanze chimiche sono distribuiti in modo uniforme durante gli anni idrologici e sono dominati da importanti eventi di precipitazione.

Le quantità di precipitazioni (Tab. 3) spiegano la maggior parte delle differenze nelle deposizioni da un anno all'altro, con input di TIN e zolfo sostanzialmente più elevati durante gli anni piovosi in confronto agli anni più asciutti (Tab. 5). Tuttavia, questo comportamento è differente per le variazioni degli output da un anno all'altro: nonostante le maggiori precipitazioni, gli output di entrambe le sostanze chimiche sono inferiori nel 2016/2017 rispetto al 2015/2016 (Fig. 4), diretta conseguenza delle portate più basse rilevate durante l'anno idrologico 2016/2017. Le differenze tra input e output possono avere diverse cause: si possono spiegare dalla differenza nella distribuzione delle precipitazioni e dell'evapotraspirazione nel corso degli anni idrologici, influenzando quindi anche i processi di lisciviazione di queste sostanze nei suoli, ma anche dalla differenza nelle precipitazioni tra Robièi e il Lago Nero. Le misure della quantità di precipitazioni e della chimica delle acque eseguite nel bacino del Lago Nero durante l'estate indicano che alcuni eventi meteorologici possono portare a differenze tra le stime calcolate in base alle misurazioni al Lago Nero e quelle in base alla stazione meteo e delle deposizioni di Robièi (Bruder *et al.*, 2017). Queste disuguaglianze sono probabilmente una conseguenza delle differenze meteorologiche ma anche metodologiche (frequenza di campionamento settimanale a Robièi e mensile al Lago Nero e trattamento dei campioni). Si tratta di un ulteriore aspetto che sarà rivalutato criticamente non appena si avranno a disposizione più dati.

La percentuale netta di export (PNE) è molto diversa tra TIN e zolfo, mentre per ciascuna sostanza non va-

Tabella. 5: Bilanci chimici per il bacino del lago Nero

		Anno idrologico		
		2014-2015	2015-2016	2016-2017
Azoto (TIN)	Input (kg)	1'516	1'122	1'340
	Output (kg)	301	266	169
	PNE (%)	-80.1	-76.4	-87.4
Zolfo	Input (kg)	466	307	339
	Output (kg)	1'298	936	740.0
	PNE (%)	178.6	204.3	118.0

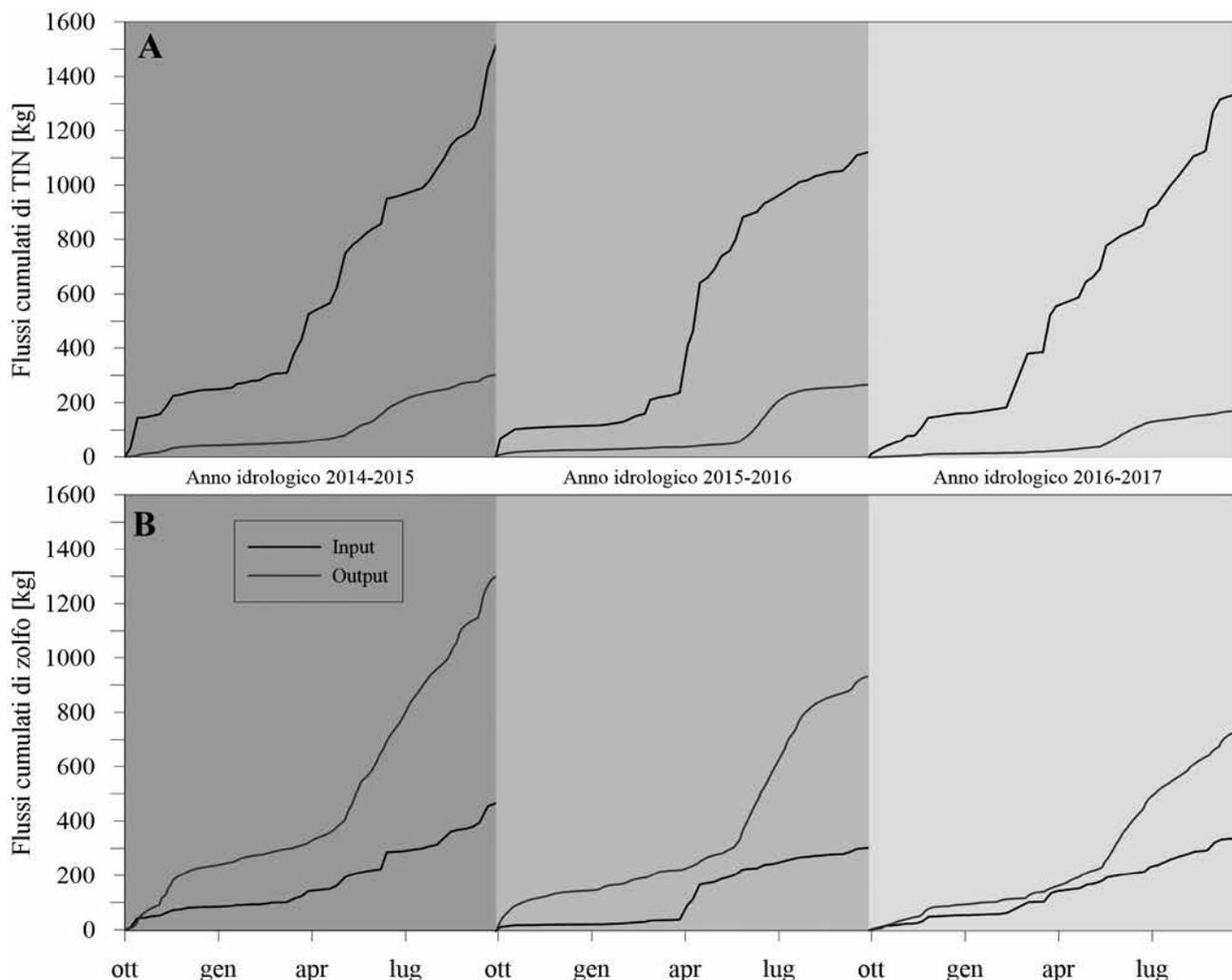


Figura 4: Bilanci cumulativi di TIN (A) e zolfo (B) per i tre anni idrologici.

ria sostanzialmente da un anno all'altro. La PNE per il TIN varia da -87.4 a -76.4 (Tab. 5), il che indica che la maggior parte dell'azoto depositato è trattenuto nel bacino. Le stime della PNE annuale di zolfo risultano tra 118.0 e 204.3 %. Un recente studio a larga scala, basato sui bilanci di TIN e zolfo di 17 siti in tutta Europa, monitorati secondo i metodi standardizzati dell'ICP IM (Vuorenmaa *et al.*, 2017), conferma le nostre stime, sebbene la maggior parte dei siti considerati nel lavoro siano situati in bacini con elevata percentuale di copertura forestale e non tutti includano laghi.

Le medie dei PNE stimati per il TIN riportati da questo studio variano tra -98 e -80%; i valori stimati nel bacino del Lago Nero (Tab. 5) si situano quindi nella parte più elevata del loro range. Questo può essere la conseguenza di due principali fenomeni: in primo luogo è stato dimostrato che la PNE è correlata alla quantità di deposizione, cioè i bacini che ricevono più input di azoto sono anche più vicini alla saturazione e quindi più inclini a osservare output elevati. In secondo luogo, data la mancanza di foreste e l'altitudine elevata del bacino del Lago Nero (periodo molto esteso di copertura nevosa e di congelamento del suolo), l'attività biologica e quindi i tassi di assimilazione sono probabilmente inferiori rispetto a gran parte di quelli trattati dallo studio citato. L'attività biologica può influenzare la PNE attraverso l'assimilazione di  $\text{NO}_3^-$  nella biomassa dei produttori primari terrestri e acquatici (Fig. 5). In base

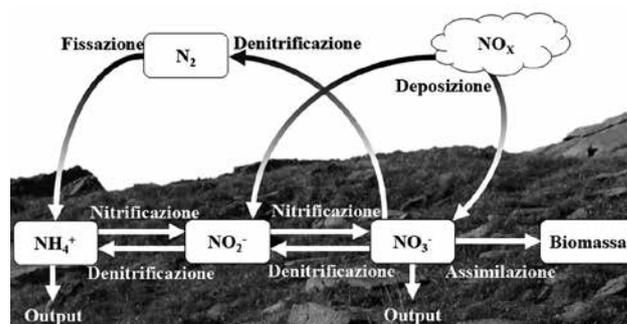


Figura 5: Ciclo dell'azoto nelle sue forme diverse nei suoli del bacino imbrifero del Lago Nero con i principali processi. Lo stesso ciclo esiste egualmente nelle zone acquatiche del bacino.

a questa argomentazione, alti valori di PNE possono indicare una debole attività o biomassa di questi organismi, aspetto che sarebbe comunque da approfondire con misure ed analisi specifiche.

Anche le stime di PNE per lo zolfo (Tab. 5) sono relativamente elevate rispetto a quelle riportate da Vuorenmaa *et al.* (2017), che variano tra -20 e 190%. Ci si aspetta che le PNE di zolfo siano relativamente elevate e sostanzialmente superiori al 100% a causa degli effetti di rilascio di questa sostanza depositata in passato nelle regioni vicine a importanti fonti antropogeniche di zolfo (traffico automobilistico e industria). Durante i picchi di deposizione di zolfo avvenuti tra il 1965 e il 1980, Vuorenmaa *et al.* (2017) stimano che le de-

posizioni atmosferiche di zolfo nelle zone vicine a regioni fortemente industrializzate dell'Europa centrale e orientale possano aver raggiunto valori superiori a 30 kg/ha-anno, valori paragonabili a quelli riscontrati nelle valli inferiori del Cantone Ticino nello stesso periodo (Steingruber *et al.*, 2015), diminuendo poi sostanzialmente negli ultimi decenni sia in Europa (Schulz *et al.*, 2013) che in Cantone Ticino (Steingruber *et al.*, 2015). Tuttavia, la deposizione nel bacino del Lago Nero fu molto probabilmente più bassa durante questo periodo (Steingruber *et al.*, 2015). Le indagini future si concentreranno sulla migliore comprensione dell'immagazzinamento e rilascio di queste due sostanze.

Durante l'accumulo di ghiaccio, i glacionevati e il permafrost possono incorporare e immagazzinare notevoli quantità di inquinanti atmosferici. Nella fase di fusione, le analisi effettuate finora hanno mostrato che da questi corpi gelati si possono liberare acque con concentrazioni di azoto e zolfo molto superiori rispetto a quelle del Riale Lago Nero e della superficie del Lago (Scapozza *et al.*, 2017, Thies *et al.*, 2013). Di conseguenza, la loro acqua di fusione può alterare la composizione chimica dei corpi idrici superficiali riceventi, con una potenziale influenza rilevante sui bilanci di queste sostanze (in particolare lo zolfo). La deposizione, la ritenzione e la concentrazione dello zolfo, dell'azoto e di altre sostanze chimiche nei suoli e nelle acque controllano – fra gli altri parametri ambientali – la biomassa e la composizione delle comunità degli organismi nel bacino del Lago Nero. Per esempio, questi parametri ambientali possono influenzare le comunità di piante terrestri sui terreni poco profondi situati a sud-ovest del lago che sono monitorate come parte del programma in corso (Fig. 2). Un rilevamento condotto durante il periodo di massima fioritura dell'ultimo anno (cioè luglio 2017) indica un'elevata abbondanza relativa di piante erbacee *Carex curvula* (Cyperaceae) e *Homogyne alpine* (Asteraceae) che sono idonee a suoli relativamente acidi e poveri in nutrienti (Landolt *et al.*, 2010). Questi risultati indicano una risposta lenta della comunità delle piante erbacee o dei suoli ai bilanci di zolfo e azoto attuali.

In futuro, il programma di monitoraggio avviato nel 2014 cercherà di fornire informazioni sui trend degli impatti antropogenici e dei cambiamenti ambientali sui processi chimico-fisici dei principali comparti del bacino del Lago Nero (ad esempio nei bilanci chimici; Vuorenmaa *et al.*, 2017) e come questi influenzano i vari ecosistemi e gli organismi. Tali informazioni dipendono da programmi di monitoraggio a lungo termine per quantificare i trend oltre alla variabilità inter-annuale stocastica (Vuorenmaa *et al.*, 2017), esemplificata della quantità di precipitazione nel periodo coperto dallo studio (Tab. 3). Le conseguenze dei cambiamenti ambientali aiuteranno quindi a valutare e adattare le misure di mitigazione per gli ecosistemi alpini. Il Lago Nero in particolare è un punto di osservazione cruciale poiché gli ecosistemi dei laghi alpini e i loro bacini sono raramente monitorati in modo intensivo e multidisciplinare.

## RINGRAZIAMENTI

I primi tre anni di monitoraggio del bacino del Lago Nero sono stati possibili grazie al finanziamento da parte della Sezione qualità dell'aria dell'Ufficio Federale dell'Ambiente, con la collaborazione di Gaston Theis-Goldener, Reto Meier e Beat Achermann di questa sezione. Un ringraziamento particolare a Sandra Steingruber per le interessanti discussioni e la fornitura dei dati pregressi nella zona, a Meteosvizzera per la fornitura dei dati della stazione meteorologica di Robièi, al Laboratorio cantonale ed EAWAG per le analisi chimiche dei campioni e a Maddalena & associati sagl. per il rilevamento della vegetazione. Si ringrazia, inoltre, OFIMA SA, Heli Rezia AG ed Eliticino Tarmac SA per il supporto logistico, e i colleghi ed ex-colleghi dell'Istituto scienze della Terra che hanno fornito un contributo alla buona riuscita del monitoraggio: Simona Bronzini, Gabriele Consoli, Fabio Lepori, Vasco Lepori, Filippo Schenker, Alessio Spataro e Valentina Togni. Infine un ringraziamento particolare a Michela Rogora per la rilettura del documento.

## BIBLIOGRAFIA

- Bruder A., Lepori F., Pozzoni M., Pera S., Rioggi S., Scapozza C., Domenici M. & Colombo L. 2015. Monitoring of integrated ecosystem responses to air pollutants in the Swiss Alps, Swiss contribution to ICP Integrated Monitoring (UNECE/CLRTAP). Final report of the pilot study.
- Bruder A., Lepori F., Pozzoni M., Pera S., Rioggi S., Scapozza C., Domenici M. & Colombo L. 2016. Lago Nero – a new site to assess the effects of environmental change on high-alpine lakes and their catchments. ICP IM 25<sup>th</sup> Annual Report 2016. Reports of the Finnish Environment Institute, 29: 52-56. [<http://repository.supsi.ch/7706>]
- Bruder A., Pozzoni M., Pera S., Rioggi S., Scapozza C., Domenici M. & Colombo L. 2017. Monitoring of integrated ecosystem responses to air pollutants in the Swiss Alps. Swiss contribution to ICP Integrated Monitoring (UNECE/CLRTAP). Interim report 2017.
- Colombo L. & Steingruber S. 2010. Acidifying Deposition in Southern Switzerland. Assessment of the trend 1988-2007. Technical Report. Federal Office for the Environment, FOEN, Bern. Disponibile in [https://www4.ti.ch/fileadmin/DT/temi/aria/monitoraggio/UW\\_1015\\_E.pdf](https://www4.ti.ch/fileadmin/DT/temi/aria/monitoraggio/UW_1015_E.pdf) (ultima consultazione 23.2.2018).
- Finnish Environment Institute 1998. Manual for Integrated Monitoring. ICP IM Programme Centre, Helsinki, Finland. Disponibile in [http://www.syke.fi/en-US/Research\\_Development/Ecosystem\\_services/Monitoring/Integrated\\_Monitoring/Manual\\_for\\_Integrated\\_Monitoring](http://www.syke.fi/en-US/Research_Development/Ecosystem_services/Monitoring/Integrated_Monitoring/Manual_for_Integrated_Monitoring) (ultima consultazione 23.2.2018).
- Kleemola S. & Forsius M. 2017. ICP IM 26<sup>th</sup> Annual Report 2017. Reports of the Finnish Environment Institute, 24: 43-49. Disponibile in <http://hdl.handle.net/10138/212199> (ultima consultazione 23.2.2018).
- Landolt E., Bäumler, B., Erhardt, A., Hegg, O., Klötzli, F., Lämmler, F., Nobis, M., Rudmann-Maurer, K., Schweingruber, F. H., Theurillat, J.-P., Urmi, E., Vust, M., Wolgemuth, T. 2010. Flora indicativa. Haupt Verlag, Bern.

- Lepori F & Keck F. 2012. Effects of atmospheric nitrogen deposition on remote freshwater ecosystems. *Ambio*, 41, 235-246.
- MeteoSvizzera 2012. Rapporto sul clima – Cantone Ticino, rapporto di lavoro di Meteosvizzera, p. 63. Disponibile in: [http://www4.ti.ch/fileadmin/DT/temi/aria/clima/01\\_Rapporto\\_clima\\_Ticino.pdf](http://www4.ti.ch/fileadmin/DT/temi/aria/clima/01_Rapporto_clima_Ticino.pdf) (ultima consultazione 21.2.2018).
- MeteoSvizzera 2016a. Rete di rilevamento automatica. <http://www.meteosvizzera.admin.ch/home/sistemi-di-rilevamento-e-previsione/stazioni-al-suolo/rete-di-rilevamento-automatica.html> (ultima consultazione 21.2.2018).
- MeteoSvizzera 2016b. Rapporto sul clima 2015. Ufficio federale di meteorologia e climatologia MeteoSvizzera, Zurigo. 80 pagine. Disponibile in [http://www.meteosvizzera.admin.ch/content/dam/meteoswiss/it/Publikationen/doc/mch\\_klimareport2015\\_IT\\_web\\_light.pdf](http://www.meteosvizzera.admin.ch/content/dam/meteoswiss/it/Publikationen/doc/mch_klimareport2015_IT_web_light.pdf) (ultima consultazione 23.2.2018).
- MeteoSvizzera 2017. Rapporto sul clima 2016. Ufficio federale di meteorologia e climatologia MeteoSvizzera, Zurigo. 80 pagine. Disponibile in [http://www.meteosvizzera.admin.ch/content/dam/meteoswiss/de/service-und-publikationen/Publikationen/doc/mch\\_klimareport2016\\_IT\\_web.pdf](http://www.meteosvizzera.admin.ch/content/dam/meteoswiss/de/service-und-publikationen/Publikationen/doc/mch_klimareport2016_IT_web.pdf) (ultima consultazione 23.2.2018).
- MeteoSvizzera 2018: Bollettino del clima dell'anno 2017. Locarno-Monti. Disponibile in <http://www.meteosvizzera.admin.ch/content/dam/meteoswiss/it/Publikationen/doc/Resoconto-anno2017.pdf> (ultima consultazione 23.2.2018).
- Ormerod S. & Durance I. 2018. The Llyn Brianne Stream Observatory. <http://llynbrianne-lter.org> (ultima consultazione 23.2.2018).
- Psenner R. 2003. Alpine Lakes: Extreme Ecosystems under the pressures of global change. *EAWAG News*, 55e, 12-14.
- Rogora M., Boggero A., Marchetto A., Mosello R., Tartari G., Zaupa S. 2014. Laghi alpini: un mondo che cambia. *Nimbus*, 72 (2), 152-157.
- Scapozza C., Colombo L., Domenici M., Lepori F., Pera S., Pozzoni M., Rioggi S. & Bruder A. 2017. Lago Nero – an example of mountain lake monitoring in a changing Alpine cryosphere. *ICP IM 26<sup>th</sup> Annual Report 2017. Reports of the Finnish Environment Institute*, 24: 43-49. [<http://repository.supsi.ch/8618>]
- Scapozza C., Bruder A., Lepori F., Pozzoni M., Pera S., Rioggi S., Domenici M. & Colombo L. 2018. Alpine cryosphere monitoring for mountain lake studies: the example of Lago Nero (Ticino Alps). *Geographica Helvetica*, in press.
- Scapozza C., Giaccone E., Mari S., Antognini M., Fratianni S. & Ambrosi C. 2016. Il permafrost nelle Alpi Ticinesi (2013/2014 e 2014/2015). *Bollettino della Società ticinese di scienze naturali* 104, 37-44. [<http://repository.supsi.ch/7891>]
- Schulz M., Gauss M., Benedictow A., Jonson J.E., Tsyro S., Nyiri A., Simpson D., Steensen B.M., Klein H., Valdebenito A., Wind P., Kirkevåg A., Griesfeller J., Bartnicki J., Olivie D., Grini A., Iversen T., Seland Ø., Semeena V.S., Fagerli H., Aas W., Hjellbrekke A.-G., Mareckova K., Wankmüller R., Schneider P., Solberg S., Svendby T., Liu L., Posch M., Vieino M., Reis S., Kryza M., Werner M., Walaszek K., 2013. Transboundary Acidification, Eutrophication and Ground Level Ozone in Europe in 2011. *EMEP Report 1/2013*. Norwegian Meteorological Institute, Oslo. Disponibile in <https://www.ceh.ac.uk/publications/transboundary-acidification-eutrophication-and-ground-level-ozone-europe-2011> (ultima consultazione 23.2.2018).
- Steingruber S. & Colombo L. 2006. Impacts of Air Pollution on Alpine Lakes and Rivers. *Chemistry and biology in Alpine lakes and rivers in Southern Switzerland related to acidification from long-range transboundary air pollution: Monitoring results from 1980-2004; Environmental studies no. UW-0619*. Technical Report. Federal Office for the Environment, FOEN, Bern. Disponibile in [https://www.bafu.admin.ch/dam/bafu/en/dokumente/luft/uw-umwelt-wissen/impacts\\_of\\_air\\_pollutiononalpinelakesandrivers.pdf.download.pdf/impacts\\_of\\_air\\_pollutiononalpinelakesandrivers.pdf](https://www.bafu.admin.ch/dam/bafu/en/dokumente/luft/uw-umwelt-wissen/impacts_of_air_pollutiononalpinelakesandrivers.pdf.download.pdf/impacts_of_air_pollutiononalpinelakesandrivers.pdf) (ultima consultazione 23.2.2018).
- Steingruber S. 2015. Deposition of acidifying and eutrophying pollutants in southern Switzerland from 1988 to 2013. *Bollettino della Società ticinese di scienze naturali*, 103, 37-45.
- Thies H., Nickus U., Tolotti M., Tessadry R. & Krainer K. 2013. Evidence of rock glacier melt impacts on water chemistry and diatoms in high mountain streams. *Cold Regions Science and Technology*, 96, 77-85.
- Vuorenmaa J., Augustaitis A., Beudert B., Clarke N., de Wit H., Dirnböck T., Frey J., Forsius M., Indrikson I., Kleemola S., Kobler J., Krám P., Lindroos A.-J., Lundin L., Ruoho-Airola T., Ukonmaanaho L. & Váňa M. 2017. Long-term sulphate and inorganic nitrogen mass balance budgets in European ICP Integrated Monitoring catchments (1990-2012). *Ecological Indicators*, 76, 15-29.
- Williamson C. E., Saros J. E., Vincent W. F. & Smol J. P. 2009. Lakes and reservoirs as sentinels, integrators, and regulators of climate change. *Limnology and Oceanography*, 54, 2273-2282.



# Note floristiche ticinesi 2018: Specie vegetali esotiche spontanee nuove per la Svizzera e per il Cantone Ticino

Sofia Mangili<sup>1</sup>, Nicola Schoenenberger<sup>2</sup>, Brigitte Marazzi<sup>1,3</sup>, Paolo Selldorf<sup>4</sup> e David Frey<sup>5,6</sup>

<sup>1</sup> Museo cantonale di storia naturale, Viale C. Cattaneo 4, CH-6900 Lugano

<sup>2</sup> INNOVABRIDGE Foundation, Contrada al Lago 19, CH-6987 Caslano

<sup>3</sup> Info Flora c/o Museo cantonale di storia naturale, Viale C. Cattaneo 4, CH-6900 Lugano

<sup>4</sup> Via Campagna 19, CH-6926 Montagnola

<sup>5</sup> Istituto federale di ricerca per la foresta, la neve e il paesaggio WSL, Zürcherstr. 111, CH-8903 Birmensdorf

<sup>6</sup> Dipartimento di Scienze dei Sistemi Ambientali, ETH Zurigo, Universitätstr. 16, CH-8092 Zurigo

*sofia.mangili@ti.ch*

**Riassunto:** Lo scopo dello studio è di aggiornare le conoscenze riguardo a nuove specie esotiche spontaneizzate o di recente introduzione per il Cantone Ticino. Le specie esotiche, rilevate tra il 2016 e il 2017 in ambienti antropici di bassa altitudine, includono un taxon nuovo per la Svizzera (*Oenanthe javanica*, Apiaceae) e due taxa nuovi per il Ticino (*Gnaphalium pensylvanicum*, Asteraceae; *Sporobolus neglectus*, Poaceae). *Broussonetia papyrifera* (Moraceae) e *Delosperma cooperi* (Aizoaceae) sono due neofite di recente comparsa e in espansione sul territorio cantonale. Per ogni specie sono discussi la distribuzione geografica in Ticino, i probabili vettori d'introduzione, il grado di naturalizzazione in Ticino e il potenziale invasivo. *Oenanthe javanica* è una specie concorrenziale con un'elevata capacità di dispersione, pertanto è da considerarsi potenzialmente problematica negli ecosistemi acquatici. Anche *B. papyrifera* mostra un elevato potenziale invasivo. *Sporobolus neglectus*, *G. pensylvanicum* e *D. cooperi* non sono invece considerati invasivi. Per le specie con potenziale invasivo raccomandiamo, a titolo precauzionale, l'eradicazione degli individui segnalati e la rinuncia alla propagazione volontaria (commercio e piantagione).

**Parole chiave:** ambienti disturbati, *Gamochaeta pensylvanica*, neofite, rilevamento precoce, specie avventizie, specie invasive, specie sinantropiche

## Floristic notes from the Canton Ticino 2018: alien plant species new to Switzerland and the Canton Ticino

**Abstract:** The present study aims at updating our knowledge on new spontaneous exotic alien species in Canton Ticino and at informing about new sites of recently introduced neophytes. New arrivals, discovered in 2016-2017 in low-altitude anthropogenic habitats, include one taxon new to Switzerland (*Oenanthe javanica*, Apiaceae) and two spontaneous alien plant species new to the Canton Ticino (*Gnaphalium pensylvanicum*, Asteraceae, and *Sporobolus neglectus*, Poaceae). *Broussonetia papyrifera* (Moraceae) and *Delosperma cooperi* (Aizoaceae) are two neophytes of recent appearance that are in expansion in Canton Ticino. The geographical distribution, introduction mode, naturalisation status, and invasion potential of the species are discussed. *Oenanthe javanica* has a high competitiveness and dispersal capacity and could cause damages to aquatic ecosystems. Also *B. papyrifera* has a high invasion potential. *Sporobolus neglectus*, *G. pensylvanicum* and *D. cooperi* are not expected to cause damages. We recommend a preventive approach for the species with an invasion potential, including eradication of reported individuals and avoidance of deliberate propagation (trading or planting).

**Key words:** adventive species, early detection, *Gamochaeta pensylvanica*, invasive species, neophytes, synanthropic species

## INTRODUZIONE

Le neofite sono una componente consistente e molto dinamica della flora ticinese. Un monitoraggio costante del territorio cantonale è fondamentale per rilevare tempestivamente le nuove specie esotiche spontanee e, per un principio di precauzione, è importante valutare il potenziale impatto sugli ambienti naturali e sull'essere umano (rilevamento precoce; vedi Schoenenberger, 2015). Questo articolo intende informare sulle scoperte di nuove specie esotiche spontaneizzate nel Cantone Ticino e aggiornare le conoscenze riguardo a neofite già presenti su suolo cantonale e che

sono, in base alle nostre osservazioni, in espansione. In particolare, sono presentati i dati relativi al ritrovamento, in ambienti antropici di bassa altitudine, di tre specie spontaneizzate recentemente: una nuova per la Svizzera e due nuove per il Ticino. Sono inoltre riportate nuove località per due neofite di recente apparizione. Queste note floristiche si aggiungono a una serie di articoli pubblicati negli scorsi anni su ritrovamenti di taxa esotici nuovi per il Cantone o per la Svizzera (Schoenenberger *et al.*, 2011; Frey *et al.*, 2015; Mangili *et al.*, 2016) e consentono un aggiornamento della conoscenza sulla composizione della flora esotica cantonale.

## MATERIALI E METODI

I ritrovamenti sono avvenuti sia durante rilevamenti floristici sia casualmente grazie all'abitudine di osservare la flora con attenzione. I dati floristici per il territorio svizzero riguardanti le cinque specie trattate in quest'articolo (*Broussonetia papyrifera*, *Delosperma cooperi*, *Gnaphalium pensylvanicum*, *Oenanthe javanica* e *Sporobolus neglectus*) sono stati richiesti alla banca dati di Info Flora (novembre 2017 e gennaio 2018). I taxa sono stati identificati consultando le opere specialistiche per la Svizzera (Lauber & Wagner, 2012), le flore dei paesi limitrofi (Pignatti, 1982; Banfi & Galasso, 2010) e dei paesi d'origine (Flora of North America, 1993; Zhengyi *et al.*, 1994; Peterson *et al.*, 2007). La nomenclatura segue, in ordine d'importanza, la Check List 2017 (Info Flora, 2017a) e Banfi & Galasso (2010). I sinonimi seguono le flore dei paesi d'origine e The Plant List ([www.theplantlist.org](http://www.theplantlist.org)). Le dimensioni delle popolazioni sono state stimate utilizzando i codici di abbondanza dell'applicazione FlorApp v. 1.4 (unità di conteggio = individui; Info Flora, 2016-2017). Per ogni nuova neofita, ad eccezione di *D. cooperi*, sono stati raccolti, essiccati e depositati dei campioni nell'erbario del Museo cantonale di storia naturale a Lugano (LUG). Le note alle specie sono presentate rispettando il seguente ordine: genere, specie, famiglia, nome comune italiano, sinonimi, comune e toponimo, data del ritrovamento, numero di individui (ind.), coordinate svizzere della stazione, altitudine e numero dei campioni depositati in erbario. Seguono una breve descrizione della specie, la distribuzione geografica (areale d'origine e d'introduzione in Europa e/o nel mondo) e l'ecologia. Sono inoltre discussi i possibili vettori d'introduzione, il grado di naturalizzazione (secondo Schoenenberger *et al.*, 2014) e il potenziale invasivo. Per illustrare i caratteri morfologici che distinguono *S. neglectus* da una specie molto simile già presente in Svizzera (*S. vaginiflorus*), sono state effettuate delle microfotografie (Fig. 4) con il microscopio digitale Leica DVM6, presso l'Istituto federale di ricerca per la foresta, la neve e il paesaggio WSL a Birmensdorf.

## RISULTATI E DISCUSSIONE

### *Gnaphalium pensylvanicum* Willd., Asteraceae, canapicchio della Pennsylvania

*Gamochaeta pensylvanica* (Willd.) Cabrera,  
*Gnaphalium peregrinum* Fernald., *Gnaphalium purpureum*  
subsp. *pensylvanicum* (Willd.) Bolòs & Vigo,  
*Gnaphalium spathulatum* Lam. (non Burm. f)

Brissago, Isole di Brissago, margine di un prato sull'Isola di Sant'Apollinare; 21.6.2017; 11-25 ind.; E 700229, N 110013 ± 3 m; 194 m.; LUG 20270. Brissago, Isole di Brissago, riva nord dell'Isola di San Pancrazio; 20.9.2017; 1-10 ind.; E 700138, N 109756 ± 3 m; 193 m; LUG 20280. Minusio, stradina secondaria, tra il catrame della strada e il muro di un giardino; 5.6.2018; 11-25 ind.; E 706436, N 114532 ± 3 m; 212 m, LUG 20336 e LUG 20337 (Fig. 1).

*Gnaphalium pensylvanicum* è una pianta annuale con fusto



Figura 1: *Gnaphalium pensylvanicum* in fiore alle Isole di Brissago.

eretto, generalmente indiviso, alto 10-50 cm. È caratterizzato dalla forma spatolata-oblancoleolata delle foglie basali e lanceolato-spatolata delle caulinari, lunghe 2-7 cm e larghe 4-16 mm. Le pagine fogliari sono concolori o debolmente bicolori, la superiore glabrescente, l'inferiore pubescente-tomentosa. L'infiorescenza è composta da capolini riuniti in glomeruli, collocati alla base di foglie bratteali che superano in lunghezza i glomeruli. Questi ultimi sono disposti a formare una falsa spiga terminale fogliosa, a volte interrotta inferiormente e lunga 1-12 cm (Nesom, 2006; Banfi & Galasso, 2010). I capolini sono lunghi 3-5 mm, con un involucrio ragnateloso alla base. Gli acheni (cipsole), lisci e lunghi 0.4-0.5 mm, sono sormontati da un pappo di peli saldati in un anello basale, che si stacca come unità (Fig. 2); questa caratteristica permette di distinguere *G. pensylvanicum* dalle specie indigene di *Gnaphalium*, nelle quali le setole del pappo cadono separatamente (Greuter & Raus, 1999; Nesom, 2006). Il ricettacolo è profondamente concavo dopo la fruttificazione (Soldano, 2000). Questa specie, originaria del settore meridionale dell'America del Nord, dell'America centrale e del Sud, è ormai presente in tutti i continenti. In Europa è segnalata in Belgio, Francia, Germania, Italia, Portogallo, Regno Unito e Spagna (Soldano, 2000; Nesom, 2006; Verloove, 2016). Nella penisola italiana la specie è considera-



Figura 2: In *Gnaphalium pennsylvanicum* le setole del pappo che sorreggono l'achenio sono saldate in un anello basale e il ricettacolo maturo è profondamente concavo.

ta naturalizzata in Campania, Emilia-Romagna, Lazio, Lombardia, Piemonte, Puglia, Sicilia e Toscana (Soldano, 2000; Conti et al., 2005; Acta Plantarum, 2007a; Banfi & Galasso, 2010; Manni, 2012; Raab-Straube & Raus, 2015). Galasso & Banfi (2013) riportano una popolazione a Sesto Calende (Varese, Lombardia), in un prato in parte ombroso di un giardino privato. Osservata in Svizzera per la prima volta nel 2016 nel cantiere di un giardino nei pressi della stazione di Wiedikon (Canton Zurigo) (Info Flora, 2017b), la sua presenza è ora attestata anche in Ticino (vedi località sopra citate). La specie cresce in habitat ruderali, in genere parzialmente ombreggiati, della fascia planiziale e collinare, come marciapiedi, margini di aiuole, lastricati stradali, cantieri e giardini (Nesom, 2006; Banfi & Galasso, 2010). Fiorisce da giugno a settembre (Acta Plantarum, 2007a). Sull'Isola di Sant'Apollinare (la minore delle Isole di Brissago) le piante in agosto erano già in senescenza e i ricettacoli rilasciavano numerosi semi. Gli individui osservati sulle rive dell'Isola di San Pancrazio (la maggiore), a settembre erano invece ancora in piena fioritura. È probabilmente presente alle isole già da qualche anno (comunicazione personale, Mattia Boggia), dove può essere considerata naturalizzata. L'introduzione alle Isole di Brissago è accidentale, verosimilmente o per il tramite del flusso turistico oppure come erba compagna presente nei vasi delle piante importate per il giardino botanico (sia come individui vegetativi, sia come semi presenti nella terra), come già osservato in altre nazioni (Hoste et al., 2009; Banfi & Galasso, 2010). La specie ha un impatto irrilevante e non è dunque considerata dannosa (Banfi & Galasso, 2010).

***Oenanthe javanica* (Blume) DC., Apiaceae, finocchio acquatico di Giava**

*Oenanthe stolonifera* Wall. ex DC., *Sium javanicum* Blume  
Locarno, in un canale del Piano di Magadino; 15.9.2016; 1-10 ind.; E 711292, N 113823 ± 3 m; 195 m. Locarno, in un canale del Piano di Magadino; 15.9.2016; 26-50 ind.; E 711983, N 113829 ± 8 m; 196 m; LUG 20286 e 20287 (Fig. 3).

*Oenanthe javanica* è una pianta erbacea acquatica perenne, a fusto prostrato-ascendente o flottante, lungo fino a 80(-150) cm e con radici fibrose non ingrossate. Le foglie basali sono composte, con piccioli lunghi 3-25 cm e lamina lunga fino a 15 cm e larga fino a 10 cm, 1-2 pennata. Le foglioline sono ovali-romboidali, larghe 5-20 mm, lunghe 5-50 mm e a margine seghettato (Hiroe, 1979; Fading & Watson, 2005). La forma e la larghezza delle divisioni delle foglie basali permettono di distinguerla dalle specie indigene di *Oenanthe* (lanceolato-lineari in *O. aquatica*, *O. fistulosa*, *O. fluviatilis* e *O. peucedanifolia* e ovali-lanceolate, ma a margine intero, in *O. lachenalii*). Si distingue inoltre per le radici fibrose dalla specie atlantico-mediterranea *O. crocata* (presente in Italia e con radici tuberizzate; Hess et al., 1972). Le foglie caulinarie, simili per forma alle basali (omofille), sono più piccole e le superiori sono sessili, con lamina inserita direttamente sulla guaina. I fiori bianchi appaiono durante l'estate e sono riuniti in ombrelle composte. I frutti sono ovali, lunghi 1-2.5 mm e larghi 0.5-2 mm, con coste dorsali e laterali ispessite (Hiroe, 1979; Fading & Watson, 2005).

*Oenanthe javanica* cresce in acque poco profonde e colonizza le zone umide come paludi, prati inondati e sponde fangose di laghi, fiumi e fossi. La specie è originaria del sud-est asiatico e della regione indomalaysiana (Fading & Watson, 2005) e non tollera le basse temperature (< -1°C; Huxley et al., 1992).

Diversamente da altre specie estremamente tossiche dello stesso genere, *O. javanica* è commestibile. In Asia orientale è coltivata o raccolta in natura e comunemente utilizzata come verdura (Mabberley, 2009). In Nord America e in Europa è coltivata principalmente come pianta acquatica ornamentale (Huxley et al., 1992). La varietà decorativa "Flamingo", per esempio, è caratterizzata da foglie variegata, di colore verde, bianco crema o rosa pallido (Cullen, 2011). Questa specie è facile da moltiplicare mediante taglio dei fusti, divisione oppure propaggine (Huxley et al., 1992).

Neofita di recente introduzione a livello globale, è presente puntualmente negli Stati Uniti (GBIF, 2017). Nello stato del Missouri, per esempio, cresceva spontanea in un solo sito, ma in maniera molto abbondante e dominante: tenuto conto della sua elevata capacità di colonizzazione, per prevenire una possibile invasione questa popolazione è stata eliminata (Yatskievych



Figura 3: *Oenanthe javanica* in un canale del Piano di Magadino.

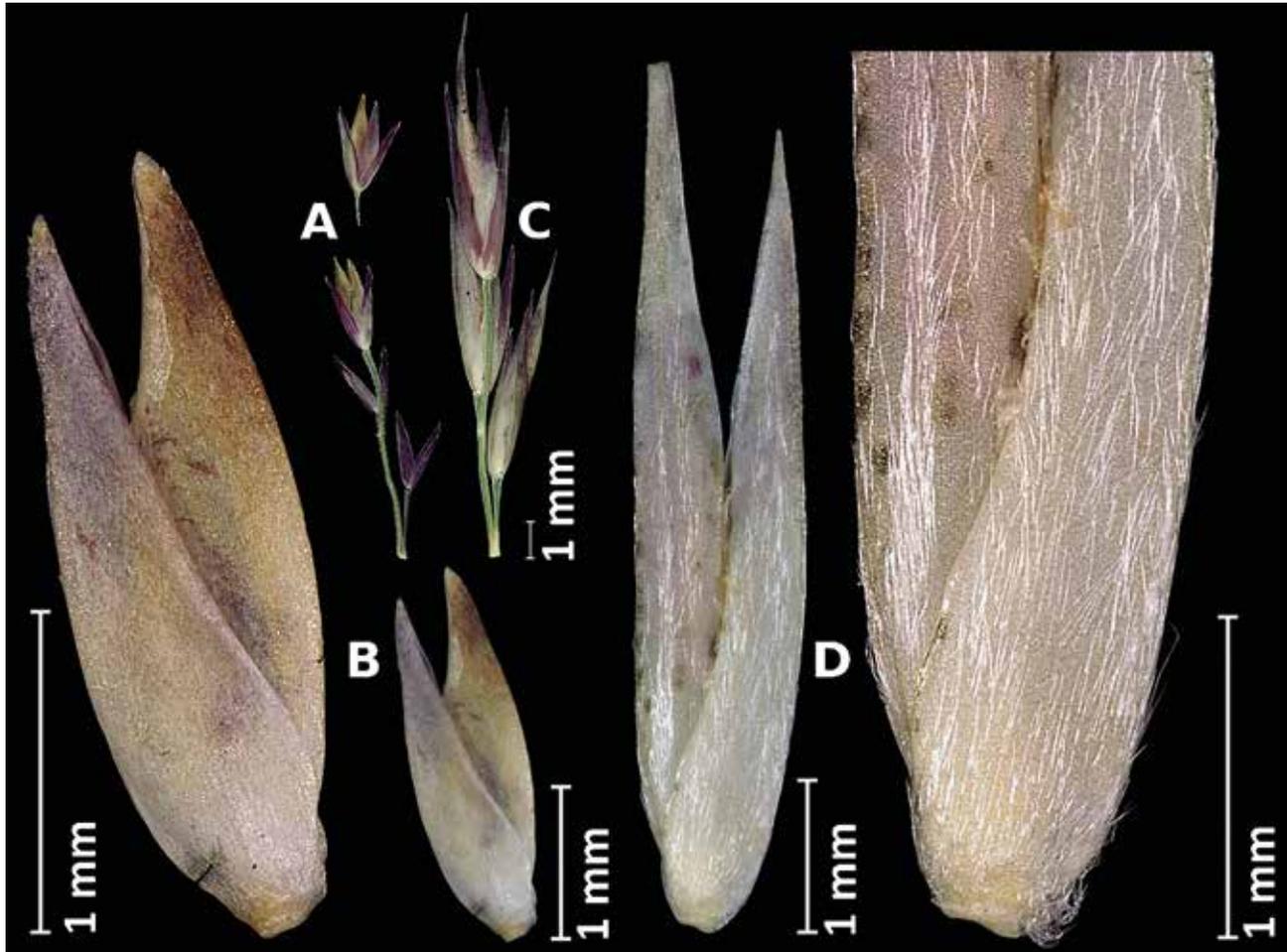


Figura 4: Dettagli morfologici delle spighe di *Sporobolus neglectus* (A e B, campione LUG 20281) e di *S. vaginiflorus* (C e D, campione LUG 13046). Caratteri diagnostici per distinguere le due specie: A, spighe di *S. neglectus* lunghe 2-3 mm; B, lembo glabro in *S. neglectus*; C, spighe di *S. vaginiflorus* lunghe 3-6 mm; D, lembo pubescente in *S. vaginiflorus*.

ch & Raveill, 2001). Per lo stesso motivo in Florida la coltivazione è stata regolamentata rigorosamente (Stephens, 2015). Anche in Asia orientale, dov'è indigena, può essere infestante nelle risaie (Xuan *et al.*, 2003). In Italia è nota un'unica stazione in Lombardia (a Casalpoglio), dove, per almeno 5 anni di seguito, è cresciuta rigogliosamente in un fosso (Banfi *et al.*, 2007). In Svizzera è stata rilevata per la prima volta nel 2016 sul Piano di Magadino, in un canale con acqua poco profonda e a scorrimento lento (Fig. 3), in due siti distanti ca. 700 m nei quali è stata osservata anche nel 2017, superando dunque l'inverno. Questo lascia supporre che, benché sensibile al gelo, sia in grado di superare inverni relativamente miti, come quello fra il 2016 e il 2017 che, a Sud della Alpi ha fatto registrare uno scarto positivo di 0,3-1,0°C sopra la temperatura media invernale (norma 1981-2010; MeteoSvizzera, 2017). Durante i sopralluoghi effettuati non sono mai stati osservati individui in fiore. Le ispezioni hanno però permesso di notare che gli sfalci della vegetazione del canale, che avvengono regolarmente, causano la frammentazione dei fusti e, per il tramite della corrente ne provocano la dispersione a valle. Dato che la specie si propaga facilmente per via vegetativa gli individui presenti in entrambi i siti appartengono probabilmente ad un unico clone. In Ticino può essere considerata subspontanea. Negli Stati Uniti è stata ipotizzata come via d'introduzione il commercio di ortaggi o di piante

aquatiche ornamentali, dove spesso è venduta con denominazioni errate (p. es. *O. fistulosa*; Oele *et al.*, 2015). Nel caso specifico il vettore d'introduzione è tuttavia ignoto, non sono infatti state rilevate coltivazioni o vendita della specie in Svizzera.

Data la presenza di specie rare e minacciate negli ecosistemi acquatici in cui *O. javanica* cresce (Bornand *et al.*, 2016), questa specie, a causa della sua concorrenzialità ed elevata capacità di dispersione vegetativa, potrebbe diventare problematica (Yatskievych & Raveill, 2001). Sebbene in Ticino la bassa intensità d'introduzione ("propagule pressure"; Lockwood *et al.*, 2005) e il clima con inverni rigidi siano fattori limitanti alla sua naturalizzazione, per evitare una diffusione, nel maggio 2018 è stata effettuata l'eliminazione preventiva degli individui presenti nel canale.

***Sporobolus neglectus* Nash, Poaceae, gramigna minore**

*Sporobolus ozarkanus* Fernald, *S. vaginiflorus* var. *neglectus* (Nash) Scribn.

Novazzano, ex-cava di argilla, radura nel bosco del Parco Valle della Motta; 12.9.2017; < 250 ind.; E 720683, N 78246 ± 3 m; 276 m; LUG 20281 (Fig. 4).

*Sporobolus neglectus* è una specie annuale alta 15-30 cm, a fusti gracili ed eretti, generalmente ramosi alla base e riuniti in ciuffi. Le guaine fogliari sono rigonfie, con ligula molto corta. Le lamine sono larghe 2-3 mm e

lunghe fino a 4 cm. La pannocchia, lunga 2-5 cm, è poco ramificata e organizzata in falsa spiga, completamente o parzialmente avvolta nella guaina fogliare. Le spighe sono uniflore, con glume lanceolate e subeguali (Pignatti, 1982; Hilty, 2017). *Sporobolus neglectus* si distingue da *S. vaginiflorus*, un'altra specie di graminia esotica molto simile e già presente in Svizzera, per le spighe più piccole (2-3 mm), il lemma glabro e i semi lunghi 1.2-1.8 mm (presso *S. vaginiflorus* le spighe sono lunghe 3-6 mm, il lemma è pubescente e i semi sono lunghi 1.8-2.7 mm; Fig. 4; Peterson et al., 2007). Benché queste due specie abbiano molti tratti in comune, condividano l'ecologia e, in passato, *S. neglectus* sia stata considerata una varietà di *S. vaginiflorus* (*S. vaginiflorus* var. *neglectus*; Banfi & Galasso, 2010; Ciardo et al., 2013), i caratteri citati sono considerati stabili e permettono di distinguere i due taxa in maniera consistente (Jogan, 2017).

Le due specie crescono su terreni ruderali secchi a umidità variabile, in particolare lungo le strade e le linee ferroviarie, ma anche in ambienti naturali, come le rive sabbiose dei fiumi (Peterson et al., 2007; Jogan, 2017); fioriscono da agosto fino a ottobre (Tinner, 2013).

*Sporobolus neglectus* è originario dell'America del Nord ed è presente in Europa già dalla metà del Novecento (in Austria, Croazia, Francia, Italia, Montenegro, Serbia, Slovenia e Ungheria; Aeschmann et al., 2004; Jogan, 2017). In Italia è in espansione ed è segnalato in Emilia-Romagna, Friuli-Venezia Giulia, Lombardia, Piemonte, Trentino-Alto Adige e Veneto (Conti et al., 2005; Acta Plantarum, 2007b). Nell'ottobre del 2000 *S. neglectus* è stato segnalato per la prima volta in Svizzera a Sennwald (SG), nel deposito esterno di una ditta, nei pressi della stazione ferroviaria di Salez/Sennwald (Moser et al., 2001). In seguito è stato trovato nel 2012 anche a Chexbres e a Aubonne (VD), dove cresce in popolazioni numerose (> 1'000 individui) lungo l'autostrada (Ciardo et al., 2013). In Ticino la specie è stata avvistata per la prima volta su una piccola superficie all'interno del Parco Valle della Motta a Novazzano, dove è riuscita a portare a termine con successo la produzione di semi, ciò che consente di considerarla subspontanea. In passato la zona è stata sfruttata come cava d'argilla e di recente è stata inserita in una zona protetta, caratterizzata principalmente da bosco planiziale di latifoglie. *Sporobolus neglectus* cresce in una piccola radura che, verosimilmente, dall'abbandono dell'attività estrattiva, è rimasta almeno parzialmente priva di vegetazione arborea-cespugliosa. La dispersione dei semi è generalmente riconducibile ad attività umane, quali l'impiego di miscele per l'inverdimento contaminate (Melzer, 1994), il trasporto con i macchinari impiegati per il taglio della vegetazione e lo spostamento dell'aria causato dai veicoli (Jogan, 2017). Nella fattispecie non è possibile stabilire la via d'introduzione che ha condotto la specie nella stazione rilevata.

*Sporobolus neglectus* possiede un'elevata capacità di colonizzazione (alta produzione di semi e ciclo biologico breve) e presenta un'ecologia simile a *S. vaginiflorus*, una specie considerata invasiva poiché minaccia la biodiversità delle comunità in cui si stabilisce (Banfi &

Galasso, 2010). Nonostante ciò, il suo impatto su ecosistemi naturali è probabilmente trascurabile poiché, a differenza di *S. vaginiflorus*, si tratta di una pianta esile, poco concorrenziale e a germinazione tardiva, che difficilmente può soppiantare la vegetazione autoctona (Tinner, 2013). È comunque probabile che la specie si espanda ulteriormente in Ticino o che sia già presente in altre località attribuite a *S. vaginiflorus*. Vista la dimensione ridotta della superficie occupata sarebbe opportuno, a titolo precauzionale, l'eliminazione della popolazione nell'ambito di programmi di gestione naturalistica previsti per tutta l'area del Parco Valle della Motta.

### ***Broussonetia papyrifera* (L.) Vent., Moraceae, gelso da carta**

*Morus papyrifera* L., *Smithiodendron artocarpioideum* Hu  
Porza, Cornaredo, Via Trevano, alla base di un muro della masseria di Cornaredo; 13.10.2008, 1 ind.; E 717832, N 98191 ± 3 m; 300 m; LUG 19191. Bellinzona, Pedevilla, Via Caratti, in un lembo prativo a ridosso del Torrente Guasta; 1.7.2009; 1 ind.; E 722048, N 115830 ± 10 m; 231 m. Croglio, Beride, in un muro di sostegno della strada; 4.9.2016; 1 ind.; E 708106, N 95334 ± 3 m; 471 m (Fig. 5).

*Broussonetia papyrifera* è una specie dioica, arbustiva o arborea, alta 10-20 m, decidua, a chioma larga e rametti densamente pubescenti. Le foglie sono stipolate, alterne, a lamina pubescente inferiormente e scabra superiormente, da largamente ovata a ellittico-ovata, intera o con 3-5 lobi, specie sugli individui giovani e sui polloni. Il picciolo è lungo 2-8 cm, la lamina ha base cordata e asimmetrica e apice acuminato, è lunga 6-18 cm e



Figura 5: *Broussonetia papyrifera* a Beride.

larga 5-9 cm, con margine grossolanamente seghettato. Gli amenti maschili sono lunghi 3-8 cm, con fiori privi di corolla a 4 stami e calice a 4 lobi. I fiori femminili sono raggruppati in un capolino globoso. Il frutto è un sincarpio globoso, rosso-arancio, con diametro di 1,5-3 cm (Banfi & Galasso, 2010; Zhengyi *et al.*, 1994).

Originaria dell'Asia orientale, *B. papyrifera* è autoctona in Cina, Cambogia, Corea, Giappone, Laos, Malesia, Myanmar, Thailandia, Vietnam e introdotta anticamente nelle isole polinesiane per l'utilizzo medicinale e della sua fibra (Barwick, 2004; Zhengyi *et al.*, 1994).

Introdotta come specie ornamentale e per l'industria cartiera, è altamente invasiva in India, Pakistan e negli Stati Uniti orientali (Wunderlin, 1997; CABI, 2018). In Italia è stata introdotta nella seconda metà del 18esimo secolo e si è naturalizzata alla fine del 19esimo secolo; è ora considerata invasiva e dannosa in Friuli-Venezia Giulia, Lombardia (per esempio in Provincia di Varese), Piemonte e naturalizzata nella maggior parte delle altre regioni salvo quelle più meridionali, dove la sua presenza è casuale (Banfi & Galasso, 2010; Celesti-Grappow *et al.*, 2010). Si propaga mediante polloni radicali e per dispersione dei semi da parte degli uccelli (CABI, 2018). Nel Giardino botanico delle Isole di Brissago si disperde soprattutto mediante barocoria (Guido Maspoli, comunicazione personale). Tuttavia, la propagazione nel Nord Italia avviene principalmente per via vegetativa ed è strettamente legata alle attività umane (piantagione o spostamento di suolo contaminato con radici). La fruttificazione è infatti un evento raro, perché di rado sono piantati individui maschili e femminili uno vicino all'altro (Banfi & Galasso, 2010). Una volta presente, questa pianta è difficile da eradicare a causa dell'abbondanza di polloni radicali, che possono svilupparsi anche da frammenti di radice (CABI, 2018).

Cresce a bassa altitudine in ambienti antropizzati, boschi termofili, lungo i corsi d'acqua (CABI, 2018) e talvolta penetra nei prati secchi (Banfi & Galasso, 2010). Oltre agli impatti negativi sulla biodiversità a causa dell'alta competizione con le specie indigene per l'acqua e la luce, il polline di *B. papyrifera* può provocare allergie (CABI, 2018). Raramente coltivata nei parchi in Svizzera, la prima presenza subsponanea di *B. papyrifera* nel comprensorio nazionale è stata osservata nel 1966 a Ginevra, alla quale si aggiungono diverse segnalazioni a Losanna nel 1997 e nel 2015, avventizia in un cantiere, a Basilea. Secondo i dati di Info Flora (2017b), la prima segnalazione ticinese risale al 1993, quando fu rinvenuta in un cespuglieto secondario a Lodrino. In seguito nel 2002, è stata rinvenuta in un cespuglieto ad Arbedo-Castione. Considerata specie avventizia e potenzialmente dannosa in Ticino (Schoenenberger *et al.*, 2014), è verosimile un'impennata delle presenze nel Cantone nel prossimo futuro, complice la presenza sempre più massiccia a ridosso delle frontiere cantonali. Per via del suo alto potenziale invasivo e per evitare un'ulteriore diffusione, raccomandiamo di evitare la piantagione per scopi ornamentali e, dove possibile, di eradicare gli individui presenti prestando particolare attenzione a rimuovere tutte le radici e controllando il sito negli anni successivi.



Figura 6: *Delosperma cooperi* in Sud Africa (foto: Philippe Giabbanelli; Wikimedia Commons; CC-BY-3.0).

***Delosperma cooperi* (Hook.) L. Bolus, Aizoaceae, erba cristallina di Cooper**

*Mesembryanthemum cooperi* Hook. f.

Vezia, spartitraffico della bretella autostradale Lugano Nord; 6.7.2003; 1 ind.; E 715777, N 98161 ± 10 m; 313 m. Tenero-Contra, spartitraffico dell'autostrada A 13; 10.9.2003; 1-10 ind.; E 708706, N 114907 ± 10 m; 197 m. Bellinzona, Carasso, spartitraffico dell'autostrada A 2; 7.6.2013; 1-10 ind.; E 721608, N 117818 ± 200 m; 228 m. Cresciano, scarpata e bordo strada tra la ferrovia e la strada cantonale; 24.11.2013; 11-25 ind.; E 720278, N 127596; ± 300 m; 260 m. Gudo, Ciosse Vecchie, Via Stradonino presso l'argine insommergiabile del Ticino, bordo strada; 19.7.2014; 1-10 ind.; E 716748, N 114307 ± 10 m; 210 m. Giubiasco, via del Piano, al margine della strada; 30.5.2018: < 250 ind.; E 720330, N 114700 ± 50 m; 222 m (Fig. 6).

*Delosperma cooperi* è una pianta suffruticosa perenne alta fino a 15 cm, che si estende in cuscinetti che raggiungono un diametro di 60 cm. Le foglie sono opposte, sessili, leggermente saldate fra di loro alla base, glabre, cilindriche, succulenti, glauche, papillose, lunghe fino a 3.5 cm e misurano fino a 6 mm di spessore. Gli internodi sono visibili, più corti delle foglie. I fiori sono organizzati in cime pauciflore, con un diametro massimo di 5 cm. I sepali sono da 4 a 6, spesso ineguali, i petali sono porpora vivo, gli stami sono eretti e l'ovario infero è suddiviso in 5 loculi. Il frutto è una capsula loculicida. Fiorisce da giugno a ottobre.

*Delosperma cooperi* è molto tollerante al calore e alla salinità del suolo e preferisce suoli ben drenati in piena luce. La propagazione avviene sia vegetativamente che per seme (Cullen *et al.*, 2011; Missouri Botanical Garden, 2018).

Originaria del Sud Africa e del Lesotho, è largamente commercializzata come pianta ornamentale e spesso consigliata quale alternativa non invasiva a *Carpobrotus edulis* N.E.Br. (Aizoaceae). Fuori dall'area d'origine è segnalata in poche decine di località, principalmente sulla costa pacifica degli Stati Uniti, in Italia e in Francia (GBIF, 2018). In Italia è considerata neofita casuale in Lombardia, Toscana, Valle d'Aosta e Veneto (Acta Plantarum, 2007c), mentre in Piemonte negli ultimi anni ha mostrato una decisa tendenza alla spontaneizzazione in prossimità dei luoghi di coltura (Soldano *et al.*, 2015). Secondo la banca dati di Info Flora (2017b), tutte le segnalazioni svizzere si riferiscono al Ticino, principalmente nel Locarnese, Bellinzonese, Riviera e Leventina. Segnalata fin dal 2001, dapprima in presenze casuali in prossimità di piante madri coltivate, si diffonde sempre più anche lontano da individui coltivati. Ha trovato ambienti propizi lungo bordi di strade cantonali e, soprattutto, nelle bande centrali vegetate di autostrade (vedi località citate sopra), dove occupa una nicchia caratterizzata dalla presenza di suoli salinizzati dallo spargimento di sale in inverno e dall'elevato riverbero di calore provocato dall'asfalto. La specie è considerata naturalizzata già nel 2014 (Schoenenberger *et al.*, 2014). Da allora, le segnalazioni di popolazioni lungo l'autostrada A13 nel Locarnese e l'A2 nel Bellinzonese si sono moltiplicate. In letteratura non sono state trovate indicazioni riguardo a una possibile invasività di *D. cooperi* e attualmente in Ticino la sua diffusione è limitata ad habitat antropici soggetti a un elevato stress ambientale (sicidità, calore e tenori di salinità elevati). Un impatto negativo su ambienti naturali sembrerebbe dunque poco plausibile.

## RINGRAZIAMENTI

Ringraziamo Monique Vilpert di Info Flora per gli estratti dalla banca dati nazionale, Stefan Eggenberg per la conferma della determinazione di *G. pennsylvanicum*, Laurent Gautier e Laurence Loze del Conservatoire et Jardin botaniques de Genève per l'invio di foto dei campioni d'erbario di *S. neglectus*, Mattia Boggia per il sostegno logistico alle Isole di Brissago, Rita Tognini, per la segnalazione di *G. pennsylvanicum* a Minusio, Martin Gossner dell'Istituto federale di ricerca per la foresta, la neve e il paesaggio WSL di Birmensdorf per l'utilizzo del microscopio digitale Leica DVM6 e Guido Maspoli per l'attenta revisione.

## BIBLIOGRAFIA

Acta Plantarum. 2007a in avanti. «Scheda IPFI *Gamochaeta pennsylvanica* (Willd.) Cabrera - Scheda IPFI, Acta Plantarum». [http://www.actaplantarum.org/flora/flora\\_info.php?id=3588&pid=1&p=3](http://www.actaplantarum.org/flora/flora_info.php?id=3588&pid=1&p=3) (ultima consultazione: 25.1.2018).

Acta Plantarum. 2007b in avanti. «Scheda IPFI *Sporobolus neglectus*, Acta Plantarum». [http://www.actaplantarum.org/flora/flora\\_info.php?id=7482](http://www.actaplantarum.org/flora/flora_info.php?id=7482) (ultima consultazione: 5.12.2017).

Acta Plantarum. 2007c in avanti. «Scheda IPFI *Delosperma cooperi* (Hook. f.) L. Bolus, Acta Plantarum». [http://www.actaplantarum.org/flora/flora\\_info.php?id=8740](http://www.actaplantarum.org/flora/flora_info.php?id=8740) (ultima consultazione 10.2.2018).

Aeschmann D., Lauber K., Moser D.M. & Theurillat J.-P. 2004. Flora Alpina, Band 2, Gentianaceae-Orchidaceae. Bern, Haupt Verlag, 1188 pp.

Banfi E., Prosser F. & Galasso G. 2007. Notula: 1309. In: Conti F., Nepi C. & Scoppola A. (eds.): Notulae alla checklist della flora vascolare italiana: 3 (1267-1310). Informatore Botanico Italiano, Firenze, 39: 251-252.

Banfi E. & Galasso G. 2010. La flora esotica Lombarda. Milano, Museo di Storia Naturale di Milano, 273 pp.

Barwick M. 2004. Tropical and Subtropical Trees: An Encyclopedia. Thames and Hudson, London, 484 pp.

Bornand C., Gygax A., Juillerat P., Jutzi M., Möhl A., Rometsch S., Sager L., Santiago H., Eggenberg S. 2016. Lista Rossa Piante vascolari. Specie minacciate in Svizzera. Berna, Ufficio federale dell'ambiente e Ginevra, Info Flora. Pratica ambientale n. 1621: 178 pp.

CABI 2018. Invasive Species Compendium. Detailed coverage of invasive species threatening livelihoods and the environment worldwide. Datasheet on *Broussonetia papyrifera* (paper mulberry). <https://www.cabi.org/isc/datasheet/10017> (ultima consultazione 10.2.2018).

Celesti-Grapow L., Pretto F., Carli E. & Blasi C. 2010. Flora vascolare alloctona e invasiva delle regioni d'Italia. Casa Editrice Università La Sapienza, Roma, 208 pp.

Ciarlo F., Hoffer-Massard F. & Bornand C. 2013. Notes floristiques vaudoises 2012. Bulletin du Cercle vaudois de botanique, 42: 112-135.

Conti F., Abbate G., Alessandrini A. & Blasi C. 2005. An annotated Checklist of the Italian vascular flora. Palombi Editori, Roma, 420 pp.

Cullen J., Knees G. S. & Cubey H. S. 2011. The European garden flora, flowering plants: A manual for the identification of plants cultivated in Europe, both out-of-doors and under glass (2nd ed.). Cambridge, Cambridge University Press, volume 6, 619 pp.

Fading P. & Watson M.F. 2005. 61. *Oenanthe* Linnaeus. In: Flora of China Editorial Committee (Ed.), Flora of China, 14 (Apiaceae-Ericaceae): 130-132. Science Press, Beijing, and Missouri Botanical Garden Press, St. Louis. [http://www.efloras.org/florataxon.aspx?flora\\_id=2&taxon\\_id=200015685](http://www.efloras.org/florataxon.aspx?flora_id=2&taxon_id=200015685) (ultima consultazione 28.1.2018).

Flora of North America Editorial Committee 1993+. Flora of North America North of Mexico. 20+ vols. New York and Oxford. <http://floranorthamerica.org> (ultima consultazione 5.12.2017).

Frey D., Selldorf P., Persico A., Breunig T. & Schoeneberger N. 2015. Origine, introduzione e grado di naturalizzazione di nove nuove specie vegetali per la Svizzera. Bollettino della Società Ticinese di Scienze Naturali, 103: 19-28.

Galasso G. & Banfi E. 2013. Notulae ad plantas advenas longobardiae spectantes: 4 (209-262). Notula 210. Pagine Botaniche, 37: 39-66.

GBIF. 2017. *Oenanthe javanica* (Blume) DC. In: GBIF Secretariat. GBIF Backbone Taxonomy. Checklist Dataset <https://www.gbif.org/species/5371886> (ultima consultazione 28.2.2018).

GBIF. 2018. *Delosperma cooperi* (Hook.) L. Bolus. In: GBIF Secretariat. GBIF Backbone Taxonomy. Checklist Dataset <https://www.gbif.org/species/8078333> (ultima consultazione 10.2.2018).

Greuter W. & Raus T. 1999. Med-Checklist Notulae, 18. Willdenowia, 29: 51-67.

- Hess H.E., Landolt E. & Hirzel R. 1972. Flora der Schweiz und angrenzender Gebiete, Band 2. Basel, Birkhäuser, 956 pp.
- Hilty J. 2017. Illinois Wildflowers. *Sporobolus neglectus*. [http://www.illinoiswildflowers.info/grasses/plants/sm\\_dropseed.htm](http://www.illinoiswildflowers.info/grasses/plants/sm_dropseed.htm) (ultima consultazione 5.12.2017).
- Hiroe M. 1979. Umbelliferae of world. Tokyo, Ariake Book Company, 2128 pp.
- Hoste I., Verloove F., Nagels C., Andriessen L. & Lambinon J. 2009. De adventievenflora van in België ingevoerde mediterrane containerplanten (Alien plant species associated with the importation of Mediterranean container plants to Belgium). *Dumortiera*, 97: 1-16.
- Huxley A.J., Griffiths M. & Levy M. 1992. The new Royal Horticultural Society Dictionary of Gardening. London, Volume 3. London, Macmillan Press, 790 pp.
- Info Flora, Centro nazionale di dati e informazioni sulla flora svizzera. 2016-2017. FlorApp, versione 1.4.
- Info Flora, Centro nazionale di dati e informazioni sulla flora svizzera. 2017a. Checklist 2017 – Checklist und Synonymindex der Schweizer Flora und der angrenzenden Gebiete. <https://www.infoflora.ch/it/dati/checklist.html>.
- Info Flora, Centro nazionale di dati e informazioni sulla flora svizzera. 2017b. Estrazione dati Info Flora 4.12.2017 (*Broussonetia papyrifera*, *Gnaphalium pennsylvanicum*, *Oenanthe javanica*, *Sporobolus neglectus*) e 12.1.2018 (*Delosperma cooperi*).
- Jogan N. 2017. Spread of *Sporobolus neglectus* and *S. vaginiflorus* (Poaceae) in Slovenia and neighbouring countries. *Botanica Serbica* 41: 249-256.
- Lauber K. & Wagner G. 2012. Flora Helvetica. 4a edizione. Bern, Haupt, 1656 pp.
- Lockwood J.L., Cassey P. & Blackburn T. 2005. The role of propagule pressure in explaining species invasions. *Trends in Ecology & Evolution*, 20: 223-8.
- Mabberley D. J. 2009. Mabberley's Plant-Book: a portable dictionary of plants, their classifications and uses (3rd edition). Cambridge, Cambridge University Press, 1021 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.
- Manni Q.G. 2012. *Gamochoeta pennsylvanica* (Willd.) Cabrera. Una nuova Asteracea nel Salento centro meridionale. In: *Acta Plantarum notes - IV Raduno Acta Plantarum*: 33-35.
- MeteoSvizzera. 2017. Bollettino del clima Inverno 2016/2017. Locarno-Monti.
- Melzer H. 1994. *Sporobolus neglectus* NASH, ein neues Gras in der Flora Österreichs, und Funde weiterer bemerkenswerter Blütenpflanzen in Kärnten. *Carinthia II*, 184/104: 499-513. Missouri Botanical Garden, 2018. *Delosperma cooperi* <http://www.missouribotanicalgarden.org/PlantFinder> (ultima consultazione 10.2.2018).
- Moser D.M., Käsermann C., Palese R., Bäumler B., Gyax A. & Wyler N. 2001. Fortschritte in der Floristik der Schweizer Flora (Gefäßpflanzen), mit Berücksichtigung der an die Schweiz angrenzenden Gebiete. 61. Folge (Berichtsjahre 1999-2000). *Botanica Helvetica*, 111: 87-106.
- Nesom G.L. 2006. *Gamochoeta*. In: Flora of North America Editorial Committee, eds. 1993+. Flora of North America North of Mexico. 20+ vols. New York and Oxford. Vol. 19, pp. 431-437. [http://www.efloras.org/florataxon.aspx?flora\\_id=1&taxon\\_id=113220](http://www.efloras.org/florataxon.aspx?flora_id=1&taxon_id=113220) (ultima consultazione 25.1.2018).
- Oele D.L., Wagner K.L., Mikulyuk A., Seeley-Schreck C. & Hauxwel J.A. 2015. Effecting compliance with invasive species regulations through outreach and education of live plant retailers. *Biological Invasions*, 17: 2707-2716.
- Peterson P.M., Hatch S.L. & Weakley A.S. 2007. *Sporobolus* R. Br. In: Barkworth M.E., Anderson L.A., Capels K.M., Long S. & Piep M.B. (eds). Manual of grasses for North America. Logan, Utah, Intermountain Herbarium and Utah State University Press: 212-217.
- Pignatti S. 1982. Flora d'Italia. Bologna, Edizioni Agricole, 3 vol., 790 + 732 + 80 pp.
- Raab-Straube E. von & Raus T. 2015. Euro+Med-Checklist Notulae, 5 [Notulae ad floram euro-mediterraneam pertinentes 34]. *Willdenowia*, 45: 449-464.
- Schoenenberger N., Bellosi B., Medici E., Gobbin T. & Giorgetti Francini P. 2011. Osservazioni floristiche in ambienti antropici disturbati in Ticino: specie nuove per la Svizzera. *Bollettino della Società Ticinese di Scienze Naturali*, 99: 63-68.
- Schoenenberger N., Röthlisberger J. & Carraro G. 2014. La flora esotica del Cantone Ticino (Svizzera). *Bollettino della Società Ticinese di Scienze Naturali*, 102: 13-30.
- Schoenenberger N. 2015. Piante alloctone invasive, rilevamento precoce – risposta immediata. Berna, Commissione federale per la sicurezza biologica CFSB, 38 pp.
- Soldano A. 2000. Dati su specie esotiche della flora italiana nuove o rare. *Natura bresciana. Annali del Museo Civico di Scienze Naturali di Brescia*, 32: 69-75.
- Soldano A., Bouvet D., Calbi M. & Verloove F. 2015. 682. *Delosperma cooperi* (L.) Boulet (Aizoaceae). In: Selvaggi A., Soldano A., Pascale M. & Dellavedova R. (eds.). Note floristiche piemontesi n. 604-705. *Rivista piemontese di Storia naturale*, 36: 275-340.
- Stephens J.M. 2015. Water Celery - *Oenanthe javanica* D.C. or *O. stolonifera* Wall. Fact sheet. The Institute of Food and Agricultural Sciences (IFAS). <http://edis.ifas.ufl.edu/pdffiles/MV/MV14900.pdf> (ultima consultazione 28.1.2018).
- The Plant List. 2010. Version 1. A working list of all plant species. <http://www.theplantlist.org>.
- Tinner U. 2013. Zwei neue Grasarten im St. Galler Rheintal: *Sporobolus vaginiflorus* und *Sporobolus neglectus*. *Bauhinia*, 24: 53-56.
- Verloove F. 2016. *Gamochoeta pennsylvanica*. In: Manual of the Alien Plants of Belgium. Botanic Garden of Meise, Belgium. <http://alienplantsbelgium.be/content/gamochoeta-pennsylvanica#> (ultima consultazione 5.12.2017).
- Wunderlin R.P. 1997. *Broussonetia*. In: Flora of North America Editorial Committee, eds. 1993+. Flora of North America North of Mexico. 20+ vols. New York and Oxford. Vol. 3. [http://www.efloras.org/florataxon.aspx?flora\\_id=1&taxon\\_id=200006341](http://www.efloras.org/florataxon.aspx?flora_id=1&taxon_id=200006341) (ultima consultazione 12.2.2018).
- Xuan T.D., Tsuzuki E., Terao H., Matsuo M., Khanh T.D., Murayama S. & Hong N.H. 2003. Alfalfa, rice by-products and their incorporation for weed control in rice. *Weed biology and management* 3: 137-144.
- Yatskiyevych, G. & Raveill, J.A. 2001. Notes on the increasing proportion of non-native angiosperms in the Missouri flora, with reports of three new genera for the state. *SIDA, contributions to botany* 19: 701-709.
- Zhengyi W., Raven P.H. & Deyuan H. 1994. Flora of China. Beijing, Science Press & St. Louis, Missouri Botanical Garden [http://www.efloras.org/flora\\_page.aspx?flora\\_id=2](http://www.efloras.org/flora_page.aspx?flora_id=2) (ultima consultazione 28.1.2018).

# Dinamica evolutiva di *Prunus serotina* Ehrh. nei boschi del Canton Ticino

Marco Conedera<sup>1</sup>, Nicola Calanca<sup>1</sup>, Giorgia Frei<sup>1</sup>, Ivo Ceschi<sup>2</sup>, Eric Gehring<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Istituto Federale di Ricerca per la Foresta, la Neve e il Paesaggio, Gruppo di ricerca Ecosistemi Insubrici, a Ramél 18, CH-6593 Cadenazzo

<sup>2</sup> CH-6592 S. Antonino

marco.conedera@wsl.ch

**Riassunto:** La dinamica evolutiva dei popolamenti di *Prunus serotina* in Canton Ticino è stata valutata rivisitando 30 siti (10 con presenza scarsa, 10 media e 10 abbondante) recensiti negli anni 1990. Il *P. serotina* conferma la sua tendenza a mal sopportare la concorrenza di specie forestali intermedie e finali in grado di costituire popolamenti tendenzialmente scuri. Aumenta invece la sua presenza in concomitanza con altre specie pioniere. La rinnovazione è favorita dalla presenza di margini boschivi e di una lettiera non troppo spessa. La scarsa capacità di colonizzare zone aperte sembra sfavorire una diffusione su larga scala di questa neofita, i cui centri di presenza sono sostanzialmente ancora limitati alle aree in cui era molto diffusa la pratica di cacciagione agli uccelli migratori per il tramite dei roccoli.

**Abstract:** The population dynamic of the Black Cherry (*Prunus serotina*) stands of Canton Ticino has been analyzed by revisiting 30 sites (10 with scarce, 10 with medium and 10 with abundant presence of the species, respectively) inventoried in the 1990s. The Black cherry confirms to regress in presence of late-successional tree species forming very dark stands. Its regeneration takes advantage from the forest edge while suffering deep litter layers. A large scale spread of the species seems to be hampered by the scarce aptitude of Black Cherry to colonize open areas. As a consequence its diffusion is still related to the areas of former migratory bird hunting activities through the construction of bird-attracting facilities (it. Roccoli).

## INTRODUZIONE

Nei secoli e millenni passati la vegetazione del Canton Ticino (come d'altronde di tutto il continente Europeo) ha subito importanti cambiamenti in seguito alle attività umane di introduzione (volontaria o involontaria) di specie non originarie del territorio e da considerare quindi esotiche (Tinner *et al.*, 1999; Kowarik, 2003). Secondo le recenti stime di Schoenenberger *et al.* (2014) i taxa di flora esotica accertati in Ticino sono 467, pari al 19.5% della flora totale. Di questi, 96 (20.6% della flora esotica) sono da considerare ormai naturalizzati, vale a dire in grado di mantenersi spontaneamente sul territorio senza l'intervento umano, mentre 92 (19.7%) hanno già superato questo stadio e manifestano attualmente la tendenza a diffondersi spontaneamente su aree significative, tanto da essere ritenuti invasivi *sensu* Schoenenberger *et al.* (2014).

Particolarmente rilevanti a livello ecologico sono in questo contesto le specie legnose, in grado di vivere molto a lungo e rappresentare una cospicua parte della biomassa degli ecosistemi. Corrispondentemente grande è il loro impatto sulla vegetazione (van Wilgen & Richardson, 2014), sulle caratteristiche del terreno (proprietà chimiche, bilancio idrico, pedofauna ecc., Zanelli *et al.*, 2006), ma anche sul paesaggio nel suo insieme (Caplat *et al.*, 2014). In Ticino sono 18 le specie legnose segnalate come invasive e potenzialmente dannose, anche se solo per quattro di queste Schoenenberger *et al.* (2014) indicano un'evidenza di danno: la mimosa (*Acacia dealbata* Link), l'ailanto (*Ailanthus altissima* (Mill.)

Swingle), il falso indaco (*Amorpha fruticosa* L.) e il kudzu (*Pueraria lobata* (Willd.) Ohwi). La Robinia (*Robinia pseudoacacia* L.) e il prugnolo tardivo (*Prunus serotina* Ehrh.), invece, che assieme alla mimosa e all'ailanto sono considerati tra le più problematiche in Europa (Brunel *et al.*, 2010; Sitzia *et al.*, 2016), vengono classificate solo come potenzialmente dannose (Tab. 1).

Se per la robinia esiste in Svizzera, come in Europa, un vivace dibattito sul possibile ruolo selvicolturale e il potenziale impatto negativo della specie sugli ecosistemi colonizzati (Malvolti *et al.*, 2003; Mühlethaler, 2010; Engel, 2015; Vitkova *et al.*, 2017, 2018), praticamente inesistente è il dibattito sulla situazione del prugnolo tardivo (Conedera & Schoenenberger, 2014), complice anche la sua quasi totale assenza al nord delle Alpi, dove la specie è stata introdotta in rari casi e solo a scopi ornamentali (Nobis, 2008; Rometsch, 2014; Fig. 1) e dove non esistono grandi estensioni di aree con substrati acidi e colonizzati da boschi radi e luminosi, habitat particolarmente recettivi alla specie. Sostanzialmente diversa invece la situazione in Canton Ticino, dove Ceschi (1992) documenta già all'inizio degli anni 1990 l'esistenza di una settantina di siti con una presenza subspontanea di *P. serotina*, in parte costituiti da gruppi di prugnoli in grado di dominare il piano superiore del popolamento forestale. L'autore conclude segnalando il comportamento aggressivo della specie e suggerendo un monitoraggio costante della dinamica evolutiva di questa neofita. Nei circa 25 anni trascorsi da questo monitoraggio non vi sono state per la verità segnalazioni di una ulteriore e incontrollata diffusione

della specie sul territorio cantonale o nazionale, come è invece stato il caso per esempio dell'ailanto (Conedera *et al.*, 2014), ma in realtà nulla si sa sull'evoluzione dei popolamenti segnalati da Ceschi (1992).

In questo studio abbiamo quindi rivisitato 30 siti segnalati in Ceschi (1992) al fine di valutare la dinamica evolutiva della specie in funzione delle caratteristiche delle formazioni forestali in cui è presente.

## MATERIALI E METODI

### Il prugnolo tardivo

Il prugnolo tardivo (*Prunus serotina* Ehrh.) ha origine nella parte orientale degli Stati Uniti e rappresenta l'esponente di dimensioni più grosse del genere *Prunus* del continente nordamericano (Marquis, 1990). La specie cresce su diversi tipi di suolo, anche se predilige i substrati acidi, e in consociazione con molte specie forestali. È ritenuta una specie opportunista, intollerante all'ombra, ma che sfrutta la presenza di pre-rinnovazioni per svilupparsi rapidamente al momento della formazione di buche e radure che si aprono all'interno dei popolamenti in seguito a disturbi (Auclair & Cottam, 1971; Marquis, 1990). In assenza di pre-rinnovazioni raramente la specie colonizza zone aperte ed esposte alla piena luce.

Il prugnolo è in grado di fruttificare e produrre semi viabili anche in soprassuoli relativamente densi, ma una copertura totale ne preclude lo sviluppo e la produzione di semi (Closset-Kopp *et al.*, 2007). Questi ultimi possono mantenere intatta la loro capacità germinativa anche per più anni dopo aver superato il periodo di dormienza durante la prima stagione invernale (Marquis, 1990). La maggior parte di frutti e semi (80%) viene dispersa per gravità intorno all'albero madre (15-18 m), mentre la restante parte viene trasportata su lunghe distanze da uccelli e mammiferi (Pairen *et al.*, 2006). Grazie all'alto tasso di germinazione, la produzione di nuove plantule è costante ogni anno (Closset-Kopp *et al.*, 2007). Nei primi due anni i semenzali si sviluppano bene anche in condizioni di ombra, mostrando una notevole plasticità morfologica nella crescita (Gottschalk, 1994; Paquette *et al.*, 2007). Dopo questa fase iniziale, però, i semenzali che rimangono sotto copertura e in assenza di luce hanno una speranza di vita media che non supera i 5 anni (Marquis, 1990). Il continuo apporto di nuovi semi garantisce comunque il ricambio delle plantule, ciò che permette il mantenimento dinamico di una pre-rinnovazioni sotto forma di banca di semenzali (Vanhellemont *et al.*, 2010). Il potenziale di riproduzione ed espansione della specie è inoltre accresciuto dall'alta capacità di produrre riscoppi polloniferi sia dal ceppo che dalle radici, strategia che contribuisce alla prolungata sopravvivenza della specie in condizioni di ombreggiamento e che al momento della messa in luce permette ai polloni di crescere molto rigogliosi (Closset-Kopp *et al.*, 2007).

Il prugnolo tardivo è stata una delle prime specie americane a essere stata introdotta in Europa. La sua coltivazione per scopi ornamentali è documentata già nel 1623 in Francia, nel 1629 in Inghilterra, nel 1685 in

Tabella 1: Specie invasive legnose o pseudo-legnose con potenziale di danno in Canton Ticino.

Portamento	Specie	Danno	
		Accertato	Potenziale
albero	<i>Acacia dealbata</i> Link	X	
	<i>Ailanthus altissima</i> (Mill.) Swingle	X	
	<i>Cinnamomum glanduliferum</i> (Wall.) Meisn.		X
	<i>Paulownia tomentosa</i> (Thunb.) Steud.		X
	<i>Prunus serotina</i> Ehrh.		X
	<i>Robinia pseudoacacia</i> L.		X
arbusto	<i>Amorpha fruticosa</i> L.	X	
	<i>Buddleja davidii</i> Franch.		X
	<i>Laurus nobilis</i> L.		X
	<i>Mahonia bealei</i> Fortune		X
	<i>Prunus laurocerasus</i> L.		X
	<i>Rhus typhina</i> L.		X
	<i>Rosa multiflora</i> Thunb.		X
liana	<i>Akebia quinata</i> (Houtt.) Decne.		X
	<i>Lonicera japonica</i> Thunb.		X
	<i>Parthenocissus inserta</i> (A.Kern.) Fritsch.		X
	<i>Pueraria lobata</i> (Willd.) Ohwi	X	
	<i>Vitis riparia</i> Michx. x <i>V. rupestris</i> Scheele		X

Fonte: Schoenenberger *et al.* (2014)

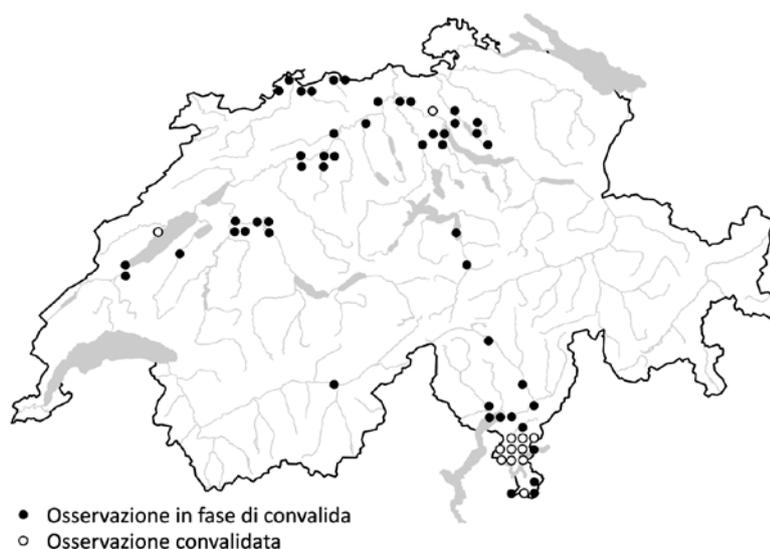


Figura 1: Diffusione attuale del prugnolo tardivo (*Prunus serotina*) in Svizzera secondo InfoFlora ([www.infoflora.ch](http://www.infoflora.ch), sito consultato in gennaio 2018).

Germania e nel 1740 in Belgio e in Olanda (Starfinger et al., 2003). A partire dall'inizio del 20° secolo *P. serotina* è stato utilizzato su vasta scala in Belgio, Olanda e Germania come specie accessoria e miglioratrice del suolo nelle piantagioni di pino e larice su terreni sabbiosi e poco fertili (Verheyen et al., 2007; Vanhellemont et al., 2011). La capacità della specie di formare rigogliosi tappeti di ricacci nel sottobosco, impedendo la normale gestione e rinnovazione delle piantagioni, e la sua tendenza a invadere ecosistemi pregiati quali le torbiere, i prati magri e le brughiere hanno ben presto trasformato la sua percezione da utile specie forestale ausiliaria a specie invasiva da combattere (Starfinger et al., 2003). La lotta al prugnolo tardivo è un approccio che ha dato scarsi risultati, ma che a tutt'oggi fatica ad essere abbandonato (Nyssen et al., 2018).

In Ticino il prugnolo tardivo è stato introdotto più tardi rispetto al resto d'Europa e, soprattutto, non è mai stato utilizzato su vasta scala in piantagioni forestali (Ceschi, 1992). Sono infatti pochi i progetti di rimboscimento con *P. serotina* conosciuti sul territorio: il progetto di rimboscimento del 1913 di Canedo presso Sonvico, dove il prugnolo è stato utilizzato assieme a numerose altre specie autoctone ed esotiche nell'ambito di un progetto di sistemazione idraulica (Pometta, 1919), il piccolo gruppo di prugnolo messo a dimora a Copera (Sant'Antonino) all'inizio degli anni 1960 nell'ambito del rimboscimento sperimentale per la ricerca di specie sostitutive al castagno minacciato dall'avvento in Europa del cancro corticale (Buffi, 1987), i sei singoli esemplari di Cima Pianca e dell'Alpe Paz a Novaggio e la piantagione della Collina di San Giorgio a Neggio-Vernate nel Malcantone (Ceschi, 1992; Fig. 2). La scarsa qualità degli esemplari cresciuti nella piantagione di Copera ha probabilmente scoraggiato gli addetti ai lavori a puntare su *P. serotina* quale specie di rimboscimento nella fascia castanile (Buffi, 1987). Molto più successo ha avuto il prugnolo, assieme ad altre specie come l'albero di Sant'Andrea (*Diospyrus lotus* L.), quale specie per adescare uccelli frugivori nei pressi dei roccoli (Ceschi, 1992).

Sono praticamente da questi impianti e da altri possibili (ma non documentati) esemplari ornamentali sparsi sul territorio che ha avuto origine la popolazione subspontanea descritta da Ceschi (1992) nel suo monitoraggio nei boschi del Cantone di inizio anni 1990 (Fig. 2).

### Corrispondenza geografica con la presenza di roccoli

Al fine di verificare l'ipotesi di un legame tra diffusione attuale del *P. serotina* e presenza di roccoli sul territorio, abbiamo proceduto alla georeferenziazione delle informazioni disponibili sulla presenza di roccoli nel Canton Ticino. Abbiamo in particolare proceduto a localizzare con precisione i roccoli descritti come ancora esistenti da Bianconi (1976), distinguendoli da quelli riportati solo come rovine o toponimi. La categoria dei toponimi è poi stata completata attingendo alle pubblicazioni delle collane del Repertorio Toponomastico Ticinese. La corrispondenza geografica tra presenza di *P. serotina* e roccoli è stata analizzata calcolando la distanza minima tra i popolamenti spontanei (non dovuti a piantagio-

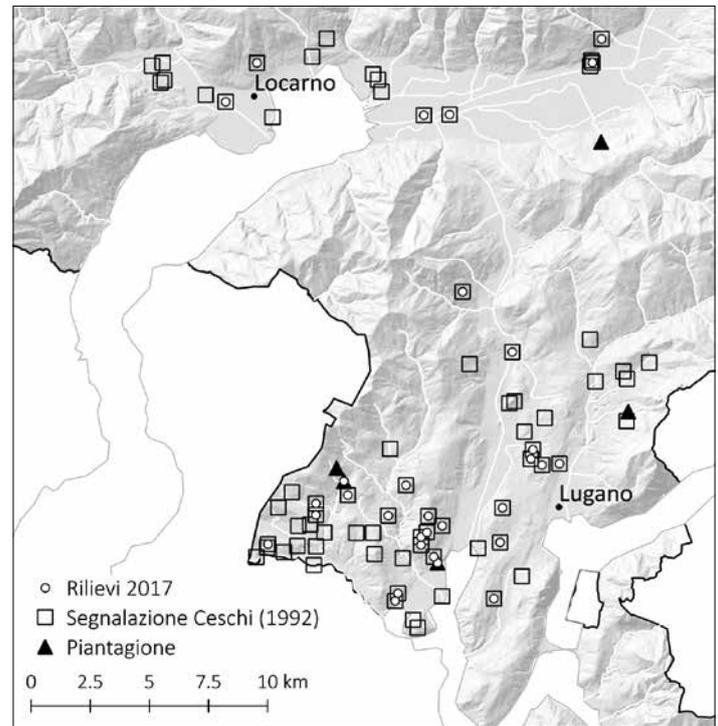


Figura 2: Siti con presenza di prugnolo tardivo (*Prunus serotina*) secondo il rilievo di Ceschi (1992) e indicazione dei popolamenti monitorati nel presente studio.

ni nell'ambito di progetti forestali) riportati in Ceschi (1992) e i roccoli ancora esistenti nel 1970, rispettivamente i toponimi riferiti a Roccoli ancora conosciuti. Quale termine di confronto è stato generato all'interno del territorio ecologicamente adatto alla specie (vale a dire terreni fertili al di sotto di una quota di 800 m s.l.m.) un numero di punti distribuiti casualmente pari al numero di popolamenti di *P. serotina* recensiti.

### Rilievo 2017 dei siti con presenza di *Prunus serotina*

Nella primavera 2017 sono stati scelti 30 popolamenti dall'elenco dei siti con presenza di *P. serotina* riportati in Ceschi (1992), avendo cura di distribuirli in modo equo in funzione dell'abbondanza della specie negli anni 1990, vale a dire: 10 siti dove *P. serotina* è stato definito scarso, 10 siti con presenza discreta e 10 siti con presenza abbondante (Tab. 2; Fig. 2).

In ognuno dei 30 siti selezionati la localizzazione dei rilievi effettuati da Ceschi (1992) è stata ricostruita con la massima precisione possibile. All'interno del sito così definito si è delimitata un'area di saggio quadrata di 10 x 10 m rappresentativa del popolamento con presenza di *P. serotina*. Il sito è dapprima stato caratterizzato dal punto di vista della giacitura (quota, pendenza, esposizione, coordinate) e della stazione (microtopografia, presenza di rocce affioranti, vicinanza da corsi d'acqua). All'interno dell'area di saggio sono poi state rilevate tutte le specie legnose con Diametro a Petto d'Uomo (DPU)  $\geq 4$  cm e annotati lo spessore della lettiera e le evidenze di eventuali disturbi quali danni da vento, incendio, margine boschivo, interventi selvicolturali, danni da selvaggina, presenza di ruscelli o di radure. Per gli esemplari di *P. serotina* al di sotto della soglia di cavallettamento si è inoltre proceduto a una stima

Tabella 2: Conversione delle stime di abbondanza proposte da Ceschi (1992) in classi di frequenza utilizzate in questo studio.

Ceschi (1992)	Rilievo 2017	Classi di abbondanza
–	assenza	Assenza
Semenzali	Presenza nello strato erbaceo	Scarsa
Singolo esemplare giovane		
Alcuni giovani esemplari		
Singolo esemplare adulto	Presenza scarsa negli strati arbustivi e arborei	Scarsa
Alcuni esemplari adulti		
Discreta	Presenza discreta negli strati arbustivi e arborei	Discreta
Abbondante	Presenza abbondante negli strati arbustivi e arborei	Abbondante

Tabella 3: Classificazione delle specie legnose presenti nelle aree di saggio in funzione delle loro caratteristiche sinecologiche.

<b>Specie pioniere</b>	<i>Alnus glutinosa</i> , <i>Betula pendula</i> , <i>Cytisus scoparius</i> , <i>Larix decidua</i> , <i>Pinus sylvestris</i> , <i>Platanus occidentalis</i> , <i>Populus tremula</i> , <i>Quercus rubra</i> , <i>Robinia pseudoacacia</i>
<b>Specie intermedie</b>	<i>Acer platanoides</i> , <i>Acer pseudoplatanus</i> , <i>Castanea sativa</i> , <i>Corylus avellana</i> , <i>Crataegus monogyna</i> , <i>Fraxinus excelsior</i> , <i>Juglans regia</i> , <i>Picea abies</i> , <i>Prunus avium</i> , <i>Prunus padus</i> , <i>Quercus petraea</i> , <i>Rhamnus frangula</i> , <i>Sorbus aria</i> , <i>Sorbus aucuparia</i> , <i>Sorbus nigra</i>
<b>Specie finali</b>	<i>Carpinus betulus</i> , <i>Fagus sylvatica</i> , <i>Ilex aquifolium</i> , <i>Laurus nobilis</i> , <i>Pseudotsuga menziesii</i> , <i>Tilia cordata</i> , <i>Trachycarpus fortunei</i> , <i>Ulmus glabra</i>

della loro presenza a livello di strato erbaceo e arbustivo, mentre una stima dell'abbondanza generale di *P. serotina* a livello di tutta l'area di saggio è stata ripetuta secondo la classificazione adottata da Ceschi (1992).

Il grado di copertura e la mescolanza delle specie (%) sono infine state stimate separatamente per lo strato arboreo e arbustivo, sia a livello di area di saggio (10 x 10 m), che di tutto il popolamento.

### Analisi dei dati

Tutti i dati rilevati sono stati organizzati in una banca dati Access. La georeferenziazione delle informazioni concernenti i roccoli e i toponimi è stata fatta con l'ausilio del sito <https://www.map.geo.admin.ch> mentre le distanze tra quest'ultimi e i popolamenti di *P. serotina* sono state calcolate con il programma QGIS. Tutte le analisi statistiche sono state elaborate nel pacchetto di analisi statistica R versione 3.3.3 (R Development Core Team 2018).

L'area basimetrica è stata calcolata per ogni area di saggio in m<sup>2</sup>/ha, partendo dai DPU rilevati sul terreno. Al fine di valutare la sensibilità di *P. serotina* alla concorrenza interna al popolamento, tutte le specie legnose rilevate sono state classificate secondo le loro caratteristiche sinecologiche, distinguendole in specie pioniere, intermedie o finali (Tab. 3).

La significatività statistica delle differenze rilevate tra i dati è stata verificata a un livello di  $p < 0.05$  con il test non parametrico di Wilcoxon della somma dei ranghi.

## RISULTATI

Le 76 presenze di *P. serotina* riportate in Ceschi (1992) sono distribuite su una fascia altimetrica che va da 200 a 800 m s.l.m., con una concentrazione al di sotto dei 450 m s.l.m. (Fig. 3) e l'eccezione dei singoli esemplari

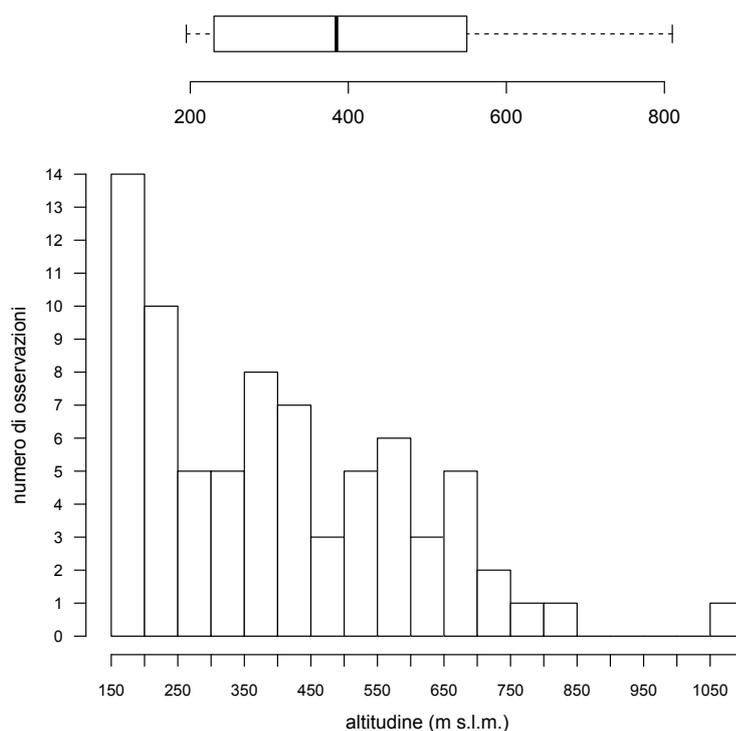


Figura 3: Distribuzione altimetrica dei siti con presenza di prunolo tardivo (*Prunus serotina*) secondo il rilievo di Ceschi (1992).

piantati a 1'080 m s.l.m. a Cima Pianca (Novaggio). Un confronto tra la distribuzione geografica di *P. serotina* non legata a piantagioni forestali e la presenza di roccoli (Fig. 4) evidenzia una correlazione spaziale tra le due entità, con una distanza mediana di ca. 1'000 m per quanto riguarda i roccoli ancora esistenti nel 1970 e di ca. 900 m se si considerano anche i siti con vestigia di roccoli sotto forma di rovine o semplicemente di toponimi, distanze che si differenziano in modo statisticamente molto significativo dalla mediana della distanza dei punti distribuiti casualmente rispetto ai roccoli

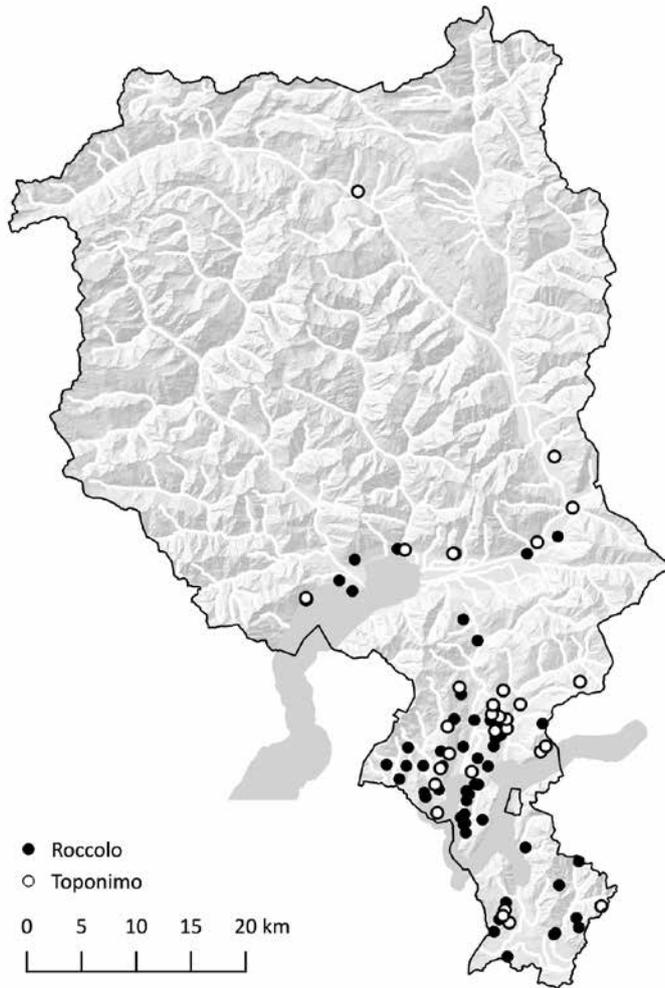


Figura 4: Distribuzione geografica dei Roccoli ancora esistenti nel 1970 secondo Bianconi (1976) e dei toponimi sopravvissuti alla scomparsa fisica della struttura.

(rispettivamente 6'700 m e 4'600 m, Fig. 5). Le popolazioni di *P. serotina* analizzate in questo studio sono caratterizzate da una dinamica evolutiva non univoca: 10 aree di saggio denotano un aumento (in 4 addirittura da scarso ad abbondante) della presenza della specie, 8 siti denotano una diminuzione (in due casi addirittura da abbondante a scarsa), mentre nei restanti 12 casi la situazione è rimasta sostanzialmente stabile. La categoria di media abbondanza risulta in questo ambito la meno statica, con un solo rilievo su dieci rimasto in questa categoria (Fig. 6). Le Figure 7 e 8 indicano relazioni abbastanza nette tra l'abbondanza attuale (2017) e le tendenze evolutive (1992-2017) di *P. serotina* da una parte e la presenza di specie finali della successione boschiva nel popolamento dall'altra. Quando l'area basimetrica delle specie intermedie e finali supera la soglia dei 40 m<sup>2</sup>/ha, la presenza di *P. serotina* è scarsa (Fig. 7) e la sua tendenza evolutiva negli ultimi 25 anni regressiva (Fig. 8). La componente di *P. serotina* tende anche a rimanere generalmente ausiliaria, attestandosi in media attorno al 20% e al massimo al 33% dell'area basimetrica del popolamento (Tab. 4). La specie esprime anche altezze e diametri medi inferiori rispetto al resto del consorzio arboreo (Tab. 4), ciò che la pone automaticamente sempre in posizione di subordine.

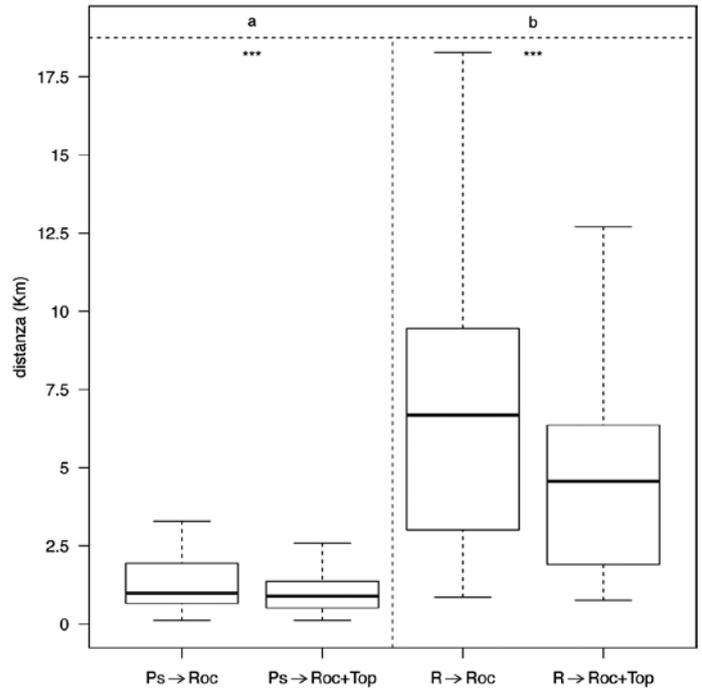


Figura 5: Relazione spaziale tra presenza di prugnolo tardivo (*Prunus serotina*) secondo il rilievo di Ceschi (1992) e riferimenti all'esistenza dei roccoli (vedi Fig. 4). Ps → Roc = distanza minima tra siti con *P. serotina* e Roccoli esistenti negli anni 1970; Ps → Roc+Top = distanza minima tra siti con *P. serotina* e Roccoli esistenti o toponimi riferiti a roccoli; R → Roc = distanza minima tra punti Random e Roccoli esistenti negli anni 1970; R → Roc+Top = distanza minima tra punti Random e Roccoli esistenti o toponimi riferiti a roccoli. Gli asterischi indicano differenze significative a  $p < 0.05$  (test non parametrico di Wilcoxon della somma dei ranghi per dati appaiati) tra Ps→Roc e Ps→Roc+Top e analogamente per i punti Random mentre le lettere in minuscolo indicano differenze significative ( $p < 0.05$ , test non parametrico di Wilcoxon della somma dei ranghi) tra i due gruppi (*P. serotina* e Random).

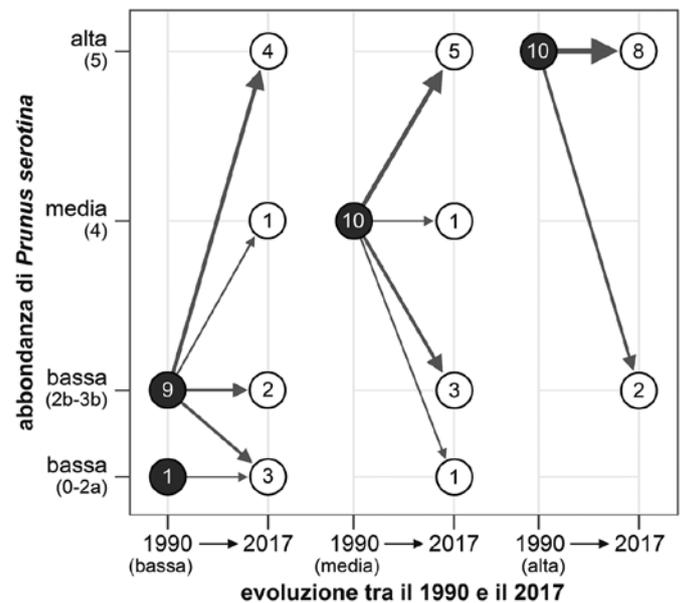


Figura 6: Traiettorie evolutive della presenza di prugnolo tardivo (*Prunus serotina*) a partire dal rilievo di Ceschi (1992) in funzione delle classi di abbondanza del 1992. Su sfondo nero il numero di aree di saggio del 1990; su sfondo bianco il numero di aree di saggio rilevate nel 2017.

Tabella 4: Principali caratteristiche auxometriche dei popolamenti studiati.

Caratteristica		Specie	Classe di abbondanza di Ps nel 2017	
			Scarsa (n. 10)	Discreta / Abbondante (n. 20)
area basimetrica	(m <sup>2</sup> )	tutte	59.0 (38.0)	46.0 (34.0)
	(%)	Ps	6 (0, 8)	20 (12, 33)
altezza (m)	Dominante	tutte	18.7 (6.3)	21.7 (5.3)
	Media	tutte	11.8 (4.3)	11.0 (2.1)
	Mean	Ps	9.0 (6.8)	9.3 (4.7)
DPU (cm)	Dominante	tutte	46.0 (18.8)	36.9 (13.6)
	Media	tutte	20.3 (13.7)	13.8 (4.6)
	Media	Ps	12.7 (12.4)	10.7 (5.8)

Ps = *Prunus serotina*

Le cifre in parentesi si riferiscono alla Deviazione Standard o al 25, risp. 75 percentile.

Infine, dove la partecipazione di *P. serotina* al popolamento principale è molto bassa ( $\leq 1\%$  della copertura totale), anche la presenza della specie nello strato arbustivo è significativamente minore (Fig. 9).

Fra i fattori che tendono a favorire la rinnovazione di *P. serotina* vi è la luce data dalla vicinanza di un margine boschivo permanente (presenza di rinnovazione registrata nel 69% dei casi rispetto al 39% soltanto per i plot senza margine boschivo), mentre la presenza di uno spessore di lettiera importante ( $> 7$  cm) tende a inibire l'affermazione di plantule (dati non mostrati).

## DISCUSSIONE

A differenza delle zone del centro Europa dove la specie è ora invasiva (Starfinger et al., 2003), il limitato impiego del prugnolo tardivo quale specie forestale e ornamentale ha permesso in Ticino di contenere significativamente la sua presenza sul territorio.

Esiste ancora una buona relazione a livello regionale tra la diffusione attuale del prugnolo tardivo e la presenza di roccoli. A livello locale non è invece più possibile evidenziare una stretta correlazione spaziale tra le due identità, complici probabilmente le possibili lacune nei dati di distribuzione disponibili (sia dei roccoli, che della presenza di *P. serotina* in bosco) e il tempo e la dinamica boschiva intercorsa dal momento del loro impianto originale. Negli ultimi 25 anni non si sono avute da parte degli addetti ai lavori segnalazioni di colonizzazione di nuove aree o di particolari comportamenti aggressivi della specie, anche se bisogna ammettere che nessun inventario sistematico della diffusione di *P. serotina* è stato effettuato nel frattempo. È quindi lecito supporre che la specie abbia una dinamica di diffusione che si manifesta soprattutto su scala locale e limitata alle zone segnalate da Ceschi (1992), vale a dire nelle macrozone dove storicamente vi era un'elevata presenza di roccoli per la cattura degli uccelli di passaggio. Fa eccezione la zona a sud del Lago di Lugano, dove a una presenza relativamente significativa di infrastrutture e toponimi legati ai roccoli (Fig. 4) non corrisponde una presenza altrettanto rilevante di *P. serotina*, complice in parte anche la ricchezza di substrati basici della zona.

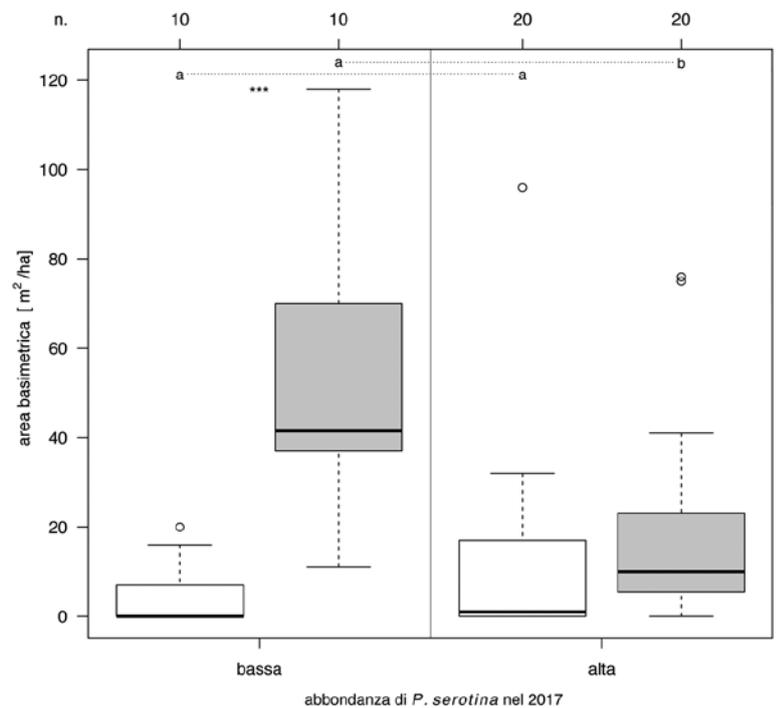


Figura 7: Area basimetrica in funzione delle classi di presenza scarsa e media/abbondante del prugnolo tardivo (*Prunus serotina*) bianco = specie pioniere; grigio = specie transitorie e finali. Gli asterischi indicano differenze significative a  $p < 0.05$  (test non parametrico di Wilcoxon della somma dei ranghi per dati appaiati) tra specie pioniere e transitorie-finali nella medesima classe di presenza mentre le lettere in minuscolo indicano differenze significative a  $p < 0.05$  (test non parametrico di Wilcoxon della somma dei ranghi) tra specie pioniere o transitorie-finali e differenti classi di presenza.

Oltre alla già citata scarsa diffusione di piante madri sul territorio, anche l'ecologia di riproduzione legata alla diffusione per gravità o per (endo)zoocoria dei semi (Parion et al., 2006;) e la scarsa propensione della specie a colonizzare zone disturbate e totalmente aperte senza passare dalla formazione di una pre-rinnovazione (Closet-Kopp et al., 2007) non permettono alla specie di diffondersi in modo massiccio su lunghe distanze. Il *P. serotina* conferma la sua tendenza a soffrire molto le specie forestali intermedie e finali in grado di costituire popolamenti tendenzialmente scuri (Auclair & Cottam,

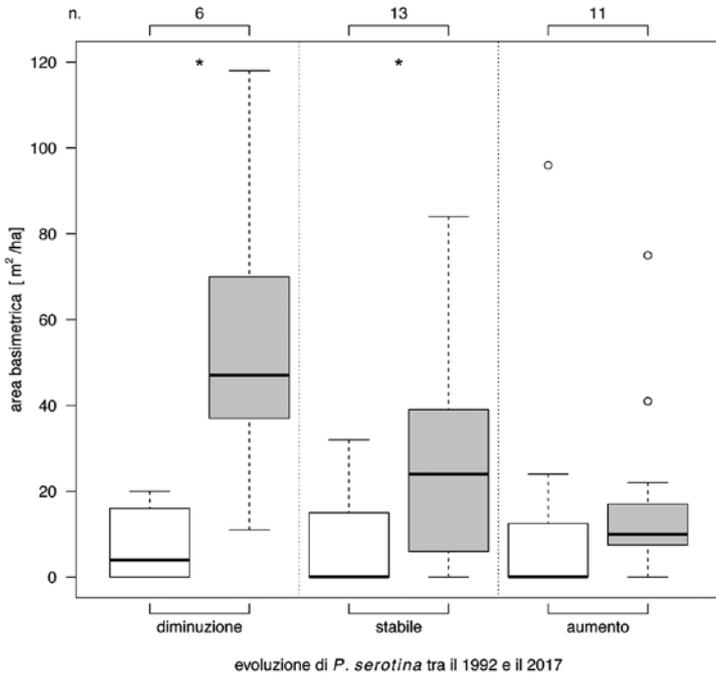


Figura 8: Area basimetrica delle specie pioniere e finali in funzione della dinamica evolutiva del prugnolo tardivo (*Prunus serotina*) a partire dal rilievo di Ceschi (1992) bianco = specie pioniere; grigio = specie transitorie e finali. Gli asterischi indicano differenze significative a  $p < 0.05$  (test non parametrico di Wilcoxon della somma dei ranghi per dati appaiati).

1971). Aumenta invece la sua presenza in concomitanza con altre specie pioniere. Questo risultato è un'indiretta conferma della capacità della specie di mantenere una banca di semenzali nel sottobosco in grado di rapidamente sfruttare la creazione di buche all'interno del popolamento (Auclair & Cottam, 1971; Marquis, 1990; Closet-Kopp *et al.*, 2007). Molto indicativa in questo senso l'instabilità della categoria di abbondanza intermedia: abbondanze medie di *P. serotina* sono solo transitorie nell'ambito di dinamiche di espansione (in caso di disturbi e aperture del soprassuolo) o di regressione (in caso di evoluzione naturale verso popolamenti molto ombrosi di specie intermedie e finali). Anche dove la presenza di prugnolo tardivo regredisce temporaneamente a causa della chiusura del popolamento principale, una sua eventuale presenza nel sottobosco costituisce quindi un potenziale per una ripartenza della specie al momento dell'apertura del soprassuolo a causa di un evento accidentale o di un intervento selvicolturale (Vanhellemont *et al.*, 2010; Conedera & Schoenenberger, 2014).

L'evoluzione naturale dei boschi della fascia castanile caratterizzata da un ritorno di molte specie intermedie e finali sia nel piano dominante che nel sottobosco (incluse le sempreverdi autoctone ed esotiche) è in questo senso molto favorevole all'autoregolazione del sistema e a un controllo a lungo termine dell'espansione del prugnolo tardivo. Dove è necessario intervenire selvicolturalmente, l'espansione di *P. serotina* in bosco può essere contenuta attraverso l'adozione di principi relativamente semplici (Sitzia *et al.*, 2016). Dove l'albero è presente nel sottobosco, le chiome devono essere mantenute chiuse il più possibile, evitando in particolare di portare molta luce sul terreno con ceduzioni o tagli

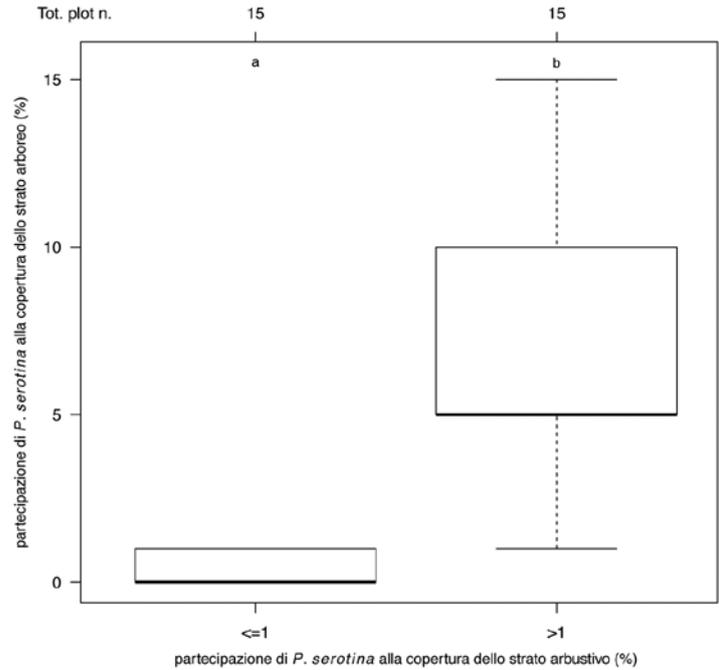


Figura 9: Relazione tra abbondanza del prugnolo tardivo (*Prunus serotina*) nello strato arboreo e la sua presenza nello strato arbustivo. Le lettere in minuscolo indicano differenze significative a  $p < 0.05$  (test non parametrico di Wilcoxon della somma dei ranghi).

di sementazione troppo estesi. In caso di interventi di dirado, è consigliabile favorire specie autoctone di ombra. Dove sono presenti *P. serotina* adulti in grado di produrre molti semi si può pensare di ricorrere a una cercinatura mirata, facendo attenzione di non stimolare un riscoppio pollonifero dell'individuo. Buoni riscontri ha dato a questo proposito il metodo di cercinatura a tre anelli di motosega proposto da Martin Ziegler nel Canton Zugo e già testato anche sull'ailanto all'interno di consorzi arborei fitti (Wunder *et al.*, 2016).

## CONCLUSIONI

La popolazione di *P. serotina* in Canton Ticino mostra una notevole dinamica a livello di popolamento, ma allo stato attuale non sembra dare particolari preoccupazioni dal punto di vista di una sua incontrollata diffusione sul territorio. In caso di evoluzione verso coperture dense del popolamento, la partecipazione della specie al consorzio arboreo è addirittura regressiva rispetto a qualche decennio orsono.

La valutazione di Schoenenberger *et al.* (2014) secondo la quale *P. serotina* va attualmente considerato solo potenzialmente dannoso è quindi ancora valida e condivisibile. In virtù della sua capacità di mantenere una banca di semenzali e di sfruttare le aperture che si creano all'interno del bosco la specie va comunque continuamente monitorata, anche perché l'interazione con altre specie esotiche o un mutamento repentino delle condizioni ambientali potrebbero rapidamente cambiare la situazione. Citiamo a questo proposito le possibili conseguenze di eventuali epidemie su vasta scala che potrebbero far aumentare la trasparenza dei nostri

boschi, come il disseccamento del frassino (*Hymenoscyphus fraxineus*), i danni da siccità, i recenti focolai di mal dell'inchiostro (*Phytophthora* spp.) o gli attacchi del cinipide (*Dryocosmus kuriphilus*). Anche l'impatto potenzialmente negativo di *P. serotina* sull'ambiente potrebbe subire rapide evoluzioni. Citiamo a questo proposito una sua possibile interazione quale specie ospite del moscerino dei piccoli frutti (*Drosophila suzukii* Matsumura), un neozoo che provoca un danno indiretto nei frutti a bacche, inducendo epidemie di marciume acido attraverso la deposizione di uova sotto la cuticola dei frutti, specialmente nelle stagioni fredde e umide (Jermini & Schoenenberger, 2017).

## RINGRAZIAMENTI

Ringraziamo i colleghi Nicola Schoenenberger e Gabriele Carraro per la lettura critica di una precedente versione del manoscritto.

## BIBLIOGRAFIA

- Auclair A.N. & Cottam G. 1971. Dynamics of Black Cherry (*Prunus serotina* Ehrh.) in Southern Wisconsin Oak Forests Ecological Monographs 41, 2: 153-177.
- Bianconi G. 1976. Roccoli del Ticino. Armando Dadò Editore, Locarno.
- Brunel S., Branquart E., Fried G., Van Valkenburg J., Brundu G., Starfinger U., Buholzer S., Uludag A., Joseffson M. & Baker R. 2010. The EPPO prioritization process for invasive alien plants. EPPO Bulletin 40, 3: 407-422.
- Buffi R. 1987. Le specie forestali per la zona castanile insubrica: la crescita giovanile di specie forestali indigene ed esotiche nei rimboschimenti sperimentali di Copera. Mitt Eidgenöss Forsch.anst WSL 63, 3: 409-656.
- Caplat P., Hui C., Maxwell B.D. & Peltzer D.A. 2014. Cross-scale management strategies for optimal control of trees invading from source plantations. Biological Invasions 16, 3: 677-690.
- Ceschi I. 1992. La diffusione del prugnolo tardivo (*Prunus serotina* Ehrhart 1787/97) nel Ticino Boll Soc Tic Sci Nat 80, 97-105.
- Closset-Kopp D., Chabrierie O., Valentin B., Delachapelle H. & Decocq G. 2007. When Oskar meets Alice: Does a lack of trade-off in r/K-strategies make *Prunus serotina* a successful invader of European forests? Forest Ecology and Management 247, 1-3: 120-130.
- Conedera M., Nobis M. & Wunder J. 2014. Ailanto: ospite indesiderato in bosco? Sherwood 206: 15-18.
- Conedera M. & Schönenberger N. 2014. Wann werden gebietsfremde Gehölze invasiv? Ein methodologischer Ansatz. Schweiz. Z. Forstwes. 165, 6: 158-165.
- Engel J. 2015. Robinie: Multitalent oder Lichtbaumart mit Schattenseiten? AFZ/Der Wald 70, 1: 2-3.
- Gottschalk K.W. 1994. Shade, leaf growth and crown development of *Quercus rubra*, *Quercus velutina*, *Prunus serotina* and *Acer rubrum* seedlings. Tree Physiology 14, 7-9: 735-749.
- Jermini M. & Schoenenberger N. 2017. Neobiota nel sistema viticolo ticinese: storia, diversità e impatti. Mem Soc tici Scienat e Museo cant Storia nat 12: 125-140.
- Kowarik I. 2003. Biologische Invasionen: Neophyten und Neozoen in Mitteleuropa. Eugen Ulmer, Stuttgart.
- Malvolti M.E., Pollegioni P., Lauteri M., Paris P., Musicanti A., Pisanelli A., Mapelli S. & Cannata F. 2003. *Robinia pseudoacacia* L. Una specie da valorizzare o un'aliena da combattere? Sherwood 93: 35-44.
- Marquis D.A.I. 1990. Black Cherry. In: Burns R.M. & Honkala B.H. (Eds.). Silvics of North America, Volume 2, Hardwoods. Forest Service, United States Department of Agriculture, Washington, DC, pp. 594-604.
- Mühlethaler U. 2010. Eine Baumart gibt zu diskutieren. Wald und Holz 91, 6: 35-38.
- Nobis M.P. 2008. Invasive Neophyten auch im Wald? Wald und Holz, 8: 46-49.
- Nyssen B., Muy B., Starfinger U. & Conedera M. 2018. Spätblühende Traubenkirsche: Waldpest oder Waldbaum, je nach Waldbaukontext. Schweiz. Z. Forstwes. 169, 2: 93-101.
- Pairon M., Jonard M. & Jacquemart A.L. 2006. Modeling seed dispersal of black cherry, an invasive forest tree: how microsatellites may help? Canadian Journal of Forest Research 36, 6: 1385-1394.
- Paquette A., Bouchard A. & Cogliastro A. 2007. Morphological plasticity in seedlings of three deciduous species under shelterwood under-planting management does not correspond to shade tolerance ranks. Forest Ecology and Management 241, 1-3: 278-287.
- Pometta M. 1919. Le sorgenti, i ripari, il rimboschimento di Camedo- Relazione al Municipio e alla popolazione di Caprino. Tipografia Tessin Touriste, Lugano.
- QGIS. 2018. Open Source Geospatial Foundation Project. <http://www.qgis.org>.
- R Core Team. 2018. R: A language and environment for statistical computing. R foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. <https://www.R-project.org>.
- Rometsch S. 2014. Invasive Neophyten im Wald? Wald und Holz, 7: 23-27.
- Schoenenberger N., Röthlisberger J. & Carraro G. 2014. La flora esotica del Cantone Ticino (Svizzera). Bollettino della Società Ticinese di Scienze Naturali 102: 13-30.
- Sitzia T., Campagnaro T., Kowarik I. & Trentanovi G. 2016. Using forest management to control invasive alien species: helping implement the new European regulation on invasive alien species. Biological Invasions 18, 1: 1-7.
- Starfinger U., Kowarik I., Rode M. & Schepker H. 2003. From desirable ornamental plant to pest to accepted addition to the flora? The perception of an alien tree species through the centuries. Biological Invasions 5, 4: 323-335.
- Tinner W., Hubschmid P., Wehrli M., Ammann B. & Conedera M. 1999. Long-term forest fire ecology and dynamics in southern Switzerland. Journal of Ecology 87, 2: 273-289.
- van Wilgen B.W. & Richardson D.M. 2014. Challenges and trade-offs in the management of invasive alien trees. Biological Invasions 16, 3: 721-734.
- Vanhellemont M., Wauters L., Baeten L., Bijlsma R.J., De Frenne P., Hermy M. & Verheyen K. 2010. *Prunus serotina* unleashed: invader dominance after 70 years of forest development. Biological Invasions 12, 5: 1113-1124.
- Vanhellemont M., Baeten L., Verbeeck H., Hermy M. & Verheyen K. 2011. Long-term scenarios of the invasive black cherry in pine-oak forest: Impact of regeneration success. Acta Oecologica-International Journal of Ecology 37, 3: 203-211.

- Verheyen K., Vanhellefont M., Stock T. & Hermy M. 2007. Predicting patterns of invasion by black cherry (*Prunus serotina* Ehrh.) in Flanders (Belgium) and its impact on the forest understorey community. *Diversity and Distributions* 13, 5: 487-497.
- Vitkova M., Muellerova J., Sadlo J., Pergl J. & Pysek P. 2017. Black locust (*Robinia pseudoacacia*) beloved and despised: A story of an invasive tree in Central Europe. *Forest Ecology and Management* 384: 287-302.
- Vitkova M., Conedera M., Sadlo J., Pergl J. & Pysek P. 2018. Gefährlich und nützlich zugleich: Strategien zum Management der invasiven Robinie. *Schweiz. Z. Forstwes.* 169, 2: in press.
- Wunder J., Knüsel S., Gurtner D. & Conedera M. 2016. The spread of tree of heaven in Switzerland. In, *Introduced tree species in European forests: opportunities and challenges*, pp. 374-385.



# L'ultima *Adenophora* (Campanulaceae) svizzera: situazione attuale e prospettive

Prisca Valenti<sup>1</sup>, Guido Maspoli<sup>2</sup> e Brigitte Marazzi<sup>1,3</sup>

<sup>1</sup> Museo cantonale di storia naturale, Dipartimento del territorio, Viale C. Cattaneo 4, CH-6900 Lugano

<sup>2</sup> Ufficio cantonale della natura e del paesaggio, Dipartimento del territorio, Via Franco Zorzi 13, CH-6500 Bellinzona

<sup>3</sup> Info Flora, c/o Museo cantonale di storia naturale, Viale C. Cattaneo 4, CH-6900 Lugano

*brigitte.marazzi@ti.ch*

**Riassunto:** *Adenophora liliifolia* (L.) A. DC. (Campanulaceae) è una specie relictto fortemente minacciata a livello europeo e considerata come “in pericolo d'estinzione” (CR) in Svizzera. Le sue popolazioni sono isolate, e poiché l'unica popolazione elvetica conosciuta si trova sul Monte San Giorgio, il Cantone Ticino ha una responsabilità per la sua conservazione. Questo progetto vuole documentarne preliminarmente la situazione attuale, focalizzandosi su aspetti demografici ed ecologici con osservazioni in campo e una revisione bibliografica. I rilevamenti effettuati nei mesi di luglio e agosto del 2017 hanno permesso di trovare 118 individui, che collocano la popolazione del Monte San Giorgio fra le più piccole d'Europa. Escludendo gli individui parzialmente o completamente mangiati (da mammiferi), la popolazione consiste, per quasi la metà, di individui piccoli e sterili. Negli adulti riproduttivi si contano in media 7 fiori per infiorescenza. Solo un terzo produce frutti, ma alcuni non terminano lo sviluppo. I danni osservati alle foglie e agli organi fiorali da parte di insetti erbivori, florivori e succhiatori di linfa, sembrano concorrere al basso successo riproduttivo. A queste influenze negative si aggiunge la competizione con *Molinia arundinacea* Schrank, la specie prativa dominante. La situazione attuale di *A. liliifolia* sul Monte San Giorgio è molto precaria. Questo studio evidenzia interrogativi cui occorre dare una risposta per poter valutare le misure di conservazione da adottare.

**Parole chiave:** conservazione *ex situ*, erbivoria, estinzione, specie relictto, storia naturale.

**The last Swiss *Adenophora* (Campanulaceae): Current situation and perspectives**

**Abstract:** *Adenophora liliifolia* (L.) A. DC. (Campanulaceae) is a highly endangered European relict species considered as “Critically Endangered” (CR) in Switzerland. Its populations are isolated, and since the only known Swiss population is found on Mount San Giorgio, the Canton of Ticino is responsible for its conservation. This project aims at preliminarily documenting the current situation, by focusing on demographic and ecological aspects with field observations and a review of the literature. Surveys carried out in July and August 2017 identified 118 individuals that place the population of Mount San Giorgio among the smallest in Europe. Excluding partially or completely eaten individuals (by mammals), almost half of the population consists of small and sterile individuals. The reproductive adults bear an average of 7 flowers per inflorescence. Only a third of these produces fruits, some of which do not develop completely, however. Observed damage to leaves and floral organs by herbivorous insects, florivorous and sap sucking insects appears to contribute to the low reproductive success. The competition with *Molinia arundinacea* Schrank, the dominant grassland species, adds to these negative effects. The current situation of *A. liliifolia* on Mount San Giorgio is very precarious. This study raises questions that need to be answered in order to assess the conservation measures to be taken.

**Key words:** *ex-situ* conservation, extinction, herbivory, relict species, natural history.

## INTRODUZIONE

La conservazione di specie fortemente minacciate può rivelarsi ardua quando le popolazioni sono isolate, di piccole dimensioni e la loro storia naturale è sconosciuta. Le specie in via di estinzione si trovano in questa situazione solitamente a causa di diversi fattori interrelati (ecologici, genetici, demografici), la cui interazione rende difficile identificare il fattore predominante nel processo di estinzione. Una popolazione può ridursi sensibilmente a seguito dell'impatto delle attività umane, della stocastica demografica o ambientale, o per cause eccezionali catastrofiche (Frankham *et al.*, 2010). In questo articolo si considera il caso di *Adenophora liliifolia*

(L.) A. DC. (Campanulaceae), specie minacciata e d'interesse comunitario in Europa (EIONET - Direttiva Habitat 92/43/CEE, 1992), “in pericolo d'estinzione” (CR) secondo la Lista rossa della Svizzera (Bornand *et al.*, 2016) e prioritaria a livello nazionale (UFAM, in press). L'unica popolazione elvetica conosciuta si trova sul Monte San Giorgio, perciò il Cantone Ticino ha una responsabilità elevata riguardo alla sua conservazione. I paragrafi seguenti raccolgono una panoramica tassonomica, biogeografica e fitosociologica che consente di collocare la popolazione elvetica nel contesto internazionale.

Per molto tempo il genere *Adenophora* è stato considerato parte di *Campanula*. Nel 1816 i generi furono divisi

(da "M. Fischer" menzionato in De Candolle, 1830, p. 47), argomentando che *Adenophora* si distingue da *Campanula* per la presenza di un nettario alla base dello stilo, più o meno carnoso (De Candolle, 1830). A livello tassonomico e sistematico, il genere *Adenophora* non pone particolari problemi di collocamento nella filogenia attuale delle Campanulaceae: sta nella tribù Campanuleae, clade "Rapunculus" (Roquet *et al.*, 2009; Eddie *et al.*, 2003; Haberle *et al.*, 2009). Malgrado entrambe le categorie abbiano cambiato composizione e nome nelle classificazioni proposte da vari autori, *Adenophora* è rimasta invariabilmente inclusa nella tribù, con i generi *Campanula*, *Phyteuma*, *Michauxia* e *Symphyanthra*.

Il posizionamento filogenetico di *A. liliifolia* all'interno del genere è attualmente sconosciuto, poiché gli studi filogenetici esistenti sono riferiti ad altre specie del genere. *Adenophora liliifolia* fu originalmente descritta da Linneo (Linnaeus, 1753) come *Campanula liliifolia* L. e poi re-interpretata da De Candolle (1830) che la distinse dalle altre specie del genere per la larghezza delle foglie. Osservando la cronologia delle sinonimie, si può rilevare come fra i botanici siano sempre esistite opinioni divergenti, in particolare a causa della variabilità morfologica delle foglie. Le foglie caulinari presentano una grande variabilità della forma e delle dimensioni, anche se in generale sono ovali o largamente lanceolate, dentellate e glabre; le foglie basali sono cordate e marciscono durante la fioritura. Ciononostante oggi si concorda sull'esistenza di una specie denominata *Adenophora liliifolia*, caratterizzata da diverse varietà e forme (Gaggermeier, 1991; The Plant List, 2013).

*Adenophora liliifolia* è una pianta erbacea perenne dal fusto eretto, alta 30-100 cm. I fiori, profumati, hanno un peduncolo corto (6-8 mm) e sono riuniti in ampi racemi terminali. Il calice è formato da lobi lineari, patenti o riflessi, dentellati sui bordi; la corolla è azzurra, lilla chiaro, talvolta biancastra, campanulata, lunga 12-15 mm; lo stigma violaceo e pendulo esce dalla corolla di 10-15 mm. I frutti sono capsule di 8-12 mm, ricurve. I semi sono piatti, di colore rosso-marrone, lunghi 2-2.5 mm. La pianta produce fiori dopo circa 2 anni (Shulkin *et al.*, 2003) e può vivere almeno 8 anni (Gaggermeier, 1991). Fiorisce da tardo giugno ad agosto, è impollinata da insetti e i semi sono dispersi dal vento.

*Adenophora liliifolia* è considerata una specie eliofila, termofila, calcicola, mesofila e con fabbisogno di azoto limitato (U3<sup>+</sup>w<sup>+</sup>R4N4L3T4C5; Moser, 1999). La specie è diffusa in zone a clima continentale, pertanto sopporta inverni rigidi ed estati calde, un'umidità variabile, ma non una siccità marcata. I semi, com'è il caso di molte altre Campanulaceae, hanno bisogno di luce per germinare (Koutsovoulou *et al.*, 2014), perciò predilige stazioni soleggiate o di penombra: gli ambienti tipici sono i boschi cedui, i boschi di quercia luminosi, le loro fasce ecotonali e i prati adiacenti, oppure i prati di *Molinia* a umidità variabile (*Molinion*) (Kapler *et al.*, 2015).

*Adenophora* è un genere del Vecchio Mondo, con la maggior parte delle specie distribuita in Asia (Fig. 1). Alcune sono rare e minacciate (p. es. *A. lobophylla* D.Y.Hong e *A. grandiflora* Nakai) altre più diffuse (p. es. *A. potaninii* Korsh.) (Chung & Epperson, 1999; Ge *et al.*, 1999). L'unica specie presente in Europa è *A. li-*

*lilifolia*. Il suo centro di differenziazione è collocato nella Siberia meridionale, da dove l'areale si estende a est (Mongolia e Cina occidentale) e a ovest (nord-est della Turchia, sud-est dell'Europa centrale e occidentale) (Tacic, 1971; Fedorov, 1978; Deyuan *et al.*, 2011; Urgamal, 2014). In Europa le popolazioni sono disgiunte e isolate, con presenze in Austria, Bosnia Erzegovina, Croazia, Germania, Italia, Montenegro, Polonia, Repubblica Ceca, Romania, Serbia, Slovacchia, Slovenia, Svizzera e Ungheria (Prausová *et al.*, 2016). Le popolazioni a sud delle Alpi sono situate nel Nord Italia (Banfi, 1983) e nel Cantone Ticino, con la stazione del Monte San Giorgio.

In Europa, dal punto di vista biogeografico (Habel *et al.*, 2010), *A. liliifolia* è considerata una specie relitto (Gaggermeier, 1991; Prausová *et al.*, 2016). Questo status sembra dipendere sia dai cambiamenti climatici avvenuti in passato, soprattutto durante il Quaternario, sia dai cambiamenti territoriali provocati dalle attività umane a partire dal Neolitico (Prausová *et al.*, 2016). Analizzando i dati storici del XIX e XX secolo e confrontandoli con i dati più recenti, si nota che le località in cui è presente *A. liliifolia* sono sensibilmente diminuite, probabilmente a causa di cambiamenti d'utilizzo del suolo e della gestione delle foreste, che hanno portato all'infoltimento e all'eutrofizzazione dei boschi cedui in Europa Centrale (Prausová *et al.*, 2016; Roleček *et al.*, 2017).

In Svizzera *A. liliifolia* è storicamente nota unicamente per il Monte San Giorgio (Leresche, 1872; Moser, 1999). Come riportato nel resoconto della riunione della Società Elvetica di Scienze Naturali tenutasi nell'agosto del 1872, la scoperta ufficiale della specie sul Monte San Giorgio fu effettuata da Leresche nel 1872. Tuttavia, Franzoni (1890) scrive nel suo catalogo della flora insubrica, sotto la voce *Adenophora*, che l'aveva già scoperta il 17 luglio 1852, ma allora non sapendola identificare l'aveva inserita come "*Campanula*?". Moser (1999) ha descritto lo stato di conservazione, identificando un centinaio di individui fioriti in due aree distanti un centinaio di metri. Nel 2002 la specie era considerata come "fortemente minacciata" (EN; Moser *et al.*, 2002) in Svizzera, e 15 anni dopo "in pericolo d'estinzione" (CR; Bornand *et al.*, 2016). Oggi, le due zone prative in cui si trova *A. liliifolia* fanno parte di un'ampia area iscritta nel 2010 nell'Inventario federale dei prati e pascoli secchi di importanza nazionale e gestite in modo specifico nell'ambito di un piano di gestione finalizzato alla conservazione delle componenti naturali peculiari del sito (oggetto nr. 1608; UFAM, 2017). A inizio estate 2017, la segnalazione di un esperto preoccupato per la fioritura particolarmente povera di *A. liliifolia* ha motivato un sopralluogo e le ricerche preliminari presentate in questo studio.

In assenza di informazioni relative alla popolazione del Monte San Giorgio (eccedenti la sua mera presenza), prima di intraprendere misure di conservazione specifiche occorre chiarire la situazione attuale. Questo studio intende documentare aspetti demografici (numero di individui, taglia, età, stato fenologico e successo riproduttivo) e interazioni ecologiche (erbivoria, impollinazione e competizione con altre piante) con

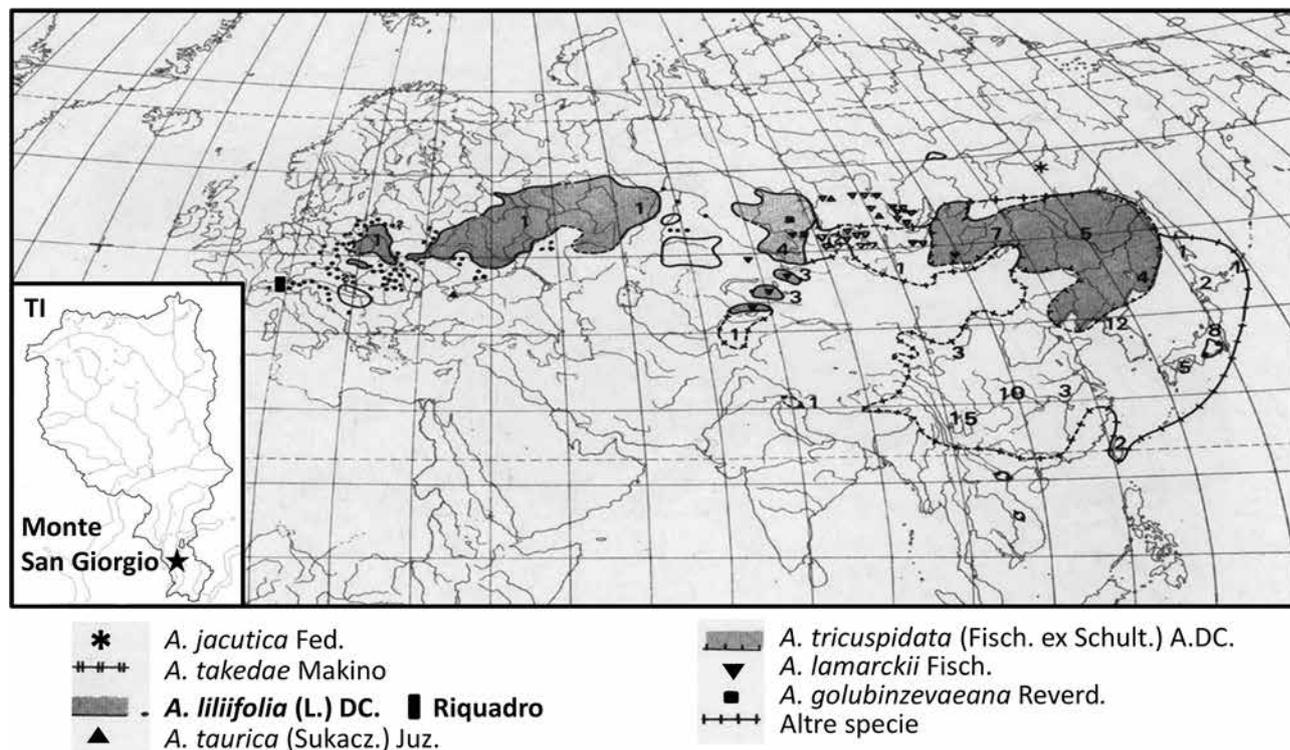


Figura 1: Distribuzione geografica di alcune specie del genere *Adenophora* e localizzazione della popolazione svizzera di *A. liliifolia* del Monte San Giorgio nel Cantone Ticino (riquadro a sinistra). I numeri indicano la quantità di specie presenti in quell'area. Distribuzione geografica del genere adattata da Meusel *et al.* (1965).

osservazioni in campo, comparare i risultati con dati di altre popolazioni europee riportate nella letteratura, formulare ipotesi di lavoro e tracciare prospettive di ricerca specifiche.

## MATERIALE E METODI

### Sito di studio

Il Monte San Giorgio (1'097 m s.l.m.) si trova nel Ticino meridionale, distretto del Mendrisiotto. Gode il clima insubrico tipico del versante meridionale delle Alpi, caratterizzato da inverni secchi e soleggiate, estati calde interrotte da temporali con forti acquazzoni e precipitazioni frequenti in primavera e in autunno (MeteoSvizzera, 2012). Dal punto di vista geologico presenta un'alternanza di rocce madri calcaree e silicee che genera diversi tipi di suolo e quindi una spiccata diversità di vegetazione, molto ricca (Antonietti *et al.*, 1978). Sulle rocce calcaree allignano boschi misti a prevalenza di carpino nero, carpino bianco, tigli, aceri, querce (rovere e roverella), frassini, olmi e sorbi. Sulle rocce silicee il bosco è più uniforme, dominato dal castagno e dalla quercia rovere; oltre i 700-900 m domina il faggio. I boschi in passato erano trattati prevalentemente a ceduo con tagli rasi periodici (Antonietti *et al.*, 1978).

La zona prativa che ospita *A. liliifolia* si trova in un'area protetta di ca. 39 ha (coordinate CH1903+ / LV95: 2'717'340 / 1'085'220), a un'altitudine media di 955 m (UFAM, 2017). L'associazione vegetale di riferimento è classificata come *Tanacetum corymbosae-Molinietum arundinaceae* (Prunier *et al.*, 2017), caratterizzata dalla graminacea dominante *Molinia arundinacea* Schrank. Secondo l'inventario nazionale dei prati e pascoli secchi, nel

comparto sono presenti diverse specie particolarmente rare e minacciate, quali: *Asparagus tenuifolius* Lam. (VU), *Asperula arvensis* L. (CR), *Danthonia alpina* Vest (EN), *Dorycnium herbaceum* Vill. (EN), *Euphorbia falcata* L. (EN), *Filipendula vulgaris* Moench (VU), *Inula hirta* L. (EN), *Potentilla alba* L. (VU), *Iris graminea* L. (VU), *Orchis tridentata* Scop. (VU), *Potentilla supina* L. (VU), *Scorzonera humilis* L. (VU) e *Thesium linophyllum* L. (VU).

### Osservazioni in campo

Le osservazioni sul Monte San Giorgio hanno avuto luogo in tre giorni non consecutivi nei mesi di luglio e agosto 2017. La ricerca degli individui si è basata inizialmente sui dati geografici di *A. liliifolia* estratti dalla banca dati nazionale Info Flora e sulle indicazioni di Moser (1999) che descrive due stazioni, una in località Cassina, l'altra in località Alboree, distanti un centinaio di metri. L'area potenziale è stata indagata con un approccio a zig zag. Individui singoli o a gruppetti sono stati marcati con paletti in legno le cui coordinate sono state rilevate (precisione ca. 3-5m) con l'applicazione FlorApp v. 1.4 e trasmesse a Info Flora.

Per documentare la situazione demografica abbiamo rilevato il numero di individui, le loro dimensioni (a causa del tempo limitato a disposizione l'altezza è stata stimata a intervalli di 5 cm), lo stato fenologico (sterile, in fiore, in frutto), il numero di organi vegetativi (foglie) e riproduttivi secondo differenti stadi di sviluppo (boccioli, fiori, frutti giovani, frutti maturi). Considerato che i frutti sono persistenti, se da luglio ad agosto non vengono ritrovati, è improbabile che siano semplicemente caduti. Per documentare alcune interazioni interspecifiche che coinvolgono *A. liliifolia* abbiamo rilevato, nel limite del possibile, anche le visite

di potenziali impollinatori (1-2 minuti di osservazione per individuo in fiore), i danni da erbivoria, i potenziali responsabili e la competizione con altre piante. Le analisi statistiche descrittive per calcolare la media e la deviazione standard e i grafici sono stati eseguiti con MSExcel 2010.

## RISULTATI

### Aspetti demografici

In totale, sul Monte San Giorgio sono stati rilevati 118 individui di *A. liliifolia*, confermando una parte dei dati di Info Flora relativi alla zona prativa più intatta; sono inoltre stati trovati alcuni individui in un settore dove sinora non ne erano stati segnalati. I dati completi sulle osservazioni dei singoli individui sono forniti nell'Appendice 1. Va segnalato che 24 individui (20.3% del totale) sono stati esclusi dalle analisi relative alla dimensione perché erano parzialmente o completamente mangiati (vedi sotto, sezione "Aspetti ecologici"). Il resto della popolazione è costituito per il 58.5% (n=55) di individui piccoli e sterili, alti in media 15.0 cm e quasi tutti sono inferiori ai 25 cm (valore mediano = 15 cm; deviazione standard STD = 8.36; gli individui di, rispettivamente, 30 e 55 cm, potrebbero rappresentare degli errori nel rilevamento dei dati). Tutti gli individui riproduttivi (41.5%; n=39) superavano 20 cm, con una media di 37.4 cm, raggiungendo i 75 cm (valore mediano = 35 cm; STD = 14.32) (Fig. 2).

Il 76.9% (n=30) degli individui riproduttivi portava racemi semplici (fino a 5-6 organi fiorali; 25.4% del totale della popolazione) e solo 9 individui presentavano infiorescenze composte (fino a 36 organi fiorali; 7.6% del totale; Fig. 2). Ogni racemo laterale completamente sviluppato (come pure i racemi semplici) era composto da 5-6 fiori. In luglio, nei 27 individui riproduttivi sono stati contati 194 organi fiorali, con una media di 7.2 per individuo (mediano = 4, STD = 9.73), anche se l'85% (n=23) portava al massimo 6 organi (i pochi individui restanti portavano oltre 20 fiori); non è stato trovato nessun frutto. In agosto, nei 65 individui rilevati non sono stati trovati fiori, ma 8 individui in frutto (12.3%), con un totale di 44 frutti in differenti stadi di sviluppo. In 5 individui, tutti o una parte dei frutti erano abortiti (n=7; 15.9% del totale frutti).

Dei 53 individui (sterili e riproduttivi) di luglio considerati nelle analisi, 36 (67%) sono stati ritrovati in agosto: gli individui sterili (n=20) sono rimasti tutti sterili (salvo per uno danneggiato dove non si è potuto stabilire il seguito), mentre dei 16 individui riproduttivi (quindi con organi fiorali), solo 5 possedevano ancora organi in agosto (tutti frutti), mentre negli altri (n=11) non vi erano più organi riproduttivi. In altre parole, un terzo dei fiori di luglio sono risultati in frutti in agosto.

### Aspetti ecologici

Sono stati osservati almeno tre tipi di danni provocati da erbivori (Fig. 3): i) consumazione dell'infiorescenza da parte di mammiferi, ii) consumazione di foglie e fiori da parte di insetti e iii) danni da insetti succhiatori. Nel primo caso, circa il 20.3% (n=24) degli individui osser-

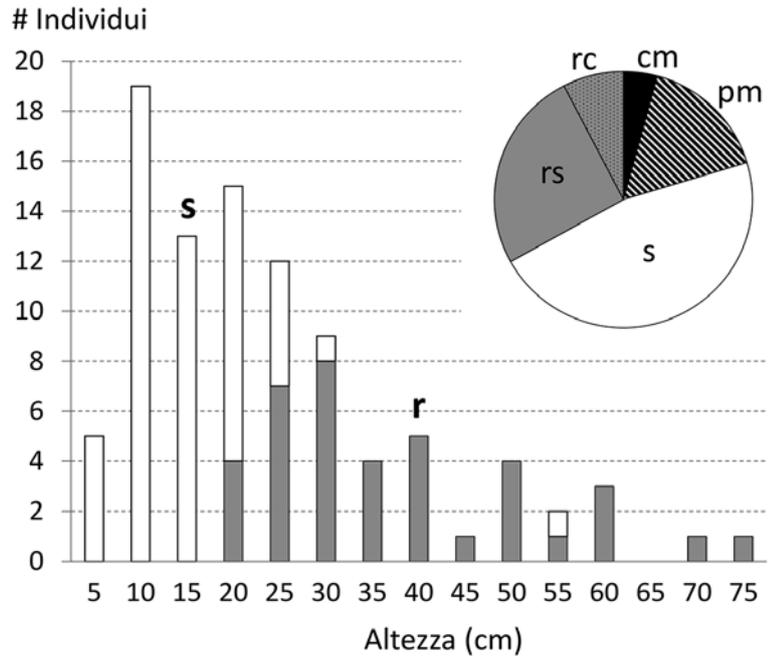


Figura 2: Struttura demografica della popolazione di *Adenophora liliifolia* sul Monte San Giorgio (Ticino, Svizzera) nel 2017. L'istogramma mostra la ripartizione degli individui secondo l'altezza, separando quelli sterili (s, colonne bianche; n=55, media = 15.0 cm, mediano = 15 cm, deviazione standard STD = 8.36) da quelli riproduttivi (r, colonne grigio scuro; n=39, media = 37.4 cm, mediano = 35 cm, STD = 14.32). Il grafico circolare mostra la composizione della popolazione totale (n=118, dati di luglio e agosto), dove gli individui completamente mangiati (cm; n=5, 4.2%) e parzialmente mangiati (pm; n=19, 16.1%) sono stati esclusi dalle analisi dell'altezza; il resto comprende gli individui sterili (s, 46.6%) e quelli riproduttivi, con racemi semplici (rs; n=30, 25.4%) o composti (rc; n=9, 7.6%).

vati è stato compromesso dalla consumazione dell'intera pianta (n=5) o dell'intera infiorescenza (n=19) da parte di mammiferi (Fig. 3B). Il 18.3% (n=13) degli individui osservati in luglio è stato compromesso dai danni dovuti alla consumazione delle foglie da parte di insetti erbivori (Fig. 3C). In altre parole, il 9.9% (n=99) del totale delle foglie contate è stato danneggiato. Sulle foglie sono stati osservati insetti erbivori in particolare delle cavallette, come *Leptophytes laticauda* (Frivaldszky, 1867). Infine, circa il 14.3% (n=11) degli individui in fiore osservati in luglio è stato compromesso dalla consumazione di parti fiorali o dalle ferite degli stiletto di insetti succhiatori, e in un ulteriore 5.2% degli individui tutti i fiori sono stati mangiati. In altre parole, il 35.6% (n=65) del totale degli organi fiorali contati è stato danneggiato (Fig. 3C). I florivori osservati includono almeno tre specie di coleotteri (Coleoptera, *Purpuricenus kaehleri* [Linnaeus, 1758], Fig. 3A, e due specie ancora indeterminate al momento della revisione del manoscritto), mentre gli insetti succhiatori includono cimici (e.g., Penthatomidae). In merito alle altre interazioni osservate: per l'impollinazione, solamente 3 (11%) dei 27 individui fioriti osservati in luglio sono stati visitati da tre api solitarie (cf. *Andrena* sp., *Ceratina* sp., Fig. 3F-G, e una specie ancora indeterminata al momento della revisione del manoscritto) e una mosca (Diptera, specie indeterminata). Per la competizione con altre piante: la

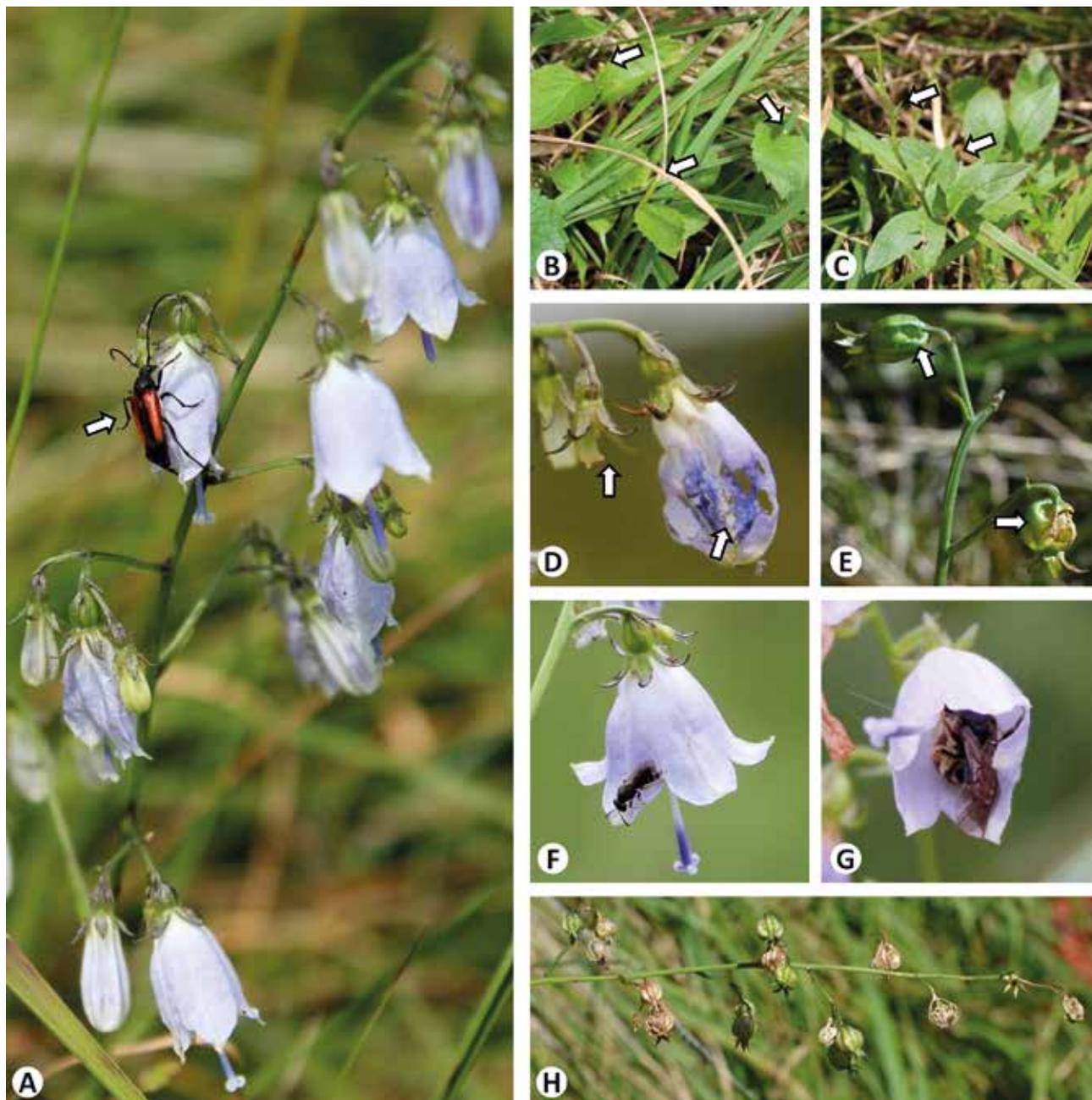


Figura 3: Ecologia delle interazioni nella popolazione di *Adenophora liliifolia* sul Monte San Giorgio (Ticino, Svizzera). **A**, Uno dei pochi individui con un'infiorescenza composta, visitata da un coleottero florivoro, *Purpuricenus kaehleri* (Linnaeus, 1758; freccia). **B**, Individui completamente mangiati (freccia) da mammiferi erbivori. **C**, individui con foglie consumate da insetti erbivori (freccie). **D**, fiori e **E**, frutti con danni dovuti alla consumazione da florivori e alle ferite da parte di insetti succhiatori. **F-G**, esempi di api solitarie quali potenziali impollinatori: **F**, *Andrena* sp., e **G**, *Ceratina* sp. **H**, una delle poche infruttescenze rilevate con frutti verdi immaturi e frutti maturi di color marrone. Fotografie E e H di Sofia Mangili.

specie prativa dominante, *Molinia arundinacea*, che sviluppa cespi ampi e una vegetazione molto densa, sembrava soffocare *A. liliifolia*, coprendo completamente gli individui più piccoli e parzialmente quelli più grandi. In totale, 44 individui (37.3%) dell'intera popolazione presentavano danni riconducibili ad almeno uno dei tipi di erbivoria osservata. Da notare che la consumazione delle foglie è stata rilevata solamente in luglio; pertanto, mancano dati relativi agli individui trovati in agosto.

## DISCUSSIONE

Questo lavoro è il primo a descrivere, seppur preliminarmente, la situazione attuale di *A. liliifolia* in Svizzera. Nella sua unica località conosciuta in Svizzera, il Monte San Giorgio, la singola popolazione rinvenuta conta poco più di un centinaio di individui, ma è meno ridotta di quanto ritenuto in un primo tempo. Nonostante ciò, questi valori sono ben lungi dalla realtà di altre popolazioni di *A. liliifolia* in Europa, dove popolazioni più ampie, in Polonia nella foresta di Kisielany, e in Slovacchia, annoverano rispettivamente circa 1'000 (Ciosek, 2006) e 3'500 individui (European Topic Centre on Biological Diversity, 2012). Questo studio potrebbe co-

munque sottovalutare le dimensioni effettive della popolazione del Monte San Giorgio. Un paio di decenni fa fu contato un centinaio di individui in fiore (Moser, 1999), ma senza indicazioni sulla composizione demografica non è possibile stabilire il contingente di individui sterili. Inoltre, l'assenza, per quanto ci è noto, di conteggi storici della popolazione studiata, impedisce di valutarne l'andamento demografico. La popolazione del Monte San Giorgio è attualmente caratterizzata da molti individui giovani e sterili e relativamente pochi individui adulti riproduttivi (Fig. 2). La situazione sembra differire da quella di altre popolazioni europee (Romania e Polonia), dove il tasso di individui giovani è ridotto rispetto agli adulti riproduttivi (Kapler *et al.*, 2015; Manole *et al.*, 2015).

Le varie forme di erbivoria sembrano compromettere il successo riproduttivo della nostra popolazione, come osservato anche in altre popolazioni europee (Prausová *et al.*, 2016). Quasi il 40% degli individui è colpito da almeno una forma di erbivoria: la consumazione dell'intera pianta o dell'intera infiorescenza (probabilmente da parte di mammiferi, come i cervi), la consumazione di foglie e fiori da parte di insetti (forse attirati dal profumo dei fiori di *A. liliifolia*), e i danni provocati dagli stiletto di insetti succhiatori di linfa (Fig. 3). In base ai nostri risultati, solo un terzo dei fiori è riuscito a produrre frutti; a ciò si aggiunge il fatto che una parte (16%) dei frutti non ha terminato lo sviluppo, verosimilmente a causa dei danni subiti. Inoltre, molti degli individui in fiore a luglio era privo di organi riproduttivi in agosto, ma non è stato possibile determinarne la causa. Per finire abbiamo potuto contare meno di dieci frutti maturi in tutta la popolazione: nonostante un terzo degli individui sia in grado di riprodursi, solo una minima frazione giunge a fruttificare con successo (Fig. 3H).

Il successo riproduttivo ridotto non concorda con la quantità relativamente grande di giovani individui osservati rispetto agli adulti riproduttivi. Ciò potrebbe indicare che almeno una parte degli individui giovani non sia originata da semi ma vegetativamente. Secondo Manole (2015), se *A. liliifolia* avesse un comportamento riproduttivo simile ad *A. grandiflora*, gli individui risultanti da propagazione clonale si posizionerebbero entro un raggio di 10 m dalla pianta madre. Purtroppo questo studio non ha rilevato la distribuzione spaziale degli individui nella popolazione, anche se sono stati notati dei raggruppamenti. Un'altra ipotesi che spiegherebbe l'abbondanza di giovani individui potrebbe essere una fluttuazione delle condizioni ecologiche che influiscono sul successo riproduttivo. Gli anni scorsi le condizioni potrebbero essere state migliori riflettendosi in una maggiore produzione di semi che sono poi germogliati e sono stati rilevati come nuovi individui nel 2017. Invece, il basso numero di frutti che giungono a maturazione equivarrebbe a un basso reclutamento per quest'anno di osservazione. Benché la specie prediliga la riproduzione sessuata (Manole *et al.*, 2015; Gaggermeier, 1991) la riproduzione vegetativa potrebbe servire a incrementare il numero di piante che arriva a maturità.

Sebbene l'erbivoria contribuisca notevolmente a ridurre sia il numero di individui che riescono a fiorire sia

il numero di organi fiorali che completano lo sviluppo, il basso tasso di produzione di frutti potrebbe essere legato anche ad una scarsità d'impollinatori. Non avendo condotto osservazioni sistematiche, i tre individui di tre specie di api solitarie osservate non permettono di trarre conclusioni a questo proposito. I principali impollinatori identificati in altri studi sono bombi, api selvatiche e sirfidi (Gaggermeier, 1991). Secondo uno studio sulle interazioni pianta-impollinatori in tre altre specie di *Adenophora* (Huang & Liu, 2013), gli individui con fiori di colori più chiari e più odorosi sono spesso visitati da impollinatori notturni. I fiori di *A. liliifolia* sono viola piuttosto pallido, raramente bianchi, e di forte odore: l'impollinazione potrebbe perciò essere operata in parte anche da insetti notturni.

Infine, il successo riproduttivo di *A. liliifolia* potrebbe essere influenzato anche dalla competizione con altre specie prative, come riportato anche in letteratura per altre popolazioni europee (Prausová *et al.*, 2016). Infatti, la vegetazione particolarmente densa generata da *Molinia arundinacea* potrebbe, da un lato, inibire la germinazione degli sparuti semi di *A. liliifolia* presenti, a causa dell'ombreggiamento a livello del suolo (l'ombreggiamento, oltre all'effetto diretto di ridurre la quantità di luce, potrebbe ridurre la durata della stagione vegetativa, dato che impedisce il riscaldamento della superficie del suolo); dall'altro lato, *M. arundinacea* compete direttamente con le plantule di *A. liliifolia* (Prausová *et al.*, 2016). La diminuzione di habitat ideali alla specie è uno dei fattori principali identificati come causa della diminuzione di *A. liliifolia* in Europa (Prausová *et al.*, 2016). In Svizzera, la prateria a *Molinia* è divenuta un ambiente estremamente raro e minacciato (EN; Delarze *et al.*, 2016) a causa del basso tornaconto economico (Delarze *et al.*, 2015). La conservazione della specie dipenderebbe dunque, in misura preponderante, da misure specifiche di gestione e dalla creazione di ambienti che permettano alla specie di proliferare e crescere di numero (Kapler *et al.*, 2015; Manole *et al.*, 2015; Prausová *et al.*, 2016).

Le dimensioni di una popolazione dipendono, in larga misura dalla disponibilità di habitat idonei alla specie. Il prato che ospita *A. liliifolia* è relativamente piccolo (l'intero oggetto dell'inventario federale dei prati secchi di importanza nazionale misura circa 39 ettari, ma ospita anche cenosi non favorevoli all'*A. liliifolia*). Le popolazioni di piccole dimensioni sono soggette a depressione da consanguineità, che causa una minore stabilità demografica, cui consegue un'ulteriore riduzione della taglia della popolazione e un aumento della consanguineità (Frankham *et al.*, 2010). Alcuni studi hanno appurato che le cause più frequenti d'estinzione sono innanzitutto ecologiche e demografiche (Hamrick & Godt, 1994), responsabili, sul lungo termine, di una riduzione della variabilità genetica. Questo sembra essere il caso di *A. liliifolia*, la cui variabilità genetica attuale è relativamente alta in Europa considerando le dimensioni delle popolazioni e la distanza fra loro, ma il cui numero estremamente ridotto di individui, conseguenza della perdita di habitat ideali, ha reso la specie particolarmente vulnerabile alla stocasticità demografica (Manole *et al.*, 2015).

Benché vi siano pochi studi che documentino la variabilità genetica di *A. lilifolia* (Boronnikova, 2009; Manole et al., 2015; Prausová et al., 2016), traspare che la variazione genetica maggiore della specie è di natura intraspecifica e che la struttura genetica delle popolazioni è debole. La diversità genetica diminuisce dal centro di distribuzione (Siberia meridionale) alla periferia (Europa centrale) e sembra correlata alla prevalenza della riproduzione sessuale rispetto a quella vegetativa (Manole et al., 2015; Prausová et al., 2016). La debole struttura genetica delle popolazioni e la grande diversità intraspecifica suggeriscono inoltre che le popolazioni di *A. lilifolia* sarebbero relitti recenti di una popolazione molto più ampia, sorretta da una vivida riproduzione sessuale e da un significativo flusso di geni (Manole et al., 2015; Prausová et al., 2016). Di fatto, la frammentazione della popolazione e l'isolamento sono fattori che possono portare a una perdita di diversità genetica, quindi a una minore capacità di adattamento e a un maggiore rischio di estinzione (Frankham et al., 2010). La consanguineità e le relative conseguenze genetiche, come la depressione di consanguineità, potrebbero essere ulteriori motivi dello scarso successo riproduttivo di *A. lilifolia* sul Monte San Giorgio, che potrebbe subire anche gli effetti di una riduzione di variabilità genetica a causa dell'interruzione del flusso genetico dovuto all'isolamento. Questo fattore non è evocato dalla letteratura poiché generalmente le popolazioni studiate sono risultate molto variare geneticamente, ma non possiamo escludere che la popolazione del Monte San Giorgio sia isolata da più tempo e la diversità genetica degli individui che la compongono sia di conseguenza più ridotta. Se la specie dovesse ricorrere ancora maggiormente alla riproduzione vegetativa, ciò aggraverebbe la situazione.

## CONCLUSIONI

Lo studio preliminare sul campo e la ricerca bibliografica hanno consentito di delineare la situazione dell'unica popolazione svizzera di *A. lilifolia*, sul Monte San Giorgio. Come altre popolazioni europee essa potrebbe soffrire un'eccessiva pressione da parte degli erbivori e la concorrenza della vegetazione dominante, fattori che, insieme a possibili variazioni interannuali, potrebbero spiegare in parte il basso successo riproduttivo rilevato, nonostante una quota relativamente grande di giovani individui nella popolazione. Queste prime considerazioni fungono da base per identificare le ipotesi da seguire per colmare le lacune nella nostra comprensione dello stato di conservazione della popolazione e arginare i problemi specifici.

In primo luogo occorre definire con maggiore precisione le dimensioni attuali della popolazione e la sua struttura demografica. Per quanto piccola, essa è più grande di quanto ritenuto, ma verosimilmente non tanto da renderla stabile. Sono necessarie una perlustrazione più dettagliata delle aree prative e una valutazione dell'estensione potenziale nel suo habitat. Per comprendere meglio la struttura e la ripartizione in fasce d'età occorre rilevare precisamente l'età degli individui

e chiarire se l'abbondanza relativa di individui giovani non rifletta un alto tasso di mortalità e/o non sia legato a variazioni interannuali del successo riproduttivo.

In secondo luogo, occorre approfondire gli aspetti legati alla biologia riproduttiva, per comprendere meglio l'importanza relativa della riproduzione sessuale e di quella vegetativa, il successo riproduttivo e il reclutamento, iniziando con la dinamica stessa della fioritura. Occorre verificare l'eventuale mancanza di impollinatori e un'eventuale ciclicità nell'intensità delle interazioni antagonistiche (erbivoria, competizione), per elaborare e testare soluzioni atte a ridurre la pressione degli erbivori e dei florivori e la competizione con *M. arundinacea*. Infine, è essenziale eseguire delle analisi genetiche per valutare il livello di consanguineità e la variabilità genetica. Un'idea sullo stato del patrimonio genetico potrebbe aiutare a capire il motivo per cui così pochi individui adulti si riproducono con successo, eventualmente escludendo la componente genetica nella recessione riproduttiva. Solamente quando si avranno informazioni sulla tendenza evolutiva di *A. lilifolia*, sulla base di studi genetici, demografici ed ecologici, sarà possibile valutare quali misure *in situ* ed *ex situ* intraprendere per favorirla a lungo termine.

## RINGRAZIAMENTI

Ringraziamo cordialmente Giuliano Greco per segnalarci la sua preoccupazione e motivarci a intraprendere le osservazioni in campo, Sofia Mangili e Lorenzo Besomi per l'assistenza in campo, Sofia Mangili anche per le immagini E e H della figura 3, gli entomologi Michele Abderhalden, Bärbel Koch e Lucia Pollini per le identificazioni degli insetti e Bruno E.L. Cerabolini per la gentile revisione del manoscritto. La stesura di questo articolo è parte dello stage di Prisca Valenti presso il Museo cantonale di storia naturale, Lugano.

## BIBLIOGRAFIA

- European Topic Centre on Biological Diversity. Report on *Adenophora lilifolia* under the Article 17 of the Habitats Directive Period 2007-2012. URL: <https://bd.eionet.europa.eu/article17/reports2012/species/summary/?period=3&group=Vascular+plants&subject=Adenophora+lilifolia&region=> (ultima consultazione: 26.2.2018)
- EIONET 1992. Animal and plant species of community interest whose conservation requires the designation of special areas of conservation. Council Directive 92/43/EEC on the conservation of natural habitats and of wild fauna and flora. Annex IIb.
- Antonietti A., Franscella C., Kuhn-Schnyder E. & Simonetti A. 1978. Sentiero naturalistico del Monte San Giorgio. Belinzona, Ente Ticinese per il Turismo. In collaborazione con il Dipartimento cantonale della pubblica educazione, 163 pp.
- Bornand C., Gyax A., Juillerat P., Jutz M., Möhl A., Rometsch S., Sager L., Santiago H. & 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: 178 pp.

- Boromnikova S.V. 2009. Genetic Variation in Ural Populations of the Rare Plant Species.
- Adenophora liliifolia* (L.) DC. on the Basis of Analysis of Polymorphism of ISSR Markers. Russian Journal of Genetics, 45: 571-574.
- Chung M.G. & Epperson B.K. 1999. Spatial genetic structure of clonal and sexual reproduction in populations of *Adenophora grandiflora* (Campanulaceae). Evolution, 53: 1068-1078.
- Ciosek M.T. 2006. The ladybells *Adenophora liliifolia* (L.) Besser in forests near Kisielany (Siedlce Upland, E Poland). Biodiversity, Research and Conservation, 34: 324-328.
- Delarze R., Gonseth Y., Eggenberg S. & Vust M. 2015. Guide des milieux naturels de Suisse. Bussigny, Rossolis, 440 pp.
- Delarze R., Eggenberg S., Steiger P., Bergamini A., Fivaz F., Gonseth Y., Guntern J., Hofer G., Sager L. & Stucki P. 2016. Liste rouge des milieux menacés de Suisse. Office fédéral de l'environnement, Berne, Info Fauna, Neuchâtel, Info Flora, Genève et BEB SA, Aigle. URL: [https://www.infoflora.ch/fr/assets/content/documents/download/CH\\_LR\\_Milieux\\_2017\\_v171130.pdf](https://www.infoflora.ch/fr/assets/content/documents/download/CH_LR_Milieux_2017_v171130.pdf) (ultima consultazione: 23.2.2018).
- Deyuan H., Song G., Lammers T. & Klein L. 2011. *Adenophora* Fischer. Flora China, 19: 536-551.
- Eddie W.M.M., Shulkina T.V., Gaskin J., Haberle R.C. & Jansen R.K. 2013. Phylogeny of Campanulaceae s. str. inferred from its sequences of nuclear ribosomal DNA. Annals of the Missouri Botanical Garden, 90: 554-575.
- Fedorov A. 1978. Flora SSSR. Flora partis Europaeae URSS. 3: Magnoliopsida (Dicotyledones). Izd. "Nauka", Leningrad.
- Frankham D., Ballou J.D. & Briscoe D.A. 2010. Introduction to Conservation Genetics. Cambridge, UK; New York, Cambridge University Press, 2ª edizione, 617 pp.
- Franzoni A. (ed. Lenticchia). 1890. Le piante fanerogame della Svizzera Insubrica enumerate secondo il metodo decandolliano. Memorie della Società elvetica di scienze naturali 3: 1-256.
- Gaggermeier H. 1991. Die Waldsteppenpflanze *Adenophora liliifolia* (L.) A. DC. in Bayern. Hoppea, 50: 287-322.
- Ge S., Wang K.Q., Hong D.Y., Zhang W.H. & Zu Y.G. 1999. Comparisons of genetic diversity in the endangered *Adenophora lobophylla* and its widespread congener, *A. potaninii*. Conservation Biology, 13: 509-513.
- Habel J.C. & Assmann T. 2010. Relict species: Phylogeography and Conservation Biology. Berlin-Heidelberg, Springer-Verlag, 448 pp.
- Hamrick J.L. & Godt M.J.W. 1996. Conservation Genetics of Endemic Plant Species. In: J.C. Avise and J.L. Hamrick, eds., Conservation genetics, case histories from Nature, New York, Chapman & Hall, pp 281-304.
- Kapler A., Rapa A., Kiedrzyński M., Bajdak T., Radliński B. & Puchalski J. 2015. Current status of natural localities of *Adenophora liliifolia* (L.) Bess. in Poland. Proposed sites for population reinforcement. Monographs of Botanical Gardens, 2.
- Koutsovoulou K. 2013. Campanulaceae: a family with small seeds that require light for germination. Annals of Botany, 113: 135-143.
- Leresche L. 1873. Plante nouvelle pour la Suisse. *Adenophora suaveolens* Mey. au mont S. Giorgio, au midi du lac de Lugano. Actes de la Société Helvétique de Sciences Naturelles 55, 19-20-21.8.1872. Fribourg, Suisse, pp.49-50.
- Liu C.Q. & Huang, S.Q. 2013. Floral divergence, pollinator partitioning and the spatiotemporal pattern of plant-pollinator interactions in three sympatric *Adenophora* species. Oecologia, 173: 1411-1423.
- Linnaeus C. von. 1753. *Campanula liliifolia*. Species Plantarum 1: 165.
- Manole A., Banciu C. & Indreica A. 2015. Genetic diversity within a newly identified population of *Adenophora liliifolia* (L.) A. DC. in Romania: implications for conservation. Annals of Forest Research, 58: 347-355.
- MeteoSvizzera 2012. Rapporto sul clima – Cantone Ticino. Su mandato dell'Ufficio dell'aria, del clima e delle energie rinnovabili del Cantone Ticino. URL: [https://www4.ti.ch/fileadmin/DT/temi/aria/clima/01\\_Rapporto\\_clima\\_Ticino.pdf](https://www4.ti.ch/fileadmin/DT/temi/aria/clima/01_Rapporto_clima_Ticino.pdf) (ultima consultazione: 27.2.2018).
- Meusel H., Jäger E. & Weinert E. 1965. Vergleichende Chorologie der Zentraleuropäischen Flora. Jena, Gustav Fischer Verlag, 258 pp. URL: <http://chorologie.biologie.unihalle.de/choro/index.php?Lang=E> (ultima consultazione: 27.2.2018).
- Moser D.M. 1999. EN *Adenophora liliifolia* (L.) A. DC. – Adénophore à feuilles de lis – *Campanulaceae*. Fiches pratiques pour la conservation - Plantes à fleurs et fougères. URL: [https://www.infoflora.ch/assets/content/documents/fiches\\_pratiques\\_fr/aden\\_lili\\_f.pdf](https://www.infoflora.ch/assets/content/documents/fiches_pratiques_fr/aden_lili_f.pdf) (ultima consultazione: 27.2.2018).
- Moser D.M., Gygas A., Bäumler B., Wyler N. & Palese R. 2002: Lista Rossa delle felci e delle piante a fiori minacciate della Svizzera. Ed. Ufficio federale dell'ambiente, delle foreste e del paesaggio, Berna; Centro della Rete Svizzera di Floristica, Chambésy; Conservatoire et Jardin botaniques de la Ville de Genève, Chambésy. Serie dell'UFAFP «Ambiente – Esecuzione»: 118 pp.
- Prausová R., Marečková L., Kapler A., Majeský L., Farkas T., Indreica A., Šafářová L. & Kitner M. 2016. *Adenophora liliifolia*: condition of its populations in Central Europe. Acta Biologica Cracoviensia s. Botanica, 58: 83-105.
- Prunier P., Greulich F., Béguin C., Boissezon A., Delarze R., Hegg O., Klötzli F., Pantke R., Steffen J., Steiger P. & Vittoz P. 2017. Phytosuisse: un référentiel pour les associations végétales de Suisse. V3 URL: <http://www.infoflora.ch/fr/milieux/phytosuisse>.
- Roleček J., Vild O., Sladký J. & Řepka R. 2017. Habitat requirements of endangered species in a former coppice of high conservation value. Folia Geobotanica, 52: 59-69.
- Shulkina T.V., Gaskin J.F. & Eddie W.M.M. 2003. Morphological Studies toward an Improved Classification of Campanulaceae s. st. Annals of the Missouri Botanical Garden, 90: pp. 576-591.
- Tacik T. 1971. Rodzina: Campanulaceae, Dzwonkowate. In: Pawłowski B, Jasiewicz A. [eds.]. Flora polska. Rośliny naczyniowe Polski i ziem ościennych. [Flora of Poland. Vascular plant species of Poland and adjacent countries.], 12: 50-99.
- The Plant List. 2013. Version 1.1. URL: <http://www.theplantlist.org/tpl1.1/search?q=adenophora+liliifolia> (ultima consultazione: 19.2.2018).
- UFAM. 2017. Inventario federale dei prati e pascoli secchi di importanza nazionale. URL: [https://www.bafu.admin.ch/bafu/it/home/temi/biodiversita/info-specialisti/misure-per-conservare-e-promuovere-la-biodiversita/infrastruttura-ecologica/biotopi-d\\_importanza-nazionale/prati-e-pascoli-secchi-descrizioni-degli-oggetti.html](https://www.bafu.admin.ch/bafu/it/home/temi/biodiversita/info-specialisti/misure-per-conservare-e-promuovere-la-biodiversita/infrastruttura-ecologica/biotopi-d_importanza-nazionale/prati-e-pascoli-secchi-descrizioni-degli-oggetti.html).
- UFAM. 2018. Lista delle specie prioritarie a livello nazionale. In press.
- Urgamal M. 2014. Additions to vascular flora of Mongolia. URL: [https://www.researchgate.net/publication/271328603\\_ADDITIONS\\_TO\\_THE\\_VASCULARFLORA\\_OF\\_MONGOLIA-II](https://www.researchgate.net/publication/271328603_ADDITIONS_TO_THE_VASCULARFLORA_OF_MONGOLIA-II) (ultima consultazione: 26.2.2018).

Appendice 1: Dati osservazionali in campo della popolazione di *Adenophora liliifolia* sul Monte San Giorgio, il 18 e 20 luglio e 21 agosto 2017. Gli individui su fondo grigio (ID 79-118) sono stati trovati in agosto. In verde sono indicati gli individui riproduttivi rilevati sia in luglio sia in agosto. Gli individui con altezza 0 e quelli in rosso sono stati esclusi dalle analisi dell'altezza poiché completamente o parzialmente (infiorescenza) mangiati. Dati mancanti sono indicati con un segno interrogativo. Abbreviazioni: com=infiorescenza composta; sem=infiorescenza semplice; man=mangiata; n/a = non applica.

ID Individuo	altezza cm	Nr foglie presenti	Nr foglie danneggiate	Infiorescenza semplice, composta, mangiata	Nr organi fiorali LUGLIO	Nr organi danneggiati LUGLIO	Nr frutti LUGLIO	Nr organi fiorali AGOSTO	Nr organi danneggiati AGOSTO	Nr frutti AGOSTO	Nr frutti sani	Nr frutti abortiti	Nr Individui con danni
1	55	20	12	0	0	0	0	?	?	?	?	?	
2	20	19	0	0	0	0	0	?	?	?	?	?	
3	60	20	0	com	36	36	0	?	?	?	?	?	1
4	35	18	2	com	5	1	0	5	1	5	4	1	1
5	25	8	0	sem	4	0	0	?	?	?	?	?	
6	25	7	0	0	0	0	0	?	?	?	?	?	
7	25	10	0	sem	4	0	0	?	?	?	?	?	
8	5	?	0	0	0	0	0	?	?	?	?	?	
9	55	21	2	com	22	6	0	?	?	?	?	?	1
10	60	24	2	com	23	2	0	17	?	17	9	?	1
11	30	17	0	man	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	1
12	30	20	0	man	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	1
13	30	18	0	man	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	1
14	20	17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
15	50	14	6	sem	6	6	0	0	0	0	0	0	1
16	35	25	0	man	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	1
17	20	15	0	sem	1	0	0	0	0	0	0	0	
18	20	11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
19	30	20	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
20	40	12	2	sem	6	0	0	0	0	0	0	0	
21	30	16	0	sem	3	0	0	0	0	0	0	0	
22	20	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
23	10	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
24	15	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
25	15	16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
26	30	11	0	sem	3	0	0	0	0	0	0	0	
27	20	12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
28	10	8	0	man	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	1
29	15	16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
30	10	14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
31	25	20	0	man	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	1
32	20	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
33	25	7	0	sem	2	2	0	0	0	0	0	0	1
34	0	man	0	n/a	0	0	0	0	0	0	0	0	1
35	0	man	0	n/a	0	0	0	0	0	0	0	0	1
36	10	8	0	0	0	0	0	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	
37	25	18	0	sem	3	3	0	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	1
38	10	3	0	man	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	1
39	30	14	2	sem	3	3	0	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	1
40	40	18	0	sem	6	0	0	?	?	?	?	?	
41	15	11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
42	35	12	0	sem	4	0	0	5	2	5	2	2	1
43	20	12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
44	15	7	0	man	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	1
45	7	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
46	45	17	0	com	man	n/a	0	0	0	0	0	0	1
47	35	16	0	sem	man	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	1
48	25	14	0	sem	1	0	0	0	0	0	0	0	
49	25	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
50	35	15	2	sem	2	0	0	0	0	0	0	0	1
51	35	14	3	man	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	1
52	12	13	0	man	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	1
53	20	8	4	man	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	1
54	10	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
55	10	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
56	8	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
57	8	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
58	8	4	0	man	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	1
59	30	15	0	sem	4	2	0	?	?	?	?	?	1

Continuazione sulla pagina seguente

ID Individuo	altezza cm	Nr foglie presenti	Nr foglie danneggiate	infiorescenza semplice, composta, mangiata	Nr organi fiorali LUGLIO	Nr organi danneggiati LUGLIO	Nr frutti LUGLIO	Nr organi fiorali AGOSTO	Nr organi danneggiati AGOSTO	Nr frutti AGOSTO	Nr frutti sani	Nr frutti abortiti	Nr Individui con danni
60	15	14	0	0	0	0	0	?	?	?	?	?	
61	15	7	0	man	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	1
62	30	17	0	man	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	1
63	25	9	0	sem	2	1	0	?	?	?	?	?	1
64	30	17	0	sem	3	0	0	?	?	?	?	?	
65	25	12	0	man	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	1
66	20	11	0	sem	2	0	0	?	?	?	?	?	
67	30	18	0	sem	5	0	0	?	?	?	?	?	
68	20	11	0	sem	3	0	0	?	?	?	?	?	
69	8	9	0	0	0	0	0	?	?	?	?	?	
70	50	17	0	com	35	7	0	8	0	8	8	0	1
71	0	man	0	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	1
72	0	man	0	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	1
73	0	man	0	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	1
74	20	13	0	sem	1	0	0	2	0	2	2	0	
75	75	34	26	com	man	man	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	1
76	40	32	28	com	man	man	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	1
77	40	21	0	sem	5	0	0	0	0	0	0	0	
78	30	?	0	man	?	?	?	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	1
79	40	?	0	man	?	?	?	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	1
80	50	?	?	sem	?	?	?	?	?	0	0	0	
81	60	?	?	sem	?	?	?	?	?	0	0	0	
82	40	?	?	sem	?	?	?	?	?	0	0	0	
83	30	?	?	sem	?	?	?	?	?	0	0	0	
84	70	?	?	sem	?	?	?	?	?	0	0	0	1
85	10	?	?	man	?	?	?	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	1
86	50	?	?	com	?	?	?	2	0	2	0	2	1
87	30	?	0	man	?	?	?	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	1
88	10	?	?	0	?	?	?	0	0	0	0	0	
89	5	?	?	0	?	?	?	0	0	0	0	0	
90	5	?	?	0	?	?	?	0	0	0	0	0	
91	3	?	?	0	?	?	?	0	0	0	0	0	
92	3	?	?	0	?	?	?	0	0	0	0	0	
93	10	?	?	0	?	?	?	0	0	0	0	0	
94	15	?	?	0	?	?	?	0	0	0	0	0	
95	15	?	?	0	?	?	?	0	0	0	0	0	
96	15	?	?	0	?	?	?	0	0	0	0	0	
97	15	?	?	0	?	?	?	0	0	0	0	0	
98	25	?	?	0	?	?	?	0	0	0	0	0	
99	25	?	?	0	?	?	?	0	0	0	0	0	
100	25	?	?	sem	?	?	?	2	2	2	0	2	1
101	20	?	?	0	?	?	?	0	0	0	0	0	
102	30	?	?	sem	?	?	?	3	0	3	3	0	
103	25	?	?	0	?	?	?	0	0	0	0	0	
104	10	?	?	0	?	?	?	0	0	0	0	0	
105	10	?	?	0	?	?	?	0	0	0	0	0	
106	10	?	?	0	?	?	?	0	0	0	0	0	
107	10	?	?	0	?	?	?	0	0	0	0	0	
108	10	?	?	0	?	?	?	0	0	0	0	0	
109	10	?	?	0	?	?	?	0	0	0	0	0	
110	10	?	?	0	?	?	?	0	0	0	0	0	
111	10	?	?	0	?	?	?	0	0	0	0	0	
112	15	?	?	0	?	?	?	0	0	0	0	0	
113	15	?	?	0	?	?	?	0	0	0	0	0	
114	15	?	?	0	?	?	?	0	0	0	0	0	
115	15	?	?	0	?	?	?	0	0	0	0	0	
116	20	?	?	0	?	?	?	0	0	0	0	0	
117	20	?	?	0	?	?	?	0	0	0	0	0	
118	20	?	?	0	?	?	?	0	0	0	0	0	

# Monitoraggi faunistici alle Bolle di Magadino (Cantone Ticino, Svizzera) Studio di radiotelemetria sul Rospo comune (*Bufo bufo*)

Anita Python<sup>1</sup> e Bärbel Koch<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Via A. Nessi 36, CH-6600 Locarno

<sup>2</sup> Piazza dal Tórc 2, CH-6821 Rovio

*anita.python@bluewin.ch*

---

**Riassunto:** La conoscenza dei movimenti migratori degli anfibii dai quartieri invernali verso i siti di riproduzione è indispensabile per intraprendere misure adeguate di salvaguardia delle popolazioni che vivono in ambienti frammentati. Il presente studio ha testato la tecnica della radiotelemetria tramite l'utilizzo di emittenti esterne fissate sul Rospo comune (*Bufo bufo*) presso la riserva naturale delle Bolle di Magadino. Durante il loro passaggio verso i siti di riproduzione sono stati marcati otto individui che sono stati seguiti per diversi mesi. Prima di perdere l'emittente, gli individui rospi hanno trascorso un minimo di 25 giorni nello stesso sito, spostandosi non oltre un raggio di 120 m una volta raggiunto l'ambiente prescelto. Un unico individuo maschio ha potuto essere radiotelemetrato fino al suo ritorno nel bosco, probabile sito di svernamento. Le restanti emittenti sono state perse prima o non sono più state ritrovate. Benché non sia stato possibile raccogliere dati quantitativi, lo studio ha permesso di constatare che diversi rospi si dirigono direttamente in zona lago, dove presumibilmente avviene la riproduzione. Altri ambienti importanti utilizzati dai rospi durante il giorno sono mucchi di rami e cavità tra i sassi. Considerata l'alta perdita di emittenti e la discontinuità dei dati rilevati, la radiotelemetria mediante emittenti esterne non si è rivelata essere la metodologia migliore per seguire questa specie in questo determinato ambiente naturale.

**Parole chiave:** Bolle di Magadino, monitoraggio, migrazione, Rospo comune (*Bufo bufo*), radiotelemetria

**Faunistic monitoring at the natural reserve of the Bolle di Magadino (Canton of Ticino, Switzerland). Radiotelemetry study of the Common Toad (*Bufo bufo*)**

**Abstract:** A good knowledge of the movements of the amphibians from the winter quarters to the breeding sites is essential to undertake appropriate measures to safeguard the populations living in highly fragmented habitats. The goal of the present study was to test the radiotelemetry method through external transmitters on the Common Toad (*Bufo bufo*) in the nature reserve Bolle di Magadino. During their movement to the breeding sites eight individuals were marked and followed for several months. Before losing the transmitters, toads have spent a minimum of 25 days in the same site, moving no further than a radius of 120 m when reached the site. A single male individual was followed until he returned to the forest, the probable wintering site. The remaining transmitters have been lost before the return or have not been found again. Although it was not possible to collect quantitative data, the study permitted to confirm that various toads head directly to the lake area, where reproduction is likely to occur. Other important habitats used by toads during the day were piles of branches and cavities between stones. However, given the high loss of transmitters in this humid environment and the discontinuity of the collected data, radiotelemetry with external transmitters has not proved to be the most suitable method to follow this species in this determined habitat.

**Key words:** Bolle di Magadino, Common Toad (*Bufo bufo*), migration, monitoring, radiotelemetry

---

## INTRODUZIONE

La riserva naturale delle Bolle di Magadino figura nell'Inventario federale dei siti di riproduzione degli anfibii di importanza nazionale e ogni primavera arriva rane e rospi che arrivano dai siti di svernamento. Come attestato dalle azioni di salvataggio, gli anfibii che giungono dai boschi del versante meridionale del Piano di Magadino sono circa un migliaio (Maddale-

na & Nembrini, 2017). La strada cantonale sempre più trafficata è uno degli ostacoli che ne causano la mortalità. Malgrado gli sforzi per facilitarne il passaggio tramite la posa di barriere e il pattugliamento da parte di volontari, si osserva un trend allarmante dall'inizio delle azioni di salvataggio, con una diminuzione degli effettivi negli ultimi anni. Le tratte utilizzate dagli anfibii durante gli spostamenti sono ancora poco conosciute, soprattutto per quanto riguarda il ritorno ai quartieri

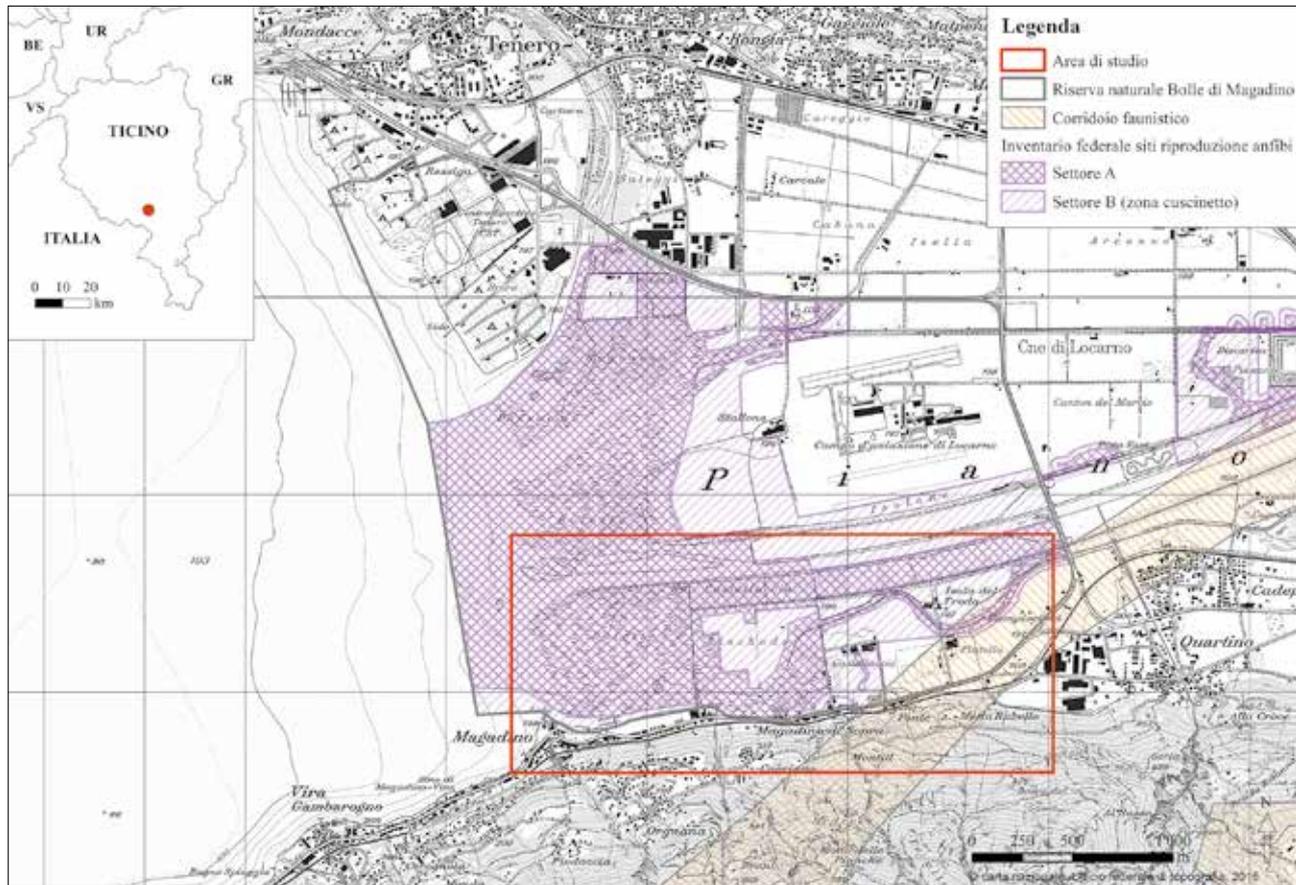


Figura 1: Area di studio (perimetro rosso). La zona protetta della riserva naturale delle Bolle di Magadino include anche parte di un corridoio faunistico di importanza sovregionale (corridoio TI 25). Estratto riprodotto con l'autorizzazione di swisstopo (BA18010).

estivi e invernali. Solo il 10-20% degli individui raccolti dai volontari durante le azioni di salvataggio riguardano movimenti di ritorno. Si ipotizza che vengano sfruttati i corsi d'acqua e i rigagnoli che provengono dalla montagna e che gli spostamenti avvengano in modo scaglionato (Python & Koch, 2016).

Il Rospo comune è classificato come vulnerabile (VU) nella Lista Rossa (Schmidt & Zumbach, 2005) e, sebbene sia una specie piuttosto diffusa, è stato dimostrato che le popolazioni sono in continua diminuzione dagli anni '80 (Petrovan & Schmidt, 2016). Un declino è stato notato anche in Ticino (Lupi, 2015). I siti di deposizione delle ovature di rospo all'interno della riserva naturale delle Bolle di Magadino sono tuttora ancora sconosciuti (Borgula, 2001). Per tutelare questa specie con misure adeguate è necessario avere una buona conoscenza dei suoi spostamenti e dei territori utilizzati.

La radiotelemetria è stata usata con successo in altri studi sul Rospo calamita (*Bufo calamita*) in Svizzera (Schweizer, 2014), su Rospo comune occidentale (*Bufo spinosus*) e Ropo smeraldino (*Bufo viridis*) in Italia (Indermaur *et al.*, 2008) e su *Babina subaspera* in Giappone (Iwai, 2013). All'interno della riserva naturale delle Bolle di Magadino sono già stati eseguiti altri studi sulla Natrice tassellata (*Natrix tessellata*) (Conelli & Nembrini, 2007) e la Nutria (*Myocastor coypus*) (Zanini *et al.*, 2010) che hanno fornito dati utili alla gestione della riserva. A nostra conoscenza non esistono studi di radiotelemetria sul Rospo comune in Svizzera e all'estero.

Lo scopo di questa ricerca è quello di monitorare un

campione rappresentativo di individui di Rospo comune, testando la tecnica della radiotelemetria quale metodo per investigare gli spostamenti e gli habitat utilizzati dal Rospo comune all'interno del perimetro della riserva naturale delle Bolle di Magadino.

## MATERIALI E METODI

L'area di studio è illustrata nella figura 1. Il Rospo comune è stato utilizzato come specie modello, poiché si sposta lentamente, i suoi movimenti sono particolarmente sensibili agli ostacoli e le sue dimensioni gli permettono di sopportare il peso dell'emittente (1.1 g). Otto individui, cinque femmine e tre maschi, sono stati catturati al loro passaggio verso i quartieri di riproduzione tra fine marzo e inizio maggio 2017. L'emittente (PIP 4, Biotrack, [www.biotrack.co.uk](http://www.biotrack.co.uk)) è stata applicata attorno al busto tramite una catenella secondo le disposizioni di Schweizer (2014) (Fig. 2). Il peso medio complessivo di catenella ed emittente era di pressappoco 4 g, a dipendenza della lunghezza della catenella, correlata alla larghezza del busto del rospo. Sono stati scelti unicamente gli individui di maggiori dimensioni, in modo tale che la strumentazione (catenella e emittente) non superasse il 10% del peso corporeo dell'anfibio, così come raccomandato da Richards *et al.* (1994). Tutti i rospi sono stati pesati e misurati prima dell'applicazione dell'emittente e rilasciati all'interno della zona naturale protetta in ambienti sicuri e non troppo distanti da dove sono stati prelevati.



Figura 2: Una femmina con l'emittente poco dopo il rilascio (foto: B. Koch).

Gli individui marcati sono stati localizzati acusticamente con delle antenne direzionali VHF a "H" (Telonics RA-14) e a "pagaia" (RA-1A) con frequenze delle emittenti tra 148.195 e 148.947 MHz. Sono stati radiotelemetrati durante il giorno o la sera da un massimo di cinque volte alla settimana a un minimo di una volta alla settimana tra fine marzo e fine luglio. Le coordinate GPS rilevate sono state annotate e i dati analizzati con il programma QGIS 2.18.

## RISULTATI

Lo studio si è svolto tra marzo e luglio 2017. Tutti gli individui, salvo una femmina, sono stati liberati al "Forte Olimpio" (Fig. 3). La femmina è stata rilasciata in un canale adiacente al campo di calcio. Gli individui sono stati seguiti per un minimo di due giorni (due casi) fino a un massimo di sette settimane (forse nove, se confidiamo nell'esattezza della localizzazione del segnale che indicava spostamenti di alcuni metri da un rilievo all'altro prima che il rospo perdesse l'emittente) (Fig. 3 e Tab. 1). Un maschio è stato seguito fino al ritorno dall'altra parte della strada cantonale, sul versante montano (ID4). Cinque delle otto emittenti sono state ritrovate all'interno della riserva naturale delle Bolle di Magadino, senza il rospo (ID1, ID2, ID5, ID6 e ID8). L'emittente di un individuo che si è stabilito in zona lago non è stata ritrovata ed è presumibilmente affondata (ID3). In un altro caso, l'emittente non è più stata ritrovata già dal quinto giorno. Si presuppone che il rospo (ID7) sia stato vittima di un predatore.

I primi individui marcati a fine marzo (ID1-3), che erano anche quelli di dimensioni maggiori, si sono spostati in direzione del lago in zona Diga della Pepa (Fig. 3). Due di questi vi si sono stabiliti per almeno quattro settimane. Il terzo individuo che ha raggiunto uno stagno ha percorso una distanza minima di 700 m in sole due notti, dove ha perso l'emittente, a oltre 1 km dal luogo di cattura.

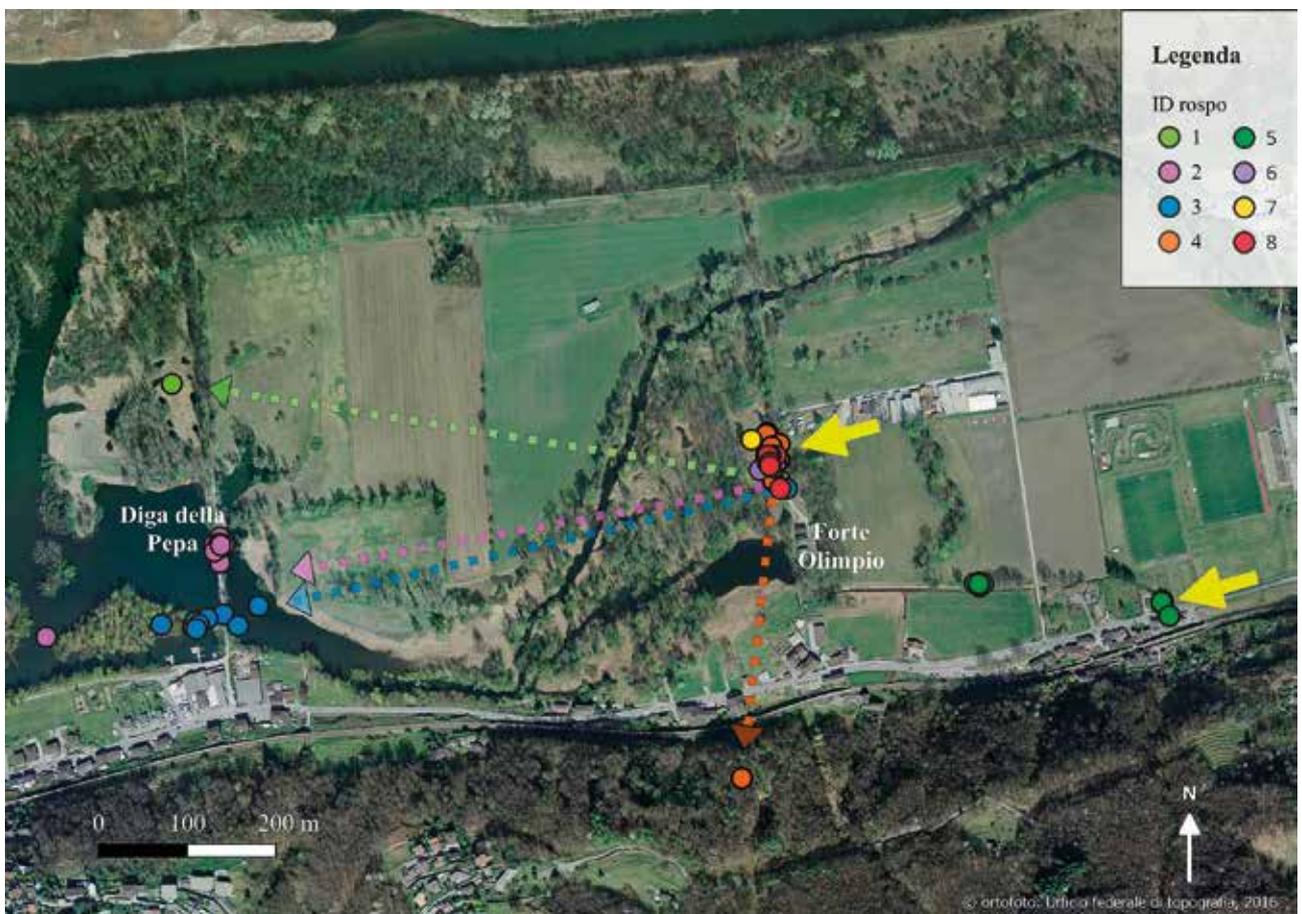


Figura 3: Cartina con gli spostamenti degli individui di Rospo comune, da marzo a luglio 2017. I punti colorati indicano le posizioni registrate dei singoli individui; le frecce colorate tratteggiate indicano i maggiori spostamenti tra due siti; le frecce gialle indicano i luoghi di rilascio (sopra il "Forte Olimpio", sotto il canale adiacente al campo sportivo).

Tabella 1: Riassunto dei dati riguardanti gli individui marcati. SVL (Snout-vent length): lunghezza dalla punta della testa fino alla fine del tronco.

ID individuo	Sesso	Peso (g)	Lunghezza SVL (cm)	Data marcatura	Durata raccolta dati (giorni)	Distanza minima percorsa (m)	Osservazioni
1	♀	185	10.1	21.3.2017	2	700	
2	♀	201	12.0	23.3.2017	42	970	
3	♂	65	7.8	23.3.2017	51	860	emittente non più ritrovata
4	♂	57	7.5	2.4.2017	27	700	ritornato nel bosco il 29 aprile
5	♀	121	6.4	2.4.2017	25	270	
6	♂	57	8.0	2.5.2017	(37) 60	50	
7	♀	146	10.5	2.5.2017	2	60	emittente non più ritrovata
8	♀	139	10.5	2.5.2017	(25) 60	50	

Durante tutto il periodo dei rilevamenti, i rospi radiotelemetrati hanno percorso una distanza minima compresa tra 50 e 970 m, effettuando inizialmente anche grandi spostamenti. I rospi hanno trascorso da un minimo di 25 giorni fino almeno 31 giorni nello stesso sito, prima di perdere l'emittente. Una volta raggiunto un determinato ambiente scelto, gli spostamenti non si estendevano oltre un raggio di 120 m. Gli ambienti utilizzati durante il giorno dagli individui sono molto variati: lago, lanche, stagni, riali, sterpaglie di rovi, cavità tra sassi e muri, canneti, vegetazione ripuale, isolotti, scarpate, prati umidi, mucchi di rami (Fig. 4 a-d). In generale non sono stati rinvenuti rospi impigliati o morti. L'unico rospo che è stato possibile seguire nel corso della migrazione di ritorno all'interno del bosco sul versante montano è stato l'individuo ID4. Esso è stato rinvenuto in una cavità nel terreno, dopo aver percorso 640 m e aver effettuato un dislivello di 60 m. Il rospo non presentava nessuna ferita dovuta al cinturino e il suo peso corporeo non è diminuito; al contrario è aumentato di 4.5 g. Per risalire è probabile che abbia utilizzato un piccolo corso d'acqua, ma è anche possibile che abbia attraversato la strada cantonale.

Sebbene le emittenti siano state rintracciate spesso senza problemi, in diversi casi il segnale ricevuto era molto debole o a tratti inudibile. Questo vale sia per gli individui in zona lago, che per quelli fuori dall'acqua.

## DISCUSSIONE

Questo studio pilota ha permesso di testare la metodologia della radiotelemetria sul Rospo comune nell'area della riserva naturale delle Bolle di Magadino. Lo smarrimento dell'emittente da parte dei rospi si è rivelata essere la problematica principale. Anche Schweizer (2014) mette in evidenza la perdita dell'emittente quale fattore limitante. Metodi alternativi che permetterebbero di evitare questo problema utilizzano emittenti sottocutanee (Long *et al.*, 2010) o dei microchip, come è già stato fatto su una popolazione di rospo a Barbengo (Maddalena *et al.*, 2000), nell'Oberland Bernese (Grossenbacher, 2012) e in provincia di Torino (Crema, 2006). Tuttavia lo stress legato all'impianto delle sonde sottocutanee non è da sottovalutare. Inoltre la portata del segnale è significativamente minore, in particolare con i microchip. Nel nostro studio non sono stati rilevati indizi di danni subiti dagli animali da parte del sistema di fissaggio.

Gli individui hanno potuto essere monitorati anche all'interno di un ambiente poco percorribile e selvaggio quale la riserva naturale delle Bolle di Magadino. Non abbiamo però informazioni riguardanti il percorso della migrazione di ritorno utilizzato dal rospo ID4. Possiamo ipotizzare che l'individuo abbia scelto la via più sicura per raggiungere il sito di estivazione, utilizzando il piccolo corso d'acqua piuttosto che attraversare la strada cantonale. Localizzazioni regolari tramite GPS o riceventi VHF collegate ad antenne omnidirezionali fisse avrebbero potuto fornire informazioni più precise sulle tratte percorse.

Un ulteriore aspetto della metodologia utilizzata è la



Figura 4: Alcuni degli ambienti utilizzati dai rospi durante il giorno (foto: A. Python). a) Cannaie ai bordi di un canale; b) lago; c) cavità tra sassi; d) vegetazione ripuale lungo la Diga della Pepa.

qualità della ricezione del segnale. La presenza di ostacoli, il fatto che i rospi nuotino in acque profonde e la posizione dell'antenna dell'emittente influenzano molto la qualità di ricezione del segnale. La presenza di imbarcazioni in zona Diga della Pepa e l'attività aeroportuale creavano interferenze con il segnale.

Lo studio ha permesso tuttavia di appoggiare la tesi di Borgula (2001) riguardo a una possibile riproduzione del Rospo comune direttamente nel lago. La coesistenza con i pesci è infatti possibile poiché uova e larve di rospo contengono delle sostanze tossiche che le proteggono dai predatori (Daly, 1995). La presenza di pesci può addirittura favorire le popolazioni di Rospo comune poiché riduce il numero di specie di anfibi in competizione e aumenta la disponibilità di risorse (Indermaur *et al.*, 2010; Baker *et al.*, 2011). Il fatto che non siano state osservate ovature di rospi nel lago non contraddice questa deduzione. Infatti, essendo deposte da 2-6 m fino addirittura a 30 m di profondità, sono normalmente pressoché invisibili (Schmidt & Zumbach, 2016). Stagni, lanche e, come lo dimostrano gli spostamenti della femmina ID5, potenzialmente anche canali sono altri possibili luoghi di riproduzione all'interno della riserva naturale delle Bolle di Magadino. Tuttavia, durante i rilievi di radiotelemetria, né all'interno dei canali, né nelle lanche, dove si sono stabiliti gli esemplari più tardivi, sono state trovate ovature.

Mucchi di rami e cavità tra i sassi sono nicchie che si sono rivelate essere sfruttate anche per periodi di un paio di settimane. Le cataste di legna vengono infatti ritenute strutture indispensabili per il Rospo comune che le usa come riparo da predatori e protezione dall'essiccazione oppure, essendo ricche di insetti, come luoghi per cibarsi (Schmidt & Indermaur, 2012). Si potrebbero creare ulteriori mucchi di rami e sassi quale misura di gestione per favorire la specie. Anche la vegetazione ripariale della Diga della Pepa è importante per offrire nascondigli e protezione dal sole durante il giorno. Gli arbusti di salice, con le loro radici in parte sommerse, sono da salvaguardare.

In conclusione, malgrado gli aspetti ecologici rilevanti identificati in questo studio, la radiotelemetria con emittenti esterne non si è dimostrata essere il metodo più efficace per seguire gli spostamenti del Rospo comune nel perimetro della riserva naturale delle Bolle di Magadino. In particolare, i dati raccolti sono discontinui, la proporzione di emittenti perse in questo ambiente umido è alta e il tempo necessario per i rilievi è elevato rispetto alla quantità e qualità dei dati ricavati. Una soluzione per ridurre il tempo di ricerca e avere dati più continui potrebbe essere la fissazione di grandi antenne ai bordi dell'area della riserva naturale che rilevino i segnali in modo regolare (ad es. Telonics, modello RA-6B). Con il progresso della tecnologia si può presupporre che in futuro anche l'uso del GPS possa essere una soluzione più appropriata per approfondire le conoscenze sulla popolazione di anfibi. Da quanto ne sappiamo non esistono ancora studi su specie di anfibi che abbiano utilizzato questo sistema. In ogni caso, sia con emittente VHF che con GPS, bisogna essere consapevoli che la probabilità di perdita dei dispositivi esterni è alta.

## RINGRAZIAMENTI

Ringraziamo in particolare la Fondazione Bolle di Magadino per avere finanziato questo studio e il Museo cantonale di storia naturale per averci messo a disposizione le antenne VHF. Un grazie ad Arianna Rusca, Aaron Petruzzella, Thomas Gianoli e Vanessa Aviles per l'aiuto nel lavoro sul campo, a Davide Sargenti per tutto il supporto e i rilievi in barca, a Nicola Patocchi e Tiziano Maddalena per i commenti costruttivi e a Marco Nembrini per la revisione del manoscritto. Grazie anche ai volontari che durante il salvataggio hanno aiutato nella cattura dei rospi, e che ogni anno raccolgono dati quantitativi sulla migrazione degli anfibi.

## BIBLIOGRAFIA

- Baker J., Beebe T., Buckley J., Gent A. & Orchard D. 2011. Amphibian habitat management handbook. Amphibian and reptile conservation, Bournemouth, pp. 70.
- Borgula A. 2001. Gli anfibi: un cardine della catena alimentare. In: Fondazione Bolle di Magadino (ed), Contributo alla conoscenza delle Bolle di Magadino, pp. 149-158.
- Crema G. 2006. Povero rospo migratore un microchip ti salverà. la Repubblica, 29 marzo 2006, <http://ricerca.repubblica.it/repubblica/archivio/repubblica/2006/03/29/povero-rospo-migratore-un-microchip-ti-salvera.html> (ultima consultazione: 14.1.2018).
- Conelli A. & Nembrini M. 2007. Studio radiotelemetrico dell'habitat della Biscia tassellata (Laurenti, 1768) in tre popolazioni del Cantone Ticino (Svizzera). Bollettino della Società ticinese di Scienze naturali, 95: 45-54.
- Daly J.W. 1995. The chemistry of poisons in amphibian skin. PNAS 92: 9-13.
- Grossenbacher K. 2012. Die Erdkröte (*Bufo bufo*) im Hochgebirge: eine Studie über 30 Jahre im Berner Oberland. In: Internationale Fachtagung vom 9.-11. November 2012 im Haus der Natur in Salzburg, Österreich.
- Indermaur L., Schaub M., Jokela J., Tockner K. & Schmidt B. 2010. Differential response to abiotic conditions and predation risk rather than competition avoidance determine breeding site selection by anurans. Ecography, 33: 887-895.
- Indermaur L., Schmidt B.R. & Tockner K. 2008. Effect of transmitter mass and tracking duration on body mass change of two anuran species. Amphibia-Reptilia, 29: 263-269.
- Iwai N. 2013. Home range and movement patterns of the Otton Frog: integration of year-round radiotelemetry and mark-recapture methods. Herpetological Conservation and Biology, 8: 366-375.
- Long Z.L., Prepas E.E. & Lannoo M.J. 2010. Assessment of intracoelomic implantation and waistband harness radiotransmitter attachment on Wood Frogs (*Lithobates sylvaticus*) and Boreal Toads (*Anaxyrus boreas boreas*). Herpetological Review, 41: 315-318.
- Lupi J. 2015. Quantification and explanation of the decline in the number of populations of common toad (*Bufo bufo*), in southern Switzerland. Master Thesis. University of Neuchâtel, Departement of behavioural ecology, 26 pp.
- Maddalena T., Ceccarelli M., Ceppi S., Gaggini R. & Mermod C. 2000. Contribution à la connaissance de la biologie d'une population de Crapaud Commun (*Bufo bufo bufo-spinosus*) à

- Barbengo (Canton du Tessin, Suisse): Interactions entre volontaires, scientifiques et professionnels de l'environnement pour l'élaboration d'une stratégie de conservation. In: Atti del terzo Convegno «Salvaguardia Anfibi», Lugano, 23-24 giugno 2000 - Cogecstre Ediz., Penne, 2002, pp. 123-132.
- Maddalena T. & Nembrini M. 2017. Rapporto 2017 attività del KARCH in Ticino. pp. 7.
- Petrovan S.O. & Schmidt B.R. 2016. Volunteer conservation action data reveals large-scale and long-term negative population trends of a widespread amphibian, the Common toad (*Bufo bufo*). PLoS ONE, 11: e0161943. doi:10.1371/journal.pone0161943.
- Python A. & Koch B. 2016. Studio delle vie di migrazione degli anfibi alle Bolle di Magadino, 8 pp.
- Richards S.J., Sinsch U. & Alford R.A. 1994. Radio tracking. In: Heyer W.R., Donnelly M.A., McDiarmid R.W., Hayek L.C. & Foster S.M. (eds), Measuring and monitoring biological diversity: Standard methods for amphibians. Smithsonian Institution Press, Washington, pp. 155-158.
- Schmidt B.R. & Indermaur L. 2012. Holzhaufen: für Kröten vonnöten. Ornis, 12: 38-39.
- Schmidt B.R. & Zumbach S. 2005. Lista Rossa degli anfibi minacciati in Svizzera. Ufficio federale dell'ambiente, delle foreste e del paesaggio, Berna e Centro di coordinamento per la protezione degli anfibi e dei rettili in Svizzera, Berna. Collana dell'UFAP Ambiente - Esecuzione. 48 pp.
- Schmidt B.R. & Zumbach S. 2016. Die Erdkröte (*Bufo bufo*) in der Schweiz. In Verbreitung, Biologie und Schutz der Erdkröte (*Bufo bufo*) - Mit besonderer Berücksichtigung des Amphibienschutzes an Strassen (ed. A. Maletzky, A. Geiger, M. Kyek and A. Nöllert). Mertensiella, Supplement zu Salamandra 24: 67-70.
- Schweizer E. 2014. Raumnutzung der Kreuzkröte (*Bufo calamita*) im Ackerbaugebiet. Bachelorarbeit. Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften, Wädenswil, 54 pp.
- Zanini M., Maddalena M. & Torriani D. 2010. La situazione della Nutria *Myocastor coypus* (Molina, 1782) nel Cantone Ticino (Svizzera). Bollettino della Società ticinese di Scienze naturali 98: 45-52.

# Contributo alla conoscenza della fauna ittica e macrobentonica dei corsi d'acqua del Piano di Magadino (Cantone Ticino, Svizzera): stato ecologico e prospettive

Marco Nembrini<sup>1\*</sup>, Alberto Conelli<sup>1</sup>, Pascal Stucki<sup>2</sup>, Sandro Peduzzi<sup>3</sup>, Nicola Patocchi<sup>4</sup> e Lucia Pollini<sup>5</sup>

<sup>1</sup> OIKOS-Consulenza e ingegneria ambientale Sagl, Via Riale Righetti, CH-6500 Bellinzona

<sup>2</sup> Aquabug, Case postale 1643, CH-2001 Neuchâtel

<sup>3</sup> Ufficio dei corsi d'acqua, Dipartimento del Territorio, Via Franco Zorzi 13, CH-6500 Bellinzona

<sup>4</sup> Fondazione Bolle di Magadino, Vicolo Forte Olimpo 3, CH-6573 Magadino

<sup>5</sup> Museo cantonale di storia naturale, Viale Carlo Cattaneo 4, CH-6901 Lugano

\* [marco.nembrini@oikos.swiss](mailto:marco.nembrini@oikos.swiss)

---

**Riassunto:** Lo stato ecologico dei corsi d'acqua del Piano di Magadino (Cantone Ticino, Svizzera) è stato indagato attraverso l'impiego di indici biotici per l'ittiofauna (MSK-Pesci, ISECI) e per la fauna macrobentonica (IBCH) con lo scopo di colmare una nota lacuna conoscitiva per il comparto. I rilevamenti di campo sono stati effettuati durante gli anni 2014 e 2015, suddividendo il reticolo idrografico in torrenti pedemontani e canali di bonifica e selezionando un totale di 17 stazioni di studio della fauna ittica e di 26 della fauna macrobentonica. La fauna ittica presenta complessivamente una buona diversità specifica (19 specie di cui 5 esotiche) e un discreto contingente di specie iscritte in Lista Rossa (6 specie). Inoltre, è stata confermata una specie presente in Svizzera esclusivamente nel Piano di Magadino, il cobite mascherato (*Sabanejewia larvata*), appartenente alla famiglia dei Cobitidi e fortemente minacciata. Lo stato ecologico delle popolazioni ittiche presenta un quadro da sufficiente a buono. La comunità di macroinvertebrati bentonici presenta 13 specie iscritte in Lista Rossa; la qualità biologica è considerata buona o molto buona in 15 stazioni, mentre 11 stazioni presentano una qualità insufficiente. Complessivamente, per entrambi i gruppi indagati, i dati raccolti evidenziano uno stato ecologico medio-buono. La presenza di numerose specie sensibili e minacciate, tra cui alcune con priorità nazionale, implica una responsabilità di conservazione e di riqualificazione elevata in questo comparto, sia per quanto riguarda la fauna ittica, sia per quanto riguarda i macroinvertebrati bentonici.

**Parole chiave:** Elettropesca, IBCH, ISECI, Macroinvertebrati bentonici, Piano di Magadino, Riqualificazione fluviale

**Contribution to the knowledge of fish and macrobenthic fauna in watercourses of the Piano di Magadino area (Canton Ticino, Switzerland): ecological status and perspectives**

**Abstract:** We investigated the ecological status of watercourses in the Piano di Magadino area (Canton Ticino, Switzerland) using biotic indexes for fish (MSK-Fish, ISECI) and macrobenthic communities (IBCH), with the aim to fill knowledge gaps in this area. Field campaigns were carried out in 2014 and 2015, differentiating between foothill streams and drainage channels and involving 17 sampling locations for fish communities and 26 sampling locations for macroinvertebrate. The fish community shows overall good species richness (19 species, including 5 exotic species) and a relatively high proportion of threatened species (6 species in the IUCN Red list). Moreover, we confirmed the presence of the Italian Loach (*Sabanejewia larvata*, Cobitidae), a threatened species according to the IUCN Red List, with a distribution in Switzerland restricted to the Piano di Magadino Region. The ecological status of fish communities is on average from moderate to good. For the macrobenthic community, we found 13 IUCN-listed threatened species; the biological status is good to high in 15 sampling locations, whereas it is insufficient in 11 sampling locations. On average, the collected data for both bioindicators indicate that the ecological status is moderate to good. The occurrence of several sensitive and endangered species of fish and macrobenthos, including some with high conservation priority at the national level, determine a great conservation responsibility and call for specific river restoration measures in this area.

**Key words:** electrofishing, IBCH, ISECI, benthic macroinvertebrates, Piano di Magadino, river restoration

---

## INTRODUZIONE

I lavori di correzione del Fiume Ticino e gli importanti lavori di bonifica del Piano di Magadino (abbr. PdM), avvenuti tra il 1888 e il 1939, hanno profondamente trasformato il reticolo idrografico di questa regione, portandolo progressivamente da un sistema fluvio-palustre dinamico ad un sistema di canali rettificati con una dinamica alluvionale controllata (Piffaretti & Luchessa, 2011; Scapozza *et al.*, 2012). Nonostante il conseguente impoverimento naturalistico, all'interno dell'attuale reticolo idrografico si sono sviluppati nuovi ecosistemi acquatici dai contenuti faunistici e floristici degni di conservazione e valorizzazione (Patocchi, 1994; Patocchi, 1995; SST, 2010; Paltrinieri, 2001). Tra questi ambienti degni di protezione e iscritti in lista rossa (Delarze *et al.* 2016) citiamo ad esempio le acque con vegetazione di piante vascolari sommerse (Potamion: VU) e le rive di acque correnti con copertura vegetale (Glycero-Sparganion: VU). I canali di bonifica del PdM rappresentano in Cantone Ticino una delle poche opportunità per l'insediamento delle biocenosi tipiche dei corsi d'acqua di pianura a decorso lento (zona del Barbo, dell'Abramide e del Temolo, Huet, 1949; Schager & Peter, 2004). Unitamente alla presenza di piccoli tributari del Fiume Ticino a carattere torrentizio (zona della Trota, Huet, 1949, Schager & Peter, 2004), il reticolo idrografico del PdM ha le caratteristiche per ospitare habitat naturali ad alto contenuto di biodiversità. Il ruolo ecologico di questi corsi d'acqua è riconosciuto anche per quanto riguarda l'interconnessione degli ambienti terrestri: a fronte della diminuzione di elementi strutturali sparsi nel territorio, quali paludi, stagni, siepi e boschetti, essi costituiscono l'attuale ossatura del reticolo ecologico, collegando tra loro aree naturali e semi-naturali altrimenti isolate (Patocchi, 1994; Patocchi, 1995; Roesli & Maddalena, 2003) e mantenendo in comunicazione il Lago Maggiore con i torrenti delle valli laterali.

Malgrado il loro ruolo ecologico riconosciuto, lo stato delle conoscenze sulla componente ittica e macrobentonica dei corsi d'acqua del PdM è lacunoso e necessita di un aggiornamento (Jann *et al.*, 1993, Patocchi, 1994); inoltre, si è resa necessaria una valutazione standardizzata dello stato biologico, in modo tale da porre solide basi per futuri progetti di conservazione e riabilitazione.

Il presente studio si prefigge di colmare le lacune conoscitive, sia a livello di comunità ittiche sia macrobentoniche, in relazione alla pianificazione strategica per la rivitalizzazione dei corsi d'acqua (UCA, 2014), alla gestione e manutenzione dei canali, ai progetti di sistemazione idraulica e al neo costituito Parco del PdM (SST, 2015). In particolare, il presente studio ha quale obiettivo la valutazione dello stato attuale dei corsi d'acqua del PdM, attraverso l'impiego di indici standardizzati per l'ittiofauna (MSK-Pesci, Schager & Peter 2004, Zerunian 2004a, Zerunian *et al.* 2009) e la fauna macrobentonica (IBCH, Stucki, 2010). Parallelamente, per i gruppi sistematici studiati, vengono definite le specie prioritarie presenti in questo comparto. Nell'ambito della pianificazione strategica delle rivitalizzazio-

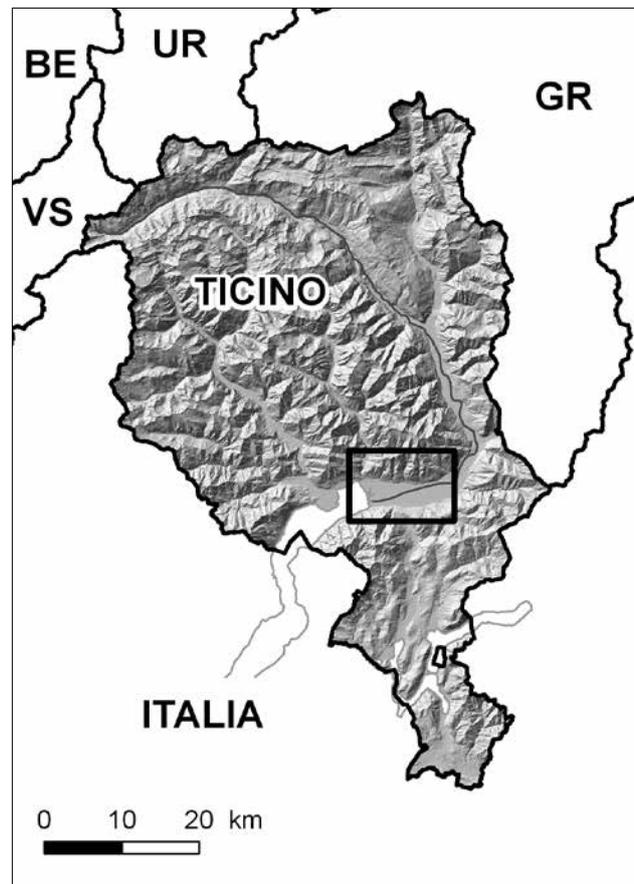


Figura 1: Il rettangolo indica la collocazione del Piano di Magadino nel Cantone Ticino alle frontiere dei Cantoni limitrofi (VS = Vallese, BE = Berna, UR = Uri, GR = Grigioni) e all'Italia.

ni dei corsi d'acqua, coordinata dall'Ufficio dei corsi d'acqua sulla base dell'art. 41d dell'Ordinanza federale sulla protezione delle acque, al comparto del PdM è stato attribuito un potenziale elevato di valorizzazione sotto il profilo dei benefici per la natura e il paesaggio in relazione ai costi presumibili (UCA, 2014). Considerata l'importanza degli investimenti futuri per la rivitalizzazione del reticolo idrologico del PdM, risulta fondamentale per l'Autorità disporre di dati solidi riguardanti il potenziale ecologico dei tratti prioritari e la loro vocazione ecologica, nonché di una base di valutazione per il controllo dei risultati di futuri interventi di riqualificazione fluviale (rivitalizzazione) sul lungo termine. I contenuti completi dello studio sono disponibili nel rapporto conclusivo non pubblicato (Nembrini & Conelli, 2017) presso il Dipartimento del territorio (Ufficio dei corsi d'acqua e Museo cantonale di storia naturale).

## MATERIALI E METODI

### Area di studio

I corsi d'acqua oggetto dello studio si trovano all'interno del comparto del PdM (Fig. 1), ovvero la piana fluvio-deltizia del Fiume Ticino compresa tra Bellinzona e il Lago Verbano.

Sono state indagate le aste pedemontane, le zone di confluenza con il Fiume Ticino e le aste centrali che percorrono longitudinalmente il PdM, sia in prossimità

Tabella 1: Stazioni di studio dell'ittiofauna. Legenda: ID = codice identificativo della stazione; le stazioni indagate nell'ambito di studi pregressi sono elencate in calce. Ecomorfologia = dati estratti dal rilievo ecomorfologico (UCA, 2006); Classe: I = naturale; II = lievemente compromesso; III = fortemente compromesso; IV = artificiale; L = larghezza del fondo dell'alveo in metri; X / Y = coordinate X e Y riferite al sistema svizzero di coordinate CH1903 / LV03.

ID	Corso d'acqua	Località	Tipo stazione	Ecomorfologia			
				Classe	L (m)	X	Y
4	Affl. Canale sponda destra	Massarescio (Cugnasco-Gerra)	canale (dx)	IV	3.50	714874	114693
5	Canale di Riazzino	Cabana (Locarno)	canale (dx)	II	4.00	711180	114338
6	Canale di Riazzino	Isella (Locarno)	canale (dx)	III	3.00	711837	114452
8	Canale sponda sinistra	Longhetti (Locarno)	canale (sx)	III	8.00	713702	113166
9	Canale sponda sinistra	Demanio (Sant'Antonino)	canale (sx)	III	5.00	716223	113524
10	Canale sponda sinistra	Malpensada (Sant'Antonino)	canale (sx)	III	5.00	715501	113504
11	Canale sponda sinistra	Basciocca (Giubiasco)	canale (sx)	III	2.50	718331	114232
12	Ravanesco	Mondascie (Contone)	canale (sx)	IV	3.50	713908	112532
13	Ravanesco	Contone (Contone)	canale (sx)	IV	1.50	714963	112027
14	Canale A	Ramello (Cadenazzo)	canale (sx)	III	4.00	715300	113121
15	Canale A	Lischee (Cadenazzo)	canale (sx)	IV	4.00	717040	112388
18	Torrente Pesta	Stazione Riazzino (Locarno)	torrente (dx)	I	2.00	712820	114624
22	Riale di Riarena	Boscioredo (Cugnasco-Gerra)	torrente (sx)	II	8.00	713877	114219
24	Riale di Progero	Progero (Gudo)	torrente (sx)	II	4.00	715689	114334
26	Riale di Sementina	Galbis (Monte Carasso)	torrente (sx)	II	9.00	720097	116100
27	Torrente Guasta	Saleggi (Giubiasco)	torrente (sx)	III	2.50	721376	115427
38	Canale sponda destra	Pizzante (Locarno)	canale (dx)	IV	2.00	713200	113838
<b>Studi pregressi:</b>							
30	Carcale	Carcale (Locarno)	torrente (dx)	III	3.00	710472	114943
31	Carcale	Rongia (Gordola)	torrente (dx)	I	2.00	710541	115197
32	Morobbia	Baragge (Giubiasco)	torrente (sx)	III	10.00	720234	114737
33	Ticino	Al porto (Cugnasco-Gerra)	F. Ticino	III	50.00	713943	113664
34	Canale sponda destra	Aeroporto (Locarno)	canale (dx)	IV	2.00	710917	113822
35	Canale sponda sinistra	Ciossa Antognini (Cadenazzo)	canale (sx)	III	5.00	714947	113413

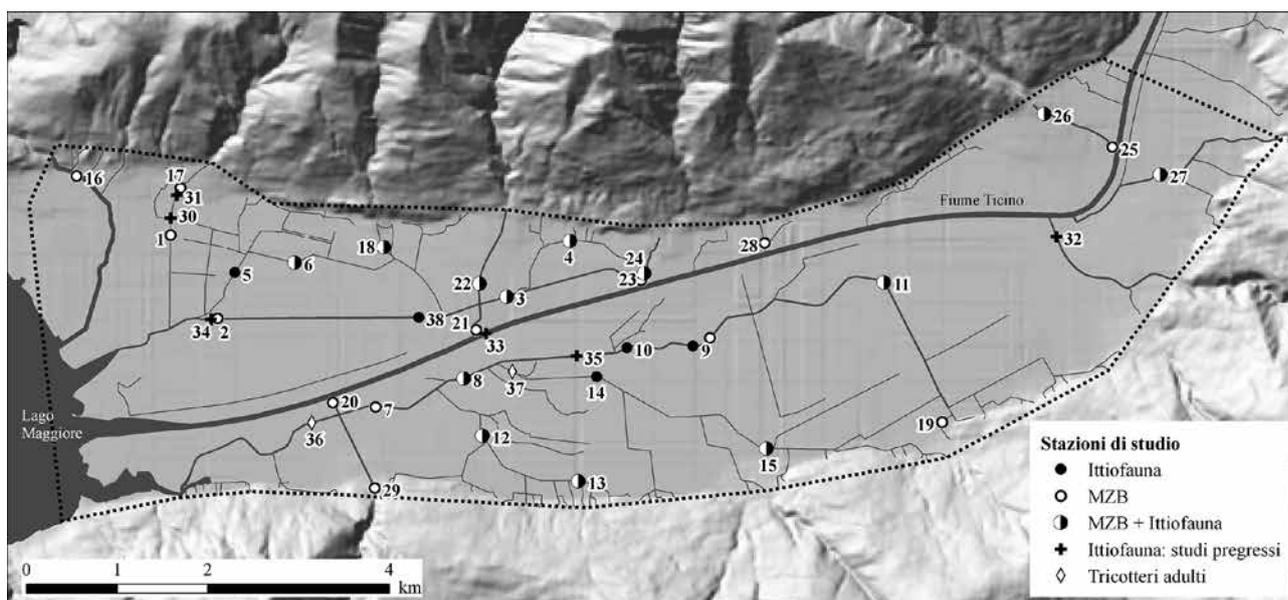


Figura 2: Stazioni di studio dell'ittiofauna e del MZB. Per la descrizione delle stazioni si vedano le Tabelle 1 e 2. Per un confronto con i tratti che nella Pianificazione strategica hanno mostrato una priorità per interventi di rivitalizzazione si rimanda al relativo lavoro dell'Ufficio dei corsi d'acqua (UCA, 2014): il perimetro indagato dal presente studio costituisce un comparto strategico per la rivitalizzazione in Ticino.

di aree naturali, sia in aree urbane/periurbane, con lo scopo di restituire un'immagine rappresentativa della diversità del reticolo idrografico del PdM. Le aste pedemontane a scorrimento veloce, in cui si raccolgono le acque provenienti dai versanti montuosi soprastanti il PdM, e i tributari del Fiume Ticino sono indicate con il termine di "torrente" e si riferiscono alla zona piscicola dei Salmonidi (Fig. 3). I canali di bonifica a debole pendenza e scorrimento lento, che drenano il piano di fondovalle sono invece indicati con il termine "canali" (Fig. 3), specificandone l'ubicazione in relazione all'asta del Ticino, ovvero sponda destra (dx), e sponda sinistra (sx), e si riferiscono alla zona piscicola dei Ciprinidi. La rete di rilevamento è stata definita anche sulla base delle opportunità di riqualificazione fluviale del reticolo idrografico così come definite nella Pianificazione strategica sulla rivitalizzazione dei corsi d'acqua (UCA, 2014).

La rete di rilevamento dell'ittiofauna comprende 17 stazioni di studio; a queste si aggiungono i dati non pubblicati provenienti da studi pregressi relativi ad ulteriori 6 stazioni precedentemente oggetto di campionamento (Fig. 2, Tab. 1).

La rete di rilevamento della fauna macrobentonica o macrozoobenthos, (abbr. MZB) comprende 26 stazioni (Fig. 2, Tab. 2), finalizzate anzitutto al calcolo dell'indice biologico svizzero IBCH (Stucki, 2010). Al fine di caratterizzare i corsi d'acqua anche con la presenza di specie rare o protette, presso 12 di esse è stata eseguita una determinazione a livello di specie per i gruppi tassonomici MEPTOC (Molluschi acquatici, Efemeroteri, Plecotteri, Tricotteri, Odonati e Coleotteri acquatici). Parallelamente allo studio del MZB è stata condotta una campagna di cattura dei Tricotteri adulti (*imago*) in ulteriori 2 stazioni, la prima a Magadino caratterizzata da un importante influsso lacustre,

Tabella 2: Stazioni di studio dei macroinvertebrati bentonici. Legenda: ID = codice identificativo della stazione; la sottolineatura indica che i campioni sono stati determinati fino alla specie, mentre l'asterisco (36\*, 37\*) indica le stazioni di studio dei Tricotteri adulti (cattura mediante trappole luminose). Ecomorfologia = dati estratti dal rilievo ecomorfologico (UCA, 2006); Classe: I = naturale; II = lievemente compromesso; III = fortemente compromesso; IV = artificiale; L = larghezza del fondo dell'alveo in metri; X / Y = coordinate X e Y riferite al sistema svizzero di coordinate CH1903 / LV03.

ID	Corso d'acqua	Località	Tipo stazione	Classe	Ecomorfologia		
					L (m)	X	Y
<b>1</b>	Canale Carcale	Cabana (Locarno)	canale (dx)	III	1.50	710469	114755
<b>2</b>	Canale sponda destra	Aeroporto (Locarno)	canale (dx)	IV	3.00	710989	113828
<b>3</b>	Canale sponda destra	Isoletta (Cugnasco-Gerra)	canale (dx)	III	3.00	714178	114067
<b>4</b>	Affl. canale sponda destra	Massarescio (Cugnasco-Gerra)	canale (dx)	IV	3.50	714874	114693
<b>6</b>	Canale di Riazzino	Isella (Locarno)	canale (dx)	III	3.00	711837	114452
<b>7</b>	Canale sponda sinistra	Cugnoli Curti (Locarno)	canale (sx)	III	7.00	712728	112845
<b>8</b>	Canale sponda sinistra	Longhetti (Locarno)	canale (sx)	III	8.00	713702	113166
<b>9</b>	Canale sponda sinistra	Demanio (Sant'Antonino)	canale (sx)	III	4.00	716413	113612
<b>11</b>	Canale sponda sinistra	Basciocca (Giubiasco)	canale (sx)	III	2.50	718331	114232
<b>12</b>	Riale Ravanasco	Mondascie (Contone)	canale (sx)	IV	3.50	713908	112532
<b>13</b>	Riale Ravanasco	Contone (Contone)	canale (sx)	IV	1.50	714963	112027
<b>15</b>	Canale A	Lischie (Cadenazzo)	canale (sx)	IV	4.00	717040	112388
<b>16</b>	Fiume Verzasca	Gordola	torrente(dx)	I	20.00	709435	115408
<b>17</b>	Canale Carcale	Rongia (Gordola)	torrente(dx)	I	2.00	710577	115275
<b>18</b>	Torrente Pesta	Stazione di Riazzino (Locarno)	torrente(dx)	I	2.00	712820	114624
<b>19</b>	Torrente di Monti dei Bassi	S. Antonino	torrente(sx)	IV	1.50	718971	112681
<b>20</b>	Torrente Trodo	Foce (Locarno)	torrente (sx)	IV	2.00	712255	112896
<b>21</b>	Riale di Riarena	Al Porto (foce, Cugnasco-Gerra)	torrente (dx)	IV	2.00	713834	113701
<b>22</b>	Riale di Riarena	Boscioredo (Cugnasco-Gerra)	torrente (dx)	II	8.00	713877	114219
<b>23</b>	Riale di Progero	Isolone (foce, Gudo)	torrente (dx)	IV	1.00	715653	114251
<b>24</b>	Riale di Progero	Progero (biotopo, Gudo)	torrente (dx)	II	4.00	715689	114334
<b>25</b>	Riale di Sementina	Foce (Monte Carasso)	torrente (dx)	IV	3.00	720845	115730
<b>26</b>	Riale di Sementina	Galbis (Monte Carasso)	torrente (dx)	II	9.00	720097	116100
<b>27</b>	Torrente Guasta	Saleggi (Giubiasco)	torrente (sx)	III	2.50	721376	115427
<b>28</b>	Canale Cugnolo	Quadrelli (Gudo)	torrente (dx)	IV	1.00	717015	114664
<b>29</b>	Torrente Trodo	Quartino (Gambarogno)	torrente (sx)	II	6.50	712717	111947
<b>36*</b>	Canale sponda sinistra	Isola del Trodo (Gambarogno)	canale (sx)	II	7.00	712027	112675
<b>37*</b>	Canale A	Alla Monda (Locarno)	canale (sx)	II	4.00	714238	113241



Figura 3 Esempi di tipologie ambientali delle stazioni di studio. Torrenti (in alto): pendenza elevata, acque veloci e ben ossigenate, abbondanza di substrati minerali grossolani. Canali di bonifica (al centro): pendenza ridotta, dominanza di substrati fini e/o organici e abbondanza di macrofite). In basso: stato ecomorfologico artificiale tipico dei tratti terminali dei tributari del Fiume Ticino.

la seconda in località Alla Monda più rappresentativa delle condizioni dei canali di bonifica del PdM (Fig. 2, Tab. 2).

#### Metodologie di indagine e di analisi

Per quanto attiene allo studio delle comunità ittiche, sono stati raccolti (N) campioni quantitativi mediante elettropesca. Il lavoro di campo, eseguito nei mesi di settembre e ottobre 2014 e 2015, è stato condotto utilizzando un apparecchio spallabile (modello IG 650W Scubla® a batteria), applicando corrente continua. La

squadra di elettropesca era composta da un minimo di 5 persone fino ad un massimo di 7 persone, in funzione della difficoltà e della dimensione del tratto di studio (Schager & Peter, 2004). La lunghezza media delle stazioni indagate è di circa 100 metri, salvo lievi modifiche dovute alla presenza di ostacoli trasversali o cambiamenti ecologici significativi (cambiamenti ecomorfologici, alternanza di tratti naturali e artificiali, cambiamenti di pendenza, presenza di affluenti) presenti lungo il tratto. I tratti, selezionati in funzione della loro accessibilità, sono stati delimitati a monte e

a valle con reti su tutta la larghezza dell'alveo bagnato per impedire la fuga e l'entrata di individui durante il campionamento (rilievo di tipo quantitativo). Ogni tratto di studio è stato indagato attraverso il metodo delle passate successive, effettuando due passate: tale soluzione è considerata ottimale dal profilo della quantità e qualità dei dati rispetto alla passata singola e a quella multipla (La Porta *et al.*, 2010). Le operazioni di elettropesca sono state condotte durante giorni con regimi di deflusso nella norma e mai immediatamente a seguito di eventi di piena o prolungati periodi di siccità. I pesci sono stati prelevati, portati alla stazione di misurazione, anestetizzati (dosaggio: 1.5 ml estratto di olio di garofano + 20 ml etanolo (100%) + 30 l di acqua, preparata prima dell'utilizzo), determinati alla specie, misurati, stabulati in vasche ossigenate fino al completo ristabilimento, ed infine rilasciati nel luogo di cattura. La valutazione ecologica del popolamento ittico è stata condotta applicando due metodi standardizzati, descritti sinteticamente di seguito.

a) MSK - Pesci: Modulo di aiuto all'esecuzione elaborato dall'Ufficio federale dell'ambiente (UFAM) nell'ambito del Sistema modulare graduale (Schager & Peter, 2004). Esso valuta la qualità del popolamento ittico sulla base di quattro parametri: varietà di specie ittiche e dominanza delle specie (parametro 1); struttura della popolazione delle specie indicatrici (parametro 2); densità della popolazione delle specie indicatrici (parametro 3); deformazioni e anomalie (parametro 4). Ad ogni parametro è attribuito un punteggio corrispondente al deficit riscontrato (il valore del parametro è crescente in base al deficit); la somma dei quattro parametri restituisce un valore compreso tra 0 e 17, che permette di valutare lo stato ecologico del corso d'acqua con riferimento a cinque classi di stato da 1 a 5 (Tab. 3).

b) ISECI: Indice di Stato Ecologico delle Comunità Ittiche (Zerunian, 2004a; Zerunian *et al.*, 2009). Esso valuta la qualità del popolamento ittico sulla base di due aspetti principali: la naturalità della comunità, intesa come la ricchezza determinata dalla presenza di specie indigene attese in relazione al quadro zoogeografico ed ecologico e la condizione biologica delle popolazioni indigene, in termini di capacità di autoriprodursi ed avere normali dinamiche ecologico-evolutive. Inoltre, l'indice tiene conto di tre parametri di valutazione aggiuntivi, quali la presenza di specie aliene, la presenza di specie endemiche e l'eventuale presenza di ibridi. Il valore dell'ISECI (F) ottenuto per ogni stazione viene restituito con giudizi sintetici corrispondenti a cinque

classi di stato da I a V (Tab. 3). L'applicazione del metodo ISECI nell'ambito di questo studio trova la sua giustificazione nel fatto che esso permette di valutare in modo oggettivo anche le comunità ittiche a Ciprinidi, contrariamente al metodo MSK - Pesci che è concepito prevalentemente per la valutazione dei corsi d'acqua a Salmonidi.

Lo studio della comunità dei macroinvertebrati bentonici (MZB) è stato eseguito nei mesi di marzo 2014 e marzo 2015 applicando il protocollo standard dell'UFAM (Stucki, 2010). La valutazione della qualità biologica si fonda sul valore del gruppo indicatore (GI) e sulla diversità tassonomica (classe di varietà). L'indice IBCH (Tab. 3) viene definito con un valore compreso tra 0 e 20, che permette di valutare lo stato ecologico del corso d'acqua con riferimento a cinque classi di stato (Tab. 3). Il materiale di 12 stazioni è stato determinato fino alla specie per i gruppi MEPTOC, ponendo così le basi per un'analisi più approfondita del popolamento.

A complemento del monitoraggio IBCH, è stata svolta anche una campagna di cattura dei Tricotteri adulti mediante trappole luminose. I dati raccolti durante queste campagne non sono destinati al calcolo di indici di valutazione, ma permettono il completamento delle conoscenze faunistiche di questo importante ordine di insetti acquatici. Le sessioni di cattura si sono svolte mediante posa notturna di trappole luminose a 3 riprese nei periodi considerati rappresentativi della fenologia delle specie potenzialmente presenti in questa fascia altitudinale: aprile-maggio (data rilievo: 12.5.2015), giugno (27.6.2015), e fine settembre/inizio ottobre (1.10.2015). L'installazione di ognuna delle due trappole luminose è composta da una lampada tubolare a UV da 15 W (BIOFORM, art. A32b "12V-Kleinanlage, 15 W"); un interruttore crepuscolare per batteria da 12V (che permette di posare le trappole prima del crepuscolo senza consumare l'energia della batteria; BIOFORM, art. A32x); una batteria per motociclette da 12 V con almeno 12 Ah per assicurarne il funzionamento durante la prima parte della notte (calcolo durata batteria:  $t = 12 \text{ V} \times 12 \text{ Ah} / 15 \text{ W} = 9.6 \text{ h}$ ); una vaschetta in PE (dimensioni ca. 50 cm x 40 cm x 10 cm), riempita a metà con una soluzione di 10 l di acqua e ca. 20 ml di detergente. L'entomofauna catturata durante le sessioni notturne è stata raccolta al mattino e fissata in una soluzione di etanolo 80°; il materiale è stato in seguito selezionato e i Tricotteri determinati alla specie.

Tabella 3: Metrica dello stato ecologico dei corsi d'acqua (5 classi). Bioindicatore ittiofauna: MSK - Pesci (Schager & Peter, 2004) e ISECI (Zerunian, 2004a; Zerunian *et al.*, 2009); bioindicatore macroinvertebrati bentonici: IBCH (Stucki, 2010).

MSK - Pesci			ISECI			IBCH	
Stato ecologico	Classe	Punteggio	Giudizio sintetico	Classe	Valore ISECI (F)	Stato ecologico	Punteggio IBCH
molto buono	1	0-1	elevato	I	$0,8 < F \leq 1$	molto buono	17-20
buono	2	2-5	buono	II	$0,6 < F \leq 0,8$	buono	13-16
mediocre	3	6-9	sufficiente	III	$0,4 < F \leq 0,6$	medio	9-12
insoddisfacente	4	10-13	scarso	IV	$0,2 < F \leq 0,4$	mediocre	5-8
cattivo	5	14-17	cattivo	V	$0 < F \leq 0,2$	pessimo	0-4

## RISULTATI

### Composizione della comunità ittica

I rilevamenti di campo della fauna ittica hanno permesso di censire 4'018 individui ripartiti in 19 specie e 17 stazioni (Tab. 4 e Fig. 4). Lo strigione (*Telestes muticellus*), il cavedano (*Squalius squalus*) e la sanguinerola (*Phoxinus lumaireul*) sono le specie più rappresentate: in termini di effettivi esse costituiscono complessivamente oltre il 75% del popolamento ittico dell'area di studio. La trota fario (*Salmo trutta*) non supera il 7% del popolamento, ed è presente nei corsi d'acqua a carattere torrentizio (zona dei Salmonidi, 5 stazioni indagate), mentre nei canali (zona dei Ciprinidi, 12 stazioni indagate) essa è presente sporadicamente con pochi individui isolati. Secondo l'allegato 1 dell'Ordinanza concernente la legge federale sulla pesca, delle 19 specie rilevate, 5 sono considerate non indigene (NEO) di cui il gardon (*Rutilus rutilus*), la rovella (*Rutilus rubilio*), il persico sole (*Lepomis gibbosus*), la carpa di Prussia (*Carassius gibelio*) e il rodeo amaro (*Rhodeus amarus*). Il persico sole è presente in alcune stazioni con effettivi contenuti; le altre tre specie esotiche quali la carpa di Prussia, il rodeo amaro e la rovella sono presenti unicamente con singoli esem-

plari. Applicando invece le considerazioni di Kottelat & Freyhof (2007) le specie introdotte salgono a 7, essendo inclusa anche la trota, poiché gli individui campionati appartengono con molta probabilità al ceppo atlantico e non a quello adriatico (*Salmo cenerinus*). Infine, con l'adeguamento della tassonomia definita nell'allegato 1 dell'Ordinanza concernente la legge federale sulla pesca, viene a cadere la distinzione fatta finora tra *Salmo trutta lacustris*, *Salmo trutta trutta* e *Salmo trutta fario*: queste tre sottospecie sono considerate morfotipi della stessa specie (*Salmo trutta*). I dati pregressi dal 1993 (Infofauna), ricavati per tutto il comparto del PdM, del delta del Fiume Ticino e della riserva naturale della Bolle di Magadino, mostrano un contingente di 33 specie.

### Stato ecologico delle popolazioni ittiche

Per le stazioni con comunità ittiche a Ciprinidi (12 stazioni) è stato calcolato l'indice ISECI (Zerunian *et al.*, 2009), mentre per le stazioni con comunità ittiche a salmonidi (5 stazioni) è stato applicato e calcolato anche l'indice MSK-Pesci (Schager & Peter, 2004) oltre all'ISECI.

L'indice ISECI (Tab. 5) colloca le stazioni a Ciprinidi in uno stato ecologico generalmente sufficiente, ad

Tabella 4: Fauna ittica del PdM. Specie e grado di minaccia secondo la Lista Rossa dei pesci e ciclostomi della Svizzera (Kirchhofer *et al.*, 2007) e secondo la Lista Rossa IUCN dei Vertebrati Italiani (Rondinini, 2013). Specie indigene (INN) e introdotte (NEO) secondo allegato I OLFP (= Ordinanza concernente la legge federale sulla pesca) e KF 2007 (= Kottelat & Freyhof, 2007). Numero individui catturati tra il 2014 e il 2015 (N = 4'018) e percentuale relativa. Categoria lista rossa in Svizzera (LR CH) e a Sud delle Alpi (LR TI): CR (minacciato d'estinzione), EN (fortemente minacciato), RE (estinto nella regione), VU (vulnerabile), NT (potenzialmente minacciato), LC (non minacciato), DD (dati insufficienti). Grado di protezione: 0 = estinto, 1 = minacciato di estinzione, 2 = fortemente minacciato, 3 = minacciato, 4 = potenzialmente minacciato, NM = non minacciato, DI = dati insufficienti, E = protetto a livello europeo secondo la Convenzione di Berna, S = fortemente protetto a livello europeo secondo la Convenzione di Berna.

Nome scientifico	Nome italiano	Statuto LR - CH	Statuto LR - I	OLFP		N	%	
				Origine per il Ticino	grado di protezione			
<i>Telestes muticellus</i>	strigione	VU	NT	INN	3, E	1'513	37.66	
<i>Squalius squalus</i> / ( <i>S. cephalus</i> )	cavedano s.l.	LC	LC	INN	NM	INN / (NEO)	810	20.16
<i>Phoxinus lumaireul</i>	sanguinerola	DD	VU	INN	DI	INN	696	17.32
<i>Salmo trutta</i>	trota fario	NT	-	INN	4	NEO	264	6.57
<i>Scardinius hesperidicus</i>	scardola	DD	NT	INN	NM	INN	245	6.10
<i>Rutilus rutilus</i>	gardon	LC / intr.	NA	NEO	NM	NEO	121	3.01
<i>Gobio gobio</i>	gobione	LC	NT	INN	NM	INN	81	2.02
<i>Cobitis bilineata</i>	cobite fluviale	VU	NT	INN	DI	INN	76	1.89
<i>Rutilus aula</i> / <i>R. rutilus</i> x <i>R. aula</i>	triotto s.l.	VU	NT	INN	3	INN	73	1.82
<i>Perca fluviatilis</i>	pesce persico	LC	NT	INN	NM	INN	36	0.90
<i>Sabanejewia larvata</i>	cobite mascherato	EN	VU	INN	2	INN	33	0.82
<i>Lepomis gibbosus</i>	persico sole	NE / intr.	-	NEO	-	NEO	31	0.77
<i>Esox lucius</i>	luccio	LC	VU	INN	NM	INN	15	0.37
<i>Barbus caninus</i>	barbo canino	VU	VU	INN	3	INN	12	0.30
<i>Tinca tinca</i>	tinca	LC	NT	INN	NM	INN	6	0.15
<i>Carassius gibelio</i>	carpa prussiana	NE	-	NEO	-	NEO	3	0.07
<i>Rutilus pigus</i>	pigo	VU	VU	INN	3, E	INN	1	0.02
<i>Rhodeus amarus</i>	rodeo amaro	EN / intr.	-	NEO	2, E	NEO	1	0.02
<i>Rutilus rubilio</i>	rovella	VU	NT	-	-	NEO	1	0.02
<b>TOTALE</b>							<b>4'018</b>	<b>100%</b>

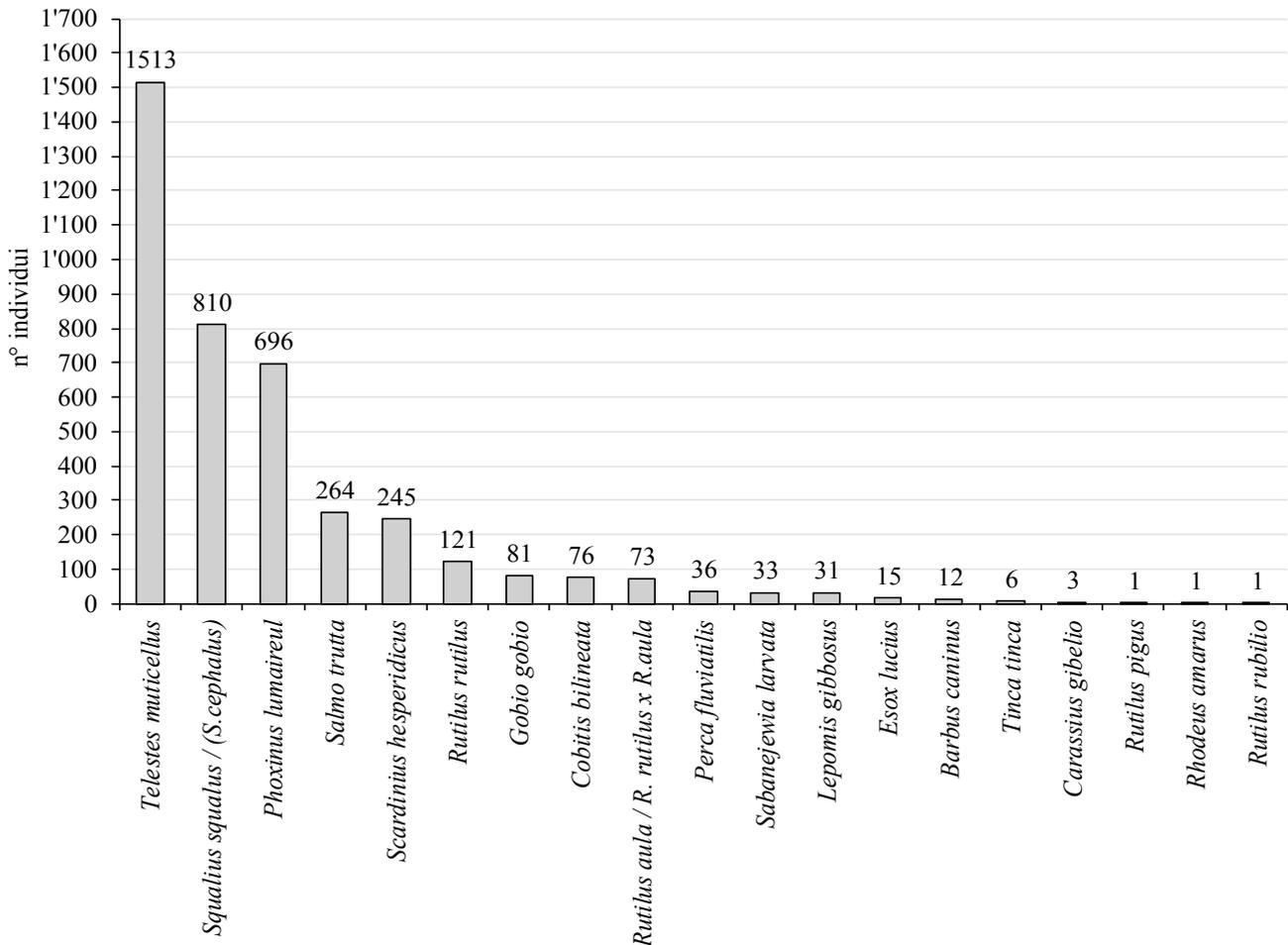


Figura 4: Composizione del popolamento ittico complessivo rilevato nelle stazioni di studio del reticolo idrografico del PdM. Sulle colonne è riportato il numero totale di individui catturati per specie.

eccezione della stazione no. 38 sul canale di sponda destra (Pizzante) ed un suo affluente (stazione no. 4, Massarescio) dove il valore ISECI indica uno stato ecologico buono. La situazione peggiore è stata rilevata presso la stazione no. 5 situata sul tratto terminale del Canale di Riazzino con uno stato ecologico scarso. Nelle stazioni a Salmonidi i valori MSK calcolati (Tab. 5) rilevano una situazione abbastanza omogenea con l'attribuzione dello stato ecologico buono ai torrenti Pesta, Progero e Guasta, mentre ai torrenti Riarena e Sementina viene attribuito lo stato ecologico mediocre. Applicando anche l'indice ISECI alle stazioni citate, si ottengono risultati analoghi a quanto ottenuto applicando il metodo MSK - Pesci.

### Composizione e qualità biologica del MZB

I risultati del monitoraggio del MZB nelle 26 stazioni in esame sono presentati in Tab. 6. In particolare, nella tabella si riporta, per ogni stazione indagata, la somma dei gruppi sistematici rilevati, il gruppo indicatore GI, il valore IBCH ed il numero di specie classificate in lista rossa. I risultati del calcolo dell'indice IBCH mostrano che 15 stazioni su 26 presentano una qualità biologica buona o molto buona, con valori IBCH compresi tra 13 e 17. Undici stazioni presentano invece una qualità biologica insufficiente (mediocre o media). La nota IBCH minima riscontrata è di 6, rilevata sul canale sponda destra Aeroporto (n. 2). Il censimento faunistico del MZB è stato effettuato mediante determi-

nazione di 12 dei 26 campioni IBCH, fino al livello tassonomico della specie per i gruppi MEPTOC (Tab. 7). I canali sono caratterizzati in generale da una comunità di MZB mediamente diversificata, con gruppi indicatori inferiori a quelli riscontrati nei torrenti e raramente superiore a 7, come ci si attende da corsi d'acqua di pianura con acque eutrofiche e abbondanza di macrofite (Stucki 2010). I popolamenti sono caratterizzati dalla dominanza di Baetidae e Chironomidae, dall'assenza o carenza di Plecotteri Perlodea e dalla presenza abbondante di gruppi tolleranti legati ad acque a scorrimento lento, poco ossigenate e ricche di materia organica (es.: Odonata, Irudinea, Asellidae). I plecotteri Leuctridae e Nemouridae sono presenti, ma mai dominanti. I Tricotteri sono generalmente ben rappresentati, con una media di oltre 4 famiglie per stazione.

I torrenti sono caratterizzati in genere dalla presenza di gruppi indicatori relativamente elevati (GI=8/9), quali ad esempio i Plecotteri Perlodidae, Taeniopterygidae, Chloroperlidae, oppure gli Efemerotteri e i Tricotteri del gruppo indicatore 8 (Leptophlebiidae, Philopotamidae); la diversità tassonomica, con classi di varietà talvolta pari a 9 o 10, è relativamente contenuta ma commisurata a questo tipo di ambiente. Solo i tratti artificiali o fortemente compromessi dal profilo ecomorfologico (Fig. 3) sono caratterizzati da comunità impoverite, con importanti deficit sia in termini di gruppo indicatore, sia di diversità tassonomica. I risultati delle indagini indicano che il reticolo idro-

Tabella 5: Stato ecologico delle comunità ittiche secondo il metodo MSK - Pesci (Schager & Peter, 2004) e ISECI (Zerunian *et al.*, 2009).

ID	Corso d'acqua	Località	MSK Pesci [16-0]		ISECI (F) [0-1]	
<b>Canali (zona dei Ciprinidi):</b>						
4	Affl. canale sponda destra	Massarescio (Cugnasco-Gerra)	-	-	0.62	buono
5	Canale di Riazzino	Cabana (Locarno)	-	-	0.32	scarso
6	Canale di Riazzino	Isella (Locarno)	-	-	0.46	sufficiente
8	Canale sponda sinistra	Longhetti (Locarno)	-	-	0.50	sufficiente
9	Canale sponda sinistra	Demanio (Sant'Antonino)	-	-	0.47	sufficiente
10	Canale sponda sinistra	Malpensada (Sant'Antonino)	-	-	0.51	sufficiente
11	Canale sponda sinistra	Basciocca (Giubiasco)	-	-	0.42	sufficiente
12	Ravanesco	Mondascie (Contone)	-	-	0.42	sufficiente
13	Ravanesco	Contone (Contone)	-	-	0.45	sufficiente
14	Canale A	Ramello (Cadenazzo)	-	-	0.48	sufficiente
15	Canale A	Lischee (Cadenazzo)	-	-	0.52	sufficiente
38	Canale sponda destra	Pizzante (Locarno)	-	-	0.63	buono
Popolamento complessivo 12 stazioni			-	-	0.59	sufficiente
<b>Torrenti (zona dei Salmonidi):</b>						
18	Torrente Pesta	Stazione di Riazzino (Locarno)	4	buono	0.63	buono
22	Riale di Riarena	Boscioredo (Cugnasco-Gerra)	6	mediocre	0.63	buono
24	Riale di Progero	Progero (biotopo, Gudo)	5	buono	0.67	buono
26	Riale di Sementina	Galbis (Monte Carasso)	6	mediocre	0.57	sufficiente
27	Torrente Guasta	Saleggi (Giubiasco)	4	buono	0.73	buono

grafico del PdM ospita ben 17 specie di macroinvertebrati minacciate o potenzialmente minacciate, di cui 13 iscritte in Lista Rossa (VU e CR), e 4 classificate con il grado di "potenzialmente minacciato" (NT), (Tab. 7).

## DISCUSSIONE

### Fauna ittica: specie prioritarie, in lista rossa e stato ecologico delle popolazioni

Il numero di specie censite nell'ambito di questo monitoraggio rappresenta grossomodo il 58% delle specie fino ad oggi osservate. Questo valore è da interpretare come molto buono se consideriamo che i tratti di indagine non contemplano le zone lacustri e perilacuali. Inoltre, per il cobite mascherato (*Sabanejewia larvata*), si tratta del primo censimento di popolazioni di con una certa consistenza numerica e strutturata (presenza di attività riproduttiva). Secondo la Lista rossa svizzera in vigore (Kirchhofer *et al.*, 2007), cinque tra le specie campionate sono classificate come minacciate (VU): barbo canino (*Barbus caninus*), triotto (*Rutilus aula*), cobite fluviale (*Cobitis bilineata*), strigione (*Telestes muticellus*), pigo (*Rutilus pigus*), mentre una specie è classificata come fortemente minacciata (EN): il cobite mascherato (*Sabanejewia larvata*). La trota fario (*Salmo trutta*) è invece classificata come potenzialmente minacciata (NT). Per la sanguinerola (*P. lumaireui*), la Lista rossa svizzera rinuncia alla definizione di un grado di

minaccia per dati insufficienti (DD), mentre nella Lista rossa IUCN dei vertebrati italiani (Rondinini *et al.*, 2013) essa è classificata con il grado VU. Dallo studio emerge in particolare il mancato rilevamento di cinque specie iscritte nella Lista rossa svizzera e precedentemente rilevate nell'area del PdM. La piccola lampreda (*Lampetra zanandreae*, EN), la cui ultima osservazione nel PdM risale al 1999: le cause della sua regressione sono riconducibili alla scomparsa delle idonee aree di frega, all'inquinamento delle acque e dei substrati nei quali si svolge la fase larvale, e all'abbassamento delle falde con conseguente diminuzione di portata delle risorgive (Zerunian, 2004b). Si segnala un recente ritrovamento della specie nel 2017 presso la foce del Fiume Verzasca (Ufficio della caccia e della pesca, dati non pubblicati). La savetta (*Chondrostoma soetta* - CR), la cui ultima osservazione nel PdM risale al 1999: per questa specie nel 2014 è stata eseguita un'indagine specifica lungo i canali del PdM da parte dell'Ufficio caccia e pesca (dati non pubblicati) che purtroppo ha fornito risultati negativi. Il ghiozzo padano (*Padogobius martensii* - EN): la sua ultima osservazione nel PdM risale al 2014 (Ufficio della caccia e della pesca, dati non pubblicati). L'anguilla (*Anguilla anguilla* - VU): l'ultima osservazione nel PdM risale al 2009, unitamente all'osservazione nel 2005 all'interno della Riserva Naturale delle Bolle di Magadino. Lo scazzone (*Cottus gobio* - NT): i dati dimostrano che questa specie è assente dal PdM, ad eccezione di una popolazione nella parte alta del Cana-

Tabella 6: Risultati delle indagini sul MZB (IBCH). Le stazioni i cui campioni sono stati determinati fino alla specie sono indicate con la sottolineatura del codice ID stazione.  $\Sigma$  taxa: numero totale di gruppi tassonomici secondo Stucki (2010); GI: gruppo indicatore; VT: classe di varietà; MEPTOC: numero di famiglie di *Mollusca*, *Ephemeroptera*, *Plecoptera*, *Trichoptera*, *Odonata*, *Coleoptera*. LR: numero di specie MEPTOC iscritte nella Lista rossa svizzera (Lubini *et al.*, 2012; Gonseth & Monnerat, 2002, Rüetschi *et al.*, 2012).

ID Stazione	$\Sigma$ taxa	VT	GI	IBCH	MEPTOC							$\Sigma$	LR
					M	E	P	T	O	C			
<u>1</u>	28	8	7	<b>14</b>	buono	3	3	2	7	1	2	18	3
<u>2</u>	14	5	2	<b>6</b>	mediocre	2	1	0	1	0	0	4	2
<b>3</b>	23	7	3	<b>9</b>	medio	2	3	0	2	1	4	12	0
<u>4</u>	31	9	8	<b>16</b>	buono	3	3	2	4	2	3	17	2
<b>6</b>	21	7	3	<b>9</b>	medio	3	3	1	4	1	1	13	0
<b>7</b>	18	6	2	<b>7</b>	mediocre	2	1	0	3	1	2	9	0
<u>8</u>	20	6	6	<b>11</b>	medio	1	2	2	4	1	2	12	4
<u>9</u>	22	7	7	<b>13</b>	buono	0	2	2	6	1	3	14	4
<b>11</b>	23	7	7	<b>13</b>	buono	1	2	2	6	3	1	15	2
<b>12</b>	21	7	6	<b>12</b>	medio	3	2	3	3	1	2	14	1
<u>13</u>	28	8	9	<b>16</b>	buono	2	3	3	5	3	2	18	4
<b>15</b>	20	6	6	<b>11</b>	medio	3	1	2	5	0	2	13	0
<u>16</u>	29	9	8	<b>16</b>	buono	0	3	3	9	1	2	18	1
<b>17</b>	22	7	7	<b>13</b>	buono	0	2	2	5	1	3	13	0
<b>18</b>	27	8	9	<b>16</b>	buono	0	4	4	7	1	3	19	2
<b>19</b>	26	8	7	<b>14</b>	buono	2	3	3	5	1	2	16	1
<b>20</b>	14	5	7	<b>11</b>	medio	0	1	4	2	0	1	8	1
<b>21</b>	12	4	5	<b>8</b>	mediocre	0	1	2	2	0	1	6	1
<u>22</u>	23	7	9	<b>15</b>	buono	0	2	5	5	0	2	14	2
<b>23</b>	16	5	6	<b>10</b>	medio	0	1	2	4	0	1	8	1
<u>24</u>	29	9	9	<b>17</b>	molto buono	1	3	5	7	1	1	18	5
<b>25</b>	9	3	5	<b>7</b>	mediocre	0	1	0	2	0	1	4	0
<u>26</u>	25	8	9	<b>16</b>	buono	0	3	4	7	0	3	17	3
<u>27</u>	21	7	9	<b>15</b>	buono	0	3	3	4	1	3	14	1
<b>28</b>	33	10	8	<b>17</b>	molto buono	2	3	3	8	2	2	20	5
<b>29</b>	24	7	9	<b>15</b>	buono	0	2	5	4	0	3	14	1

Tabella 7: Lista dei taxa di macroinvertebrati individuati nel corso della campagna di monitoraggio. LR: statuto Lista Rossa svizzera (Lubini *et al.*, 2012; Gonseth & Monnerat, 2002, Rüetschi *et al.*, 2012); PR: priorità di conservazione (1 molto elevata; 2 elevata; 3 media; 4 esigua, 5 non definita - UFAM (2011).

Taxon	Famiglia	LR	PR	Stazioni IBCH		Trappole luminesce
				canali	torrenti	
<b>Ephemeroptera</b>						
<i>Alainites muticus</i>	Baetidae			•	•	
<i>Baetis alpinus</i>	Baetidae			•	•	
<i>Baetis buceratus</i>	Baetidae	VU	4	•		
<i>Baetis liebenauae</i>	Baetidae	VU	3	•		
<i>Baetis lutheri</i>	Baetidae				•	
<i>Baetis rhodani</i>	Baetidae			•	•	
<i>Centroptilum luteolum</i>	Baetidae			•	•	
<i>Cloeon dipterum</i>	Baetidae				•	
<i>Nigrobaetis niger</i>	Baetidae	CR	1	•	•	
<i>Ecdyonurus helveticus</i>	Heptageniidae				•	
<i>Ecdyonurus venosus</i>	Heptageniidae				•	

Taxon	Famiglia	LR	PR	Stazioni IBCH		Trappole luminose
				canali	torrenti	
<i>Epeorus alpicola</i>	Heptageniidae		5		•	
<i>Epeorus assimilis</i>	Heptageniidae			•	•	
<i>Rhithrogena Gr. semicolorata</i>	Heptageniidae				•	
<i>Ephemera danica</i>	Ephemeridae			•		
<i>Serratella ignita</i>	Ephemerellidae			•		
<i>Habroleptoides confusa</i>	Leptophlebiidae			•	•	
<i>Habrophlebia eldae</i>	Leptophlebiidae	VU	4		•	
<b>Plecoptera</b>						
<i>Siphonoperla sp.</i>	Chloroperlidae				•	
<i>Leuctra braueri</i>	Leuctridae			•	•	
<i>Leuctra hippopus</i>	Leuctridae				•	
<i>Leuctra nigra</i>	Leuctridae			•	•	
<i>Leuctra sp.</i>	Leuctridae			•		
<i>Leuctra-K.</i>	Leuctridae			•	•	
<i>Amphinemura sulcicollis</i>	Nemouridae				•	
<i>Nemoura cf. cinerea</i>	Nemouridae			•	•	
<i>Nemoura mortoni</i>	Nemouridae				•	
<i>Nemoura-K.</i>	Nemouridae			•	•	
<i>Protonemura nimborum</i>	Nemouridae				•	
<i>Protonemura praecox</i>	Nemouridae				•	
<i>Protonemura sp.</i>	Nemouridae			•	•	
<i>Dinocras ferreri</i>	Perlidae	EN	2		•	
<i>Perla marginata</i>	Perlidae	NT	5		•	
<i>Isoperla carbonaria</i>	Perlodidae	NT	4	•	•	
<i>Brachyptera risi</i>	Taeniopterygidae			•	•	
<b>Trichoptera</b>						
<i>Agapetus nimbulus</i>	Glossosomatidae	VU	4	•		•
<i>Glossosoma boltoni</i>	Glossosomatidae					•
<i>Silo nigricornis</i>	Goeridae			•		•
<i>Hydropsyche angustipennis</i>	Hydropsychidae			•		•
<i>Hydropsyche dinarica</i>	Hydropsychidae					•
<i>Hydropsyche instabilis</i>	Hydropsychidae			•	•	•
<i>Hydropsyche pellucidula</i>	Hydropsychidae				•	
<i>Hydropsyche siltalai</i>	Hydropsychidae			•	•	
<i>Hydropsyche sp.</i>	Hydropsychidae			•	•	
<i>Hydropsyche tenuis</i>	Hydropsychidae				•	•
<i>Hydroptila angulata</i>	Hydroptylidae					•
<i>Hydroptila forcipata</i>	Hydroptylidae					•
<i>Hydroptila sparsa</i>	Hydroptylidae					•
<i>Hydroptila vectis</i>	Hydroptylidae					•
<i>Hydroptila sp.</i>	Hydroptylidae			•	•	
<i>Athripsodes cinereus</i>	Leptoceridae					•
<i>Mystacides azurea</i>	Leptoceridae					•
<i>Mystacides sp.</i>	Leptoceridae			•	•	
<i>Allogamus antennatus</i>	Limnephilidae	VU	3			•
<i>Allogamus auricollis</i>	Limnephilidae				•	
<i>Anabolia lombarda</i>	Limnephilidae	EN	1			•
<i>Chaet.-Sten. Gr. auricollis</i>	Limnephilidae			•		
<i>Chaetopterygini-Stenophylacini</i>	Limnephilidae			•	•	
<i>Chaetopteryx cf. gessneri</i>	Limnephilidae	VU	2	•		

Taxon	Famiglia	LR	PR	Stazioni IBCH		Trappole luminose
				canali	torrenti	
<i>Halesus radiatus</i>	Limnephilidae			•	•	
<i>Limnephilus lunatus</i>	Limnephilidae					•
<i>Limnephilus flavospinosus</i>	Limnephilidae	EN	3			•
<i>Limnephilus rhombicus</i>	Limnephilidae					•
<i>Limnephilini-K</i>	Limnephilidae			•	•	
<i>Limnephilus sp.</i>	Limnephilidae			•		
<i>Mesophylax impunctatus</i>	Limnephilidae					•
<i>Potamophylax cingulatus</i>	Limnephilidae			•	•	
<i>Stenophylax permistus</i>	Limnephilidae					•
<i>Odontocerum albicorne</i>	Odontoceridae			•	•	•
<i>Philopotamus ludificatus</i>	Philopotamidae				•	
<i>Plectrocnemia conspersa</i>	Polycentropodidae				•	
<i>Polycentropodidae sp.</i>	Polycentropodidae				•	
<i>Polycentropus irroratus</i>	Polycentropodidae	VU	4			•
<i>Polycentropus flavomaculatus</i>	Polycentropodidae			•	•	
<i>Lype reducta</i>	Psychomyiidae	NT	5		•	
<i>Psychomyia pusilla</i>	Psychomyiidae					•
<i>Rhyacophila dorsalis</i>	Rhyacophilidae					•
<i>Rhyacophila intermedia</i>	Rhyacophilidae				•	
<i>Rhyacophila vulgaris</i>	Rhyacophilidae					•
<i>Rhyacophila s.str.</i>	Rhyacophilidae			•	•	
<i>Sericostoma-K</i>	Sericostomatidae			•	•	
<b>Mollusca</b>						
<i>Acroloxus lacustris</i>	Acroloxidae	LC	-	•		
<i>Ancylus fluviatilis</i>	Ancylidae	LC	-		•	
<i>Potamopyrgus antipodarum</i>	Hydrobiidae	NE	-	•		
<i>Radix balthica</i>	Lymnaeidae	LC	-	•	•	
<i>Haitia acuta</i>	Physidae	NE	-	•	•	
<i>Valvata cristata</i>	Valvatidae	LC	-	•		
<i>Sphaerium sp.</i>	Sphaeriidae	LC	-	•	•	
<i>Pisidium casertanum</i>	Sphaeriidae	LC	-	•		
<i>Pisidium nitidum</i>	Sphaeriidae	LC	-	•		
<i>Pisidium subtruncatum</i>	Sphaeriidae	LC	-	•		
<i>Pisidium sp.</i>	Sphaeriidae	LC	-	•		
<b>Odonata</b>						
<i>Calopteryx splendens cf. caprai</i>	Calopterygidae	NT	5	•		
<i>Calopteryx virgocf. meridionalis</i>	Calopterygidae	VU	4		•	
<i>Cordulegaster boltoni</i>	Cordulegasteridae			•	•	
<i>Onychogomphus forcipatus unguiculatus</i>	Gomphidae	EN	3	•		
<i>Orthetrum sp.</i>	Libellulidae			•		
<b>Coleoptera</b>						
<i>Dryops sp.</i>	Dryopidae	-	-	•	•	
<i>Agabus didymus</i>	Dytiscidae	-	-	•		
<i>Agabus paludosus</i>	Dytiscidae	-	-	•		
<i>Colymbetinae gen. sp.</i>	Dytiscidae	-	-	•		
<i>Elmis aenea</i>	Elmidae	-	-	•	•	
<i>Elmis sp.</i>	Elmidae	-	-	•	•	
<i>Esolus angustatus</i>	Elmidae	-	-		•	
<i>Esolus sp.</i>	Elmidae	-	-		•	
<i>Limnius perrisi</i>	Elmidae	-	-	•	•	

Taxon	Famiglia	LR	PR	Stazioni IBCH		Trappole luminose
				canali	torrenti	
<i>Limnius sp.</i>	Elmidae	-	-	●	●	
<i>Limnius volckmari</i>	Elmidae	-	-	●	●	
<i>Oreochtilus villosus</i>	Gyrinidae	-	-	●		
<i>Haliphus lineatocollis</i>	Haliplidae	-	-	●		
<i>Hydraena heterogyna</i>	Hydraenidae	-	-		●	
<i>Hydraena truncata</i>	Hydraenidae	-	-		●	
<i>Hydrocyphon deflexicollis</i>	Hydrophilidae	-	-	●	●	

le del Carcale e nel tratto terminale del Fiume Ticino, dove forma una popolazione abbondante e strutturata (Consorzio DRIFT, 2012). La sua assenza dai maggiori tributari del Fiume Ticino (Riarena, Progero, Sementina), malgrado gli ambienti siano potenzialmente idonei alla specie, è quindi riconducibile agli ostacoli artificiali, quali briglie e salti di fondo, presenti in corrispondenza delle rispettive confluenze. Considerate le sue capacità natatorie limitate, anche i piccoli ostacoli alla migrazione possono influenzare negativamente la sua distribuzione (Zbinden *et al.*, 2004; Utzinger *et al.*, 1998). Pertanto, lo scazzone è da considerare quale specie target nei progetti di riqualificazione fluviale dei torrenti Riarena, Progero e Sementina.

I dati raccolti permettono di definire alcune specie bersaglio (specie *target*), per le quali il reticolo idrografico del PdM assume un ruolo principale nella loro conservazione.

**Cobite fluviale (*Cobitis bilineata*):** le attuali conoscenze confermano l'assoluta necessità di proteggere la specie che risente negativamente dell'inquinamento chimico delle acque come quello provocato dai pesticidi (Zerunian, 2004b), e dalle alterazioni strutturali degli habitat come alcune tipologie di interventi sugli alvei (consolidamenti, prelievi di materiale, spurghi). Anche secondo Kirchhofer *et al.* (1990), in Svizzera la principale causa di minaccia è data dalla gestione meccanica e sistematica degli alvei dei canali di drenaggio (Fig. 5). **Cobite mascherato (*Sabanejewia larvata*):** sul PdM gli habitat dove la specie è stata rinvenuta presentano caratteristiche analoghe a quelle degli habitat del cobite fluviale (Fig. 5). Il presente studio ha permesso per la prima volta di confermare la presenza di popolazioni strutturate e riproduttive. In Svizzera, il cobite mascherato è presente unicamente nei canali del PdM. Allo stato attuale delle conoscenze, la protezione di questa specie è da considerare assolutamente prioritaria. Le principali minacce risiedono nelle attività antropiche che alterano gli alvei naturali, come la pulizia meccanica degli alvei e, in particolare, gli spurghi dei sedimenti e dei depositi di sabbia. Il cobite mascherato è elencato in appendice II della direttiva Habitat 92/43/CEE e nell'appendice III della Convenzione di Berna. Questa specie è inoltre inclusa nel piano d'azione generale per la conservazione dei Pesci d'acqua dolce italiani (Zerunian, 2007). In Svizzera, il cobite mascherato è considerato fortemente minacciato (EN).

**Triotto (*Rutilus aula*):** gli individui identificati sul campo come appartenenti a questa specie presentano caratteri intermedi tra *R. aula* e *R. rutilus* (numero di raggi

della pinna dorsale e anale, Diego Dagani, *comm. pers.*, 2016), facendo ipotizzare una tendenza all'ibridazione con il gardon (*R. rutilus*). Casi simili di ibridazione dovuti all'introduzione del gardon sono stati segnalati nel Lago Ceresio e messi in relazione alla scomparsa del pigo (*R. pigus*, Périat *et al.*, 2014). Il livello d'ibridazione degli individui del genere *Rutilus* e l'eventuale presenza di popolazioni pure di triotto sul PdM sarebbero temi da approfondire mediante analisi genetiche specifiche. Considerata la ristretta distribuzione del triotto all'interno del reticolo del PdM, la conservazione di questa specie è comunque da considerarsi prioritaria. Interessante sarebbe approfondire le conoscenze sulla presenza della rovella e del pigo, pure appartenenti al genere *Rutilus*, e sui rispettivi livelli di ibridazione.

**Barbo canino (*Barbus caninus*):** l'unica popolazione del PdM è stata rinvenuta lungo il Torrente Riarena. Fino ad ora la specie non era mai stata documentata in questo comparto. Si tratta di un dato di elevato interesse conservazionistico, che colloca il barbo canino tra le specie *target* di futuri interventi di riqualificazione fluviale del tratto terminale del Torrente Riarena.

**Strigione (*Telestes muticellus*):** la specie è stata rinvenuta in modo abbastanza diffuso in quasi tutte le stazioni dei canali, mentre risulta assente nei torrenti Sementina, Progero, Gudo e Guasta. L'unico torrente tributario del Fiume Ticino dove la specie è presente con una popolazione strutturata è il Torrente Riarena. La conservazione di questa popolazione è quindi importante in funzione del mantenimento della biodiversità ittica nel torrente Riarena.

**Sanguinerola (*Phoxinus lumaireul*):** nel PdM la specie è stata rinvenuta unicamente all'interno dei canali, mentre nelle stazioni dei torrenti pedemontani (tributari del Fiume Ticino) essa è assente. A livello conservazionistico anche se la sanguinerola non è classificata come VU in Svizzera essa lo è in Italia, pertanto, in assenza di dati più certi sul suo stato di conservazione in Svizzera, essere potrebbe venir inserita tra le specie *target* per questo comparto.

**Trota fario (*Salmo trutta*):** unica specie di salmonide rilevata nel comprensorio di studio. Morfologicamente tutti gli individui catturati appartengono con molta probabilità al ceppo atlantico e non a quelli originari del bacino adriatico il cui baricentro è l'Italia settentrionale (*Salmo cenerinus* e *Salmo marmoratus*), anche se l'assoluta certezza scientifica la si otterrebbe effettuando analisi genetiche. La trota adriatica, originariamente presente nei fiumi e laghi al Sud delle Alpi, è stata progressivamente sostituita dalla trota atlantica a causa

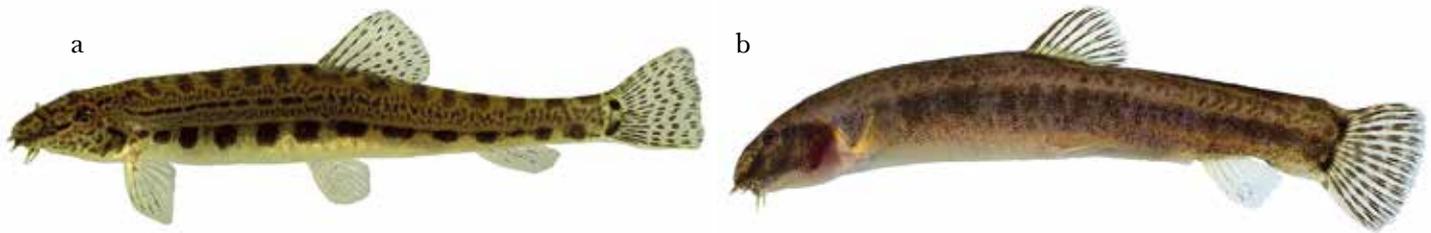


Figura 5: Cobitidi caratteristici del PdM: a) cobite fluviale (*Cobitis bilineata*), b) cobite mascherato (*Sabanejewia larvata*) (foto: © Michel Roggo).

di massicce campagne di ripopolamento per fini alienutici. Gli studi scientifici condotti negli ultimi 20 anni a proposito di questo tema hanno difatti dimostrato che gli individui di trota presenti nei corsi d'acqua e laghi ticinesi non appartengono ai ceppi di origine (*Salmo cenerinus* e *Salmo marmoratus*), ma sono stati sostituiti progressivamente dal ceppo atlantico (*Salmo trutta*, Kottelat & Freyhof, 2007; Largiader & Scholl, 1996a, b; Bernatchez, 2001; Carlsson & Nilsson, 2000; Griffiths *et al.*, 2009; Keller *et al.*, 2011; Dagani *et al.*, 2010). I dati raccolti nell'ambito del presente studio dimostrano che la specie trova il suo *optimum* ecologico nelle aste a carattere torrentizio rappresentate dai tributari del Fiume Ticino. Lungo i canali del PdM la specie è presente unicamente in modo aneddótico, con individui isolati e senza una popolazione strutturata o indizi che possano confermare una riproduzione naturale di successo. Possiamo quindi concludere che la trota fario è una specie bersaglio dei torrenti, tributari del Fiume Ticino, mentre nei canali del PdM essa riveste un ruolo ecologico secondario. Lo studio evidenzia che i canali del Piano di Magadino non sono più zone idonee per la riproduzione della trota fario, malgrado che storicamente lo erano. Questo dimostra che i canali hanno cambiato vocazione ecologica ma non importanza. Probabilmente ciò è il risultato di processi macroregionali (clima, acque maggiormente calde) e locali (abbassamento della falda), tutt'ora in corso.

I risultati inerenti allo stato ecologico delle popolazioni nei canali riflettono un'immagine generalmente sufficiente, mentre per quanto attiene ai torrenti lo stato ecologico è da mediocre a buono. I deficit evidenziati dallo studio sono dovuti molto probabilmente a vari fattori, tra cui citiamo lo stato ecomorfologico fortemente compromesso o artificiale, unitamente ad una manutenzione dei corpi idrici non sufficientemente attenta agli aspetti ecologici.

### Fauna macrobentonica

I torrenti pedemontani (Pesta, Riarena, Progero, Guasta, Sementina e Trodo, Tab. 2) ospitano specie sensibili, tipiche di acque fresche e ben ossigenate, che depongono le uova in altitudine e sui versanti montani, mentre le larve derivano verso valle nel corso del loro sviluppo (fenomeno di deriva o "drift"). L'importanza relativa delle aste pedemontane del PdM per il ciclo vitale di queste specie sensibili non è tuttavia nota. Tra i Plecotteri, si segnalano *Dinocras ferreri* (EN/2), *Pera marginata* (NT/5), *Isoperla carbonaria* (NT/4); per gli Efemerotteri troviamo gli Heptageniidae (generi *Ecdy-*

*nurus*, *Epeorus* e *Rithrogena*) e *Habrophlebia eldae* (Leptophlebiidae, VU/4) che colonizza il Fiume Verzasca e i torrenti pedemontani in sponda destra; per i Tricotteri, vi sono alcune specie non minacciate (LC) che frequentano questo tipo di ambienti, quali *Hydropsyche tenuis* e *Philopotamus ludificatus*. Per quanto riguarda gli Odonati, anche *Cordulegaster boltoni* è legata ad acque fresche come le specie sopra menzionate, ma predilige depositi di sedimenti fini: in questo caso, le aste pedemontane di questi corsi d'acqua potrebbero costituire i settori ottimali per questa specie. *Calopteryx virgo* cf. *meridionalis* (VU/4) è stata rilevata unicamente nel tratto terminale e canalizzato del Torrente Cugnolo (Quadrelli, Gudo, stazione 28) in simpatia di molte altre specie rare e minacciate, quali ad esempio *Nigrobaetis niger* (CR/1), *Habrophlebia eldae*, *Isoperla carbonaria*, *Lype reducta* (NT/5).

I canali di bonifica ospitano numerose specie rare e minacciate. Tra gli Efemerotteri, vi sono alcune specie che hanno bisogno di acque correnti per il loro sviluppo e al contempo sono legate alla presenza di macrofite acquatiche in alveo: *Baetis buceratus* (VU/4), *Baetis liebenauae* (VU/3), *Nigrobaetis niger* (CR/1). Tra i Tricotteri, numerose specie sono presenti nei canali di bonifica: *Mystacides* sp., *Hydropsyche angustipennis*, *Hydroptila* sp., *Limnephilini*-K; tra le specie rare e minacciate segnaliamo *Agapetus nimbulus* (Glossosomatidae, VU/4) e *Chaetopteryx* cf. *gessneri* (VU/2). Purtroppo, a causa del periodo precoce dei rilievi (imposto dal metodo IBCH, Stucki 2010), lo stadio di sviluppo delle larve di Tricotteri si è rivelata insufficiente per una determinazione alla specie; la lista faunistica si basa quindi soprattutto sui risultati del campionamento mediante trappole luminose, grazie alle quali sono state rilevate le seguenti specie minacciate: *Allogamus antennatus* (VU/3) prima segnalazione per il PdM, *Anabolia lombarda* (EN/1), e *Polycentropus irroratus* (VU/4). Per quanto riguarda gli Odonati, i canali ospitano in particolare due specie sensibili: *Calopteryx splendens caprai* (NT/5), specie legata alle macrofite acquatiche e ai canali a scorrimento lento, e *Onychogomphus forcipatus unguiculatus* (EN/3), specie legata ad acque di buona qualità e substrati sabbiosi sprovvisti di vegetazione e ambienti ripari aperti, rilevata in due corsi d'acqua fortemente canalizzati ma caratterizzati da una granulometria ottimale del substrato.

La specie *Agapetus nimbulus* (VU/4) costituisce una particolarità: tipica delle sorgenti, essa trova solitamente il suo *optimum* ecologico nella zona superiore della trota (*epirhitron*). La sua presenza nei canali del PdM è pro-

tabilmente indicatrice di risorgive della falda freatica nell'alveo dei torrenti pedemontani e dei canali. L'alimentazione dei canali con acque fresche sotterranee è un tema da tenere presente, poiché probabilmente influisce in modo importante sulla qualità dell'acqua dei canali e sul loro regime termico.

Un'altra specie indicatrice per la qualità degli ambienti acquatici del PdM è il tricottero *Lype reducta* (NT/5): la sua occorrenza è legata alla presenza di legno morto in alveo, all'interno del quale scava gallerie larvali. *L. reducta* è presente sia nelle aste pedemontane, sia nei canali; essa soffre di una gestione intensiva dei corsi d'acqua in particolare della rimozione sistematica della ramaglia e del legno morto dall'alveo dei corsi d'acqua (Lubini *et al.*, 2012).

Lo studio ha inoltre confermato la presenza di due specie esotiche tra i molluschi. Si tratta in primo luogo di *Potamopyrgus antipodarum*, un gasteropode proveniente dalla nuova Zelanda e segnalato in Svizzera per la prima volta nel 1972 nell'Untersee (Canton Turgovia). Alcuni studi hanno dimostrato una competizione interspecifica all'interno delle comunità di molluschi acquatici (Gerard *et al.*, 2003; Lewin and Smolinski, 2006) e una riduzione nella crescita delle specie native (Riley *et al.*, 2008) dovuta alla competizione in termini di spazio e cibo. Inoltre, è stata rilevata *Haitia acuta*, un altro gasteropode segnalato per la prima volta in Svizzera nel 1910 nel Canton Ginevra. In alcune stazioni, in particolare nei canali principali, i bassi risultati per quanto riguarda la diversità tassonomica sono da interpretare come un deficit.

#### Riqualficazione ecologica del reticolo idrografico del PdM (rivitalizzazione)

È opportuno mettere in luce l'utilità del presente studio in relazione alle opportunità di riqualficazione fluviale emerse nella pianificazione sulle rivitalizzazioni dei corsi d'acqua. La citata pianificazione identifica il reticolo idrografico del PdM quale comparto nevralgico e prioritario, a livello cantonale, per gli interventi di riqualficazione ecologica (rivitalizzazione). In questo senso il PdM costituisce un vero e proprio "hotspot" a livello cantonale per le misure di recupero ecologico delle acque correnti. Nel prossimo futuro sarà necessario sviluppare dei progetti di rivitalizzazione che promuovano degli interventi volti a favorire la vocazione ecologica dei canali e corsi d'acqua del comparto emerso con evidenza nel presente studio. I dati raccolti nel presente studio sono quindi di estrema importanza perché permetteranno indirizzare le misure sulla base delle esigenze ecologiche delle specie prioritarie presenti. Le necessità di conservazione vanno declinate a più livelli d'intervento che vanno dalla salvaguardia di alcune tratte, da considerare quale serbatoi e punti di diffusione di specie prioritarie, ad interventi di gestione dei canali orientati da esigenze ecologiche, fino ad interventi di rivitalizzazione mirati e specifici e/o integrali.

## CONCLUSIONE

Lo studio della fauna ittica e macrobentonica del Piano di Magadino colloca il reticolo idrografico dei canali e dei torrenti pedemontani in uno stato ecologico complessivamente medio-buono. A livello locale, alcuni tratti mostrano dei deficit ecologici rilevanti, a testimonianza della fragilità di questi corpi idrici. Ciononostante, la presenza di numerose specie sensibili, tra cui numerosi gruppi tassonomici con priorità di conservazione nazionale e con una distribuzione limitata alla regione di studio (ad es. *Sabanejewia larvata*), implica una responsabilità di conservazione estremamente elevata. I dati raccolti pongono solide basi per identificare i tratti di corsi d'acqua prioritari in termini di conservazione per la fauna ittica e macrobentonica, completando il quadro conoscitivo sul quale impostare le misure di rivitalizzazione. Essi permetteranno altresì di monitorare l'evoluzione dei popolamenti ittici e macrobentonici nei canali e nei torrenti del PdM, e di verificare se le misure di rivitalizzazione già intraprese, unitamente a quelle che si stanno pianificando e a quelle che ancora dovranno essere identificate (nuova gestione integrata dei canali), apporteranno dei miglioramenti in termini ecologici.

## RINGRAZIAMENTO

Si ringraziano innanzitutto i finanziatori dello studio: l'Ufficio dei corsi d'acqua (Committente), l'Ufficio della caccia e della pesca, la Fondazione Bolle di Magadino, il Museo cantonale di storia naturale e il WWF Svizzera italiana. Parallelamente si ringraziano gli specialisti esterni, in particolare Diego Dagani e Bruno Polli e tutte le persone che hanno partecipato ai lavori di campo: Silvia Gandolla, Lorenzo Schmid, Giorgio Nidola, Giuliano Greco e Daniele Muri.

## BIBLIOGRAFIA

- Bernatchez L. 2001. The evolutionary history of brown trout (*Salmo trutta* L.) inferred from phylogeographic, nested clade, and mismatch analyses of mitochondrial DNA variation. *Evolution* 55(2), 351-379.
- Carlsson J. & Nilsson J. 2000. Population genetic structure of brown trout (*Salmo trutta* L.) within a northern boreal forest stream. *Hereditas* 132(3): 173-181.
- Consorzio D.R.I.F.T. 2011. Studio degli effetti delle variazioni di portata indotti dalla regimazione idroelettrica lungo il fiume ticino da Personico alla foce. Rapporto di sintesi. Repubblica e Cantone Ticino, Dipartimento del territorio, Ufficio della caccia e della pesca, Bellinzona, 79 p.
- Dagani D., Fumagalli L. & Rubin J-F. 2010. Introgression of Atlantic brown trout 1 (*Salmo trutta*) and presence of marble trout (*Salmo marmoratus*) in the Swiss portion of the Ticino River. 38 pp.
- Delarze R., Eggenberg S., Steiger P., Bergamini A., Fivaz, F., Gonseth Y., Guntern J., Hofer G., Sager L., Stucki P. 2016: *Liste rouge des milieux de Suisse. Abrégé actualisé du rapport technique 2013 sur mandat de l'Office fédéral de l'environnement (OFEV)*, Berne: 33 p.

- Gentili G., Romanò A., Bardazzi M. & Bucchini A. 2005. Studio della fauna ittica del T. Morobbia a valle del bacino di Carmena. Aziende Municipalizzate Bellinzona (AMB), 21 p.
- Gerard C; Blanc A; Costil K, 2003. *Potamopyrgus antipodarum* (Mollusca : Hydrobiidae) in continental aquatic gastropod communities: impact of salinity and trematode parasitism. *Hydrobiologia*, 493: 167-172.
- Gonseth Y. & Monnerat, C. 2002. Liste Rouge des Libellules menacées en Suisse. Edit. Office fédéral de l'environnement, des forêts et du paysage, Berne et Centre suisse de cartographie de la faune, Neuchâtel - Série OFEFP: L'environnement pratique. 46 p.
- Griffiths A.M., Koizumi, I., Bright, D. & Stevens, J. R. 2009. A case of isolation by distance and short - term temporal stability of population structure in brown trout (*Salmo trutta*) within the River Dart, southwest England. *Evolutionary Applications* 2: 537-554.
- Huet M. 1949. Aperçu des relations entre la pente et les populations piscicoles des eaux courantes. *Schweizerische Zeitschrift für Hydrologie* 11: 333-351.
- Jann B., Cotti G. & Barbieri A. 1993. Macroinvertebrati dei principali corsi d'acqua ticinesi. *Memorie Soc. tic. Sc. nat.* vol. 1993, p. 151-164.
- Keller I., Taverna A. & Seehausen, O. 2011. Evidence of neutral and adaptive genetic divergence between European trout populations sampled along altitudinal gradients. *Molecular Ecology*, 20: 1888-1904.
- Kirchhofer A., Pedrolí J.C., Zaugg B. 1990. Rote Liste der Fische und Rundmäuler der Schweiz. *Doc. Faun. Helv.* 9: 1-24.
- Kirchhofer A., Breitenstein M. & Zaugg B. 2007. Lista Rossa dei pesci e ciclostomi della Svizzera. Ufficio federale dell'ambiente, Berna e Centro svizzero di cartografia della fauna, Neuchâtel. *Pratica ambientale* 0734: 64 p.
- Kottelat M. & Freyhof J. 2007. Handbook of European freshwater fishes. Kottelat, Cornol and Freyhof, Berlin, XIV. 646 pp.
- Laporta G., Franchi E., Giannetto D., Pedicillo G., Pompei L., Carosi A., Ghetti L., Lorenzoni M. 2010. Valutazione dell'efficacia delle passate successive per la caratterizzazione della ricchezza in specie delle comunità ittiche fluviali. *Atti XX Congresso della Società italiana di Ecologia*. Roma.
- Largiader C.R. & Scholl A. 1996a. Effects of stocking on the genetic diversity of brown trout populations of the Adriatic and Danubian drainages of Switzerland. *Journal of Fish Biology*, Volume 47: 209-225.
- Largiader C.R. & Scholl A. 1996a. Genetic introgression between native and introduced brown trout *Salmo trutta* L. populations in the Rhône River basin. *Molecular Ecology* 5: 417-426.
- Lewin I; Smolinski A, 2006. Rare and vulnerable species in the mollusc communities in the mining subsidence reservoirs of an industrial area (The Katowicka Upland, Upper Silesia, Southern Poland). *Limnologia*, 36: 181-191.
- 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, Berna, e Centro Svizzero di Cartografia della Fauna (CSCF), Neuchâtel. *Pratica ambientale* n. 1212: 111 p.
- Nembrini M. 2013. Perizia piscicola: indagine sul Cobite mascherato (*Sabanejewia larvata*) e sulla Carpa di Prussia (*Carrasius gibelio*). Oikos 2000 Sagl (operatore) su mandato di Aquarius SA, Neuchâtel; dati confluiti nel nuovo atlante dei pesci "Pisces Atlas" (Zaugg *et al.* 2008), 7 p.
- Nembrini M. & Conelli A. 2017. Reticolo idrografico del Piano di Magadino: canali di bonifica e aste torrentizie. Analisi della fauna ittica e macrobentonica. Definizione della situazione attuale e delle tratte prioritarie. Dipartimento del territorio. Bellinzona, 63 p.
- Paltrinieri L. 2001. Ricerca e misure di conservazione della piccola lampreda (*Lampetra planeri*) nelle Bolle di Magadino e in alcuni canali della Piana di Magadino. Fondazione Bolle di Magadino.
- Patocchi N. 1994. Piano di Magadino: raccolta dati - analisi della situazione attuale. Dipartimento del Territorio, Ufficio Protezione Natura, 158 pp.
- Patocchi N. 1995. Manutenzione dei canali ed esigenze naturalistiche. Piano di Magadino. Dipartimento del Territorio, Ufficio Protezione Natura. 17 p.
- Périat G., Vonlanther P. & Dagani D. 2014. Studio della fauna ittica del Lago Ceresio. EAWAG/ProjetLac. Rapporto definitivo. 41 p.
- Peter, A. & Scheidegger, C. 2012. Rivitalizzazioni: controllo dei risultati. In: Schede tematiche sulla sistemazione e l'ecologia dei corsi d'acqua. Ufficio federale dell'ambiente, Berna. Scheda 8.
- Piffaretti, P., Luchessa, C. 2011. Lo scorrere del fiume, l'opera dell'uomo: 125 anni di attività del Consorzio Correzione Fiume Ticino (CCFT editore), 1886-2011.
- Riley LA; Dybdahl MF; Hall RO Jr, 2008. Invasive species impact: asymmetric interactions between invasive and endemic freshwater snails. *Journal of the North American Benthological Society*, 27(3): 509-520.
- Roesli-Mattei M., Maddalena T. & Bassetti P. 2003. Progetto di interconnessione delle superfici di compensazione ecologica (SCE) sul Piano di Magadino. Rapporto finale. Maggio 2003.
- Rondinini, C., Battistoni A., Peronace V. & Teofili C. (compilatori), 2013. Lista Rossa IUCN dei Vertebrati Italiani. Comitato Italiano IUCN e Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare, Roma.
- Rüetschi J., Stucki P., Müller P., Vicentini H. & Claude F. 2012. Lista Rossa Molluschi (Gasteropodi e Bivalvi). Specie minacciate della Svizzera, stato 2010. Ufficio federale dell'ambiente, Berna, e Centro Svizzero di Cartografia della Fauna (CSCF), Neuchâtel. *Pratica ambientale* n. 1216: 148 pagg.
- Scapozza C., Antognini M., Oppizzi P. & Patocchi N. 2012. La piana fluvio-deltizia del Ticino dall'Ultimo Massimo Glaciale a oggi: proposta di sintesi. *Bollettino della Società ticinese di scienze naturali* - 100, 2012, pp. 89-106 (ISSN 0379-1254).
- Schager E. & A. Peter, 2004. Méthodes d'analyse et d'appréciation des cours d'eau en Suisse - niveau R. Office fédéral de l'environnement, Berne. *L'environnement pratique* n° 44: 63 p.
- Sezione dello sviluppo territoriale (SST), 2015. Piano di utilizzazione cantonale, Parco del Piano di Magadino. Rapporto di pianificazione, approvato dal Gran Consiglio il 18 dicembre 2014. Editore: Dipartimento del territorio, 77 p.
- Stucki P., 2010. Méthodes d'analyse et d'appréciation des cours d'eau en Suisse. Macrozoobenthos - niveau R. Office fédéral de l'environnement, Berne. *L'environnement pratique* n° 1026: 61 p.
- Ufficio dei corsi d'acqua (UCA), 2006. Stato ecomorfologico dei corsi d'acqua nel Cantone Ticino. Bellinzona, dati non pubbl.: 49 p.

- Ufficio dei corsi d'acqua (UCA), 2014. Rivitalizzazione dei corsi d'acqua. Pianificazione strategica. Repubblica e Cantone Ticino. Dipartimento del Territorio. Bellinzona: 88 p.
- Ufficio federale dell'ambiente (UFAM), 2011. Lista delle specie prioritarie a livello nazionale. Specie prioritarie per la conservazione e la promozione a livello nazionale, stato 2010. Ufficio federale dell'ambiente, Berna. Pratica ambientale n. 1103: 132 p.
- Utzinger, J., Roth, C., & Peter, A., 1998. Effects of environmental parameters on the distribution of bullhead *Cottus gobio* with particular consideration of the effects of obstructions. *Journal of applied ecology*, 35(6), 882-892.
- Zaugg, B., Stucki P., Pedroli J.-C. & Kirchhofer A., 2008. Pisces Atlas. Fauna Helvetica 7. Centre Suisse de Cartographie de la Faune. 233 p.
- Zbinden, S., Pilotto, J.D. & Durouvenoz, V. 2004. Biologie, menaces et protection du chabot (*Cottus gobio*) en Suisse. OFEFP, Berne (Suisse), L'environnement pratique - Informations concernant la pêche N° 77. 73 p.
- Zerunian S. 2004a. Proposta di un Indice dello Stato Ecologico delle Comunità Ittiche viventi nelle acque interne italiane. *Biologia Ambientale*, 18 (2): 25-30.
- Zerunian S. 2004b. Pesci delle acque interne d'Italia. *Quad. Cons. Natura*, 20, Ministero Ambiente - Istituto Nazionale Fauna Selvatica, 257 p.
- Zerunian S. 2007. Problematiche di conservazione dei Pesci d'acqua dolce italiani. Laboratorio di Ittiologia delle Acque. *Biologia Ambientale*, 21 (2): 49-55.
- Zerunian S., Goltara A., Schipano I. & Boz B. 2009. Adeguamento dell'Indice dello Stato delle Comunità Ittiche alla Direttiva Quadro sulle Acque 2000/60/CE. *Biologia Ambientale*, 23 (2): 15-30.



# Indagini faunistiche sui Chalcidoidea Mymaridae e considerazioni sui loro ospiti nei vigneti della Svizzera Italiana

Valeria Trivellone<sup>1</sup>, Lucia Pollini Paltrinieri<sup>2</sup>, Marco Moretti<sup>1</sup> e Corrado Cara<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Istituto Federale di Ricerca WSL, Biodiversità e Biologia della Conservazione, Zürcherstrasse 111, CH-8903 Birmensdorf

<sup>2</sup> Museo cantonale di storia naturale, viale Carlo Cattaneo 4, CH-6900 Lugano

<sup>3</sup> via Peschiera, 28-B, CH-6982 Agno

valeria.trivellone@gmail.com

**Riassunto:** La biodiversità funzionale di un agroecosistema è definita dall'insieme delle funzioni svolte dalle singole specie e per caratterizzarla occorre conoscere anzitutto l'identità tassonomica di tutte le componenti biotiche. Nel presente studio sono state indagate le comunità dei mimaridi dell'agroecosistema vigneto poiché nel loro ambito sono presenti importanti parassitoidi oofagi per il controllo biologico di specie potenzialmente dannose. Sono stati analizzati 822 campioni raccolti nel corso di uno studio sulla biodiversità dei vigneti ticinesi (BioDiVine, 2010-2013) valutata attraverso l'esame di 48 vigneti. Sono stati identificati, a livello di specie o genere, 5'071 esemplari di mimaridi appartenenti a 28 taxa. Il genere predominante è stato *Gonatocerus* (1'182 individui), raccolto quasi esclusivamente sulla vegetazione dell'interfila. La specie più abbondante è stata *Anagrus atomus* (881 individui), intercettata prevalentemente sulla chioma della vite. Con l'utilizzo congiunto di più tecniche di campionamento, è stato qui fornito un quadro aggiornato della comunità dei mimaridi caratterizzanti i vigneti ticinesi. Inoltre, sono state descritte le relazioni trofiche tra i mimaridi intercettati e i loro ospiti attraverso le fonti bibliografiche disponibili. Le conoscenze faunistiche acquisite in questa ricerca costituiscono la base per l'approfondimento delle conoscenze sulla bioecologia di specie d'interesse funzionale e fitosanitario nell'ambito delle relazioni trofiche nel vigneto.

**Parole chiave:** agro-ecologia, controllo biologico, ooparassitoidi, relazioni multitrofiche

**Faunistic observations on Chalcidoidea Mymaridae and considerations on their hosts in Southern Swiss vineyards**

**Abstract:** functional biodiversity in agroecosystem is defined by the whole of the functions carried out by each single species and firstly, its knowledge starts from the taxonomic identity of the single species. In the «vineyard», the mymarids represent the most important component of oophagous parasitoids, very useful in biological control programs. In this study a total of 822 samples, collected in 48 vineyards of Ticino region investigated in the frame of a recent project on the (BioDiVine, 2010-2013), were analyzed. Overall, 5'071 specimens belonging to 28 taxa of mimarids were identified at species or genus level. The most abundant genus was *Gonatocerus* (1'182 specimens) which was collected in the vineyard interrows only. The most abundant species was *Anagrus atomus* (881 specimens) which was mainly collected on the grapevine canopy. By using different sampling methods, we gathered a better understanding of the mimarid community characterizing the vineyards in Ticino. A literature review on trophic relationships between mimarids and their hosts were also carried out. The faunistic knowledge acquired in this research is the basis for better understanding the bio-ecology of species of particular functional and phytosanitary interest in the vineyard.

**Key words:** agro-ecology, biological control, ooparasitoids, multitrophic relations

## INTRODUZIONE

La biodiversità funzionale comprende l'insieme delle varie funzioni ecologiche che le differenti specie, a diversi livelli trofici, svolgono all'interno di un qualsiasi ecosistema. È stato evidenziato che il mantenimento di un'elevata biodiversità faunistica e funzionale nell'agroecosistema favorisce un sano riciclo di materia ed energia (servizi ecologici), sostenendo il corretto funzionamento dell'ecosistema (Altieri, 1999). Un aspetto molto importante da tenere presente, nel contesto di una gestione eco-compatibile del campo coltivato, è il ruolo della biodiversità funzionale come utile strumen-

to per definire meglio le strategie di protezione fitosanitaria (Andow, 1991). Prima di definire le funzioni delle diverse entità presenti in un agroecosistema è necessario conoscere le singole specie che vi vivono in un certo tempo e spazio. Il passo successivo è quello di utilizzare tali informazioni tassonomiche per studiare strategie di gestione secondo i principi di agroecologia volti a favorire gli equilibri ecologici naturali (Altieri & Rosset, 1996).

Nell'agroecosistema vigneto i concetti agroecologici e la loro applicazione sono stati affrontati in diversi studi scientifici che hanno dimostrato una relazione positiva tra l'implementazione di alcune pratiche gestionali

e l'aumento della biodiversità, in termini di numero di specie e di funzioni svolte dalle stesse. Ad esempio, Altieri e collaboratori (2005) hanno messo in luce che la presenza durante l'intera stagione di una copertura vegetale diversificata all'interno del vigneto arricchisce di nutrienti il suolo e allo stesso tempo sostiene la complessità e attività di insetti utili come gli imenotteri parassitoidi (Hymenoptera Apocrita Parasitica). Inoltre, l'apporto di materia organica al suolo favorisce un miglioramento della macroporosità dello stesso e parallelamente un incremento di biodiversità nella comunità dei lombrichi, (Pèrès *et al.*, 1998). L'importanza della biodiversità funzionale in vigneto è da tempo nota in letteratura con particolare riguardo alle pullulazioni delle cicaline delle vite (Hemiptera Cicadellidae Typhlocybinae) che con la loro attività fitomiza possono arrecare danni alle foglie compromettendone la capacità fotosintetica. È stato ripetutamente evidenziato che le infestazioni di cicaline dipendono spesso dalla mancanza di antagonisti naturali specifici (Cerutti, 1989; Viggiani, 2002) dovuta all'impatto della gestione sulle comunità e all'estrema semplificazione del campo coltivato. Gli imenotteri parassitoidi oofagi appartenenti ai Chalcidoidea Mymaridae sono noti per essere i principali e più efficaci parassitoidi di cicaline in vigneto. Ad esempio, *Gonatocerus ashmeadi*, e *G. tuberculifemur* sono stati studiati per un loro possibile utilizzo nel controllo delle popolazioni del cicadellide nearctico *Homalodisca vitripennis* attraverso test di efficacia in funzione della densità di uova della cicalina (Irvine *et al.*, 2009).

In Europa, il ruolo di alcuni mimaridi associati alle cicaline della vite è stato per la prima volta indagato alla fine degli anni '80 da Cerutti *et al.* (1989) in vigneti del Cantone Ticino dove all'epoca il cicadellide *Empoasca vitis* rappresentava un considerevole problema fitosanitario. Gli autori misero in evidenza, elevati tassi di parassitizzazione (fino al 90%) a carico delle uova di *E. vitis* da parte di due mimaridi: *Anagrus atomus* e *Stethynium triclavatum*. Fu inoltre osservato che l'efficacia del controllo biologico operato da *A. atomus*, era favorita dalla presenza di siepi di *Prunus* spp. e altre rosacee in grado di sostenere la sopravvivenza di detto parassitoide nel periodo invernale e di facilitare alla ripresa vegetativa della vite la ricolonizzazione del vigneto. Osservazioni simili, condotte negli Stati Uniti, hanno riguardato il mimaride *Anagrus epos* parassitoide del cicadellide *Erythroneura elegantula* (Murphy *et al.*, 1996). Negli anni '90, grazie a un'importante revisione tassonomica del genere *Anagrus* (Chiappini *et al.*, 1996), sono state riconosciute almeno due differenti specie all'interno del gruppo "atomus": *atomus* e *ustulatus*. È stato dimostrato, successivamente, che le stesse mostrano esigenze ecologiche ed ospiti alternativi a *E. vitis* differenti, con *A. ustulatus* che ha un più ristretto numero di ospiti rispetto ad *A. atomus* (Noyes, 2018). Entrambe le specie possono essere ritrovate nei vigneti in popolazioni miste mostrando un potenziale di controllo molto differente nei confronti di *E. vitis*, essendo solo la prima strettamente infedele alla cicalina. L'estrema somiglianza morfologica fra le due specie ha spinto la ricerca a trovare caratteri morfologici e genetici utili per la loro separazione e per la definizione dei loro rispettivi ruoli.

Alla luce delle nuove conoscenze tassonomiche e molecolari, ulteriori studi sui mimaridi associati alle cicaline della vite sono stati di recente condotti in Canton Ticino (Trivellone, 2015).

Dalla letteratura è noto che i mimaridi presentano un range piuttosto ampio di ospiti appartenenti a differenti famiglie. Nel genere *Anaphes* sono presenti ooparassitoidi di coleotteri curculionidi, mentre in *Polynema* si hanno ooparassitoidi di eterotteri miridi (Huber, 1986). Tuttavia, le conoscenze nell'ambito dell'agroecosistema vigneto sono limitate alle specie antagoniste delle cicaline di maggiore interesse economico (Cicadellidae Typhlocybinae). Sebbene una prima importante lista dei mimaridi presenti nei vigneti ticinesi sia stata di recente redatta da Cara (2015), con questo contributo intendiamo fornire ulteriori conoscenze sulla comunità dei calcidoidei mimaridi distribuiti nei vigneti della stessa regione, precisando alcune caratteristiche di tutte le specie raccolte nell'ambito di un ampio progetto realizzato in Ticino (Trivellone, 2016).

## MATERIALI E METODI

Nel contesto di un'ampia indagine riguardante la Biodiversità dei vigneti (BioDiVine, 2010-2013) sono state effettuate raccolte entomologiche e rilievi floristici in 48 siti rappresentativi dell'intero territorio vitato del Cantone Ticino, da Giornico (8°51'52" E, 46°24'30" N), vigneto più a Nord, a Pedriate (9°00'60" E, 45°49'38" N), vigneto più a Sud. I dettagli sulla selezione dei vigneti e sul disegno sperimentale sono riportati nella tesi di dottorato di Trivellone (2016).

Le specie target sono state campionate mediante 4 differenti tecniche di raccolta: trappole a caduta (Barber); aspiratore D-vac; retino entomologico; e cartelle gialle. Nel presente studio, per quanto riguarda le prime tre tecniche sono stati considerati i campioni provenienti da 24 vigneti e 3 periodi di campionamento (maggio, luglio e settembre 2011), mentre per quanto concerne le cartelle gialle sono stati considerati 48 vigneti e 6 periodi (da aprile a settembre 2011). In totale sono stati analizzati 822 campioni, 111 da trappole Barber, 111 da D-vac, 24 da retino e 576 da cartelle gialle. La scelta delle tecniche di raccolta ritenute più appropriate è stata effettuata sulla base di uno studio pilota condotto in anni precedenti da Trivellone *et al.* (2012). Le trappole Barber hanno permesso di intercettare le specie maggiormente legate al suolo o agli strati bassi di vegetazione (Stewart, 2002). Le cartelle gialle e il retino entomologico hanno consentito di rilevare le specie ampelofaghe o associate alla chioma della vite in alcuni periodi del loro ciclo vitale. L'aspiratore entomologico D-vac è stato utilizzato per indagare le coperture vegetali erbacee presenti nell'agroecosistema. Tale tecnica di campionamento, ritenuta di tipo principalmente quantitativo, risulta particolarmente idonea per stimare gli invertebrati associati alla vegetazione bassa di prati e pascoli. Il numero di minuti secondi e il numero di transetti definiti e adottati nel disegno sperimentale, sono stati adeguati in quanto hanno permesso il rilevamento di almeno il 90% delle specie totali presenti

nell'agroecosistema vigneto (Brook *et al.*, 2008). Attraverso l'utilizzo congiunto delle tecniche sopra menzionate è dunque possibile campionare un elevatissimo numero di taxa e stimare con buona approssimazione la biodiversità totale (Coe, 2008).

La determinazione tassonomica dei mimaridi è stata effettuata esaminando le loro caratteristiche morfologiche mediante l'utilizzo di uno stereomicroscopio o, per alcuni gruppi, attraverso l'esame al microscopio ottico di idonei preparati. Sono state utilizzate chiavi dicotomiche per l'attribuzione del genere, e opere monografiche per la determinazione specifica (Huber, 1987; Chiappini, 1989; Chiappini *et al.*, 1996; Triapitsyn, & Berezovskiy, 2001 e 2004 a,b; Triapitsyn, 2002, 2010 e 2013; Huber & Baquero, 2007; Pricop, 2013 e 2014;). Per un certo numero di esemplari non è stato possibile andare oltre il genere, in quanto: a) individui molto rovinati e mancanti delle strutture morfologiche necessarie per il riconoscimento; b) entità non trattate da monografie specifiche (generi *Polynema* e *Anaphes*); c) entità trattate da monografie specifiche ma incomplete, o in corso di revisione (generi *Mymar* e *Stephanodes*).

Per ogni taxon reperito sono state condotte ricerche bibliografiche per il censimento delle specie ospiti segnalate in letteratura. Ciò ha consentito un aggiornamento delle conoscenze sulle relazioni trofiche tra i mimaridi intercettati e i loro possibili ospiti.

I dati quantitativi ottenuti attraverso l'identificazione del materiale campionato sono stati utilizzati per illustrare l'abbondanza e la distribuzione dei taxa rilevati attraverso istogrammi.

## RISULTATI

Mediante le tecniche di raccolta sopra citate sono stati complessivamente raccolti 5'071 individui appartenenti ad almeno 28 specie (Tabella 1). Con le cartelle gialle sono stati raccolti 2'021 individui (38.9% del totale), con il D-vac 2'851 (56.3%), con il Barber 194 (3.8%) e con il Retino 5 (0.1%). Attraverso l'aspiratore D-vac è stato possibile rilevare la maggiore diversità in termini di numero di specie (24); a seguire, con le cartelle gialle sono state intercettate 17 specie, mediante Barber 15 e con retino soltanto 1 specie.

In particolare, le prime 6 specie riportate in Tabella 1 (tre del genere *Anagrus*, *Stethynium triclavatum*, *Alaptus* spp. ed *Erythmelus* spp.) sono state monitorate quasi esclusivamente dalle cartelle gialle e solo pochi individui con l'aspiratore D-vac. Fanno eccezione gli esemplari di *Anagrus* appartenenti al gruppo "incarnatus" che, invece, sono stati catturati nell'interfila per mezzo dell'aspiratore D-Vac. Per quanto concerne le specie del genere *Anagrus* appartenenti al gruppo "atomus", sono state distinte 2 specie: *atomus* ed *ustulatus* sulla base dei caratteri morfologici definiti in Chiappini *et al.* (1996) e dei risultati riportati nello studio effettuato da Trivellone e collaboratori (Trivellone, 2015). Nei vigneti, *A. atomus* e *A. ustulatus* sono legati strettamente alle cicaline associate alla vite e alle coperture vegetali, quindi in questo studio a *Empoasca vitis*, *Zygina rhamni* ed altre Typhlocybinae affini. Per quanto riguarda *A.* gruppo

"incarnatus", il fatto che sia stato intercettato prevalentemente nelle interfile attraverso il D-vac, conferma l'ipotesi della sua associazione con cicaline associate alle coperture vegetali dei vigneti ticinesi e già segnalate in letteratura come sue ospiti (*Cicadella viridis*, *Conomelus* spp., *Dicranotropis hamata*, *Stenocranus* spp., *Muellerianella fairmairei* e *Megamelus notula* (Triapitsyn & Berezovskiy, 2004).

*Stethynium triclavatum* è stato intercettato solo mediante cartelle gialle (a parte quattro individui con il D-vac) ed è considerato, insieme agli *Anagrus* del gruppo "atomus", uno dei competitori naturali più efficienti delle cicaline associate alla vite (in particolare *E. vitis*) e di *Eupteryx atropunctata* (Huber, 1987). Per quanto riguarda le specie afferenti al genere *Alaptus*, tutte note come ooparassitoidi di psocoteri (Viggiani & Jesu, 1988), almeno 2 sono state rinvenute in questa indagine. Poiché tutti gli esemplari sono stati raccolti con le cartelle gialle, a eccezione di uno soltanto con D-Vac, è lecito ritenere che esse siano legate alla parete fogliare del vigneto. Delle 13 specie che per la regione Palearctica afferiscono al genere *Erythmelus* almeno 2 sono state intercettate anche in questo studio. Sono ritenuti ospiti del genere le uova di miridi, tingidi e cicadellidi (principalmente *C. viridis*) (Viggiani & Jesu, 1988).

Almeno 11 specie, afferenti ad *Anaphes*, *Polynema*, *Gonatocerus* (6 specie), *Mymar* (2) e *Ooctonus* (2), sono state rinvenute in massima parte mediante l'aspiratore D-vac e in minor misura tramite le cartelle gialle e il Barber. Le specie del genere *Anaphes*, sono conosciute in letteratura come ooparassitoidi di miridi, curculionidi e crisomelidi e sono sovente utilizzate in programmi di lotta biologica, come ad esempio *A. flavipes* impiegato per contrastare il crisomelide dei cereali, *Oulema melanopus* (Viggiani & Jesu, 1988). Molte specie del genere *Polynema* sono parassitoidi di cicaline delle famiglie Cicadellidae, Delphacidae, Membracidae e sono state anch'esse strumento di controllo biologico delle pullulazioni di *Stictocephala bisonia* (Viggiani & Jesu, 1988). Le 6 specie del genere *Gonatocerus* sono ooparassitoidi di miridi e cicadellidi, tra questi ultimi: *C. viridis*, *Neoaliturus* spp., *Aphrodes* spp. e *Macrosteles* spp. (Triapitsyn, 2013); tutte queste cicaline sono state rilevate nell'ambito della presente indagine faunistica sulle coperture erbacee dei vigneti. Relativamente alle specie del genere *Mymar* della regione Palearctica, soltanto per *M. taprobanicum* si conoscono gli ospiti: Delphacidae (come *Laodelphax striatella*, spesso rilevato nei vigneti ticinesi) e Cicadellidae (Triapitsyn & Berezovskiy, 2001). Delle 2 specie del genere *Ooctonus* individuate in questo studio, ben conosciuta è *O. vulgatus* spesso segnalata come parassitoide della cicalina *Philaenus spumarius* (Triapitsyn, 2010), specie molto comune e polifaga, che colonizza diversi tipi di habitat (prati, campi coltivati, giardini, boschi, zone ruderali, etc.). Per quanto riguarda invece *O. hemipterus*, i suoi ospiti restano a tutt'oggi sconosciuti.

Un gruppo di almeno 3 specie (*Eustochus atripennis* e *Litus* spp.) sono state campionate esclusivamente dalle trappole a caduta Barber (a eccezione di 3 individui su 119 di *E. atripennis*, raccolti con aspiratore D-vac, e 5 + 2 esemplari di *Litus* spp. su 32 raccolti rispettivamente con D-Vac e cartelle gialle). Gli ospiti di *E. atripennis*

Tabella 1: Lista complessiva dei Chalcidoidea Mymaridae reperiti nei vigneti ticinesi oggetto di indagine. Barber, Retino e D-vac, utilizzati in 24 impianti e in 3 periodi di campionamento (maggio, luglio e settembre 2011). Cartelle cromotropiche gialle utilizzate in 48 vigneti per 6 periodi (da aprile a settembre 2011).

	Barber	Retino ent.	D-vac	Cartelle gialle	Totale esemplari
1 <i>Anagrus (Anagrus) gr. atomus atomus</i> (Linnaeus)	0	0	15	803	818
2 <i>Anagrus (Anagrus) gr. atomus ustulatus</i> Haliday	0	0	2	254	256
3 <i>Anagrus (Anagrus) gr. incarnatus</i> sp.	1	0	117	50	168
<i>Anagrus (Anagrus) gr. atomus</i> spp.	0	0	29	56	85
<i>Anagrus</i> spp.	0	0	22	63	85
4 <i>Stethynium triclavatum</i> Enock	0	0	4	523	527
5 <i>Alaptus</i> spp.	0	0	1	126	127
6 <i>Erythmelus</i> spp.	0	0	0	30	30
7 <i>Anaphes</i> spp.	5	0	442	45	492
8 <i>Polynema</i> spp.	9	0	701	18	728
9 <i>Gonatocerus (Gonatocerus) longicornis</i> Nees	7	0	301	1	309
10 <i>Gonatocerus (Lymaenon) aureus</i> Girault	14	0	167	0	181
11 <i>Gonatocerus (Gonatocerus) fuscicornis</i> (Walker)	0	0	24	1	25
12 <i>Gonatocerus (Gonatocerus) pictus</i> (Haliday)	2	0	40	0	42
13 <i>Gonatocerus (Lymaenon) litoralis</i> (Haliday)	1	0	59	0	60
14 <i>Gonatocerus (Lymaenon) africanus</i> Soyka	0	0	8	0	8
<i>Gonatocerus (Gonatocerus) spp.</i>	0	0	478	5	483
<i>Gonatocerus (Lymaenon) spp.</i>	3	0	156	26	185
15 <i>Mymar taprobanicum</i> Ward	3	0	104	1	108
16 <i>Mymar</i> sp.	1	0	67	0	68
17 <i>Ooetonus vulgatus</i> Haliday	1	0	59	0	60
18 <i>Ooetonus hemipterus</i> Haliday	2	0	37	0	39
<i>Ooetonus</i> sp.	0	0	1	4	5
19 <i>Eustochus atripennis</i> (Curtis)	119	0	3	0	122
20 <i>Litus cynipseus</i> Haliday	23	0	4	0	27
21 <i>Litus</i> sp.	2	0	1	2	5
22 <i>Arescon dimidiatus</i> (Curtis)	0	0	1	0	1
23 <i>Camptoptera</i> sp.	0	0	1	5	6
24 <i>Erythmelus</i> cfr <i>lygivorus</i>	0	0	0	5	5
25 <i>Erythmelus</i> cfr <i>panis</i>	0	0	1	0	1
26 <i>Gonatocerus (Lymaenon) cfr longior</i>	1	0	0	0	1
27 <i>Gonatocerus (Cosmocomoidea) sp.</i>	0	0	0	2	2
28 <i>Stephanodes</i> sp.	0	5	6	1	12
<b>Totale esemplari</b>	<b>194</b>	<b>5</b>	<b>2'851</b>	<b>2'021</b>	<b>5'071</b>
<b>Totale specie</b>	<b>15</b>	<b>1</b>	<b>24</b>	<b>17</b>	

sono sconosciuti, tuttavia alcuni autori segnalano la presenza di adulti del genere *Eustochus* a livello del suolo, quindi si suppone che essi parassitizzino uova deposte a livello del suolo o nella lettiera (Huber & Baquero, 2007). Nel presente studio infatti, questi parassitoidi sono stati catturati mediante trappole che intercettano principalmente insetti attivi a livello del terreno. *Litus cynipseus* è conosciuto principalmente come parassitoide di coleotteri stafilinidi (predatori assai frequenti a livello del suolo), tra i quali spicca per attività entomofaga nei vigneti italiani *Ooipus olens* (Trivellone, *in verbis*).

Un ultimo gruppo è composto da 7 specie complessivamente rappresentate da pochi individui per sito e per questo valutabili di scarso interesse per la caratterizzazione dei vigneti ticinesi. In effetti si ritiene che

la loro presenza nei diversi sistemi di rilevamento sia pressoché accidentale. Di *Arescon dimidiatus* è stato raccolto un solo individuo mediante D-vac e i suoi ospiti sono sconosciuti. Per le specie del genere *Camptoptera* non sono mai stati accertati gli ospiti e le informazioni sono alquanto scarse e datate. Per quanto riguarda gli esemplari del genere *Stephanodes*, non è stato possibile giungere alla determinazione specifica in quanto la tassonomia ad oggi disponibile è piuttosto incerta. Relativamente ai loro ospiti sono state segnalate parassitizzazioni a carico di uova di Hemiptera Nabidae (Huber & Fidalgo, 1997). Nel genere *Gonatocerus* subgenere *Cosmocomoidea* si conoscono 9 specie per il Palearctico, di alcune delle quali sono noti gli ospiti, per lo più Hemiptera Cicadellidae Idiocerinae (Triapitsyn, 2013) legate

principalmente a piante arboree. Per *Erythmelus lygivorus* Viggiani & Jesu e *E. panis*, come pure per *Gonatocerus* (*Lymaenon*) cfr *longior* non si riporta alcun commento in quanto le identificazioni ipotizzate in questo studio necessitano di essere confermate.

Quasi tutte le «cicaline» riportate in letteratura quali ospiti dei mimaridi sopracitati sono state raccolte nei vigneti ticinesi del presente studio.

Per una più facile comprensione del lavoro svolto e dei risultati conseguiti, un prototipo di quadro sinottico con i microhabitat esaminati, le tecniche di campionamento e i mimaridi intercettati con i loro potenziali ospiti, è riportato in figura 1.

In figura 2, sono riportati i grafici della distribuzione dei mimaridi catturati per mezzo delle cartelle gialle nei 48 vigneti indagati (vedi Tabella 2 per i codici dei vigneti). Sono state considerate esclusivamente le 3 specie più abbondanti e caratterizzanti la chioma della vite: *Anagrus atomus*, *Anagrus ustulatus*, e *Stethynium triclavatum*, più l'*Anagrus* gr. *incarnatus*. Nell'area viticola Sottoceneri (Fig. 2A) sono stati catturati mediamente 36 individui per vigneto in tutta la stagione, e i valori più elevati sono stati raggiunti in due vigneti in località Meride e Mezzovico, rispettivamente con 87 e 86 individui. Nell'area viticola Sopraceneri (Fig. 2B) sono stati catturati mediamente 32 individui per vigneto in tutta la stagione, e i valori più elevati si sono ottenuti in due vigneti in località Gudo e Losone, rispettivamente con 67 e 65 individui. Come si può facilmente notare dal grafico, nel Sottoceneri *Anagrus atomus* è di gran lunga la specie più diffusa e abbondante (in 24/25 vigneti; con 512 individui in totale), seguita da *Stethynium triclavatum* (in 25/25 vigneti; con 272 individui). Nel Sopraceneri, invece, *A. atomus* e *S. triclavatum* si risultano equivalenti per diffusione e abbondanza insieme ad *A. ustulatus* (rispettivamente con 291 individui in 23/23 vigneti, 251 individui in 23/23 vigneti e 168 individui 21/23 vigneti). Soltanto localmente si osservano situazioni in cui *S. triclavatum* domina sugli *Anagrus* spp. (Fornasette, Claro e Ludiano).

Nel grafico della figura 3, è rappresentata la distribuzione dei mimaridi in 24 vigneti campionati attraverso l'aspiratore D-vac. Sono stati considerati esclusivamente i 13 taxa più abbondanti e caratterizzanti le coperture vegetali dei vigneti: *Polynema* sp., *Anaphes* sp., *Gonatocerus* (*Gonatocerus*) *longicornis*, *G. (Gonatocerus) pictus*, *G. (Lymaenon) aureus*, *G. (Lymaenon) litoralis*, *Gonatocerus (Gonatocerus) spp.*, *Gonatocerus (Lymaenon) spp.*, *Ooctonus vulgatus*, *O. hemipterus*, *Mymar taprobanicum*, *Mymar* sp. e *Anagrus* gr. *incarnatus*. Nel Sottoceneri sono stati catturati mediamente 110 individui per vigneto in tutta la stagione, e i valori più elevati sono stati raggiunti in un vigneto a Monteggio e in uno a Rovio, rispettivamente con 310 e 279 esemplari. Nel Sopraceneri sono stati catturati mediamente 122 individui per vigneto in tutta la stagione, e i valori più elevati si sono registrati in due vigneti a Lavertezzo e Gordola, rispettivamente con 435 e 371 individui. Come si può notare dal grafico per il Sottoceneri, il genere *Gonatocerus* domina con 598 individui, seguito a distanza dai generi *Anaphes*, *Polynema* e *Mymar* (rispettivamente con 245, 187 e 117 individui). Nel Sopraceneri è sempre *Gonatocerus* il genere più presente

Tabella 2: Abbreviazioni delle località dei vigneti campionati

Abbreviazione	Località	Abbreviazione	Località
Pedr	Pedrinata	Magg	Maggia
Nova	Novazzano	Loso	Losone
Prel	Prella	Asco	Ascona
Stab	Stabio	Gord	Gordola
Cort	Corteglia	Lave	Lavertezzo
Mezz	Mezzana	Cugn	Cugnasco
Gorl	Gorla	Gudo	Gudo
Rabe	Rancate località 1	Cade	Cadenazzo
Ranc	Rancate località 2	Seme	Sementina
Soma	Somazzo	Mond	Sementina Mondò
Besa	Besazio	Camo	Camorino in montagna
Meri	Meride	Caco	CamorinoComelina
Rovi	Rovio	Cara	Carasso
Forn	Fornasette	Bell	Bellinzona
Mont	Monteggio	Arbe	Arbedo
Crog	Croglio	Lumi	Lumino
Coll	Collina d'Oro	Clar	Claro località 1
Porz	Porza	Razz	Claro località 2
Vezi	Vezia	Bias	Biasca
Righ	Bioggio Righetto	Gior	Giornico paese
Biog	Bioggio	Negh	GiornicoNegh
Lamo	Lamone	Malv	Malvaglia
Mzvc	Mezzovico	Ludi	Ludiano
Biro	Bironico località 1		
Bica	Bironico località 2		

con 584 individui, seguito di poco da *Polynema* con 514, mentre *Anaphes* e *Anagrus* sono stati catturati rispettivamente con 170 e 98 individui.

## DISCUSSIONE

Le indagini riguardanti la famiglia Mymaridae (Hymenoptera Chalcidoidea), nei vigneti ticinesi, svolte attraverso l'utilizzo di quattro differenti metodi di monitoraggio hanno permesso di rilevare almeno 28 specie, molte delle quali poco conosciute in ambito viticolo, e agrario in genere, dove gli studi entomologici finora svolti si sono concentrati principalmente sulle poche specie fitofaghe che rivestono rilevanza economica e sui loro più comuni entomofagi. In questo studio, partendo dall'importanza da tempo riconosciuta a pochissime specie di mimaridi, si è voluto estendere e approfondire le conoscenze bio-ecologiche sull'intera famiglia di questi microimenotteri per far luce sul complesso delle specie che abitano l'agroecosistema vigneto in Ticino e sulle relazioni multitrofiche di interesse faunistico oltre che strettamente fitosanitario.

La scelta delle tecniche per il campionamento dell'artropodofauna è una fase piuttosto delicata nell'ambito delle indagini sulle comunità biologiche, in quanto influisce fortemente sui risultati qualitativi e sull'attendibilità dei dati quantitativi. Come evidenziato dai risultati di questo studio (vedi Figura 1), l'utilizzo congiunto di differenti tecniche di campionamento ha permesso una caratterizzazione puntuale della comunità dei mimaridi presenti dei vigneti ticinesi. Sebbene si tratti di un sistema agricolo e quindi colonizzato e spesso dominato da specie ruderali e pioniere, il "vigneto" ticinese presenta sovente degli elementi faunistici peculiari (di pregio naturalistico), nonché elevata diversità, dovuti alla presenza di una diversificazione delle strutture (micro-habitat) all'interno e nelle sue bordure. L'aspiratore entomologico D-vac e le cartelle gialle sono state le tecniche che hanno permesso di raccogliere il maggior numero di individui e la maggiore diversità specifica, per questo si configurano come i metodi migliori per la caratterizzazione delle comunità di mimaridi colonizzanti rispettivamente, le coperture erbacee al suolo e la chioma della vite. Le trappole Barber sono comunque in grado di intercettare specie particolari, legate specificatamente al suolo, di cui per il genere *Litus* la specie più frequentemente riscontrata, *L. cynipseus* è conosciuta per essere parassitoide di coleotteri stafilini (*Ocybus olens* e *Staphylinus* spp.) noti predatori terricoli. Il retino entomologico di Steiner non risulta essere una tecnica

di raccolta efficace per questo gruppo di insetti, infatti difficilmente gli individui di questi parassitoidi si lasciano cadere verso il basso a causa dello scuotimento della chioma vegetale, sia perché molto agili e di piccole dimensioni, sia perché non mettono in atto la strategia della tanatosi (un fenomeno di difesa conosciuto quasi esclusivamente per i coleotteri).

Per quanto riguarda le specie di parassitoidi caratterizzanti la chioma della vite, non è stata rilevata una netta differenza tra vigneti dell'area Sottoceneri (964) e quelli dell'area Sopraceneri (785) in termini di abbondanza media di individui catturati. Differenze sono state invece riscontrate solo nella proporzione tra *Anagrus atomus* e *Stethynium triclavatum*: nel Sottoceneri, infatti, l'*A. atomus* tende a dominare, mentre nel Sopraceneri le popolazioni delle due specie hanno pressoché la stessa consistenza.

La comprensione di questo fenomeno richiede comunque un ulteriore ampliamento di conoscenze sugli ospiti ooparassitizzabili, nonché sul ruolo del paesaggio ai fini della diversa disponibilità e idoneità di strutture di svernamento per le differenti specie presenti (*S. triclavatum*, *A. atomus*, *A. ustulatus*, vedi Cara & Trivellone, 2017).

La copertura erbacea del suolo è in genere caratterizzata da una più elevata ricchezza in termini di numero di specie rispetto alla parete fogliare del vigneto (24 vs 17).

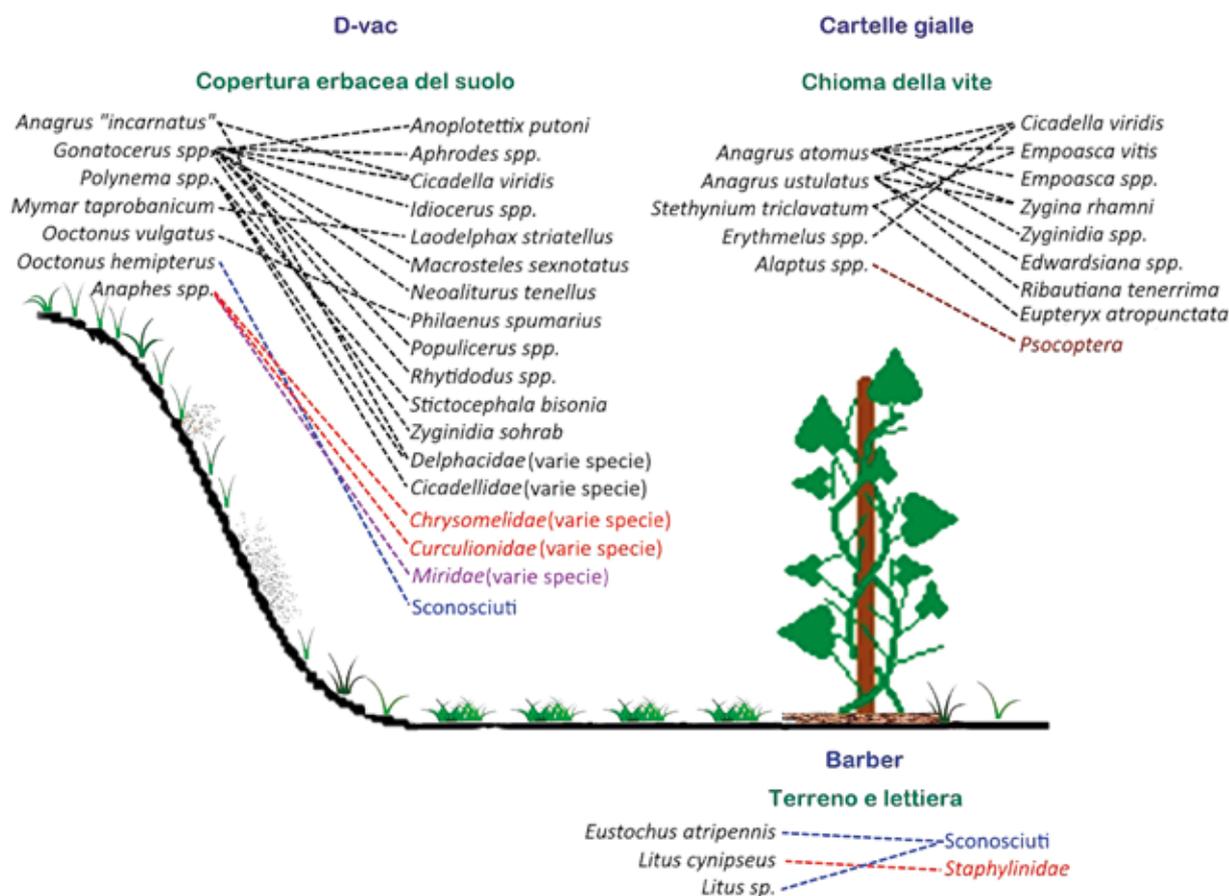


Figura 1: Associazioni tra mimaridi identificati in questo studio e loro ospiti conosciuti in letteratura. Le relazioni sono raggruppate in accordo al metodo di campionamento impiegato e al tipo di microhabitat campionato. Per ogni tecnica e microhabitat è riportata a sinistra (in nero) la lista dei mimaridi e a destra la lista dei relativi ospiti. Ogni gruppo tassonomico di ospiti è contrassegnato da un colore specifico («cicaline»: nero; coleotteri: rosso; eterotteri miridi: viola; psocotteri: marrone; ospiti sconosciuti: blu).

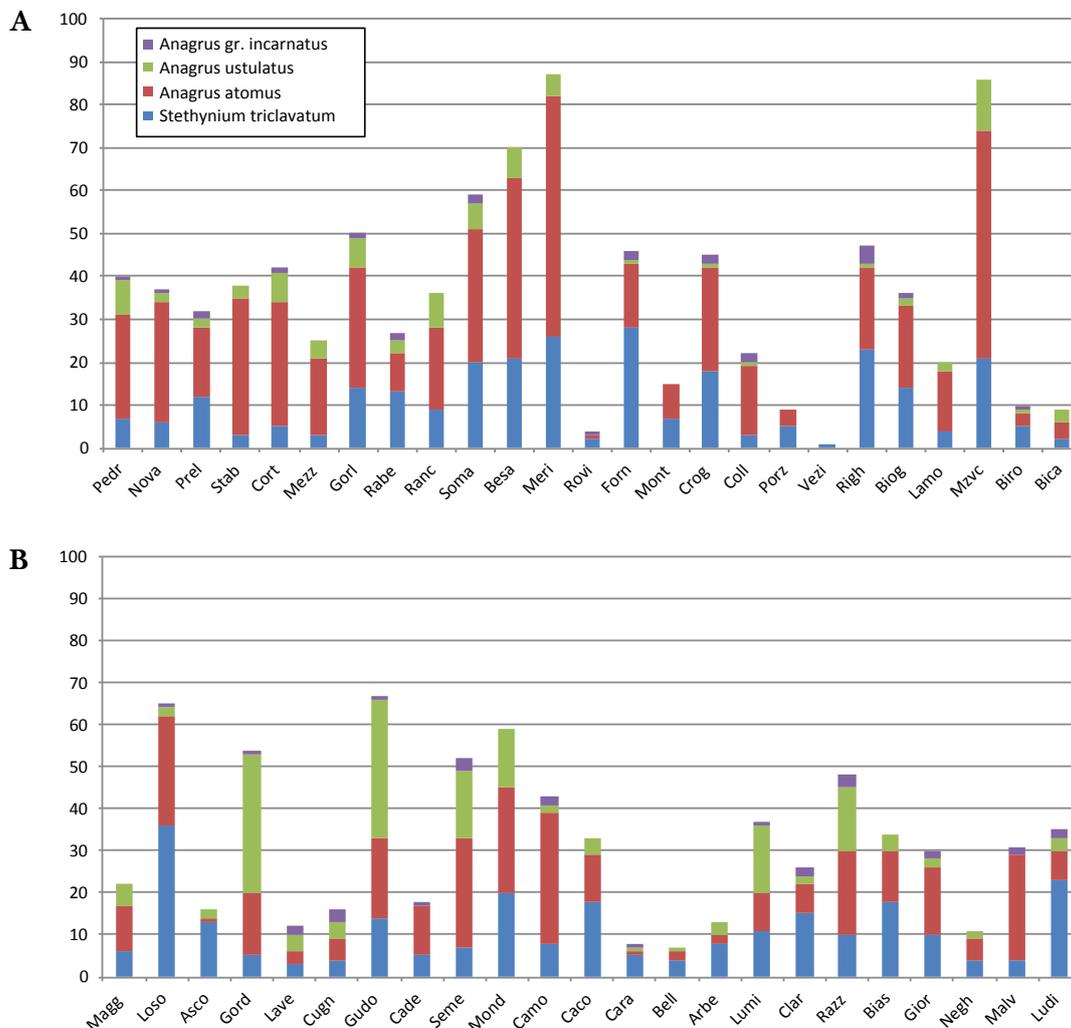


Figura 2: Distribuzione dei 4 mimaridi risultati più abbondanti a livello di chioma della vite nei 48 vigneti ticinesi indagati in 6 periodi da maggio a settembre 2011. In ordinata il numero totale degli individui catturati nel periodo di riferimento con le **cartelle gialle**. Grafico A: gruppo di 25 vigneti rappresentativi dell'area viticola Sottoceneri; Grafico B: gruppo di 23 vigneti rappresentativi dell'area viticola Sopraceneri. Le abbreviazioni sull'asse delle ascisse sono spiegate in Tabella 2.

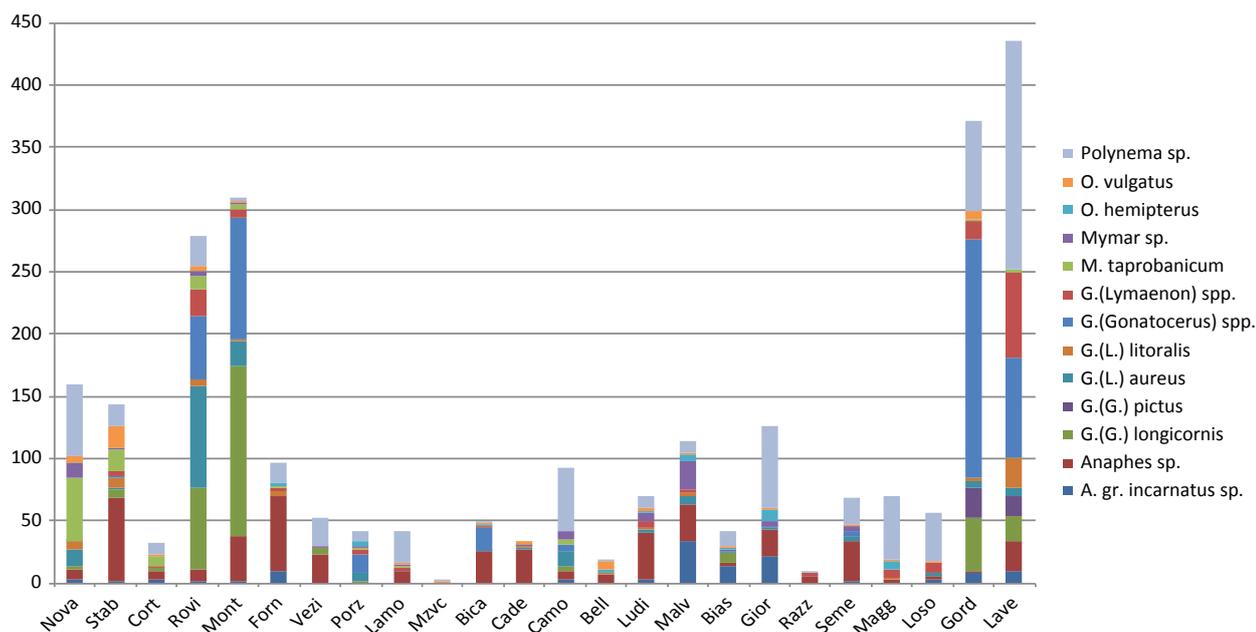


Figura 3: Distribuzione dei 13 mimaridi risultati più abbondanti a livello di copertura erbacea nei 24 vigneti ticinesi indagati in 3 periodi da maggio a settembre 2011. In ordinata il numero totale di individui catturati nel periodo di riferimento con l'**aspiratore D-vac**. I primi 11 vigneti sono rappresentativi dell'area Sottoceneri, mentre i seguenti 13 dell'area viticola Sopraceneri. Le abbreviazioni sull'asse delle ascisse sono spiegate in Tabella 2.

In conclusione e in estrema sintesi, le conoscenze faunistiche e bioecologiche acquisite con la presente indagine sui Chalcidoidea Mymaridae attualmente presenti nei vigneti ticinesi, costituiscono un valido punto di riferimento per analoghe analisi e una solida base per migliorare ulteriormente la conduzione fitosanitaria del vigneto e accrescerne la resilienza nei confronti delle avversità biotiche. Lo studio è pertanto in linea con i processi teorico-applicativi, volti alla razionale implementazione di scelte gestionali di filiera di lungo respiro e di effettiva multipla sostenibilità (Trivellone & Moretti, 2017).

## BIBLIOGRAFIA

- Altieri M.A. 1999. The ecological role of biodiversity in agroecosystems. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 74(1-3): 19-31.
- Altieri M.A. & Rosset P. 1996. Agroecology and the conversion of large scale conventional systems to sustainable management. *International Journal of Environmental Studies*, 50: 165-185. <https://doi.org/10.1080/00207239608711055>.
- Altieri M.A., Ponti L. & Nicholls C.I. 2005. Manipulating vineyard biodiversity for improved insect pest management: case studies from northern California. *The International Journal of Biodiversity Science and Management*, 1(4): 191-203.
- Andow D.A. 1991. Vegetational diversity and arthropod population response. *Annual Review of Entomology*, 36(1): 561-586.
- Brook A.J., Woodcock B.A., Sinka M. & Vanbergen A.J. 2008. Experimental verification of suction sampler capture efficiency in grasslands of differing vegetation height and structure. *Journal of Applied Ecology*, 45(5): 1357-1363.
- Cara C. 2015. Primo contributo alla conoscenza degli Imenotteri Mymaridi (Hymenoptera: Mymaridae) del Cantone Ticino, Svizzera. *Bollettino della Società Ticinese di Scienze Naturali*, 103: 63-68.
- Cara C. & Trivellone V. 2017. I tificobini (Hemiptera: Cicadellidae) associati alla vite e i loro parassitoidi oofagi (Hymenoptera: Mymaridae). In: Trivellone & Moretti (eds.) *Diversità dei vigneti della Svizzera italiana: stato attuale e prospettive*. Memorie della Società Ticinese di Scienze Naturali e del Museo Cantonale di Storia Naturale, 12, 191-200 pp.
- Cerutti F. 1989. Modellizzazione della dinamica delle popolazioni di *Empoasca vitis* Goethe (Homoptera: Cicadellidae) nei vigneti del cantone Ticino e influsso della flora circostante sulla presenza del parassitoide *Anagrus atomus* Haliday (Hymenoptera: Mymaridae). Tesi di dottorato, ETHZ Zurich, 117 pp.
- Cerutti F., De Lucchi V., Baumgärtner J. & Rubli D. 1989. Ricerche sull'ecosistema «vigneto» nel Ticino: II. La colonizzazione dei vigneti da parte della cicalina *Empoasca vitis* Goethe (Homoptera: Cicadellidae, Typhlocybinae) e del suo parassitoide *Anagrus atomus* Haliday (Hymenoptera: Mymaridae). *Mitteilungen der Schweizerischen Entomologischen Gesellschaft*, 62: 253-267.
- Chiappini E. 1989. Review of the European species of the genus *Anagrus* Haliday (Hymenoptera: Chalcidoidea). *Bollettino di Zoologia Agraria e di Bachicoltura, Serie II*, 21: 85-119.
- Chiappini E., Triapitsyn S.V. & Donev A. 1996. Key to the Holarctic species of *Anagrus* Haliday (Hymenoptera: Mymaridae) with a review of the nearctic and palaearctic (other than European) species and descriptions of new taxa. *Journal of Natural History*, 30(4): 551-595.
- Coe R. 2008. Designing ecological and biodiversity sampling strategies. Working paper no. 66, 27.
- Huber, J.T. 1986. Systematics, biology, and hosts of the Mymaridae and Mymarommatidae (Insecta: Hymenoptera): 1758-1984. *Entomography, an Annual Review for Biosystematics*, 4: 185-243.
- Huber J.T. 1987. Review of *Schizophragma* Ogloblin and the non-Australian species of *Stethynium* Enock (Hymenoptera: Mymaridae). *The Canadian Entomologist*, 119: 823-855.
- Huber J.T. & Baquero E. 2007. Review of *Eustochus*, a rarely collected genus of Mymaridae (Hymenoptera). *Proceedings of the Entomological Society of Ontario*, 138: 3-31.
- Huber J.T. & Fidalgo P. 1997. Review of the genus *Staphanodes* (Hymenoptera: Mymaridae). In: *Proceedings of the Entomological Society of Ontario*, 128: 27-63.
- Irvin N., Suarez-Espinoza J. & Hoddle M. 2009. Functional response of *Gonatocerus ashmeadi* and the "new association" parasitoid *G. tuberculifemur* attacking eggs of *Homalodisca vitripennis*. *Environmental Entomology*, 38(6): 1634-1641.
- Murphy B.C., Rosenheim J.A., Granett A. 1996. Habitat diversification for improving biological control: abundance of *Anagrus epos* (Hymenoptera: Mymaridae) in grape vineyards. *Environmental Entomology*, 25(2): 495-504.
- Noyes J.S. 2018. Universal Chalcidoidea Database. World Wide Web electronic publication. <http://www.nhm.ac.uk/chalcidoids>.
- Pérès G., Cluzeau D., Curmi P. & Hallaire V. 1998. Earthworm activity and soil structure changes due to organic enrichments in vineyard systems. *Biology and Fertility of Soils*, 27: 417-424.
- Pricop E. 2013. Identification key to European genera of the Mymaridae (Hymenoptera: Chalcidoidea), with additional notes. *ELBA Bioflux*, 5 (1): 69-81.
- Pricop E. 2014. First record of *Litus camptopterus* Novicky, 1953 (Hymenoptera: Mymaridae) from Moldova Province (Romania), with a key to the European species. *Analele Științifice ale Universității, Al. I. Cuza" din Iași, seria Biologie animal*, Tom.LX: 19-26.
- Stewart A.J.A. 2002. Techniques for sampling Auchenorrhyncha in grasslands. *Denisia* 04(176): 491-512.
- Triapitsyn S.V. 2002. Review of Mymaridae (Hymenoptera: Chalcidoidea) of Primorskii kray: genera *Cleruchus* Enock and *Stethynium* Enock. *Far Eastern Entomologist*, 122: 1-13.
- Triapitsyn S.V. 2010. Revision of the Palaearctic species and review of the Oriental species of *Ooctonus* (Hymenoptera: Mymaridae), with notes on extralimital taxa. *Zootaxa*, 2381: 1-74.
- Triapitsyn S.V. 2013. Review of *Gonatocerus* (Hymenoptera: Mymaridae) in the Palaearctic region, with notes on extralimital distributions. *Zootaxa*, 3644: 1-178.
- Triapitsyn S.V. & Berezovskiy V.V. 2001. Review of the Mymaridae (Hymenoptera: Chalcidoidea) of Primorskii krai: genus *Mymar* Curtis. *Far Eastern Entomologist*, 100: 1-20.
- Triapitsyn S.V. & Berezovskiy V.V. 2004a. Review of the genus *Anagrus* Haliday, 1833 (Hymenoptera: Mymaridae) in Russia, with notes on some extralimital species. *Far Eastern Entomologist*, 139: 1-36.

- Triapitsyn S.V. & Berezovskiy V.V. 2004b. Review of the genus *Litus* Haliday, 1833 in the holarctic and oriental regions, with notes on the Palearctic species of *Arescon* Walker, 1846 (Hymenoptera: Mymaridae). *Far Eastern Entomologist*, 141: 1-24.
- Trivellone V. 2015. Le cicaline (Hemiptera) della vite nel Cantone Ticino: valutazione dei potenziali patogeni e dei loro competitori naturali. Rapporto finale, Borsa di ricerca DECS/DCSU 2013-2015, 61 pp.
- Trivellone V. 2016. Biodiversity conservation and sustainable management in the vineyard agroecosystem: an integrated approach for different trophic levels. Tesi di dottorato, University Neuchâtel, 130 pp.
- Trivellone V. & Moretti M. (eds). 2017. Diversità dei vigneti della Svizzera italiana: stato attuale e prospettive. *Memorie della Società Ticinese di Scienze Naturali e del Museo Cantonale di Storia Naturale*, 12, 216 pp.
- Trivellone V., Pollini Paltrinieri P., Jermini M. & Moretti M. 2012. Management pressure drives leafhopper communities in vineyards in Southern Switzerland. *Insect Conservation and Diversity*, 5(1): 75-85.
- Viggiani G. 2002. Egg parasitoids of vineyard leafhoppers and their alternative hosts in the Mediterranean Basin. In: 6th Egg parasitoids Symposium, Perugia, 15-18 settembre 2002, Abstracts: 66.
- Viggiani G. & Jesu R. 1988. Considerazioni sui mimaridi italiani ed i loro ospiti. In: *Atti del XV Congresso Nazionale Italiano di Entomologia*, L'Aquila: 1019-1029.



## **PARTE III**

### **Notizie**



# Bilancio meteorologico dell'anno 2017

Marco Gaia, Fosco Spinedi ed Elena Altoni

MeteoSvizzera, Centro regionale sud, Locarno Monti

*marco.gaia@meteosvizzera.ch*

## Oramai non fa più notizia, ma anche il 2017 è stato caldo

La temperatura annuale del 2017 è risultata, a seconda delle regioni svizzere, di 0.7 fino a 1,2 °C sopra la norma 1981-2010. Mediato sull'insieme della Svizzera lo scarto positivo rispetto alla norma è di 0.8 °C e di conseguenza l'anno risulta il sesto più caldo dall'inizio delle misurazioni nel 1864. Con una media annuale di 13.4 °C in entrambe le località, a Lugano si è registrato il quinto anno più caldo e a Locarno il terzo. Da notare come per queste due località i 10 anni più caldi mai registrati sono stati tutti registrati a partire dal 2003.

## Precipitazioni disomogenee: un po' sopra, un po' sotto la media

Per quel che riguarda l'accumulo complessivo delle precipitazioni il 2017 è risultato essere sotto la norma 1981-2010 su gran parte del versante sudalpino, in Vallese, nella Svizzera romanda e nelle regioni nord e nord-occidentali dell'Altopiano, con valori compresi fra il

60% e il 100% della norma. Al contrario nella Svizzera centro-orientale l'anno è risultato più piovoso, con valori compresi fra il 100% e il 115% della norma. Queste differenze regionali sono una caratteristica tipica del clima della regione alpina, come pure le differenze di piovosità che si sono registrate da un mese all'altro.

## Fra tanto sole, la Sonnestube è comunque sempre in Ticino

Per quanto riguarda il soleggiamento, il 2017 è risultato essere un anno particolarmente ricco di sole, con valori superiori alla norma praticamente in tutte le stazioni di misura. Se al Nord delle Alpi e nel Ticino meridionale il soleggiamento ha raggiunto valori del 110-120% rispetto alla norma di riferimento, nel resto della Svizzera si è invece avuto il 100-110% della norma. A Lugano e a Locarno-Monti il 2017 è stato l'anno più soleggiato dal 1959, vale a dire da quando sono a disposizione misure sistematiche del soleggiamento. A Lugano il precedente primato è stato superato di circa

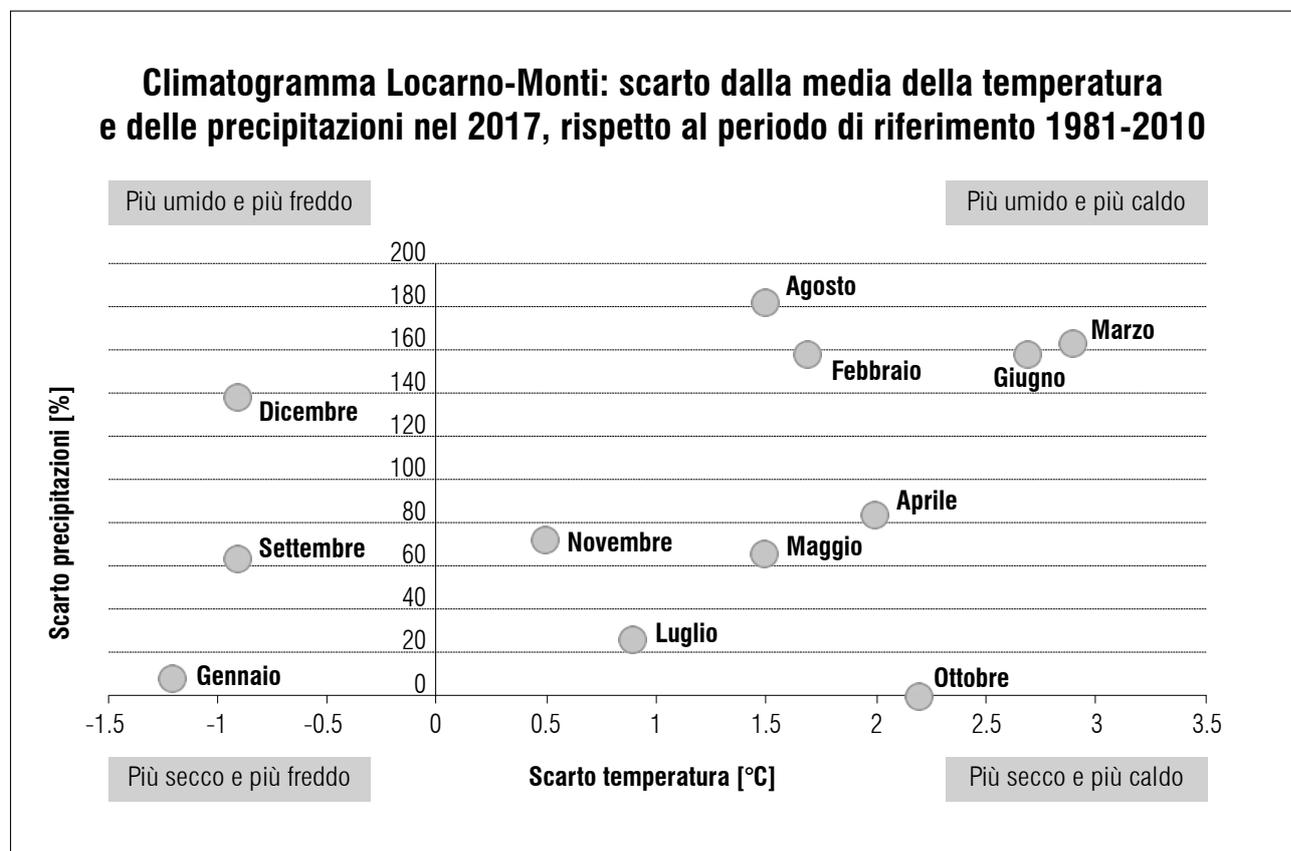


Figura 1: Climatogramma di Locarno-Monti per il 2017, con la posizione di ogni mese dell'anno in base allo scarto della temperatura e delle precipitazioni rispetto alla norma (media del periodo 1981-2010). Spicca il mese di marzo, particolarmente caldo, all'origine dello sviluppo precoce della vegetazione.

67 ore, mentre a Locarno di solo poco più di un'ora. In entrambe le località il primato precedente risaliva al 2003. Fra i vari mesi va citato il mese di ottobre che è risultato essere sull'Altopiano e a Sud delle Alpi l'ottobre più soleggiato dal 1959.

### L'anno inizia con uno scarso innevamento

Per quel che riguarda l'innevamento l'inizio e la fine del 2017 hanno presentato due facce completamente diverse. Nel gennaio e febbraio 2017 si è proseguito sulla scia del dicembre 2016, con ben poche precipitazioni nevose. Per il terzo anno consecutivo in montagna il Natale è risultato più "marrone" che "bianco", per la scarsità di neve. I disagi per i gestori delle stazioni scistiche si sono però questa volta prolungati per l'intero periodo invernale perché in numerose località delle Alpi l'inverno 2016/2017 rimarrà negli annali per il suo scarso innevamento. Sul versante sudalpino si è avuta la coltre nevosa più sottile dall'inizio delle misurazioni della neve, 55 anni or sono. A Bosco-Gurin, a 1'500 m slm, in media nei 3 mesi invernali si sono misurati soltanto 14 cm di neve sul terreno, ciò che rappresenta un primato negativo per l'innevamento in questa località che dispone di misure continue da poco più di 50 anni. L'innevamento invernale comporta normalmente uno strato di circa 70 cm di neve.

### Il forte gelo notturno di aprile causa gravi danni

Le temperature particolarmente miti di marzo e di inizio aprile (superiori nelle medie giornaliere di 5-8 °C rispetto ai valori di riferimento) hanno favorito lo sviluppo della vegetazione e per esempio i meli sono fio-

riti con 16-18 giorni d'anticipo rispetto alla norma. Si è trattato di una delle fioriture più precoci mai registrate. A partire dal 20 aprile però un vasto anticiclone si è stabilito tra l'Irlanda e l'Europa orientale, innescando l'afflusso di aria continentale fredda e secca verso la Svizzera. Nella notte le temperature minime misurate a 2 m di altezza sopra il terreno sono così generalmente scese a valori compresi fra -1,5 e -2,5 °C a Sud delle Alpi, e fino a -5,5 °C nel Vallese. Ben più basse sono state le temperature misurate a 5 cm dal suolo. Il cielo sereno o poco nuvoloso nelle notti tra il 20 e il 22 ha permesso alle temperature di scendere fino a -7 / -11 °C sulle pianure al Nord delle Alpi, fino a -13 °C nel Vallese e tra -5,5 e -6,5 °C sulle zone pianeggianti del Sud delle Alpi. Con ingenti danni alle colture, in particolare ai meli e alla vigna.

### Alcuni eventi temporaleschi intensi

Come è tipico del clima della regione alpina, le precipitazioni non sono state distribuite omogeneamente durante l'anno. I fenomeni più significativi a Sud delle Alpi si sono verificati a fine giugno e a fine agosto. Tra il 24 e il 25 giugno violenti temporali da sudovest hanno attraversato la Svizzera. A Lugano in 1 ora sono caduti 81,5 mm di pioggia, ben oltre il precedente massimo di 63,8 mm rilevato il 12 settembre 1994. Per la stazione di Lugano, un quantitativo orario di 80 mm o più ha statisticamente un periodo di ritorno di oltre 100 anni. Alla stazione di Crana-Torricella in 10 minuti sono invece stati raccolti 33,5 mm di acqua, un quantitativo praticamente uguale al massimo svizzero di 33,6 mm, misurato a Locarno-Monti il 29 agosto 2003. Il

Tabella 1: Specchietto riassuntivo dei valori mensili dei principali elementi meteorologici rilevati a Locarno-Monti nel 2017, con le variazioni rispetto alla norma (periodo 1981-2010). Seguendo le raccomandazioni dell'Organizzazione Meteorologica Mondiale (OMM) *Meteo-Svizzera* ha introdotto nel 2013 la nuova norma climatica, calcolata sul trentennio 1981-2010, che sostituisce la precedente norma, calcolata sul periodo 1961-1990. Nell'interpretazione dei grafici e del testo di questo contributo, ma soprattutto nel paragonare i dati del 2017 con quelli degli anni prima del 2013, va considerato dunque il cambiamento della norma di riferimento.

Dati climatologici per il 2017 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	* Neve	☔ Temporali	△ Grandine	III Nebbia	Giorni chiari	Giorni oscuri	Nuvolosità in %	Totale ore	% del possibile	Differenza dalla norma
I	2.2	-1.2	13.6	4	-3.5	18	4	13	16	6	8%	4	12	2	4	0	0	0	16	3	31	162.6	72	120
II	6.4	1.7	15.2	16	1	10	7	20	24	93	157%	23	2	10	0	0	0	6	4	13	64	105.3	43	71
III	11.7	2.9	24.6	19	3.2	5	8	8	10	156	163%	39	22	9	0	1	0	3	5	9	55	196.3	58	100
IV	13.8	2.0	25.7	13	1.8	28	8	5	20	156	84%	56	27	7	0	1	0	2	10	5	44	262.2	71	143
V	17.3	1.5	30	24	4.4	2	12	17	9	143	65%	35	11	10	0	1	1	1	6	7	53	256.8	63	133
VI	22.1	2.7	32.7	17	11.3	7	17	17	7	313	158%	106	27	12	0	7	0	1	3	6	49	268.3	66	117
VII	22.8	0.9	31.4	13	11.9	1	16	21	15	46	26%	17	21	10	0	6	0	0	4	3	46	286.8	69	111
VIII	22.7	1.5	34.5	5	13.1	12	17	28	20	381	181%	217	31	8	0	6	0	0	6	3	48	244	62	100
IX	16.3	-0.9	26.3	7	8.4	18	12	21	19	151	64%	96	9	9	0	1	0	1	2	4	61	185.3	54	96
X	14.8	2.2	25.1	27	8.3	31	10	14	6	1	0%	1	3	1	0	0	0	0	8	2	33	231.7	79	153
XI	7.9	0.5	16.5	3	0.4	28	7	15	19	117	72%	61	5	7	0	1	0	1	10	6	47	134.5	59	114
XII	3.2	-0.9	13.9	23	-2.4	20	5	12	9	124	138%	64	11	7	21	0	0	5	9	6	47	126.8	60	107
Anno	13.4	1.0	34.5	5.VIII	-3.5	18.1	61	5	20.IV	1686	89%	217	31.VIII	92	25	24	1	20	83	67	48	2460.6	63	113

31 agosto un attivo fronte freddo ha portato precipitazioni in tutta la Svizzera, con quantitativi localmente ingenti in Ticino. A Locarno-Monti sono stati raccolti 216,5 mm in 24 ore, il sesto quantitativo più elevato in questo intervallo di tempo a partire dal 1900. Staticamente ciò corrisponde a un periodo di ritorno di circa 25 anni.

#### **Difficile dormire, nelle notti di agosto**

Dopo un giugno già con temperature massime superiori ai 30 °C, luglio – pur leggermente più caldo del normale – è trascorso senza periodi canicolari. A inizio agosto si è invece avuto di nuovo tempo torrido che ha portato all'emissione di un'allerta canicola di livello 4 a Sud delle Alpi. La calura si è fatta sentire in modo quasi più marcato di notte che non di giorno. I valori di 23.3 °C e 23.5 °C misurati a Lugano il 4, rispettivamente il 5 agosto, rappresentano la settima e la terza notte più calde dal 1864. Per questa stazione la notte più calda è ancora quella del 22.6.1870 quando le temperature non scesero sotto i 23.9 °C. Per Locarno-Monti la notte del 5 agosto (con 23.9 °C) è al quarto posto, mentre quella del 4 agosto (con 23.5 °C) è all'ottavo posto, delle notti più calde mai registrate. Per questa stazione la notte più calda è ancora quella del 11.8.2003 quando le temperature non scesero sotto i 24.2 °C.

#### **L'anno si chiude con molta neve**

Iniziato con poca neve, il 2017 si chiude decisamente innevato grazie al passaggio di diverse perturbazioni nel mese di dicembre. La nevicata dell'11 dicembre ha portato 40 cm a Biasca, 25 cm a Bellinzona, 20 cm a Lugano, 15 cm a Brissago e 12 cm a Locarno-Monti. Il tempo freddo ha mantenuto la neve al suolo per circa 2 settimane a Biasca e per una decina di giorni a Bellinzona e a Lugano, portando diverse località di pianura a vivere un bianco Natale, che è più raro di quello che l'immaginario collettivo pensa avvenga in realtà. Nuove neviccate fra Natale e Capodanno hanno infine portato il manto nevoso alla fine dell'anno a essere in montagna superiore alle medie stagionali.



# Prima segnalazione del gambero invasivo *Pacifastacus leniusculus* (Dana 1852) nel Lago Maggiore (Cantone Ticino, Svizzera)

Angela Boggero<sup>1</sup>, Marta Dugaro<sup>1</sup>, Luca Migliori<sup>2</sup> e Laura Garzoli<sup>1</sup>

<sup>1</sup> CNR – Istituto per lo Studio degli Ecosistemi (CNR-ISE), Largo Tonolli 50, I-28922 Verbania Pallanza

<sup>2</sup> Università degli Studi di Modena e Reggio Emilia, Dipartimento di Scienze della Vita, I-41125 Modena

a.boggero@ise.cnr.it

**Riassunto:** Le specie invasive sono causa di degrado ambientale e una minaccia alla biodiversità. I gamberi nativi sono parte integrante degli ecosistemi d'acqua dolce e fondamentali per il loro funzionamento. Tuttavia, l'alimentazione a base di gamberi ha ridotto le loro popolazioni, promuovendo introduzioni dal Nord America. *Pacifastacus leniusculus* (Dana 1852) fu introdotto in Europa proprio a fini commerciali. Il primo rinvenimento in Canton Ticino nel 2007 non ha destato allarme, ma i ritrovamenti effettuati nel 2017 confermano la sua presenza attestata al litorale ticinese del Lago Maggiore. Poiché nessun esemplare è stato finora rinvenuto all'interno della Riserva Naturale Bolle di Magadino e sulle sponde italiane del lago, risulta fondamentale la pianificazione di azioni di segnalazione tempestiva concordate tra Italia e Svizzera per limitarne la diffusione all'intero bacino idrografico.

**Parole chiave:** laghi, specie aliene, Decapoda, *Pacifastacus leniusculus*, Verbano

**First record of the invasive crayfish *Pacifastacus leniusculus* (Dana 1852) in Lake Maggiore (Canton Tessin, Switzerland)**

**Summary:** Invasive species are a threat to the environmental integrity and biodiversity. Native crayfish play a key role in freshwater ecosystems and their functioning, but their consumption caused their reduction with consequent introductions of North American specimens. *Pacifastacus leniusculus* (Dana 1852) was introduced into Europe for commercial purposes. The first finding in Canton Ticino in 2007 did not cause alarm, but the findings of 2017 confirm its presence along the Swiss coasts of Lake Maggiore. Since no specimen has so far been found inside the Nature Reserve Bolle di Magadino and on the Italian shores of the lake, it becomes crucial that Italy and Switzerland plan concerted timely reporting of the species to limit its spread into the entire catchment.

**Key words:** lakes, alien species, Decapoda, *Pacifastacus leniusculus*, Verbano

## INTRODUZIONE

Le invasioni biologiche sono ritenute una delle principali minacce ecologiche ed economiche, e un'emergenza ambientale importante. Tra le specie alloctone introdotte in Europa, i gamberi rappresentano le specie più frequenti nelle acque dolci, spesso già compromesse da inquinamento, cambiamenti climatici, derivazioni idriche e prelievi (Solimini *et al.*, 2006; Nõges *et al.*, 2007). Attualmente, in Europa vi sono otto specie di gamberi non nativi (Chucholl & Daudey, 2008) introdotte nel corso del XIX e del XX secolo. Questi, oltre a competere con le specie autoctone per spazio e risorse, sono vettori sani di malattie, quali la peste del gambero (*Aphanomyces astaci* Schikora 1906), che colpiscono le specie native (Alderman, 1997; Kozubíková *et al.*, 2009). I gamberi invasivi si diffondono attivamente da un'area all'altra attraverso canali e fiumi, ma anche passivamente durante inondazioni o grazie ad attività umane (Holdich & Pöckl, 2007). Tra queste specie vi è *Pacifastacus leniusculus* (Dana 1852) (Decapoda, Astacidae), o gambero da segnale, endemico del Nord-Ovest

degli Stati Uniti e del Sud-Ovest del Canada (Lewis, 2002). Fu introdotto intenzionalmente in Europa nel 1959 (Svezia) per il consumo umano al posto del nativo *Astacus astacus* (Linnaeus 1758), decimato dalla peste del gambero (Souty-Grosset *et al.*, 2006). Introduzioni secondarie vennero effettuate successivamente in molti stati europei (Holdich, 2002), tanto da essere oggi annoverata tra le specie più diffuse nel nostro continente (Kouba *et al.*, 2014). Sembra essere presente in Svizzera dagli anni '80, con una distribuzione molto frammentaria (Hefti & Stucki, 2006; [www.flusskrebse.ch](http://www.flusskrebse.ch); dati aggiornati sul sito del Centro Svizzero per la Cartografia della fauna [www.cscf.ch](http://www.cscf.ch)). In Italia, invece, è presente in aree distanti fra loro (in provincia di Bolzano, di Genova e di Alessandria (Machino, 1997; Capurro *et al.*, 2009; Candiotto *et al.*, 2010). I ritrovamenti attuali (2017) nel L. Maggiore lungo il litorale svizzero confermano la sua presenza sulla sponda ticinese del lago.

## MATERIALI E METODI

Il L. Maggiore (Fig. 1), situato ad un'altitudine media di 193.53 m s.l.m. sul versante Sud delle Alpi, è il più grande lago profondo della Svizzera ed è collocato in una valle fluviale rimodellata dall'azione dei ghiacciai. Il suo bacino imbrifero è condiviso tra Svizzera (49.6%) e Italia (50.4%).

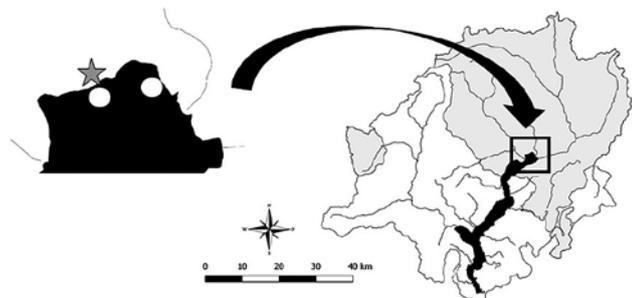


Figura 1: Bacino svizzero del Lago Maggiore: punti passati (☆) e recenti (○) di segnalazione della specie.

A partire dagli anni '80, il lago è incluso nel programma di monitoraggio della Commissione Internazionale per la Protezione delle Acque Italiane e Svizzere (CIPAIS, [www.cipais.org](http://www.cipais.org)) che prevede campionamenti mensili/bimensili condotti a diverse profondità sulla colonna d'acqua dei parametri biologici (fito- e zoo-plancton, pesci) e chimico-fisici. Dal 2017, il lago è incluso nelle attività del progetto SPecie Alloctone invasive nel bacino del Lago Maggiore (SPAM) per valutare la presenza, la distribuzione e l'abbondanza di gamberi e bivalvi non indigeni lungo le sue sponde.

I campionamenti nel bacino svizzero del lago (autunno 2017), all'interno e nelle zone limitrofe alla Riserva Naturale Bolle di Magadino, sono stati effettuati tramite nasse (fino ad 1 m di profondità) e controllando i substrati sommersi (autorizzazioni UCP del 12 ottobre 2017 e UFAM del 30 ottobre 2017).

L'identificazione è stata effettuata tramite specifiche chiavi tassonomiche (Mazzoni *et al.*, 2004; Souty-Grosset *et al.*, 2006). *Pacifastacus leniusculus* è facilmente riconoscibile in quanto presenta una tipica macchia bianca nel punto di articolazione delle chele (Fig. 2). Altre caratteristiche distintive sono: nessuna presenza di spina sul carpo dei chelipedi, due paia di creste post-orbitali, chele tozze con margine interno irregolare, cresta mediana liscia (Mazzoni *et al.*, 2004).

## RISULTATI E DISCUSSIONE

Il primo rinvenimento in Canton Ticino, in un affluente del L. Maggiore nei pressi di Minusio, risale al 2007 (Maddalena *et al.*, 2009). I campionamenti mirati eseguiti nell'autunno 2017 non hanno dato risultati, mentre nello stesso periodo un pescatore professionista, il signor Walter Branca, ha ritrovato due individui di *P. leniusculus*, rinvenuti a un mese di distanza, nella zona antistante Tenero/Mappo e Rivapiana di Minusio. Un esemplare è stato catturato mediante reti da pesca (ottobre), mentre il secondo è stato rinvenuto all'interno di un tronco cavo sommerso (novembre). Già nel 2015 il signor Branca aveva pescato e segnalato un individuo, nello stesso settore dei rinvenimenti del 2017. Le specie esotiche del Cantone sono quindi



Figura 2: Esemplare di *P. leniusculus* rinvenuto nel Lago Maggiore nel 2017. Le frecce bianche indicano la caratteristica macchia che conferisce il nome comune alla specie: gambero da segnale.

quattro (*Astacus leptodactylus* Eschscholtz 1823, *Orconectes limosus* (Rafinesque 1817), *P. leniusculus*, *Procambarus clarkii* (Girard 1852)), oltre alla specie nativa *Austropotamobius pallipes* (Lereboullet 1858) rara e minacciata (Maddalena et al., 2009). Per il bacino svizzero del L. Maggiore è invece la prima segnalazione di gamberi non nativi, essendo finora *O. limosus* e *P. clarkii* presenti solo nella parte italiana del lago. Maddalena et al. (2009) sostenevano che la presenza di *P. leniusculus* non dovesse allarmare per lo scarso numero di individui, ma i recenti ritrovamenti indicano la sua presenza anche lungo il litorale del lago. Non si è in grado di affermare se la specie fosse già presente nel lago prima del 2007 e se abbia colonizzato prima l'affluente a Minusio o prima il lago. Infatti, questo gambero colonizza ambienti molto diversi: da piccoli torrenti a grandi fiumi, da laghi d'acqua dolce a lagune costiere salmastre (Holdich et al., 1997). In particolare, preferisce i biotipi tipici del gambero europeo *A. astacus*, dove tende a prevalere (Westman et al., 2002). Questo gambero mostra caratteri tipici delle specie *r*-strategie (Lindqvist & Huner, 1999), quali maturità precoce (prima di 1 anno dalla schiusa), tassi di crescita rapidi (raggiunge i 6-9 cm a soli 2/3 anni) e prole numerosa (fino a 500 uova/femmina per ciclo riproduttivo) (Lewis, 2002). Inoltre, si adatta a condizioni ambientali estreme quali inquinamento, riscaldamento e mancanza di acqua e ha una significativa resistenza a parassiti e malattie. La sopravvivenza fino a 2 anni di età varia tra il 10% e il 52% a seconda di fattori biotici e abiotici (Lewis, 2002; Souty-Grosset et al., 2006). La specie è predatrice opportunistica, con dieta variabile in relazione alle risorse disponibili (Gherardi, 2007).

La sua presenza nelle acque europee ha determinato danni agli ecosistemi, talvolta anche disastrosi, colpendo in particolar modo macroinvertebrati, piccoli pesci bentonici e macrofite emerse e sommerse di cui si nutre (Guan & Wiles, 1997; Nyström 1999, 2002). La sua abbondanza è causa di dissesto idrogeologico delle sponde per lo scavo delle tane (Holdich & Reeve, 1991). È riconosciuto come il principale vettore della "peste dei gamberi", che colpisce le specie native (Jussila et al., 2014, 2016; Svoboda et al., 2017). In Svizzera, dopo una lunga assenza della malattia, nel 1986 sono stati registrati nuovi focolai in popolazioni locali, e casi isolati vengono diagnosticati ogni anno (OVF & OFEFP, 1996). Poiché nei canali del Piano di Magadino, si trovano le ultime popolazioni-serbatoio di *A. pallipes* del Sopraceneri, diventa importante l'applicazione di misure di contenimento, quali quelle proposte in Stucki & Zaugg (2011), per impedire la risalita dei gamberi verso il Piano di Magadino.

*Pacifastacus leniusculus* è una specie molto attiva, in grado di compiere spostamenti anche molto estesi, sebbene il tasso di colonizzazione di nuovi ambienti sia relativamente lento (mediamente circa 1 km/anno) (Peay & Rogers, 1999). È interessante notare che gli esemplari catturati nel presente studio sono stati rinvenuti proprio nel bacino antistante a Minusio, luogo del suo primo ritrovamento in Canton Ticino. Questo può essere indice non solo di un semplice rinvenimento sporadico, ma di una possibile colonizzazione. Per arginare la

colonizzazione del L. Maggiore e del suo bacino imbrifero, sono quindi necessari interventi di informazione e verifica della reale entità della presenza della specie nel lago.

La gestione delle popolazioni di gambero autoctone ed alloctone è regolata dalla Legge federale sulla pesca (LFSP) del 21 giugno 1991, e un piano nazionale è stato sviluppato dall'Ufficio Federale dell'Ambiente (UFAM), mentre a livello cantonale si fa riferimento all'art. 5 della legge sulla caccia (LCP) del 20 giugno 1986 e all'art. 20 del Regolamento di Applicazione alla Legge Cantonale sulla Pesca (RALCP). Per indirizzare in modo mirato le strategie di gestione indicate dal piano nazionale, risulta quindi fondamentale accertare la distribuzione delle specie invasive, anche sulle sponde italiane del lago, e verificare la presenza di esemplari riproduttivi nell'intero bacino imbrifero. Importanti risultano anche le campagne di informazione mirate ad aumentare la consapevolezza del rischio a cui gli habitat e il benessere dell'uomo vanno incontro. Inoltre, considerando che nessun esemplare di *P. leniusculus* è stato finora rinvenuto all'interno della Riserva Naturale Bolle di Magadino e sulle sponde italiane del Lago Maggiore, è importante la messa a punto di strategie di gestione per limitarne la diffusione, basate su azioni comuni fra Italia e Svizzera, anche nel contesto della Commissione Italo-Svizzera Per la Pesca (CISPP, www.cispp.org).

## RINGRAZIAMENTI

I nostri ringraziamenti vanno ai collaboratori della Fondazione Bolle di Magadino (Davide Sargenti e Nicola Patocchi) e al signor Walter Branca per la collaborazione in campo, il supporto tecnico al lavoro e per aver donato gli individui trovati per le analisi oggetto del presente studio.

## BIBLIOGRAFIA

- Alderman D.J. 1997. History of the spread of crayfish plague in Europe. In: Crustaceans: Bacterial and fungal diseases. QIE Scientific and Technical Review, 15: 15-23.
- Candioto A., Delmastro G., Dotti L. & Sindaco R. 2010. *Pacifastacus leniusculus* (Dana, 1852), un nuovo gambero esotico naturalizzato in Piemonte (Crustacea, Decapoda, Astacidae). Rivista piemontese di Storia naturale, 31: 73-82.
- Capurro M., Galli L., Mori M. & Arillo A. 2009. Struttura della popolazione del gambero alloctono *Pacifastacus leniusculus* (Crustacea, Decapoda, Astacidae) nel Lago del Brugneto (Liguria, Italia nord occidentale). Biologia Ambientale, 23: 13-20.
- Chucholl C. & Daudey T. 2008. First record of *Orconectes juvenilis* (Hagen, 1870) in eastern France: update to the species identity of a recently introduced orconectid crayfish (Crustacea: Astacida). Aquatic Invasions, 3 (1): 105-107.
- Gherardi F. 2007. Biological invasions in inland waters: an overview. In: Gherardi F. (ed), Biological invaders in inland waters: profiles, distribution and threats. Springer, Dordrecht, pp. 3-25.

- Guan R.-Z. & Wiles P.R. 1997. Ecological impact of introduced crayfish on benthic fishes in a British lowland river. *Conservation Biology*, 11: 641-647.
- Hefti D. & Stucki P. 2006. Crayfish management for Swiss waters. *Bulletin Français de la Pêche et de la Pisciculture*, 380-381: 937-950.
- Holdich D.M. & Reeve I.D. 1991. Alien crayfish in the British Isles. Report for the National Environment Research Council, Swindon.
- Holdich D.M., Harlioglu M.M. & Firkins I. 1997. Salinity adaptations of crayfish in British waters with particular reference to *Austropotamobius pallipes*, *Astacus leptodactylus* and *Pacifastacus leniusculus*. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 44: 147-154.
- Holdich D.M. 2002. Present distribution of crayfish in Europe and some adjoining countries. *Bulletin français de la pêche et de la pisciculture*, 367: 611-650.
- Holdich D. & Pöckl M. 2007. Invasive freshwater crustaceans in Europe. In: Gherardi F. (ed), *Biological invaders in inland waters: profiles, distribution and threats*. Springer, Dordrecht, pp. 29-75.
- Jussila J., Makkonen J., Vainikka A., Kortet R. & Kokko H. 2014. Crayfish plague dilemma: how to be a courteous killer? *Boreal Environment Research*, 19: 235-244.
- Jussila J., Vrezec A., Makkonen J., Kortet R. & Kokko H. 2016. Invasive crayfish and their invasive diseases in Europe with the focus on the virulence evolution of the crayfish plague. In: Canning-Clode J. (ed), *Biological Invasions in Changing Ecosystems. Vectors, Ecological Impacts, Management and Predictions*. De Gruyter Ltd., Warsaw/Berlin, pp. 183-211.
- 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: 31 pp.
- Kozubíková E., Filipová L., Kozák P., Ďuriš Z., Martín M.P., DiéguezUribeondo J., Oidtmann B. & Petrusek A. 2009. Prevalence of the crayfish plague pathogen *Aphanomyces astaci* in invasive American crayfishes in the Czech Republic. *Conservation Biology*, 23: 1204-1213.
- Lewis S.D. 2002. *Pacifastacus*. In: Holdich D.M. (ed), *Biology of freshwater crayfish*. Blackwell Science, Oxford, pp. 511-540.
- Lindqvist O.V. & Huner J.V. 1999. Life history characteristics of crayfish: what makes some of them good colonizers? In: Gherardi F. & Holdich D.M. (eds), *Crayfish in Europe as alien species. How to make the best of a bad situation?* Rotterdam, Netherlands, pp. 23-30.
- Machino Y. 1997. Présence de l'écrevisse de Californie (*Pacifastacus leniusculus*) en Italie. *L'Astaciculture de France*, 52: 2-5.
- Maddalena T., Zanini M., Torriani D., Marchesi P., Jann B. & Paltrinieri L. 2009. Inventario dei gamberi d'acqua dolce del Cantone Ticino (Svizzera). *Bollettino della Società ticinese di scienze naturali*, 97: 19-25.
- Mazzoni D., Gherardi F. & Ferrarini P. 2004. Guida al riconoscimento dei gamberi d'acqua dolce. Seconda edizione. Green-time SpA, Bologna, 34 pp.
- Nöges P., van de Bund W., Cardoso A.C. & Heiskanen A.S. 2007. Impact of climatic variability on parameters used in typology and ecological quality assessment of surface waters – implications on the Water Framework Directive. *Hydrobiologia*, 584: 373-379.
- Nyström P. 1999. Ecological impact of introduced and native crayfish on freshwater communities: European perspectives. In: Gherardi F. & Holdich D.M. (eds), *Crayfish in Europe as alien species. How to make the best of a bad situation?* Rotterdam, Netherlands, pp. 63-85.
- Nyström P. 2002. Ecology. In: Holdich D.M. (ed), *Biology of freshwater crayfish*. Blackwell Science, Oxford, pp. 192-235.
- OVF & OFEFP (Office Vétérinaire Fédéral & Office Fédéral de l'Environnement, des Forêts et du Paysage). 1996. Notice sur la peste di l'écrevisse ou aphanomyose (*Aphanomyces astaci*). Berne, 5 pp.
- Peay S. & Rogers D. 1999. The peristaltic spread of signal crayfish (*Pacifastacus leniusculus*) in the River Wharfe, Yorkshire, England. *Freshwater Crayfish*, 12: 665-676.
- Solimini A., Cardoso A.C. & Heiskanen A.S. (eds). 2006. Indicators and methods for the Ecological Status Assessment under the Water Framework Directive. Linkages between chemical and biological quality of surface waters. EUR 22314 EN. European Commission, 248 pp.
- Souty-Grosset C., Holdich D.M., Noël P.Y., Reynolds J.D. & Haffner P. (eds). 2006. Atlas of Crayfish in Europe. Musée national d'Histoire naturelle, Paris, Patrimoines naturels, 64, 187 pp.
- Stucki P. & Zaugg B. 2011. Aktionsplan Flusskrebse Schweiz. Artenförderung von Edelkrebis, Dohlenkrebis und Steinkrebis. Bundesamt für Umwelt, Bern. Umwelt-Vollzug Nr. 1104: 61 S.
- Svoboda J., Mrugała A., Kozubíková-Balcarová E. & Petrusek A. 2017. Hosts and transmission of the crayfish plague pathogen *Aphanomyces astaci*: a review. *Journal of Fish Diseases*, 40: 127-140.
- Westman K., Savolainen R. & Julkunen M. 2002. Replacement of the native crayfish *Astacus astacus* by the introduced species *Pacifastacus leniusculus* in a small, enclosed Finnish lake: a 30-year study. *Ecography*, 25: 53-73.

# Confermata dopo quasi 30 anni la presenza della Martora *Martes martes* (L., 1758) nel Cantone Ticino (Svizzera)

Tiziano Maddalena<sup>1</sup>, Luca Pagano<sup>1</sup>, Marzia Mattei-Roesli<sup>1</sup>, Damiano Torriani<sup>1</sup>  
e Mirko Zanini<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Maddalena & associati Sagl, Consulenze ambientali e perizie faunistiche, Via della Posta 26, CH-6672 Gordevio

*tmaddalena@ticino.com*

---

**Riassunto:** Nel Cantone Ticino dal 1990 non vi sono più state osservazioni documentate che attestino la presenza della Martora, che sembra essere particolarmente rara rispetto alle regioni italiane limitrofe o al resto della Svizzera. Nel quadro di una ricerca dedicata allo studio dei Mammiferi nell'ambito del progetto di Parco nazionale del Locarnese (PNL), sono state campionate 6 differenti aree di all'incirca un km<sup>2</sup> ciascuna, rappresentanti le principali tipologie forestali presenti. In tutte le aree studiate è stata trovata la Faina, mentre la Martora è stata censita a più riprese, con una trappola fotografica, unicamente nelle Peccete in Val Lavadina (Valle Onsernone). Questo ritrovamento sembra confermare un lieve incremento recente della specie, probabilmente favorito dall'espansione delle foreste e dalla cessata pressione venatoria.

**Parole chiave:** Martora, Mustelidi, trappole fotografiche, bosco

**The presence of the pine marten (*Martes martes* L., 1758) again confirmed in Canton Ticino (Switzerland), after an observation void of almost 30 years**

**Abstract:** No observations of pine marten have been documented in Canton Ticino after 1990. It appears that this species is much rarer than in neighbouring Italy or in the other parts of Switzerland. Within a preliminary project for the now rejected Locarno National Park six different 1km<sup>2</sup>-areas, representative of the main occurring forest habitats, were sampled for mammals. Whereas the stone marten was observed in all sampled areas, the pine marten was pictured with a trail camera in just one of them, repeatedly though. This area is located in spruce forest in Val Lavadina (Valle Onsernone). These findings could suggest a slight recent increase in the populations of pine marten, probably favoured by the expansion of the forest and the hunting ban for the species.

**Key words:** Pine marten, Mustelidae, trail camera, forest

---

Non esistono in Ticino dati affidabili sulle variazioni degli effettivi della Martora, ma in base ai dati riguardanti le taglie pagate per le catture di animali "nocivi" registrati a partire dal 1895 e analizzati con grande passione da Marzio Barelli (2005), è interessante notare come tra il 1903 e il 1912 fossero più numerose le Faine, in seguito e fino alla fine degli anni Settanta furono catturate generalmente molte più Martore (con per esempio ben 186 individui catturati nel 1968!). Le catture conobbero poi un netto calo fino al 1991, anno in cui è stata proibita la caccia della Martora (Salvioni & Fossati, 1992).

Dal 1991 nel Cantone Ticino la Martora non è quindi più stata cacciata. Nell'ultimo quarto di secolo sono così mancate le informazioni che in precedenza venivano raccolte in ambito venatorio e dal 1990 in poi non ci sono più state osservazioni documentate di Martora nel Cantone Ticino con l'eccezione di 5 segnalazioni registrate nella banca-dati del CSCF. Si tratta di avvistamenti occasionali da parte di esperti ornitologi che non sono però comprovate da foto o altra prova (CSCF, Simon Capt *comm. pers.*). Pure una ricerca mi-

rata effettuata nel 2008, nel quadro del progetto di monitoraggio della biodiversità in Svizzera (BDM-CH) mediante inchiesta presso la popolazione e ricerche sul campo con la posa di fototrappole non aveva permesso di raccogliere prove della presenza recente della Martora ma solo di precisare la sua distribuzione passata (Maddalena, 2008). Da notare infine che ben 4 delle 5 osservazioni recenti registrate nella banca dati del Centro Svizzero di cartografia della fauna sono state effettuate negli ultimi anni, tra il 2015 e il 2016.

La Martora, che predilige piuttosto le superfici boscate, è però più difficile da osservare rispetto alla Faina. Nel Cantone Ticino il bosco, seppure molto diffuso, occupa prevalentemente i versanti ed è quindi meno accessibile e relativamente poco frequentato dalla popolazione. È dunque possibile che l'abbondanza della Martora, in passato come oggi, sia in parte anche stata sottostimata.

Nel resto della Svizzera, come pure nelle zone italiane limitrofe della Lombardia e del Piemonte, la specie sembra invece essere regolarmente presente. Negli ultimi decenni è stata segnalata sorprendentemente anche

in aree boschive planiziali della Pianura Padana dove è addirittura più abbondante rispetto alla Faina (Balestrieri *et al.*, 2009, 2015). La presenza regolare della Martora anche a quote più elevate, come in particolare nel Parco Nazionale della Val Grande (Balestrieri *et al.*, 2016), lasciava ragionevolmente supporre che la specie potesse essere presente anche nelle zone ticinesi limitrofe. Questa constatazione ci ha spinto a condurre ricerche mirate in occasione di un progetto dedicato allo studio dei Mammiferi che si sta svolgendo nell'ambito di una più ampia ricerca promossa dal Museo cantonale di storia naturale di Lugano sulla biodiversità nelle foreste interessate dal progetto di Parco nazionale del Locarnese (PNL).

A questo scopo, tra il 2016 e il 2017, sono state scelte e campionate 6 differenti aree di all'incirca un km<sup>2</sup> ciascuna, rappresentanti le principali tipologie forestali presenti nel perimetro del progetto di PNL. Per i mustelidi in particolare si è fatto uso della tecnica del fototrappolaggio combinato con delle esche odorose, secondo la metodologia descritta da Balestrieri *et al.* (2016) e del metodo dei tunnel per le tracce (Maddalena *et al.*, 2014).

In tutte le aree indagate è stata trovata la Faina, mentre la Martora è stata censita a più riprese con la trappola fotografica unicamente nelle Peccete in Val Lavadina (Valle Onsernone) (Figura 1 e Tabella 1).

L'aumento delle segnalazioni di Martora negli ultimi tre anni dopo un lungo periodo senza nessuna osservazione, potrebbe confermare l'ipotesi avanzata per l'Italia di un graduale ritorno della specie dopo un crollo delle popolazioni dovuto alla pressione venatoria e al disboscamento (Balestrieri *et al.*, 2016). Tale ipotesi verrebbe suffragata pure dalla localizzazione delle osservazioni più recenti avvenute tutte in boschi montani del Sopraceneri che da diversi decenni non sono più sfruttati e che quindi potrebbero aver funto da zone di rifugio. Non possiamo tuttavia escludere che l'aumento delle segnalazioni di Martora negli ultimi anni sia almeno in parte dovuto anche a una maggiore presenza di naturalisti competenti sul campo, in particolare per l'aggiornamento dell'Atlante Svizzero degli uccelli. Inoltre, da un paio di anni è possibile annunciare le osservazioni di mammiferi tramite il portale [www.ornitho.ch](http://www.ornitho.ch), il che ha probabilmente facilitato e aumentato le segnalazioni.

Considerata la situazione nella vicina Italia, dove la Martora è abbondante anche in boschi planiziali, non è da escludere che in futuro essa possa colonizzare pure il



Figura 1: Fotogramma di Martora (*Martes martes*) tratto da una sequenza video registrata in Valle Lavadina nel mese di settembre 2017 nell'ambito di uno studio sui Mammiferi legato ai lavori preparatori del progetto di Parco nazionale del Locarnese. L'animale è attirato dall'esca odorosa presente nel tubo sospeso ed è facilmente identificabile dalla tipica macchia sottogolare più piccola rispetto a quella della Faina e dalla forma delle orecchie.

fondovalle del nostro Cantone, dove in particolare lungo i corsi d'acqua sono ancora presenti alcuni complessi forestali potenzialmente idonei. Anche al Nord delle Alpi la Martora è stata recentemente segnalata fuori dal suo habitat abituale in ambienti antropici planiziali: a Rüfenach Cantone Argovia (<http://ch.stadtwildtiere.ch/beobachtung/85486>), a Sion Canton Vallese (Flavio Zanini, *comm. pers.*) e a Ginevra (Manuel Ruedi, *comm. pers.*). Per questa ragione è importante un monitoraggio costante e una regolare verifica dei ritrovamenti occasionali, dato che non sono escluse ulteriori sorprese da parte di una specie che sembra avere ritrovato uno status meno precario dopo anni di intensa pressione venatoria e distruzione dell'habitat. La Martora potrebbe inoltre giocare un ruolo importante nella competizione tra lo scoiattolo indigeno e le varie specie di scoiattoli esotici in quanto predatore specializzato di diverse specie, come mostrato per esempio per lo scoiattolo grigio da Sheehy & Lawton (2014).

Tabella 1: Sintesi dei risultati delle indagini sulla presenza di mustelidi nelle stazioni campionate nell'ambito dei lavori preparatori del progetto di Parco nazionale del Locarnese.

Tipologia forestale	Area campione	Coordinate centroide	Faina	Martora	Donnola	Ermellino
1. Boschi misti di latifoglie	Mosogno	692°630/116°400	+			
2. Querceti e castagneti	Arcegno	700°740/113°650	+			
3. Faggete	Rasa	694°380/112°100	+		+	
4. Abetine	Piano delle Cascine	684°250/121°250	+		+	
5. Peccete	Val Lavadina	687°100/118°800	+	+	+	
6. Lariceti	Salei	686°300/119°600	+		+	+

## RINGRAZIAMENTI

Si ringrazia il Museo cantonale di storia naturale e in particolare il suo direttore Filippo Rampazzi e il conservatore dei Vertebrati Nicola Zambelli per il sostegno dato a questa ricerca, l'aiuto fornito durante i lavori sul terreno e l'attenta rilettura del testo. Ringraziamo pure il CSCF (Simon Capt e Michele Abderhalden) per le informazioni concernenti le Martore registrate nella banca-dati nazionale.

## BIBLIOGRAFIA

- Balestrieri A., Remonti L., Ruiz-González A., Gómez-Moliner B. J., Vergara M. & Prigioni C. 2009. Range expansion of the pine marten (*Martes martes*) in an agricultural landscape matrix (NW Italy). *Mammalian Biology*, 75: 412-419.
- Balestrieri A., Remonti L., Ruiz-González A., Zenato M., Gazzola A., Vergara M., Dettori E., Saino N., Capelli E., Gomez-Moliner B.J., Guidali F. & Prigioni C. 2015. Distribution and habitat use by pine martens (*Martes martes*) in a riparian corridor crossing intensively cultivated lowlands. *Ecological Research*, 30: 153-162.
- Balestrieri A., Mosini A. & Saino N. 2016. Distribuzione ed ecologia di martora e faina nel Parco Nazionale della Val Grande. Relazione finale. Valgrande Società Cooperativa, 47 pp.
- Barelli M. 2005. Lupi, orsi linci e aquile. Una ricerca storica sulle taglie pagate nel Ticino per gli animali feroci. JAM Edizioni, 238 pp.
- Maddalena T. 2008. Situation de la Martre (*Martes martes*) au Tessin. Faune Concept. Rapporto interno per il progetto BDM-CH. Non pubblicato, 3 pp.
- Maddalena T., Mattei-Roesli M., Torriani D. & Zanini M. 2014. Il Moscardino, *Muscardinus avellanarius* (L., 1758), quale indicatore del valore ecologico delle fasce boschive lungo il fiume Ticino (Cantone Ticino, Svizzera). *Bollettino della Società ticinese di scienze naturali*, 102: 81-84.
- Salvioni M. & Fossati A. 1992. I Mammiferi del Cantone Ticino. Note sulla distribuzione. Pro Natura Sezione Ticino, 103 pp.
- Sheehy E. & Lawton C. 2014. Population crash in an invasive species following the recovery of a native predator: the case of the American grey squirrel and the European pine marten in Ireland. *Biodiversity and conservation*, 23: 753-774.



## **PARTE IV**

### **Contributi speciali**



# Scoperta di macrofossili vegetali (4.8-4.7 ka cal BP) al Lago Cadagno nell'ambito delle attività dei Naturalisti dell'Università di Torino in Val Piora (Canton Ticino, Svizzera)

Edoardo Martinetto<sup>1</sup>, Raffaele Peduzzi<sup>2</sup>, Roberto Ajassa<sup>1</sup>, Giorgio Buffa<sup>3</sup>,  
Sergio Castellano<sup>3</sup>, Franco Gianotti<sup>1</sup>, Elisa Vescovi<sup>4</sup> e Willy Tinner<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Dipartimento di Scienze della Terra, Università degli Studi di Torino, Via Valperga Caluso 35, I-10125 Torino

<sup>2</sup> Centro Biologia Alpina Piora, Via Mirasole 22a, CH-6500 Bellinzona

<sup>3</sup> Dipartimento di Scienze della Vita e Biologia dei Sistemi, Università degli Studi di Torino, Via Accademia Albertina 13,  
I-10123 Torino

<sup>4</sup> Università di Berna, Istituto di Scienze Botaniche e Centro Oeschger per la Ricerca sui Cambiamenti Climatici,  
CH-3013 Berna

*raffaele.peduzzi@cadagno.ch; edoardo.martinetto@unito.it*

---

**Riassunto:** Un affioramento naturale presso il Lago Cadagno ha restituito degli interessanti macrofossili di vegetali, tra cui semi e strobili di conifere. L'analisi al radiocarbonio di uno strobilo di *Picea abies* ha fornito una datazione a circa 4800-4700 anni calendario prima del 1950 (4.8-4.7 ka cal BP, periodo Atlantico, Età del Rame o Neolitico finale). Lo studio dei nuovi macroresti costituisce un'integrazione dei dati forniti in precedenza dai microfossili studiati nei lunghi diagrammi pollinici della torbiera Bolla di Cadagno e dei fondali del Lago Cadagno, che hanno permesso di ricostruire la storia paleoambientale della Val Piora per lunghi intervalli di tempo. Il vantaggio fornito dalla sezione affiorante è quello di osservare sul terreno abbondanti resti vegetali macroscopici. Inoltre essa costituisce, anche per la vicinanza del Centro Biologia Alpina, una buona palestra per attività didattiche. Il deposito indagato, in base alla datazione, è appena successivo alla seconda fase di scomparsa della foresta presso il Lago Cadagno, per la quale i dati palinologici indicano un aumento di piante erbacee e arbustive, detta oscillazione di Piora 2 (5.4-4.9 ka cal BP), preceduta dall'analoga oscillazione di Piora 1 (6.1-5.7 ka cal BP). Tali cali di polline di piante arboree sono attualmente attribuiti in gran parte all'azione dell'Uomo, che già intorno a 6.8 ka cal BP iniziò a produrre un forte impatto anche a queste alte quote.

**Parole chiave:** Corso di Studi in Scienze Naturali dell'Università di Torino, macrofossili vegetali, Olocene, geologia, Valle Leventina, Centro Biologia Alpina Piora (CBA)

**Discovery of plant macrofossils (4800-4700 cal BP) at Cadagno Lake in the frame of the learning activities of the Natural Sciences course of the Turin University in the Piora Valley (Canton Ticino, Switzerland)**

**Abstract:** A natural outcrop at Lake Cadagno (Canton Ticino, Switzerland) yielded some interesting plant macrofossils, including coniferous seeds and cones. The radiocarbon analysis of a cone of *Picea abies* provided a dating of about 4800-4700 calendar years before 1950 (4.8-4.7 ka cal BP, Atlantic period, Copper Age or End Neolithic). The study of the new macroremains constitutes an integration of the data previously provided by the microfossils studied in the long pollen diagrams of the Bolla di Cadagno peat bog and the bottom of the Cadagno Lake, which allowed to reconstruct the palaeoenvironmental history of the Piora Valley for a long time interval. The advantage provided by the outcropping section is that of observing abundant macroscopic plant remains in the field; furthermore, it is also a good place for educational activities, also thanks to the proximity of the Centre of Alpine Biology. The deposit investigated, based on the date, was formed just after the second phase of disappearance of the forest at Lake Cadagno, for which the palynological data indicate an increase in herbaceous and shrubby plants, called Piora 2 oscillation (5.4-4.9 ka cal BP), preceded by the similar Piora 1 oscillation (6.1-5.7 ka cal BP). These events of tree reduction are currently largely attributed to the action of Man, which already around 6.8 ka cal BP began to produce a strong impact even at this high elevation.

**Key words:** Natural Sciences Course of the Turin University, plant macrofossils, Holocene, geology, Leventina Valley, Centre of Alpine Biology Piora

## INTRODUZIONE

### Situazione geografica e scientifica

Il Lago Cadagno è ubicato a 1'921 m slm nella Val Piora, valle laterale della Valle Leventina, in cui scorre il Ticino (Fig. 1). Le particolari condizioni ecologiche di questo lago hanno attratto l'attenzione di numerosi studiosi in quanto modello di uno stato meromittico crenogenico (esistenza per ragioni naturali di due strati d'acqua sovrapposti che non si mescolano). Lo strato inferiore è ricco di sali disciolti provenienti da sorgenti solforose sottolacustri ed è separato da quello superiore, normalmente ossigenato e povero di sali minerali. Tra le due parti, che sono come due laghi sovrapposti, si creano le condizioni ideali per lo sviluppo di batteri fotosintetici anaerobici appartenenti alla specie *Chromatium okenii* (Peduzzi & Tonolla, 1989; Peduzzi, 1990; Peduzzi, 1993a; Peduzzi *et al.*, 1998). Il primo ricercatore ad aver descritto il Lago Cadagno nel 1906 fu Felix-Ernest Bourcart, che scrisse testualmente "sarebbe molto interessante compiere degli studi approfonditi su questo lago così curioso" (Bourcart, 1906). Queste ricerche si sono rivelate importanti per decidere la creazione del Centro Biologia Alpina (CBA), che è stato ufficialmente inaugurato nel 1994. I risultati delle ricerche sul Lago Cadagno tra il 1998 e il 2017 hanno costituito il materiale di 45 pubblicazioni apparse su riviste scientifiche con comitato di lettura (vedi Peduzzi

& Bianconi, 2017: 117-120), compresa la copertina della rivista *Science* (Hebting *et al.*, 2006).

Lo scopo del CBA è quello di promuovere l'insegnamento universitario e la ricerca scientifica, ma anche la comunicazione scientifica verso il grande pubblico. Il Centro è stato creato dal Canton Ticino in collaborazione con le Università di Ginevra e di Zurigo, ha beneficiato di un sussidio federale ed ha lo statuto di Fondazione. Grazie a questa collaborazione esistono, a 2'000 metri di altitudine, dei laboratori che accolgono ogni anno attività di ricerca di ben 12 Università diverse con frequenza regolare. La priorità viene data ai corsi universitari, ma il Centro è ugualmente aperto alle scuole e al pubblico interessato alle tematiche ambientali (Peduzzi, 1993b; Peduzzi *et al.*, 2017).

La presenza di questa ospitale ed efficiente struttura ha favorito, a partire dal 2003, le attività didattiche sul terreno degli studenti del Corso di Laurea in Scienze Naturali di Torino, accompagnati da alcuni docenti. Ogni anno sono state condotte osservazioni botaniche, geologiche, geomorfologiche, pedologiche e zoologiche. Proprio nel corso di tali attività, nel giugno del 2016, sono stati osservati alcuni macrofossili di vegetali all'interno di strati torbosi affioranti nel settore SE del lago (Fig. 2), che hanno suscitato l'interesse dei Naturalisti torinesi per la possibilità di offrire un contributo alla storia della vegetazione locale e hanno fornito l'occasione di realizzare la presente nota. Il contributo



Figura 1: Ubicazione del Lago Cadagno e percorsi didattici dei Naturalisti di Torino. 1A-E: principali tappe dell'attività didattica di ciascun gruppo di studenti nel primo giorno di escursione (Lago Ritom e dintorni); 2A-E: principali tappe del secondo giorno (alta Val Piora, Lago Cadagno e dintorni); 3A-D: principali tappe del terzo giorno (Lago Cadagno, Lago di Tom, Lago Ritom e dintorni). Carta ripresa da S. Peduzzi (2011).



Figura 2: Fotografia del giugno 2016 mostrante l'ubicazione dello stabile del Centro Biologia Alpina di Piora (A), che ha ospitato i Naturalisti di Torino, del sito Cadagno SE (affioramento di torbe di 4.8-4.7 ka cal BP sulla sponda del Lago Cadagno, indicato dalla freccia e dalla lettera B) e della torbiera Bolla di Cadagno di Fuori (C).

specifico che possono apportare i macrofossili di vegetali per la ricostruzione della vegetazione olocenica del Canton Ticino è stato evidenziato da diversi lavori (per es. Amman, 1988; Vescovi *et al.*, 2018).

### Contesto bioclimatico e antropico

La Val Piora è ben nota agli studiosi della dinamica della vegetazione olocenica alpina per una brusca variazione registrata nei diagrammi pollinici, denominata "oscillazione di Piora" (Zoller, 1960, 1977; Bircher, 1982, 1986; Renner, 1982; Haas *et al.* 1998), che evidenzia una brusca caduta della percentuale pollinica delle piante arboree. Essa corrisponde all'incirca all'oscillazione in due fasi di Rotmoos tra circa 6300 e 5000 anni fa (cal. BP 1950), stabilita in base all'evidenza geomorfologica fornita dalle avanzate di piccoli ghiacciai (Patzelt & Bortenschlager, 1973; Patzelt, 1977; Bortenschlager, 1984), da considerarsi però come brevi episodi durante un periodo di generale scarsa estensione dei ghiacciai (Nicolussi & Patzelt, 2000; Joerin *et al.*, 2006). Vari autori hanno interpretato l'oscillazione di Piora come un segnale di peggioramento climatico e gli studi in altri depositi meglio datati hanno portato al riconoscimento di 2 fasi distinte (Piora 1 e Piora 2), cronologicamente collocate rispettivamente tra ca. 5.3-5.0 e 4.8-4.4 ka  $^{14}\text{C}$  BP (Burga *et al.*, 2001), corrispondenti rispettivamente ai periodi tra ca. 6.1-5.7 e 5.5-4.9 ka cal BP (calibrazione secondo la curva IntCal13; Reimer *et al.*, 2013). Esse corrispondono alla transizione tra Atlantico e Subboreale della cronostratigrafia dell'Olocene e caratterizzano la prima parte del Subboreale in area alpina. Il paragone con altri siti nelle Alpi e sull'altopiano svizzero ha rivelato che le fasi Piora 1 e 2 hanno un'estensione centroeuropea (buona corrispondenza con le fasi CE-5 = 5.3-4.9  $^{14}\text{C}$  BP = 6.1-5.6 ka

cal BP, CE-6 = 4.6-4.4 ka  $^{14}\text{C}$  BP = 5.3-4.9 cal BP) e probabilmente emisferica (Haas *et al.* 1998; Heiri *et al.*, 2004). Secondo Burga *et al.* (2001) in quell'intervallo di tempo la vegetazione locale è cambiata due volte da una foresta subalpina di *Picea abies* a una brughiera di arbusti nani con chiazze di prateria aperta. Tuttavia, oltre al determinismo climatico della variazione, va tenuto in conto l'impatto antropico su questi ambienti, con l'avvento della pastorizia e della monticazione e/o transumanza, già documentati nelle Alpi svizzere a partire da 6.8-6.5 ka cal BP (Schwoerer *et al.*, 2014) e nella vicina Valle d'Aosta da 5.6 ka cal BP (Pini *et al.*, 2017). La prima pubblicazione moderna con una sintesi delle analisi sino ad allora pubblicate per le Alpi e con dati calibrati è stata quella di Haas *et al.* (1998), in cui sono state ridiscusse le datazioni originali di Zoller per la Svizzera e Patzelt per l'Austria. Successivamente, il numero delle pubblicazioni ha subito un notevole incremento e le sintesi sono disponibili solo per aree geografiche limitate. Per la parte settentrionale della Valle Leventina si può far riferimento a Vescovi *et al.* (2018). Questi autori hanno condotto analisi dettagliate di resti pollinici e macroresti vegetali contenuti nei sedimenti carotati sul fondale del Lago Cadagno, mettendo in evidenza una notevole trasformazione nel tempo della vegetazione locale. Il paesaggio forestale fu dapprima disturbato nel Neolitico e quindi gradualmente rimpiazzato da arbusteti e spazi aperti nell'Età del Bronzo. L'antropizzazione in questa valle alpina è iniziata nel primo Neolitico e solo durante l'Età del Bronzo gli insediamenti divennero relativamente stabili nello spazio e nel tempo. Nell'archivio del comune di Quinto esiste un documento che porta la data del 25 maggio 1227 e già riporta un atto di divisione per lo sfruttamento dell'Alpe di Piora. Ancora oggi gli al-



Figura 3: Documentazione delle attività naturalistiche degli studenti di Torino. A: Osservazioni presso un affioramento di gneiss e relativo detrito di falda, con stazioni rupicole di *Pinus cembra* e vegetazione dei detriti mobili. B: La Val Piora fornisce l'opportunità di studiare entità floristiche poco comuni, quali *Aquilegia alpina*, qui fotografata nel giugno 2017 sul rilievo della Motta. C, D: Osservazioni sui tritoni (*Ichthyosaura alpestris*) della Bolla di Cadagno di Fuori. E, F: Stambecco maschio rimasto intrappolato, probabilmente in occasione del disgelo, nei sedimenti incoerenti e vischiosi di un canale che attraversa la Bolla di Cadagno di Fuori, anno 2013.

peggi rappresentano un ramo di primaria importanza economica. Inoltre la pratica pastorale impedisce il degrado del tappeto erboso e risulta indispensabile per la salvaguardia del paesaggio. L'osservazione attuale del paesaggio permette alcune interpretazioni riguardanti il bosco di pino cembro (*Pinus cembra*) e di larice (*Larix decidua*), esistente unicamente sul fianco orografico sinistro della Val Piora, mentre il fianco opposto, a solatio, è completamente privo di conifere. A questo proposito va sottolineato l'effetto protettore della neve durante le gelate primaverili sul versante a bacìo.

### Le attività dei naturalisti torinesi in Val Piora

I Naturalisti torinesi iniziarono a frequentare il CBA a seguito di una visita effettuata nell'anno 2003 da due docenti dell'ateneo torinese, Guido Badino e Francesca Bona, invitati dal collega Raffaele Peduzzi. Essi giudicarono la Val Piora massimamente idonea per lo svolgimento di un insegnamento già precedentemente attivo, denominato Escursione Interdisciplinare del III Anno, che da allora in poi si svolse appunto in Val Piora. L'attività di ciascun gruppo di studenti si è usualmente protratta per tre giorni, il primo dedicato al percorso dalla Stazione Piora della Funicolare alla Capanna Cadagno (1A-E in Fig. 1), il secondo a varie attività naturalistiche nei pressi della Capanna Cadagno (2A-E in Fig. 1) e il terzo a un percorso di rientro dalla Capanna Cadagno alla Stazione Piora della Funicolare, passando per il Lago di Tom (3A-D in Fig. 1). Dal giugno 2003 al giugno 2018 questa occasione ha portato ogni anno un numero variabile di 35-88 studenti a svolgere attività sul terreno soprattutto presso il Lago Ritom (1B, 1C e 3D in Fig. 1), l'Alpe di Piora (tra 2A e 2B in Fig. 1), il Lago Cadagno (2B, 2C in Fig. 1), la Bolla di Cadagno di Fuori (2D in Fig. 1) e il Lago di Tom (3C in Fig. 1). Sotto la guida di docenti di varie discipline gli studenti hanno potuto approfondire la conoscenza dell'ambiente, integrando aspetti geologici, geomorfologici e vegetazionali (Fig. 3A) con osservazioni più puntuali sulla flora (Fig. 3B) e sulla fauna (Fig. 3C, D). Sebbene le attività principali abbiano riguardato la fruizione didattica di elementi naturalistici ben noti in letteratura, sono state effettuate anche alcune scoperte inattese, come il ritrovamento di *Utricularia minor* presso la Bolla di Cadagno di Fuori da parte della prof. Consolata Siniscalco (com. pers.). In questo stesso sito, nell'anno 2013, si è avuta l'inconsueta opportunità di svolgere osservazioni sulla carcassa di uno stambecco maschio, rimasto intrappolato, probabilmente in occasione del disgelo, nei sedimenti incoerenti e vischiosi di un canale che attraversa la torbiera (Fig. 3E, F).

## PRESENTAZIONE DEL SITO DI STUDIO

### Inquadramento geologico

La Val Piora è una valle tributaria di sinistra dell'alta Valle del Ticino. Il solco vallivo, lungo 8.3 km, è approfondito lungo il Fronte Pennidico, uno dei principali lineamenti tettonici delle Alpi, fatto che ha comportato una direzione E-W della Val Piora, anomala perché parallela alla valle principale (Fig. 4). L'accavallamento

delle falde pennidiche su quelle elvetiche, qui come altrove, è avvenuto preferenzialmente in corrispondenza ad antiche coperture sedimentarie che hanno agito da lubrificanti tettonici e che sono rimaste pizzicate al contatto. Nell'alta Valle Leventina queste rocce affiorano vistosamente in tutto il fondovalle della Val Piora, dove formano una fascia larga sino a 1 km detta Zona Nufenen-Piora-Frodalera (di seguito Zona di Piora).

Il versante sinistro della Val Piora, esposto a Nord, è costituito dalle rocce di crosta continentale della Falda Lucomagno (gneiss, micascisti e anfiboliti), attribuita di recente al Dominio Ultraelvético (Bianconi & Strasky, 2015). Il versante destro della Val Piora, esposto a Sud, è mediamente più elevato ed è costituito dalle rocce di crosta continentale della Falda Gottardo appartenente al Dominio Elvético (gneiss con intercalazioni di anfiboliti, scisti a granato e orneblenda).

Il largo fondovalle della Val Piora coincide con l'affiorare della successione meta-sedimentaria al contatto tra le due falde del Lucomagno e del Gottardo e attribuita in parte a queste ultime e, per la parte di sede incerta, alla Zona di Piora. Questa successione è stata ordinata nelle formazioni di Mels, di Röti, di Quarten e di Stgir, originatesi a partire da sedimenti carbonatici e silicoclastici dal Triassico inferiore al Giurassico medio (251-161 Ma).

In particolare, la Formazione di Röti deriva da rocce carbonatiche ed evaporitiche marine del Triassico medio (245-228 Ma), ricristallizzate dal metamorfismo mesoalpino in marmi dolomitici, che comprendono varietà fortemente tettonizzate perché coinvolte nel sovrascorrimento, poi cementate (dolomie brecciate, carniole) e infine soggette a dissoluzione del cemento calcitico (dolomie saccaroidi).

All'acme dell'Ultima grande glaciazione (Last Glacial Maximum, LGM, 23-19 ka cal BP sensu Hughes *et al.*, 2013, per il "global LGM" 26.5-19 ka cal BP per l'Alpine LGM secondo Wirsig *et al.*, 2016; ca. 28.5-22.5 ka cal BP secondo Scapozza *et al.*, 2014, per il contesto sudalpino; 23.0-19.0 ka cal BP secondo Kaltenrieder *et al.*, 2009, e Samartin *et al.*, 2016 per il contesto paleoclimatico e paleoecologico dell'Italia settentrionale) e soprattutto nella successiva fase di deglaciazione (Scapozza, 2016) è avvenuta la maggior parte dell'approfondimento erosionale della valle di età tardo-pleistocenica. La presenza nella Zona di Piora di alternanze di rocce a erodibilità molto diversa ha prodotto un fondovalle a morfologia complessa, perché ripartito in differenti solchi subparalleli separati da basse dorsali. Le rocce carbonatiche della Formazione di Röti, più erodibili perché maggiormente fratturate e inoltre solubili, danno luogo alle fasce più depresse del fondovalle, ove scorrono i corsi d'acqua, e a slarghi del fondovalle espressione di conche di sovraescavazione glaciale, che ospitano i laghi maggiori, come il Ritom e il Cadagno. L'unità, data la sua composizione, è anche interessata dal carsismo, concentrandovisi la massima parte delle centinaia di doline di crollo e inghiottitoi che si aprono nel fondovalle (Fig. 4). I metasedimenti terrigeni delle formazioni di Quarten e di Stgir formano invece, di preferenza, dei rilievi intravallivi fortemente smussati dall'abrasione subglaciale (es. Mottone).

La parte finale dell'Ultima glaciazione, denominata Tardoglaciale (19-11.7 ka cal BP), segue il LGM e si caratterizza per il ritiro dei ghiacciai entro le rispettive valli. Il ritiro non avvenne comunque in modo lineare, ma fu interrotto da una serie di riavanzate, con deposizione nei fondovalle di cerchie moreniche stadiali denominate come stadi alpini Bühl, Steinach, Gschnitz, Clavadel/Senders, Daun ed Egesen (Ivy-Ochs, 2015 e riferimenti; Scapoza *et al.*, 2014 per il contesto sudalpino). I primi stadi (complesso Bühl-Gschnitz-Daun) sono correlati alla fase fredda del Dryas antico della cronostratigrafia pollinica centro-Europea. Un forte ritiro glaciale avviene contestualmente alla successiva fase boreale dell'interstadiale Bølling-Allerød (14.6-12.8 ka cal BP). Infine, il complesso Egesen, con cui si chiude il Tardoglaciale, è correlato alla fase fredda del Dryas recente (12.8-11.7 ka cal BP).

Il principale stazionamento del ghiacciaio di Piora nell'ambito del ritiro tardoglaciale è attestato intorno ai 1'950-2'000 m di quota nel fondovalle, dove si sviluppa un complesso sistema di cerchie, cui appartiene la morena frontale sulla quale sorgono le cascate dell'Alpe Piora con il Centro Biologia Alpina. La terminazione a valle di quest'apparato è intersecata da un altro apparato morenico frontale, morfologicamente meglio espresso, che circonda la conca del Lago Cadagno e che è legato allo stazionamento del ghiacciaio dello Stabbio, tributario

di destra di quello di Piora (Fig. 5). I due apparati morenici potrebbero essere riferiti allo stadio di Fontana o a quello di All'Acqua distinti in Val Bedretto da Renner (1982) e in Valle Blenio da Scapoza & Fontana (2009) e in tal caso correlati con lo stadio di Clavadel/Senders o con quello di Daun della fine del Dryas antico (intorno a 16.0-14.5 ka cal BP). È appunto nella depressione interna dell'apparato morenico del Cadagno che affiorano le torbe da cui proviene il campione analizzato.

### Inquadramento floristico-vegetazionale

I differenti ambienti presenti in Val Piora alle quote percorse dalle escursioni didattiche, unitamente al supporto fornito dalla presenza del CBA con le sue strutture, hanno in questi anni fornito una ottima base per programmare diversi tipi di attività formative anche sui temi botanici, in relazione all'andamento fenologico e meteorologico nel periodo della escursione annuale.

Le differenze geologiche determinano la formazione di suoli poco evoluti con pH e composizione chimica differente, adatti ad ospitare specie con esigenze distinte. Tutta la zona offre inoltre parecchi spunti di riflessione sul tema del limite del bosco, del limite degli alberi e della influenza delle attività umane su questi aspetti.

Il già citato tratto di foresta naturale a Larice e Cembro contiene numerose formazioni ad *Alnus viridis* con alte erbe, ospitanti molte specie erbacee fra le quali *Strep-*

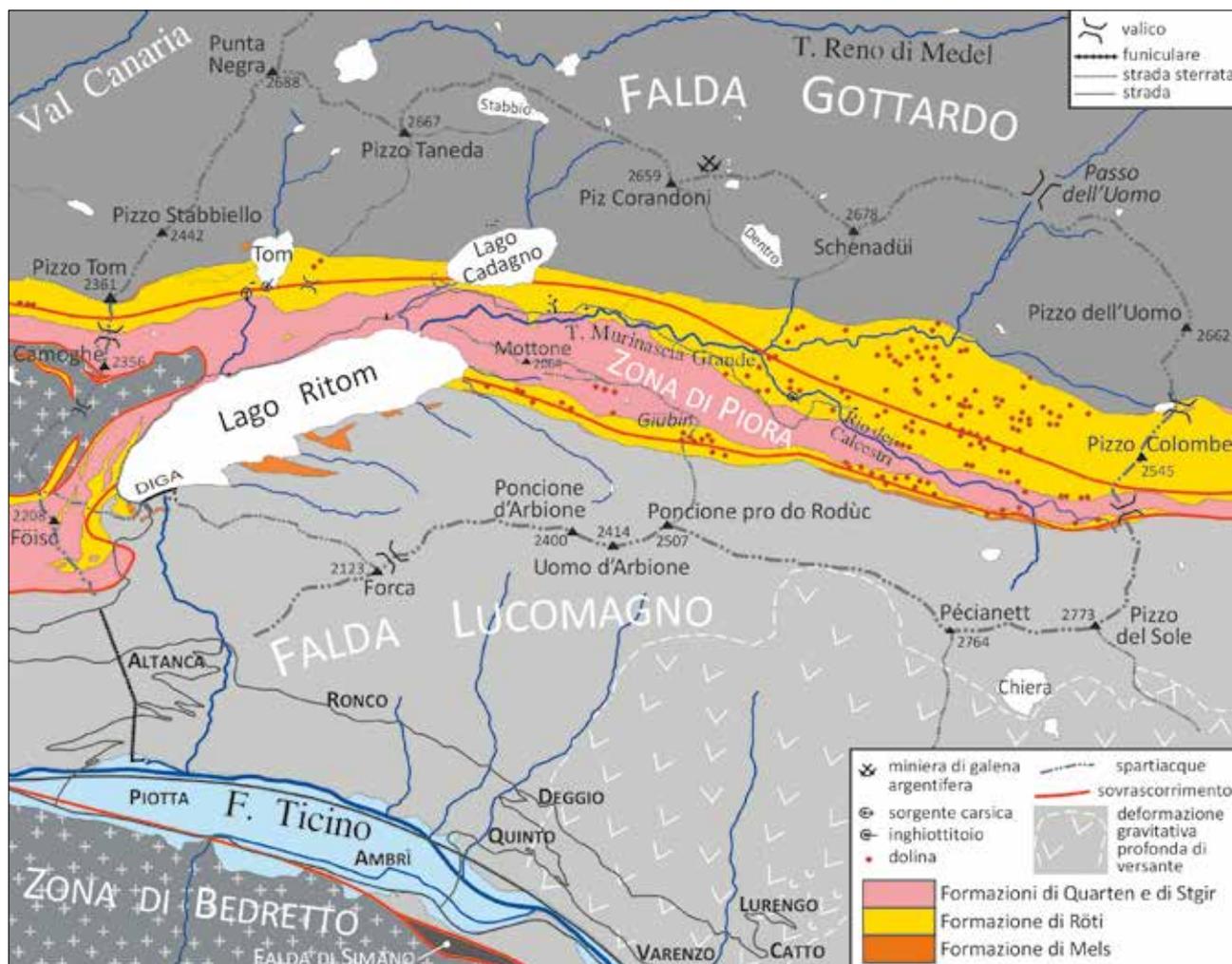


Figura 4: Carta geologica generale della Val Piora (ridisegnata e semplificata dalla carta dell'Atlante Geologico della Svizzera, Foglio Ambri-Piotta n. 1252, Bianconi & Strasky, 2015).

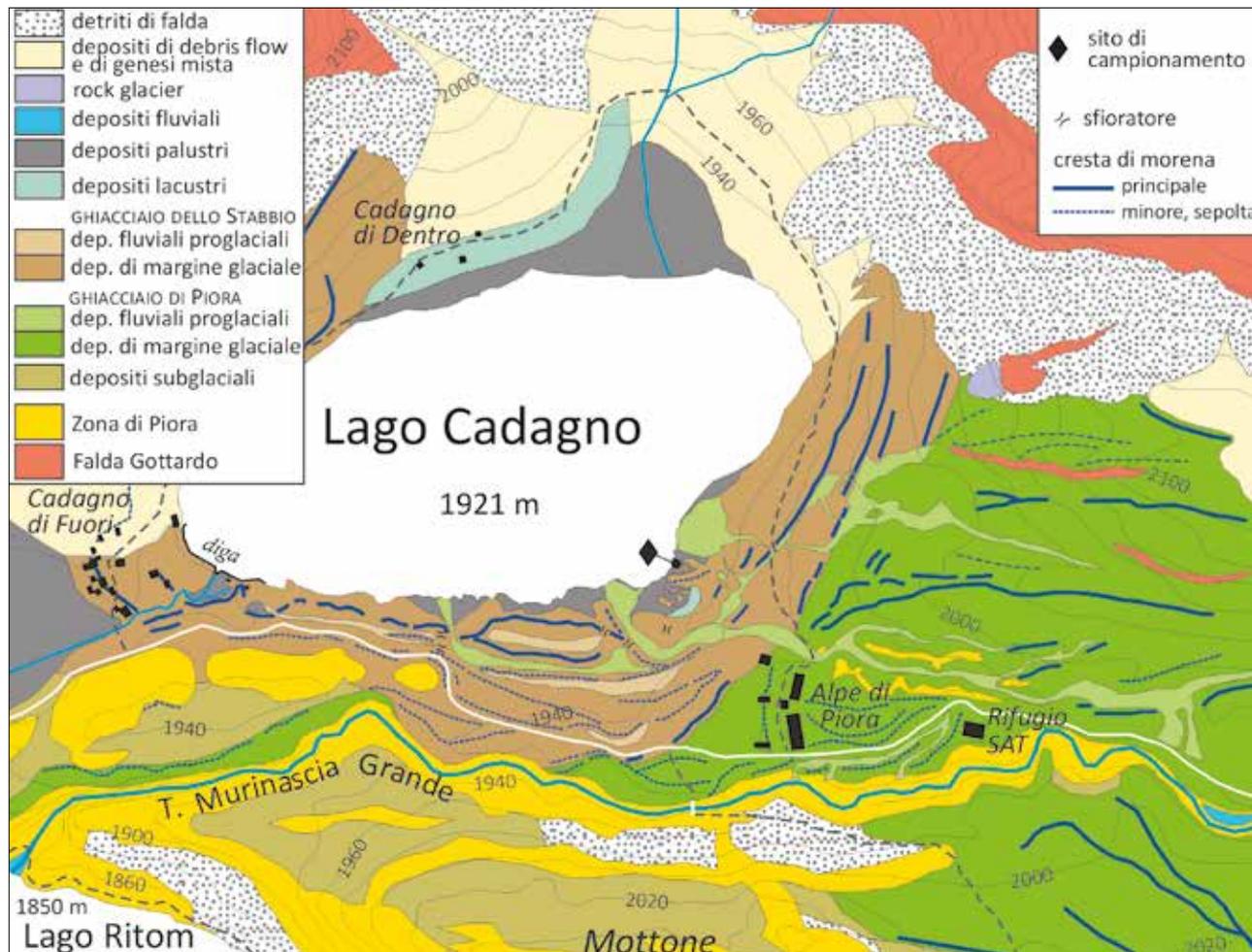


Figura 5: Carta geologica dettagliata dei dintorni del Lago Cadagno, con particolare attenzione ai depositi quaternari e alle loro forme (dai rilievi e fotointerpretazione di F. Gianotti, questo lavoro).

*topus amplexifolius* e *Stellaria nemorum*, belle e rare specie legate specificamente a questo tipo di ambienti. Diverse radure grazie alla presenza di sorgenti ospitano formazioni igrofile a *Trichophorum cespitosum* che formano piccoli lembi di torbiera. Il contrasto di disponibilità di nutrienti, sviluppo della componente erbacea e arbustiva, turnover della sostanza organica fra i tre ambienti presenti nella foresta (Foresta con sottobosco ad ericacee e muschi sciafili, Alneto a megafornie, piccole torbiere a *Trichophorum*) non potrebbe essere più grande. Sopra il limite del bosco sono principalmente le differenze litologiche e i diversi usi del territorio a determinare i molteplici aspetti della vegetazione che può essere osservata. L'alternanza di pascolo alpino acidofilo, di formazioni a *Sesleria varia* e *Daphne striata*, di vegetazione pioniera sulle rupi calcaree con le poco frequenti *Carex rupestris* e *Saxifraga caesia*, forniscono molti altri spunti per le attività didattiche, mentre sui suoli più stabili non sfruttati intensivamente dal bestiame prevale il cespuglieto subalpino a ericacee con le numerose specie erbacee acidofile associate.

La torbiera presente a valle dell'insediamento di Cadagno, con la sua parte alterata dalle bonifiche passate e dall'apporto detritico del versante e la parte invece meglio conservata con i suoi numerosi hummocks a sfagni, sorgenti, pozze, presenta numerosi altri motivi di interesse floristico e vegetazionale sfruttati nelle nostre attività didattiche.

## MATERIALI E METODI

Alcuni dei macrofossili studiati sono stati recuperati nel giugno 2016 da un piccolo affioramento (Fig. 6A, C), d'ora in poi denominato Cadagno SE, situato sulla linea di riva del Lago Cadagno (Fig. 2) e soggetto a erosione naturale per moto ondoso, che aveva generato uno spaccato verticale di circa 80 cm di spessore in cui i sedimenti si presentavano particolarmente compatti e poco alterati, sintomo di una recentissima esposizione agli agenti atmosferici. Nel giugno 2017 lo stesso affioramento appariva ben riconoscibile e meglio esposto, per cui è stata misurata una sezione stratigrafica (Fig. 6B). Sono stati prelevati e aperti a mano sul posto alcuni blocchi di sedimento compatto e poco interessato da penetrazione di radici, tentando di concentrare i campionamenti in due intervalli, rispettivamente tra 20-30 cm ("C20") e 50-60 cm ("C60") dal tetto del deposito di colata detritica e di fango (*debris/mud flow*) (Fig. 7). Inoltre dal livello C20 è stato prelevato un campione volumetrico di sedimento che è stato disgregato completamente attraverso una lenta e delicata manipolazione in acqua, con successiva immersione in  $H_2O_2$  al 5% e raccolta del materiale flottante. L'analisi del materiale disgregato è stata condotta direttamente nei laboratori del CBA con una lente (x 10) e con uno stereomicroscopio (x40) e i reperti più significativi sono stati comparati direttamente con esemplari di confronto attuali



Figura 6: Fotografie del sito Cadagno SE con dettagli di alcuni campioni di fossili. A: Aspetto del sito di affioramento con un tronco fossile in giacitura orizzontale (non datato) che emerge dalla parte alta del deposito torboso. B: Dettaglio della successione stratigrafica del deposito torboso; la freccia indica il punto di provenienza del cono di *Picea abies* utilizzato per la datazione, nell'ambito del livello C20. C: Altra visione dell'affioramento che evidenzia il livello del Lago Cadagno in basso a sinistra. D, E: Il cono frammentario di *Picea abies* utilizzato per la datazione  $^{14}\text{C}$ , in sezione e in visione laterale. F: cono completo di *Picea abies* proveniente dal livello C60. G: seme di *Pinus cembra* rinvenuto nel livello C20.

della Modern Carpological Collection (Martinetto *et al.*, 2014) per ottenere una determinazione su base morfologica.

Nell'anno 2016 è stato prelevato, a 27 cm dalla base della sezione misurata (Fig. 7), uno strobilo di conifera (Fig. 6D, E) la cui sezione trasversale era visibile in affioramento nel livello C20. Esso è stato ripulito con acqua distillata, analizzato morfologicamente e infine racchiuso in busta zip risigillabile e conservato in frigorifero sino al momento della spedizione al laboratorio di analisi (Klaus-Tschira-Archäometrie-Zentrum di Mannheim, campione MAMS-31059).

Le età calibrate sono state espresse in anni calendario prima del presente (cal BP = anni calendario prima del 1950) e normalizzate per un  $\delta^{13}\text{C} = 25\text{‰}$  (Stuiver & Polach, 1977). Per fornire un dato in anni calendario il dato  $^{14}\text{C}$  deve essere calibrato (Bronk Ramsey, 2001) come mostrato nelle colonne "Cal 1-sigma" e "Cal 2-sigma" di Tab. 1, che applicano rispettivamente l'incertezza 1-sigma e 2-sigma delle età  $^{14}\text{C}$ . La calibrazione è stata eseguita con il software SwissCal 1.0 (L. Wacker, ETH-Zürich), secondo la curva di calibrazione IntCal13 (Reimer *et al.*, 2013). Il valore  $\delta^{13}\text{C}$  è stato ottenuto con la determinazione isotopica nel sistema AMS con una tipica incertezza del 2‰. Questo valore può essere influenzato dal frazionamento isotopico nella sorgente di ioni e durante la grafitizzazione, quindi è soltanto utilizzato per la correzione del frazionamento.

## RISULTATI

I depositi palustri che affiorano alla sommità della sequenza locale al margine SE del Lago Cadagno, sono costituiti da uno strato di torbe di 60 cm sovrapposto a uno strato di sedimenti terrigeni di colore nero (gyttja) spesso 15-20 cm (Fig. 6B; Fig. 7). Le torbe risultano pedogenizzate nei 15 cm sommitali, in cui si insinua il fitto apparato radicale della cotica erbosa. I depositi palustri poggiano su sabbie limoso-ghiaiose, non selezionate, a supporto di matrice e normal-addensate, di colore grigio-azzurro, visibili per una trentina di cm di spessore; queste contengono ciottoli lastriformi di gneiss e scisti fino a 50 cm di lunghezza, subangolosi, isorientati e immergenti a N90/10-15° (verso il versante); alcuni ciottoli sono inglobati nella matrice sabbioso-limosa, altri sono riuniti in una lente a supporto di clasti e poggiano uno sull'altro con disposizione a tegola. Tali depositi sono interpretabili come da colata detritica e di fango (*debris-mud flow*) legati alla risedimentazione gravitativa dei depositi glaciali formanti il fianco interno di una bassa morena sovrastante, facente parte della cerchia più interna dell'apparato morenico del Cadagno. Immediatamente più a nord e, almeno apparentemente, non in contatto con il sito

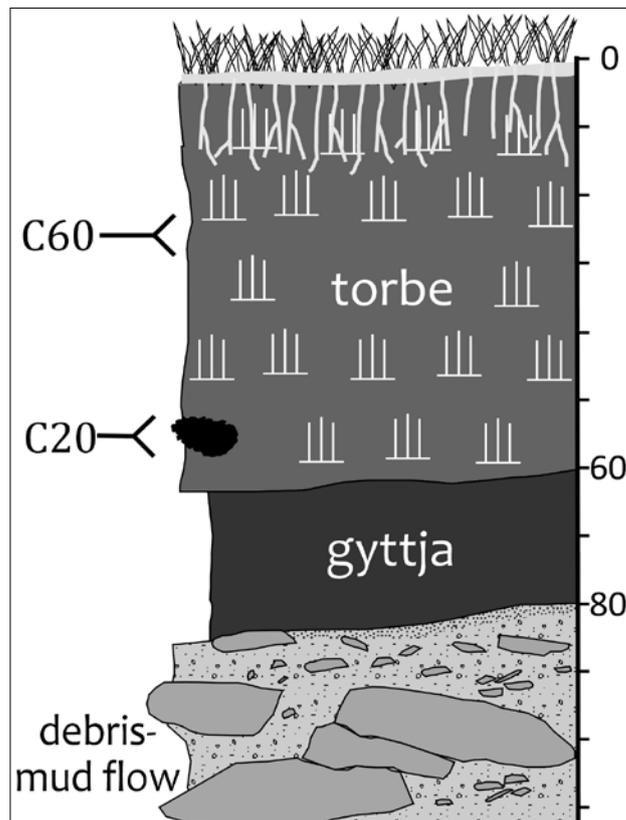


Figura 7: Sezione stratigrafica del deposito torboso del sito Cadagno SE. Misure in centimetri.

di campionamento, si estende la parte emersa di un conoide che deriva dall'evoluzione di un originario delta-conoide proglaciale alimentato dallo scaricatore destro del Ghiacciaio di Piora attraverso un varco nella morena frontale dell'apparato morenico del Cadagno (Fig. 5). La base delle torbe è sospesa circa 40 cm sopra l'attuale livello del lago, che però è tenuto elevato da una piccola diga, alta soli 3 m, costruita nel 1948 per alzare il livello del lago all'attuale quota di 1921.4 m (Peduzzi, 2011). Dunque il deposito torboso è riferibile a un antico livello alto del lago rispetto a quello che avrebbe naturalmente oggi.

Sulla sponda settentrionale del Lago Cadagno si eleva inoltre un antico terrazzo lacustre sospeso di 7-8 metri sopra il lago, che rappresenta un ancor più elevato livello lacustre rispetto all'attuale e che è riferibile verosimilmente all'antico lago proglaciale della fine del Dryas antico. L'abbassamento di livello dovette prodursi gradualmente per incisione della soglia, costituita dai depositi delle cerchie moreniche frontali, da parte del corso d'acqua emissario. È dunque a uno stadio avanzato di abbassamento del lago, avvenuto intorno a 4700 anni fa, che si produssero le condizioni di torbiera ai margini del lago con la formazione dei depositi in esame.

L'apertura a mano di blocchi di sedimento del deposito

Tabella 1: Risultato della datazione dello strobilo rinvenuto nel livello C20.

Labno. MAMS	Sample name	$^{14}\text{C}$ age [yr BP]	$\pm$	$\delta^{13}\text{C}$ AMS [‰]	Cal 1-sigma	Cal 2-sigma	C [%]	Material
31059	cone of <i>Picea abies</i> layered in peat	4200	25	-21,3	cal BC 2883-2711	cal BC2892-2680	50,2	wood

torboso ha permesso il ritrovamento di numerosi macroresti vegetali: probabili radici, rizomi, rami, alcuni strobili e semi. L'analisi del campione volumetrico del livello C20 ha restituito in massima parte resti di morfologia poco caratteristica e solo in minima parte foglie aghiformi, piccoli frutti e semi. Gli esemplari di macro e mesofossili di vegetali che si sono potuti identificare su base morfologica appartenevano a soli tre taxa: *Picea abies* (coni: Fig. 6F; foglie), *Pinus cembra* (semi: Fig. 6G) e *Carex* sect. *Aulocystis* (acheni).

La datazione dello strobilo di *Picea abies* rinvenuto nel livello C20 ha fornito un risultato di  $4200 \pm 25$   $^{14}\text{C}$  BP (MAMS-31059), che lo proietta alla fine del periodo Atlantico tra cal BC 2880-2710 (4830-4660 cal BP = 4.8-4.7 ka cal BP), nella fase culturale dell'Età del Rame, Neolitico finale (*Spätneolithikum*, *End Neolithic*; Hess *et al.*, 2010).

## DISCUSSIONE

Il deposito torboso fossilifero è posto alla sommità di un deposito di colata detritica-di fango (*debris-mud flow*) legato alla risedimentazione gravitativa dei depositi glaciali, probabilmente formatosi a causa di un piccolo smottamento locale che ha raggiunto la sponda del Lago Cadagno. La deposizione della torba è avvenuta su un versante che oggi risulta ricchissimo di sorgenti, condizione che quasi certamente si instaurò a partire da ca. 5.0 ka cal BP. Tuttavia, appena 5 metri a Nord gli strati torbosi assumono una giacitura orizzontale e terminano verso l'alto con una superficie piana che corrisponde a un livello di stazionamento del lago circa alla stessa quota di quello attuale, che è determinato da uno sbarramento artificiale. Si constata che l'inizio della sedimentazione torbosa si colloca nell'intervallo di tempo seguente all'oscillazione di Piora 2 (cioè dopo 5.0 ka cal BP), ma i dati sinora raccolti sono insufficienti per determinare se l'inizio della sedimentazione torbosa sia attribuibile a cause climatiche, antropiche o a fenomeni locali.

Il ritrovamento e lo studio dei macrofossili del sito di Cadagno SE ha permesso ai Naturalisti di Torino di fornire un piccolo contributo per la ricostruzione della storia ambientale pregressa di questa amena valle, assegnando loro una piccola parte da fornitori, piuttosto che solo di osservatori e fruitori, di informazioni scientifiche. La datazione ottenuta per lo strobilo di *Picea* del livello C20 lo colloca cronologicamente nella fase di ripresa della copertura forestale a seguito dell'oscillazione Piora 2 e, insieme ai semi di *Pinus cembra*, testimonia la locale presenza di specie arboree sulle sponde del Lago Cadagno, attualmente prive di vegetazione arborea. Tali risultati concordano con le interpretazioni di Zoller (1960) e con studi più recenti (Vescovi *et al.*, 2018) che svelano la diffusione di *Picea abies*, a partire da ca. 8.0 ka cal BP, nei cembreti e lariceti che a quei tempi crescevano attorno al Lago Cadagno. Questi boschi misti persistettero fino a ca. 5.0 ka cal BP, quando le tre specie arboree furono fortemente ridotte (Massy, 2011), probabilmente in seguito all'aumento di attività antropiche (per es. pascolo; Vescovi *et al.*, 2018).

Il ritrovamento dello strobilo si colloca dunque in un periodo di forte mutamento della vegetazione attorno al Lago Cadagno e dimostra che popolamenti di *Picea abies* persistettero localmente anche in seguito a 5.0 ka cal BP, quando il clima tornò ad essere più caldo e quindi favorevole alle specie forestali. Malgrado ciò, i disboscamenti antropici condussero all'espansione di cespugli di *Alnus viridis*, una specie altamente adattata ai disturbi naturali (valanghe, frane) ed antropici (fuoco, taglio), che raggiunse la sua espansione massima attorno a 4.5 ka cal BP (> 50% del polline fossile ritrovato nei fondali del Lago Cadagno; Vescovi *et al.* 2018).

Si auspica che i risultati sinora raggiunti possano stimolare ulteriori ricerche volte a chiarire il complessivo intervallo cronologico di deposizione del deposito torboso e del tronco di conifera affiorante (Fig. 6A), nonché di eventuali altri che probabilmente ancora giacciono all'interno del deposito. Quest'ultimo va considerato interessante anche per la valenza didattica e divulgativa, visto che l'erosione naturale operata dal Lago Cadagno e dalle acque di ruscellamento consente di osservarne le caratteristiche e il contenuto fossilifero senza operare scavi che potrebbero avere un impatto negativo sull'ambiente. La comprovata antichità di reperti paleobotanici facilmente visibili e identificabili, quali gli strobili e i semi di conifere, consente di mettere alla portata di tutti l'evidente trasformazione nel tempo della vegetazione locale, documentata con maggior dettaglio dai resti paleobotanici carotati sul fondale del Lago Cadagno.

## RINGRAZIAMENTI

Desideriamo ringraziare: Cristian Scapozza per l'approfondita revisione e gli utili suggerimenti che hanno migliorato consistentemente il manoscritto; Roberta Pini, Cesare Ravazzi e Sahra Talamo per le utili informazioni fornite sulla storia della vegetazione nella zona insubrica e sulle datazioni; il Klaus-Tschira-Archäometrie-Zentrum e in particolare Ronny Friedrich per aver realizzato le datazioni  $^{14}\text{C}$ ; le studentesse Ambra Alderighi, Martina Barbero e Federica Collu per aver fornito materiali utili per il lavoro; la Fondazione del Centro Biologia Alpina di Piora per il sostegno economico indispensabile per la datazione del deposito; Manuela Varini e Sandro Peduzzi per la rilettura critica del manoscritto.

## BIBLIOGRAFIA

- Ambrosi C. & Scapozza C. 2015. Improvements in 3-D digital mapping for geomorphological and Quaternary geological cartography. *Geographica Helvetica*, 70: 121-133.
- Ammann P. 1988. Ritrovamento di antichi legni nel sottosuolo di Tenero. *Bollettino Società Ticinese Scienze Naturali*, 76: 47-50.
- Bianconi F. & Strasky S. 2015. Foglio 1252 Ambrì-Piotta dell'Atlante geologico della Svizzera in scala 1:25'000. Ed. Servizio geologico nazionale dell'Ufficio federale di topografia swisstopo, Berna.

- Bircher W. 1982. *Zur Gletscher- und Klimageschichte des Saatales. Glazialmorphologische und dendroklimatologische Untersuchungen*. Universität Zürich, Zürich.
- Bircher W. 1986. Dendrochronology applied in mountain regions. *Handbook of Holocene Palaeoecology and Palaeohydrology*. (ed B. E. Berglund), pp. 387-403. J. Wiley & Sons, Chichester.
- Bortenschlager S. 1984. Die Vegetationsentwicklung im Spätglazial: Das Moor beim Lanser See III, ein Typprofil für die Ostalpen. *Dissertationes Botanicae* 72, 71-79.
- Bourcart F.E. 1906. Les lacs alpins suisses, étude chimique et physique. Thèse présentée à l'Université de Genève, Georg & Co. Editeurs, Genève.
- Bronk Ramsey C. 2001. Development of the Radiocarbon Program OxCal. *Radiocarbon*, 43: 355-363.
- Burga C.A., Perret R. & Zoller H. 2001. Swiss localities of early recognized Holocene climate fluctuations - Characterization and significance. *Vierteljahresschrift der Naturforschenden Gesellschaft in Zurich*, 146: 65-74.
- Haas J.N., Richoz I., Tinner W. & Wick L. 1998. Synchronous Holocene climatic oscillations recorded on the Swiss Plateau and at timberline in the Alps. *The Holocene*, 8: 301-309.
- Hebting Y., Schaeffer P., Behrens A., Adam P., Schmitt G., Schneckenburger P., Bernasconi S.M. & Albrecht P. 2006. Biomarker evidence for a major preservation pathway of sedimentary organic carbon. *Science*, 312: 1627-1631.
- Heiri O., Tinner W. & Lotter A.F. 2004. Evidence for cooler European summers during periods of changing meltwater flux to the North Atlantic. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 101: 15285-15288.
- Hess T., Reitmaier T., Jochum Zimmermann E., Balmer A., Dobler I. & Della Casa P. 2010. Leventina-praehistorische Siedlungslandschaft. *Archaeologischer Survey im alpinen Tessin und entlang der Gotthardpassroute 2007/2008: kommentierter Katalog*. Jahrbuch *Archaeologie Schweiz*, 93: 173-193.
- Hughes P.D., Gibbard P.L. & Ehlers J. 2013. Timing of glaciation during the last glacial cycle: evaluating the concept of a global "Last Glacial Maximum" (LGM). *Earth-Science Reviews* 125: 171-198.
- Ivy-Ochs S. 2015. Glacier variations in the European Alps at the end of the last glaciation. *Cuadernos de Investigación Geográfica*, 41: 295-315.
- Joerin U. E., Stocker T. F. & Schlüchter C. 2006. Multicentury glacier fluctuations in the Swiss Alps during the Holocene. *The Holocene* 16(5), 697-704.
- Kaltenrieder P., Belis C. A., Hofstetter S., Ammann B., Ravazzi C. & Tinner W. 2009. Environmental and climatic conditions at a potential Glacial refugial site of tree species near the Southern Alpine glaciers. New insights from multiproxy sedimentary studies at Lago della Costa (Euganean Hills, Northeastern Italy). *Quaternary Science Reviews*, 28, 2647-2662.
- Martinetto E., Bouvet D., Vassio E., Magni P. & Jiménez-Mejías P. 2014. A new protocol for the collection and cataloguing of reference material for the study of fossil Cyperaceae fruits: the Modern Carpological Collection. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 201: 56-74.
- Massy J.E. 2011. Etude des changements environnementaux dans la région du lac de Cadagno (Val Piora, TI) au travers de l'évolution de la couverture végétale grâce à l'apport de la palynologie. *Maitrise universitaire en sciences de l'environnement*, Université de Genève.
- Nicolussi K. & Patzelt G. 2000. ABHANDLUNGEN-Untersuchungen zur holozänen Gletscherentwicklung von Pasterze und Gepatschferner (Ostalpen). *Zeitschrift für Gletscherkunde und Glazialgeologie* 36, 1-88.
- Patzelt G. 1977. Der zeitliche Ablauf und das Ausmass postglazialer Klimaschwankungen in den Alpen. *Dendrochronologie und postglaziale Klimaschwankungen in Europa*. (ed B. Frenzel), pp. 248-259. F. Steiner Verlag, Wiesbaden.
- Patzelt G. & Bortenschlager S. 1973. Die postglazialen Gletscher- und Klimaschwankungen in der Venedigergruppe. *Zeitschrift für Geomorphologie N.F. Supplement Band* 16, 25-73.
- Peduzzi R. 1990. Etude d'un filtre bactérien retenant les composés toxiques et trophogènes dans un lac alpin (Lac de Cadagno, massif du St. Gothard). *Cahiers de la faculté des sciences, Université Genève*, 20: 121-133.
- Peduzzi R. 1993a. Il Lago di Cadagno: un modello di meromissia crenogenica. *Memorie della Società ticinese di scienze naturali*, 4: 87-94.
- Peduzzi R. 1993b. Il nuovo Centro di Biologia Alpina di Piora. *Memorie della Società ticinese di scienze naturali*, 4: 25-31.
- Peduzzi R. & Bianconi F. 2017. Dai percorsi natura del settecento all'educazione ambientale odierna. *Documenta Centro di Biologia Alpina*, 5: 117-120.
- Peduzzi R. & Tonolla M. 1989. *Chromatium okenii*, filtre bactérien retenant les composés toxiques et trophogènes dans un lac alpin (Lago di Cadagno, Suisse) - G 20. In: *Actes du 2ème Congrès de la Société Française de Microbiologie*, Strasbourg, 18-21 septembre 1989. Société Française de Microbiologie, Paris, p. 151.
- Peduzzi R., Bachofen R. & Tonolla M. 1998. Lake Cadagno: a meromictic Alpine lake. *Documenta Istituto italiano idrobiologia*, 63: 1-4.
- Peduzzi R., Tagliabue-Cariboni C. & Ferrari-Casanova L. 2017. I sentieri didattici di Piora: significato, bilancio e prospettive. *Dati statistiche e società*, 27(1): 48-59.
- Peduzzi S., 2011. La forza idrica Val Piora-Piotta n.5.1. *Atlante idrologico della Svizzera*, Istituto di Geografia dell'Università di Berna, 42 pp.
- Pini R., Ravazzi C., Raiteri L., Guerreschi A., Castellano L. & Comolli R. 2017. From pristine forests to high-altitude pastures: an ecological approach to prehistoric human impact on vegetation and landscapes in the western Italian Alps. *Journal of Ecology*, 105: 1580-1597.
- Reimer P.J., Bard E., Bayliss A., Beck J.W., Blackwell P.G., Bronk Ramsey C., Buck C.E., Cheng H., Edwards R.L., Friedrich M., Grootes P.M., Guilderson T.P., Haffidason H., Hajdas I., Hatté C., Heaton T.J., Hoffmann D.L., Hogg A.G., Hughen K.A., Kaiser K.F., Kromer B., Manning S.W., Niu M., Reimer R.W., Richards D.A., Scott E.M., Southon J.R., Staff R.A., Turney C.S.M. & van der Plicht J. 2013. IntCal13 and Marine13 radiocarbon age calibration curves 0-50,000 years cal BP. *Radiocarbon*, 55(4): 1869-1887.
- Renner F. 1982. Beiträge zur Gletscher-Geschichte des Gotthardgebietes und Dendroklimatologische Analysen an Fossilien Hölzern. PhD Thesis, Universität Zürich. *Physische Geographie*, 8, 180 pp.
- Samartin S., Heiri O., Kaltenrieder P., Kühl N. & Tinner W. 2016. Reconstruction of full glacial environments and summer temperatures from Lago della Costa, a refugial site in Northern Italy. *Quaternary Science Reviews*, 143, 107-119.

- Scapozza C. 2016. Evidence of paraglacial and paraperiglacial crisis in Alpine sediment transfer since the last glaciation (Ticino, Switzerland). *Quaternaire*, 27(2): 139-155.
- Scapozza C. & Fontana G. 2009. Le Alpi Bleniesi. Storia glaciale e periglaciale e patrimonio geomorfologico. *Memorie della Società ticinese di Scienze naturali e del Museo cantonale di storia naturale*, Lugano, 10: 1-111.
- Scapozza C., Castelletti C., Soma L., Dall'Agnolo S. & Ambrosi C. 2014. Timing of LGM and deglaciation in the Southern Swiss Alps. *Géomorphologie: relief, processus, environnement*, 20: 307-322.
- Schwörer C., Kaltenrieder P., Glur L., Berlinger M., Elbert J., Frei S., Gilli A., Hafner A., Anselmetti F. S., Grosjean M. & Tinner W. 2014. Holocene climate, fire and vegetation dynamics at the treeline in the Northwestern Swiss Alps. *Vegetation History and Archaeobotany*, 23: 479-496.
- Stuiver M. & Polach H. A. 1977. Discussion: Reporting of  $^{14}\text{C}$  data. *Radiocarbon*, 19(3): 355-363.
- Vescovi E., Tinner W., Beer R., Van Leeuwen J., Steinhauser U., Ziegler S., Gilli A., Wirth S.B., Samartin S., Jacquat C. & Carraro G. 2018. Vegetation History of the Upper Leventina Valley from Neolithic to Roman Times, Recorded by Pollen, Spores, Plant Macrofossils, and Charcoal. In: Della Casa Ph. (ed.) *The Leventina Prehistoric Landscape (Alpine Ticino Valley, Switzerland)*. *Zurich Studies in Archaeology*, 12: 207-225. Zurich, Chronos.
- Wirsig C., Zasadni J., Christl M., Akçar N. & Ivy-Ochs S. 2016. Dating the onset of LGM ice surface lowering in the High Alps. *Quaternary Science Reviews*, 143: 37-50.
- Zoller H. 1960. Pollenanalytische Untersuchungen zur Vegetationsgeschichte der insubrischen Schweiz. *Denkschriften Schweizerische Naturforschende Gesellschaft*, 83: 45-156.
- Zoller H. 1977. Alter und Ausmass postglazialer Klimaschwankungen in den Schweizer Alpen. In: Frenzel B. (ed.), *Dendrochronologie und postglaziale Klimaschwankungen in Europa*. F. Steiner Verlag, Wiesbaden, pp. 171-281.

# Misurare l'energia dei luoghi: i metodi geofisici passivi e la loro applicazione nel Cantone Ticino

Cristian Scapozza<sup>1</sup> e Pierre Gex<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Istituto scienze della Terra, Scuola universitaria professionale della Svizzera italiana (SUPSI), Campus Trevano, CH-6952 Canobbio

<sup>2</sup> Già presso l'Institut de géophysique, Université de Lausanne, Géopolis, CH-1015 Lausanne

*cristian.scapozza@supsi.ch*

---

**Riassunto:** I cosiddetti “luoghi energetici” esistono in natura e si possono spiegare con leggi fisiche ben precise. La loro prospezione è prerogativa dei metodi di geofisica passiva, che sono basati sullo studio delle variazioni di campi energetici naturali presenti nel sottosuolo. Questi metodi, a differenza di prospezioni pseudoscientifiche che utilizzano unità di misura non univocamente fondate dal punto di vista fisico per quantificare le vibrazioni emanate da luoghi, oggetti o essere viventi (come ad esempio la Scala Bovis, utilizzata nell'ambito dell'esoterismo e della raddomanzia), consentono di misurare e quantificare delle anomalie locali nei campi energetici naturali e studiare quindi in maniera indiretta la struttura e le proprietà fisiche del sottosuolo. Tramite esempi di applicazione nel Cantone Ticino nell'ambito di studi geomorfologici e di geologia del Quaternario, sono presentati: a) il metodo audio-magnetotellurico, che sfrutta il campo elettromagnetico indotto dai temporali della zona di convergenza intertropicale e dal vento solare; b) una variante del metodo radio-magnetotellurico, dove il segnale primario è generato da antenne a bassa frequenza; c) i potenziali di elettrofiltrazione desunti dalla misura dei potenziali spontanei; d) la sismica passiva, basata sulla prospezione di onde sonore non generate artificialmente dall'operatore.

**Parole chiave:** geofisica applicata, metodo audio-magnetotellurico, metodo radio-magnetotellurico, VLF-R, potenziale spontaneo, potenziale di elettrofiltrazione, sismica passiva

**Measuring the places energy: the passive geophysical methods and their application in the Canton of Ticino**

**Abstract:** The so-called “energetic places” exist in nature and can be explained by precise physical laws. Their prospecting is the prerogative of passive geophysical methods, which are based on the study of the variations of natural energetical fields present in the subsurface. These methods, unlike pseudoscientific surveys based on measurement units that are not physically grounded to quantify the vibrations emanating from places objects or living beings (such as the Bovis Scale, used in the sphere of esotericism and dowsing), allow to measure and quantify local anomalies in natural energetical fields and then indirectly study the structure and physical properties of the subsurface. The following passive geophysical methods applied in the Canton of Ticino in the field of geomorphological and Quaternary geological studies are here presented: a) the audio-magnetotelluric method, which exploit the electromagnetic field induced by storms of the intertropical convergence zone and the solar wind; b) an option of the radio-magnetotelluric method, where the primary signal is generated by very low-frequency antennas; c) streaming potentials determined by the measurement of self-potentials; d) passive seismic, based on the prospecting of sonic waves not artificially generated by the operator.

**Key words:** applied geophysics, audio-magnetotelluric method, radio-magnetotelluric method, VLF-R, self-potential, streaming potential, passive seismic

---

## INTRODUZIONE

Dalle prospezioni geofisiche per supportare lo sfruttamento di fonti di energia fossili o rinnovabili (AET, 2010; Soma *et al.*, 2013) fino alla fantomatica identificazione di energia dai luoghi (Andretta, 2017), lo studio dei campi naturali presenti nel sottosuolo del Cantone Ticino ha ritrovato negli ultimi anni un rinnovato vigore. Il territorio del nostro cantone non è nuovo a prospezioni geofisiche per lo studio del riempimento dei fondovalle e bacini lacustri e delle risorse energetiche e idriche in essi presenti. Vaste campagne di prospezioni

geoelettriche o sismiche sono state condotte in Ticino, sia per stimare il potenziale idrico dei fondovalle (Fondazione Lerici, 1970; Istituto Geologico Cantonale 1993), sia per lo studio della struttura del basamento roccioso dei solchi vallivi (Finckh, 1978; Felber *et al.*, 1994; Pfiffner *et al.* 1997), sia per la caratterizzazione di grandi frane di scivolamento come quella di Campo Vallemaggia (Bonzanigo & Frei, 1992; Bonzanigo, 1999).

Scopo di questo contributo è mostrare come i cosiddetti “luoghi energetici” esistono in natura, si possono spiegare con leggi fisiche ben precise e si possono

misurare grazie alla prospezione geofisica. Saranno quindi presentati brevemente gli obiettivi e i metodi della geofisica applicata mediante esempi provenienti da lavori di ricerca nei campi della geomorfologia e della geologia del Quaternario condotti sul territorio del Cantone Ticino, focalizzandosi in particolare sui metodi geofisici di tipo passivo. L'accento sarà posto sui metodi di investigazione dei campi naturali presenti nel sottosuolo, dove quindi non vi è un segnale creato artificialmente dall'Uomo, con particolare accezione ai metodi audio- radio-magnetotellurici a bassa frequenza, ai potenziali spontanei e alla sismica passiva.

## PRINCIPI E METODI DELLA GEOFISICA APPLICATA

La geofisica applicata è una disciplina delle scienze della Terra che studia le caratteristiche del sottosuolo misurandone le proprietà fisiche tramite la prospezione con metodi indiretti e non invasivi (Telford *et al.*, 2010). Fa eccezione solamente la misura condotta a partire da perforazioni, che costituisce il metodo della diagrafia o registrazione di log (*well logging*; Ellis & Singer, 2007). La geofisica applicata si rivolge soprattutto alla prospezione in campo ambientale, energetico e ingegneristico (Reynolds, 1997) o quale supporto alla prospezione in campo archeologico (Chapellier, 1975).

I metodi geofisici si distinguono comunemente in metodi attivi e passivi: nel primo caso, la prospezione è eseguita grazie a un segnale creato artificialmente che è trasmesso nel terreno; nel secondo, sono rilevate le variazioni di campi naturali presenti nel sottosuolo. Si distinguono poi i metodi basati sulla propagazione di onde, quali la sismica e il radar geologico, e i metodi di potenziale, fondati sullo studio dei campi gravitazionale (gravimetria), magnetico (magnetismo), elettrico (geoelettrica) o elettromagnetico (metodi EM) (Dubois & Diamant, 2005).

I principali metodi geofisici attivi e la loro applicazione al territorio del Cantone Ticino sono:

- la **sismica a riflessione e rifrazione**, basata sulla misura della velocità di propagazione di onde sonore generate artificialmente alla superficie del suolo; applicata per la stima dello spessore di depositi quaternari e del loro grado di saturazione e alterazione in ambito idrogeologico (Fondazione Lerici, 1970; Niessen, 1987; Mari & Otz, 1997) e geotecnico (Frei *et al.*, 1998);
- la **geoelettrica** (compresa la **polarizzazione indotta**), basata sulla quantificazione della resistività del terreno sulla base della misura dei parametri di intensità e tensione di un campo elettrico generato artificialmente alla superficie del suolo; applicata per studi sulla saturazione in acqua di depositi quaternari (Fondazione Lerici, 1970), ammassi rocciosi (Marzocchi *et al.*, 2010; Marzocchi, 2012) e instabilità di versante (Scapozza & Laigre, 2014), per indagini in ambito archeologico (Kern, 1988) o per la prospezione del permafrost (Scapozza, 2008; Scapozza *et al.*, 2011);

- l'**elettromagnetismo** o EM, basato, o sulla misura delle variazioni laterali della conduttività apparente del sottosuolo grazie a un campo elettrico indotto (in dominio frequenza o FDEM), o sulla misura della suscettibilità magnetica della componente reale della risposta elettromagnetica (in-phase), o ancora sulla misura del tempo di risposta a un impulso EM transitorio (in dominio tempo o TDEM), tutte e tre quantificabili senza contatto diretto con la superficie del terreno; poco utilizzato in Ticino se non per uno studio sul riempimento quaternario della bassa Valle di Blenio (Scapozza *et al.*, 2007) o nella prospezione del permafrost (Scapozza, 2008; Scapozza *et al.*, 2011);
- il **radar geologico** o GPR (*Ground Penetrating Radar*), basato sull'analisi delle riflessioni di onde elettromagnetiche ad alta frequenza trasmesse nel sottosuolo; utilizzato in Ticino e regioni confinanti soprattutto in ambito archeologico, ad esempio per lo studio della necropoli di Arsago Seprio in provincia di Varese (De Marchi, 2004), delle chiese di Santa Maria in Borgo a Mendrisio (Cardani Vergani, 2009) e di Sant'Abbondio a Stabio (Cardani Vergani, 2012).

Per quanto concerne i metodi geofisici passivi, possiamo citare:

- la **gravimetria**, basata sullo studio delle variazioni del campo gravitazionale associato a differenze di densità del sottosuolo; un atlante gravimetrico è disponibile per tutto il Cantone Ticino (Olivier, 2002), mentre questo metodo è stato utilizzato nel Mendrisiotto per lo studio di strutture geologiche sepolte e la validazione di prospezioni sismiche (Franciosi & Antognini, 1992);
- il **magnetismo**, basato sulla misura delle variazioni dei valori di intensità totale, inclinazione e declinazione del campo magnetico terrestre; un atlante di tutte e tre le componenti è disponibile per l'insieme della Svizzera (Fischer & Schnegg, 1979);
- i **metodi audio- e radio-magnetotellurico** AMT e RMT a bassa frequenza (VLF - *Very Low Frequency*), basati sulla prospezione delle componenti orizzontali di un campo elettrico e del campo magnetico che gli è perpendicolare, che può essere di origine naturale (nel caso dell'AMT il campo è indotto dai fulmini generati dai temporali della fascia intertropicale) o artificiale (nel caso del RMT il campo è prodotto da antenne radio a bassa frequenza per la comunicazione con i sommergibili in emersione, ma non è controllabile dall'operatore); queste tipologie di metodi sono state applicate allo studio di acquiferi fessurati per determinare il bacino imbrifero di sorgenti (Mari & Otz, 1997) o di venute d'acqua in gallerie (Marzocchi *et al.*, 2010; Marzocchi, 2012), per studi di mineralizzazioni filoniane (Cuchet, 1999), per la prospezione del permafrost (Scapozza, 2008; Scapozza *et al.*, 2008; Scapozza *et al.*, 2011) o per lo studio del riempimento quaternario dei fondivalle (Scapozza *et al.*, 2007);
- i **potenziali spontanei** o PS (o SP per *self-potential*), basati sulle correnti elettriche che si producono spontaneamente nel sottosuolo alla presenza di giacimenti minerali a forte conducibilità elettrica (per

esempio metalli o grafite) o a causa del movimento di molecole d'acqua; le principali applicazioni in Ticino hanno studiato i giacimenti minerali del Malcantone (Gex, 1990a, b) e della Val Morobbia (Cuchet, 1999), i movimenti d'acqua all'interno della frana di Cerentino (Gass, 2003) o l'idrologia di ghiacciai rocciosi e falde di detrito in ambiente periglaciale (Scapozza, 2008; Scapozza *et al.*, 2008);

- la **sismica passiva**, basata sull'analisi del rapporto tra le componenti orizzontale e verticale delle onde sismiche legate a vibrazioni del terreno indotte da sorgenti non controllate; usata nel contesto sudalpino essenzialmente per stimare lo spessore della copertura quaternaria e la morfologia del basamento roccioso (Ambrosi *et al.*, 2015; Bruno 2015; Mele *et al.*, 2016).

## IL METODO AUDIO-MAGNETOTELLURICO

### Principi del metodo

Il metodo AMT è una variante del metodo magnetotellurico proposto da Cagniard (1953) ed è basato sulla prospezione del campo elettromagnetico indotto dai temporali della zona di convergenza intertropicale e dal vento solare (Gex, 1990c). Queste fonti energetiche producono delle correnti elettriche naturali che circolano nel sottosuolo sotto forma di un segnale alternativo continuo dove tutte le frequenze sono mischiate. Grazie alla selezione delle frequenze misurate, è possibile modulare la profondità di penetrazione e compiere quindi dei sondaggi AMT. Siccome, per effetto pelle (*skin effect*), più la frequenza della corrente è bassa, più essa va in profondità nel sottosuolo, la profondità di penetrazione è quella alla quale non rimane più che il 36.8% del supposto segnale iniziale non generato dall'operatore (pari a  $e^{-1}$ , dove  $e \approx 2.72$ ), secondo la legge di attenuazione di una corrente alternata con la profondità seguente:

$$p = 503 \cdot (\rho/f)^{1/2} \quad (1)$$

dove:  $p$  = profondità di penetrazione [m];  $\rho$  = resistività [ $\Omega\text{m}$ ];  $f$  = frequenza [Hz].

La profondità di investigazione utile, vale a dire la profondità alla quale il rapporto segnale/rumore è ancora soddisfacente per avere delle misure interpretabili, è di circa  $p/2$ . Teoricamente, come per tutte le prospezioni geofisiche unidimensionali, l'interpretazione di un sondaggio AMT richiederebbe un sottosuolo omogeneo e isotropo di estensione infinita, ciò che non è mai il caso in natura. Nella pratica, lo studio di una struttura bidimensionale è ancora possibile. A causa dell'eterogeneità e dell'anisotropia dei terreni prospettati, in questo caso, la resistività misurata è però una resistività apparente, che può essere calcolata come segue:

$$\rho_a = (0.2/f) \cdot (E/H)^2 \quad (2)$$

dove:  $\rho_a$  = resistività apparente [ $\Omega\text{m}$ ];  $f$  = frequenza [Hz];  $E$  = campo elettrico [mV/km];  $H$  = campo magnetico [nT].

La misura del campo elettrico è possibile grazie a una linea tellurica composta da tre elettrodi collegati da cavi isolati, mentre il campo magnetico è misurato mediante un magnetometro posto perpendicolarmente alla linea tellurica (Fig. 1A). Le frequenze utilizzate si situano nella gamma delle frequenze udibili e sono comprese tra 1 Hz e 7 kHz (da ELF – *Extremely Low Frequency* a VLF – *Very Low Frequency*). La misura può avvenire sia automaticamente sia manualmente, mentre la linea tellurica può essere posizionata sia parallelamente sia perpendicolarmente all'asse della valle.

### Esempio di applicazione

Analogamente a quanto condotto da Gex (1990c) nella bassa valle del Rodano (Vaud e Vallese), uno studio AMT è stato condotto nella bassa Valle di Blenio, sulla pianura alluvionale del Brenno tra Malvaglia e Loderio, per determinare la profondità e la conformazione del fondo roccioso. Lo studio si prefiggeva di completare le informazioni ottenute dalle prospezioni eseguite nel Programma Nazionale di Ricerca PNR20 sulla struttura profonda delle Alpi, dove è stata determinata la conformazione del fondo roccioso nel Piano di Magadino e nella bassa Valle Leventina (Felber *et al.*, 1994; Pfiffner *et al.*, 1997).

Quattro sondaggi AMT con configurazioni differenti della linea tellurica sono stati misurati il 22 e 23 agosto 2007 (Tab. 1). Le misure sono state condotte con un resistivimetro scalare SAMTEC-1 della marca francese Iris Instruments (Fig. 1A), che permette di eseguire dei cicli automatici su una gamma di frequenza compresa tra 1 Hz e 7.5 kHz lavorando contemporaneamente su quattro frequenze. Oltre al ricevitore SAMTEC-1, lo strumento è composto da un magnetometro (banda da 1 Hz a 10 kHz) e da una linea tellurica attiva composta da tre elettrodi impolarizzabili amplificati di 20 m di lunghezza (intervallo inter-elettrodi di 10 m). Siccome la forma a truogolo del fondovalle ha tendenza a canalizzare il campo elettrico naturale, la linea tellurica è stata installata di preferenza parallelamente all'asse della valle. Lo strumento è munito di filtri per, a scelta, le frequenze di 50, 150 e 250 Hz o le frequenze di 60, 130 e 300 Hz, e di un filtro addizionale a  $16^{2/3}$  Hz per la corrente delle linee delle Ferrovie Federali Svizzere (FFS).

I segnali  $E$  e  $H$  erano generalmente stabili in tutte le acquisizioni. Nonostante ciò, i valori di resistività apparente ottenuti erano completamente aberranti poiché inferiori al millesimo di  $\Omega\text{m}$ , questo tanto per i valori restituiti dal resistivimetro, quanto per i valori calcolati sulla base dell'Eq. (2). Se si escludono dei problemi tecnici al resistivimetro scalare SAMTEC-1, l'insuccesso dei sondaggi AMT è probabilmente da ricondurre alla moltiplicazione dei campi elettrici di origine artificiale, in particolare quelli originati dalle reti di telefonia mobile, che sono canalizzati nei fondovalle fortemente antropizzati. Già Gex (1990c) sollevava l'argomento che, sovente, la qualità delle misure AMT condotte in un fondovalle antropizzato lascia a desiderare a causa delle correnti elettriche parassitarie, e questo ben 17 anni prima delle misure compiute nella bassa Valle di Blenio.

Tabella 1: Localizzazione e riepilogo dei sondaggi AMT effettuati nella bassa Valle di Blenio.

Sondaggio	Coordinate CH1903 / LV03	Modalità	Acquisizione	Linea tellurica	Commenti
BLE_100	718'720/138'305	normale	automatica	// asse della valle	–
BLE_101		picchi	automatica	// asse della valle	problemi a 610 Hz
BLE_102		normale	automatica	// asse della valle	–
BLE_103		normale	automatica	⊥ asse della valle	–
BLE_104		senza picchi	automatica	⊥ asse della valle	problemi a 610 Hz
BLE_200	718'925/138'715	normale	automatica	// asse della valle	–
BLE_201		senza picchi	automatica	// asse della valle	problemi a 610 Hz
BLE_300	718'610/139'120	normale	automatica	// asse della valle	sondaggio doppio
BLE_301		normale	automatica	⊥ asse della valle	sondaggio doppio
BLE_400	718'420/139'280	normale	manuale	// asse della valle	–
BLE_401		normale	automatica	// asse della valle	–

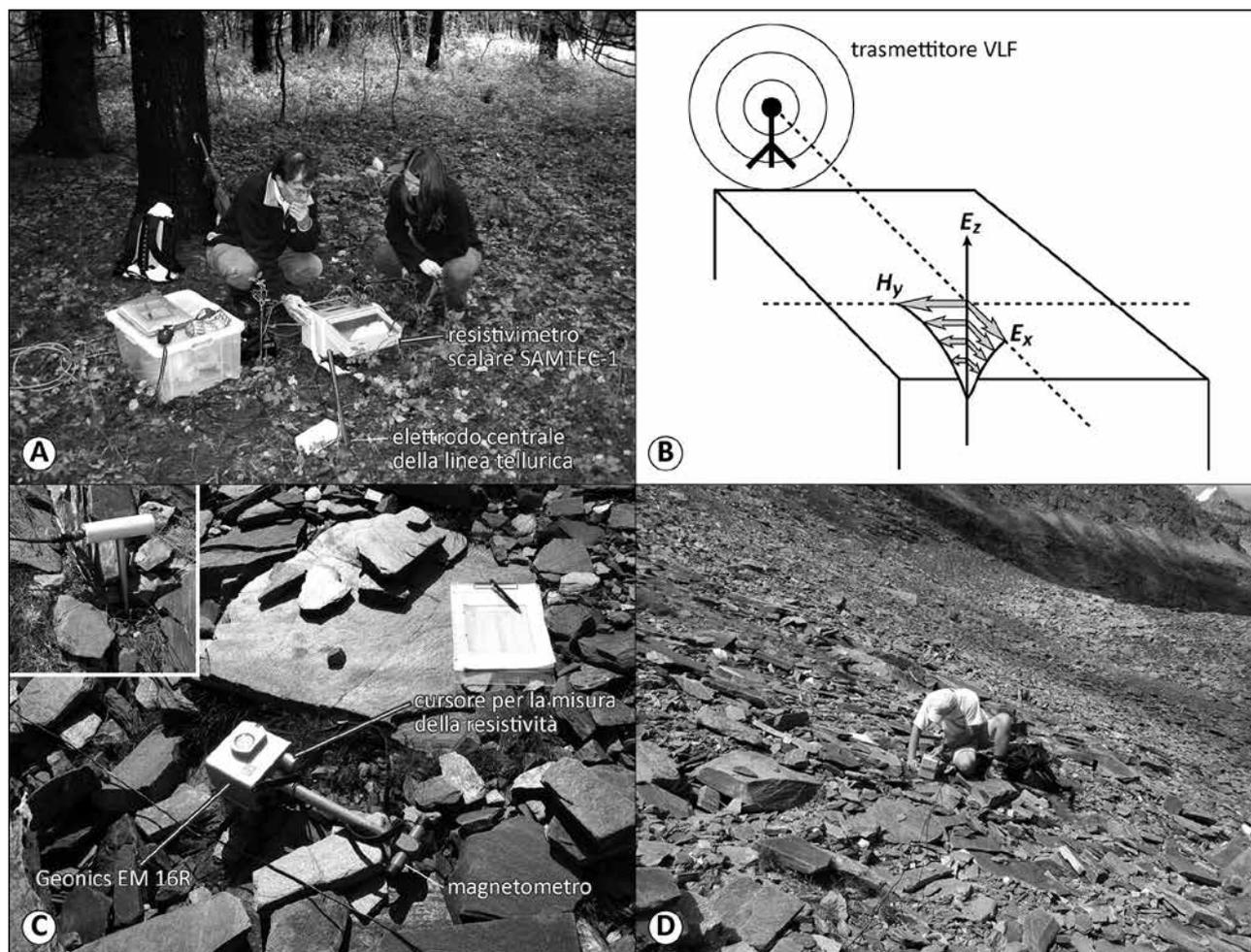


Figura 1: I metodi audio- e radio-magnetotellurici. A. Stazione di acquisizione delle misure AMT nella Bolla di Loderio, bassa Valle di Blenio. Nella foto, il Dr. Pierre Gex e Georgia Scapoza-Fontana. B. Rappresentazione schematica dei campi magnetico ( $H_y$ ) ed elettrico ( $E_x$ ) generati da un trasmettitore VLF situato a grande distanza. Notate l'attenuazione dei due campi con la profondità per effetto pelle. Modificato da Scapoza (2008: 86). C. Lo strumento di misura VLF-R Geonics EM 16R; nel riquadro, dettaglio di uno degli elettrodi di misura del campo elettrico. D. Misurazioni VLF-R per la prospezione del permafrost nella zona distale della falda di detrito di Gana Rossa, alta Val Malvaglia.

## IL METODO RADIO-MAGNETOTELLURICO

### Principi del metodo

Il metodo VLF (*Very Low Frequency*) consiste nel captare, grazie a un ricevitore, le perturbazioni di un campo elettromagnetico primario prodotto da antenne militari per la comunicazione con i sommergibili in emersione. La banda di frequenza compresa fra 15 e 25 kHz permette di sfruttare dei trasmettitori situati a migliaia di chilometri di distanza grazie all'effetto pelle presentato in precedenza, vedi Eq. (1). Quando il campo primario incontra un corpo conduttore (strato geologico, oggetto metallico, discontinuità tettonica, ecc.), un campo secondario è creato per induzione elettromagnetica. I campi primario e secondario si combinano per formare una risultante, la cui inclinazione rispetto all'orizzontale è misurata grazie al ricevitore VLF. Questo è il principio del metodo VLF-EM, utilizzato per esempio per localizzare delle zone fratturate permeabili negli acquiferi fessurati, delle faglie e grosse cavità sotterranee, come è stato il caso ad esempio nello studio del bacino imbrifero della sorgente del Brenno all'Alpe Pertusio (Mari & Otz, 1997), o per lo studio del comportamento idrogeologico delle fessure attorno alla galleria di base del Monte Ceneri (Marzocchi *et al.*, 2010).

Una variante del metodo VLF classico, denominata VLF-R (*Very Low Frequency Resistivity*) permette di calcolare la resistività apparente del sottosuolo grazie all'Eq. (2), sfruttando contemporaneamente la componente magnetica e la componente elettrica che gli è perpendicolare, di un'onda elettromagnetica (Fig. 1B). Oltre alla resistività apparente, il VLF-R permette di determinare lo sfasamento tra E e H, espresso da un angolo  $\varphi$  (in  $^{\circ}$ ) calcolato come segue (Sharma & Kaikkonen, 1998: 650; Kaikkonen & Sharma, 1998: 157):

$$\varphi = \arctan [\text{Im}(E/H) / \text{Re}(E/H)] \quad (3)$$

dove: Im = parte immaginaria; Re = parte reale; entrambe riferite al rapporto tra campo elettrico (E) e campo magnetico (H). Se  $\varphi = 45^{\circ}$ , non vi è nessuna variazione della resistività con la profondità; se  $\varphi < 45^{\circ}$ , la resistività aumenta con la profondità; se  $\varphi > 45^{\circ}$ , la resistività diminuisce con la profondità.

### Esempio di applicazione

Se le applicazioni classiche del VLF-R concernono essenzialmente lo studio dello spessore del riempimento quaternario dei fondivalle, come è stato il caso nella Gasteretal, Oberland Bernese (Fischer *et al.*, 1987), o le prospezioni di filoni mineralizzati in Val Morobbia (Cuchet, 1999), questo metodo è stato applicato nelle Alpi ticinesi con risultati molto incoraggianti anche per la prospezione del permafrost (Scapozza, 2008; Scapozza *et al.*, 2008; Scapozza *et al.*, 2011).

Le misure sono state condotte con un resistivimetro EM 16R, della marca canadese Geonics (Fig. 1C). La misura del campo elettrico è eseguita con due elettrodi di acciaio distanziati di 10 m e ad alta impedenza di entrata (100 M $\Omega$ ), ciò che garantisce un ottimo accoppiamento con il terreno anche alla presenza di ciottoli e blocchi, come è il caso tipico dei depositi periglaciali

(Fig. 1D). Il campo magnetico è misurato con un magnetometro piazzato perpendicolarmente alla linea degli elettrodi (Fig. 1C). Le misure sono sempre condotte nel senso del campo E, quindi nella direzione dell'azimut del trasmettitore. La direzione del segnale è ricercata utilizzando dapprima l'apparecchio in modalità VLF-EM. In seguito, la misura della resistività apparente e di  $\varphi$  è eseguita ricercando un minimo sonoro sui due cursori corrispondenti. Secondo l'orientamento del profilo, le misure sono state compiute utilizzando come fonti del campo primario i trasmettitori DHO38 di Rhauderfehn in Germania (23.4 kHz) o NAA di Cutler nel Maine (24.0 kHz).

Se la resistività della superficie del suolo è conosciuta, i valori di resistività apparente e di  $\varphi$  permettono di calcolare dei modelli del sottosuolo a due strati, ciò che è particolarmente adatto per la prospezione del permafrost, dove il corpo gelato in permanenza si trova sotto uno stato più conduttivo di spessore variabile denominato strato attivo. I dati sono stati rappresentati, sia sotto forma di pseudo-sezioni calcolate grazie al software 2LAYER (Pirttijärvi, 2004), sia sotto forma di tomografie calcolate per inversione dei dati con il software 2LAYINV (Pirttijärvi, 2006). Nella pseudo-sezione (Fig. 2A), la resistività del secondo strato e lo spessore del primo sono calcolati separatamente per ogni punto di misura partendo da un valore di resistività del primo strato considerato costante lungo tutto il profilo. Nella tomografia, al contrario, il modello di inversione tiene conto di tutte le misure del profilo (Fig. 2B) (si tratta di un'inversione vincolata lateralmente o *laterally constrained inversion*), ciò che permette di ottenere dei valori di resistività di entrambi gli strati che possono variare per ognuno dei punti di misura (Fig. 2C). I valori di resistività del primo strato sono stati ottenuti grazie a sondaggi geoelettrici verticali (VES - *Vertical Electrical Sounding*) realizzati al centro dei profili VLF-R (Scapozza, 2008; Scapozza *et al.*, 2011).

## I POTENZIALI SPONTANEI

### Principi del metodo

Il metodo della polarizzazione spontanea (PS) è nato per la prospezione dei giacimenti minerali ad alta conducibilità elettrica, come quelli contenenti metalli o alla presenza di serie grafittiche, dove la dissimmetria chimica tra elementi ossidanti e riduttori produce dei campi elettrici spontanei. Negli esempi presentati in questo articolo, il metodo PS è basato sulla misura dei potenziali di elettrofiltrazione naturali o potenziali EF, detti anche potenziali elettrocinetici naturali (*streaming potentials*), generati da un flusso d'acqua in un terreno poroso e permeabile (Gass, 2003). Nelle prospezioni minerarie i potenziali EF erano considerati come parassitari, mentre gli sviluppi recenti del metodo si sono focalizzati essenzialmente su questo aspetto (Revil & Jardani, 2018). I potenziali EF sono direttamente proporzionali al filtraggio selettivo di ioni a scala microscopica. L'acqua, agendo come un elettrolita, crea all'interfaccia con i minerali un flusso di carica positiva tra la parte immobile

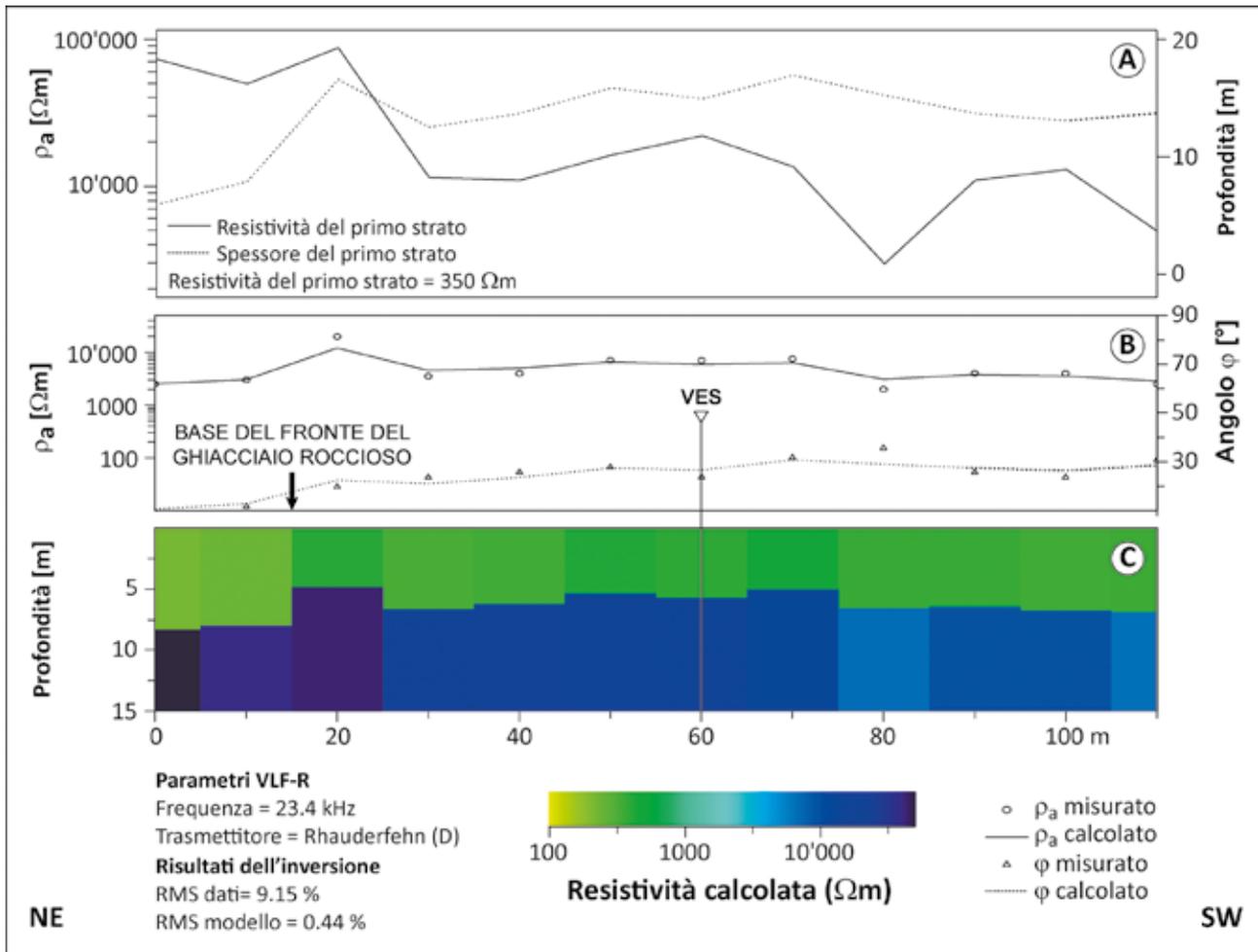


Figura 2: Rappresentazione dei risultati del profilo VLF-R SCE-VLF08 misurato sul ghiacciaio roccioso di Piancabella, alta Val Malvaglia (modificato da Scapozza, 2008: 89). A. Pseudo-sezione. B. Profili della resistività apparente ( $\rho_a$ ) e dell'angolo  $\phi$  misurati e calcolati per inversione dei dati per realizzare la tomografia. C. Tomografia a due strati delle resistività elettriche. VES = sondaggio geoelettrico verticale usato per quantificare la resistività dello strato attivo (strato superficiale).

del doppio strato elettrico e l'elettrolita libero (Fig. 3A). A scala microscopica, la relazione tra il potenziale EF e le caratteristiche dell'elettrolita è espressa dalla legge di Helmholtz-Smoluchowski:

$$EF = (\rho\epsilon\zeta/4\pi\eta) \cdot \Delta P \quad (4)$$

dove:  $\rho$  = resistività del fluido;  $\epsilon$  = costante dielettrica del fluido;  $\zeta$  = potenziale elettrico del doppio strato (o potenziale  $\zeta$ );  $\eta$  = viscosità dinamica del fluido;  $\Delta P$  = differenza di carica idraulica tra i punti di misura di EF. Per convenzione, il potenziale  $\zeta$  è il potenziale del piano di taglio che separa lo strato di Stern dallo strato diffuso di Gouy-Chapman (Fig. 3A).

La dissimmetria nella distribuzione delle cariche permette, di conseguenza, la creazione di un potenziale negativo quando l'acqua si infila, positivo quando l'acqua fuoriesce. È questa caratteristica che fa della PS il solo metodo geofisico di superficie in grado di captare il movimento dell'acqua nel sottosuolo.

La PS è un metodo passivo e relativo. Ogni valore del potenziale EF misurato alla superficie del terreno fa riferimento a un elettrodo di riferimento fisso, collocato alla stazione di base e che dovrebbe situarsi fuori da ogni perturbazione o anomalia di origine naturale o

artificiale. Una differenza di potenziale (in mV) è quindi misurata tra questo elettrodo di riferimento fisso e un elettrodo di misura mobile, che l'operatore muove lungo un profilo (Fig. 3B, 3C). La differenza di potenziale all'elettrodo di riferimento è, per convenzione, pari a zero, mentre quella misurata dall'elettrodo di misura è generalmente compresa tra qualche millivolt e un volt e può essere sia positiva sia negativa in funzione del tipo di movimento dell'acqua nel sottosuolo.

### Esempi di applicazione

L'applicazione classica della PS per lo studio di filoni minerali è stata eseguita anche nel Malcantone per lo studio dei giacimenti auriferi nella regione di Astano (Gex, 1990a) e in Val Morobbia per lo studio della mineralizzazione filoniana a pirrotina (Cuchet, 1999), mentre l'applicazione allo studio dell'elettrofiltrazione in scivolamenti si è interessata alla frana di Cerentino, in Valle Rovana (Gass, 2003). In campo ingegneristico, questo metodo ha permesso di studiare i potenziali EF artificiali legati a sette dighe per la produzione di energia idroelettrica nelle Alpi vallesane e francesi (Gex, 1980). Sul territorio ticinese, un'applicazione innovativa della PS è stata eseguita in alta Val Malvaglia per lo studio dell'idrologia periglaciale alpina (Scapozza, 2008; Scapozza *et al.*, 2008; Hauck, 2013).

Le misure sono state condotte grazie a elettrodi impolarizzabili del tipo Cu-CuSO<sub>4</sub> in PVC, riempiti di una soluzione satura di solfato di rame e con tappo di contatto al suolo di legno. Il collegamento è garantito da un cavo di rame protetto di 0.2 mm di diametro, avvolto in bobine di tre chilometri di filo disponibile. La misura della differenza di potenziale è effettuata grazie a un millivoltmetro digitale ad alta impedenza di entrata (100 MΩ) che permette di misurare un campo di variazione di ± 2'000 mV. A esso sono associati un compensatore alimentato da una pila di 1.5 V, che permette quindi una compensazione di ± 750 mV, e un filtro per stabilizzare le misure alla presenza di campi elettrici naturali parassitari.

Misure inedite dei potenziali EF sono state condotte il 6 agosto 2007 sul prato orizzontale a valle della diga del Luzzone, in alta Valle di Blenio, alta 225 m. Le misure sono rappresentate sia sotto forma di profili (Fig. 4A) sia sotto forma di una carta degli equipotenziali EF (Fig. 4C). Il profilo LUZ\_01 presenta, dopo un minimo di -43 mV, un aumento relativamente costante dei potenziali EF in direzione della diga, con il valo-

re massimo di 29 mV raggiunto proprio a prossimità del muro. Questo comportamento è simile a quanto misurato a valle delle dighe di Mauvoisin (Val de Bagnes, VS), Moiry (Val d'Anniviers, VS) e delle Toules (Val d'Entremont, VS). La diminuzione dei potenziali EF a mano a mano che ci si allontana dalla diga e il loro aumento dopo aver toccato un valore minimo a qualche centinaio di metri di distanza traduce un probabile meccanismo di filtraggio dell'acqua sotto la diga dovuto al forte gradiente di pressione su una distanza limitata tra il bacino e la zona a valle, dove la pressione idrostatica è nulla (Gex, 1980). La forte anomalia positiva al centro del settore investigato e posta circa 100 m a valle della diga, ben visibile sia sul profilo LUZ\_02 tra 45 e 80 m di distanza (Fig. 4A) sia nella carta degli equipotenziali EF (Fig. 4C), indica un afflusso d'acqua responsabile di un segnale EF positivo. Questo afflusso è molto probabilmente indipendente dall'EF dovuta alla diga, e potrebbe essere spiegato dall'apporto naturale di acqua in un solco di erosione sul versante sinistro della valle, chiaramente distinguibile nella topografia (Fig. 4C), che provocherebbe un accumulo di

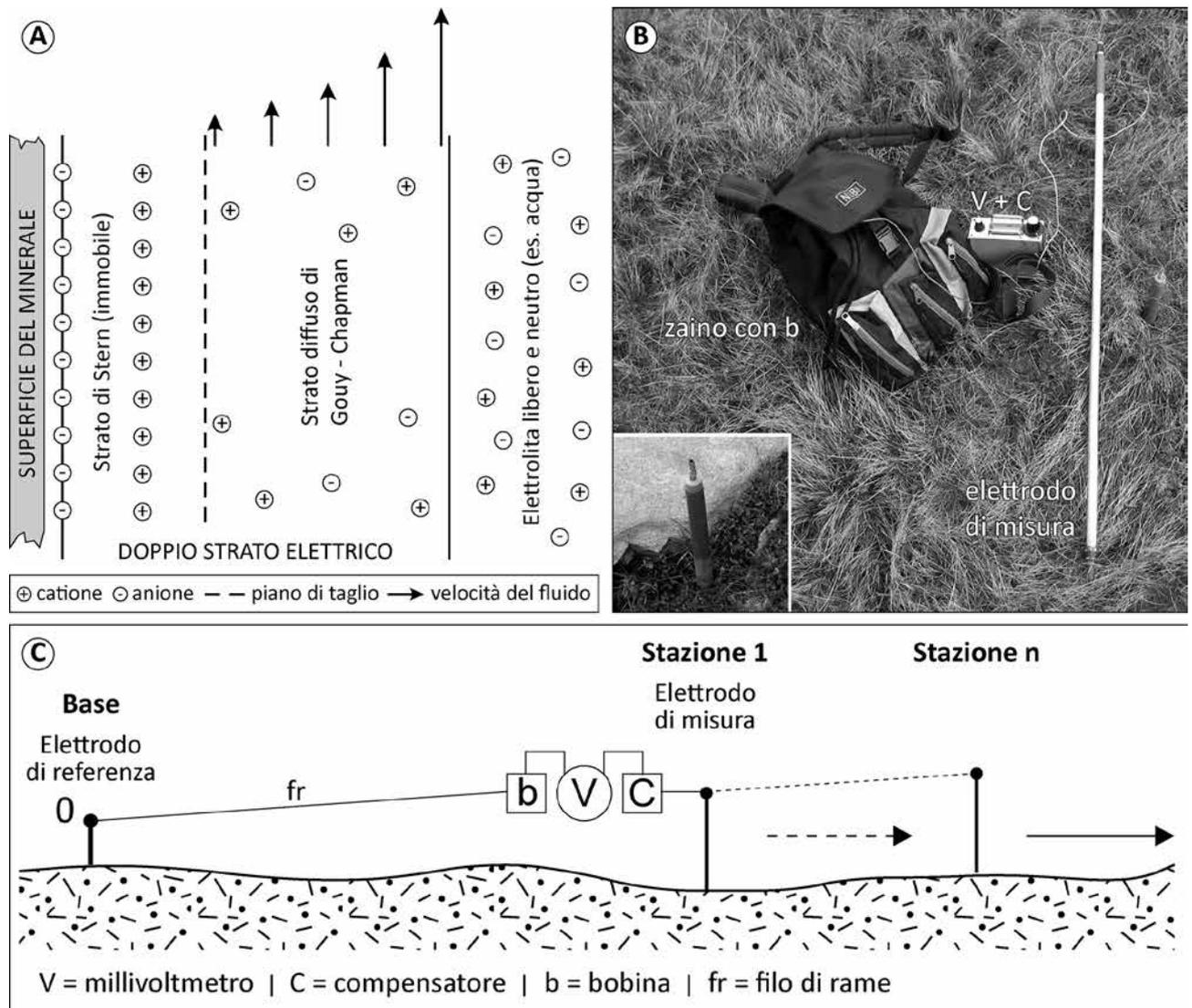


Figura 3: Il metodo della polarizzazione spontanea (PS). A. Struttura schematica dell'interfaccia minerale-acqua all'origine della generazione dei potenziali di elettrofiltrazione. La dimensione del doppio strato elettrico è di alcuni nm. Modificato da Scapozza (2008: 90). B. Materiale utilizzato per le prospezioni PS; nel riquadro, l'elettrodo di riferimento. C. Procedura schematica di acquisizione dei dati PS. Modificato da Scapozza et al. (2008: 1584).

acqua nel riempimento artificiale del solco vallivo che costituisce il pianoro a valle della diga.

Per quanto concerne le prospezioni PS compiute nell'ambiente periglaciale alpino, oltre al funzionamento idrologico stesso dei ghiacciai rocciosi e delle falde di detrito studiate, per il quale si rinvia a Scapoza (2008), Scapoza *et al.* (2008) e Mari *et al.* (2013), le ricerche condotte in questi terreni a forte declività hanno permesso di affinare la metodologia di trattamento dei dati

di EF. Dove la topografia è molto acclive, infatti, il segnale dovuto all'EF naturale di versante è significativo e il suo effetto sui valori misurati può essere importante. Questo tipo di perturbazione, nominato effetto topografico o TE (*Topographic Effect*; Ernstson & Scherer, 1986), fa sì che per un campo elettrico costante i potenziali negativi aumentano rimontando il versante se l'elettrodo di riferimento è collocato alla base dello stesso (Fig. 4B). Per questo motivo, per identificare esclusiva-

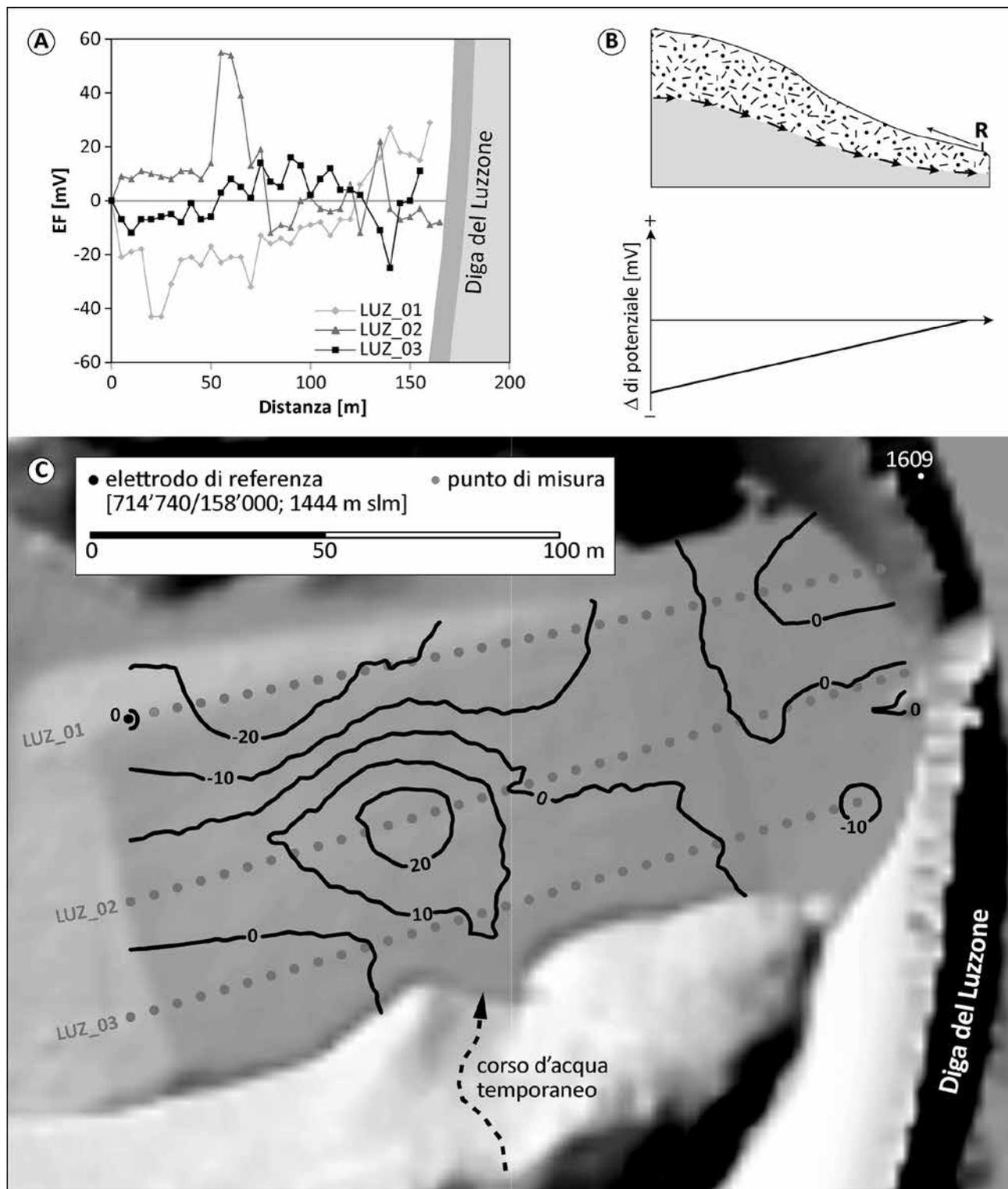


Figura 4: Prospezioni PS a valle della diga del Luzzone, alta Valle di Blenio. A. Profili dei potenziali di elettrofiltrazione. B. Rappresentazione schematica dell'elettrofiltrazione naturale di versante. Modificato da Gass (2003: 10). C. Carta degli equipotenziali di elettrofiltrazione [mV] ottenuta per interpolazione lineare delle misure. Base cartografica: swissALTI3D, ©Ufficio federale di topografia swisstopo.

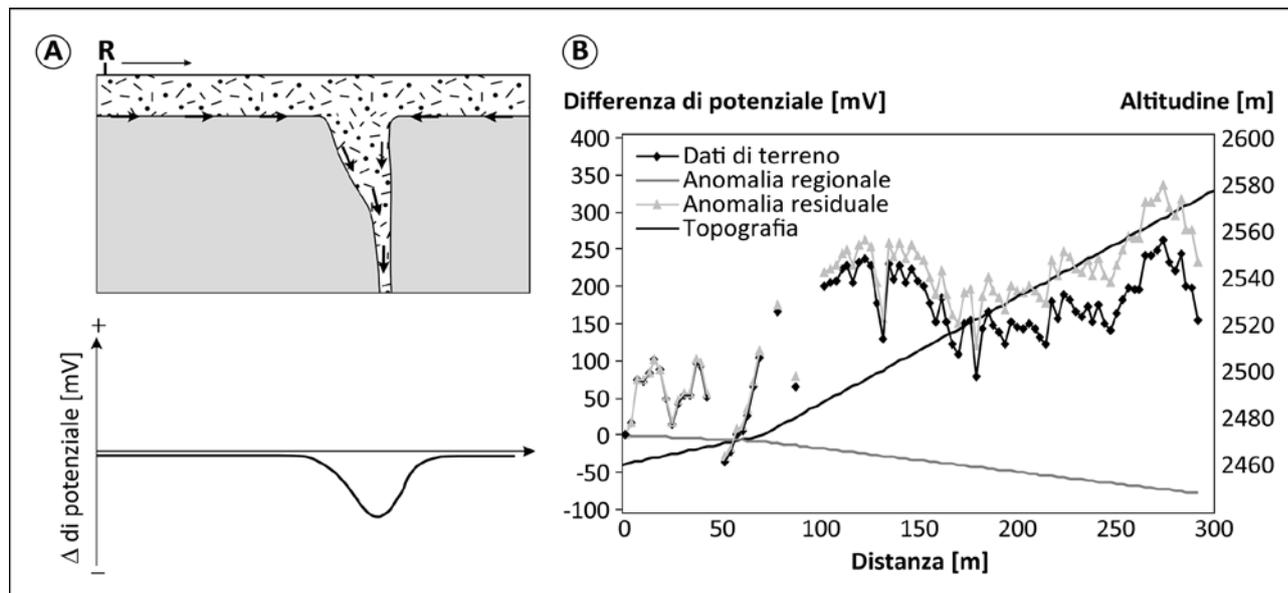


Figura 5: Prosezioni PS in alta Val Malvaglia. A. Rappresentazione schematica di un'anomalia dovuta al movimento verticale discendente dell'acqua in un corpo poroso e impermeabile. Modificato da Gass (2003: 10). B. Esempio di scomposizione dei dati PS in anomalia regionale e anomalia residuale delle misure acquisite sulla falda di detrito di Gana Rossa. Modificato da Scapoza (2008: 95).

mente le anomalie prodotte dal movimento dell'acqua nel sottosuolo, anch'esso generatore di potenziali negativi (Fig. 5A), è stata calcolata un'anomalia regionale ( $K \cdot h$ ) che rappresenta l'EF naturale di versante ( $K$ ). Questa è stata sottratta ai valori misurati ( $\Delta V_M$ ) per ottenere un'anomalia residuale ( $\Delta V_R$ ), usata per interpretare i dati (Fig. 5B), come segue:

$$\Delta V_R = \Delta V_M - (K \cdot h) \quad (5)$$

dove:  $\Delta V_R$  = anomalia residuale [mV];  $\Delta V_M$  = valori misurati [mV];  $K$  = EF naturale di versante [mV/m];  $K \cdot h$  = anomalia regionale [mV];  $h$  = differenza di quota fra l'elettrodo di riferimento e il punto di misura [m].

Le 1'146 misure condotte lungo tutta la Valle di Sceru, su un intervallo di quota di 510 m tra 1'980 e 2'490 m slm, hanno permesso di stabilire un gradiente regionale medio di TE ( $K \cdot h$ ) di -0.68 mV/m. A livello locale, sulla falda di detrito di Sasso di Luzzone, dove il gradiente di pendenza è molto più elevato rispetto all'insieme della Valle di Sceru, il TE calcolato ha raggiunto valori di -5.59 mV/m. In letteratura, sono riportati valori di TE di -0.8 mV/m (Ernstson & Scherer, 1986), -2.0 mV/m (Gex, 1980; Aubert & Yene Atangana, 1996), e compresi tra -1.5 e -4 mV/m (Aubert & Kieffer, 1998).

## LA SISMICA PASSIVA

### Principi del metodo

La sismica passiva è basata sull'analisi di microtremori, vale a dire onde sismiche generate sia da sorgenti antropiche (traffico veicolare, calpestio) sia da sorgenti naturali (vento, perturbazioni atmosferiche, cadute di massi), le cui onde di superficie sono analizzate spettralmente in funzione del rapporto tra le loro componenti orizzontale (H) e verticale (V) (Nakamura, 1989).

La tecnica è quindi denominata anche HVSR (*Horizontal to Vertical Spectral Ratio*).

L'acquisizione del dato avviene tramite una terna di geofoni, due dei quali disposti orizzontalmente (NS, EW) e il terzo disposto verticalmente (UD). La registrazione dei microtremori avviene per venti minuti a una frequenza di campionamento scelta secondo lo scopo dell'indagine, solitamente fra 0.5 e 20 Hz per quanto riguarda l'ambito geotecnico. Per assicurarsi di riuscire a campionare tutta l'ampiezza dell'onda sismica, si predilige spesso un'analisi a frequenze maggiori, che sono poi ricampionate. Il rapporto spettrale H/V è sensibile ai contrasti di velocità delle onde di superficie ( $V_s$ ), ma può identificarne la profondità solo una volta che siano note le  $V_s$ , e viceversa, può identificare le  $V_s$  solo una volta note le profondità (Dal Moro, 2012); tale punto è essenziale per analizzare correttamente il rapporto H/V. Ovviamente, il modello del sottosuolo che si otterrà sarà più accurato maggiori saranno le informazioni a disposizione per vincolarlo. Per tale motivo, la tecnica d'indagine è stata prima applicata in corrispondenza di punti dove la stratigrafia del sottosuolo era conosciuta, allo scopo di stimare nel miglior modo possibile i valori di  $V_s$ .

### Esempio di applicazione

Sondaggi di sismica passiva mediante la tecnica HVSR sono stati eseguiti in Val Colla per stilare delle carte dello spessore dei depositi sciolti superficiali per la valutazione del potenziale di innesco di frane superficiali (Ambrosi et al., 2016). Dodici sondaggi HVSR sono stati realizzati il 5 e 7 novembre 2013 nei settori dell'Alpe Rompiago e dell'Alpe Cottino (Tab. 2) grazie a un tromografo Gemini 2 Hz della marca italiana PASI (Fig. 6A). L'analisi è stata svolta con il software winMASW<sup>®</sup> prodotto da EliaSoft. Gli spessori ottenuti mediante la sismica passiva sono stati confrontati e integrati con i dati di spessore dei depositi sciolti su-

Tabella 2: Localizzazione e riepilogo dei risultati ottenuti dalla prospezione sismica passiva mediante la tecnica HVSR in Val Colla.

Sondaggio	Coordinate CH1903 / LV03	Picco di frequenza	Interpretazione
<b>Alpe Rompiago</b>			
R1	720°505/105°705	nessun picco evidente	substrato subaffiorante
R2	720°410/105°815	30 Hz	2 m suolo, 9 m roccia alterata
R3	720°275/105°850	23 Hz	1 m suolo, 5 m depositi compatti
R4	720°080/105°620	15 Hz e 23 Hz	1 m suolo, 6 m depositi compatti
R5	719°940/105°690	20 Hz	1 m suolo, 5 m depositi compatti
<b>Alpe Cottino</b>			
C1	727°050/105°975	18 Hz	7 m depositi compatti
C2	727°010/106°020	nessun picco evidente	substrato subaffiorante
C3	726°910/106°000	nessun picco evidente	substrato subaffiorante
C4	726°960/106°080	nessun picco evidente	substrato subaffiorante
C5	726°895/106°100	misura non interpretabile	
C6	726°960/106°165	15 Hz	1 m suolo, 6 m depositi compatti
C7	727°005/106°125	12 Hz	9 m depositi compatti

perficiali desunti da osservazioni dirette in sezioni e dai limiti degli affioramenti rocciosi, dove lo spessore dei depositi superficiali è, per definizione, nullo. I punti di osservazione compilati hanno permesso di ottenere una cartografia dello spessore dei depositi superficiali mediante interpolazione geostatistica con il metodo di regressione per kriging ordinario, basato sulla minimizzazione dell'errore quadratico medio (*mean square error*). I limiti geologici degli affioramenti cartografati sul terreno hanno permesso di vincolare il perimetro dell'isobata di spessore nullo (Fig. 6B e C).

Lo spessore del materiale sciolto è relativamente esiguo in entrambi i settori analizzati. Questo indica che si è alla presenza di una copertura pedologica (suolo) posta direttamente sopra il substrato roccioso subaffiorante. Gli spessori massimi sono stati ritrovati a ovest dell'Alpe Rompiago (> 5 m; Fig. 6B) e in località Pastura nel settore dell'Alpe Cottino (> 7 m; Fig. 6C). Dalla stratigrafia ottenuta mediante l'osservazione diretta in sezioni e nei sondaggi di sismica passiva, è quindi possibile classificare il tipo di copertura detritica del substrato roccioso in due categorie: 1. copertura poco spessa (massimo 1-2 m), costituita prevalentemente da suolo installatosi su una fine copertura detritica (deposito di versante e/o alterite) o direttamente sul substrato roccioso (in parte dislocato); 2. copertura pedologica (suolo) installatosi su alcuni metri (tra 5 e 9) di depositi compatti, costituiti da depositi di versante o alterite più evoluti, con una matrice fine originata da alterazione fisica/meccanica (sabbie e limi) o chimica (argille) che riempie l'insieme degli interstizi e diminuisce la porosità del deposito.

## DISCUSSIONE E CONCLUSIONI

La descrizione dei principi di funzionamento dei metodi di geofisica passiva e la loro applicazione grazie a casi di studio svolti sul territorio del Cantone Ticino hanno permesso di mostrare come sia possibile ottenere delle

informazioni sul sottosuolo grazie alla prospezione di campi energetici spontanei, dove la fonte primaria non è generata o controllata dall'operatore. Questi campi energetici possono essere di tipo elettromagnetico (AMT, RMT e VLF), elettrico (PS) o sonico (sismica passiva HVSR), e possono essere generati dalle fonti più disparate e situate a grandi distanze dal luogo di prospezione. Le fonti più lontane, che possono trovarsi a migliaia di chilometri, sono costituite dai campi elettromagnetici a bassa frequenza, generati in maniera naturale dai temporali della fascia intertropicale e dal vento solare (AMT), o in maniera artificiale da trasmettitori radio per comunicazioni a lunga distanza (RMT e VLF). A livello regionale e locale, campi elettrici possono essere generati dal semplice scorrere dell'acqua nel sottosuolo e amplificati dall'acclività della topografia (PS), mentre campi di onde sonore possono essere generati in maniera naturale dai movimenti tettonici o di versante, dal vento e dalle perturbazioni atmosferiche, o in maniera artificiale dal traffico veicolare e dal semplice calpestio (sismica passiva HVSR).

Gli esempi riportati hanno anche permesso di mostrare alcune difficoltà nell'applicazione dei metodi geofisici passivi. I campi elettrici parassitari, sempre più numerosi anche a causa delle reti di telefonia mobile e comprendenti una banda di frequenza sempre più larga, fanno sì che oggi non sia probabilmente più possibile eseguire delle misure AMT in un fondovalle antropizzato, anche in una regione periferica come la Valle di Blenio, a causa di un rapporto segnale/rumore dove domina nettamente il rumore. Questo tipo di perturbazioni non è però presente in alta montagna, dove le misure RMT eseguite con il metodo VLF-R per la prospezione del permafrost hanno fornito eccellenti risultati. Per questo metodo, però, vi è l'incognita della ricezione del segnale dei trasmettitori, la cui emissione non è controllata dai prospettori; esso va sfruttato in una sola direzione (azimut del trasmettitore), può essere schermato dalla presenza di pareti rocciose (Scapozza, 2008: 233), ed essendo di origine militare ha

delle ore di emissione variabili e può essere spento in qualsiasi momento.

Semplici misure di sismica passiva condotte con una terna di geofoni hanno infine permesso di quantificare lo spessore del terreno sopra il basamento roccioso e di ipotizzarne la stratigrafia e quindi anche l'origine genetica.

Il punto forte dei metodi geofisici passivi rimane quello della loro facilità di applicazione. L'acquisizione e il trattamento delle misure sono, il più delle volte, molto semplici, e il fatto di non dover generare il segnale primario fornisce innegabili vantaggi dal punto di vista logistico. La facilità di applicazione e trattamento dei dati non è però sinonimo di semplicità di interpretazione. L'interpretazione di misure il più delle volte unidimensionali (sondaggi geofisici puntuali o profili laterali), dove non vi è un'immagine fisica del sottosuolo come nel caso della tomografia elettrica, sismica o del radar geologico, obbliga a conoscere in maniera approfondita le leggi fisiche sfruttate e a leggere e interpretare una stratigrafia del sottosuolo in dati di natura puramente elettrica, elettromagnetica o sonora (come le resistività apparenti, le differenze di potenziale o le velocità delle onde sismiche). Questo aspetto presenta l'inevitabile vantaggio di non portare a sovra interpretare i risultati

delle prospezioni geofisiche, consentendo di rimanere a stretto contatto con le leggi fisiche che governano i campi energetici nel sottosuolo e la loro disposizione alla superficie terrestre, con l'effetto di riuscire a leggere e interpretare la struttura del terreno senza doverlo perturbare in maniera fisica (con onde sismiche o corrente elettrica) o meccanica.

Lo studio dei potenziali spontanei permette di dimostrare come sia possibile creare un campo elettrico naturale semplicemente per il movimento di acqua nel sottosuolo o addirittura alla presenza di una topografia particolarmente acclive. La creazione di un campo elettrico misurabile semplicemente con due elettrodi impolarizzabile è sintomatica di come la natura funzioni secondo leggi fisiche ben precise, senza che vi sia la necessità di evocare fonti di energia pseudoscientifiche per caratterizzare dei luoghi particolari, espresse in unità di misura non direttamente correlabili a un fenomeno fisico spiegabile (come ad esempio la Scala Bovis, utilizzata per caratterizzare le proprietà energetiche dei luoghi nell'ambito dell'esoterismo e della raddomanzia; vedi Andretta, 2017).

Il semplice effetto topografico (TE), dovuto all'elettrofiltrazione naturale di versante (EF), è capace di generare differenze di potenziale comprese tra 0.07 e 0.56

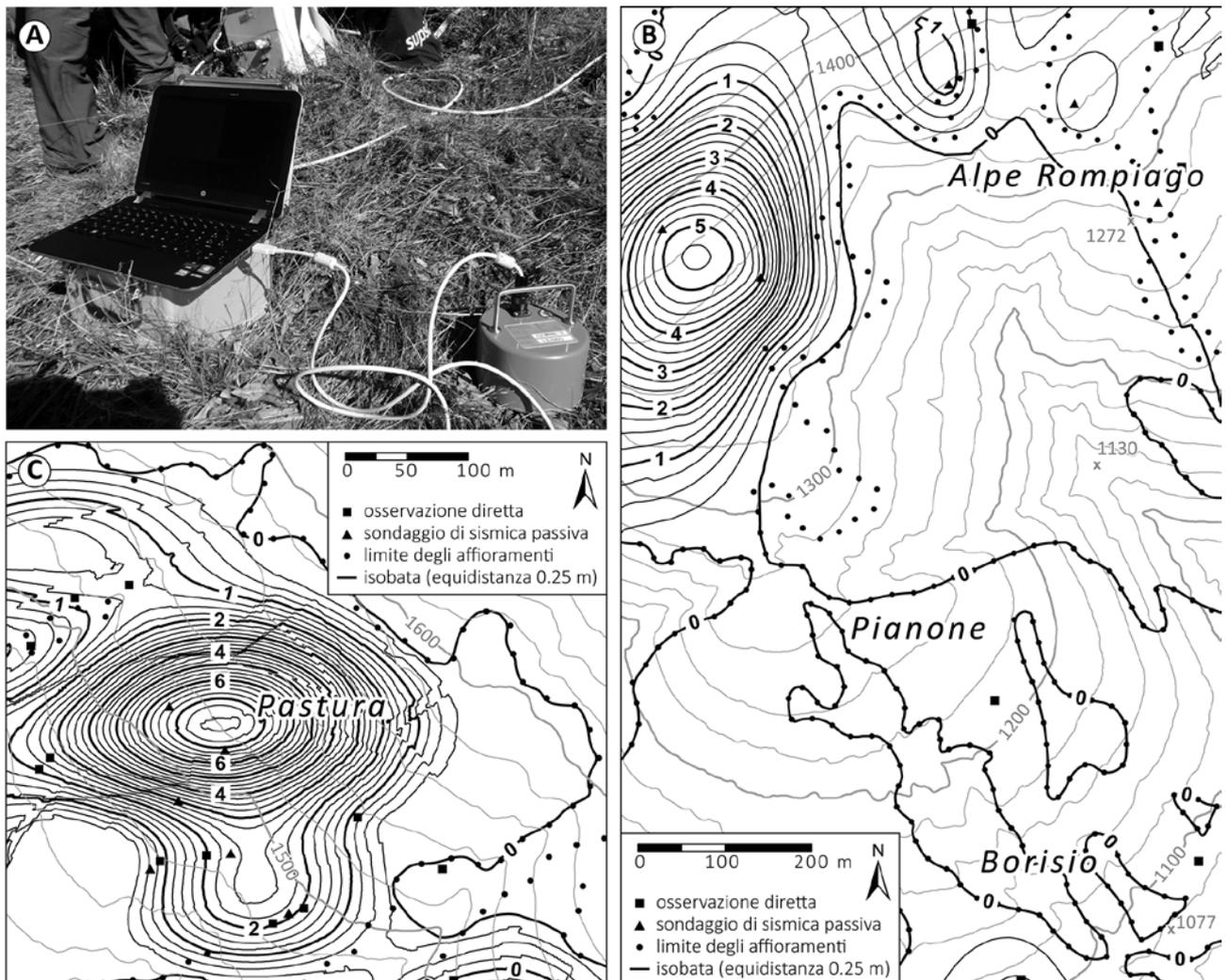


Figura 6: Prospezioni di sismica passiva in alta Val Colla. A. Il tomografo Gemini-2 per le misure di sismica passiva eseguite in questo studio. B. Risultato dell'interpolazione dello spessore del materiale sciolto per il settore dell'Alpe Rompiago. C. Risultato dell'interpolazione dello spessore del materiale sciolto per il settore dell'Alpe Cottino.

volt per 100 m di differenza di quota. Per il valore massimo, con un dislivello di 300 m si potrebbe quindi fare funzionare un piccolo apparecchio elettrico di 1.5 volt (a condizione di avere un valore di intensità di corrente tale da poter essere sfruttato quale fonte energetica), semplicemente sfruttando un normalissimo campo elettrico naturale perfettamente spiegabile da leggi fisiche ben stabilite, univoche e condivise.

## RINGRAZIAMENTI

Le prospezioni AMT sono state condotte sotto la supervisione del Dr. Pierre Gex, dell'Istituto di geofisica dell'Università di Losanna, in collaborazione con Georgia Scapozza-Fontana. Le prospezioni VLF-R e PS sono state condotte autonomamente dall'autore, coadiuvato sul terreno da Edo Beretta, Barbara Scapozza e Georgia Scapozza-Fontana, con materiale dell'Istituto di geofisica dell'Università di Losanna. Le prospezioni di sismica passiva HVSR sono state eseguite da Vittorio Lepori e finanziate dall'Ufficio dei pericoli naturali, degli incendi e dei progetti (UPIP) del Cantone Ticino su mandato del Consorzio Valle del Cassarate e golfo di Lugano (CVC). Un ringraziamento particolare a Sebastian Pera e Filippo Schenker per la rilettura critica del manoscritto.

## BIBLIOGRAFIA

- AET 2010. Progetto AET TiGeo. La ricerca di fonti energetiche nel sottosuolo del Ticino meridionale. Bellinzona, Azienda Elettrica Ticinese (AET), 17 pp. [<http://www.cdt.ch/files/docs/d2737d6f4f31b1a2212449c1c2087eed.pdf>]
- Ambrosi C., Arrigo S., Castelletti C. & Scapozza C. 2015. Analisi storica dell'evoluzione dei dissesti nell'alto bacino del Cassarate. Rapporto finale. Canobbio, Istituto scienze della Terra SUPSI, 75 pp. [rapporto di ricerca non pubblicato]
- Ambrosi C., Arrigo S., Castelletti C. & Scapozza C. 2016. Determining future evolution of landslides from the past: the historical evolution of shallow landslides in the upper Cassarate catchment (Southern Swiss Alps). INTERPRETATION 2016, Conference Proceedings: 388-397. [<http://repository.supsi.ch/7889>]
- Andretta C. 2017. Luoghi energetici in Ticino. Bellinzona, Casagrande, 296 pp.
- Aubert M. & Kieffer G. 1998. Hypothèse d'un processus de glissement sur le secteur nord-est de la caldera de Las Canadas des Teide (Tenerife, Canaries, Espagne): arguments géophysiques et morpho-structuraux. *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences, Earth and Planetary Science*, 326: 87-92. [[https://doi.org/10.1016/S1251-8050\(97\)87451-4](https://doi.org/10.1016/S1251-8050(97)87451-4)]
- Aubert M. & Yene Atangana Q. 1996. Self-potential method in hydrogeological exploration of volcanic areas. *Groundwater*, 34: 1010-1016. DOI: 10.1111/j.1745-6584.1996.tb02166.x
- Bonzanigo L. 1999. Lo slittamento di Campo Vallemaggia. Tesi di dottorato, Scuola Politecnica Federale (ETH) di Zurigo, Tesi ETH Nr. 13387, 206 pp. + Allegati [<https://doi.org/10.3929/ethz-a-003885355>]
- Bonzanigo L. & Frei W. 1992. PRN 20, Prospezione sismica con il metodo della riflessione sullo slittamento di Campo Vallemaggia. *Bollettino dell'Associazione Svizzera dei Geologi e Ingegneri*, 59: 9-17. [<http://doi.org/10.5169/seals-216058>]
- Bruno M. 2015. Prospezione HVSR per la ricostruzione della morfologia del fondovalle sepolto tra il Pian di Spagna e Colico. Tesi di laurea, Università degli Studi di Milano.
- Cagniard L. 1953. Basic theory of the magneto-telluric method of geophysical prospecting. *Geophysics*, 18: 605-635. [<https://doi.org/10.1190/1.1437915>]
- Cardani Vergani R. 2009. Ricerche archeologiche in Cantone Ticino nel 2008. *Bollettino dell'Associazione archeologica ticinese*, 21: 26-31. [<http://doi.org/10.5169/seals-322142>]
- Cardani Vergani R. 2012. Ricerche archeologiche in Cantone Ticino nel 2011. *Bollettino dell'Associazione archeologica ticinese*, 24: 26-33. [<http://doi.org/10.5169/seals-391556>]
- Chapellier D. 1975. Géophysique et archéologie. Lausanne, Cahiers d'archéologie romande de la Bibliothèque historique vaudoise, 3, 113 pp.
- Cuchet S. 1999. Etude géophysique de la minéralisation filonienne à pyrrotine de la Valetta, Val Morobbia, TI. *Minaria Helvetica*, 19b: 85-90. [[http://www.sghb.ch/wp-content/uploads/2012/05/Minaria\\_Helvetica\\_Nr\\_19b\\_1999.pdf](http://www.sghb.ch/wp-content/uploads/2012/05/Minaria_Helvetica_Nr_19b_1999.pdf)]
- Dal Moro G. 2012. Onde di superficie in geofisica applicata. Acquisizione e analisi di dati secondo tecniche MASW e HVSR. Palermo, Dario Flaccovio Editore, 191 pp.
- De Marchi P.M., Mariotti V. & Miazzo L. 2004. La necropoli longobarda di Arsago Seprio. *Archeologia Medievale*, 31: 101-168.
- Dubois J. & Diament M. 2005. *Géophysique*. Paris, Dunod, 227 pp.
- Ellis D.V. & Singer J.M. 2007. *Well logging for Earth scientists*. Dordrecht, Springer, 708 pp.
- Ernstson K. & Scherer H.U. 1986. Self-potential variations with time and their relation to hydrogeologic and meteorological parameters. *Geophysics*, 51: 1967-1977. [<https://doi.org/10.1190/1.1442052>]
- Felber M., Bini A., Heitzmann P. & Frei W. 1994. Evidenze sismiche di valli sepolte nel Mendrisiotto e nel Piano di Magadino. In: Montrasio A. & Sciesa E. (eds), *Proceedings of Symposium "CROP - Alpi Centrali"*, 20-22.10.1993, Sondrio, Italia. *Quaderni di Geodinamica Alpina e Quaternaria*, 2: 103-133.
- Finckh P.G. 1978. Are southern Alpine lakes former Messinian canyons? - Geophysical evidence for preglacial erosion in the Southern Alpine lakes. *Marine Geology*, 27: 289-302.
- Fischer G. & Schnegg P.-A. 1979. Carta dell'intensità totale in Svizzera 1:500'000. Carta dell'inclinazione in Svizzera 1:500'000. Carta della declinazione in Svizzera 1:500'000. Berna, Ufficio federale di topografia swisstopo.
- Fischer G., Schnegg P.-A., Ma J., Müller I. & Burkhard M. 1987. Etude VLF-R du remplissage quaternaire de la Vallée du Gastern (Alpes Bernoises, Suisse). *Eclogae geologicae Helveticae*, 80: 773-787. [<http://doi.org/10.5169/seals-166025>]
- Fondazione LERICI 1970. Studio geofisico dei fondovalle del Cantone Ticino, eseguito per conto della Sezione Cantonale delle Bonifiche e del Catasto, Bellinzona. Milano, Fondazione Ing. C.M. LERICI del Politecnico, Ricerca No. 535, 72 pp. + annessi.
- Franciosi G. & Antognini M. 1992. Studio gravimetrico del Mendrisiotto (Ticino meridionale). *Bollettino della Società ticinese di Scienze naturali*, 80: 45-53. [<http://www.stsn.ch/publicazioni/bollettino>]

- Frei W., De Haas S. & Pozzorini D. 1998. Impiego di metodi sismici ad alta risoluzione nella progettazione di opere di genio civile. *Geologia Insubrica*, 3: 73-76.
- Gass F. 2003. Potentiels électriques spontanés liés à certains cas d'écoulements naturels ou provoqués. Thèse de Doctorat, Université de Lausanne, 153 pp. [oai:serval.unil.ch:BIB\_42052]
- Gex P. 1980. Phénomènes d'électrofiltration liés à quelques sites de barrages. *Bulletin de la Société vaudoise des Sciences naturelles*, 75: 39-50. [https://doi.org/10.5169/seals-277782]
- Gex P. 1990a. Étude par polarisation spontanée du gisement aurifère d'Astano (Malcantone, Tessin). *Bulletin de la Société vaudoise des Sciences naturelles*, 80: 99-112. [http://doi.org/10.5169/seals-279553]
- Gex P. 1990b. Acquisition et interprétation des données de polarisation spontanée. *Bibliographie générale sur les potentiels spontanés*. *Bulletin de l'Institut de géophysique, Université de Lausanne*, 8: 1-49.
- Gex P. 1990c. Étude par la méthode audio-magnétotellurique de la basse vallée du Rhône. *Bulletin de l'Association Suisse des Géologues et Ingénieurs du pétrole*, 55 : 51-64. [http://doi.org/10.5169/seals-212664]
- Hauck C. 2013. New concepts in geophysical surveying and data interpretation for permafrost terrain. *Permafrost and Periglacial Processes*, 24: 131-137. DOI: 10.1002/ppp.1774
- Istituto Geologico Cantonale 1993. *Idrogeologia del Piano di Magadino*. Bellinzona, Ufficio Geologico Cantonale, Rapporto Interno 19, 11 pp.
- Kaikkonen P. & Sharma S.P. 1998. 2-D nonlinear joint inversion of VLF and VLF-R data using simulated annealing. *Journal of Applied Geophysics*, 39: 155-176 [https://doi.org/10.1016/S0926-9851(98)00025-1]
- Kern A., 1988. *Archeologia attiva*. 2, Indagini geofisiche del terreno. *Bollettino dell'Associazione archeologica ticinese*, 2: 20-21. [http://doi.org/10.5169/seals-320294]
- Mari S. & Otz M. 1997. Bacino imbrifero e idrogeologia della sorgente del Brenno a Pertusio (Lucomagno, Cantone Ticino). *Geologia Insubrica*, 2: 85-97.
- Mari S., Scapozza C., Pera S. & Delaloye R. 2013. Prove di multitracciamento di ghiacciai rocciosi e ambienti periglaciali nel Vallon de Réchy (VS) e nella Valle di Sceru (TI). *Bollettino della Società ticinese di Scienze naturali*, 101: 13-20. [http://repository.supsi.ch/3625]
- Marzocchi R. 2012. Integrated application of geochemical and geophysical methods for hydrogeological impact assessment for tunneling in fractured rock. PhD Thesis, University of Lausanne, 224 pp. [https://serval.unil.ch/notice/serval:BIB\_D67604E85CCF]
- Marzocchi R., Pera S. & Pfeifer H.-R. 2010. Hydrogeological interferences in tunneling – A comprehensive study. *AQUA mundi*, 1: 1-14. DOI: 10.4409/Am-024-10-0024
- Mele M., Bruno M., Bini A., Tantardini D. & Bersezio R. 2016. La morfologia sepolta della confluenza tra Valchiavenna e Valtellina all'estremo Nord del Lago di Como, ricostruita per mezzo della prospezione sismica passiva (HVSR). *Geologia Insubrica*, 12: 99-101.
- Nakamura Y. 1989. A method for dynamic characteristics estimation of subsurface using microtremor on the ground surface. *Quarterly Report of the Railway Technical Research Institute (RTRI)*, 30: 25-33. [http://worldcat.org/oclc/3127232]
- Niessen F. 1987. *Sedimentologische, geophysikalische und geochemische Untersuchungen zur Entstehung und Ablagerungsgeschichte des Luganersees (Schweiz)*. Dissertation, Eidgenössischen Technischen Hochschule (ETH) Zürich, Diss. ETH Nr. 8354, 332 pp. [https://doi.org/10.3929/ethz-a-000471770]
- Olivier R. (dir) (2002). *Atlante gravimetrico della Svizzera 1:100'000*. Foglio 43/Sopra Ceneri, Foglio 48/Sotto Ceneri. Berna, Ufficio federale di topografia swisstopo.
- Pfiffner O.A., Heitzmann P., Lehner P., Frei W., Pugin A. & Felber M. 1997. Incision and backfilling of Alpine valleys: Pliocene, Pleistocene and Holocene processes. In: Pfiffner O.A., Lehner P., Heitzmann P., Müller S. & Steck A. (eds), *Deep structure of the Swiss Alps. Results of the NRP 20*. Basel, Birkhäuser, pp. 265-288.
- Pirttijärvi M. 2004. 2LAYER v. 1.0a. Two-layer interpretation of VLF-R measurements. Division of Geophysics, University of Oulu.
- Pirttijärvi M. 2006. 2LAYINV v. 1.0a. Laterally constrained two-layer inversion of VLF-R measurements. Division of Geophysics, University of Oulu, OYGF/M/2006/1.
- Reynolds J.M. 1997. *An introduction to applied and environmental geophysics*. Chichester, Wiley, 796 pp.
- Revil A. & Jardani A. (2018). *The self-potential method: theory and applications in environmental geosciences*. Cambridge, Cambridge University Press, 399 pp.
- Scapozza C. 2008. Contribution à l'étude géomorphologique et géophysique des environnements périglaciaires des Alpes Tessinoises orientales. Thèse de Master, Université de Lausanne, 286 pp. [http://doc.rero.ch/record/8799]
- Scapozza C. & Laigre L. 2014. The contribution of Electrical Resistivity Tomography (ERT) in Alpine dynamics geomorphology: case studies from the Swiss Alps. *Géomorphologie : relief, processus, environnement*, 20: 27-42. DOI: 10.4000/geomorphologie.10474
- Scapozza C., Fontana G. & Gex P. 2007. Étude par les méthodes audio-magnétotellurique et TDEM du remplissage Quaternaire du bas Val Blenio (Tessin septentrional). Institut de géophysique, Université de Lausanne, 20 pp. [rapporto di ricerca non pubblicato]
- Scapozza C., Gex P., Lambiel C. & Reynard E. 2008. Contribution of self-potential (SP) measurements in the study of alpine periglacial hydrology: examples from the southern Swiss Alps. *Proceedings of the 9<sup>th</sup> International Conference on Permafrost*, 29.6-3.7.2009, Fairbanks, Alaska, pp. 1583-1588. [http://repository.supsi.ch/3142]
- Scapozza C., Lambiel C., Gex P. & Reynard E. 2011. Prospection géophysique multi-méthodes du pergélisol alpin dans le sud des Alpes suisses. *Géomorphologie: relief, processus, environnement*, 17: 15-32. DOI: 10.4000/geomorphologie.8765
- Sharma S.P. & Kaikkonen P. 1998. Two-dimensional non-linear inversion of VLF-R data using simulated annealing. *Geophysical Journal International*, 133: 649-668. DOI: 10.1046/j.1365-246X.1998.00523.x
- Soma L., Bonini L., Ambrosi C., Bernoulli D. & Seno S. 2013. Geological surface data improve understanding of deep structures in Southern Alps. *Rendiconti Online della Società Geologica Italiana*, 29: 165-168. [http://repository.supsi.ch/5406]
- Telford W.M., Geldart L.P. & Sheriff R.E. 2010. *Applied geophysics*. Cambridge, Cambridge University Press, 792 pp.



# Sale in Zucca!

## Progetto botanico e didattico del Liceo cantonale di Lugano 1

### Resoconto delle attività svolte

Francesca Brigatti, Gabriele Pozzi e Denis Todorović,  
allievi classe 4L, anno scolastico 2017-18  
con la supervisione di Manuela Varini

Liceo cantonale di Lugano 1, Viale Cattaneo 4, 6900 Lugano

*manuela.varini@edu.ti.ch*

---

**Riassunto:** L'articolo presenta un'iniziativa realizzata dal Liceo cantonale di Lugano 1 in collaborazione con diversi partner. A seguito della visione del film documentario *Domani* (Dion & Laurent, 2015), una classe di terza liceo ha espresso l'interesse di creare un orto didattico a scuola. Questo è stato coltivato nella primavera 2017 e sono stati organizzati eventi e attività in tema. Al progetto hanno in seguito aderito altre dieci classi e una classe di scuola speciale. L'obiettivo dell'iniziativa non era solo didattico, infatti si voleva anche risvegliare una maggiore consapevolezza dell'importanza della biodiversità urbana, delle interazioni tra organismi, dell'agricoltura biologica, della produzione locale, dell'impatto delle attività umane e delle scelte quotidiane dei consumatori sull'impronta ecologica e sul riscaldamento climatico. Inoltre, sette classi di scuola elementare e due classi di scuola speciale hanno beneficiato di visite guidate organizzate e offerte dal Museo cantonale di storia naturale (MCSN) in collaborazione con gli studenti del liceo. Alcuni dei quali hanno anche partecipato alla realizzazione del video del progetto, a interviste con i media locali, alla presentazione pubblica dei risultati e all'organizzazione della Festa della zucca nell'autunno 2017. In questa occasione, si sono svolte diverse conferenze per gli studenti, come pure eventi pubblici. Durante la primavera 2018, l'orto di zucche è tornato in vita grazie al lavoro di altre classi. Il progetto ha convogliato il suo messaggio anche all'esterno dell'ambito scolastico, in quanto si è partecipato a diversi concorsi e, con i contributi degli allievi, è stato creato il *Giardino delle zucche* della *Città di Lugano* al Parco del Tassino in collaborazione con *L'alberoteca*. *Sale in zucca!* con la coltivazione di diverse varietà di Cucurbitacee ha poi raggiunto anche il Giardino botanico delle Isole di Brissago.

**Parole chiave:** orto urbano, biodiversità in città, sostenibilità alimentare, agricoltura biologica, permacoltura, progetto didattico, zucche

#### **Sale in Zucca! A botanical and didactic project of Liceo cantonale di Lugano 1. Activity Report**

**Abstract:** In the present article, we report on an interdisciplinary initiative successfully conducted by Liceo cantonale di Lugano 1 and several partners. The project started in spring 2017 as a didactic pumpkin garden and involved several side projects and events. After the visioning of the film *Tomorrow* (Dion & Laurent, 2015), a class expressed its interest in creating a vegetable garden. Ten classes participated, as well as a special needs class. The objective was not only didactic, but it also aimed at raising awareness on the importance of urban biodiversity, organisms' interactions, sustainable agriculture, local production, impact of human activities and of daily consumer choices on ecological footprint and global warming. Seven primary school classes and two secondary special needs classes could benefit of free didactic visits organized by the Natural History Museum of Lugano (MCSN), in collaboration with the students. Some of them were also involved in the realization of a video, in interviews with local medias, in a public presentation and in the organization of a Pumpkin festival. During the fest, several conferences for the students were organized, as well as different public events, like tastings and family activities. In spring 2018, the school garden was brought back to life and cultivated by other classes. In the meantime, the project was carried on outside the school as well, thanks to the participation to several competitions and to the students' contributions to the creation of a thematic *Pumpkin garden* in the Tassino public Park of the *City of Lugano* in collaboration with *L'alberoteca*. Moreover, some pumpkins varieties were also provided for cultivation in the Brissago Islands botanical garden.

**Key words:** urban garden, urban biodiversity, sustainable agriculture, organic agriculture, permaculture, didactic project, pumpkins

## INTRODUZIONE

Un titolo provocatorio, quello di *Sale in Zucca!*, per un'iniziativa che nasce come risposta alla visione del film documentario *Domani* (Dion & Laurent, 2015). La pellicola, che ha mosso gli animi degli studenti, pone una riflessione sulla situazione attuale del pianeta considerando cinque ambiti della realtà contemporanea. Il documentario, piuttosto che accentuare problematicità che fanno nascere paure, preoccupazione e insicurezze, propone soluzioni, modelli effettivi e funzionali che sorprendono e che vanno sviluppati al fine di preservare l'ambiente. È quindi un film da mostrare, in particolare, alle generazioni giovani, in modo da stimolare iniziative volte a dare un contributo per un futuro migliore: da qui la proposta a Paola Manghera, docente di geografia, e a Manuela Varini, docente di biologia, da parte di una classe, di creare un orto a scuola e di sviluppare quindi un progetto concreto. L'orto urbano del *Liceo cantonale di Lugano 1* si presenta come una risposta a questa richiesta, che ha avuto modo di svilupparsi fra i mesi di febbraio e ottobre 2017 per poi continuare in seguito nel tempo.

Gli scopi del progetto non sono solo didattici, ma anche legati a sensibilizzare gli allievi e un pubblico esterno alla scuola sull'importanza della biodiversità in città, delle interazioni tra organismi, dell'agricoltura biologica e della produzione locale, come pure sulle problematiche legate all'impatto e all'influenza che le scelte alimentari quotidiane hanno sulla propria impronta ecologica e sul riscaldamento globale. Con biodiversità si intende la presenza di differenti specie viventi in un determinato ecosistema, in questo caso in un contesto urbano. Il concetto di biodiversità è complesso, in quanto non si riferisce unicamente al numero di specie presenti in un luogo, ma, ad esempio, anche al numero di individui per ognuna di esse e alla diversità genetica all'interno di una popolazione di una stessa specie. In genere un aumento di biodiversità è considerato essere positivo in quanto potrebbe impedire la crescita esponenziale di una o più specie dominanti, cosa che, se avvenisse, potrebbe risultare dannosa per l'equilibrio dell'ecosistema. Inoltre, una maggiore diversità anche genetica può comportare una migliore resistenza da parte di una popolazione ai cambiamenti ambientali e quindi una maggiore capacità di adattamento della specie stessa. Un'elevata biodiversità in campo agricolo può contribuire a un miglioramento della produzione alimentare, questo diminuendo o evitando l'utilizzo di pesticidi e fertilizzanti di sintesi.

## MATERIALE E METODI

### Coordinamento e collaborazioni

Il progetto è stato svolto sotto la coordinazione delle docenti Varini e Manghera con il contributo di dieci classi, degli allievi della *Scuola speciale*, di molti docenti e collaboratori del *Liceo* e di partner esterni, in particolare di *Lugano al Verde (Città di Lugano)*, *Museo cantonale di storia naturale (MCSN)*, *L'alberoteca*, *ProSpecieRara*, *SlowfoodTicino*, *Scuole Medie di Lugano 1*, *COOP-ProBienen*,

*Azzurro Imaging*, *Le zucche della valle del sole*, *Falegnameria Radical* e *Ticino Vegetariano*. Il progetto è stato sostenuto dall'*Accademia svizzera di scienze naturali*, dalla *Società ticinese di scienze naturali*, da *Capriasca Ambiente* e da molti privati. In tutto, hanno collaborato circa 400 liceali e una cinquantina di persone all'interno ed esterno dell'istituto e, considerando anche il pubblico che ha partecipato alle attività svolte nel quadro del progetto, sono state coinvolte circa 1'500 persone (Varini, 2017).

A seguito dell'elaborazione iniziale, il progetto ha cominciato a prendere forma, con la suddivisione del lavoro in due fasi. La prima ha implicato la creazione di un orto scolastico suddiviso in cinque aree all'interno degli spazi liceali e l'organizzazione di attività atte a promuovere i messaggi che si volevano convogliare con l'orto didattico. La seconda fase è consistita nella collaborazione con idee e con la piantagione da parte degli allievi per la creazione del *Giardino delle zucche* al Parco del Tassino.

La zucca, come ortaggio principale, è stata scelta per svariati motivi, in particolare, si tratta di un vegetale a rapida e facile crescita, che non dovrebbe richiedere troppe cure durante il periodo estivo, quando le scuole sono chiuse. Mentre la raccolta avviene in autunno al momento dell'inizio del nuovo anno scolastico. Inoltre, la famiglia delle Cucurbitacee presenta una ricca biodiversità con specie e soprattutto varietà molto diverse tra loro. Oltre a ciò, risulta essere un ortaggio "simpatico", che attira l'attenzione anche grazie ai suoi colori e forme particolari. Essendo poi la zucca da sempre legata al mistero e alle favole del periodo autunnale, diventa il perfetto veicolo comunicativo per convogliare in maniera piacevole e poco convenzionale messaggi legati alla biodiversità in città, alla sostenibilità alimentare e alla produzione locale e biologica.

### Creazione delle aiuole

Il progetto è incominciato all'interno del sedime scolastico e, fin dalla preparazione della terra, gli allievi, con l'aiuto di docenti e professionisti, hanno lavorato nelle ore scolastiche ed extrascolastiche alla concretizzazione del progetto (Fig. 1). Nella primavera del 2017, durante i mesi di aprile e maggio, sono state preparate cinque aiuole suddivise in diverse aree, per un totale di 95 m<sup>2</sup>. Questo lavorando e preparando la terra, che, prima di allora, non era mai stata adibita ad un uso agricolo. Come fertilizzante biologico è stato aggiunto dello stallatico (letame in pellets) ed è stato installato un sistema di irrigazione goccia a goccia. In maggio è avvenuta la piantagione. Durante la pausa estiva una quarantina di allievi con le docenti coinvolte si sono presi a carico a turni il mantenimento e la cura dell'orto. In autunno è avvenuta la raccolta.

La gestione delle parcelle è stata eseguita seguendo i principi dell'agricoltura biologica e pertanto si sono esclusi concimi e prodotti fitosanitari di sintesi. Per il trattamento di un'importante infezione da oidio (fungo parassita, che attacca e indebolisce le piante), occorsa nel mese di luglio, si è utilizzato thiovit (a base di zolfo) al 2%. Contro una crescita esponenziale di mosche bianche è stato utilizzato un sistema biologico con bande adesive gialle.



Figura 1: Piantazione dell'aiuola delle "tre sorelle" dell'orto scolastico, allievi e Manuela Ghezzi (*ProSpecieRara*), maggio 2017 (foto: M. Varini)<sup>1</sup>.

#### *Aiuola delle zucche rampicanti*

Questa aiuola, realizzata in collaborazione con Muriel Hendrichs de *L'alberoteca* e la falegnameria *Radical* (Tesserete), includeva quattordici varietà (Tab. 1). Delle infrastrutture in legno sono state montate per agevolare la crescita in altezza delle zucche e di altre rampicanti (Fig. 2). Come pacciamatura biologica sono stati utilizzati trucioli di legno ticinese.



Figura 2: Strutture in legno nell'aiuola delle zucche rampicanti, giugno 2018 (foto: M. Varini).

Tabella 1: Varietà coltivate nell'aiuola delle zucche rampicanti su due superfici di 0.8m x 16m ciascuna.

Varietà zucche	Specie
Blue Ballet	<i>Cucurbita maxima</i>
Buttercup	<i>C. maxima</i>
Green Hokkaido	<i>C. maxima</i>
Red Kuri	<i>C. maxima</i>
Zucca turbante	<i>C. maxima</i>
Violina	<i>C. moschata</i>
Jack be little	<i>C. pepo</i>
Pomme d'or	<i>C. pepo</i>
Spaghetti vegetali	<i>C. pepo</i>
Table queen	<i>C. pepo</i>
Trombetta d'albenga	<i>C. pepo</i>
Kikinda competition	<i>Lagenaria siceraria</i>
Serpente vegetale	<i>L. siceraria</i>
Zucche lagenaria	<i>L. siceraria</i>
<b>Altri vegetali</b>	
Crisantemi commestibili	<i>Glebionis coronaria</i>
Nasturzio	<i>Tropaeolum majus odor</i>
Fagioli varietà <i>ProSpecieRara</i>	<i>Phaseolus sp.</i>
Piselli diverse varietà	<i>Pisum sativum</i>

#### *Aiuola delle zucche striscianti*

L'aiuola delle zucche striscianti è stata realizzata su una superficie di 2m x 14m in collaborazione con *L'alberoteca* con nove varietà di zucche (Tab. 2). Qui sono state costruite infrastrutture in bambù per agevolare lo sviluppo e per delimitare lo spazio di espansione delle zucche (Fig. 3, 4). Come pacciamatura biologica sono stati utilizzati trucioli di legno ticinese.



Figura 3: Aiuola delle zucche striscianti, settembre 2017 (foto: M. Varini).

1. Le foto del progetto sono sul sito del liceo: [www.bit.ly/galleria\\_Saleinzucca](http://www.bit.ly/galleria_Saleinzucca)



Figura 4: Aiuola delle zucche striscianti, giugno 2018 (foto: M. Varini).

Tabella 2: Varietà coltivate nell'aiuola delle zucche striscianti su una superficie di 2m x 14m.

Varietà zucche	Specie
Blu d'Ungheria	<i>Cucurbita maxima</i>
Golden Hubbard	<i>C. maxima</i>
Olive	<i>C. maxima</i>
Honeynut	<i>C. moschata</i>
Moscata di provenza	<i>C. moschata</i>
Marina di Chioggia	<i>C. moschata</i>
Jack o' lantern	<i>C. pepo</i>
Tetsukabuto	<i>C. pepo</i>
Trombetta d'albenga	<i>C. pepo</i>
Altri vegetali	
Girasoli	<i>Helianthus annuus</i>
Malva diverse varietà	<i>Malva sp.</i>
Tagetes	<i>Tagetes sp.</i>

#### Aiuola delle "tre sorelle"

L'aiuola delle "tre sorelle", realizzata in collaborazione con *ProSpecieRara*, può essere definita l'area più sperimentale del progetto, poiché dedicata alla consociazione di specie diverse (Fig. 5, 6). Questa tecnica consiste nell'associazione di vegetali, che possono trarre un vantaggio l'uno dalla presenza dell'altro. In questo caso si sono piantate zucche, fagioli e mais (Tab. 3). Infatti, il fagiolo è munito di batteri azotofissatori sulle radici, che restituiscono l'azoto ricavato dall'atmosfera in sali, che arricchiscono il terreno e sono assorbibili dalle specie vegetali, la zucca possiede foglie molto grandi che permettono di mantenere umido il terreno, mentre il mais, crescendo in altezza, fornisce una struttura sulla quale il fagiolo può svilupparsi. Sono stati anche aggiunti girasoli, papaveri, fiori di lino e carote. Si tratta di una associazione di vegetali utilizzata anche in permacultura. La permacultura in genere comprende interventi agricoli che permettono di "progettare terreni che riproducono gli schemi e le relazioni presenti in natura, in grado di produrre abbondanza di cibo, fibre ed energia" (Holmgren, 2002). L'associazione di zucche, mais e fagioli è una tecnica molto antica e affonda le sue radici nelle popo-

lazioni indigene del centro e sud America, che avevano già scoperto come le tre specie in questione si aiutassero a vicenda, dando appunto a questa interazione il nome di "tre sorelle" (Kruse-Peebles, 2016). La curiosità che ha spinto a provare questa tecnica di coltura è nata da suggerimenti di partner coinvolti e dalla visione del documentario *Domani*. Nel film si menziona infatti che gran parte della produzione alimentare mondiale è dovuta a piccoli agricoltori e che sperimentando diverse tecniche di coltura, tra cui la consociazione di specie, sarebbe possibile accrescere la loro produttività aumentando allo stesso tempo la biodiversità. In questa aiuola, ricca di sabbia, in quanto si trattava di una vecchia area per il salto in lungo in disuso, sono stati aggiunti 6 m<sup>3</sup> di terriccio (di cui 40% compost) e come pacciamatura biologica sono stati utilizzati trucioli di bambù locale. Come fertilizzante è inizialmente stato utilizzato dello stallatico e in seguito un concime liquido a base di soia.



Figura 5: Aiuola delle "tre sorelle", giugno 2017 (foto: M. Varini).



Figura 6: Aiuola delle "tre sorelle", giugno 2018 (foto: M. Varini).

Tabella 3: Varietà di *ProSpecieRara* coltivate nell'aiuola delle "tre sorelle" di 3m x 8m.

Varietà zucche	Specie
Olive	<i>Cucurbita maxima</i>
Potiron	<i>C. maxima</i>
Violina	<i>C. moschata</i>
Pomme d'or	<i>C. pepo</i>
<b>Varietà mais</b>	
Mais da pop corn nero	<i>Zea mays</i>
Mais rosso del Ticino	<i>Zea mays</i>
<b>Varietà fagioli</b>	
Alsazia	<i>Phaseolus sp.</i>
Santo benedetto	<i>Phaseolus sp.</i>
Fasoi Grisòni	<i>Phaseolus sp.</i>
Violetto Erica Herrensberger	<i>Phaseolus sp.</i>
Fagiolo zolfo salez	<i>Phaseolus sp.</i>
<b>Altri vegetali</b>	
Lino	<i>Linum usitatissimum</i>
Girasoli	<i>Helianthus annuus</i>
Papaveri	<i>Escholzia californica</i>

#### *Aiuole con piante aromatiche*

Sono state piantate molte specie di piante aromatiche (Fig. 7) e di fiori diversi in due aiuole (Tab. 4). Come pacciamatura biologica sono stati utilizzati trucioli di bambù locale.



Figura 7: Aiuola di piante aromatiche e fiori diversi, luglio 2017 (foto: M. Varini).

Tabella 4: Varietà coltivate nell'aiuola delle piante aromatiche su una superficie di 0.4 m x 25 m.

Aromatiche	Specie
Menta (diverse varietà)	<i>Mentha sp.</i>
Lavanda	<i>Lavanda sp.</i>
Rosmarino	<i>Rosmarinus officinalis</i>
Origano	<i>Origanum vulgare</i>
Salvia	<i>Salvia officinalis</i>
Salvia ananas	<i>Salvia elegans</i>
Timo	<i>Thymus vulgaris</i>
Santoreggia	<i>Satureja hortensis</i>
Basilico	<i>Ocimum basilicum</i>
Elicriso	<i>Helichrysum sp.</i>
<b>Altri vegetali</b>	
Amaranto	<i>Amaranthus sp.</i>
Borragine	<i>Borago officinalis</i>
Calendula	<i>Calendula officinalis</i>
Cosmea rosa e bianca	<i>Cosmos bipinnatus</i>
Cosmea arancione	<i>Cosmos sp.</i>
Echinacea	<i>Echinacea sp.</i>
Fiordaliso	<i>Cyanus segetum</i>
Girasoli	<i>Helianthus annuus</i>
Lino	<i>Linum usitatissimum</i>
Malva	<i>Malva sp.</i>
Papaveri	<i>Escholzia californica</i>
Rosa altea	<i>Althaea officinalis</i>

## ATTIVITÀ ED EVENTI

Gli allievi non si sono solamente dedicati alla realizzazione pratica dell'orto, ma hanno partecipato a diversi gruppi di lavoro, per organizzare, nell'autunno 2017, la *Festa della zucca* e le attività ad essa collegate. Queste attività si sono svolte in ottobre nella sede del Liceo, al MCSN e durante la manifestazione *Ticino Vegetariano* al Palazzo dei Congressi di Lugano.

### Video

Per l'ideazione del video del progetto<sup>2</sup>, un gruppo di allievi ha accompagnato Giovanni Casari (Azzurro Imaging<sup>3</sup>, studio di produzione e realizzazione di documentari, video e reportages fotografici), durante le riprese dell'evoluzione dei lavori e delle attività organizzate. Il video è stato finalista per la categoria Documentari al *Humus Film Festival*, Madrid e verrà presentato fuori concorso, a *Urbane Nature 2018* del WWF Italia e dell'Associazione nazionale musei scientifici a Roma per video di progetti scolastici italiani che promuovono gli spazi verdi in città.

2. [www.liceolugano.ch/index.php/video](http://www.liceolugano.ch/index.php/video)

3. [www.azzurro-imaging.com](http://www.azzurro-imaging.com)

## Comunicazione

Alcuni allievi, tra cui gli autori di questo articolo, si sono occupati degli aspetti legati alla comunicazione del progetto. Hanno infatti preso parte a diverse interviste radiofoniche e televisive<sup>4</sup>, in particolare per i programmi *Laser*, Rete2 (15.8.2017)<sup>5</sup>, *L'ora della Terra*, Rete1 (22.10.2017)<sup>6</sup>, per il documentario *La natura in città* per la trasmissione *Il giardino di Albert*, RSI LA1 (6.5.2018)<sup>7</sup> e per un'intervista a Teleticino (27.10.2017). Inoltre, tutti gli allievi delle due classi principalmente coinvolte hanno partecipato alla trasmissione della *Radiomobile powerup-radio* dei Villaggi Pestalozzi e di *éducation21* (16.10.2017)<sup>8</sup>, che durante il mese di ottobre ha fatto tappa in Ticino per presentare progetti scolastici atti a promuovere lo sviluppo sostenibile. Inoltre, sul sito del Liceo sono state pubblicate le informazioni sul progetto<sup>9</sup>, alcune di queste anche sul sito di Lugano al Verde<sup>10</sup>, ed è stata creata la pagina facebook *Sale in zucca!*<sup>11</sup>.

## Festa della zucca al Liceo

Nel quadro della *Festa della zucca*, nove classi del Liceo hanno partecipato a conferenze legate all'ecologia e allo sviluppo sostenibile. La mensa scolastica, decorata in tema, ha ideato un menù dove la zucca era la protagonista. Durante la festa un gruppo di allievi ha collaborato a proporre diverse attività, il tutto accompagnato dalla musica di gruppi liceali e da una performance del gruppo di teatro (Fig. 8). In seguito vi è stata la presentazione pubblica del progetto, dove allievi, docenti e partner hanno esposto le tappe che hanno portato alla sua realizzazione. Un gruppo di allievi si è occupato della preparazione di piatti a base di zucca per il rinfresco preparato insieme alla docente P. Manghera e all'esperta di cucina naturale Meret Bissegger.



Figura 8: Festa della zucca, piazzale del liceo, ottobre 2017 (foto: M. Varini).

4. [www.bit.ly/saleinzucca\\_rassegna\\_stamp](http://www.bit.ly/saleinzucca_rassegna_stamp)

5. [www.bit.ly/Laser\\_Saleinzucca](http://www.bit.ly/Laser_Saleinzucca)

6. [www.bit.ly/Loradellaterra\\_Saleinzucca](http://www.bit.ly/Loradellaterra_Saleinzucca)

7. [www.bit.ly/Giardinodialbert\\_Saleinzucca](http://www.bit.ly/Giardinodialbert_Saleinzucca)

8. [www.bit.ly/Powerupradio\\_Saleinzucca](http://www.bit.ly/Powerupradio_Saleinzucca)

9. [www.liceolugano.ch/index.php/il-progetto](http://www.liceolugano.ch/index.php/il-progetto)

10. [www.luganoalverde.ch](http://www.luganoalverde.ch)

11. [www.facebook.com/meravigliedellorto](http://www.facebook.com/meravigliedellorto)

## Attività al Museo cantonale di storia naturale a Lugano

Alcuni allievi si sono invece dedicati all'ideazione e allo svolgimento di attività educative sul tema dell'orto urbano e sulla biodiversità in città in collaborazione con il MCSN. Infatti, tra il 23 e il 27 ottobre, sette classi di *Scuola elementare* e due classi di *Scuola speciale* delle medie ticinesi hanno fatto visita al MCSN, dove hanno svolto attività elaborate in collaborazione con Pia Giorgetti, responsabile della mediazione culturale del museo, e hanno visitato l'orto. Il materiale delle attività didattiche sviluppate e legate al concetto di orto urbano, biodiversità, crescita e riproduzione delle piante, con approfondimenti sulle Cucurbitacee e sul ruolo del suolo, è a disposizione su richiesta. È seguita una giornata aperta al pubblico dedicata ai più piccoli, dove sono state proposte attività didattiche e creative sempre in collaborazione con gli allievi del Liceo. All'entrata del MCSN è stato esposto un cartellone realizzato da diversi allievi sotto la supervisione della docente di arti visive Renata Amman (Fig. 9).

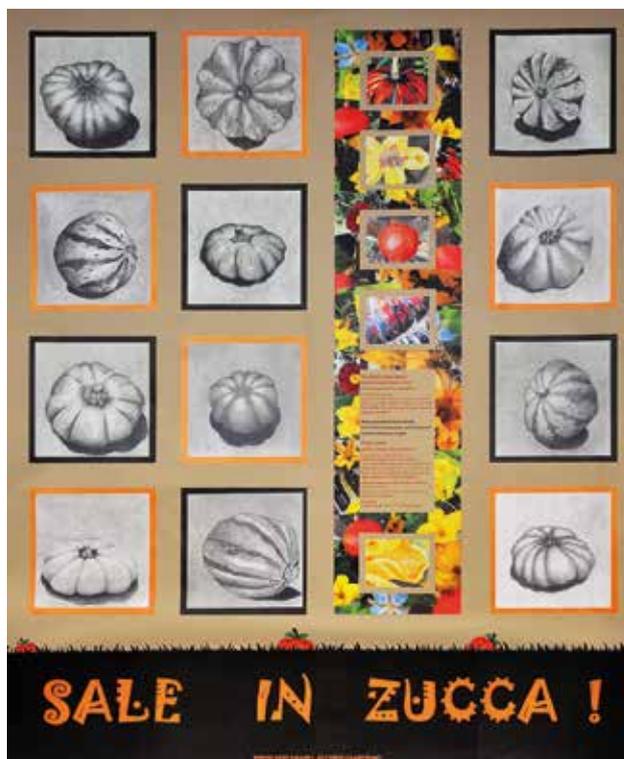


Figura 9: Cartellone espositivo per la vetrina all'entrata del Museo cantonale di storia naturale, elaborato dalla professoressa Renata Amman con disegni e foto di allievi di prima liceo, ottobre 2017 (foto: R. Amman).

## Ticino Vegetariano – Palazzo dei Congressi

In occasione della manifestazione *Ticino Vegetariano*, svoltasi presso il Palazzo dei Congressi di Lugano in ottobre, alcuni allievi hanno avuto modo di coadiuvare la gastronomica ed esperta di zucche M. Bissegger nella preparazione della degustazione nell'ambito del *Laboratorio del gusto* di *SlowFoodTicino*. Alcune delle zucche esposte provenivano direttamente dall'orto liceale, e hanno in questo modo contribuito a deliziare i palati dei visitatori e a far conoscere la biodiversità dove "zucca non è uguale a zucca".

## Concorsi

Si segnala la menzione speciale di *Sale in zucca!* al concorso *Balconi fioriti 2017* promosso dall'*Alleanza territorio biodiversità*, dall'*Associazione Abitat*, dalla *Società orticola ticinese* in collaborazione con la Città di Lugano, nell'ambito del progetto *Lugano al verde* e la partecipazione al festival di cortometraggi su orti urbani e comunitari *Humus Film Festival* di Madrid (video finalista per la categoria *Documentari*)<sup>12</sup>. Inoltre, il progetto ha vinto il secondo premio per la categoria *Azione concreta* per le Scuole Medie Superiori al *Concorso Eduki 2017/18 "Perché la scuola? Verso un'istruzione di qualità per tutti"*, per progetti scolastici atti a promuovere gli obiettivi di Sviluppo sostenibile dell'ONU a Ginevra (Fig. 10)<sup>13</sup>.



Figura 10: Premiazione di Sale in zucca! al concorso *Eduki* al Palazzo delle Nazioni Unite, Ginevra, aprile 2018 (foto: Fondazione *Eduki*).

## DISCUSSIONE E CONTINUITÀ DEL PROGETTO NEL 2018

L'orto didattico ha permesso di approfondire diverse tematiche e di affrontare problemi concreti. Ad esempio, un iniziale atto di vandalismo non ha scoraggiato la continuazione del progetto, ma è stato uno stimolo per affrontare pacificamente e in modo costruttivo un'aggressione, tramite messaggi positivi rivolti ai vandali. L'incidente non si è ripetuto in seguito.

In autunno l'orto è stato ripulito dopo la raccolta e preparato all'arrivo della stagione invernale ed è stato poi ripreso da diverse classi di prima e seconda liceo nel quadro del programma scolastico nella primavera 2018. Infatti, nell'ambito del corso di biologia possono venir trattati, anche sotto un aspetto empirico e non solo teorico, temi legati alla biodiversità, agli ecosistemi, alle interazioni tra organismi, alla riproduzione delle piante, alla fotosintesi, alla produttività vegetale, alle reti alimentari, all'agricoltura biologica e alla sostenibilità alimentare.

Si è deciso di continuare con buona parte delle specie coltivate nel 2017, partendo così dall'esperienza passata

per cercare di migliorare i risultati ottenuti. In particolare, si erano riscontrati problemi nella produttività delle zucche in due delle tre aiuole, con una crescita iniziale ridotta, magari dovuta a una consistenza troppo argillosa del terreno, che portava a ristagni d'acqua e a una carenza di sostanze nutritive nel terreno. Inoltre, l'infezione da oidio era stata monitorata troppo tardi per impedire diversi danni alle piante colpite. Si sono poi riscontrati alcuni problemi nella crescita del mais nell'aiuola delle "tre sorelle", dove, invece, le piante di fagiolo erano cresciute molto vigorose e avevano preso il sopravvento sul mais. Questa volta, si è quindi proceduto aggiungendo nuovamente terriccio ricco di compost nelle tre aiuole principali. Si è poi deciso di non arare il terreno ma di arieggiarlo in modo da non rigirare la terra, cosa che potrebbe causare uno squilibrio nelle interazioni tra le piante e i microrganismi del suolo (Manenti & Sala, 2012), in particolare, nella formazione di micorrize (funghi che interagiscono con le radici delle piante in una relazione mutualistica, dove la pianta riceve un maggior apporto di sali minerali e di acqua grazie alla presenza del fungo, il quale a sua volta riceve i prodotti della fotosintesi dal vegetale). Per fertilizzare il terreno si è poi utilizzata ricciolina di corna e un concime biologico a base di azoto. Come pacciamatura si è optato per un telo biologico di materia organica biodegradabile in 5-6 mesi con aggiunta di paglia e/o di trucioli di giunco. Per palliare a possibili danni dall'oidio si è optato nuovamente per trattamenti a base di zolfo, già a livello preventivo, offerti dalla Città di Lugano. Per quel che concerne il mais, si è deciso di procedere alla semina diretta e non alla piantagione con trapianto e di prolungare il tempo di attesa prima di procedere alla semina dei fagioli. Già a giugno 2018, viste anche le condizioni meteorologiche calde e favorevoli, si è riscontrata una crescita molto maggiore e più vigorosa delle zucche in tutte e tre le aiuole, come pure un ottimo sviluppo del mais nell'aiuola delle "tre sorelle" rispetto all'anno precedente. I migliori risultati potrebbero anche essere dovuti al fatto che, essendo il secondo anno di coltivazione, le interazioni dei microrganismi del suolo e la composizione del terreno stesso abbiano raggiunto un miglior equilibrio. In particolare l'aver coltivato nel 2017 fagioli, ma anche zucche, potrebbe aver reso il terreno sostanzialmente più fertile. Essendo però le variabili da prendere in considerazione molteplici e dovendo attendere l'autunno per valutare i risultati del 2018, ad oggi non è possibile trarre delle conclusioni certe sul perché di questa maggiore crescita. Probabilmente molti dei fattori indicati hanno giocato un ruolo più o meno preponderante.

Nel 2018, *Sale in Zucca!* è inoltre uscito dal perimetro scolastico, in quanto, oltre ai canali comunicativi del liceo e dei partner coinvolti e alla partecipazione del progetto a diversi concorsi, gli allievi hanno contribuito all'ideazione e alla piantagione del *Giardino delle zucche* del Parco del Tassino (Fig. 11). Nuove attività didattiche per le *Scuole elementari* e le *Scuole speciali* potranno venire organizzate in futuro. Inoltre, al *Giardino botanico delle Isole di Brissago* sono state piantate delle varietà utilizzate nel progetto stesso, estendendo così ulteriormente l'iniziativa al di fuori della scuola.

12. [www.bit.ly/humus-festival](http://www.bit.ly/humus-festival)

13. [www.bit.ly/Eduki\\_concorso2018](http://www.bit.ly/Eduki_concorso2018)



Figura 11: Piantazione al Parco del Tassino, Lugano, allievi e Muriel Hendrichs (*L'alberoteca*), maggio 2018 (foto: M. Varini).

## CONCLUSIONI

Svolgere un progetto concreto, nato da un'idea degli allievi, ha permesso di affrontare problemi reali legati alla produzione alimentare, cercando soluzioni ecologiche e rispettose dell'ambiente.

Le difficoltà riscontrate nella crescita di alcune piante, come pure l'arrivo di parassiti, è stato lo stimolo per interrogarsi sulle possibili cause e soluzioni biologiche da adottare.

L'aumentata presenza di molti insetti impollinatori, in particolare Lepidotteri e Imenotteri, attirati dai fiori, ma anche di uccelli, è stata evidente anche se non è stata quantificata.

Altri aspetti di particolare rilievo sono stati il generale interesse che l'orto stesso ha suscitato all'interno dell'istituto scolastico, il coinvolgimento e la collaborazione di molti allievi, docenti e collaboratori del Liceo, come pure della classe di *Scuola speciale*.

Le collaborazioni positive con i partner esterni hanno ampliato ed esteso il progetto sotto molti punti di vista, permettendo di raggiungere e sensibilizzare un pubblico più ampio sulle tematiche trattate.

Gli allievi hanno poi potuto svolgere molteplici attività non usuali in ambito scolastico. Hanno infatti potuto collaborare con professionisti attivi sul territorio, diventare loro stessi insegnanti e confrontarsi con i media locali per comunicare lo svolgimento e gli scopi del progetto. Questi ultimi sono stati raggiunti, in quanto oltre a permettere approfondimenti didattici, le diverse attività hanno confrontato allievi e pubblico esterno con temi atti a evidenziare l'importanza della biodiversità in città, delle interazioni tra organismi, dell'agricoltura biologica, della produzione locale e dello sviluppo sostenibile. Si sono potute approfondire problematiche legate all'impatto che il tipo di alimentazione può avere sull'ambiente e sul contributo che ognuno può dare per ridurre la propria impronta ecologica mettendo ad esempio in atto specifiche scelte alimentari nel quotidiano. Un progetto concreto e locale è quindi stato anche il punto di partenza per approfondire tematiche globali, quali il riscaldamento climatico. Il messaggio che si è voluto trasmettere è quello del film *Domani* e cioè che, collaborando e agendo nella propria realtà, si possono

affrontare insieme problemi su larga scala. I risultati non hanno esitato ad arrivare e a risvegliare curiosità. L'esperienza è stata molto positiva e arricchente da tutti i punti di vista.

Quello che si è voluto maggiormente sottolineare è il particolare rispetto che dovrebbe essere riservato alla nostra casa, la Terra: una responsabilità che tocca ognuno, ma che spesso viene trascurata. L'augurio è quindi che questo progetto possa risvegliare nei giovani, e meno giovani, un maggiore senso di consapevolezza. Questo orto è infatti uno dei tanti passi che si potrebbero compiere nella propria vita, al fine di dare un maggiore contributo per il tipo di mondo e di futuro che ognuno di noi vorrebbe regalare alle generazioni future.

## RINGRAZIAMENTI

Si ringraziano tutti gli studenti, docenti, collaboratori del Liceo di Lugano 1 e i partner coinvolti che hanno dato il loro contributo al progetto, come pure la Direzione scolastica e la Sezione della Logistica del Cantone Ticino. In particolare, si ringraziano le docenti coordinatrici del progetto Manuela Varini e Paola Manghera, come pure Muriel Hendrichs (*L'alberoteca*), Eleonora Bourgoïn e Christian Bettosini (*Lugano al Verde*), Pia Giorgetti e Filippo Rampazzi (*MCSM*), Manuela Ghezzi (*ProSpecieRara*), Giovanni Casari (*Azzurro Imaging*), Luca Paltrinieri, Vania Della Chiesa, Isabella Bustelli, Daniele Saurwein, Renato Tonello e Michele Careggi (*Liceo Lugano 1*), Meret Bissegger (*SlowFood* e *Le zucche della Valle del Sole*), Marta Lenzi (*Ticino Vegetariano*), Lorenzo Pezzini (*Caminada sementi*), Martino Singenberger (*Falegnameria Radical*) e Luca Bacciarini (*Giardino botanico delle Isole di Brissago*). Le piante aromatiche e le sementi per prati fioriti sono state messe a disposizione da diversi privati, in particolare dalla famiglia Jermini di Oggio e dal progetto *Scuole in fiore 2017* della COOP. Si ringraziano la classe di *Scuola speciale* e le loro insegnanti Giovanna Solari e Manuela Peduzzi, la direzione della *Scuola Media di Lugano 1* e i docenti che hanno collaborato. Si ringraziano inoltre i diversi conferenzieri intervenuti durante le manifestazioni organizzate e, per il sostegno accordato, l'*Accademia svizzera di scienze naturali*, la *Società ticinese di scienze naturali* e l'associazione *Capriasca Ambiente*.

## BIBLIOGRAFIA

- Dion C. & Laurent M. 2015. Demain. Movemovie e Mars Films. Parigi.
- Holmgren D. 2002. Permaculture: Principles and Pathways Beyond Sustainability. Holmgren Design Services. Hepburn, Victoria.
- Kruse-Peoples M. 2016. How to grow the three sisters garden. <https://www.nativeseeds.org/learn/nss-blog/415-3sisters> (ultima consultazione 2.2018).
- Manenti G. & Sala C. 2012. Alle origini dell'agricoltura. Libreria Editrice Fiorentina.
- Varini M. 2017. Sale in zucca! Progetto didattico e botanico. [www.liceolugano.ch/index.php/il-progetto](http://www.liceolugano.ch/index.php/il-progetto) (ultima consultazione 6.2018).

# Dario Ferrini (1940-1965): un pioniere della speleologia in Ticino

Marco Antognini<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Museo cantonale di storia naturale, Viale Cattaneo 4, CH-6900 Lugano

*marco.antognini@ti.ch*

---

**Riassunto:** Dario Ferrini è stato un eccellente speleologo e un autore prolifico che ha collaborato alla realizzazione dei primi numeri del catasto delle grotte del Ticino. Fin da giovanissimo dimostrò una grande passione per il mondo delle grotte e rapidamente diventò un grande esploratore del mondo sotterraneo. Benché per molti speleologi andare in grotta rappresenti una disciplina sportiva, per Ferrini l'attività esplorativa era una vocazione scientifica. Nel corso delle sue ricerche ha anche scoperto una nuova sotto specie di ragno: *Troglohyphantes lucifuga ferrinii*. Il nome le è stato attribuito nel 1959 da E. Dresco, che ha così voluto rendere omaggio al giovane speleologo ticinese. La passione per la ricerca scientifica lo spinse a studiare geologia all'ETH di Zurigo dal 1960 al 1964, quando ottenne il diploma. Era un vero appassionato della speleologia e un fotografo di talento del complesso mondo sotterraneo. Le sue pubblicazioni non lasciano dubbi sull'importanza del suo contributo alla nascita della ricerca speleologica in Ticino. Dario Ferrini scomparve tragicamente in un incidente di montagna l'8 gennaio 1965 a soli 25 anni di età.

**Parole chiave:** speleologia, fotografia in grotta, carsismo, Cantone Ticino

**Dario Ferrini (1940-1965): a pioneer of speleology in Ticino**

**Abstract:** Dario Ferrini was an outstanding speleologist and a prolific author who collaborated in the realization of the first issues of the cave inventory of Ticino. Ferrini's interest in caves began as a teenager and he rapidly became an active explorer of the underground world. Whereas most cavers regard exploring caves as a sport, for Ferrini it was a vocation and one that extended to the science associated with caves. He also discovered a new subspecies of spider. It was named *Troglohyphantes lucifuga ferrinii* by E. Dresco in 1959 to acknowledge and honour the young speleologist. His interest in caves led him to study geology at ETH Zurich from 1960 until 1964 when he graduated. He was a genuine enthusiast, a fine underground photographer and his publications and surveys leave no doubt about the significance of his contribution to the birth of speleology in Ticino. Dario Ferrini died in a mountain accident on 8th January 1965 at the early age of 25.

**Key words:** speleology, cave photography, karst studies, Ticino

---

## INTRODUZIONE

La donazione di materiale documentario appartenuto a Dario Ferrini al Museo cantonale di storia naturale da parte del dr. Guido Cotti offre lo spunto per ricordare la figura di un vero e proprio pioniere dell'attività speleologica in Ticino. Spirito eclettico e instancabile esploratore del territorio ticinese, Ferrini in pochi anni contribuì all'avvio del catasto delle grotte recensendo ben 107 cavità (Cotti & Ferrini 1961, Ferrini 1962). Oltre alla classica attività di definizione delle caratteristiche della grotta (descrizione, rilievo topografico, disegno), Ferrini s'interessa anche alla fauna che la popola, unendo quindi gli aspetti geologici a quelli biologici. Il tutto è corredato da un'ottima documentazione fotografica nella forma di diapositive a colori scattate nelle difficili condizioni che caratterizzano l'ambiente sotterraneo (assenza di luce, umidità, fango). Buona parte della fauna ritratta è costituita da minuscoli insetti e anche in questo caso le immagini realizzate da Ferrini con obiettivi macro sono straordinarie. Purtroppo la brillante carriera scientifica di Dario Ferrini si inter-

romperà tragicamente con la sua prematura scomparsa sulle pendici del Piz Nair, a soli 25 anni, pochi mesi dopo aver ottenuto il diploma di geologo al Politecnico Federale di Zurigo.

## CENNI BIOGRAFICI

Dario Ferrini nasce a Lugano il 20 marzo 1940. Fin da giovanissimo dimostra una grande passione per il mondo delle grotte e il suo tempo libero è dedicato alla loro esplorazione, spesso in compagnia dai fratelli Giovanni e Bruno (Fig. 1). La famiglia risiede a Lugano e l'attività si svolge prevalentemente sulle vicine montagne costituite da rocce carbonatiche: il Brè, il San Salvatore, il Monte Generoso e il Monte San Giorgio. Un altro territorio di ricerca privilegiato è la Val Verzasca presso Frasco, paese di origine della famiglia, anche se in questo caso il differente contesto geologico limita la formazione di cavità alle diaclasi all'interno di rocce cristalline.

A soli 15 anni si iscrive al Gruppo Speleologico Tici-

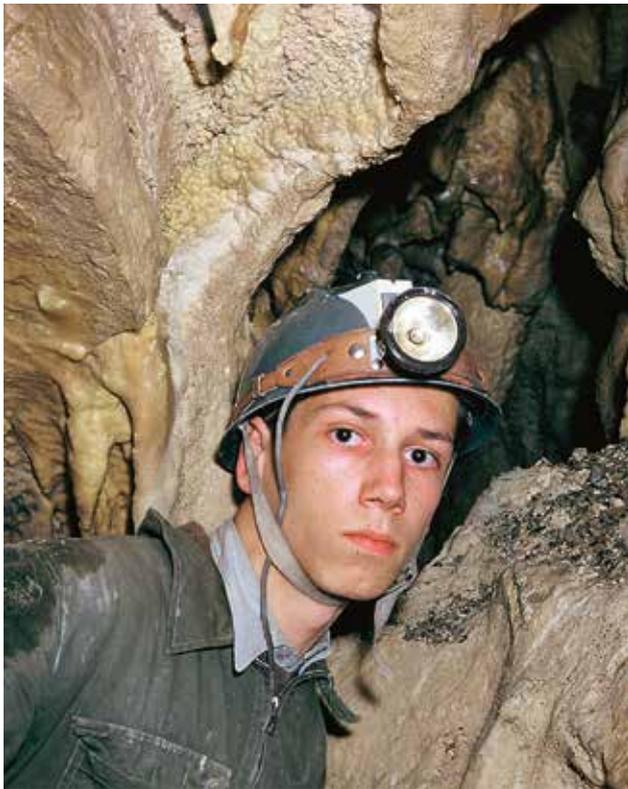


Figura 1: Dario Ferrini dopo la strettoia nella grotta Fiadaduu dal laac (Brè), 27 ottobre 1956.

nese presieduto da Guido Cotti, allora studente all'Università di Pavia, uno dei pochi naturalisti interessati alla fauna delle grotte e che stava raccogliendo del materiale per la tesi. Nascerà così un sodalizio che culminerà con la pubblicazione del primo numero del catasto delle grotte ticinesi (Cotti & Ferrini, 1961). Il suo interesse per il mondo sotterraneo copre praticamente tutti gli ambiti della speleologia: esplorazione, rilievo topografico, fotografia, geologia, idrologia e biospeleologia. Sorprendono inoltre il suo impegno e il desiderio di divulgare le scoperte fatte, un atteggiamento che dimostra grande maturità. Basti ricordare che a soli 18 anni presenta due contributi al II° Congresso Internazionale di Bari relativi alla fotografia in speleologia e ai fenomeni carsici nella zona del Lucomagno.

La passione per la ricerca scientifica lo porterà a iscriversi al Politecnico Federale di Zurigo, alla facoltà di geologia. Si laurea nel mese di ottobre del 1964 (Ferrini, 1964), pochi mesi prima della prematura scomparsa al Piz Nair l'8 gennaio 1965.

## FONDO DOCUMENTARIO

Il materiale ora depositato presso il Museo cantonale di storia naturale è costituito da:

- 4 scatole in legno per diapositive (A, B, C, D) contenenti 400 diapositive a colori risalenti al periodo 1956-1963, scattate da Dario Ferrini.
- 1 scatolettina in plastica con 17 diapositive della stessa origine.
- 1 quaderno con copertina nera a rubrica alfabetica contenente l'elenco delle diapositive (n°, soggetto, data) redatto da D. Ferrini.

- 1 busta con fotografie di grotte, scattate da Guido Cotti tra il 1952 e il 1954. Sono le primissime foto di grotte ticinesi con allegato un elenco dettagliato.
- 1 quaderno con copertina azzurra intitolato "Gruppo Speleologico Ticinese, sez. SSS [Società Speleologica Svizzera], quaderno delle spedizioni", contenente i resoconti delle spedizioni e sedute del gruppo a partire dal gennaio 1953 e fino al 1958.
- 6 classificatori contenenti le schede ufficiali del catasto speleologico svizzero relative a 96 grotte ticinesi, in buona parte con i rilievi originali.

Le diapositive a colori (nel formato standard di 24 x 36 mm su telaio metallico) sono state scansionate e sono ora archiviate pure in forma digitale. Anche il quaderno contenente l'elenco delle diapositive è stato trascritto e digitalizzato per velocizzare la ricerca delle informazioni relative a ogni immagine.

## ESPLORAZIONE E DOCUMENTAZIONE

Nell'immaginario collettivo la speleologia è spesso considerata come una disciplina sportiva, una sorta di alpinismo al contrario, praticata da giovani temerari. In realtà, soprattutto in passato, i protagonisti dell'esplorazione delle cavità sotterranee erano naturalisti attratti da quel particolare mondo ricco di misteri. Un ambiente naturale complesso che include aspetti geologici, idrologici e biologici ma la cui esplorazione richiede indubbiamente coraggio e forza fisica. In questo filone si inserisce l'attività di Dario Ferrini e la sua particolare vocazione scientifica. Il suo approccio allo studio delle grotte è esemplare: egli esplora instancabilmente il territorio ticinese e le sue rocce carbonatiche, dai monti vicino a casa (Brè, San Salvatore, Monte Generoso e Monte San Giorgio) al Lucomagno o a Robièi. Non mancano anche visite a grandi e famosi sistemi carsici del nord Italia. La passione per la speleologia lo spinge quasi paradossalmente a esplorare anche località prive di rocce carbonatiche: percorre e cartografa così anche le diaclasi delle rocce cristalline nei dintorni di Frasco, luogo di origine della famiglia e meta delle vacanze estive.

Il patrimonio sotterraneo del Ticino è tutto da scoprire, le cavità note a quel tempo in letteratura sono poche, le segnalazioni piuttosto puntiformi e gli articoli sono privi del rilievo topografico delle cavità (Cotti, 1952). A titolo di esempio, come evidenziato da Cotti & Ferrini (1961), anche "la migliore pubblicazione speleologica ticinese prima del 1950" (Ghidini, 1906) contempla 7 grotte senza illustrazioni né topografie. Il salto di qualità della speleologia ticinese ha luogo negli anni cinquanta del ventesimo secolo e coincide con la nascita del Gruppo Speleologico Ticinese (sezione della Società Svizzera di Speleologia) nel 1951. I fondatori sono Guido Cotti, Dina Gardosi, Carlo Huber, Fabio Muggiasca e Giacomo Muller. Dario Ferrini si unirà a loro nel 1955. Pieno di entusiasmo, è il membro più giovane del gruppo e troverà un ambiente propizio per portare avanti la sua attività di ricerca. Dimostrando una grande maturità e una metodica fuori dell'ordinario compila le schede della Società svizzera di Speleologia per il catasto del-

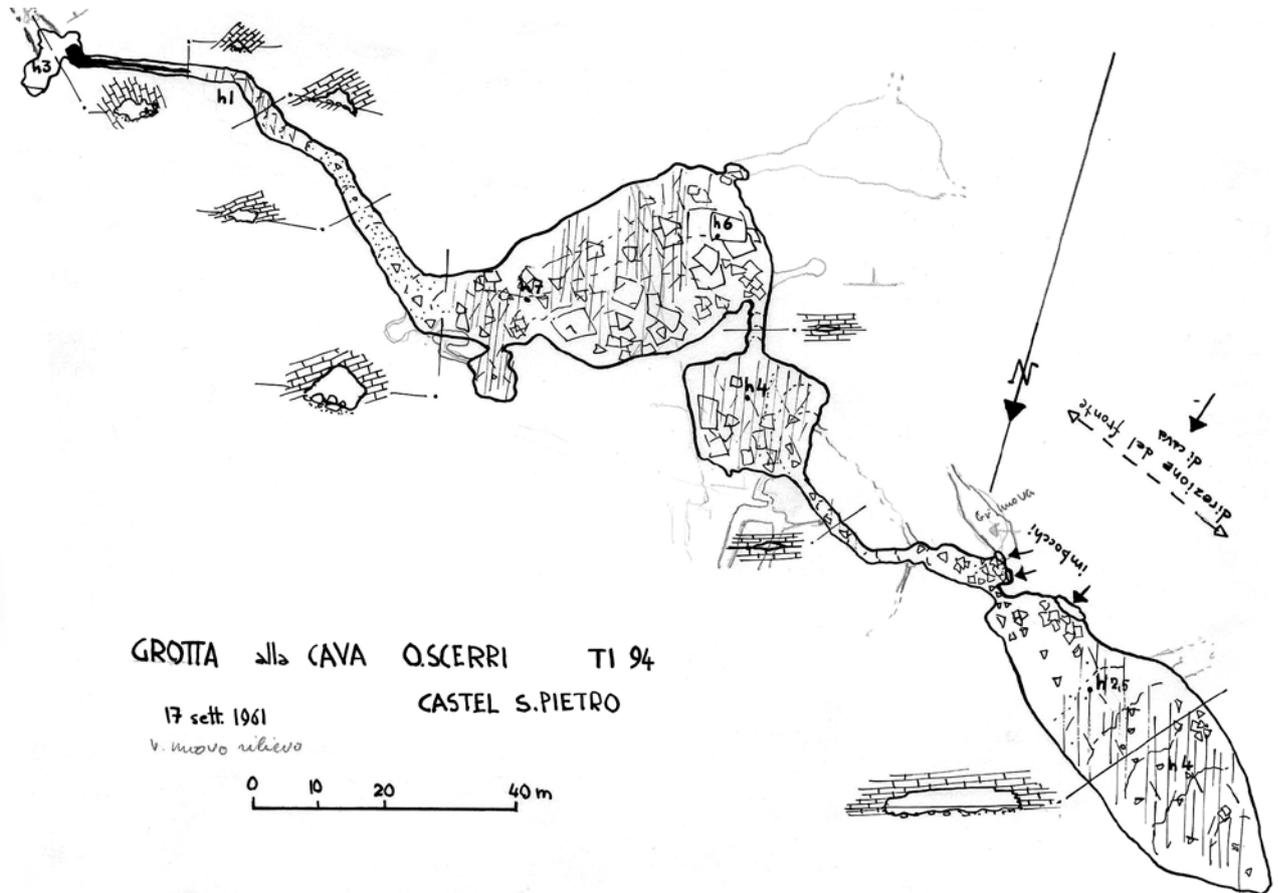


Figura 2: Planimetria della grotta alla cava Scerri (Mendrisio), 17 settembre 1961.

le cavità e realizza i primi disegni di dettaglio (Fig. 2). L'articolo di Cotti & Muggiasca (1956) inaugura la serie di pubblicazioni scientifiche dedicate al patrimonio speleologico ticinese. In pochi anni sono pubblicati i contributi dedicati alla fauna cavernicola (le "Note biologiche": Cotti, 1957; Cotti, 1958/1959; Cotti, 1962) ed è dato avvio al catasto delle grotte ticinesi (le "Note abiologiche": Cotti & Ferrini, 1961; Ferrini, 1962). Le cavità recensite in quegli anni sono ben 107. Oltre alle pubblicazioni, il desiderio di divulgare e condividere le scoperte effettuate nel territorio cantonale spinge Dario Ferrini e Guido Cotti a presentare i risultati delle proprie ricerche nell'ambito del II° congresso internazionale di speleologia a Bari (Cotti & Ferrini, 1958) e al II congresso nazionale svizzero a Sörenberg (Ferrini, 1963). Si creano così legami con altri appassionati e specialisti di un settore che in Ticino non sembra annoverare molti adepti.

Dario Ferrini era anche un ottimo fotografo e realizzò numerose immagini che ben documentano le attività del gruppo in quel periodo (Fig. 3, Fig. 4). Nonostante le difficoltà insite nello scattare fotografie in grotta, la sua passione per la fotografia lo porta a sviluppare particolari tecniche di ripresa. Negli anni cinquanta, le lampade flash sempre più compatte favoriscono le riprese (Howes, 2004), ma sono necessari molti accorgimenti e perizia per immortalare il mondo sotterraneo e i suoi abitanti. Le splendide diapositive a colori che Ferrini ci ha lasciato testimoniano momenti significativi dell'attività sul terreno. Ingressi, concrezioni, pozzi, fiumi sotterranei, speleologi, animali; non vi sono lacune

nei suoi scatti. Le immagini documentano anche come l'attrezzatura a disposizione degli speleologi a quell'epoca fosse rudimentale: scalette, corde di canapa, rari caschi, una tuta da operaio. La più sicura e rapida progressione su corda era ancora sconosciuta (Marbach & Rocourt, 1988). Le cavità ritratte sono elencate nella tabella 1.

All'interno dell'archivio, inoltre, ci sono immagini dedicate agli anni di studio al Politecnico di Zurigo e relative in particolare alle escursioni geologiche guidate da vari professori, tra i quali Rudolf Trümpy, Ezio Dal Vesco, Wolfgang Leupold. Vi è pure una bellissima immagine che ritrae Giuseppe Nangeroni dell'Università Cattolica di Milano in gita sul lago di Como.

Tabella 1: Elenco delle grotte fotografate da Dario Ferrini. I numeri fanno riferimento al catasto ticinese (Cotti & Ferrini, 1961; Ferrini, 1962) e a quello lombardo (Montrasio & Ferrario, 2016).

Grotta	N° catasto
Tesuron	TI 1
Tri Böcc	TI 6
Tanon	TI 7
Bögja	TI 8
Buco dell'alabastro	TI 11
Fiadaduu dal laac	TI 15
Grotta del Mago	TI 16
Grotta dei pipistrelli	TI 17
Grotta del ghiaccio	TI 18
Buco della Sovaglia	TI 21
Grotta di Gandria	TI 26
Böcc da la Ratategna	TI 27
Grotta del Guano	TI 30
Grotta del Demanio	TI 32
Grotta del Belvedere	TI 33
La Cà di Vecc	TI 35
Grotta dei Cugnoli	TI 36
Grotta Arbostora	TI 38
Grotta di Brè III	TI 41
Fonte del Castelletto	TI 57
Acqua del Pavone	TI 63
Grotta di Val della Crotta	TI 68
Tana di Erbonne	TI 71
Tana di Piai	TI 82
Tana del Sperücc	TI 83
Böcc Giümera	TI 84
Fiadoo di Pianello	TI 89
Grotta alla cava Scerri	TI 94
Sorgente Bossi	TI 118
Buco del Frate (Prevalle, BS)	LoBs 1
Grotta Tacchi (Zelbio, CO)	LoCo 2029
Grotta di Zelbio (Zelbio, CO)	LoCo 2037
Büs de la Niccolina (Sormano, CO)	LoCo 2204
Buco del Piombo (Erba, CO)	LoCo 2208
Zocca d'Ass (Moltrasio, CO)	LoCo 2212
La Maserà (Nesso, CO)	LoCo 2213
Grotta di Cunardo (Cunardo, VA)	LoVa 2206

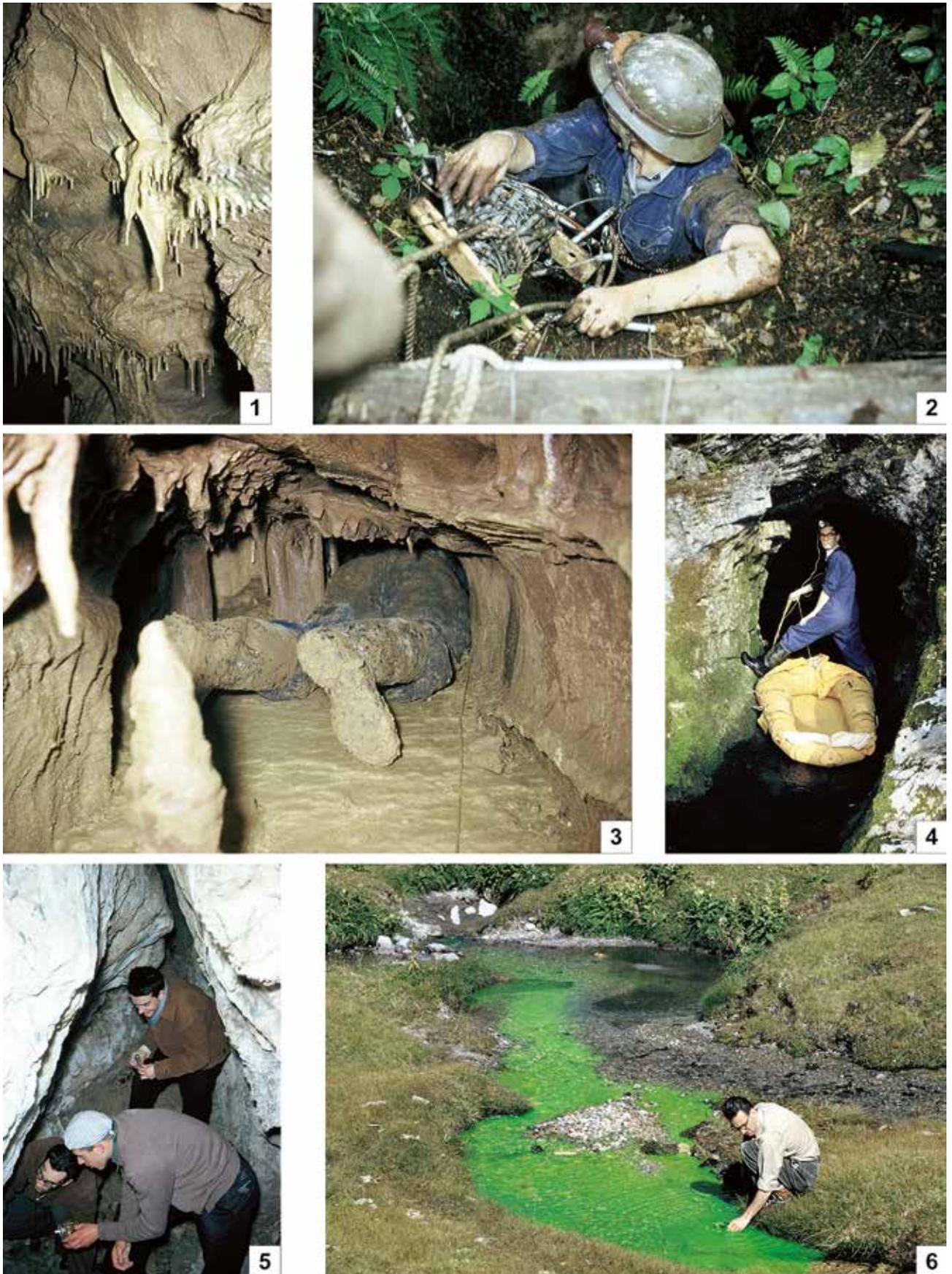


Figura 3: 1) Stalattite con eccentrica, grotta Bögia (Meride), estate 1956. 2) Guido Cotti all'entrata della Grotta Arbostora, estate 1956. 3) Superamento di una strettoia, grotta Bögia (Meride), dicembre 1956. 4) Guido Cotti in esplorazione con un canotto, imbocco della grotta Buco della Sovaglia, 3 marzo 1957. 5) Grotta del Guano (Cureggia), Guido Cotti, A. Ramelli e F. Casagrande, primavera 1957. 6) Colorazione perdita principale in periodo di magra con Guido Cotti, Lucomagno, estate 1957.

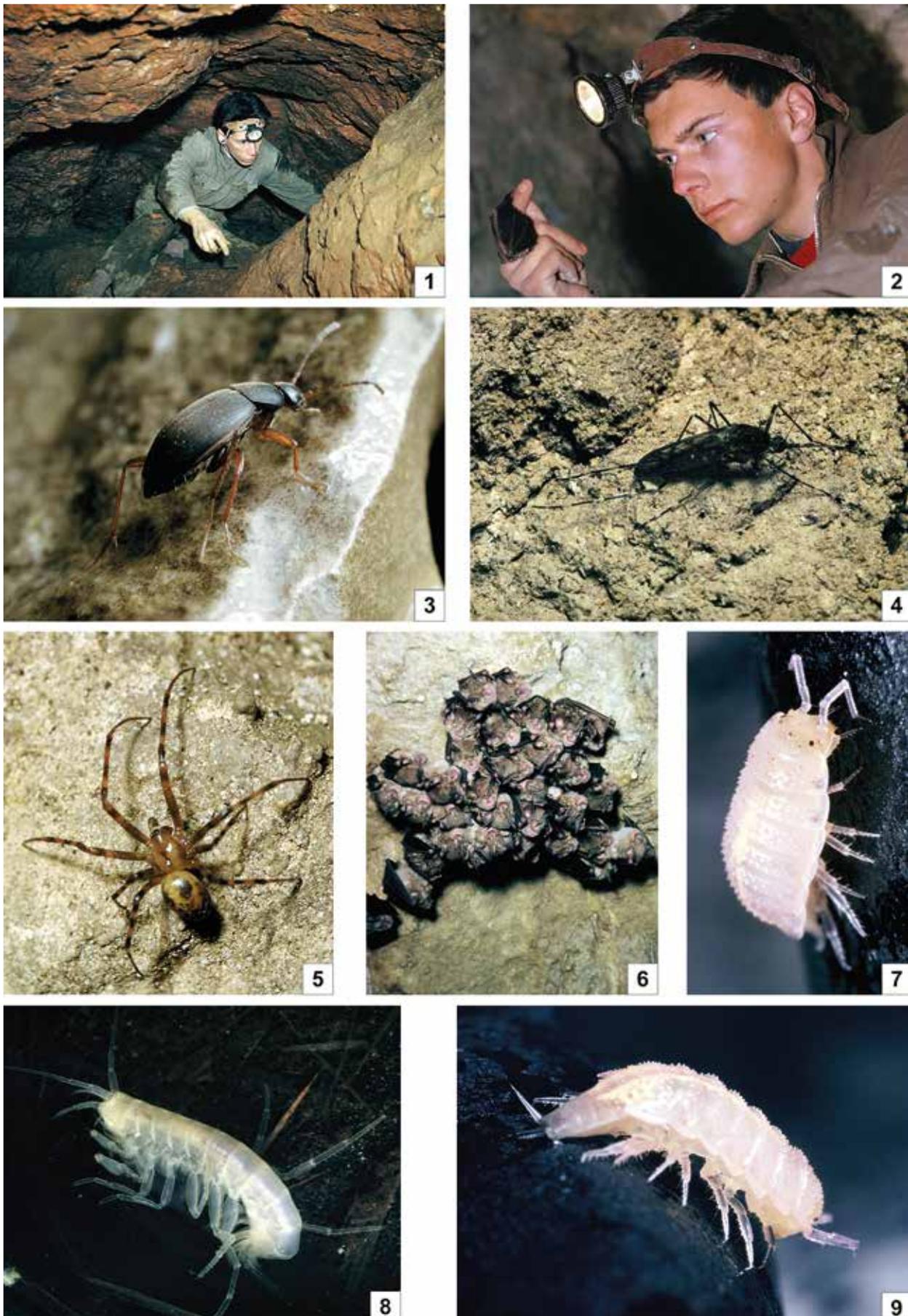


Figura 4: 1) Dario Ferrini esplora la grotta Tesuron (Carabbia), 22 dicembre 1956. 2) Giovanni Ferrini osserva un esemplare di *Rhinolophus*, Grotta del Guano (Cureggia), marzo 1963. 3) Coleottero *Choleva cisteloides*, luglio 1960. 4) *Culex* su parete (crostone stalagmitico), grotta Bögia (Meride), aprile 1957. 5) *Meta menardi* su parete, Grotta del Guano (Cureggia), 22 aprile 1957. 6) Colonia di ca. 30 pipistrelli, Grotta del Guano (Cureggia), 24 novembre 1956. 7 e 9) Isopode, grotta Fiadaduu dal laac (Brè), febbraio 1958. 8) *Nyphargus*, grotta Bögia (Meride), marzo 1958.

## BIOSPELEOLOGIA

Le grotte non sono un deserto minerale, ma ospitano in generale una fauna ricca e diversificata. Anche se meno numerosi che non all'esterno, gli animali osservabili in grotta appartengono spesso a specie interessanti in quanto specifiche dell'ambiente sotterraneo. Non sorprende quindi il grande interesse che Ferrini dimostra anche nei confronti della fauna cavernicola. Molte fotografie ritraggono infatti gli abitanti delle grotte, in prevalenza insetti di piccole dimensioni, che vengono immortalati con grande maestria e pazienza (Fig. 4). L'identificazione delle specie richiede poi l'intervento di biologi e così prende forma la collaborazione con Guido Cotti (in quegli anni studente all'Università di Pavia), che pubblicherà in seguito i risultati delle sue ricerche in diversi articoli (Cotti, 1957; Cotti, 1958/1959; Cotti, 1962).

Nel corso di un sopralluogo nella grotta Cà di Vecc (TI-35) presso Frasco in Val Verzasca, Ferrini scopre un particolare ragno bianco la cui identificazione risulta problematica. In effetti, una difficoltà intrinseca di molte specie cavernicole è quella di esistere solo in alcuni luoghi (magari molto distanti tra loro) e la loro determinazione può essere fatta unicamente da pochi specialisti a livello mondiale. Tra questi, presso il Museo di storia naturale di Parigi, è noto all'epoca Edouard Dresco, il cui settore di predilezione sono gli opilioni, l'ordine cui appartiene l'esemplare scoperto da Ferrini. Dopo un primo contatto in forma epistolare, nel 1957 egli si reca in Ticino per raccogliere direttamente alcuni esemplari (Fig. 5). I risultati delle sue ricerche prenderanno forma poco dopo con la pubblicazione di un articolo dedicato agli opilioni delle grotte ticinesi, all'interno del quale egli descrive la nuova sottospecie *Troglohyphantes lucifuga ferrini* Dresco (1959). Lo scienziato parigino rende così omaggio al giovane scopritore. Avremmo voluto presentare ai lettori un'immagine del reperto raccolto e descritto da Edouard Dresco, ma purtroppo le nostre ripetute richieste al Museo di storia naturale di Parigi (Mme. Christine Rollard, conservatrice della collezione dei ragni) sono rimaste senza risposta.

## RINGRAZIAMENTI

L'autore è grato al dr. Guido Cotti per aver donato al Museo cantonale di storia naturale il materiale documentario di Dario Ferrini e per le numerose informazioni e spunti forniti. Un grazie particolare anche a Giovanni Ferrini, fratello di Dario, per la collaborazione nella stesura del presente articolo.

## BIBLIOGRAFIA

Cotti G. 1952. Considerazioni intorno alla storia della speleologia ticinese sino al 1906 con particolare riferimento ai lavori dei sigg. Ghidini e Pavesi. *Cenobio* 1(3): 55-63.  
Cotti G. 1957. Le grotte del Ticino II - Note biologiche I. Parte II - Comunicazioni scientifiche e note. *Bollettino della Società ticinese di Scienze naturali* 52: 7-36.

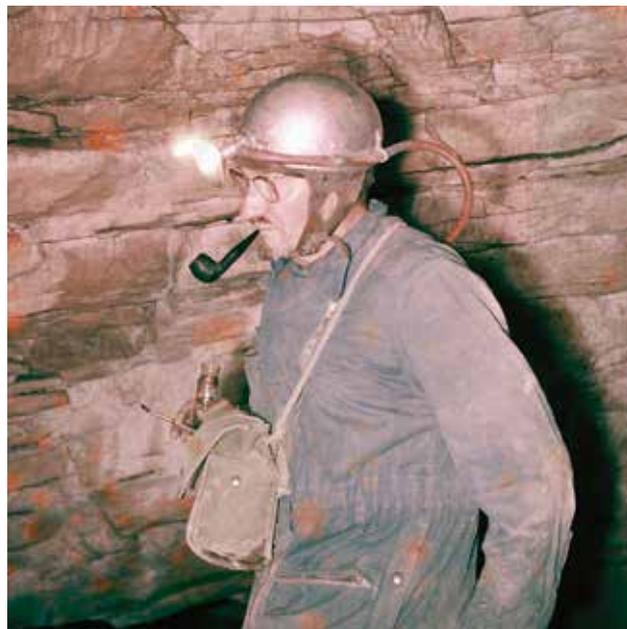


Figura 5: Édouard Dresco alla ricerca di ragni nella grotta Buco dell'Alabastro (Rovio), agosto 1957.

Cotti G. 1958/59. Le grotte del Ticino II - Note biologiche I. Parte II. A. La fauna. *Bollettino della Società ticinese di Scienze naturali* 53: 43-74.  
Cotti G. 1962. Le grotte del Ticino V. Note biologiche II. *Bollettino della Società ticinese di Scienze naturali* 55: 85-128.  
Cotti G. & Muggiasca F. 1956. Le grotte del Ticino I. Aspetti abiologici della Grotta del Mago. *Bollettino della Società ticinese di Scienze naturali* 50/51: 23-33.  
Cotti G. & Ferrini D. 1958. I fenomeni carsici della zona del Lucomagno. *Actes du deuxième congrès international de spéléologie, Bari-Lecce-Salerno, 5-12 octobre 1958* 1(1): 274-284.  
Cotti G. & Ferrini D. 1961. Le grotte del Ticino IV - Note abiologiche I. *Bollettino della Società ticinese di Scienze naturali* 54: 97-212.  
Dresco E. 1959. Catalogue raisonné des Araignées et des Opilions des grottes du Canton du Tessin (Suisse). *Annales de Spéléologie* 14(3-4): 359-390.  
Ferrini D. 1962. Le grotte del Ticino VI - Note abiologiche II. *Bollettino della Società ticinese di Scienze naturali* 55: 129-153.  
Ferrini D. 1963. Vallette carsiche e loro relazione con l'età e con la sezione dei condotti sotterranei. *Actes du deuxième congrès national de Spéléologie, Sörenberg (22-23 juin 1963)*: 38-42.  
Ferrini D. 1964. Le pietre verdi dei dintorni di Chiavenna. *Diplomarbeit, ETH Zürich, 190 Bl.: Ill. + 5 Karten + Profile*.  
Ghidini A. 1906. Note speleologiche. Dieci caverne del bacino del Ceresio. *Bollettino della Società ticinese di Scienze naturali* 3: 14-21.  
Howes C.J. 2004. Photographing Caves. In: Gunn J. (Ed.) *Encyclopedia of caves and karst science*. Fitzroy Dearborn, New York and London, pp. 1235-1243.  
Marbach G. & Rocourt J-P. 1988. *Techniques de la Spéléologie alpine. Techniques sportives appliquées* éditeur, Chorance, 352 pp.  
Montrasio D. & Ferrario A. 2016. Progetto TU.PA.CA.: un nuovo portale per la condivisione del catasto speleologico delle grotte lombarde. *Geologia Insubrica* 12/1: 219-222.



# EDITORIALE

## Atti del Congresso internazionale “Botanica Sudalpina”

Museo cantonale di storia naturale, Lugano, 18.11.2017

Brigitte Marazzi<sup>1,2</sup>, Sofia Mangili<sup>1</sup>, Alessio Maccagni<sup>3</sup>, Daniela Soldati<sup>4</sup> e Laura Torriani<sup>5</sup>

<sup>1</sup> Museo cantonale di storia naturale, CH-6900 Lugano

<sup>2</sup> Info Flora, c/o Museo cantonale di storia naturale, CH-6900 Lugano

<sup>3</sup> Università di Basilea, Dipartimento di Scienze Ambientali, CH-4056 Basilea

<sup>4</sup> Giardino botanico del Cantone Ticino, Isole di Brissago, CH-6614 Isole di Brissago

<sup>5</sup> Servizio fitosanitario cantonale, Sezione dell'agricoltura, CH-6501 Bellinzona

*brigitte.marazzi@ti.ch*

«Quindi è che anche nel Ticino il viaggiatore, che cala dalla Novena, dal S. Gottardo e dal S. Bernardino a Locarno od a Chiasso, vede in breve giro di tempo dispiegarsi dinanzi al suo occhio ammirato e succedersi le vegetazioni de' climi più svariati, dai geli della Lapponia alle tiepide aure del mezzogiorno, e vi saluta le piante del freddo nord, quelle della Germania nebulosa, quelle dell'alpe Elvezia, così pure molte di cui s'allietano i colli e i piani lombardi e la flora mediterranea». (Franzoni, 1890)

Più di un secolo fa il naturalista ticinese Alberto Franzoni descriveva con queste parole la vegetazione del Cantone Ticino. Collocato in una delle aree con maggiori precipitazioni della regione in subrica (o a clima in subrico; MeteoSvizzera, 2012), in poche decine di chilometri, il Sud delle Alpi elvetiche spazia dalle condizioni alpine delle alte vette delle montagne, a quelle quasi subtropicali e mediterranee delle regioni dei laghi di pianura, ospitando una flora vascolare di oltre 2'000 specie spontanee. In passato il clima particolarmente favorevole delle aree dei laghi è stato apprezzato anche dagli aristocratici, poiché ha permesso loro di abbellire i propri giardini con specie esotiche provenienti da terre lontane: camelie, azalee, rododendri e palme di Fortune, per citarne solo alcune. Ne è un illustre esempio la Baronessa Antoinette de Saint-Léger, la quale, acquistando le Isole di Brissago (sul Lago Maggiore) nel 1885, ha dato inizio a quello che, dal 1950, possiamo apprezzare quale Giardino Botanico del Cantone Ticino (Maspoli, 2003). Non solo le tradizioni ortocolturali, ma più in generale gli scambi internazionali e gli spostamenti umani, sempre più intensi nel corso degli ultimi secoli, hanno fatto sì che la flora esotica del Cantone Ticino sia costituita oggi da ca. 500 specie (Schoenenberger *et al.*, 2014), una quarantina delle quali sono considerate invasive, poiché causano danni alla biodiversità locale, alla salute pubblica e/o all'economia (Info Flora, 2014).

Nonostante l'assenza di una facoltà universitaria naturalistica, l'affascinante ricchezza floristica del Cantone Ticino è riconosciuta e studiata già da tempo da nu-

merosi botanici, tra i quali vi sono stati per esempio i confederati d'oltralpe Hermann Christ (1879), Paul Chenevard (1910) e Carl Schröter (1936), oltre che dal citato Alberto Franzoni (1890). Un grande passo avanti per le ricerche naturalistiche al Sud delle Alpi è avvenuto nel 1890, quando, grazie all'incoraggiamento di naturalisti svizzeri e di personalità della vicina Italia, è nata la Società Ticinese di Scienze Naturali (STSN). L'istituzione scientifica cantonale di riferimento per queste ricerche è invece il Museo cantonale di storia naturale (MCSN, Lugano), fondato da Luigi Lavizzari nel 1853 quale “Gabinetto di storia naturale”. Da allora, la sezione botanica del Museo documenta e monitora la flora ticinese in tutti i suoi aspetti, collaborando con enti cantonali e nazionali, ricercatori professionisti e appassionati. Oltre a queste attività, essa gestisce un erbario riconosciuto a livello internazionale, comprendente anche varie collezioni storiche (le più antiche risalgono a inizio '800), per un totale di ca. 70'000 campioni. Negli ultimi anni, la botanica ticinese ha conosciuto nuovi impulsi con l'istituzione, nel 2016, dell'Antenna sud delle Alpi di Info Flora (il Centro nazionale dei dati e delle informazioni sulla flora svizzera) e con la fondazione della Società Botanica Ticinese (SBT).

In questo importante momento per la botanica ticinese, l'unione ha fatto la forza e le parole di Franzoni hanno ispirato la prima edizione del congresso scientifico “Botanica Sudalpina” ([www.botanicasudalpina.ch](http://www.botanicasudalpina.ch)), tenuto il 18 novembre 2017 presso e in stretta collaborazione con il MCSN a Lugano. Lo scopo primario del congresso è stato di riunire tutte le parti attive nella ricerca scientifica sulla flora delle Alpi meridionali. L'evento, organizzato su iniziativa della SBT, ha registrato il tutto esaurito, con ben 110 partecipanti provenienti in gran parte dal nostro Paese, ma anche dall'Italia, dall'Austria e persino dal Regno Unito. Questo successo è stato possibile anche grazie al sostegno di Info Flora, della STSN e della Franklin University of Switzerland. I contributi esposti hanno spaziato dall'evoluzione alla biogeografia, toccando temi quali la biodiversità, la conservazio-

ne delle specie, le piante esotiche invasive e l'impatto dei cambiamenti climatici. Durante la seconda giornata del congresso i partecipanti hanno inoltre potuto prendere parte a due attività: un'escursione sul Monte di Caslano, *hotspot* di biodiversità nel nostro Cantone, e una visita guidata al MCSN.

Il programma scientifico del congresso era composto da un totale di 26 contributi: due presentazioni orali su invito, tenute dal Prof. Dr. Rolf Holderegger dell'Istituto federale di ricerca per la foresta, la neve e il paesaggio WSL (Birmensdorf, Svizzera) e dal Prof. Dr. Bruno E. L. Cerabolini dell'Università degli Studi dell'Insubria (Varese, Italia), seguite da 15 presentazioni orali brevi, organizzate in quattro sessioni, e 9 poster (Fig. 1). I riassunti di tutti i contributi sono pubblicati in lingua italiana e inglese in questo stesso volume e presentati brevemente di seguito.

La prima sessione ha avuto come tema i cambiamenti climatici ed è stata aperta dall'intervento del Prof. Dr. Holderegger, il quale ha descritto gli adattamenti delle piante alpine al riscaldamento climatico (v. pag. 159). Ha fatto seguito la presentazione di Gentili *et al.* (p. 161), i quali hanno analizzato il ruolo dei microrifugi per la sopravvivenza della flora alpina nei periodi caldi interglaciali. Nel terzo intervento, di Casazza *et al.* (p. 162), è stato prospettato il possibile impatto futuro dei cambiamenti climatici sulle specie endemiche e sub-endemiche delle Alpi Sudoccidentali. Tema questo approfondito anche dall'ultimo contributo della sessione, nel quale Guerrina *et al.* (p. 163) hanno presentato una specie modello (*Berardia subacaulis* Vill., Asteraceae) utilizzata per studiare i possibili effetti dei cambiamenti climatici sulla sopravvivenza delle specie paleo-endemiche delle Alpi sud-occidentali.

Nella seconda sessione i temi hanno spaziato dall'evoluzione all'ecologia, passando per la biogeografia, la genetica e la tassonomia. Il primo studio, presentato da Pegoraro *et al.* (p. 164), ha avuto come scopo l'identificazione dei vari fattori (genetici, corologici ed ecologici) che contribuiscono all'adattamento delle piante in ambienti alpini, utilizzando come modello le Asteracee. Englmaier & Wilhelm (p. 165) hanno in seguito presentato l'esito d'indagini sistematiche e di dati cariologici e genetici di alcuni gruppi critici del genere *Festuca*. Nel terzo intervento de Vos *et al.* (p. 166) hanno mostrato i risultati di esperimenti sul campo e dati genetici e morfometrici con lo scopo di chiarire l'ecologia riproduttiva e la filogeografia di *Primula halleri* J. F. Gmel. (Primulaceae), una specie alpina a ercogamia variabile. Marazzi (p. 167), nell'ultima presentazione della sessione mattutina, ha illustrato i risultati di un progetto esplorativo sui nettari extraflorali nella flora del Cantone Ticino, presentando in particolare la diversità sistematica, la funzionalità, la stagionalità della secrezione di nettare e l'interazione con le formiche.

La terza sessione si è aperta nel pomeriggio con il contributo del secondo relatore invitato, il Prof. Dr. Cerabolini, il quale ha esposto i concetti universali delle strategie delle piante nelle analisi vegetazionali (v. pag. 160). Hanno fatto seguito quattro interventi incentrati sul tema della biodiversità, condizionata dal tipo di gestione delle superfici agricole e vinicole e minacciata

dall'attuale problematica delle neofite invasive. Nel primo intervento Pöll & Stöcklin (p. 168) hanno mostrato come, i recenti cambiamenti del sistema d'incentivi finanziari per la promozione della biodiversità in ambito agricolo, possano avere degli effetti positivi sulla diversità vegetale e dimostrarsi misure efficaci per contrastare il forte cambiamento dell'uso del suolo avvenuto in passato e ancora in atto. Binggeli *et al.* (p. 169) hanno in seguito illustrato come il recupero di aree coltivate dismesse favorisca non solo la diversità paesaggistica, ma permetta anche il ripristino, in un periodo di 10-15 anni, della vegetazione caratteristica di vigneti, pascoli e prati terrazzati. Nel terzo contributo Gaggini *et al.* (p. 170) hanno analizzato e dimostrato il ruolo fondamentale degli insediamenti suburbani nella diffusione di neofite nei boschi adiacenti. La sessione è terminata con la presentazione di Widmer *et al.* (p. 171), il quale ha mostrato come i tassi di germinazione della *Pueraria lobata* (Willd.) Ohwi in Ticino siano chiaramente superiori a quelli riportati nella letteratura relativa ad altre regioni e va dunque riconsiderato il ruolo della dispersione mediante seme di questa neofita invasiva. Nell'ultima sessione sono stati presentati due progetti regionali di cartografia floristica e alcuni ritrovamenti di specie peculiari per la regione insubrica. Durante la prima presentazione Dellavedova *et al.* (p. 172) hanno illustrato la metodologia e i risultati preliminari dell'inventario della flora vascolare del Parco nazionale Val Grande (Piemonte, Italia). Kleih (p. 173) ha in seguito fornito una panoramica della metodologia e dei risultati del progetto, partito negli anni '90, di cartografia floristica tra il Lago Maggiore e il Lago di Como e presentato in dettaglio alcuni taxa indigeni ed esotici nuovi per la regione o particolarmente critici. Con la terza presentazione Juillerat (p. 174) ha permesso di conoscere meglio le rare specie delle falesie dolomitiche del Ticino meridionale, sulle quali cresce anche la felce *Asplenium seelosii* Leyb., rinvenuta per la prima volta in Ticino e in Svizzera. Nell'ultimo contributo del congresso Jutzi (p. 175) ha discusso alcuni risultati riguardanti la realizzazione della Lista rossa svizzera delle piante vascolari (Bornand *et al.*, 2016), fornendo dettagli sulle peculiarità emerse per la regione biogeografica del Sud delle Alpi elvetiche.

Queste quattro sessioni sono state intervallate da due momenti dedicati ai poster, durante i quali i partecipanti hanno potuto interagire con i relatori. I poster hanno spaziato dalla floristica tradizionale, passando per la macro-ecologia e la biochimica, fino alla genetica. Di seguito sono brevemente presentati in base alle tematiche trattate. Mangili & Marazzi (p. 182) hanno messo in risalto la ricchezza floristica autoctona delle rive delle Isole di Brissago, rinvenendo alcune specie minacciate. Carraro *et al.* (p. 177), attraverso l'uso di differenti metodi cartografici, hanno permesso di fornire un'immagine del potenziale evolutivo della vegetazione della valle Onsernone. Bertogliati *et al.* (p. 176) hanno presentato un progetto di una guida per la gestione della vegetazione ripariale lungo i corsi d'acqua nel Canton Ticino, che mira a garantire sia la sicurezza sia gli aspetti ecologici. Due poster sono stati dedicati a progetti di conservazione di specie vegetali iscritte nella



Figura 1: Ringraziamento dei relatori che hanno partecipato al congresso “Botanica Sudalpina” da parte della presidente della Società Botanica Ticinese, Antonella Borsari, durante la cerimonia di chiusura (foto: Giorgio Moretti).

Lista rossa della Svizzera (Bornand *et al.*, 2016). Nel primo Mangili *et al.* (p. 183) hanno descritto un recente intervento di traslocazione, attuato per proteggere una popolazione di *Aristolochia clematitis* L. (Aristolochiaceae), specie fortemente minacciata, da alcune opere di rifacimento stradale. Nel secondo Marazzi *et al.* (p. 184) presentano i risultati preliminari di uno studio pilota di demografia ed ecologia dell'unica popolazione in territorio svizzero di *Adenophora liliifolia* (L.) A. DC. (Campanulaceae). Questo progetto è stato elaborato e approfondito in un ulteriore articolo per delineare la situazione attuale e le prospettive per la specie (Valenti *et al.*, p. 53). Il poster di Guerrina *et al.* (p. 181) ci porta nelle Alpi Marittime, dove gli autori cercano di colmare le lacune legate al sistema di riproduzione di *Saxifraga florulenta* Moretti (Saxifragaceae), una specie semelpara paleo-endemica delle alpi e minacciata sul territorio italiano. Dagli aspetti macro-ecologici si passa poi a quelli di biochimica e genetica. Colombo *et al.* (p. 179) trattano nel loro poster la categorizzazione dei metaboliti secondari ed il loro possibile uso come carattere tassonomico per le specie europee del genere *Primula* (Primulaceae). Questo genere è studiato anche nel poster di Casazza *et al.* (p. 162), dove *P. marginata* Curtis serve da caso di studio per esaminare il ruolo dell'aumento del numero di cromosomi nella speciazione combinando analisi genetiche e morfologiche. Frey *et al.* (p. 180) analizzano infine la diversità genetica e morfologica delle popolazioni insubriche di *Trapa natans* L. (Lythraceae), evidenziando la scomparsa di una linea evolutiva dovuta all'eutrofizzazione delle acque. In conclusione, a distanza di alcuni mesi, possiamo af-

fermare che il congresso Botanica Sudalpina è riuscito nel suo intento, permettendo di rafforzare i legami tra la comunità scientifica svizzera e della vicina Italia e inserendo il Cantone Ticino in un contesto internazionale più ampio. È stato infatti possibile instaurare e promuovere nuove collaborazioni, sia a livello cantonale, che nazionale e internazionale, oltre a favorire la conoscenza della flora autoctona sudalpina e dare continuità alla tradizione di ricerca botanica del MCSN. Questa prima esperienza ha permesso di fare il punto della situazione della ricerca scientifica relativa alla flora sudalpina e di evidenziare non solo il grande interesse per questa tematica, ma soprattutto la necessità e l'importanza di un evento che permetta l'incontro e lo scambio scientifico. Quest'ultimo punto è emerso chiaramente dal sondaggio condotto al termine della giornata: i partecipanti, a grande maggioranza soddisfatti del congresso, hanno espresso il desiderio di trasformarlo in un appuntamento regolare, con una prossima edizione già fra tre anni.

Nelle pagine seguenti sono riportati i riassunti dei vari contributi, ordinati seguendo il programma del congresso: dapprima le presentazioni dei due conferenzieri invitati, seguite dai contributi orali e dai poster. La persona di contatto di ogni contributo è contrassegnata con un asterisco (\*) e il suo recapito email è riportato a fianco. I nominativi e gli indirizzi di tutti gli autori sono invece elencati in ordine alfabetico in appendice.

Il Comitato organizzativo vi augura buona lettura!

*Brigitte Marazzi, Sofia Mangili, Alessio Maccagni,  
Daniela Soldati e Laura Torriani*

## RINGRAZIAMENTI

Ringraziamo sentitamente il caporedattore Marco Moretti e il gruppo editoriale del Bollettino STSN per aver reso possibile la pubblicazione dei presenti Atti del congresso. Inoltre, in veste di membri del Comitato organizzativo del congresso, vorremmo ringraziare nuovamente tutte le istituzioni che hanno sostenuto il congresso e le persone coinvolte nell'organizzazione, in particolar modo Filippo Rampazzi (direttore MCSN), il Comitato della SBT, Stefan Eggenberg e Sibyl Rometsch (direzione di Info Flora), il Comitato della STSN, Ivan Sasu (sito web del congresso) e Sara Steinert Borella (Franklin University of Switzerland), come pure tutti i membri del Comitato scientifico (Fig. 2).

## BIBLIOGRAFIA

- Bornand C., Gygax A., Juillerat P., Jutzi M., Möhl A., Rometsch S., Sager L., Santiago H., Eggenberg S. 2016. Liste rouge Plantes vasculaires. Espèces menacées en Suisse. Office fédéral de l'environnement, Berne et Info Flora, Genève. L'environnement pratique nr 1621, 178 pp.
- Chenevard P. 1910. Catalogue des plantes vasculaires du Tessin. Extrait du Tome 21 des Mémoires de l'Institut National Genevois. Genève, Kündig, 553 pp.
- Christ K.H. 1882. Das Pflanzenleben der Schweiz. Zurigo, Friedrich Schulthess Verlag, 523 pp.

- Franzoni A. 1890. Le piante fanerogame della Svizzera insubrica enumerate secondo il metodo decandolliano. Zurigo, tipografia Zürcher & Furrer, 256 pp.
- Maspoli G. 2003. La flora ticinese nelle pagine del Bollettino: lacune, oasi e un parco insulare. Bollettino della Società Ticinese di Scienze Naturali, 91: 83-90.
- MeteoSvizzera 2012. Rapporto sul clima – Cantone Ticino. Su mandato dell'Ufficio dell'aria, del clima e delle energie rinnovabili del Cantone Ticino. URL: [https://www4.ti.ch/fileadmin/DT/temi/aria/clima/01\\_Rapporto\\_clima\\_Ticino.pdf](https://www4.ti.ch/fileadmin/DT/temi/aria/clima/01_Rapporto_clima_Ticino.pdf) (ultima consultazione: 19.6.2018).
- Schoenenberger N., Röthlisberger J. & Carraro G. 2014. La flora esotica del Cantone Ticino (Svizzera). Bollettino della Società Ticinese di Scienze Naturali, 102: 13-30.
- Schröter C. 1936. Flora des Südens, d.h. «Insubriens», des suedlichen Tessins und Graubündens und des Gebietes der oberitalienischen Seen (Langensee bis und mit Gardasee). Zurigo e Stoccarda, Rascher Verlag, 151 pp.
- Info Flora. 2014. Lista delle neofite invasive in Svizzera; Buholzer S., Nobis M., Schoenenberger N., Rometsch S. URL: [https://www.infoflora.ch/it/assets/content/documents/neofite/neofite\\_varie/Lista%20nera\\_Watch%20List\\_2014.pdf](https://www.infoflora.ch/it/assets/content/documents/neofite/neofite_varie/Lista%20nera_Watch%20List_2014.pdf) (ultima consultazione: 19.6.2018).



Figura 2: Ringraziamento del Comitato organizzativo e del Comitato scientifico del congresso “Botanica Sudalpina” da parte della presidente della Società Botanica Ticinese, Antonella Borsari (da sinistra a destra): Brigitte Marazzi, Alessio Maccagni, Filippo Rampazzi, Boris Pezzati, Nicola Schoenenberger, Jürg Stöcklin, Marco Moretti, David Frey, Antonella Borsari, Daniela Soldati, Sofia Mangili, Giorgio Moretti, Mauro Jermini, Andrea Persico, Brack W. Hale e Stefan Eggenberg (mancano nella foto Lorenzo Besomi, Guido Maspoli e Laura Torriani) (foto: Giorgio Moretti).

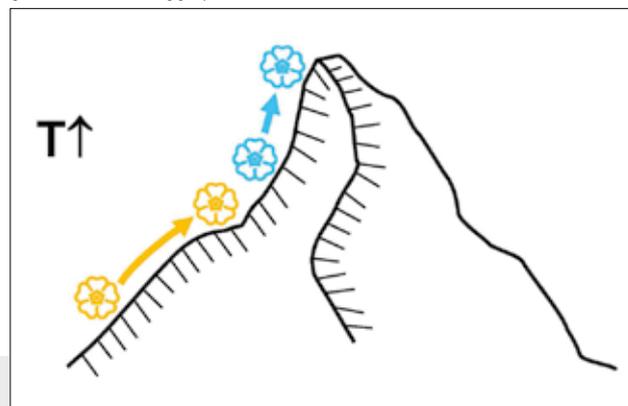
## ADATTAMENTO DELLE PIANTE ALPINE AL CAMBIAMENTO CLIMATICO

Rolf Holderegger – [rolf.holderegger@wsl.ch](mailto:rolf.holderegger@wsl.ch)

Si ritiene che il cambiamento climatico in atto sia particolarmente marcato nelle Alpi ed è probabile che la flora alpina ne sarà fortemente influenzata. Le principali risposte di queste specie sono: l'estinzione (locale); la migrazione verso nuovi luoghi e/o habitat grazie alla dispersione dei semi; il rapido adattamento ecologico dei singoli individui (plasticità) e l'adattamento genetico (evoluzione). Tuttavia, per descrivere la risposta delle specie e delle comunità alpine, ci si basa su un modello molto semplice che prevede la migrazione verso l'alto all'aumentare delle temperature. Ma cosa conosciamo realmente della reazione delle specie alpine al cambiamento climatico? Abbiamo prove concrete di estinzioni o migrazioni dovute ai cambiamenti climatici? La plasticità fenotipica è sufficiente per contrastare gli effetti della variazione delle temperature e delle precipitazioni? L'adattamento genetico è veramente così lento da impedire alle specie di tenere il passo a questi mutamenti? Nel corso degli ultimi vent'anni i ricercatori dell'arco alpino hanno condotto importanti ricerche accumulando informazioni e risultati significativi su come la flora alpina reagisce ai cambiamenti climatici. Tuttavia questi risultati sono a volte contraddittori. Durante la presentazione ho dapprima illustrato alcuni di questi risultati in relazione all'estinzione, la migrazione e l'adattamento (plastico e genetico) tratti da studi provenienti da campi diversi quali la floristica, l'ecologia, l'ecofisiologia e la genetica. Successivamente

ho provato a riunire questi risultati in una sintesi generale, sebbene ancora speculativa; il tutto focalizzandomi sulla Svizzera e le Alpi Meridionali.

Con il surriscaldamento climatico, le specie di piante dovrebbero spostarsi ad altitudini più elevate, e di fatto la loro distribuzione risulta spostata. In giallo: specie termofile; in blu: specie legate a climi più freddi. (Immagine: Rolf Holderegger)



Under global warming, plant species are supposed to shift, and in fact do shift their occurrences to higher elevations. In yellow: a plant preferring high temperatures; in blue: an alpine plant preferring cold temperatures. (Image: Rolf Holderegger)

## ADAPTATION OF ALPINE PLANTS TO CLIMATE CHANGE

Rolf Holderegger – [rolf.holderegger@wsl.ch](mailto:rolf.holderegger@wsl.ch)

The ongoing global climate change (temperature and precipitation regimes) is supposed to be particularly strong in the Alps. Hence, also its effects on the alpine flora are assumed to be marked. The principal reactions of alpine plants to climate change are: (local) extinction, migration by seed to other sites or habitats, short-term ecological adaptation of individuals (plastic responses), and genetic (i.e. evolutionary) adaptation. However, for alpine plant species and alpine vegetation a very simplistic response is often assumed with species and plant communities simply migrating upwards when temperatures are increasing. But what do we really know about the reactions of alpine plant species to climate change? Are there any recordings of extinction due to climate change yet? Is there any evidence for migration to new sites? Are short-term plastic responses sufficient to deal with changing temperatures and precipitation patterns? Is genetic adaptation really so slow that it cannot keep step with climate change? During the last two decades, researchers from across the Alps have carried out substantial research and accumulated significant results and information on how the alpine flora reacts to climate change. These results are, however, sometimes contradictory. During my presentation I first reviewed some of these results with respect to extinction, migration, ecological and genetic adaptation from such diverse fields as floristics,

vegetation science, ecology, ecophysiology and genetics. I then tried to bring them together in a more general, though still speculative synthesis. In doing so, my focus was on the Swiss and Southern Alps.



**Prof. Dr. Rolf Holderegger**

Capo dell'unità di ricerca "Biodiversità e Biologia della Conservazione" presso l'Istituto federale di ricerca WSL a Birmensdorf, Svizzera. Membro della Direzione del WSL. Interessi scientifici, in breve: genetica / genomica ecologica e ambientale; biodiversità e biologia della conservazione; interfaccia tra ricerca e applicazione / divulgazione.

Head of the research unit "Biodiversity and Conservation Biology" at the Swiss Federal Research Institute in Birmensdorf, Switzerland. Head of the Directorate and President of the Swiss Botanical Society until the end of 2017. Scientific interests, in short: ecological and environmental genetics / genomics; biodiversity and conservation biology; interface between research and application / outreach.

## CARATTERI E STRATEGIE DELLE PIANTE NELLE ANALISI VEGETAZIONALI: CONCETTI E APPLICAZIONI

Bruno E.L. Cerabolini – [bruno.cerabolini@uninsubria.it](mailto:bruno.cerabolini@uninsubria.it)

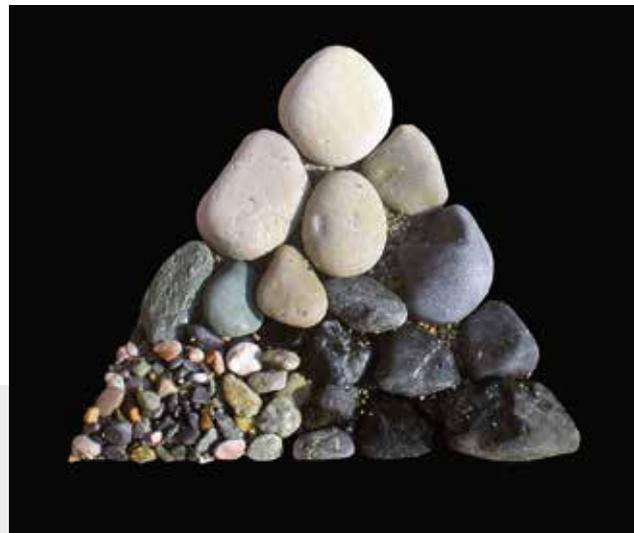
Negli ultimi decenni diversi aspetti del funzionamento primario delle piante sono stati confermati a scala globale. Questi includono l'osservazione che lo spettro dell'economia fogliare è parte di uno spettro complessivo di economia delle piante, ovvero di un compromesso tra l'investimento di risorse in tessuti durevoli e l'uso precoce di risorse nella riproduzione. Un secondo gradiente, lo spettro di dimensioni delle piante, è fortemente connesso all'abilità competitiva ed è stato confermato che implichi l'integrazione di caratteri legati alle dimensioni sia livello di semi, che di organi e piante intere. Questi due assi principali della variabilità funzionale delle piante contribuiscono a formare lo spettro globale di forma e funzione delle piante. Ciò fornisce uno schema in cui il funzionamento primario delle piante può essere quantificato e confrontato a livello di specie e di individui ed è stato riconosciuto che possa rappresentare i principali assi di variabilità previsti da teorie quali quella delle strategie adattative CSR (competitori, stress-tolleranti, ruderali) di Grime. Recentemente caratteri delle piante comunemente misurati in tutto il mondo sono stati usati per produrre uno strumento pratico per consentire la classificazione delle strategie adattative, in cui le forme biologiche delle piante possono essere confrontate sullo stesso piano.

Può questo strumento diventare un metodo di routine per studiare processi vegetazionali come coesistenza e biodiversità?

L'adattamento lungo stadi successionali? La risposta delle comunità vegetali al disturbo o all'aumento dei nutrienti? Le proprietà e servizi ecosistemici?

Oggi giorno la quantità di ricerche svolte in biomi di tutto il mondo che comparano le comunità vegetali lungo i gradienti ambientali, sembra essere incoraggiante.

La teoria CSR: una pietra miliare nell'ecologia vegetale. (Stone triangle copyright Simon Pierce, Università degli Studi di Milano)



The CSR theory: a milestone in plant ecology. (Stone triangle copyright Simon Pierce, University of Milan)

### PLANT TRAITS AND STRATEGIES IN VEGETATION ANALYSES: CONCEPTS AND APPLICATIONS

Bruno E.L. Cerabolini – [bruno.cerabolini@uninsubria.it](mailto:bruno.cerabolini@uninsubria.it)

In the last decades several aspects of plant primary functioning have been confirmed at the global scale. These include the observation that the leaf economics spectrum forms part of an overall “plant economics spectrum”, or a trade-off between investment of resources in perennial tissues or the early use of resources in reproduction. A secondary spectrum, the “plant size spectrum”, is heavily involved in plant competitive ability and has been confirmed to involve the integration of size-related traits at the level of seeds, organs and whole plants. These major axes of plant functional variability work together to form the “Global spectrum of plant form and function”. This provides a framework in which plant primary functioning can be quantified and compared amongst species and individuals, and has been recognized to represent major axes of variability predicted by theories such as Grime’s CSR (competitor, stress-tolerator, ruderal) adaptive strategy theory. Recently, common traits collected world-wide have been used to produce a practical tool to allow adaptive strategy classification, in which plant life forms can be compared at the same scale.

Can this become a routinized method to investigate vegetation processes like coexistence and biodiversity? Adaptation along successional stages? Plant communities response to dis-

turbance or nutrient enrichment? Ecosystem properties and services?

Nowadays the amount of researches across biomes worldwide comparing plant communities along environmental gradients seems to be encouraging.



#### Prof. Dr. Bruno E.L. Cerabolini

Professore ordinario di Botanica ambientale e applicata presso il Dipartimento di Scienze Teoriche e Applicate Università degli Studi dell'Insubria a Varese, Italia. Interessi scientifici, in breve: ecologia, evoluzione, botanica morfologica e conservazione, tratti morfologici, germinazione delle piante a scopi di conservazione delle specie e degli ecosistemi.

Full Professor of Environmental and Applied Botany at the Theoretical and Applied Science of the Università degli Studi dell'Insubria in Varese, Italy. Scientific interests, in short: ecology, evolution, morphological botany and conservation, morpho-functional traits, plant germination for species and ecosystems conservation.

## IL RITIRO GLACIALE AMPLIFICA LE OPPORTUNITÀ DI MICRORIFUGIO PER LE PIANTE ALPINE DURANTE LE FASI CALDE?

Rodolfo Gentili\*, Maria Cristina Salvatore, Micol Rossini, Cinzia Panigada, Stefano Armiraglio, Sandra Citterio e Carlo Baroni – \*[rodolfo.gentili@unimib.it](mailto:rodolfo.gentili@unimib.it)

**Introduzione e obiettivi** – Comprendere come la flora alpina affronterà periodi caldi interglaciali evitando l'estinzione è un soggetto di ricerca recente. Precedenti studi hanno evidenziato che la flora alpina può rispondere alle crescenti temperature sopravvivendo in microrifugi. In un'area alpina abbiamo: a) valutato l'area disponibile per la colonizzazione delle piante dopo il ritiro dei ghiacciai avvenuto nei secoli scorsi; b) studiato la possibile funzione di microrifugio di differenti forme e depositi del paesaggio.

**Metodi** – In valli del massiccio dell'Adamello (Alpi Retiche, Italia) abbiamo indagato i ghiacciai sin dalla piccola età glaciale (PEG) in termini di variazioni areali, frontali e di bilancio di massa. Abbiamo rilevato dati sulla presenza/assenza di 13 specie alpine di vetta e/o di aree pro-glaciali, entro plot di 3x3 m, secondo un campionamento casuale stratificato su forme e depositi di versante attivi: vette, morene, canali, debris flow, caduta massi/detrito e valanghe di neve. La treeline e la timberline sono state altresì mappate. I rapporti tra la presenza delle specie investigate, la treeline, la timberline e le forme ed i depositi glaciali e periglaciali in funzione della quota, sono stati analizzati mediante modelli lineari generalizzati.

**Risultati** – I ghiacciai indagati hanno subito una forte contrazione, superiore al 50%, tra la PEG e il 2006, rendendo disponibili ampie aree deglacciate. Specie alpine tipiche di aree

proglaciali e di vetta (~3'000 m slm) sono state trovate anche a quote inferiori (~1'700 m slm), oltre mille metri più in basso, in canali poligenici e su depositi di versante, raggiungendo la treeline e la timberline.

**Conclusioni** – Il ritiro dei ghiacciai potrà favorire nuove aree di colonizzazione per le specie alpine studiate ad alta e bassa quota. Forme e depositi di versante attivi possono svolgere la funzione di microrifugi diffusi per numerose specie alpine anche a bassa quota.

**Parole chiave:** cambiamento climatico, estinzione dei ghiacciai, migrazione verso il basso, processi paraglaciali, resilienza delle specie, rischio di estinzione.

Il ritiro dei ghiacciai mette a disposizione nuove superfici da colonizzare per specie alpine (Passo Cercen 3'022 m slm, gruppo Adamello-Presanella, Alpi Centrali, Italia) (foto: Rodolfo Gentili).



Glacier retreat make available free space for alpine species colonization (Cercen Pass 3'022 m asl, Adamello-Presanella group, Central Alps, Italy) (photo: Rodolfo Gentili).

## DOES GLACIAL RETREAT AMPLIFY MICROREFUGIUM OPPORTUNITIES FOR ALPINE PLANTS DURING WARM STAGES?

Rodolfo Gentili\*, Maria Cristina Salvatore, Micol Rossini, Cinzia Panigada, Stefano Armiraglio, Sandra Citterio and Carlo Baroni – \*[rodolfo.gentili@unimib.it](mailto:rodolfo.gentili@unimib.it)

**Background and Aims** – Understanding how alpine flora will be able to face warm interglacial periods avoiding extinction is a new promising topic. Previous studies highlighted that alpine flora may be able to respond to increasing temperatures surviving in marginal or local microrefugia. In an alpine area, we aimed at: a) assessing the surface area available for plant colonization after the glacier retreats occurred during the last centuries; b) investigating the possible microrefugium function of several active landforms and deposits depending on glacier dynamics.

**Methods** – In selected valleys of the Adamello massif (Rathian Alps, Italy), we investigated glaciers since the Little Ice Age (LIA) in terms of areal and frontal variations and mass balance. We collected presence/absence of 13 alpine plant species typical of peak areas and/or glacier forelands, within 3x3 m plots selected by a stratified random sampling on active alpine landforms and deposits of the valleys: peaks, moraines, channels, debris flow, rock/debris fall, and snow avalanche. Treeline and timberline were also investigated and mapped. Relationships between the species presence, treeline, timberline and landforms and deposits

according to elevation were assessed by generalized linear models.

**Results** – The investigated glaciers experienced a strong shrinkage more than 50% between LIA and 2006 making available wide deglacialized terrains. Typical alpine species growing on these deglacialized areas and on the mountain peaks (~3'000 m asl) were also found at low elevation (~1'700 m asl), more than one thousand meters downvalley, within polygenic channels and on slope deposits, often reaching treeline and timberline.

**Conclusions** – Expected retreat of alpine glaciers may favor new opportunities for all the studied alpine species colonization at both high and low elevation sites. Particularly, active landforms and deposits on alpine slopes are acting as widespread microrefugia for the selected species even at low elevation.

**Key words:** climate change, downward migration, extinction risk, glacier extinction, paraglacial processes, species resilience.

## L'IMPORTANZA DELLA STABILITÀ ATTRAVERSO IL TEMPO NELL'INFLUENZARE LA DISTRIBUZIONE DELLA RICCHEZZA DI ENDEMISMI

Gabriele Casazza\*, Luigi Minuto e Dagnino Davide – \* [gabriele.casazza@unige.it](mailto:gabriele.casazza@unige.it)

**Introduzione e obiettivi** – Il cambiamento climatico è una delle principali minacce alle piante endemiche, in particolar modo negli ecosistemi montani che spesso hanno un alto numero di endemismi. Vari studi suggeriscono che gli attuali centri di endemismo si trovino in aree in cui la complessità della topografia montana ha mitigato gli effetti dei cambiamenti climatici passati e dove probabilmente mitigherà gli effetti di quelli futuri.

**Metodi** – Al fine di valutare la stabilità climatica abbiamo esaminato i cambiamenti nella distribuzione dei tipi climatici di Köppen dall'ultimo periodo interglaciale al presente. Inoltre, usando i modelli di distribuzione delle specie, abbiamo proiettato la nicchia climatica di 100 piante endemiche o subendemiche delle Alpi Sud-occidentali (circa il 60% di tutte le piante endemiche e subendemiche) nel passato (ultimo interglaciale, ultimo massimo glaciale e medio Olocene) e nel futuro (2070 usando sia uno scenario pessimistico sia uno ottimistico).

**Risultati** – Attualmente la maggior ricchezza di endemismi (sia potenziale sia nota) si riscontra nelle aree climaticamente stabili durante il passato. La ricchezza nei tempi passati è correlata significativamente con la ricchezza attuale sia potenziale sia nota. Similmente, la ricchezza potenziale futura è correlata significativamente sia con la ricchezza attuale sia con

la stabilità nel passato. Inoltre, gli endemismi delle Alpi Sud-occidentali subiranno una drastica riduzione del loro areale distributivo (65.5% e 82.3% rispettivamente nello scenario ottimistico e in quello pessimistico) che non sarà controbilanciata da una migrazione in aree adiacenti a causa della bassa capacità di dispersione delle specie.

**Conclusioni** – I nostri risultati suggeriscono che, nonostante in futuro i microrifugi rimarranno relativamente stabili e manterranno alti livelli di diversità, il numero di endemismi per unità di superficie si ridurrà considerevolmente poiché gli endemismi non riusciranno a migrare a una velocità sufficiente per seguire i cambiamenti climatici futuri.

**Parole chiave:** Alpi Sud-occidentali, cambiamento climatico, modelli di distribuzione delle specie, rischio di estinzione.

Stabilità dei tipi climatici di Köppen nel tempo. I colori indicano il numero di periodi passati in cui era presente il clima attuale. Blu = mai presente, rosso = presente in ogni momento.



Stability of Köppen climates over time. The colors indicate the number of past periods in which the current climate was present. Blue = never present, red = present over all times.

## THE IMPORTANCE OF STABILITY THROUGH TIME IN AFFECTING THE GEOGRAPHICAL PATTERN OF ENDEMISM RICHNESS

Gabriele Casazza\*, Luigi Minuto and Dagnino Davide  
\* [gabriele.casazza@unige.it](mailto:gabriele.casazza@unige.it)

**Background and Aims** – Climate change is one of the greatest threats to plant endemisms, particularly in mountain ecosystems that often show a high rate of endemism. Studies suggest that current centers of endemism are typically located in areas where the rugged mountainous topography buffered the effect of past climate changes and will probably buffer also the future changes.

**Methods** – To evaluate climatic stability, we assessed shift in distribution of Köppen climatic types from last interglacial to present. Using species distribution models, we projected the climatic niche of 100 plant species endemic or subendemic to SW Alps (about 60% of all endemic and subendemic species) in past (i.e., last interglacial, last glacial maximum and middle Holocene) and future (i.e., year 2070 using both an optimistic and a pessimistic scenario) climates.

**Results** – We detected a higher current endemism richness (both potential and known) in areas climatically stable during the past than in not stable areas. We found a significant positive correlation between richness throughout past climates and both potential and known current endemism richness. Similarly, we found a significant positive correlation between future potential endemism richness and both past stability

and current potential endemism richness. Nevertheless, endemic species in the SW Alps will experience high range loss (65.5% and 82.3% in the optimistic and pessimistic scenarios, respectively), not counterbalanced by range gain in adjacent areas because of low dispersal capabilities.

**Conclusions** – Our results suggest that, despite the ability of microrefugia to remain relatively stable and support high diversity in the future, absolute levels of endemism in the SW Alps will likely decline considerably, due to the inability of endemic species to disperse at a rate consistent with future climate change.

**Key words:** climate change, extinction risk, species distribution model, SW Alps.

## IMPARARE DAL PASSATO PER PREVEDERE IL FUTURO: *BERARDIA SUBACALIS* VILL., UNA SPECIE PALEO-ENDEMICA DELLE ALPI SUDOCCIDENTALI COME CASO DI STUDIO

Maria Guerrina\*, Spyros Theodoridis, Carmelo Nicodemo Macri, Gabriele Casazza, Luigi Minuto ed Elena Conti  
\* [maria.guerrina@ebc.uu.se](mailto:maria.guerrina@ebc.uu.se)

**Introduzione e obiettivi** – I cambiamenti climatici futuri potrebbero portare ad una sostanziale perdita di biodiversità. Le piante endemiche sono maggiormente minacciate d'estinzione, perché sono solitamente caratterizzate da una capacità di dispersione limitata, da meno variabilità genetica e sono quindi meno in grado di adattarsi rapidamente ai cambiamenti climatici rispetto a specie con una più ampia distribuzione. Il riscaldamento globale può portare a cambiamenti nell'areale di distribuzione, nella biologia riproduttiva e nelle interazioni pianta-insetto. Per avere stime affidabili dei rischi è fondamentale investigare diversi aspetti delle specie prese in esame. Il presente studio utilizza *Berardia subacaulis* Vill. come modello per studiare i possibili effetti del riscaldamento globale sulla sopravvivenza di una specie paleo-endemica delle Alpi Sudoccidentali.

**Metodi** – È stato condotto un approccio multidisciplinare, esaminando la filogeografia, i modelli di distribuzione e la biologia riproduttiva di *Berardia*.

**Risultati** – La struttura filogeografica della specie risulta essere debole e complessa, probabilmente questo è dovuto agli alti livelli di flusso genico. I livelli di ricchezza allelica rilevati sono bassi. I modelli di distribuzione prevedono una contrazione dell'habitat potenzialmente idoneo simile alla potenziale contrazione che *Berardia* sembra aver già subito in passato.

Per queste ragioni, future contrazioni dell'areale di distribuzione come risposta ad un aumento delle temperature potrebbero portare ad un ulteriore impoverimento della diversità genetica di *Berardia*. I fiori sono proterandri, favorendo la fecondazione incrociata, ma l'autofecondazione è possibile. I fiori sono impollinati da impollinatori comuni, ma le visite sono scarse. *Berardia* probabilmente trae vantaggio della sua autofecondazione, che ne assicura il successo riproduttivo. Per questa ragione *Berardia* sembra essere meno esposta a cambiamenti nelle interazioni pianta-insetto.

**Conclusioni** – Il presente studio mostra l'importanza d'investigare la demografia, la storia, l'ecologia e la genetica in biologia della conservazione. Utilizzando un approccio multidisciplinare è possibile comprendere meglio gli effetti dei cambiamenti climatici globali sulla biodiversità.

**Parole chiave:** approccio multidisciplinare, filogeografia, modelli di distribuzione della specie, proiezioni nel passato, riscaldamento globale, strategie riproduttive.

Individuo di *Berardia subacaulis* Vill. (foto: Carmelo Nicodemo Macri).



Individual of *Berardia subacaulis* Vill. (photo: Carmelo Nicodemo Macri).

## LEARNING FROM THE PAST TO FORECAST THE FUTURE: A CASE STUDY ON *BERARDIA SUBACALIS* VILL., A PALEO-ENDEMIC SPECIES OF THE SW ALPS

Maria Guerrina\*, Spyros Theodoridis,  
Carmelo Nicodemo Macri, Gabriele Casazza,  
Luigi Minuto and Elena Conti – \* [maria.guerrina@ebc.uu.se](mailto:maria.guerrina@ebc.uu.se)

**Background and Aims** – Future climate change may lead to a substantial loss of biodiversity. Endemic plants are exposed at an increased extinction risk because they are likely more dispersal-limited, less genetically variable, thus less able to rapidly adapt to climate change than species with broader distribution. In plants, global warming can lead to changes in distributional range, reproductive biology and plant-insect interactions. To produce reliable estimates of the risk, it is fundamental to investigate several aspects of the species under consideration. The present study is aimed at using *Berardia subacaulis* Vill. as a model to investigate possible effects of global warming on the survival of a paleo-endemic species restricted to the south-west Alps.

**Methods** – A multidisciplinary approach was carried out, examining the phylogeography, species distribution modelling and reproductive biology of *Berardia*.

**Results** – The phylogeographic structure resulted weak and complex, probably due to high levels of gene flow. Levels of allelic richness detected were low. Species distribution models forecast a contraction of potential suitable habitat similar to

the potential contraction that *Berardia* seems to have already experienced during the past. For these reasons, future contraction in distributional range as response to a temperature increase might lead to a further impoverishment in the genetic diversity of *Berardia*. Flowers are protandrous, favouring cross-fertilization, but self-fertilization is allowed. The flowers are pollinated by common pollinators, but visits are scarce. *Berardia* probably takes advantage of its self-pollination which assures reproductive success. For these reasons, *Berardia* seems to be less exposed to changes in plant-insect interaction.

**Conclusions** – The present study supports the importance of investigating demography, life history, ecology and genetics in conservation biology. Using this multidisciplinary approach, it is possible to better understand the possible effects of climate global change on biodiversity.

**Key words:** global warming, hindcasting, multidisciplinary approach, paleo-endemic species, phylogeography, reproductive strategy, species distribution modelling.

## NON C'È MONTAGNA ABBASTANZA ALTA: EVOLUZIONE DELLE ASTERACEAE IN ECOSISTEMI ALPINI

Luca Pegoraro\*, Ellen C. Baker, Sarah Barlow, Benjamin Coquillas, Rolland Douzet, Lin Fu, Ilija J. Leitch, Andrew R. Leitch, Luis Palazzesi, Clément Vignon, Oriane Hidalgo e Jaume Pellicer – \*l.pegoraro@kew.org

**Introduzione e obiettivi** – Molti studi su ecosistemi alpini analizzano fattori ecologici ed ambientali che permettono alle piante di colonizzare ambienti d'alta quota. Utilizzando le Asteraceae come modello, intendiamo identificare i contributi di poliploidizzazione, dimensione del genoma, sistemi riproduttivi, fattori corologici ed ecologici all'adattamento in ambienti alpini, integrati in una moderna struttura filogenetica.

**Metodi** – Utilizziamo citometria di flusso per produrre dati su ploidia, dimensione del genoma e sistema riproduttivo. Prevediamo di collegare fattori ecologici e parentele evoluzionistiche per individuare tendenze nei taxa. Con nuovi ed esistenti dati genomici, produrremo uno scheletro filogenetico per le Asteraceae delle Alpi, che ci permetterà di estrarre il segnale filogenetico e rilevare le correlazioni ecologiche. Inoltre, un nuovo sistema automatizzato per il monitoraggio degli impollinatori (Rana) è impiegato per registrare le visite di impollinatori in una popolazione multi-ploide di *Senecio doronicum* (L.) L. nelle Alpi Sud-Occidentali (Francia), con lo scopo di investigare le conseguenze della poliploidizzazione sull'impollinazione (v. figura). Questi dati saranno combinati con analisi del morfospazio dell'infiorescenza, in modo da confrontare i tratti riproduttivi delle linee evolutive delle Asteraceae su tutto lo spettro altitudinale e dei diversi citotipi.

**Risultati** – Finora, i nostri risultati hanno rivelato una limita-

ta diversità intraspecifica di citotipi, all'interno delle popolazioni e tra livelli d'elevazione. Tra specie, abbiamo appurato che livelli di ploidia dispari (p. es: 3x, 5x) sono associati con una maggior probabilità di apomissia. Inoltre, specie apomittiche fioriscono significativamente prima di specie sessuali, sebbene non vi sia correlazione con l'altitudine.

**Conclusioni** – Nonostante i potenziali vantaggi dell'apomissia (es: più rapido sviluppo dei semi, indipendenza dagli impollinatori), i nostri risultati suggeriscono che questa caratteristica non sia selezionata, ma potrebbe invece essere il prodotto di meccanismi genetici intrinseci. Approfondire la relazione tra poliploidia ed apomissia è importante per comprendere il ruolo che questi processi genomici hanno giocato nell'adattamento delle piante in ambienti d'alta quota.

**Parole chiave:** adattamento ad ambienti alpini, apomissia, dimensione del genoma, morfospazio dell'infiorescenza, poliploidia, sistemi riproduttivi.

Un'istantanea prodotta dal sistema di monitoraggio degli impollinatori (Rana).



A snapshot from the automated pollinator monitoring system (Rana).

## AIN'T NO MOUNTAIN HIGH ENOUGH: EVOLUTION OF ASTERACEAE IN THE EUROPEAN ALPS

Luca Pegoraro\*, Ellen C. Baker, Sarah Barlow, Benjamin Coquillas, Rolland Douzet, Lin Fu, Ilija J. Leitch, Andrew R. Leitch, Luis Palazzesi, Clément Vignon, Oriane Hidalgo and Jaume Pellicer  
\*l.pegoraro@kew.org

**Background and Aims** – Studies of Alpine ecosystems have focused on the roles that biological and environmental variables play in enabling plant colonization at high altitudes. Using Asteraceae as a model group, we seek to establish the relative contributions of polyploidisation, genome size, reproductive systems, and both chorological and ecological factors in enabling adaptation to alpine environments, integrated into a modern phylogenetic framework.

**Methods** – We are using flow cytometry to provide data on the ploidy level, genome size, and reproductive mode of the studied species. We will link ecologic with evolutionary relationships using phylogeny-informed models to capture trends across taxa. With existing and new genomic data, we will produce a scaffold phylogeny for the Asteraceae of the Alps, allowing us to disentangle traits' phylogenetic signals and test ecological correlations. Furthermore, a novel automated pollinator monitoring system (Rana) is being used to survey pollinator visits in a mixed-ploidy population of *Senecio doronicum* (L.) L. in the SW Alps (France), to investigate pollinator-mediated consequences of polyploidisation (see figure). These data

will be combined with inflorescence morphospace analyses, to compare reproductive traits of Asteraceae lineages throughout the elevation range and spectrum of cytotype diversity.

**Results** – Preliminary results have revealed limited intraspecific cytotype diversity within populations and across altitudinal zones. Between species, odd-ploidy levels (e.g. 3x, 5x) are significantly associated with an increased probability of apomixis. These also flower significantly earlier than sexual ones, although there is no correlation with altitude.

**Conclusions** – Despite the potential advantages of apomixis (e.g. more rapid seed development, independent of pollinators), our results suggest that this trait is not selected for, but rather the product of intrinsic genomic processes. Further insights into the relationship between polyploidy and apomixis will be essential to understand the role that these genomic processes play in enabling plants to evolve and adapt to high altitude environments.

**Key words:** adaptation to alpine environments, apomixis, genome size, inflorescence morphospace, polyploidy, reproductive systems.

## ***FESTUCA* NELLE ALPI (MERIDIONALI) – UN CANTIERE TUTTORA APERTO**

Peter Englmaier e Thomas Wilhelm\* – \* [thomas.wilhelm@naturmuseum.it](mailto:thomas.wilhelm@naturmuseum.it)

**Introduzione e obiettivi** – Affrontare il genere *Festuca* è una sfida continua, sia per i tassonomi che per l'applicazione pratica, tra cui la cartografia floristica e la tutela della natura. Sebbene negli ultimi decenni sono stati fatti progressi su più fronti, vi sono ancora numerose domande aperte relative alla tassonomia e alla distribuzione dei singoli taxa. Il presente contributo si focalizza sulla cascata di ploidia nel gruppo *Festuca valesiaca* (2x, 6x, 8x, 10x) e sul gruppo di *F. varia* con l'obiettivo di riconoscere e definire correttamente le questioni cruciali da approfondire per questi gruppi.

**Metodi** – Il lavoro si basa su indagini sistematiche sul campo e, nel caso del gruppo *F. valesiaca*, sull'interpretazione di dati cariologici e genetici (AFLP) elaborati da S. Arndt, Jena.

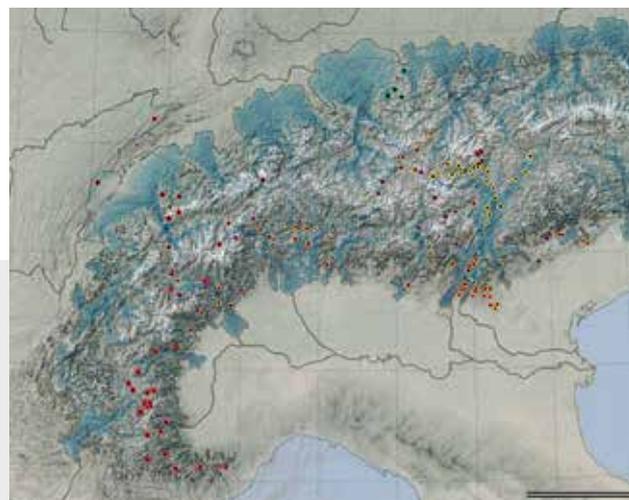
**Risultati** – Lo studio fornisce nuove conoscenze sulla distribuzione dei due gruppi di specie nelle Alpi, soprattutto del gruppo *F. valesiaca* che comprende una serie di livelli di ploidia (vedi figura).

**Conclusioni** – Nel gruppo *F. valesiaca*, 8x e 10x-taxa sono presenti nelle Alpi meridionali ed occidentali. L'origine del gruppo *F. valesiaca* è da attribuire a un processo a più fasi dei 8x-taxa che comprendono una prima disgiunzione di *F. laevigata* Gaudin (dopo una precedente glaciazione), l'insediamento di un taxon con distribuzione locale (*F. bauzanina* (Pils) S. Arndt.) e una differenziazione ecologica tuttora in corso (la "*F. rhaetica*" di bassa quota). Come evento più recente, alcune

10x-popolazioni ("*F. guinochetii*") sembrano essersi originate indipendentemente più volte, visto che quelle occidentali e orientali sono più simili tra di loro mentre quelle presenti nelle Alpi centrali e meridionali sono più isolate. Come contrappunto, i rappresentanti 2x e 6x del gruppo *F. varia* mostrano un *interlock* verticale pronunciato a causa di percorsi d'immigrazione differenti nell'Olocene.

**Parole chiave:** *Festuca valesiaca*, *Festuca varia*, speciazione geografica distributiva, storia d'immigrazione postglaciale.

Gruppo di *Festuca valesiaca*: rappresentanti poliploidi nelle Alpi meridionali e occidentali. 8x: *F. laevigata* s. lat. [rosso]; materiale originale [rosa]; "*F. rhaetica*" [arancione]; enclave nelle Alpi settentrionali (Pils 1979) [verde]; subsp. *crassifolia* [blu]; *F. bauzanina* [giallo]. 10x: *F. guinochetii* [magenta]. (Fonte dei dati: Herbarium BOZ, collezione di S. Arndt e P. Englmaier, InfoFlora. Ultimo massimo glaciale. Grafica: G. Jouvet). Scala: 100 km.



*Festuca valesiaca*-group: high-ploidy representatives in the S- and W-Alps (Pils 1979). 8x: *F. laevigata* s. lat. [red], original material [pink]; "*F. rhaetica*" [orange]; Northern Alpine enclave (Pils 1979) [green]; subsp. *crassifolia* [blue]; *F. bauzanina* [yellow]. 10x: "*F. guinochetii*" [magenta]. (Source of data: herbarium BOZ, collections of S. Arndt and P. Englmaier, InfoFlora. Last glacial maximum outline: G. Jouvet). Scale bar: 100 km.

differentiation (the low-altitude "*F. rhaetica*"). Some of the decaploids ("*F. guinochetii*") seem to have evolved independently several times, as the youngest event, the western and eastern populations being more similar to each other, while those of the middle and Southern Alps are more isolated (Arndt 2008). As a counterpoint, the 2x and 6x representatives of the *F. varia*-group show a pronounced vertical interlock, a result of different immigration pathways in the Holocene.

**Key words:** *Festuca valesiaca*, *Festuca varia*, geographical distribution speciation, postglacial immigration history.

**Bibliografia:** Arndt S. 2008. Novelty in the *Festuca valesiaca* group (Poaceae) from the central Alps. *Pl. Syst. Evol.* 271: 129-142. Pils G. 1979. *Festuca curvula* (Poaceae) – neu für Österreich. *Pl. Syst. Evol.* 132: 239-243.

## ***FESTUCA* IN THE (SOUTHERN) ALPS – STILL AN OPEN CONSTRUCTION SITE**

Peter Englmaier and Thomas Wilhelm\*  
\* [thomas.wilhelm@naturmuseum.it](mailto:thomas.wilhelm@naturmuseum.it)

**Background and Aims** – Dealing with the genus *Festuca* is an ongoing challenge, be it for taxonomists or for practical application such as flora mapping and nature conservancy. Even though many new insights in the morphology, cytology and species distribution have been gained in the past decades, there are still numerous open questions on taxonomy and distribution of single taxa. The main focus of the present contribution is on the ploidy cascade in the *Festuca valesiaca* group (2x, 6x, 8x, 10x) and on the *F. varia* group, aiming at recognizing properly and naming correctly the key questions to be studied in these species groups.

**Methods** – Systematic fieldwork was done and, in the case of the *F. valesiaca* group, cytological and molecular genetic results (AFLP) performed by S. Arndt, Jena, are interpreted.

**Results** – The study provides new insights in the distribution pattern of both species groups in the Alps, particularly of the several ploidy level including *F. valesiaca* group (see figure).

**Conclusions** – Among the *F. valesiaca* group, 8x and 10x-taxa are present in the Southern and Western Alps. For their origin, latest results suggest a multi-step process within the 8x-taxa, including an early disjunction of *F. laevigata* Gaudin (after a former glaciation), the establishment of a regionally distributed taxon (*F. bauzanina* (Pils) S. Arndt.) and a beginning ecological

## ECOLOGIA RIPRODUTTIVA E FILOGEOGRAFIA DI UNA PIANTA AUTOCOMPATIBILE E STRETTAMENTE ALPINA, *PRIMULA HALLERI* J.F. GMEL. (PRIMULACEAE)

Jurriaan M. de Vos\*, Juan Viruel, Barbara Keller ed Elena Conti – \*[jurriaan.devos@unibas.ch](mailto:jurriaan.devos@unibas.ch)

**Introduzione e obiettivi** – Si ritiene che gli ambienti con impollinatori in numeri limitati, come quelli ad altitudini elevate, promuovano l'evoluzione dell'autocompatibilità, perché l'autoimpollinazione può fornire sicurezza riproduttiva quando l'outcrossing fallisce. L'autocompatibilità dovrebbe anche alleviare la limitazione dell'accoppiamento, aumentando la capacità di ricolonizzazione di una specie dopo il ritiro dei ghiacciai. Tuttavia, alcune specie alpine autocompatibili evitano l'autoimpollinazione autonoma separando spazialmente antere e stigma all'interno dei fiori (ercogamia). Le conseguenze ecologiche ed evolutive della ercogamia nelle specie alpine rimangono poco chiare.

**Metodi** – La *Primula halleri* J.F. Gmel. è una specie omostile della regione Sud-Alpina con ercogamia variabile che si è evoluta da un antenato eterostilo ed autoincompatibile. Esperimenti sul campo, dati genetici (microsatelliti) e morfometrici sono stati impiegati per chiarire l'ecologia riproduttiva e la filogeografia della specie.

**Risultati** – I microsatelliti suggeriscono che la specie colonizzò le Alpi dai Balcani. Mostra una diminuzione della ercogamia durante l'antesi dei singoli fiori, che consente una auto-impollinazione autonoma ritardata quando l'outcrossing fallisce. Di conseguenza, gli individui privi di ercogamia alla fine dell'antesi mostrano tassi di autofertilizzazione che

variano ma la produzione di semi è costantemente alta. Gli individui con più ercogamia alla fine dell'antesi, al contrario, tipicamente producono semi incrociati (outcrossed), ma le quantità variano.

**Conclusioni** – L'ercogamia ha effetti profondi su molteplici aspetti del sistema riproduttivo della specie. È possibile che il sistema misto di riproduzione della specie ne abbia promosso la presumibilmente recente ricolonizzazione dell'arco alpino, alleviando la limitazione dell'accoppiamento e garantendo sufficienti opportunità per la riproduzione incrociata (outcrossing).

**Parole chiave:** ercogamia, eterostilia, morfologia floreale, omostilia, outcrossing (riproduzione incrociata), regola di Baker, selfing (autoriproduzione).

*Primula halleri* J.F. Gmel. in un sito sperimentale a Binn (2'260 m), con il Breithorn (2'599 m) in sottofondo (foto: A.A. de Vos).



*Primula halleri* J.F. Gmel. at an experimental site in Binn (2'260 m), with the Breithorn (2'599 m) in the background (photo: A.A. de Vos).

## REPRODUCTIVE ECOLOGY AND PHYLOGEOGRAPHY OF A SELF-COMPATIBLE ALPINE SPECIALIST, *PRIMULA HALLERI* J.F. GMEL. (PRIMULACEAE)

Jurriaan M. de Vos\*, Juan Viruel, Barbara Keller  
and Elena Conti – \*[jurriaan.devos@unibas.ch](mailto:jurriaan.devos@unibas.ch)

**Background and Aims** – Pollinator-limited environments, such as those at high elevations, are thought to promote the evolution of self-compatibility, because selfing can provide reproductive assurance when outcrossing fails. Self-compatibility should also alleviate mate limitation, enhancing the re-colonization capacity of a species after glacial retreat. However, some self-compatible, alpine species avoid autonomous self-pollination by spatially separating anthers and stigma within flowers (herkogamy). The ecological and evolutionary consequences of herkogamy in alpine species remain unclear.

**Methods** – *Primula halleri* J.F. Gmel. is a South-Alpine homostylous species with variable herkogamy that evolved from a heterostylous, self-incompatible ancestor. Field experiments, genetic (microsatellites), and morphometric data were employed to elucidate the reproductive ecology and phylogeography of the species.

**Results** – Microsatellites suggest that the species colonized the Alps from the Balkans. It shows a decrease in herkogamy during anthesis of individual flowers, which allows for delayed autonomous self-pollination when outcrossing fails. In consequence, individuals without herkogamy at the end of

anthesis display selfing rates that vary but the seed sets are consistently high. Individuals with more herkogamy at the end of anthesis, in contrast, typically sire outcrossed seed, but quantities vary.

**Conclusions** – Herkogamy has profound effects on multiple aspects of the species' reproductive system. It is possible that the species' mixed mating system promoted the presumably recent re-colonization by the species of the Alpine arc, by alleviating mate limitation, while ensuring sufficient opportunity for outcrossing.

**Key words:** Baker's rule, floral morphology, herkogamy, heterostyly, homostyly, outcrossing, selfing.

## CHE DIRE DEI NETTARI EXTRAFLORALI NELLE ZONE TEMPERATE EUROPEE? RISPOSTE DAL SUD DELLE ALPI ELVETICO

Brigitte Marazzi – [brigitte.marazzi@ti.ch](mailto:brigitte.marazzi@ti.ch)

**Introduzione e obiettivi** – I nettari extraflorali (NEF) mediano uno dei più comuni mutualismi piante-formiche. I NEF secernono una ricompensa zuccherina per attrarre le formiche che, in cambio, difendono la pianta dagli erbivori. Queste interazioni sono abbondanti e ben documentate nei tropici e subtropici, mentre sono relativamente assenti e poco studiate nelle zone temperate, soprattutto in Europa. Questo lavoro presenta i risultati di un progetto esplorativo sui NEF nella flora al Sud delle Alpi elvetiche: diversità sistematica, funzionalità, stagionalità della secrezione di nettare e interazione con le formiche.

**Metodi** – Una lista di lavoro delle specie potenziali con NEF nella flora del Cantone Ticino è stata utilizzata per verificare sul campo presenza e funzionalità e le formiche che li visitano. In taxa soggetti alle stesse condizioni climatiche, l'attività dei NEF e delle formiche è stata rilevata regolarmente per quasi due anni in popolazioni naturali, iniziando in inverno (febbraio 2016).

**Risultati** – I NEF sono presenti in almeno una felce e 25 specie di angiosperme (12 famiglie), metà delle quali sono esotiche. I NEF erano funzionali e attraevano formiche nella maggior parte delle specie che differivano nel periodo di secrezione dovuto a fenologie diverse dei loro NEF. I NEF erano attivi e le formiche presenti già a fine inverno; la mag-

gior attività nelle specie indigene è in primavera, mentre quella delle esotiche s'inoltra in estate. L'abbondanza totale di formiche sui NEF era relativamente bassa (0-5 individui, raramente > 10).

**Conclusioni** – Il Sud delle Alpi elvetiche è più povero di specie con NEF rispetto alle flore tropicali o subtropicali, anche con il contributo delle specie esotiche. Quest'ultime potrebbero inoltre influenzare la disponibilità stagionale di nettare, rappresentando un'ulteriore fonte di cibo per le comunità di formiche locali e sollevando nuovi interrogativi sul loro ruolo negli ecosistemi dove allignano.

**Parole chiave:** difese vegetali, extranuziale, fenologia, interazioni pianta-formica, mutualismo, neofite, piante esotiche.

Nettari extraflorali di *Prunus avium* L. visitati da una formica *Lasius platythorax* Seifert, 1991 (foto: Brigitte Marazzi).



Extrafloral nectaries of *Prunus avium* L. visited by the ant *Lasius platythorax* Seifert, 1991 (photo: Brigitte Marazzi).

## WHAT ABOUT EXTRAFLORAL NECTARIES IN EUROPEAN TEMPERATE ZONES? ANSWERS FROM THE SWISS SOUTHERN ALPS

Brigitte Marazzi – [brigitte.marazzi@ti.ch](mailto:brigitte.marazzi@ti.ch)

**Background and Aims** – Extrafloral nectaries (EFNs) mediate one of the most common ant-plant mutualisms. The EFNs secrete a sugary reward to attract the ants that, in return, defend the plant from herbivores. These interactions are abundant and well documented in tropical and subtropical habitats, whereas they are comparatively poorly studied in temperate zones, particularly in Europe, where they appear nearly absent. Here, I present results from an exploratory project on EFNs in the flora of the Swiss Southern Alps: systematic diversity, functionality and seasonal patterns in nectar secretion, and interaction with ants.

**Methods** – A working list of potential species with EFNs in the flora of Cantone Ticino was used to field-check presence of functional EFNs and ants visiting them. In selected taxa subjected to the same weather conditions, activity of EFNs and ants was regularly surveyed in natural populations, during almost two years, starting in Winter (February 2016).

**Results** – EFNs are present in at least one fern and 25 angiosperm species (12 families), half of which are exotics. EFNs were functional and attracting ants in most species that differed in their nectar secretion period due to different phenologies of their EFNs. EFNs were active and ants present

already in late Winter; most activity in native species was in Spring, while that of non-natives extended into Summer. Total ant abundance on EFNs was relatively low (0-5 individuals, rarely over 10).

**Conclusions** – As expected, the Swiss Southern Alps are comparatively poorer in EFN-bearing species than tropical or subtropical floras, although exotic species contribute to such diversity. Indeed, exotics might also shape seasonal nectar availability, likely representing an additional food source for local ant communities and raising new questions about their role in the ecosystems where they occur.

**Key words:** alien plants, ant-plant interactions, extranuptial, mutualism, neophytes, phenology, plant defense.

## I CAMBIAMENTI NELL'USO DEL SUOLO SONO LE PRINCIPALI CAUSE DEI RECENTI CAMBIAMENTI DI BIODIVERSITÀ VEGETALE NELLE PRATERIE ALPINE SVIZZERE

Constantin E. Pöll\* e Jürg Stöcklin – \* [constantin.poell@gmx.at](mailto:constantin.poell@gmx.at)

**Introduzione e obiettivi** – La biologia della conservazione si interroga su come la protezione degli habitat possa frenare e persino invertire la perdita di biodiversità. Nelle praterie delle Alpi svizzere, i cambiamenti dell'uso del suolo sono tra le minacce più importanti. Nel presente contributo valutiamo se incentivi mirati agli agricoltori possano frenare tale perdita.

**Metodi** – Nel 2014/15 alcuni colleghi hanno ripetuto i rilievi della vegetazione eseguiti 12 anni prima (2002/03) in 202 parcelle prative lungo tre fasce altitudinali diverse, in 12 comuni delle Alpi svizzere e valutato se la recente modifica del sistema di incentivi finanziari a favore della biodiversità e l'uso tradizionale dei prati alpini, abbia avuto un'influenza sul numero di specie di piante. In particolare abbiamo quindi quantificato (1) i cambiamenti nell'uso del suolo, (2) il loro impatto sulla diversità vegetale e (3) quali aspetti attualmente in vigore e cambiamenti hanno un maggiore impatto sulla biodiversità.

**Risultati** – I risultati mostrano un forte cambiamento nell'uso del suolo in soli 12 anni. Nonostante l'intensificazione e l'abbandono siano ancora in corso, 9 comuni mostravano una tendenza a un uso del suolo più estensivo, soprattutto in altitudine, segno di una risposta positiva agli incentivi finanziari. Tale pratiche promuovono l'eterogeneità delle parcelle, la diversità vegetale e il numero di specie della Lista Rossa.

Per contro, è nei fondovalle, dove abbiamo osservato la maggior parte dei cambiamenti dell'uso del suolo più recenti.

**Conclusioni** – I recenti cambiamenti del sistema di incentivi finanziari in Svizzera sembrano aver influenzato con successo il tipo di utilizzo del suolo da parte degli agricoltori nei pascoli montani svizzeri. Le tendenze negative sulla biodiversità osservate fino al 2002/03 hanno potuto essere arginate attraverso il sostegno all'estensificazione, al minore uso di fertilizzanti, alla diversità delle strutture del paesaggio e al recupero dei maggesi.

**Parole chiave:** biodiversità vegetale, gestione agricola, incentivi finanziari, pagamenti diretti, politica agricola.



Pascolo estensivo a Gadmen.

Low-intensity pasture in Gadmen (foto: Constantin Pöll).



Pascolo intensivo in Val Bedretto.

Intensive pasture in Val Bedretto (photo: Constantin Pöll).

## CHANGES IN LAND USE ARE A MAIN DRIVER OF RECENT PLANT BIODIVERSITY SHIFTS IN SWISS ALPINE GRASSLANDS

Constantin E. Pöll\* and Jürg Stöcklin  
\* [constantin.poell@gmx.at](mailto:constantin.poell@gmx.at)

**Background and Aims** – One of the most burning questions for conservation biology is how habitat protection may stop and even reverse the loss of biodiversity. In grasslands of the Swiss Alps, land-use changes are among the strongest threats for biodiversity. Here, we asked whether biodiversity losses can be reversed by appropriate incentives to farmers.

**Methods** – Some colleagues assessed plant diversity in 202 grassland parcels at three altitudinal levels in 12 municipalities in the Swiss Alps a first time in 2002/03. It was shown that the number of land-use types was positively correlated to plant species richness in municipalities, while the type of land-use influenced species-richness in parcels. Recently, the Swiss system of financial incentives for farmers was changed to promote biodiversity and traditional use of alpine grassland. We then re-examined the 202 parcels in 2014/15, to assess (1) changes in land-use, (2) their impact on plant diversity, and (3) which aspects of current conditions and changes contribute the most to shifts of diversity.

**Results** – We found a surprisingly high change in land-use over 12 years. Although land-use intensification and abandonment are still ongoing, transitions to less-intensive land-use types were predominant in 9 municipalities, indicating a

positive response to financial incentives. Most of the recent land-use changes occurred at the bottom of valleys, whereas least of them occurred at the alp level. The overall shift towards land-use extensification led to gains in parcel heterogeneity, plant diversity, and number of Red List species.

**Conclusions** – The recent changes of the financial incentive system of the Swiss agro-policy seem to have successfully influenced the type of land use by farmers in Swiss mountain grasslands. By supporting extensification, further diminution of fertilizer utilization, landscape element diversity, and recultivation of fallows, the negative biodiversity trends observed until 2002/03 were alleviated.

**Key words:** agricultural management, agricultural policy, direct payments, financial incentives, plant biodiversity.

## SUCCESSO NEL RECUPERO DI TERRAZZAMENTI AGRICOLI ABBANDONATI NEL CANTON TICINO, SVIZZERA

Denise Binggeli\*, Hans-Peter Rusterholz e Bruno Baur – \* [denise.binggeli@outlook.com](mailto:denise.binggeli@outlook.com)

**Introduzione e obiettivi** – I paesaggi terrazzati gestiti tradizionalmente sono caratterizzati da un'elevata diversità strutturale che fornisce habitat a molte specie vegetali e animali. A causa della cessazione delle attività di gestione tradizionale, soprattutto in valli remote e su pendii ripidi, le aree boschive sono in espansione; alberi e arbusti ricoprono così gli habitat aperti e ricchi di specie. Organizzazioni locali (APAV, ProLinescio) hanno avviato il ripristino di tali terrazzamenti abbandonati in diversi comuni situati nelle vicinanze e all'interno del perimetro del progetto "Parco Nazionale del Locarnese". Questo studio intendeva valutare il potenziale successo del ripristino, accompagnato da una ripresa della gestione estensiva, sulla diversità delle specie di piante vascolari nei vigneti, prati e pascoli terrazzati.

**Metodi** – Abbiamo considerato due diversi tipi di utilizzo: vigneto e prato (prati da sfalcio e pascoli). Abbiamo analizzato tre aree di studio per tipo di utilizzo e tre diversi tipi di gestione in ciascun'area: utilizzate continuamente (> 100 anni), abbandonate (50 anni) e ripristinate (10-15 anni fa). La durata dell'abbandono delle aree recuperate e abbandonate è paragonabile. La valutazione della vegetazione è stata effettuata una volta all'inizio dell'estate e una in autunno 2016.

**Risultati** – La ricchezza e la diversità delle specie vegetali (indice di Shannon) sono ridotte nelle aree abbandonate rispetto alle corrispondenti superfici di vigneti e pascoli utilizzati

continuamente e restaurati. Tuttavia, la ricchezza, la diversità e la composizione delle specie vegetali non differivano tra gli habitat restaurati e quelli utilizzati continuamente.

**Conclusioni** – I risultati del presente studio dimostrano il ripristino della composizione tipica delle specie vegetali di vigneti e praterie entro dieci o quindici anni dall'abbandono. Il ripristino delle aree coltivate in passato non solo favorisce la diversità paesaggistica, ma anche la conservazione della vegetazione caratteristica dei vigneti e delle praterie.

**Parole chiave:** abbandono, cambiamento d'uso del terreno, diversità paesaggistica, diversità delle piante vascolari, gestione tradizionale, restauro degli habitat.

Terrazzamenti ripristinati a Linescio, Svizzera (foto: Denise Binggeli).



Restored terraced vineyard in Linescio, Switzerland (photo: Denise Binggeli).

## SUCCESSFUL RESTORATION OF ABANDONED TERRACED VINEYARDS AND GRASSLANDS IN THE CANTON TICINO, SWITZERLAND

Denise Binggeli\*, Hans-Peter Rusterholz and Bruno Baur – \* [denise.binggeli@outlook.com](mailto:denise.binggeli@outlook.com)

**Background and Aims** – Traditionally managed terraced landscapes are characterized by a high structural diversity providing habitats for many different plants and animals. Due to the cessation of traditional management practices, especially in remote valleys and on steep slopes, forest areas are expanding, and the species-rich open habitats became overgrown by shrubs and trees. Local organizations (APAV, ProLinescio) initialized the restoration of such abandoned terraced areas in several communities situated nearby and within the perimeter of the projected "Parco Nazionale del Locarnese". The study aimed to assess the potential success of restoration accompanied with a resumed extensive management on the species diversity of vascular plants on terraced vineyards, meadows and pastures.

**Methods** – We considered two different types of land use: Vineyards and grasslands (meadows and pastures). We investigated three study areas in both types of land use and three different types of land management in each area: Permanently used (> 100 years), abandoned (50 years) and restored (10-15 years ago) areas. The duration of abandonment of restored and abandoned areas are comparable. The

vegetation assessment was conducted once in early summer and once in autumn 2016.

**Results** – Plant species richness and plant diversity (Shannon index) were both reduced in abandoned areas compared to the corresponding areas of permanently used and restored vineyards and grasslands. However, plant species richness, diversity and composition did not differ between the restored and the permanently used vineyards and grasslands.

**Conclusions** – The results of the present study demonstrate a successful restoration of the characteristic plant species composition of vineyards and grasslands within ten to fifteen years after several years of abandonment. The restoration of areas cultivated in the past do not only foster the landscape diversity, but also the successful preservation of the characteristic vegetation of vineyards and grasslands.

**Key words:** abandonment, habitat restoration, landscape diversity, land use change, traditional management, vascular plant diversity.

## GLI INSEDIAMENTI UMANI COME FONTE PER LA DIFFUSIONE DI NEOFITE NELLE FORESTE SUBURBANE DELLA SVIZZERA MERIDIONALE E NORDOCCIDENTALE

Luca Gaggini\*, Hans-Peter Rusterholz e Bruno Baur – \* [luca.gaggini@unibas.ch](mailto:luca.gaggini@unibas.ch)

**Introduzione e obiettivi** – L'urbanizzazione è tra le principali cause dell'omogeneizzazione della biodiversità e promuove la diffusione di neofite invasive, rappresentanti una minaccia per la diversità di specie indigene. Questo studio esamina i ruoli degli insediamenti suburbani e della composizione del paesaggio circostante per la diffusione di neofite nelle foreste adiacenti in Svizzera.

**Metodi** – Abbiamo selezionato 15 foreste decidue adiacenti a un insediamento e 15 foreste adiacenti a un prato e lontane dagli insediamenti (quali controllo) in due regioni della Svizzera (2x7 foreste a Lugano, Svizzera meridionale; 2x8 foreste a Basilea, Svizzera nordoccidentale). In ogni superficie di studio abbiamo rilevato il numero e l'abbondanza di specie di piante indigene ed esotiche all'interno di tre quadrati di 4x4 m, e determinato varie caratteristiche del paesaggio circostante mediante fotografie aeree (percentuale di foreste, terreni agricoli, infrastrutture stradali, edifici e giardini in un raggio di 100 m attorno ad ogni superficie, e distanza da essa alla strada più vicina).

**Risultati** – Abbiamo riscontrato un maggior numero e una più alta percentuale di neofite nelle foreste adiacenti a un insediamento (Lugano:  $6.0 \pm 1.0$ , Basilea:  $1.9 \pm 0.4$  specie neofite, media  $\pm$  SE per superficie) rispetto a foreste lontane dagli insediamenti (Lugano:  $2.1 \pm 0.6$ , Basilea:  $0.9 \pm 0.4$ ). Inoltre, le neofite erano più frequenti in foreste vicine a strade e in foreste circondate da un'alta percentuale di giardini. Questi effetti erano più accentuati nella Svizzera meridionale, una regione con un clima invernale più mite e una più lunga tradizione d'importazione di piante esotiche rispetto alla Svizzera nordoccidentale.

**Conclusioni** – Questo studio dimostra il ruolo fondamentale degli insediamenti umani e della composizione del paesaggio circostante nella diffusione di neofite nelle foreste suburbane. La conoscenza derivante dall'invasione più avanzata nella Svizzera meridionale può fornire una base per sviluppare dei piani di gestione e prevenzione nella Svizzera settentrionale, dove il cambiamento climatico porterà verosimilmente a un aumento d'invasioni di neofite.

**Parole chiave:** composizione del paesaggio, foreste decidue, giardini, piante alloctone, piante invasive, piante ornamentali, urbanizzazione.

**Parole chiave:** composizione del paesaggio, foreste decidue, giardini, piante alloctone, piante invasive, piante ornamentali, urbanizzazione.

Invasione di palme *Trachycarpus fortunei* (Hook.) H. Wendl. a Lugano-Pazzallo, Ct. Ticino, Svizzera (foto: Luca Gaggini, 2014).



Palm invasion (*Trachycarpus fortunei* (Hook.) H. Wendl.) in Lugano-Pazzallo, Southern Switzerland (photo: Luca Gaggini, 2014).

## SETTLEMENTS AS A SOURCE FOR THE SPREAD OF NON-NATIVE PLANTS INTO SUBURBAN FORESTS IN SOUTHERN AND NORTHWESTERN SWITZERLAND

Luca Gaggini\*, Hans-Peter Rusterholz and Bruno Baur  
\* [luca.gaggini@unibas.ch](mailto:luca.gaggini@unibas.ch)

**Background and Aims** – Urbanization is a major driver for biotic homogenization and can promote the dispersal of invasive non-native plants, which represent a threat to native biodiversity. This study examined the roles of suburban settlements and of the surrounding landscape composition for the spread of non-native plants into adjacent forests in Switzerland.

**Methods** – We selected 15 deciduous forest sites adjacent to settlements and 15 control sites situated in proximity of a meadow and far from settlements in two regions of Switzerland (2x7 forests nearby Lugano, S-Switzerland; 2x8 forests nearby Basel, NW-Switzerland). At each site we recorded the number and abundance of native and non-native plant species in three 4x4m plots, and used aerial imageries to assess habitat and landscape characteristics in their surroundings (percentage area covered by forests, agriculture land, traffic infrastructure, built-up area and gardens within a radius of 100 m around the sites, and distance between the site and the nearest road).

**Results** – Forest sites adjacent to settlements (Lugano:  $6.0 \pm 1.0$ , Basel:  $1.9 \pm 0.4$  non-native species, mean  $\pm$  SE per

site) harbored a larger number and a higher abundance of non-native species than those far from settlements (Lugano:  $2.1 \pm 0.6$ , Basel:  $0.9 \pm 0.4$ ). Furthermore, non-native species were more frequent in forests close to roads and in sites surrounded by a large percentage cover of garden. These effects were more pronounced in S-Switzerland, a region with milder winter climate and a longer history of introductions of non-native plants than NW-Switzerland.

**Conclusions** – Our study showed that settlements are a source for the spread of non-native plant species into suburban forests, and that the composition of the surrounding landscape matrix affects their establishment. Knowledge from the more advanced invasion in S-Switzerland can help develop management strategies to prevent non-native plant invasions in N-Switzerland likely triggered by climate warming.

**Key words:** alien plants, deciduous forests, gardens, invasive plants, landscape matrix, ornamental plants, urbanization.

## POTENZIALE DELLA RIPRODUZIONE DA SEME DELLA *PUERARIA LOBATA* (WILLD.) OHWI AL SUD DELLE ALPI DELLA SVIZZERA

Nicola Widmer\*, Hans Ramseier, Romina Morisoli, Simona Crivelli, Marco Conedera e Gianni Boris Pezzatti

\* [nic93w@gmail.com](mailto:nic93w@gmail.com)

**Introduzione e obiettivi** – *Pueraria lobata* (Willd.) Ohwi è una liana originaria dell'Asia a crescita molto rapida e in grado di colonizzare e ricoprire manufatti, alberi e intere porzioni di paesaggio. È nella lista nera delle neofite invasive in Svizzera e considerata fra le 100 specie invasive più pericolose al mondo. In Ticino si conoscono almeno 38 focolai spontanei di *P. lobata*, otto dei quali con produzione di fiori e semi. Sebbene in letteratura siano riportati tassi di germinazione bassi e la riproduzione vegetativa sia considerata come il meccanismo di espansione principale, è auspicata una verifica della capacità di riproduzione gamica e il suo contributo al potenziale invasivo di *P. lobata* al Sud della Svizzera.

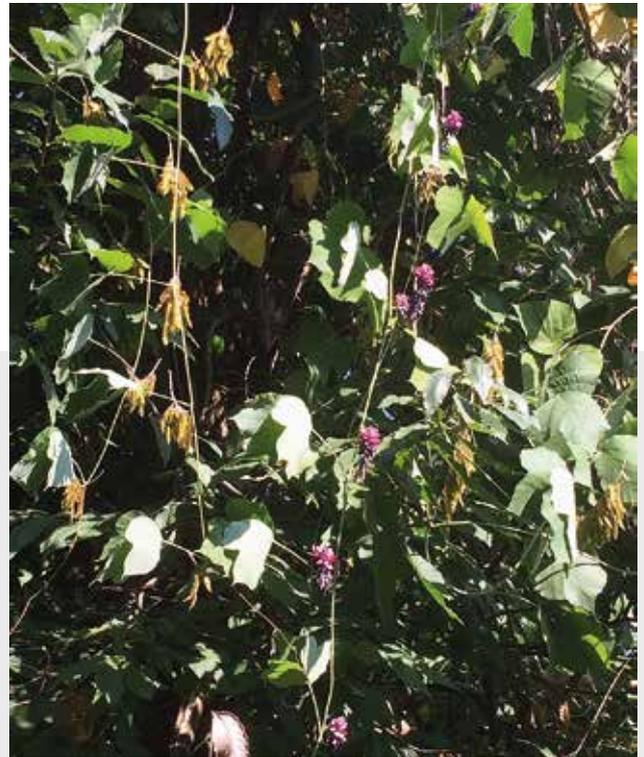
**Metodi** – La germinazione dei semi raccolti in Ticino durante l'inverno 2016-17 (8 siti) e nell'inverno 2011-2012 (1 sito) è stata verificata senza particolari trattamenti preliminari sia in camera climatica che in campo. A seconda della disponibilità dei semi, per ciascun sito sono state utilizzate 5 ripetizioni di 50 semi maturi e 50 semi apparentemente non maturi.

**Risultati** – Il tasso di germinazione medio dei semi maturi del 2016 è stato del 74.6% in camera climatica e 75.2% in campo e del 26.5% e 28.2% per i semi apparentemente non maturi. I semi di 5 anni hanno mostrato un tasso del 66% in camera climatica e 69.6% in campo per quelli maturi, rispettivamente del 14% e 11.2% per quelli non maturi.

**Conclusioni** – I tassi di germinazione dei semi maturi di *P. lobata* riscontrati in Ticino sono chiaramente superiori a quelli riportati per gli USA (7-17%) e confermano un'apprezzabile rigenerazione gamica della specie nell'area di studio. Ciò suggerisce la necessità di intraprendere rapidamente azioni di eradicazione che tengano conto anche della possibilità dell'esistenza di una banca semi funzionale, come mostrato dalla germinabilità dei semi di 5 anni.

**Parole chiave:** banca semi, germinazione, Kudzu, neofite invasive.

Fiori e bacelli di *Pueraria lobata* (Willd.) Ohwi. (foto: Romina Morisoli, 2017, Brione s./Minusio).



Flowers and pods of *Pueraria lobata* (Willd.) Ohwi. (photo: Romina Morisoli, 2017, Brione sopra Minusio).

### GENERATIVE REPRODUCTION POTENTIAL OF *PUERARIA LOBATA* (WILLD.) OHWI IN SOUTHERN SWITZERLAND

Nicola Widmer\*, Hans Ramseier, Romina Morisoli, Simona Crivelli, Marco Conedera and Gianni Boris Pezzatti – \* [nic93w@gmail.com](mailto:nic93w@gmail.com)

**Background and Aims** – *Pueraria lobata* (Willd.) Ohwi is a vine native to Asia that builds fast growing lianas, climbing on trees or infrastructures and covering whole landscape spots. It is on the black list of invasive exotic plants in Switzerland and among the 100 most dangerous invasive species worldwide. In Ticino *P. lobata* is known to be growing as feral plant at least at 38 locations, producing flowers and seeds at 8 sites. Although the vegetative reproduction is supposed to be the main spreading mechanism and low germination rates are reported in literature, produced seeds may constitute an unwanted seed bank. This study aims to evaluate the contribution of the generative reproduction to the invasive potential of *P. lobata* in southern Switzerland.

**Methods** – The germination of seeds collected in Ticino in winter 2016-17 (8 sites) and in winter 2011-2012 (1 site) was assessed without particular preliminary treatments both in climate-chambers and outdoor. Depending on seed availability, for each site five repetitions of 50 mature seeds and 50 apparently immature seeds were used.

**Results** – The average germination rate for mature seeds of 2016 was 74.6% in the climate-chamber and 75.2% outdoors,

while it was 26.5% and 28.2%, respectively, for apparently immature seeds. The 5-year old seeds displayed a germination rate of 66% in the climate-chamber and 69.6% outdoors for the mature and 14% and 11.2% for the immature ones, respectively.

**Conclusions** – The assessed germination rates of mature seeds of *P. lobata* in Ticino are clearly higher as those reported from the USA (7-17%) and confirm the appreciable generative regeneration of the species in the study area. This advises for undertaking rapid eradication measures, by also considering the possibility of a functional seed bank, as hinted by the still noticeable germination rates of the 5-years old seeds.

**Key words:** germination rate, invasive neophytes, Kudzu, seed bank.

## LA FLORA VASCOLARE DEL PARCO NAZIONALE VAL GRANDE (PIEMONTE, ITALIA)

Roberto Dellavedova\*, Nicola M.G. Ardenghi e Graziano Rossi – \*[roberto\\_dellavedova@yahoo.it](mailto:roberto_dellavedova@yahoo.it)

**Introduzione e obiettivi** – Il Parco Nazionale Val Grande (PNVG), istituito nel 1992, tutela circa 15,000 ettari di impervie vallate. Nonostante le esplorazioni botaniche condotte in passato, incrementate con l'istituzione dell'area protetta, un completo inventario della flora vascolare del Parco non è ancora disponibile: l'obiettivo è quello di aggiornare le conoscenze sulla flora del PNVG.

**Metodi** – L'aggiornamento della checklist è stato condotto a tre livelli di indagine: a) revisione di campioni d'erbario storici; b) acquisizione e verifica del materiale bibliografico; c) esplorazione delle aree meno conosciute. Tutti i dati sono stati archiviati nel database della Regione Piemonte e georeferenziati mediante coordinate geografiche (ED 1950).

**Risultati** – Nel primo anno della ricerca, sono state esaminate le collezioni di Emilio Chiovenda (BOLO) e Oliviero Boggiani (FI), verificando rispettivamente 550 e 166 *exsiccata*. Circa 400 reperti, anche riferibili a gruppi tassonomici critici (ad es. i generi *Alchemilla*, *Festuca* s.l., *Hieracium* s.l., *Rubus*), sono stati raccolti in campo. Circa 3'000 dati bibliografici e 12'000 osservazioni inedite, sono state archiviate nel database.

**Conclusioni** – Attualmente, la flora del PNVG è costituita da 1,276 taxa: di questi 1,158 sono nativi e 118 alloctoni; 86 sono specie protette. *Hieracium arolae* (Murr) Zahn è segnalato per la prima volta in Piemonte; 7 taxa [*Alchemilla connivens* Buser, *A. effusa* Buser, *A. fallax* Buser, *A. flavicomis* Buser ex

Schröt., *Melica transsilvanica* Schur, *Rubus ulmifolius* Schott, *Trinia glauca* (L.) Dumort. subsp. *glauca*] sono nuovi o confermati per il settore insubrico del Piemonte. L'aggiornamento completo della checklist del PNVG sarà disponibile alla conclusione della presente ricerca, che continuerà anche nel 2018.

**Parole chiave:** campioni d'erbario, censimento, checklist, inventario.

*Corydalis lutea* (L.) DC. (Papaveraceae) è uno dei fiori che meglio simboleggia il Parco Nazionale Val Grande (Italia) (foto: Roberto Dellavedova).



*Corydalis lutea* (L.) DC. (Papaveraceae) is one of the flowers that best symbolizes the Val Grande National Park (Italy) (photo: Roberto Dellavedova).

## VASCULAR FLORA OF THE VAL GRANDE NATIONAL PARK (PIEDMONT, NW ITALY)

Roberto Dellavedova\*, Nicola M.G. Ardenghi  
and Graziano Rossi – \*[roberto\\_dellavedova@yahoo.it](mailto:roberto_dellavedova@yahoo.it)

**Background and Aims** – Val Grande National Park (PNVG), established in 1992, protects about 15,000 ha of impervious valleys. Despite the botanical explorations conducted in the past and in particular after the institution of the protected area, a comprehensive checklist of the vascular flora of the park is still lacking: the aim of this work is to update our knowledge on the flora of the PNVG.

**Methods** – Three approaches were followed: a) survey of historical herbarium specimens; b) check of historical and recent literature; c) exploration of unknown and neglected areas. Resulting data was georeferenced using geographical coordinates (ED 1950) and simultaneously archived into a database.

**Results** – During the first year of research, the collections of Emilio Chiovenda (BOLO) and Oliviero Boggiani (FI) were checked, examining 550 and 166 herbarium specimens, respectively. Approximately 400 specimens were collected in the field, with particular attention to critical taxonomical groups (e.g., *Alchemilla*, *Festuca* s.l., *Hieracium* s.l., *Rubus*). About 3'000 bibliographical records were archived, and at least 12'000 original field data observations were collected and stored in the database.

**Conclusions** – Currently, the vascular flora of PNVG

amounts to 1,276 taxa: among these, 1,158 are native, 118 are alien and 86 are protected. *Hieracium arolae* (Murr) Zahn was recorded for the first time in Piedmont, while 7 species [*Alchemilla connivens* Buser, *A. effusa* Buser, *A. fallax* Buser, *A. flavicomis* Buser ex Schröt., *Melica transsilvanica* Schur, *Rubus ulmifolius* Schott, *Trinia glauca* (L.) Dumort. subsp. *glauca*] are new or confirmed for the Insubric sector of this region. An updated checklist of the PNVG vascular flora will be made available at the end of the present research, which will continue also in 2018.

**Key words:** checklist, herbarium vouchers, inventory, survey.

## CARTOGRAFIA FLORISTICA TRA LAGO MAGGIORE E LAGO DI COMO

Michael Kleih – [michael.kleih@neplan.ch](mailto:michael.kleih@neplan.ch)

**Introduzione e obiettivi** – Negli anni novanta del ventesimo secolo molti gruppi nel Nord Italia iniziarono progetti di cartografia floristica dettagliata basati sul Sistema CFCE usato nei paesi intorno alla Svizzera (senza Francia). L'obiettivo fu la compilazione di carte distributive di tutte le specie vascolari in modo sistematico considerando equamente tutto il territorio, anche aree ritenute poco interessanti dai botanici del passato.

**Metodi** – Per tutti i circa 50 quadranti sono state create liste di specie presenti. Ciascuno di essi è stato visitato in diversi periodi dell'anno e a diverse altitudini assicurando di coprire tutti gli habitat presenti. Lo scambio con botanici e appassionati del Nord Italia e il supporto da parte della regione Lombardia hanno permesso di considerare gli ultimi risultati della ricerca nei campi della sistematica e tassonomia e di chiarire problematiche legate ai gruppi critici.

**Risultati** – La flora del territorio studiato fino agli anni novanta era poco conosciuta quando iniziò il progetto di cartografia floristica. I dati raccolti nel frattempo permettono di creare carte distributive di tutte le specie. Verrà discussa la distribuzione di diverse specie classificate diversamente in passato secondo la ricerca recente, specie arrivate in tempi recenti e specie descritte negli ultimi anni.

**Conclusioni** – Il territorio studiato presenta una notevole varietà di habitat da quelli quasi mediterranei sopra il Lago

di Como fino ad ambienti quasi alpini sul Mte Lema, Mte Galbiga e Mte Generoso. Il sud ovest del territorio è ricco di ambienti umidi, la Tremezzina e l'area intorno all'aeroporto della Malpensa invece sono ricchi di ambienti aridi. I risultati saranno pubblicati in un libro con foto, carte distributive, note e brevi descrizioni per quasi tutte le specie.

**Parole chiave:** corologia, distribuzione floristica, insubria, province di Varese e Como, Ticino.

In primo piano i prati aridi del Monte S. Martino vicino a Menaggio (Como), ricchi di specie rare ed endemismi insubrici. Sullo sfondo le montagne intorno al Lago di Como, con i boschi di *Carpinus orientalis* (= *Orno-ostrietum*) nella parte inferiore e i boschi di faggio nelle parti più alte.



In the foreground the arid meadows of Monte S. Martino near Menaggio (Como), rich in rare species and insubric endemisms. In the background the mountains around Lake of Como, with *Carpinus orientalis* woods (= *Orno-ostrietum*) in the lower and beech woods in the higher parts.

There are many humid habitats in the south-western part of the province of Varese, but also very dry ones in the Tremezzina or around the airport of Malpensa. The results of the project will be published in a book with distribution maps and also fotos for nearly all species together with brief descriptions and notes.

**Key words:** corology, floristic study, plant distribution, provinces of Varese and Como, Ticino.

## PLANT CARTOGRAPHY BETWEEN LAGO MAGGIORE AND LAGO DI COMO

Michael Kleih – [michael.kleih@neplan.ch](mailto:michael.kleih@neplan.ch)

**Background and Aims** – In the nineties of the 20<sup>th</sup> century many groups in northern Italy started detailed floristic cartography projects based on the widely used CFCE grid used in the countries around Switzerland (except France). The aim was to find out the distribution of all species in a systematic way, considering also areas that were considered “uninteresting” by botanists in the past.

**Methods** – For all of the about 50 grid cells checklists were compiled. Each of them was visited in different seasons and at different altitudes over several years making sure, that all habitats were covered. Exchanges with botanists and enthusiasts in Northern Italy and support by the Region of Lombardy allowed to clarify many difficult groups and to consider also the most recent results in research on systematics and taxonomy.

**Results** – The area barely known before the start of the project in the nineties was studied in detail allowing the creation of distribution maps. The distribution of several plants classified differently according to recent research, newly arrived in the territory or described as new species will be discussed.

**Conclusions** – The study area has a notable variety of habitats ranging from nearly Mediterranean ones near Lago di Como till nearly alpine areas which can be found on the highest tops like M. Lema, M. Galibga and M. Generoso.

## FLORA DELLE FALESIE DOLOMITICHE DEL TICINO MERIDIONALE

Philippe Juillerat – [philippe.juillerat@infoflora.ch](mailto:philippe.juillerat@infoflora.ch)

**Introduzione e obiettivi** – Durante il 2016-17 è stata avviata una ricerca sistematica della flora delle falesie dolomitiche del Ticino meridionale. Le Alpi insubriche meridionali ospitano molte specie rare o endemiche. La maggior parte di esse si trova tra il Lago di Como e quello di Garda, e alcune si spingono a occidente raggiungendo il Cantone Ticino. Sebbene nell'ultimo secolo le Prealpi di Lugano siano state studiate approfonditamente dai botanici svizzeri, i ripidi pendii e le montagne impervie potrebbero nascondere ancora alcuni taxa trascurati.

**Metodi** – Sono state selezionate le basi più accessibili delle falesie degli affioramenti rocciosi locati tra Cima dell'Oress (Cima di Fojoirina), Monte Generoso, Monte San Giorgio e Monte di Caslano. Considerando la fenologia, ogni sito è stato visitato in almeno due differenti periodi della stagione. La flora alpina è stata inventariata utilizzando binocoli stabilizzati e alcuni test con un drone.

**Risultati** – *Asplenium seelosii* Leyb. è stato scoperto per la prima volta in Ticino e Svizzera. La presenza di *Saxifraga hostii* subsp. *rhaetica* (A. Kern.) Braun-Blanq. è stata confermata anche in Ticino. Infine è stata migliorata la conoscenza della distribuzione di alcuni taxa rari come *Phyteuma scheuchzeri* subsp. *columnae* (Gaudin) Bech., *Lomelosia graminifolia* (L.) Greuter & Burdet e *Valeriana saxatilis* L.

**Conclusioni** – La maggior parte delle specie endemiche delle Prealpi bergamasche non si trova nelle Prealpi di Lugano.

Ciò potrebbe essere dovuto alla mancanza di habitat adeguati, ma anche a barriere che hanno ostacolato le migrazioni delle specie in periodi diversi, come i ghiacciai pedemontani di Como, Brianza e Lecco durante l'Ultimo massimo glaciale.

**Parole chiave:** *Asplenium seelosii* Leyb., biodiversità, corologia, flora delle Prealpi di Lugano, floristica, *Saxifraga hostii* subsp. *rhaetica* (A. Kern.) Braun-Blanq.

Lato Ovest del Monte Generoso (Ticino, Svizzera) nell'aprile 2017 (foto: Philippe Juillerat).



West side of Monte Generoso (Ticino, Switzerland) in April 2017 (photo: Philippe Juillerat).

ers impeding species migrations at different time periods, like the piedmont glaciers of Como, Brianza and Lecco during the Last Glacial Maximum.

**Key words:** *Asplenium seelosii* Leyb., biodiversity, chorology, flora of Lugano Prealps, floristics, *Saxifraga hostii* subsp. *rhaetica* (A. Kern.) Braun-Blanq.

## FLORA OF THE DOLOMITE CLIFFS OF SOUTHERN TICINO

Philippe Juillerat – [philippe.juillerat@infoflora.ch](mailto:philippe.juillerat@infoflora.ch)

**Background and Aims** – In 2016 and 2017 a systematic field research of the flora of dolomite cliffs of Southern Ticino has been started. The Insubrian Southern Alps are home to many rare or endemic species. Most of them can be found between Lake Como and Garda, but some extend to the west reaching Canton Ticino. Although the Lugano Prealps have been extensively studied by swiss botanists over the last century, the steep relief and rough mountains could still hide some overlooked taxa.

**Methods** – The base of most reachable cliffs and rock outcrop between Cima dell'Oress (Cima di Fojoirina massif), Monte Generoso, Monte San Giorgio and Monte Caslano were selected. To consider phenology, at least two visits at different periods in the season were organized for each site. The alpine flora was inventoried using stabilized binoculars and a number of tests with a drone.

**Results** – *Asplenium seelosii* Leyb. was discovered in Ticino and Switzerland for the first time. The presence of *Saxifraga hostii* subsp. *rhaetica* (A. Kern.) Braun-Blanq. was also confirmed in Ticino. The distribution of some rare taxa like *Phyteuma scheuchzeri* subsp. *columnae* (Gaudin) Bech., *Lomelosia graminifolia* (L.) Greuter & Burdet and *Valeriana saxatilis* L. is here refined.

**Conclusions** – Most endemic species of the Bergamasque Prealps do not occur in the Lugano Prealps. This could be due to a lack of sufficient suitable habitats, but also to barri-

## PARTICOLARITÀ NELLE VALUTAZIONI DELLA LISTA ROSSA PER LE ALPI SVIZZERE MERIDIONALI

Michael Jutzi – [michael.jutzi@infoflora.ch](mailto:michael.jutzi@infoflora.ch)

**Introduzione e obiettivi** – Nel 2016, è stata elaborata e pubblicata la nuova Lista rossa delle piante vascolari svizzere. Su circa 2'600 taxa valutati, il 28% è stato classificato come minacciati o estinto e un ulteriore 16% come quasi minacciato. Rispetto alla Lista rossa di 14 anni fa sia la percentuale di taxa minacciati sia il Red List Index, che riassume la situazione globale della minaccia, sono diminuiti. Quest'ultimo indica una leggera tendenza negativa dovuta a un maggior numero di specie estinte e specie potenzialmente minacciate. Abbiamo analizzato i risultati della valutazione della Lista rossa legati a particolarità della regione biogeografica del Sud delle Alpi elvetiche.

**Metodi** – La principale fonte di dati per la revisione della Lista rossa sono state le verifiche in campo realizzate con un approccio *citizen science*. Circa 400 volontari hanno controllato oltre 6'000 località storiche di 800 specie bersaglio, 200 di queste in 850 località delle Alpi svizzere meridionali.

**Risultati** – Nella Svizzera meridionale, la percentuale complessiva delle località confermate è rimasta invariata rispetto all'intero Paese e la proporzione variava notevolmente tra i diversi tipi di habitat. Rispetto al resto del Paese, nella Svizzera meridionale la percentuale di siti confermati è risultata inferiore per le specie presenti in paludi, rive, prati secchi, campi e vigneti; mentre più elevata per quelle di foreste o habitat rocciosi.

**Conclusioni** – I risultati delle verifiche in campo dimostrano ulteriormente che, nella Svizzera meridionale, i prati secchi e gli habitat che dipendono dall'agricoltura estensiva sono particolarmente sotto pressione. Le specie presenti negli ambienti acquatici possono risentire della superficie ridotta occupata da tali ambienti. Per i tipi di habitat menzionati, le sfide in materia di conservazione sono ancora maggiori che in altre regioni della Svizzera.

**Parole chiave:** approccio *citizen science*, Lista rossa delle piante vascolari, specie minacciate, controlli sul campo, tipi di habitat.

Nella Svizzera meridionale è presente un'importante parte delle popolazioni elvetiche di *Gratiola officinalis* L., una specie vulnerabile (VU) (foto: Michael Jutzi).



Southern Switzerland is harbouring an important part of Swiss populations of *Gratiola officinalis* L., a species assessed as vulnerable (VU) (photo: Michael Jutzi).

## PECULIARITIES IN RED LIST ASSESSMENTS CONCERNING THE SOUTHERN SWISS ALPS

Michael Jutzi – [michael.jutzi@infoflora.ch](mailto:michael.jutzi@infoflora.ch)

**Background and Aims** – In 2016, the new Red List of Swiss vascular plants was elaborated and published. Out of around 2'600 evaluated taxa, 28% were classified as threatened or extinct, and an additional 16% as near threatened. Compared to the last Red List published 14 years ago, both the percentage of threatened taxa and the Red List Index, which summarizes the overall threat situation, are lower. The latter indicates a slight negative trend due to a higher number of extinct and near-threatened species. Here, we analysed results of the Red List assessment that are related to peculiarities of the biogeographic region of the southern Swiss Alps.

**Methods** – The main data source for the Red List revision were field controls realized with a citizen science approach. About 400 volunteers checked over 6'000 historical locations of 800 target species, of which 850 localities of 200 target species where in the southern Swiss Alps.

**Results** – In southern Switzerland, the overall proportion of confirmed locations was the same as in the entire country, and the proportion varied greatly among different habitat types. Compared to the entire country, in southern Switzerland the proportion of confirmed locations was lower for species occurring in swamps, shores, fields and vineyards, whereas it was higher for species in forests or rocky habitats.

**Conclusions** – Results of the field controls provide additional evidence to the general observation that, in southern Switzerland, habitats depending on extensive agriculture are under particular pressure. Species in aquatic habitats may suffer from the small surface those habitats are occupying. For the mentioned habitat types, challenges in conservation are even greater than in other Swiss regions.

**Key words:** citizen science approach, endangered species, field controls, habitat types, Red List of vascular plants.

## ELABORAZIONE DI UNA GUIDA PRATICA PER LA GESTIONE DELLA VEGETAZIONE RIPARIALE LUNGO I CORSI D'ACQUA NEL CANTON TICINO

Mark Bertogliati, Patrick Della Croce\*, Brack W. Hale e Giorgio Moretti – \*[pdellacroce@fus.edu](mailto:pdellacroce@fus.edu)

**Introduzione e obiettivi** – Attualmente in Ticino (come in gran parte della Svizzera) mancano delle linee guida chiare ed esaustive all'indirizzo degli attori sul terreno (p. es. forestali) per la gestione della vegetazione ripariale lungo i corsi d'acqua. Con questo progetto vogliamo colmare questa lacuna e sviluppare una guida pratica che, tenendo conto del contesto ecologico, economico ed organizzativo del Cantone Ticino, permetta una gestione della vegetazione ripariale che, garantendo la sicurezza idraulica del corso d'acqua, ne mantenga – o ne migliori – gli aspetti ecologici.

**Metodi** – Il progetto, che verrà condotto fra il 2017 e il 2018, prevede una prima fase di sintesi delle esperienze sull'importanza e la gestione della vegetazione ripariale (analisi bibliografiche e colloqui con esperti del settore). In un secondo momento, ci proponiamo di analizzare e valutare 20 casi rappresentativi di interventi selvicolturali (divisi fra torrenti di versante e di pianura) effettuati in Ticino nell'ambito del programma Riali Puliti dal 2008 in poi. Il progetto si concluderà, nell'autunno 2018, con lo sviluppo e la divulgazione delle linee guida.

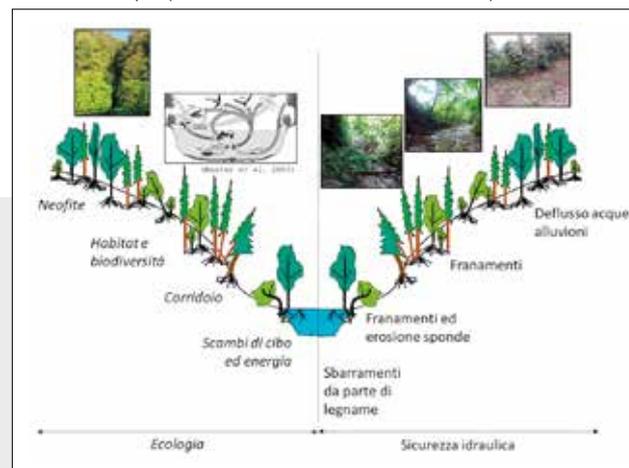
**Risultati** – Visto che il progetto qui presentato è nelle sue fasi iniziali, questo poster presenterà solo parte di quanto menzionato sopra.

**Conclusioni** – Gli autori sperano però di stimolare una di-

scussione a riguardo del progetto con esperti del settore e raccogliere suggerimenti da incorporare nel progetto. Il poster sarà in italiano con un riassunto in inglese.

**Parole chiave:** gestione boschi, linee guida, vegetazione ripariale.

Influenza della vegetazione ripariale sull'ecologia e la sicurezza idraulica dei corsi d'acqua (foto: Schwitter & Bucher 2009, mod.).



Influence of riparian vegetation on ecology and hydraulic security of rivers (photo: Schwitter & Bucher 2009, mod.).

## DEVELOPMENT OF PRACTICAL GUIDELINES FOR THE MANAGEMENT OF RIPARIAN VEGETATION ALONG RIVERS IN CANTON TICINO

Mark Bertogliati, Patrick Della Croce\*, Brack W. Hale and Giorgio Moretti – \*[pdellacroce@fus.edu](mailto:pdellacroce@fus.edu)

**Background and Aims** – Currently riparian forests in Ticino, and Switzerland in general, lack management guidelines that are based in theory and experience and that are practical for forest managers, planners, and other practitioners. With this project, we aim at filling this gap by developing practical guidelines that ensures hydraulic security in the water courses, maintains protective functions of the riparian forests as ecosystems and ecological corridors, and support the interaction of the stream and riparian ecosystems; at the same time, the guidelines will also function in such a way that they are practical within the financial and organizational constraints of the region.

**Methods** – The project will be conducted between 2017 and 2018, and will include a review of the literature and interviews with practitioners. We will then analyse and assess 20 cases in Ticino, selected from the Riali puliti project (Clean brooks and streams). The project will then end with the development and the publication of the guidelines.

**Results** – Since the project is still in its initiation phase, only part of it will be presented in the poster.

**Conclusions** – This posters seeks to stimulate discussions, feedbacks, and suggestions from experts and practitioners in the field. The poster will be in Italian with a summary in English.

**Key words:** guidelines, management of forests, riparian vegetation.

## LA VEGETAZIONE DELLA VALLE ONSERNONE E LE SUE DINAMICHE EVOLUTIVE

Gabriele Carraro\*, Pippo Gianoni, Sandro Boggia e Annette Fietz – \* [carraro@dionea.ch](mailto:carraro@dionea.ch)

**Introduzione e obiettivi** – La vegetazione forestale della Valle Onsernone (Ticino) è stata studiata e cartografata 100 anni orsono da Johannes Bär. Al fine di poter confrontare lo stato attuale con quello passato si è resa necessaria una cartografia aggiornata da affiancare a quella di Bär. In un territorio come la Valle Onsernone, esteso più di 60 km<sup>2</sup>, accidentato e a tratti inaccessibile, produrre una cartografia di dettaglio con soli rilievi terrestri risulta difficile e molto oneroso.

**Metodi** – Per ottenere una cartografia di qualità è stato adottato un metodo di lavoro valorizzando cartografie terrestri esistenti, completandole con il rilevamento mirato lungo transetti per un totale di 10 km<sup>2</sup> di superficie cartografata. A partire da questi dati è stata avviata una modellizzazione estesa a tutta l'area sulla base di un *Random Forest Model*. Grazie alla cartografia e alle immagini storiche, a rilievi supplementari, all'impiego di immagini aeree e di droni per controlli mirati è stato possibile migliorare ulteriormente il risultato della modellizzazione e la qualità della cartografia della vegetazione forestale.

**Risultati** – Sulla base di questi risultati e di altri contributi in materia di storia forestale, di paesaggio, di palinologia, di condizioni climatiche locali, è stato possibile fornire un'immagine della dinamica intercorsa della vegetazione forestale della Valle Onsernone, del suo potenziale evolutivo considerando anche degli scenari legati ai cambiamenti climatici.

**Conclusioni** – Questo studio, oltre a dare dei risultati utili al progetto di Parco Nazionale del Locarnese e alla pianificazione delle foreste, ha permesso di applicare un metodo di cartografia su grande scala che potrà essere esteso ad altre superfici nel contesto alpino.

**Parole chiave:** biocenosi, cambiamento climatico, dinamica della vegetazione, modelli predittivi, parco nazionale, *random forest*, selvicoltura.

Valle di Vergeletto – Dai 1'000 m slm di quota del fondovalle sul lato a bacio per 900 m presenza ininterrotta dell'abete bianco *Abies alba* (Mill.): *Abieti-Fagetum* (Unità 19) fino a 1'500 m, seguite da *Rhododendro-Abietetum* (47\*) fino a 1'800 m. La fascia subalpina con *Rhododendro-Laricetum* (59\*) si estende potenzialmente fino al limite superiore della foresta (2'100 m slm). Sul versante a solatio formazioni pioniere di betulla miste a *Luzulo-Fagetum* (Unità 3) fino a 1'500 m, *Calamagrostio villosae-Abietetum* (47) e *Rhododendro-Abietetum fagetosum* (47\*F fino a 1'700 m). Nella fascia subalpina, *Rhododendro-* e *Junipero-Laricetum* (59\*, 59J) con *Larici-Piceetum* (58) potenziali fino a 2'150 m (foto: Giacomo Gianola).



Vergeletto Valley – From the bottom of the valley at 1'000 m asl on the shady side for 900 m uninterrupted presence of the white fir *Abies alba* (Mill.): *Abieti-Fagetum* (Unit 19) up to 1'500 m asl, followed by *Rhododendro-Abietetum* (47\*) up to 1'800 m asl. The subalpine zone with *Rhododendro-Laricetum* (59\*) potentially extends up to the upper limit of the forest (2'100 m asl). On the sunny side pioneered birch formations mixed with *Luzulo-Fagetum* (Unit 3) up to 1'500 m asl, *Calamagrostio villosae-Abietetum* (47) and *Rhododendro-Abietetum fagetosum* (47\* F up to 1'700 m asl). In the subalpine zone, *Rhododendron-* and *Junipero-Laricetum* (59\*, 59J) with *Larici-Piceetum* (58) potentially up to 2'150 m asl (photo: Giacomo Gianola).

**Conclusions** – The method of a mapping on large scale applied in this study, holds useful results for the Locarno National Park planning and forest management, but can be extended as well areas in the Alpine region.

**Key words:** climate change, evolutionary, forest management, national park, random forest model.

## FOREST VEGETATION IN THE ONSERNONE VALLEY AND ITS EVOLUTIONARY DYNAMICS

Gabriele Carraro\*, Pippo Gianoni, Sandro Boggia  
and Annette Fietz – \* [carraro@dionea.ch](mailto:carraro@dionea.ch)

**Background and Aims** – It's been more than 100 years ago, that Johannes Bär studied and mapped the forest vegetation of the Onsernone valley (Ticino). For the comparison of the current state of vegetation with that of the past and the processing of future development scenarios, an updated mapping was required in addition to the map of Bär. A detailed mapping carried out solely by terrestrial surveys, in rough and partly inaccessible regions such as the Onsernone valley, which extends over 60 km<sup>2</sup>, is difficult and very costly.

**Methods** – To achieve a qualitative result, existing terrestrial surveys were validated and supplemented by transectoral mapping over an area of 10 km<sup>2</sup>. These assessments were the basis for an area-wide modelling using *Random Forest Model*. Subsequently, the results of the modelling and the quality of the forest vegetation map could be improved due to the terrestrial surveys and historical images, additional mapping use of aerial photographs and drones for control.

**Results** – Based on these findings and other contributions in the field of forest history, landscape, palynology and local climatic conditions, it has been possible to depict the dynamics of forest vegetation in the Onsernone valley with its evolutionary potential, considering also scenarios related to climate change.

## LA POLIPLOIDIZZAZIONE NEL CONTESTO DEI CICLI GLACIALI: IL CASO STUDIO DELLA PRIMULA ALPINA *PRIMULA MARGINATA* CURTIS

Gabriele Casazza\*, Luigi Minuto, Florian C. Boucher, Christophe F. Randin e Elena Conti – \* [gabriele.casazza@unige.it](mailto:gabriele.casazza@unige.it)

**Introduzione e obiettivi** – La speciazione per poliploidizzazione ha avuto un ruolo chiave nell'evoluzione di molte specie. Tuttavia, i poliploidi neofornati dovrebbero estinguersi poiché sono rari, hanno pochi partner riproduttivi o possono essere meno competitivi dei progenitori co-presenti. Cambiamenti nei tratti floreali, nel sistema riproduttivo e nella nicchia ecologica sono stati proposti come meccanismi per superare questo svantaggio iniziale dipendente dalla frequenza. Tuttavia, recentemente è stato ipotizzato che la capacità di dispersione o la storia biogeografica possano permettere ai poliploidi di stabilirsi e persistere. Il nostro obiettivo è di comprendere i processi che hanno consentito l'origine, lo stabilirsi e il persistere dei poliploidi di *Primula marginata* Curtis, che sono co-presenti e possono ibridare con *P. allionii* Loisel., *P. latifolia* Lapeyr. e *P. hirsuta* All.

**Metodi** – Abbiamo analizzato le popolazioni fra le Alpi Cozie e l'Appennino Ligure usando la citometria di flusso per determinare la distribuzione geografica dei citotipi e le sequenze nucleari (ITS) per distinguere fra l'origine auto- o allo-ploidica dei dodecaploidi. Inoltre abbiamo valutato le differenze nei tratti floreali e nella nicchia ecologica fra i dodecaploidi e i parenti esaploidi.

**Risultati** – Non si sono rilevati citotipi intermedi e variazioni del livello di ploidia intra-popolazione. Le sequenze nucleari indicano una stretta relazione e una storia evolutiva complessa

per i genomi dei citotipi di *P. marginata* e *P. allionii*. Le differenze nei tratti floreali non sembrano sufficienti a garantire la coesistenza dei differenti citotipi. La distilia è mantenuta e non vi è transizione verso l'autofecondazione. Inoltre, i dodecaploidi si trovano in ambienti idonei anche per i parenti esaploidi.

**Conclusioni** – I dodecaploidi di *P. marginata* si sono probabilmente originati per allopoliploidizzazione e sono sopravvissuti occupando, durante la fase di ricolonizzazione post-glaciale, le aree non ancora colonizzate dai parenti. Probabilmente limitazioni nella dispersione e l'esclusione del citotipo minoritario hanno mantenuto la loro distribuzione separata da quella degli esaploidi.

**Parole chiave:** nicchia ecologica, esclusione del citotipo minoritario, cambiamento degli impollinatori, poliploidia.

Co-presenza di *Primula marginata* Curtis e *P. allionii* Loisel. alle Gorge della Reina, Entracque, Provincia di Cuneo, Piemonte, Italia (foto: Gabriele Casazza).



*Primula marginata* Curtis and *P. allionii* Loisel. co-occurring at Gorge della Reina, Entracque, Province of Cuneo, Piemonte, Italy (photo: Gabriele Casazza).

### POLYPLOIDIZATION IN THE CONTEXT OF THE GLACIAL CYCLES: A CASE STUDY FROM THE ALPINE PRIMROSE *PRIMULA MARGINATA* CURTIS

Gabriele Casazza\*, Luigi Minuto, Florian C. Boucher,  
Christophe F. Randin and Elena Conti

\* [gabriele.casazza@unige.it](mailto:gabriele.casazza@unige.it)

**Background and Aims** – Polyploid speciation has played a key role in the evolution of many species. However, the majority of newly formed polyploids is expected to go extinct, because they are rare, have fewer potential mates or may have lower competitive abilities than their co-occurring parental species. Changes in floral traits, breeding system and ecological niches have been proposed as important mechanisms to overcome this initial frequency-dependent disadvantage. Yet, recently, it was hypothesized that other mechanisms such as dispersal capacity or biogeographical history may enable polyploids to establish and persist. Our aim was to understand the drivers behind origin, establishment and persistence of *Primula marginata* Curtis polyploids co-occurring and hybridizing with *P. allionii* Loisel., *P. latifolia* Lapeyr. and *P. hirsuta* All.

**Methods** – We analyzed the populations between the Cottian Alps and the Ligurian Apennine Mountains using flow cytometry to determine the geographic distribution of cytotypes and nuclear sequences (ITS) to infer the auto- vs. allopolyploid origin of dodecaploids. Floral morphological traits

and ecological niche characteristics among dodecaploids and hexaploids were quantified and compared.

**Results** – We did not detect any intermediate cytotypes or variation of ploidy levels within populations. Nuclear sequences indicate a close and complex evolutionary history for nuclear genomes of *P. marginata* cytotypes and *P. allionii*. Differences in floral traits are unlikely to enable the coexistence of different cytotypes. Distyly is maintained, and there is no transition to selfing in dodecaploids. Finally, dodecaploids occur almost exclusively in environments suitable also for their closest hexaploid relatives.

**Conclusions** – The dodecaploids of *P. marginata* are most likely of allopolyploid origin and have probably been able to establish and persist by occupying during post-glacial recolonization geographical areas not yet colonized by their parents. Dispersal limitation and minority-cytotype exclusion probably maintain their current range disjunct from those of hexaploids.

**Key words:** ecological niche, minority-cytotype exclusion, pollinator shift, polyploidy.

## CHEMOTASSONOMIA DELLE SPECIE EUROPEE DEL GENERE *PRIMULA*

Paola S. Colombo, Guido Flamini, Graziella Rodondi, Claudia Giuliani, Laura Santagostini e Gelsomina Fico\*

\* [gelsomina.fico@unimi.it](mailto:gelsomina.fico@unimi.it)

**Introduzione e obiettivi** – A partire dall'inizio del '900, numerosi lavori filogenetici e chemotassonomici hanno affrontato la possibilità di discriminare le specie di *Primula*. Innanzitutto, questi autori hanno considerato i flavonoidi epicuticolari e tissutali e le saponine come utili marker tassonomici, mentre gli studi sui composti volatili erano più limitati. In questo contributo, i nostri obiettivi primari sono: (i) la classificazione dei metaboliti secondari identificati in *Primula* e (ii) la valutazione del loro significato quali marker tassonomici a livello di specie.

**Metodi** – Abbiamo indagato la composizione dei metaboliti secondari correlati alle specie di *Primula*, attraverso un'approfondita analisi della letteratura, al fine di individuare molecole appartenenti a classi diverse. Tali composti sono stati raggruppati in base alla classificazione chimica e di ciascun gruppo è stato stimato il potenziale valore chemotassonomico.

**Risultati** – I flavonoidi epicuticolari mostrano una composizione eterogenea tra i sottogeneri e alcuni composti esclusivi possono essere usati per distinguere specie diverse. Tuttavia, la mancanza di dati fitochimici completi impedisce ogni ipotesi tassonomica. La stessa considerazione può essere estesa ai flavonoidi tissutali. Le sostanze volatili sono meno studiate; tra queste, i terpenoidi e i fenilpropanoidi sono i costituenti

maggiormente identificati. Tali composti appaiono estremamente variabili, in quanto soggetti alla pressione ambientale, e, quindi, risultano meno utili in chemotassonomia.

**Conclusioni** – I risultati mostrano una generale mancanza di informazioni al fine di formulare ipotesi chemotassonomiche in *Primula* e la necessità di approfondimenti in merito al ruolo della produzione di metaboliti diversi nelle interazioni pianta-ambiente. Ciò implica l'esistenza di numerose aree di applicazione nello studio delle specie di *Primula*, che meritano attenzione da parte della comunità scientifica.

**Parole chiave:** composti organici volatili, flavonoidi, *Primula*, saponine.

Selezione di alcune specie di *Primula* indagate nel presente lavoro: **a.** *P. vulgaris* Huds.; **b.** *P. marginata* Curtis; **c.** *P. glutinosa* Wulfen; **d.** *P. glaucescens* Moretti; **e.** *P. latifolia* Lapeyr (foto: P.S. Colombo).



Selection of some *Primula* species investigated in the present work: **a.** *P. vulgaris* Huds.; **b.** *P. marginata* Curtis; **c.** *P. glutinosa* Wulfen; **d.** *P. glaucescens* Moretti; **e.** *P. latifolia* Lapeyr (photo: P.S. Colombo).

### EUROPEAN *PRIMULA* SPECIES RECOGNITION BY CHEMOTAXONOMIC TRAITS

Paola S. Colombo, Guido Flamini, Graziella Rodondi,  
Claudia Giuliani, Laura Santagostini  
and Gelsomina Fico\* – \* [gelsomina.fico@unimi.it](mailto:gelsomina.fico@unimi.it)

**Background and Aims** – Since the beginning of the last century, several phylogenetic and chemotaxonomic works investigated the possibility of discriminating different *Primula* species. First of all, authors considered tissue and epicuticular flavonoids and saponins as markers for a tentative recognition, whereas studies on volatiles were carried out on a limited number of species. Our primary goals in this work are: (i) to categorize the secondary metabolites isolated and identified in *Primula* and (ii) to evaluate if they are suitable as taxonomic markers at species level.

**Methods** – We specifically investigated the secondary metabolites composition related to *Primula* species through an in-depth analysis of the literature to find out molecules of different classes. These compounds were grouped based on their chemical classification and each group was evaluated for its potential chemotaxonomic value.

**Results** – Epicuticular flavonoids show a heterogeneous composition among subgenera and some peculiar compounds can be useful to distinguish different species. However, the lack of comprehensive phytochemical data prevent any taxonomic hypothesis. This consideration can be extended to tissue flavonoids. Volatiles are less studied than tissue com-

pounds; among them, terpenoids and phenylpropanoids are the most identified constituents. These substances present a great level of variability because highly dependent from environmental pressure, so that they are less useful for chemotaxonomic purposes.

**Conclusions** – The results show a general lack of information to propose chemotaxonomic hypotheses in *Primula*, and the need for a better understanding of the role of the different metabolites production in plant/environment interactions. This implies that there are several areas of application for the study of *Primula* species, which deserve attention from the scientific community.

**Key words:** flavonoids, *Primula* species, saponins, volatile organic compounds.

## PERDITA DI DIVERSITÀ GENETICA E MORFOLOGICA NELLA CASTAGNA D'ACQUA *TRAPA NATANS* L. (LYTHRACEAE) NELLA REGIONE INSUBRICA

David Frey\*, Christoph Reisch, Barbara Narduzzi-Wicht, Eva-Maria Baur, Ruth Baur, Carolina Cornejo,  
Massimo Alessi e Nicola Schoenenberger – \* david.frey@wsl.ch

**Introduzione e obiettivi** – Le piante acquatiche d'acqua dolce hanno un elevato rischio d'estinzione sia a causa della forte pressione antropica sia per la natura frammentaria dei loro habitat. La carenza di conoscenze riguardo alla struttura delle popolazioni rende difficile la loro conservazione.

**Metodi** – La castagna d'acqua *Trapa natans* L. (Lythraceae) è una pianta acquatica minacciata della regione insubrica. Per investigare la suddivisione della popolazione e i rischi per la sopravvivenza a lungo termine di questa specie abbiamo combinato approcci genetici, morfometrici e biogeografici.

**Risultati** – Il polimorfismo della lunghezza del frammento di amplificazione (AFLP) ha mostrato livelli simili e intermediari di diversità genetica tra i siti (laghi) campionati, che condividevano il 97% della variabilità genetica. Questo lascia presupporre che non ci sia una forte deriva genetica e dunque una perdita di diversità genetica a lei associata, nonostante la scomparsa del 52% delle popolazioni locali dall'inizio del 19esimo secolo. L'analisi di sequenze ribosomiali nucleari (ITS1-5.8S-rRNA-ITS2), in combinazione con lo studio morfometrico dei frutti (basato sia su materiale fresco sia su campioni storici museali), hanno rivelato la presenza di due linee genealogiche geneticamente e morfologicamente distinte, delle quali una si è estinta durante

il 20esimo secolo a causa di un periodo prolungato di ipereutrofizzazione.

**Conclusioni** – I nostri risultati indicano la presenza attuale di una grande unica popolazione insubrica di *Trapa*. Per prevenire i rischi genetici associati sia alla piccola taglia della popolazione sia all'aumento della frammentazione (estinzioni passate), che minacciano la sopravvivenza a lungo termine, i gestori dei siti dovrebbero da una parte preservare l'elevato numero d'individui ancora presenti in molti laghi insubrici e, dall'altra parte, ridurre l'eutrofizzazione.

**Parole chiave:** AFLP, conservazione, estinzione, Insubria, ITS, morfometria multivariata, struttura genetica.

*Trapa natans* L. al Lago di Piano (Como, Lombardia) (foto: Nicola Schoenenberger).



*Trapa natans* L. at Lago di Piano (Como, Lombardia) (photo: Nicola Schoenenberger).

## LOSS OF GENETIC AND MORPHOLOGICAL DIVERSITY IN THE WATER CHESTNUT *TRAPA NATANS* L. (LYTHRACEAE) FROM THE SOUTHERN ALPINE LAKE AREA

David Frey\*, Christoph Reisch, Barbara Narduzzi-  
Wicht, Eva-Maria Baur, Ruth Baur, Carolina Cornejo,  
Massimo Alessi and Nicola Schoenenberger  
\* david.frey@wsl.ch

**Background and Aims** – Freshwater aquatic plants are at increased risk for extinction due to strong human pressure and the patchy nature of their habitats. Yet the unclear structure of the plants' populations frequently hinders conservation planning.

**Methods** – To investigate population subdivision and risks to long-term survival of such species, we combined genetic, morphometric and biogeographical approaches to the example of the endangered water chestnut *Trapa natans* L. (Lythraceae) from the Southern Alpine lake region (Insubria).

**Results** – Amplified fragment length polymorphism (AFLP) revealed similar and intermediate levels of genetic diversity, of which 97% was partitioned within lakes. Thus, we found no signs of strong genetic drift and associated loss of genetic diversity, despite a reduction of approximately 52% of local populations since the early 19th century. Nuclear ribosomal sequences (ITS1-5.8S-rRNA-ITS2) combined with a morphometric study of nuts (based on fresh and historic mu-

seum material) revealed the presence of two genetically and morphologically slightly distinct lineages, of which one went extinct during the 20th century after a prolonged period of hyper-eutrophication.

**Conclusions** – Our results indicate the current presence of one large Insubric *Trapa* population. To prevent genetic risks to survival associated with small population size and increasing fragmentation due to past extinctions, freshwater managers should preserve the large census sizes still present in many Insubric lakes while reducing eutrophication.

**Key words:** AFLP, conservation, extinction, genetic structure, Insubric region, internal transcribed spacer, multivariate morphometrics.

## BIOLOGIA RIPRODUTTIVA DI *SAXIFRAGA FLORULENTA* MORETTI, UNA SPECIE SEMELPARA PALEO-ENDEMICA DELLE ALPI

Maria Guerrina\*, Carmelo Nicodemo Macri, Gabriele Casazza, Enrica Roccotiello e Luigi Minuto

\* [maria.guerrina@ebc.uu.se](mailto:maria.guerrina@ebc.uu.se)

**Introduzione e obiettivi** – Le Alpi Marittime sono uno dei dieci hotspots di biodiversità nel Mediterraneo e un'area biogeografica di rilevanza in Europa, grazie sia alla concentrazione di endemismi sia al loro possibile ruolo come area di persistenza a lungo termine delle specie. Una delle specie più famose delle Alpi Marittime è *Saxifraga florulenta* Moretti, una specie monocarpica e paleo-endemica. Secondo le categorie IUCN, *S. florulenta* risulta essere Vulnerabile in Italia e di Minor Preoccupazione a livello globale. Mancano conoscenze sulla biologia riproduttiva di *S. florulenta*, che potrebbero fornire indicazioni utili per capire come la specie possa reagire ai cambiamenti climatici. In questo studio sono investigate le interazioni pianta-impollinatori e il modo di riproduzione.

**Metodi** – Abbiamo esaminato il tipo d'impollinatori, descritto la fenologia dell'infiorescenza, quantificato il successo riproduttivo delle piante e verificato l'auto-fecondazione e la fecondazione incrociata.

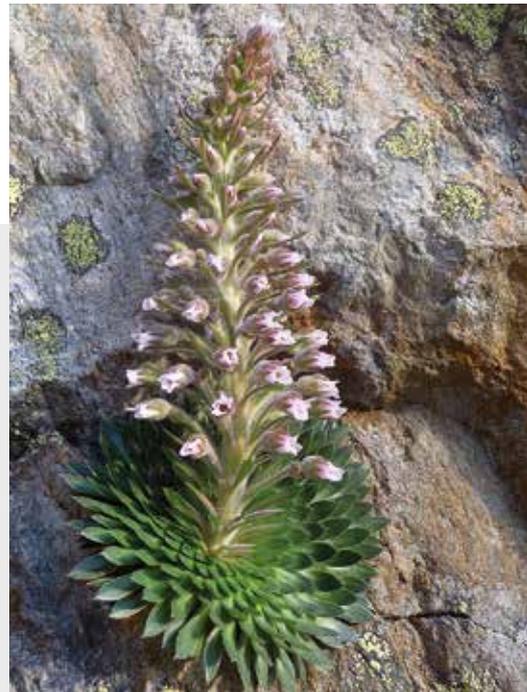
**Risultati** – In *S. florulenta* il 70% dei visitatori dei fiori osservati sono comuni impollinatori di altre piante, principalmente Ditteri e Imenotteri, suggerendo un sistema d'impollinazione generalista. L'infiorescenza è una pannocchia, la fioritura è sequenziale: inizia dal fiore terminale più grande e continua verticalmente dal basso verso l'alto lungo l'asse principale. La produzione media di frutti e semi è del 94% e 76%. I

fiori sono proterandi e autocompatibili, questo permette sia l'autofecondazione sia la fecondazione incrociata, con una produzione media di semi del 71% e 54% rispettivamente.

**Conclusioni** – *Saxifraga florulenta* trae vantaggio dalla possibilità di autofecondazione, che assicura il successo riproduttivo in caso di condizioni rigide e scarso servizio d'impollinazione. Per questo motivo *S. florulenta* sembra essere meno esposta al declino d'impollinatori dovuto al cambiamento climatico. Da un lato, un aumento dell'autofecondazione potrebbe consentire a *S. florulenta* di far fronte ad una diminuzione delle visite degli impollinatori, ma, dall'altro, potrebbe portare ad un'ulteriore diminuzione della sua (già bassa) diversità genetica, riducendo il potenziale adattativo della specie.

**Parole chiave:** insetti impollinatori, Saxifragaceae, strategie riproduttive.

Individuo di *Saxifraga florulenta* Moretti (foto: Maria Guerrina).



Individual of *Saxifraga florulenta* Moretti (photo: Maria Guerrina).

## REPRODUCTIVE BIOLOGY OF *SAXIFRAGA FLORULENTA* MORETTI, A SEMELPAROUS PALEO-ENDEMIC OF THE ALPS

Maria Guerrina\*, Carmelo Nicodemo Macri, Gabriele Casazza, Enrica Roccotiello and Luigi Minuto

\* [maria.guerrina@ebc.uu.se](mailto:maria.guerrina@ebc.uu.se)

**Background and Aims** – The Maritime Alps are one of the ten biodiversity hotspots in the Mediterranean and a relevant biogeographical area in Europe because of the concentration of endemism and their possible role as long-persistence area of species. One of the most famous species of the Maritime Alps is *Saxifraga florulenta* Moretti, a monocarpic paleoendemic species. According to the IUCN categories, *S. florulenta* is Vulnerable in Italy, though of Least Concern at global scale. Information about its reproductive biology is still lacking and understanding it may supply useful information on how the species may face the global warming. In this study we investigated the plant-pollinator interactions and the reproduction mode.

**Methods** – We evaluated the type of pollinators, described the phenology of inflorescence, quantified the reproductive success of the plants, and verified self and cross-fertilization.

**Results** – In *S. florulenta*, 70% of the observed floral visitors are common pollinators of other plants, mainly Diptera and Hymenoptera, suggesting a generalist pollination system. The inflorescence is a panicle, the blooming is sequential: starting with the larger terminal flower and continuing vertically from the bottom to the top along the main axis. Average

fruit set and seed set were 94% and 76%, respectively. Flowers are protandrous allowing self- and cross-fertilization with an average seed set of 71% and 54% respectively.

**Conclusions** – *Saxifraga florulenta* takes advantage of its self-fertilization, which assures reproduction also in case of low pollinator service and harsh conditions. *Saxifraga florulenta* seems to be less exposed to pollinator decline due to global warming. An increase in self-fertilization might allow *S. florulenta* to cope with less pollinator visits potentially leading to a further decrease in its (already low) genetic diversity, reducing the adaptive potential of the species.

**Key words:** pollen vectors, reproductive strategy, Saxifragaceae.

## CENSIMENTI FLORISTICI ALLE ISOLE DI BRISSAGO (CANTONE TICINO, SVIZZERA)

Sofia Mangili\* e Brigitte Marazzi – \* [sofia.mangili@ti.ch](mailto:sofia.mangili@ti.ch)

**Introduzione e obiettivi** – Le Isole di Brissago sono note soprattutto per le specie esotiche dell'omonimo Giardino botanico, sull'Isola di San Pancrazio, ma ospitano una flora indigena spontanea altrettanto interessante, in particolare nella fascia ripuale e sull'Isola di Sant'Apollinare. Questo studio ha come scopo il censimento delle specie erbacee spontanee presenti alle Isole di Brissago, con particolare attenzione alle specie rare e minacciate delle rive.

**Metodi** – Nel corso del mese di ottobre del 2016, grazie al livello del lago eccezionalmente basso (192.36 metri s.l.m., media giornaliera), è stato eseguito un rilievo floristico lungo i tratti di riva emersi delle due isole, per verificare la distribuzione, l'abbondanza e lo stato di specie rare tipiche di questo ambiente. Nel 2017 sono state eseguite altre tre visite (a maggio, giugno e agosto) per censire la flora erbacea dell'Isola di Sant'Apollinare.

**Risultati** – In totale sono state rilevate 105 specie spontanee, indigene ed esotiche. Cinque specie caratteristiche delle rive sono iscritte nella Lista rossa svizzera: *Littorella uniflora* (L.) Asch. (EN) e *Gratiola officinalis* L. (VU) risultano relativamente abbondanti lungo le rive di entrambe le isole; *Ranunculus reptans* L. (EN), *Eleocharis acicularis* (L.) Roem. & Schult. (VU) e *Cyperus fuscus* L. (VU) sono invece presenti con pochi individui in una sola stazione sull'Isola di San Pancrazio. Ai margini del prato dell'Isola di Sant'Apollinare, habitat di alcune

specie indigene interessanti (*Narcissus poeticus* L. e *Serratula tinctoria* L. s.str.; VU), è stata trovata una specie esotica nuova per il Ticino: *Gnaphalium pensylvanicum* Willd.

**Conclusioni** – Questo studio ha permesso di verificare lo stato di specie spontanee rare e minacciate alle Isole di Brissago e di scoprirne di nuove. I dati raccolti saranno utilizzati per migliorare la gestione della vegetazione erbacea sull'Isola di Sant'Apollinare e per sensibilizzare i visitatori del Giardino botanico: per le rive con vegetazione ripuale a rischio di calpestio sono infatti stati allestiti dei pannelli informativi.

**Parole chiave:** flora spontanea, Lago Maggiore, specie esotiche, specie indigene, vegetazione ripuale.

*Gratiola officinalis* L. in fiore lungo le rive delle Isole di Brissago (foto: Sofia Mangili).



*Gratiola officinalis* L. flowering along the shores of Brissago Islands (photo: Sofia Mangili).

## FLORISTIC INVENTORY OF THE BRISSAGO ISLANDS (CANTON TICINO, SWITZERLAND)

Sofia Mangili\* and Brigitte Marazzi – \* [sofia.mangili@ti.ch](mailto:sofia.mangili@ti.ch)

**Background and Aims** – The Brissago Islands are especially known for the exotic species of the Botanical Garden on Saint Pancrazio Island, but they also host an interesting spontaneous native flora, in particular along the shores and on Saint Apollinare Island. This study aims to compile a survey of the spontaneous herbaceous species of the Brissago Islands, with particular attention to rare and threatened species of the lake shore zone.

**Methods** – In October 2016, thanks to an exceptionally low lake water level (192.36 m a.s.l., daily mean), the exposed shores of the Brissago Islands were surveyed to assess the abundance and distribution of rare and threatened plant species typical of this habitat. In 2017, three visits (May, June, and August) were carried out to survey the herbaceous flora of Saint Apollinare Island.

**Results** – A total of 105 spontaneous plant species, both native and exotic, were found. Five species characteristic of lake shores belong to the Swiss Red List: *Littorella uniflora* (L.) Asch. (EN) and *Gratiola officinalis* L. (VU) are abundant along the shores of both islands; *Ranunculus reptans* L. (EN), *Eleocharis acicularis* (L.) Roem. & Schult. (VU), and *Cyperus fuscus* L. (VU) are present with few individuals only at one site on Saint Pancrazio Island. An alien species new to Canton Ticino, *Gnaphalium pensylvanicum* Willd., was found at the edges

of the meadow on Saint Apollinare Island, which is also habitat of some interesting native species (*Narcissus poeticus* L. and *Serratula tinctoria* L. s.str.; VU).

**Conclusions** – This study allowed to verify the presence of rare and threatened spontaneous species on the Brissago Islands and to find new ones. The collected data will be used to improve the management of the herbaceous vegetation on Saint Apollinare Island and to raise awareness among visitors of the Botanical Garden: informative panels on the shore vegetation, threatened by trampling, were already set up.

**Key words:** alien species, Lake Maggiore, native species, shore vegetation, spontaneous flora.

## TRASLOCAZIONE DI UNA POPOLAZIONE DI *ARISTOLOCHIA CLEMATITIS* L. (ARISTOLOCHIACEAE), SPECIE FORTEMENTE MINACCIATA, A MELANO, CANTONE TICINO, SVIZZERA

Sofia Mangili\*, Brigitte Marazzi, Guido Maspoli, Daniela Scheggia e David Frey – \* [sofia.mangili@ti.ch](mailto:sofia.mangili@ti.ch)

**Introduzione e obiettivi** – La distribuzione di *Aristolochia clematitis* L. sul territorio ticinese è frammentaria e il numero di popolazioni locali è in diminuzione. La specie è iscritta nella Lista rossa svizzera delle piante vascolari con categoria di minaccia “fortemente minacciato” (EN). Per preservare l’unica popolazione di *A. clematitis* presente nel comune di Melano, che sarà distrutta da lavori stradali, nel mese di aprile 2017 è stata eseguita una traslocazione.

**Metodi** – Per identificare dei siti idonei ad accogliere la specie, in base alla sua ecologia e con riguardo alle modalità di gestione, sono stati eseguiti dei sopralluoghi con censimenti floristici nel comune di Melano. Per la piantagione sono stati creati 6 blocchi di 2x2 metri e contenenti 25 piante ciascuno, distribuite in 5 quadrati di 50x50 centimetri. Il monitoraggio e la manutenzione primavera-estate 2017 consistevano nell’annaffiare le piante durante periodi di siccità prolungata e nell’estirpazione delle neofite presenti nei blocchi. In parallelo, presso il Giardino botanico delle Isole di Brissago è stata avviata una coltivazione *ex situ*. Per valutare e quantificare lo sviluppo della popolazione traslocata è previsto un monitoraggio, tramite conteggio degli individui sopravvissuti (tasso di sopravvivenza), dei fusti e della produzione di fiori e frutti, per il periodo 2018-2021.

**Risultati** – È stato scelto un sito che rispecchia il più possibile l’ambiente della specie, ossia gli orli nitro-termofili (*Alliarion*), non troppo distante dalla località di origine e su suolo pubblico (cantonale). In totale nel nuovo sito sono state traslocate 150 piante. Quarantaquattro individui sono invece stati piantati in vasi per la coltivazione *ex situ* alle Isole di Brissago.

**Conclusioni** – Un primo esito della traslocazione potrà essere valutato solo nella primavera 2018. Una traslocazione rappresenta un grande carico di lavoro, realizzato solo grazie alla collaborazione di numerose istituzioni e volontari.

**Parole chiave:** *Alliarion*, conservazione, *ex situ*, *in situ*, Lista rossa.

Un momento durante la traslocazione: localizzazione e marcatura delle piantine (foto: Sofia Mangili).



A moment during the translocation: detecting and tagging the shoots (photo: Sofia Mangili).

### TRANSLOCATION OF A LOCAL *ARISTOLOCHIA CLEMATITIS* L. (ARISTOLOCHIACEAE) POPULATION THREATENED BY HABITAT DESTRUCTION IN MELANO, SOUTHERN TICINO

Sofia Mangili\*, Brigitte Marazzi, Guido Maspoli,  
Daniela Scheggia and David Frey – \* [sofia.mangili@ti.ch](mailto:sofia.mangili@ti.ch)

**Background and Aims** – *Aristolochia clematitis* L. has a scattered distribution in the Canton Ticino and the number of local populations is decreasing. The species is thus classified as being “endangered” (EN) on the Swiss Red List of vascular plants. To preserve the unique stand of *A. clematitis* in the municipality of Melano, which is threatened by road construction, a translocation was carried out in April 2017.

**Methods** – To identify adequate locations for the species with respect to its habitat requirements and future management, floristic surveys were carried out in the municipality of Melano. The planting design consisted of 6 linearly arranged blocks of 2x2 m, which were spaced 2-4 m from each other. Each block was planted with 25 plants, distributed equally on 5 squares of 50x50 cm. Monitoring and management during spring and summer 2017 consisted in watering the plants during drought and in eradicating the neophytes growing in the blocks. In parallel, at the Cantonal Botanical Garden of the Brissago Islands, an *ex-situ* cultivation was established. To evaluate and quantify the development of the translocated population a monitoring is planned for the period 2018-

2021, which will include the determination of survival rates and reproductive success.

**Results** – The location mostly corresponding to the natural habitat of the species was selected: a nitro-thermophilous woody margin (*Alliarion*), close to the original site and on public land (cantonal level) alongside the Sovaglia river. A total of 150 plants were translocated to the new site. Forty-four individuals were transferred to pots to establish the *ex-situ* cultivation.

**Conclusions** – A first outcome of the translocation will be evaluated in spring 2018. A translocation implicates a big work load, which can be overcome only through the collaboration of many institutions and the help of volunteers.

**Key words:** *Alliarion*, conservation, *ex-situ*, *in-situ*, Red List.

## L'ULTIMA *ADENOPHORA* (CAMPANULACEAE) SVIZZERA

Brigitte Marazzi, Guido Maspoli\* e Giuliano Greco – \* [guido.maspoli@ti.ch](mailto:guido.maspoli@ti.ch)

**Introduzione e obiettivi** – La conservazione di specie fortemente minacciate può rivelarsi ardua quando le popolazioni sono isolate, di piccole dimensioni e la loro storia naturale è sconosciuta. È il caso di *Adenophora liliifolia* (L.) A. DC. (campanella odorosa), una perenne gravemente minacciata in Europa e indicata “In pericolo d'estinzione” (CR) nella Lista rossa della Svizzera (2016). L'unica popolazione elvetica conosciuta si trova sul Monte San Giorgio; perciò il Cantone Ticino ha una responsabilità elevata per la sua conservazione: questo progetto preliminare intende documentare la sua situazione (demografia, ecologia).

**Metodi** – Le osservazioni sul Monte San Giorgio sono avvenute in tre giorni non consecutivi, nella vegetazione prativa mesofila (*Tanacetum corymbosae-Molinietum arundinaceae*), dove alligna la campanella. Abbiamo rilevato il numero di individui, le loro dimensioni, lo stato fenologico, il numero di organi vegetativi (foglie) e riproduttivi (boccioli, fiori, frutti), le visite di potenziali impollinatori, i danni da erbivori e la concorrenza con altre piante.

**Risultati** – Con 108 individui rilevati, la popolazione comprende molti individui piccoli e sterili e individui adulti, riproduttivi, alti fino a 75 cm. Raramente le infiorescenze possiedono più di 20 organi riproduttivi. I frutti sono pochi e la maggior parte non termina lo sviluppo. I danni da erbivori sono notevoli: consumazione dell'infiorescenza da parte di mammiferi, di foglie e fiori da parte di cavallette e coleotteri,

e danni da insetti succhiatori. Quali potenziali impollinatori, abbiamo osservato un'ape solitaria e un dittero. In generale, le campanelle apparivano soffocate da *Molinia arundinacea* Schrank, erba dominante.

**Conclusioni** – Benché la popolazione di *A. liliifolia* sul Monte San Giorgio abbia dimensioni ridotte, è leggermente maggiore del previsto. È possibile che la riproduzione vegetativa abbia prodotto molti dei giovani individui osservati. I danni dell'erbivoria sembrano contribuire al basso successo riproduttivo. Questo progetto preliminare solleva interrogativi da affrontare nell'immediato futuro.

**Parole chiave:** conservazione *in situ*, conservazione *ex situ*, erbivoria, storia naturale.

*Adenophora liliifolia* (L.) A. DC. in fiore sul Monte San Giorgio (foto: Brigitte Marazzi).



*Adenophora liliifolia* (L.) A. DC. flowering on Monte San Giorgio (photo: Brigitte Marazzi).

### THE LAST OF SWISS *ADENOPHORA* (CAMPANULACEAE)

Brigitte Marazzi, Guido Maspoli\* and Giuliano Greco  
\* [guido.maspoli@ti.ch](mailto:guido.maspoli@ti.ch)

**Background and Aims** – Conservation of highly endangered species can be challenging, especially when populations are geographically isolated, population size is small, and the natural history is unknown. This is the case of *Adenophora liliifolia* (L.) A. DC. (ladybell), an herbaceous perennial highly threatened in Europe and listed as critically endangered in the recent Red List of Switzerland (2016). The only known Swiss population occurs on Monte San Giorgio, meaning that Canton Ticino bears high responsibility for its conservation. The present pilot project aimed at documenting the population's current situation (demography and ecology).

**Methods** – Field observations on Monte San Giorgio occurred on three non-consecutive days in the mesic grassland vegetation (*Tanacetum corymbosae-Molinietum arundinaceae*) hosting the ladybell. We recorded: number of individuals, plant size, phenological state, number of vegetative (leaves) and reproductive organs (buds, flowers, fruits), visits by potential pollinators, damages by different herbivores, and competition with other plants.

**Results** – We found 108 individuals, ranging from small sterile to taller reproducing plants up to c. 75 cm. Inflorescences rarely bear more than 20 floral organs; most produced no fruits or fruits aborted early. Herbivory damages were notable: consumption of the inflorescence by mammalian her-

bivores, consumption of leaves and floral parts by grasshoppers and beetles respectively, and wounds from sap-sucking insects. We observed one solitary bee and one fly that could act as pollinators. Generally, ladybells appeared suffocated by the dominant grass, *Molinia arundinacea* Schrank.

**Conclusions** – Although *A. liliifolia* population on Monte San Giorgio is small, it is slightly larger than expected. However, most of the young individuals likely derive from vegetative rather than sexual reproduction. Herbivory damages appear to contribute to the low observed fruit set. This pilot-project raises questions to be addressed in the near future.

**Key words:** *ex-situ* conservation, herbivory, *in-situ* conservation, natural history.

# APPENDICE

## RELATORI INVITATI

**Cerabolini Bruno E. L., Prof. Dr.**, Full Professor of Environmental and Applied Botany, Dipartimento di Scienze Teoriche e Applicate, Università degli Studi dell'Insubria, Varese, Italia

**Holderegger Rolf, Prof. Dr.**, Member of WSL Directorate and head of Research Unit Biodiversity and Conservation Biology, WSL Swiss Federal Research Institute, Birmensdorf, Svizzera

## CONTRIBUTI ORALI E POSTER

Alessi Massimo – Department of Biotechnology and Biosciences, University of Milano, Milano, Italia

Ardenghi Nicola M. G. – Department of Earth and Environmental Sciences, University of Pavia, Via S. Epifanio 14, 27100 Pavia, Italia

Armiraglio Stefano – Natural Sciences Museum of Brescia, Via Ozanam 4, 25128 Brescia, Italia

Baker Ellen C. – Jodrell Laboratory, Royal Botanic Gardens, Kew, Richmond, TW9 3AB, Surrey, Regno Unito  
School of Biological and Chemical Sciences, Queen Mary University of London, E1 4NS, Londra, Regno Unito

Barlow Sarah – Red Butte Garden and Arboretum, University of Utah, Salt Lake City, UT 84108, USA

Baroni Carlo – Department of Earth Sciences, University of Pisa, Via S. Maria 53, 56126 Pisa, Italia

Institute of Geosciences and Earth Resources, National Research Council, Via G. Moruzzi 1, 56124 Pisa, Italia

Baur Bruno – Department of Environmental Sciences, Section of Conservation Biology, University of Basel, St. Johannis-Vorstadt 10, 4056 Basilea, Svizzera

Baur Eva-Maria – Institute of Plant Sciences, University of Regensburg, Universitätsstrasse 31, 93053 Regensburg, Germania

Bertogliati Mark – EcoEng SA, 6517 Arbedo, Svizzera

Binggeli Denise – Department of Environmental Sciences, Section of Conservation Biology, University of Basel, St. Johannis-Vorstadt 10, 4056 Basilea, Svizzera

Boucher Florian C. – Department of Botany and Zoology, University of Stellenbosch, Private Bag X1, Matieland 7602, Sud Africa

Carraro Gabriele – Dionea SA, Lungolago Motta 8, 6600 Locarno, Svizzera

Casazza Gabriele – Dipartimento di scienze della Terra, Ambiente e Vita, Università degli Studi di Genova, Corso Europa, 26, 16132 Genova, Italia

Citterio Sandra – Department of Earth and Environmental Sciences, University of Milano-Bicocca, Piazza della Scienza 1, 20126 Milano, Italia

Colombo Paola S. – Dipartimento di Scienze Farmaceutiche, Università degli Studi di Milano, Via Mangiagalli 25, 20133 Milano, Italia

– Orto Botanico G.E. Ghirardi, Dipartimento di Scienze Farmaceutiche, Via Religione 25, 25088 Toscolano Maderno, Brescia, Italia

Conedera Marco – WSL, Istituto federale di ricerca per la foresta, la neve e il paesaggio, Research Group Insubric ecosystems, a Ramél 18, 6593 Cadenazzo, Svizzera

Conti Elena – Department of Systematic and Evolutionary Botany, University of Zurich, 8008 Zurich, Svizzera

Coquillas Benjamin – Jodrell Laboratory, Royal Botanic Gardens, Kew, Richmond, TW9 3AB, Surrey, Regno Unito

Cornejo Carolina – Swiss Federal Research Institute WSL, Biodiversity and Conservation Biology, Zürcherstrasse 111, 8903 Birmensdorf, Svizzera

Crivelli Simona – WSL, Istituto federale di ricerca per la foresta, la neve e il paesaggio, Research Group Insubric ecosystems, a Ramél 18, 6593 Cadenazzo, Svizzera

Dagnino Davide – Dipartimento di scienze della Terra, Ambiente e Vita, Università degli Studi di Genova, Corso Europa, 26, 16132 Genova, Italia

de Vos Jurriaan M. – University of Basel, Department of Environmental Science-Botany, Herbaria Basel, Schoenbeinstrasse 6, 4056 Basilea, Svizzera

Della Croce Patrick – Franklin University Svizzera, Sorengo (Lugano), Svizzera

Dellavedova Roberto – Department of Earth and Environmental Sciences, University of Pavia, Via S. Epifanio 14, 27100 Pavia, Italia

Douzet Rolland – Station Alpine Joseph Fourier, CNRS UMS 2925, Université Joseph Fourier, Grenoble 1, BP 53, 38041 Grenoble Cedex 9, Francia

Englmaier Peter – Faculty of Life Sciences, University of Vienna, Althanstraße 14, 1090 Vienna, Austria

Fico Gelsomina – Dipartimento di Scienze Farmaceutiche, Università degli Studi di Milano, Via Mangiagalli 25, 20133 Milano, Italia

– Orto Botanico G.E. Ghirardi, Dipartimento di Scienze Farmaceutiche, Via Religione 25, 25088 Toscolano Maderno, Brescia, Italia

Flamini Guido – Dipartimento di Farmacia, Università di Pisa, Via Bonanno 6, 56126 Pisa, Italia

Frey David – Swiss Federal Research Institute WSL, Biodiversity and Conservation Biology, Zürcherstrasse 111, 8903 Birmensdorf, Svizzera

– Dipartimento di Scienze dei Sistemi Ambientali, ETH Zürich, Universitätstrasse 16, 8092 Zurigo, Svizzera

Fu Lin – Jodrell Laboratory, Royal Botanic Gardens, Kew, Richmond, TW9 3AB, Surrey, Regno Unito

– South China Botanical Garden, Chinese Academy of Sciences, No.723, Xingke Road, Tianhe District Guangzhou 510650, P.R. Cina

Gaggini Luca – Department of Environmental Sciences, Section of Conservation Biology, University of Basel, St. Johannis-Vorstadt 10, 4056 Basilea, Svizzera

- Gentili Rodolfo – Department of Earth and Environmental Sciences, University of Milano-Bicocca, Piazza della Scienza 1, 20126 Milano, Italia
- Gianoni Pippo – Dionea SA, Lungolago Motta 8, 6600 Locarno, Svizzera
- Giuliani Claudia – Dipartimento di Scienze Farmaceutiche, Università degli Studi di Milano, Via Mangiagalli 25, 20133 Milano, Italia
- Orto Botanico G.E. Ghirardi, Dipartimento di Scienze Farmaceutiche, Via Religione 25, 25088 Toscolano Maderno, Brescia, Italia
- Greco Giuliano – OIKOS 2000, Monte Carasso, Svizzera
- Guerrina Maria – Department of Plant Ecology and Evolution, Evolutionary Biology Centre (EBC) Norbyvägen 18D SE-752 36 Uppsala, Svezia
- Hale Brack W. – Franklin University Svizzera, Sorengo (Lugano), Svizzera
- Hidalgo Oriane – Jodrell Laboratory, Royal Botanic Gardens, Kew, Richmond, TW9 3AB, Surrey, Regno Unito
- Juillerat Philippe – Rafour 7, 2024 St-Aubin, Svizzera
- Info Flora, c/o Conservatoire et jardin botaniques, chemin de l'Impératrice 1, 1292 Chambésy-Ginevra, Svizzera
- Jutzi Michael – Info Flora, c/o Botanischer Garten, Altenbergrain 21, 3013 Berna, Svizzera
- Kleih Michael – Società Botanica Italiana; Breitestrasse 11B, 8427 Freienstein, Svizzera
- Leitch Andrew R. – School of Biological and Chemical Sciences, Queen Mary University of London, E1 4NS, Londra, Regno Unito
- Leitch Ilia J. – Jodrell Laboratory, Royal Botanic Gardens, Kew, Richmond, TW9 3AB, Surrey, Regno Unito
- Macrì Carmelo N. – DISTAV, University of Genova, Corso Europa 26, 16132, Genova, Italia
- Mangili Sofia – Museo cantonale di storia naturale, Viale Carlo Cattaneo 4, 6900 Lugano, Svizzera
- Marazzi Brigitte – Museo cantonale di storia naturale, Viale C. Cattaneo 4, 6900 Lugano, Svizzera
- Info Flora, c/o Museo cantonale di storia naturale, Viale Carlo Cattaneo 4, 6900 Lugano, Svizzera
- Maspoli Guido – Ufficio della natura e del paesaggio, Dipartimento del territorio, Via Franco Zorzi 13, 6501 Bellinzona, Svizzera
- Minuto Luigi – Dipartimento di scienze della Terra, Ambiente e Vita, Università degli Studi di Genova, Corso Europa, 26, 16132 Genova, Italia
- Moretti Giorgio – Ufficio della selvicoltura e del demanio, Dipartimento del territorio, 6501 Bellinzona, Svizzera
- Morisoli Romina – Gruppo Protezione dei vegetali al Sud delle Alpi, Agroscope Centro di Cadenazzo, a Ramél 18, 6593 Cadenazzo, Svizzera
- Narduzzi-Wicht Barbara – Laboratory of Applied Microbiology, SUPSI, Via Mirasole 22a, 6500 Bellinzona, Svizzera
- Palazzesi Luis – Museo Argentino de Ciencias Naturales, CONICET, División Paleobotánica, Buenos Aires, C1405DJR, Argentina
- Panigada Cinzia – Department of Earth and Environmental Sciences, University of Milano-Bicocca, Piazza della Scienza 1, 20126 Milano, Italia
- Pegoraro Luca – Jodrell Laboratory, Royal Botanic Gardens, Kew, Richmond, TW9 3AB, Surrey, Regno Unito
- School of Biological and Chemical Sciences, Queen Mary University of London, E1 4NS, Londra, Regno Unito
- Pellicer Jaume – Jodrell Laboratory, Royal Botanic Gardens, Kew, Richmond, TW9 3AB, Surrey, Regno Unito
- Pezzatti Gianni B. – WSL, Istituto federale di ricerca per la foresta, la neve e il paesaggio, Research Group Insubric ecosystems, a Ramél 18, 6593 Cadenazzo, Svizzera
- Pöll Constantin E. – University of Innsbruck, Department of Botany, Innsbruck, Austria
- Ramseier Hans – Hochschule für Agrar-, Forst- und Lebensmittelwissenschaften HAFL, Länggasse 85, 3052 Zollikofen, Svizzera
- Randin Christophe F. – Department of Ecology & Evolution, University of Lausanne, Biophore, 1015 Losanna, Svizzera
- Reisch Christoph – Institute of Plant Sciences, University of Regensburg, Universitätsstrasse 31, 93053 Regensburg, Germania
- Rocciotello Enrica – DISTAV, University of Genova, Corso Europa 26, 16132, Genova, Italia
- Rodondi Graziella – Dipartimento di Bioscienze, Università degli Studi di Milano, Via Celoria 26, 20133 Milano, Italia
- Rossi Graziano – Department of Earth and Environmental Sciences, University of Pavia, Via S. Epifanio 14, 27100 Pavia, Italia
- Rossini Micol – Department of Earth and Environmental Sciences, University of Milano-Bicocca, Piazza della Scienza 1, 20126 Milano, Italia
- Rusterholz Hans-Peter – Department of Environmental Sciences, Section of Conservation Biology, University of Basel, St. Johanns-Vorstadt 10, 4056 Basilea, Svizzera
- Salvatore Maria C. – Department of Earth Sciences, University of Pisa, Via S. Maria 53, 56126 Pisa, Italia
- Institute of Geosciences and Earth Resources, National Research Council, Via G. Moruzzi 1, 56124 Pisa, Italia
- Santagostini Laura – Dipartimento di Chimica, Università degli Studi di Milano, Via Golgi 19, 20133 Milano, Italia
- Schoenenberger Nicola – Innovabridge Foundation, Contrada al Lago 19, 6987 Caslano, Svizzera
- Soldati Daniela – Giardino Botanico del Cantone Ticino, 6614 Isole di Brissago, Svizzera
- Stöcklin Jürg – University of Basel, Department of Environmental Sciences, Basilea, Svizzera
- Theodoridis Spyros – Department of Systematic and Evolutionary Botany, University of Zurich, 8008 Zurigo, Svizzera
- Vignon Clément – Jodrell Laboratory, Royal Botanic Gardens, Kew, Richmond, TW9 3AB, Surrey, Regno Unito
- Widmer Nicola – Hochschule für Agrar-, Forst- und Lebensmittelwissenschaften HAFL, Länggasse 85, 3052 Zollikofen, Svizzera
- Gruppo Protezione dei vegetali al Sud delle Alpi, Agroscope Centro di Cadenazzo, a Ramél 18, 6593 Cadenazzo, Svizzera
- WSL, Istituto federale di ricerca per la foresta, la neve e il paesaggio, Research Group Insubric ecosystems, a Ramél 18, 6593 Cadenazzo, Svizzera
- Wilhelm Thomas – Museum of Nature South Tyrol, Bindergasse 1, 39100 Bolzano, Italia



