

**82.2005**

**STUDI TARENTINI  
DI SCIENZE NATURALI**

**ACTA  
GEOLOGICA**

**CAMBIAMENTI CLIMATICI E AMBIENTALI  
IN TARENTINO:  
DAL PASSATO PROSPETTIVE PER IL FUTURO**

a cura di  
Silvia Frisia, Maria Letizia Filippi, Andrea Borsato

museo tridentino di scienze naturali - trento



Pubblicazione realizzata nell'ambito dei progetti AQUAPAST "Acque e concrezioni di grotta quali strumenti per ricostruire ad alta risoluzione i cambiamenti climatici del passato in Trentino" e OLOAMBIENT "Risposte dell'ambiente e degli ecosistemi alla variabilità climatica dell'Olocene in Trentino basata su serie di dati proxy da sedimenti lacustri, latte di monte e tufo calcareo".

Servizio Università e Ricerca Scientifica, Fondo Unico per i progetti di ricerca della Provincia Autonoma di Trento, L.P. n. 3 del 20.03.2000.

Partner scientifici dei progetti AQUAPAST e OLOAMBIENT:



Istituto Agrario  
di San Michele all'Adige



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI  
DI TRENTO

Dipartimento di Ingegneria dei  
Materiali e Tecnologie Industriali



museo tridentino  
di scienze naturali



Istituto per la Dinamica dei Processi Ambientali  
del CNR - Dalmine (BG)



Istituto Nazionale di Oceanografia e  
di Geofisica Sperimentale - Trieste

## INDICE – CONTENT

MICHELE LANZINGER Presentazione del Direttore del Museo Tridentino di Scienze Naturali .....	VII
GIANLUCA SALVADORI Presentazione dell'Assessore alla programmazione, ricerca e innovazione .....	IX
RUSSEL DRYSDALE Presentazione di Russel Drysdale, Università di New Castle, Australia .....	XI
SILVIA FRISIA I progetti AQUAPAST e OLOAMBIENT del Museo Tridentino di Scienze Naturali: un tuffo nel passato per conoscere il clima del futuro <i>The AQUAPAST and OLOAMBIENT project carried out by the Museo Tridentino di Scienze Naturali: a message from the past to understand future climate</i> .....	1

### PARTE I

#### Il periodo Tardoglaciale-Olocene nella zona alpina e in Trentino: inquadramento

WILLY TINNER & ELISA VESCOVI Ecologia e oscillazioni del limite degli alberi nelle Alpi dal Pleniglaciale al presente <i>Treeline ecology and oscillations in the Alps from the Pleniglacial to the present</i> .....	7
CESARE RAVAZZI Il Tardoglaciale: suddivisione stratigrafica, evoluzione sedimentaria e vegetazionale nelle Alpi e in Pianura Padana <i>Late Glacial: stratigraphy, sedimentary evolution and vegetation history in the Alps and in the Po Plain</i> .....	17
MICHELE BASSETTI & ANDREA BORSATO Evoluzione geomorfologica della Bassa Valle dell'Adige dall'Ultimo Massimo Glaciale: sintesi delle conoscenze e riferimenti ad aree limitrofe <i>Geomorphological evolution of the lower Adige Valley from the Last Glacial Maximum: summary of the published data and comparison with surrounding areas</i> .....	31
ANNA CUSINATO & MICHELE BASSETTI Popolamento umano e paleoambiente tra la culminazione dell'ultima glaciazione e l'inizio dell'Olocene in area trentina e zone limitrofe <i>Human settling and palaeo-environment between the Last Glacial Maximum and the beginning of the Holocene in the Trentino and surrounding areas</i> .....	43
SILVIA FRISIA Sintesi delle conoscenze sulla variabilità climatica nelle Alpi negli ultimi 1000 anni <i>A synthesis of our knowledge about alpine climate variability for the last 1000 years</i> .....	65

### PARTE II

#### Archivi utilizzabili per la ricerca paleoclimatica in Trentino: stato dell'arte

ROBERTO SEPPI Ghiaccio, morfologie glaciali e permafrost nella ricostruzione climatico-ambientale del Trentino <i>Ice, glacial landforms and permafrost in the climatic and environmental reconstruction of Trentino</i> .....	73
--	----

MARIA LETIZIA FILIPPI & DANIELA FESTI Paleolimnologia in Trentino: metodi e stato dell'arte <i>Paleolimnology in Trentino: methods and state of the art</i> .....	85
JONATHAN G.A LAGEARD, NICOLA LA PORTA, PETER A. THOMAS & NEIL J. LOADER Dendroecology and dendrochemistry in Trentino: the Grotta di Ernesto project <i>Dendroecologia e dendrochimica in Trentino: il progetto Grotta di Ernesto</i> .....	101
<b>PARTE III</b>	
<b>Monitoraggio di alcuni siti lacustri e ipogei studiati dai progetti AQUAPAST e OLOAMBIENT</b>	
EMANUELE ECCEL & SERENELLA SAIBANTI Inquadramento climatico dell'Altopiano di Lavarone-Verzèna nel contesto generale trentino <i>Climatic setting of the Lavarone-Verzèna Plateau in the general context of Trentino</i> .....	111
ANDREA BORSATO, RENZA MIORANDI, FLAVIO CORRADINI & SILVIA FRISIA Idrochimica delle acque ipogee in Trentino: specie, variabilità stagionale, gradiente altitudinale e implicazioni per gli studi climatico-ambientali da speleotemi <i>Hydrochemistry of hypogean waters in Trentino: species, seasonal variability, altitudinal gradient and implications for environmental and climate studies from speleothems</i> .....	123
RENZA MIORANDI, ANDREA BORSATO, SILVIA FRISIA & MICHELE ZANDONATI Monitoraggio di aria e acqua di percolazione in alcune grotte del Trentino <i>Cave air and seepage water monitoring in some Trentino caves</i> .....	151
MASSIMILIANO TARDIO, MARIA LETIZIA FILIPPI & FLAVIO CORRADINI Studio stagionale dei parametri chimico-fisici e del fitoplancton del Lago Nero di Cornisello <i>Seasonal study of the chemical and physical parameters and the phytoplankton of Lake Nero di Cornisello</i> .....	165
FLAVIO CORRADINI, ADRIANO BOSCAINI, GIOVANNA FLAIM, MARIA LETIZIA FILIPPI, ANDREA BORSATO & MICHELE ZANDONATI Fisica, idrochimica e idrologia del Lago di Lavarone (Trentino, Italia) <i>Physics, hydrochemistry and hydrology of Lago di Lavarone (Trentino, Italy)</i> .....	175
MARIA LETIZIA FILIPPI, CHRISTOPH SPÖTL, FLAVIO CORRADINI, MARCO MANDELLI & MASSIMILIANO TARDIO Sedimentazione in ambiente lacustre: studio tramite trappole per sedimento nel Lago di Lavarone (NE Italia) <i>Sedimentation in lacustrine environments: study by means of sediment traps at Lago di Lavarone (NE Italy)</i> .....	189
<b>PARTE IV</b>	
<b>Ricostruzioni climatico-ambientali per il Tardoglaciale-Olocene in Trentino da speleotemi e sedimenti lacustri</b>	
SILVIA FRISIA, ANDREA BORSATO, DAVID A. RICHARDS, RENZA MIORANDI & SILVANA DAVANZO Variazioni climatiche ed eventi sismici negli ultimi 4500 anni nel Trentino meridionale da una stalagmite della Cogola Grande di Giazzera <i>Climate fluctuations and seismic events during the last 4500 years in southern Trentino from a stalagmite in Cogola Grande di Giazzera</i> .....	205
RENZA MIORANDI & ANDREA BORSATO Ambiente di formazione di tufo calcareo e latte di monte in grotte del Trentino con particolare riguardo al Gruppo di Brenta e Paganella <i>Deposition environment of calcareous tufa and moonmilk in Trentino with special attention to the Brenta Dolomites and Paganella areas</i> .....	225

ANDREA BORSATO, SILVIA FRISIA, RENZA MIORANDI, KLAAS VAN DER BORG, CHRISTOPH SPÖTL & FLAVIO CORRADINI Ricostruzioni climatico-ambientali per l'Olocene da tufo calcareo e latte di monte in grotte del Trentino <i>Holocene climate and environmental reconstruction from calcareous tufa and moonmilk deposits in Trentino caves</i> .....	239
MARIA LETIZIA FILIPPI, OLIVER HEIRI, ENRICO ARPENTI, NICOLA ANGELI, MAURO BORTOLOTTI, ANDRÉ F. LOTTER & KLAAS VAN DER BORG Studio paleolimnologico del Lago Nero di Cornisello (Parco Naturale Adamello-Brenta, Trentino) <i>Paleolimnology of Lago Nero di Cornisello (Adamello-Brenta Natural Park, NE Italy)</i> .....	261
MARIA LETIZIA FILIPPI, OLIVER HEIRI, ENRICO ARPENTI, NICOLA ANGELI, MAURO BORTOLOTTI, ANDRÉ F. LOTTER & KLAAS VAN DER BORG Evoluzione paleoambientale dal Tardoglaciale a oggi ricostruita attraverso lo studio dei sedimenti del Lago di Lavarone (Altopiano di Folgaria e Lavarone, Trentino) <i>Paleoenvironmental evolution from Lateglacial to present as reconstructed from Lago di Lavarone sediment sequence (Folgaria and Lavarone Plateau, Trentino)</i> .....	279
OLIVER HEIRI, MARIA LETIZIA FILIPPI & ANDRÉ F. LOTTER Lateglacial summer temperature in the Trentino area (Northern Italy) as reconstructed by fossil chironomid assemblages in Lago di Lavarone (1100 m a.s.l.) <i>Temperature estive del Tardoglaciale in Trentino (Nord Italia) ricostruite dalle comunità di chironomidi fossili del Lago di Lavarone (1100 m s.l.m.)</i> .....	299
NICOLA ANGELI & ANDRÉ F. LOTTER La ricostruzione del trofismo del Lago di Lavarone dalle diatomee <i>Lago di Lavarone trophic reconstruction from diatoms</i> .....	309
ENRICO ARPENTI & MARIA LETIZIA FILIPPI Evoluzione della vegetazione nei pressi del Lago di Lavarone (TN) negli ultimi 2200 anni <i>Evolution of the vegetation near the Lago di Lavarone (TN) in the last 2200 years</i> .....	317
SILVIA FRISIA, MARIA LETIZIA FILIPPI & ANDREA BORSATO Evoluzione climatico-ambientale in Trentino dal Tardiglaciale all'Olocene: sintesi delle conoscenze alla luce dei risultati emersi dai progetti AQUAPAST e OLOAMBIENT <i>Paleoclimate and paleoenvironmental evolution for the Lateglacial and Holocene in Trentino: a synthesis from the AQUAPAST and OLOAMBIENT projects</i> .....	325



## Presentazione del Direttore del Museo Tridentino di Scienze Naturali

Il tema dei cambiamenti climatici e ambientali costituisce un terreno di studio via via più necessario ed urgente all'acuirsi delle manifestazioni connesse con questo fenomeno e al suo impatto sugli ecosistemi e sulle strutture dell'antropizzazione. Tuttavia, se le finalità di questo approccio necessariamente tendono alla rappresentazione di scenari globali, così come globali sono gli effetti del cambio climatico, l'agire della ricerca alla scala del sito consente di operare a livelli più fini, definitivi di scale regionali, di processi locali.

Ciò che piace di questo studio è proprio la capacità di coniugare obiettivi tematici e metodologie che rappresentano la frontiera e l'attualità della ricerca scientifica internazionale con il contesto locale, quello della porzione delle Alpi meridionali centrali sottesa dai confini geopolitici del Trentino. Non solo, il Museo Tridentino di Scienze Naturali ha una lunga tradizione di studi inerenti il divenire del paesaggio alpino a partire dall'ultimo massimo glaciale. Forse con una certa predilezione per le connessioni con le prime tracce del popolamento preistorico alpino, lo studio del paleoambiente nel Tardoglaciale e nell'Olocene è stato favorito e da tempo considerato uno degli assi strategici della ricerca del Museo. Ma sono troppi gli elementi di novità proposti da questo studio per non intravedere in esso un vero cambio, di scuola, di metodo, di prospettiva di ricerca. Inoltre, fatto di assoluta novità e figlio dei tempi, è da segnalare la doppia valenza di questo approccio allo studio del paleoclima: la prima, quale ossatura sperimentale e quantitativa su cui basare i modelli di interpretazione del paesaggio del passato; la seconda, quale componente indispensabile per la predisposizione di modelli di interpretazione per la definizione di scenari o forse anche di modelli predittivi per il cambiamento climatico futuro e per la stima dei relativi impatti sulla filiera ambiente naturale, paesaggio, antropizzazione.

Relativamente a quest'ultimo aspetto, il presente volume di *Acta Geologica* rappresenta un contributo sicuramente rilevante e, crediamo, rispondente alle attese della Provincia Autonoma di Trento che con grande tempismo e senso di responsabilità ha deciso di sostenere una diffusa richiesta di conoscenza sui temi del cambio climatico proprio a partire dalla ricerca scientifica di base.

Vogliamo ricordare infine che un'opera di mediazione culturale, comunque essa sia, abbisogna di qualificata e specifica conoscenza scientifica ed è per questo che la ricerca rimane una componente indispensabile all'idea stessa di museo scientifico. Infatti, sono proprio i saperi di prima mano che permettono al Museo di costruire itinerari di conoscenza, di divulgazione, di senso, di consapevolezza, di coerenza.

Il lavoro qui raccolto è il risultato di forti determinazioni, di capacità di visione e di coordinamento, di percezione del significato profondo del ruolo della ricerca in rapporto ai temi contemporanei di rilevanza generale. I più vivi complimenti a quanti vi hanno lavorato.

*Michele Lanzinger*





## Presentazione dell'Assessore alla programmazione, ricerca e innovazione della Provincia autonoma di Trento

Il tema dei cambiamenti climatici rappresenta oggi un punto fondamentale nelle agende politiche dei più importanti paesi industrializzati, anche se la sensibilità verso queste tematiche si sta inevitabilmente diffondendo in tutto il Globo. Il nostro futuro dipende anche dalle scelte che sapremo compiere nella direzione di uno sviluppo capace di coniugare la salvaguardia delle risorse naturali del pianeta con la logica del profitto.

I progetti di ricerca AQUAPAST e OLOAMBIENT, seguiti tra il 2001 e il 2006 da un gruppo di ricercatori del Museo Tridentino di Scienze Naturali e finanziati dalla Provincia autonoma di Trento, hanno studiato i cambiamenti climatici in Trentino nel periodo compreso tra l'era tardoglaciale e l'Olocene. Questo volume vuole riportare, almeno in parte, i risultati di questa ricerca, offrendo uno spunto di riflessione importante per comprendere la complessità dei fenomeni climatici in Trentino.

Un grazie particolare va alla professoressa Silvia Frisia e a tutti i suoi collaboratori del Museo Tridentino di Scienze Naturali per il lungo e complesso lavoro svolto.

*Gianluca Salvadori*



## Presentazione di Russel Drysdale, Università di Newcastle, Australia

What a great pleasure it is to be invited to write a guest editorial for this issue of *Acta Geologica*, particularly given its theme of palaeoclimatology and palaeoenvironmental change. The issue brings together 22 articles which have been compiled from a research initiative, funded by the Autonomous Province of Trento and administered by the Natural History Museum of Trento, entitled *Climatic and Environmental Change in Trentino: lessons for the future from the past*. It encompasses two components: AQUAPAST and OLOAMBIENT.

As the global community comes to terms with a warming planet, and scientists debate the extent to which human activities have contributed to this warming, the study of past climate and environmental changes from geological and historical archives has been brought into a much sharper focus. Palaeoclimatology enables us to place post-industrial climate changes into a longer-term context. It is a field that has developed dramatically in the last decade. Recently, we have learnt from polar ice cores that atmospheric CO<sub>2</sub> concentrations have not reached present levels for at least the last 650,000 years, whilst data from corals show that sea levels at around 128,000 years ago were as much as six metres higher than today, and that temperatures were a few degrees warmer. The implications of these findings in the context of climate projections for the next century are abundantly clear.

But how have alpine environments responded to past global changes and how will they respond in the future? Alpine environments contain some of the sharpest biological and climatic gradients on Earth, and are likely to be highly sensitive to future climate changes. They host a unique suite of geological environments from which to learn about past climates, and the Trentino region is fortunate to possess a range of glacial, lacustrine and karst features that are well-suited to palaeoenvironmental research. Investigating the alpine palaeoenvironmental record from natural archives presents an opportunity to examine past ecosystem responses to well-documented global and regional climatic events. This will ultimately allow us gauge the rates at which alpine environmental systems respond to climate shifts of different magnitudes, and to determine the climate thresholds that must be breached before major ecosystem change occurs. The studies reported here represent a major step in this direction for the Southern Alps.

The introductory section of this volume sets the scene for the succeeding papers by outlining the goals of the AQUAPAST and OLOAMBIENT projects (Frisia). The following four articles summarize our existing knowledge of palaeoenvironmental change and human-environment interactions in the region since the Last Glacial Maximum, focusing on shifts of the alpine timberline (Tinner & Vescovi), vegetation and sedimentation history of the southern Alps and adjoining Po Plain (Ravazzi), the geomorphic evolution of the lower Adige Valley (Bassetti & Borsato) and the history of human occupation in the region and how past climate shifts affected human activities (Cusinato & Bassetti).

The articles contained in the following section outline some of methods for extracting palaeoenvironmental information from two key terrain-types in alpine settings: glacial (Seppi & Borsato) and lacustrine environments (Filippi & Festi). Both articles highlight the potential for applying these methods in the Trento region. The paper by Laegard *et al.* documents a “work in progress” where dendrochronology and dendrochemistry are being used in conjunction with speleothem data to explore environmental change over the past couple of centuries.

In order to interpret palaeoenvironmental records from caves and lakes, it is essential to gain an understanding of how these systems operate under the modern hydroclimatic conditions, and to understand characteristics of the regional climate itself. This is precisely the focus of the third section of the volume. The first article examines the general climatic features of the region (Eccel & Saibanti), whilst the following article (Frisia) synthesizes what we currently know about the climate variability over the last millennium. Caves are becoming one of the most important sources of palaeoenvironmental data, particularly in the form of speleothems. The papers by Borsato *et al.* and Miorandi *et al.* present new data on the hydrogeochemistry of percolation waters from a number of caves in the Trento area and its relationship to present day climate. Tardio *et al.* and Filippi *et al.* perform a similar task, focusing their attention on the chemical and physical properties of Lago Nero di Cornisello and Lago di Lavorone respectively.

The next two sections of the volume present the results of empirical palaeoenvironmental investigations from cave and lake systems. The first of these focuses on speleothem records. Frisia *et al.* present data from the last 4500

years and suggest that variations in growth and geochemistry were controlled by climatic change, human activities and seismic events. Miorandi & Borsato examine the hydrochemical conditions under which tufa and moonmilk form in some local cave systems, which provides a precursor to the following paper (Borsato *et al.*) where the Holocene climate history is reconstructed from the stable isotope and growth properties of tufa and moonmilk in two caves, Bus de la Spia and Grotta Cesare Battisti.

The section on lake records focuses on Lago Nero di Cornisello and Lago di Lavarone. Heiri *et al.* present a chironomid-based reconstruction from Lavarone during the Late Glacial period which shows cooler and more variable summer air temperatures through the Younger Dryas compared with the interstadials either side of this event. Angeli & Lotter explore the record of changed in diatom abundance whilst Arpentini & Filippi report on the effects of human activities on vegetation cover over the last two millennia using pollen preserved in the Lavarone's sediments. Lago Nero di Cornisello (2233 m a.s.l.) is located at twice the altitude of Lavarone. The top 1.75 m of its sediment record were studied by Filippi *et al.* who reconstructed a record of environmental changes covering the last 14,200 years based on analyses of inorganic sediment and biological remains.

The final article of this volume by Frisia *et al.* brings together the findings from all of the studies from the AQUAPAST and OLOAMBIENT and places them into the wider context of previous palaeoenvironmental research in the Mediterranean and continental Europe.

I find it very heartening that the local government of the Trento Province funds this type of scientific research. I am also impressed by the way in which the Italians embrace their regional natural history and I am inspired by their dedication to learn more about their natural environment. I congratulate the Province of Trento for having the vision to support this important work and for taking climate and environmental change seriously, the Natural History Museum of Trento for hosting the project and the individual researchers for their splendid contributions.

*Russel Drysdale*