

Documentazione e conservazione della biodiversità "glaciale": studi e collezioni entomologiche del Museo delle Scienze di Trento

Valeria Lencioni

Mauro Gobbi

Sezione di Zoologia degli Invertebrati e Idrobiologia, Museo delle Scienze, Via Calepina, 14. I-38122 Trento.
 E-mail: valeria.lencioni@muse.it

RIASSUNTO

Da circa 15 anni il Museo delle Scienze svolge ricerche ecologiche sull'entomofauna di ambienti glaciali nell'ambito di progetti di ricerca e spedizioni scientifiche in Italia e all'estero. Tali ricerche hanno come obiettivo generale quello di (a) documentare la biodiversità degli ambienti d'alta quota, particolarmente sensibili ai cambiamenti ambientali e climatici di origine naturale e antropica e (b) valutare i potenziali effetti di tali cambiamenti sulla struttura e resilienza delle comunità e sulla distribuzione di specie target. Ad oggi sono più di 500 mila gli invertebrati raccolti nelle Alpi, in Artide e in Karakorum-Himalaya conservati presso il Museo, per un totale di oltre 200 specie per le sole Alpi italiane (per lo più invertebrati acquatici). La banca dati consta di più di 30 mila record biologici corredati di dati ambientali, potenzialmente impiegabili per elaborare modelli previsionali.

Parole chiave:

insetti, torrenti glaciali, adattamento, cambiamenti climatici, Alpi.

ABSTRACT

Documentation and conservation of "glacial" biodiversity: studies and entomological collections at the Museo delle Scienze.

The Museo delle Scienze has carried out ecological studies on invertebrate fauna from glacial habitats for 15 years within research projects and scientific expeditions in Italy and abroad. The general aims of these studies are: (a) document biodiversity of high altitude habitats, particularly sensitive to environmental and climatic changes of natural or anthropogenic origin, (b) evaluate the potential effects of such changes on structure and resilience of invertebrate communities and on distribution of target species. Up to day, more than 500,000 invertebrates from the Alps, Arctic, and Karakorum-Himalaya are deposited at the Museum, for a total of more than 200 species (mainly aquatic invertebrates) collected only in the Italian Alps. The database accounts more than 30,000 biological and environmental records, potentially useful to elaborate forecast models.

Key words:

insects, glacial streams, adaptation, climate changes, Alps.

IL CLIMA CHE CAMBIA E GLI AMBIENTI GLACIALI

A partire dalla metà del diciannovesimo secolo, il clima terrestre è stato caratterizzato da un incremento della temperatura terrestre di circa 0,6° C (IPCC, 2007). In particolare si sono registrati due principali periodi di riscaldamento climatico, il primo compreso tra il 1910 e il 1945 e l'ultimo a partire dal 1976 tutt'ora in corso (Jones et al., 1996). L'aumento della temperatura dell'aria attuale è imputabile alle attività umane, in particolare alla crescita delle emissioni di gas-serra. Nei prossimi decenni, ad un ulteriore aumento delle emissioni di gas-serra, potrebbero essere associati eventi climatici estremi quali alluvioni, siccità, cicloni, ecc. con conseguenti modificazioni nell'umidità del

suolo, nello scorrimento superficiale dell'acqua, nella portata dei fiumi e dei laghi. Alcuni di questi fenomeni, e il loro effetto sulla biodiversità sono già in parte osservabili e ben documentati a scala locale e globale. Sta cambiando la distribuzione di molte specie selvatiche, associata a cambiamenti nella loro fenologia, fisiologia, dinamica di popolazione ecc. e molte specie sono minacciate di estinzione locale o globale (Parmesan, 1996).

Tra gli ecosistemi più sensibili ai cambiamenti ambientali e climatici, di origine naturale e antropica, e per questo anche ottimi indicatori di tali cambiamenti, vi sono gli ecosistemi ad elevate altitudini e latitudini, nelle aree più glacializzate del pianeta. In queste aree l'aumento della temperatura dell'aria e l'alterazione del regime delle precipitazioni sono una delle principali

cause del ritiro dei ghiacciai. Di questo fenomeno vi sono ampie documentazioni sia per i Poli che per le principali catene montuose quali l'Himalaya, le Alpi, le Montagne Rocciose, la Catena delle Cascate e le Ande meridionali, le vette tropicali isolate come il Kilimangiaro in Africa (IPCC, 2007). Il confronto tra le fotografie attuali con quelle passate e misurazioni del bilancio di massa di un numero elevato di ghiacciai alpini, rivela in modo inequivocabile il ritiro dei ghiacciai e nevai nel corso dei decenni, portando un'immagine degli effetti dei cambiamenti climatici in queste aree (fig. 1). Risulta quindi di estrema importanza non solo tutelare i ghiacciai quali bene paesaggistico e riserva di acqua per milioni di persone, ma anche la biodiversità animale e vegetale altamente specializzata e vulnerabile che vive sopra e ai margini di essi.

LE RICERCHE DEL MUSEO DELLE SCIENZE SULL'ENTOMOFAUNA DI AMBIENTI GLACIALI

I primi studi inerenti la fauna invertebrata alticola alpina risalgono agli inizi del 1900, in Austria. Le revisioni più importanti che descrivono lo stato delle conoscenze sull'artropodofauna terrestre alpina sono quelle di Chapin & Korner (1989), Somme (1989), Nagy et al. (2003) e Hodkinson (2005). In Italia sono ancora molto poche le aree per le quali si è in possesso di dati di campionamenti decennali e quasi sempre tali campionamenti sono riferiti ad un solo ordine o ad una sola famiglia di invertebrati.

Da circa 15 anni il Museo delle Scienze di Trento (MUSE) svolge ricerche faunistiche ed ecologiche sull'entomofauna di ambienti glaciali, nell'ambito di progetti di ricerca e spedizioni scientifiche in Italia e all'estero. Tali ricerche hanno come obiettivo generale quello di documentare la biodiversità degli ambienti d'alta quota e di valutare i potenziali effetti di tali cambiamenti sulla struttura e resilienza delle comunità acquatiche e terrestri e sulla distribuzione delle specie. Gli studi più strettamente faunistici ed ecologici sono stati recentemente affiancati da ricerche volte a comprendere le capacità di risposta di specie stenoterme fredde a variazioni della temperatura e della disponibilità di ossigeno, a livello fisiologico e molecolare.

La componente faunistica alla quale si è maggiormente interessato il MUSE a partire da metà degli anni '90 è quella acquatica (macroinvertebrati) alpina e prealpina di sorgenti, torrenti e laghi d'alta quota. Tali studi sono stati e vengono condotti nell'ambito di progetti, locali, nazionali e internazionali svolti in collaborazione con numerose istituzioni scientifiche (musei, università, fondazioni ecc.) in Italia e all'estero. Nella tabella 1 sono riportati i principali progetti condotti sui torrenti e la fauna acquatica d'alta quota dalla Sezione di Zoologia degli Invertebrati e Idrobiologia del MUSE dal 1996 ad oggi. La Sezione ha partecipato anche a tre

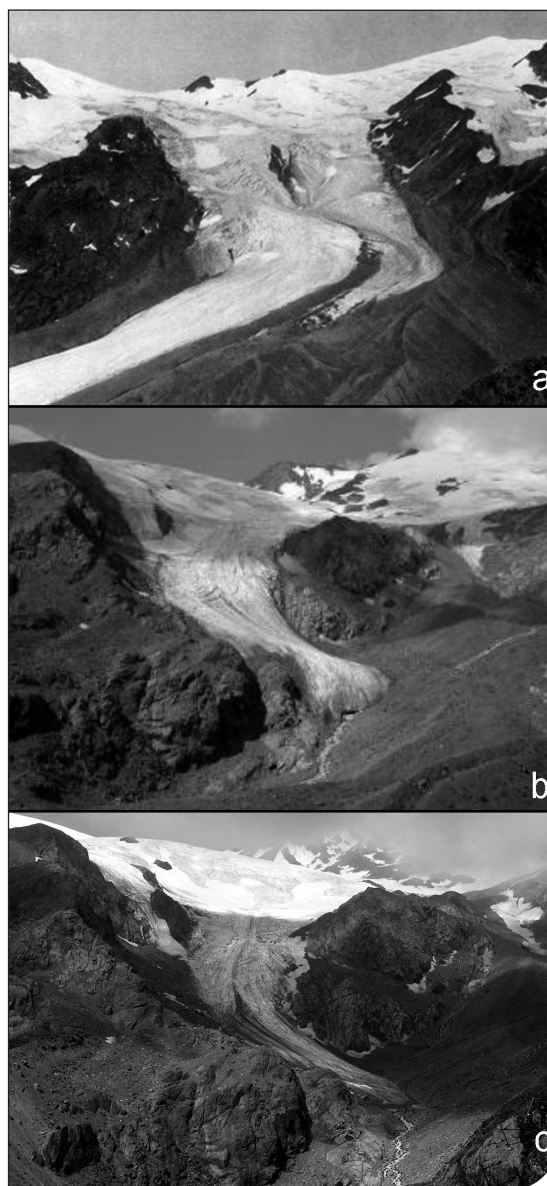


Fig. 1. Vedretta de La Mare (Parco Nazionale dello Stelvio, TN) fotografata dal Rifugio Larcher, 2600 m s.l.m., il 19 agosto 1932 (a) (foto di A. Desio), il 30 agosto 2002 (b) (Archivio MUSE) e il 3 luglio 2007 (c) (C. Casarotto).

spedizioni scientifiche internazionali, due alle isole Svalbard (Circolo Polare Artico), nel 1997 e nel 2003, e due in Karakorum (Pakistan) nel 2008, in cui sono stati studiati ecosistemi fluviali glaciali. A partire dal 2010 il MUSE ha iniziato ad occuparsi anche di fauna invertebrata terrestre "glaciale" nell'ambito del progetto pluriennale "I rock glacier come "warm stage refugia": un modello di studio applicato alle artropodocenosi e fitocenosi alpine", svolto in collaborazione con l'Università degli Studi di Milano e l'Università degli Studi di Pavia, nel Gruppo Ortles Cevedale e nel Gruppo della Presanella (Trentino). L'obiettivo generale è quello di verificare se i rock gla-

Titolo e acronimo	Durata e finanziamento	Obiettivo generale	Collaborazioni	Area di studio	Pubblicazioni
Arctic and Alpine Stream Ecosystem Research, AASER	1997-1999; VFP - ENV - CT95-0164	Valutare la sensibilità di ecosistemi lotici ai cambiamenti climatici lungo un gradiente latitudinale; isolare le principali variabili abiotiche che determinano la distribuzione della fauna; sviluppare l'uso di macroinvertebrati per la diagnosi e la previsione di eventuali cambiamenti climatici e ambientali	Università di Oslo (Norvegia), Università di Reykjavik (Islanda), Università di Birmingham (Inghilterra), Università di Ginevra (Svizzera)	Parco Naturale Adamello-Brenta, Trentino; Isole Svalbard (Circolo Polare Artico)	Brittain et al. (2000); Brittain & Milner (special issue 2001); Lencioni et al. (2002); Maiolini & Lencioni (2001); Lencioni & Rossaro (2005), Lencioni et al. (2007a); Lods-Crozet et al. (2007)
Health and Integrity of Glacial Headwater EcoSystems in Trentino, HIGHEST	2001-2003; Fondo Unico per la Ricerca della Provincia Autonoma di Trento	Valutare biodiversità ed integrità ecologica di acque d'alta quota in relazione alla dinamica dell'idrologia glaciale e agli impatti antropogenici esistenti, attraverso un approccio multidisciplinare	Istituto Agrario di San Michele all'Adige, oggi Fondazione E. Mach, Università degli Studi di Milano e Università di Innsbruck (A)	Parco Nazionale dello Stelvio, Trentino	Lencioni & Maiolini (2002); Boggero et al. (2006); Maiolini et al. (2006); Lencioni et al. (2007b)
Il ruolo della criosfera alpina nel ciclo idrologico, CRYOALP	2002-2004; Istituto Nazionale per la Ricerca Scientifica e Tecnologica sulla Montagna (INRM)	Determinare la composizione della comunità zoobentonica e i tempi e i modi di colonizzazione della stessa in sistemi idrografici generati da scioglimento glaciale	Università di Venezia, Università di Milano-Bicocca, Università dell'Insubria (Varese), Istituto Nazionale di Fisica Nucleare (INFN) di Frascati	Parco Nazionale dello Stelvio, Trentino	Maiolini et al. (2004)
Valenza Ecologica dello zoobenthos di Torrenti Alpini, VETTA	2003-2006; Fondo Unico per la Ricerca della Provincia Autonoma di Trento e EU (borsa post doc Marie Curie)	Studiare autoecologia, fenologia, geonemia e fisiologia di invertebrati di torrenti glaciali (es. studi sulle strategie di colonizzazione e di adattamento al freddo (criobiologia)	Università di Padova, Università di Modena-Reggio Emilia, Universidad Nacional de Educación a Distancia di Madrid (Spagna)	Parco Nazionale dello Stelvio, Trentino	Lencioni (2004), Lencioni et al. (2007a, 2007b, 2008a, 2008b, 2009)
Ecosistemi alpini e cambiamento ambientale: sensibilità e potenziale adattativo della biodiversità (ACE-SAP)	2008-2011; Servizio Università e Ricerca Scientifica della Provincia Autonoma di Trento	Studiare a livello molecolare i meccanismi di resistenza di specie target di Ditteri Chironomidi a stress es. caldo (in specie stenoterme fredde) e presenza di inquinanti (in specie euriecie)	Fondazione E. Mach (TN), Università di Trento-Centro di Biologia Integrata (CIBIO), Università di Davis (California), Museo Civico di Rovereto (TN)	Parco Nazionale dello Stelvio, Trentino e Lombardia	Bernabò et al. (2011)

Tab. 1. Principali progetti condotti su torrenti e invertebrati acquatici d'alta quota in Trentino dalla Sezione di Zoologia degli Invertebrati e Idrobiologia del MUSE dal 1996 al 2011. L'area di studio indicata è quella in cui il MUSE ha svolto le proprie ricerche nell'ambito del progetto. Viene riportata una selezione delle pubblicazioni prodotte con ricercatori del MUSE come co-autori.

cier, ambienti caratterizzati dalla presenza di permafrost discontinuo con microclima freddo-umido, possono costituire aree rifugio al pari dei ghiacciai ricoperti da detrito, come recentemente dimostrato per alcune specie vegetali e animali (Caccianiga et al., 2011; Gobbi et al., 2011).

In sintesi, le ricerche del MUSE hanno contribuito e stanno contribuendo in modo importante ad implementare le conoscenze sugli ecosistemi acquatici e terrestri "glaciali", dimostrando come le risposte ai cambiamenti climatici saranno diverse in funzione della valenza ecologica delle specie, della resistenza e resilienza delle comunità artiche, e della disponibilità di aree rifugio una volta estinti ghiacciai e nevai.

LA COLLEZIONE ENTOMOLOGICA "GLACIALE" DEL MUSEO DELLE SCIENZE

Ad oggi sono più di 500 mila gli invertebrati raccolti nelle Alpi Italiane (il 80%) e all'estero (14% in Artide, 6% in Karakorum) conservati presso il Museo in alcool, come preparati microscopici o a secco e facenti parte della collezione entomologica glaciale.

Le località di raccolta della fauna acquatica locale di sorgenti, torrenti e laghi, sono distribuite in cinque bacini idrografici e gruppi montuosi: Adige Noce (Gruppo Ortles-Cevedale, Trentino), Adige Avisio (Gruppo Lagorai-Cima d'Asta-Marmolada, Trentino), Oglio (Gruppo Ortles-Cevedale, Lombardia), Sarca (Gruppo Adamello-Presanella, Trentino), Adda (Gruppo Badile-Disgrazia, Lombardia). La fauna terrestre proviene da cinque sistemi glaciali: Ghiacciaio del Miage (Gruppo Monte Bianco, Val d'Aosta), Ghiacciaio dei Forni (Gruppo Ortles-Cevedale, Lombardia), Vedretta del Pasquale (Gruppo Ortles-Cevedale, Lombardia), Rock glacier Marmotte (Gruppo Ortles-Cevedale, Trentino), Rock glacier Amola (Gruppo Adamello-Presanella, Trentino). Gli habitat investigati sono: ghiacciaio (ambienti sub- e epi-glaciali), debris covered glaciers (ghiacciai neri), rock glacier e ambienti periglaciali, piane pro glaciali, torrenti glaciali (kryal), torrenti montani di origine non glaciale (chial, krenal), laghi e sorgenti d'alta quota.

Il 90% degli invertebrati in collezione sono acquatici (per lo più Insetti, Crostacei, Oligocheti), il restante 10% di invertebrati terrestri è rappresentato per lo più da Coleotteri e Aracnidi Aranei. La biodiversità "glaciale" locale in collezione è rappresentata da più di 200 specie per le quali sono disponibili informazioni relative alla distribuzione spazio-temporale, fenologici e fisiologici. Di queste, sei sono risultate nuove per la scienza: *Cernovitoviella tridentina* Dumnicka, 2004, *Cernovitoviella longiducta* Dumnicka, 2010, *Cognettia valeriae* Dumnicka, 2010, *Hypocampus ruffoi* Cottarelli, Berera, Maiolini, 2005, *Diacyclops* sp. nov. Bruno & Stoch (in corso di descrizione), *Macropelopia rossaroi* Lencioni & Marziali, 2005. A queste si aggiungono cinque specie di

Tardigradi in corso di descrizione (R. Guidetti, com. pers.). Il gruppo faunistico più rappresentato in collezione in termini di numero di individui (> 50%) e di specie è quello dei Ditteri Chironomidi (larve, pupe, esuvie pupali e adulti, in alcool assoluto o al 70% e su preparati microscopici - ca 3000 vetrini).

Come fauna locale, sono presenti 5 sottofamiglie, 8 tribù, 42 generi, 92 specie di cui 11 nuove per l'Italia e una nuova per la scienza. Complessivamente corrispondono a circa il 25% delle specie descritte per la fauna italiana, dato sorprendente se si pensa che sono state raccolte in un'area relativamente ristretta, prevalentemente in Trentino (54.6 km²= 0.02% del territorio nazionale), ed "estrema" (al di sopra della linea degli alberi ovvero >2000 m s.l.m.). Alla collezione di esemplari in alcool e su preparati microscopici si affianca una collezione di estratti cellulari e di esemplari congelati per analisi biochimiche e genetiche (più di 200 le larve di Diamesinae e Orthocladinae conservate a -80°C).

Infine, la banca dati della collezione "glaciale" nel suo complesso, soggetta a costante implementazione, consta di più di 30 mila record biologici corredati di dati ambientali (parametri chimico-fisici e geomorfologici, dati glaciologici) potenzialmente impiegabili per elaborare modelli previsionali (spazio-temporali e biogeografici). Ad esso si riferiscono oltre 40 pubblicazioni scientifiche e divulgative, comunicazioni e poster a convegni nazionali e internazionali e di un corredo iconografico di oltre 1000 foto al microscopio elettronico e ottico.

In conclusione, la "collezione glaciale" depositata presso il MUSE è una collezione aperta, di confronto, ottimo strumento di ricerca per indagare come le trasformazioni del territorio, sia di natura antropica che naturale, incidono sulla componente biologica "glaciale", delle cui variazioni nel tempo e nello spazio la collezione è testimone.

RINGRAZIAMENTI

Gli Autori ringraziano tutti gli specialisti che hanno studiato materiale della collezione entomologica "glaciale" del MUSE: Elzbieta Dumnicka (Oligocheti), Carlo Pesarini e Francesco Ballarin (Aracnidi Aranei), Vezio Cottarelli, Maria Cristina Bruno e Sandro Ruffo (Crostacei), Carlo Belfiore, Andrea Buffagni (Efemerotteri), Romolo Fochetti (Plecotteri), Bruno Maiolini, Manfred Jäch (Coleotteri Idrofidi), Adriano Zanetti (Coleotteri Stafilinidi), Roberto Fabbri (Coleotteri Birridi), Bruno Maiolini, Leo Rivosecchi (Ditteri Simulidi), Marco Valle e Fernanda Cianficconi (Tricotteri), Roberto Bertolani e Roberto Guidetti (Tardigradi) e tutti gli specialisti che in futuro vorranno adoperarsi per studiare tutto il materiale presente ancora indeterminato.

I Ditteri Chironomidi e i Coleotteri Carabidi sono studiati, rispettivamente, da Valeria Lencioni (in col-

laborazione con Bruno Rossaro) e Mauro Gobbi. Un ringraziamento di cuore va a Sandro Ruffo, tristemente scimparso il 7 maggio 2010, da parte di Valeria Lencioni, per le stimolanti discussioni su popolazioni relitte di *Nipbargus stroubali alpinus* Karaman & Ruffo, 1989 (Crustacea: Amphipoda), specie stigobionte da noi rinvenuta ad oltre 2700 m di quota nell'ambiente iporreico di un torrente trentino, ambiente dove probabilmente questa specie è rimasta confinata e isolata durante l'ultimo massimo glaciale.

BIBLIOGRAFIA

- BERNABÒ P., REBECCHI L., JOUSSON O., MARTINEZ GUITARTE J.L., & LEONCINI V., 2011. Thermotolerance and hsp70 heat shock response in the cold-stenothermal chironomid *Pseudodiamesa branickii* (NE Italy). *Cell Stress and Chaperones*, 16(4): 403-410.
- BOGGERO A., FÜREDER L., LENCIONI V., SIMCIC B., THALER B., FERRARESE U., LOTTER A.F., ETTINGER R., 2006. Littoral Chironomid community of Alpine lakes in relation to environmental factors. In: Lami A., Boggero A. (eds.), *Ecology of high altitude aquatic systems in the Alps*. *Hydrobiologia*, 562: 145-165.
- BRITTAJN J.E., ADALSTEINSSON H., CASTELLA E., GISLASON G.M., LENCIONI V., LODS-CROZET B., MAIOLINI B., MILNER A.M., SALTVEIT S.J., 2000. Towards a conceptual understanding of arctic and alpine streams. *Verhandlungen der Internationale Vereinigung für Theoretische und Angewandte Limnologie*, 27(2): 740-743.
- BRITTAJN J.E., MILNER A.M., 2001 (Guest editors). Ecology of glacier-fed rivers: current status and concepts. *Freshwater Biology*, 46(12): 1-276 pp.
- CACCIANIGA M., ANDREIS C., DIOLAIUTI G., D'AGATA C., MIHALCEA C., SMIRAGLIA C., 2011. Alpine debris-covered glaciers as a habitat for plant life. *The Holocene*, 21(6): 1011-1020.
- CHAPIN F.S., KORNER C., 1989. *Arctic and Alpine Biodiversity: Patterns, Causes and Ecosystem Consequences*. Berlin, Springer-Verlag, 332 pp.
- COTTARELLI V., BERERA R., MAIOLINI, 2005. *Hypocamptus ruffoi* sp. n. e *Hypocamptus paradoxus* (Kreis, 1926) (Crustacea, Copepoda, Harpacticoida) in torrenti d'alta quota del Parco Nazionale dello Stelvio. *Studi Trentini di Scienze Naturali, Acta Biologica*, 84: 37-47.
- DUMNICKA E., 2004. A description of *Cernosvitoviella tridentina*, a new species of Enchytraeidae (Oligochaeta) from the Italian Alps. *Annales de Limnologie - International Journal of Limnology*, 40(2): 133-137.
- DUMNICKA E., 2010. Two new freshwater enchytraeid species (Oligochaeta) from the Italian Alps. *Italian Journal of Zoology*, 77(1): 38-43.
- GOBBI M., ISAIA M., DE BERNARDI F., 2011. Arthropod colonisation of a debris-covered glacier. *The Holocene*, 21(2): 343-349.
- HODKINSON I.D., 2005. Terrestrial insects along elevation gradients: species and community response to altitude. *Biological Reviews*, 80: 489 - 513.
- IPCC, 2007. *Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. IPCC Fourth Assessment Report (AR4)*. http://www.ipcc.ch/publications_and_data/ar4/wg2/en/contents.html
- JONES P.D., NEW M., PARKER D.E., MARTIN S., RIGOR G., 1999. Surface air temperature and its changes over the past 150 years. *Reviews of Geophysics*, 37: 173-199.
- LENCIONI V., 2004. Survival strategies of freshwater insects in cold environments. *Journal of Limnology*, 63(Suppl. 1): 45-55.
- LENCIONI V., MAIOLINI B. (a cura di), 2002. *L'ecologia di un ecosistema acquatico alpino (Val de la Mare, Parco Nazionale dello Stelvio)*. *Natura alpina*, 54(4): 1-96 pp.
- LENCIONI V., MARZIALI L., 2005. A new species of *Macropelopia* Thienemann (Diptera: Chironomidae) from the Italian Alps. *Italian Journal of Zoology*, 72(4): 317-320.
- LENCIONI V., ROSSARO B., 2005. Microdistribution of chironomids (Diptera: Chironomidae) in Alpine streams: an autoecological perspective. *Hydrobiologia*, 533(1): 61-76.
- LENCIONI V., MAIOLINI B., MARGONI S., 2002. Il limite altitudinale di applicazione degli Indici I.B.E (Indice Biotico Estesio) e I.F.F. (Indice di Funzionalità Fluviale) in due sistemi fluviali Alpini (Amola e Cornisello, Trentino). *Studi Trentini Scienze Naturali, Acta Biologica*, 78(1): 81-90.
- LENCIONI V., MAIOLINI B., MARZIALI L., LEK S., ROSSARO B., 2007a. Macroinvertebrate assemblages in glacial stream systems: A comparison of linear multivariate methods with artificial neural networks. *Ecological modelling*, 203: 119-131.
- LENCIONI V., ROSSARO B., MAIOLINI B., 2007b. *Alpine chironomid distribution: a mere question of altitude?* In: Andersen T. (ed.), *Contributions to the Systematics and Ecology of Aquatic Diptera - A Tribute to Ole A. Sæther*, The Caddis Press, Ohio USA, pp. 165-180.
- LENCIONI V., MARZIALI L., ROSSARO B., 2008a. Hyporheic chironomids in alpine streams. *Boletim of the Museu Municipal do Funchal (História Natural)*, Suppl. 13: 127-132.
- LENCIONI V., BERNABÒ P., VANIN S., DI MURO P. & BELTRAMINI M., 2008b. Respiration rate and oxy-regulatory capacity in cold stenothermal chironomids. *Journal of Insect Physiology*, 54(9): 1337-1342.
- LENCIONI V., BOSCHINI D., REBECCHI L., 2009. Expression of the 70 kDa Heat shock protein family in Alpine freshwater chironomids (Diptera, Chironomidae) under natural conditions. *Journal of Limnology*, 68(2): 251-256.
- LODS-CROZET B., LENCIONI V., BRITTAJN J.E., MARZIALI L., ROSSARO B., 2007. Contrasting chironomid assemblages in two high Arctic streams, Svalbard. *Fundamental and Applied Limnology (Archiv fuer Hydrobiologie)*, 170(3): 211-222.
- MAIOLINI B., LENCIONI V., 2001. Longitudinal distri-

- bution of macroinvertebrate community assemblages in a glacially influenced system in the Italian Alps. *Freshwater Biology*, 46: 1625-1639.
- MAIOLINI B., GRASSO M., LENCIONI V., 2004. *La colonizzazione dei torrenti d'alta quota da parte degli invertebrati acquatici: un approccio sperimentale*. Capitolo 5. In: Orombelli G. (ed.), *Il ghiaccio nelle Alpi: una risorsa strategica per l'ambiente dell'alta montagna*. Quaderni della Montagna, 1. Istituto Nazionale della Montagna, Bononia University Press, pp. 95-113.
- MAIOLINI B., LENCIONI V., BOGGERO A., THALER B., LOTTER A.F., ROSSARO B., 2006. Zoobenthic communities of inlets and outlets of high altitude Alpine lakes. In: Lami A., Boggero A. (eds.), *Ecology of high altitude aquatic systems in the Alps*. *Hydrobiologia*, 562: 217-229.
- NAGY L., GRABHERR G., KORNER CH., THOMPSON D.B.A. (Eds), 2003. *Alpine biodiversity in Europe*. Springer, Ecological Studies, 167, 577 pp.
- PARMESAN C., 1996. Climate and species range. *Nature*, 382: 765-766.
- SOMME L., 1989. Adaptation of terrestrial arthropods to the alpine environment. *Biological Review*, 64: 367-407.