



Convegno - Evoluzione del clima: tendenze, effetti e scenari futuri - 21 febbraio

Concrezioni di grotta e ricostruzioni
paleoclimatiche-ambientali in Trentino

Andrea Borsato

(Museo Tridentino di Scienze Naturali)

TRENTINO

CLIMA2008

TRENTO 20 | 24 FEBBRAIO



Struttura:

Parte 1. La ricerca paleoclimatica da speleotemi (= concrezioni di grotta) in Trentino

Parte 2. Gli ultimi 10.000 anni

Parte 3. Serie di temperature degli ultimi 1.000 anni

Parte 4. Ricostruzioni a scala annuale e sub-annuale degli ultimi 150 anni

Conclusioni e prospettive

Parte 1. La ricerca paleoclimatica da speleotemi in Trentino

1995-2000: Holocene - Late Pleistocene
high resolution climatic reconstruction
from continental carbonate.
(UE contract EV5V-CT94-0509)



ELSEVIER

Chemical Geology 166 (2000) 255–269

**CHEMICAL
GEOLOGY**
INCLUDING
ISOTOPE GEOSCIENCE

www.elsevier.com/locate/chemgeo

Controls on trace element (Sr–Mg) compositions of carbonate cave waters: implications for speleothem climatic records

Ian J. Fairchild^{a,*}, Andrea Borsato^b, Anna F. Tooth^a, Silvia Frisia^b,
Christopher J. Hawkesworth^c, Yiming Huang^{a,c}, Frank McDermott^d,
Baruch Spiro^e

^a Department of Earth Sciences, Keele University, Staffordshire ST5 5BG, UK

^b Museo Tridentino di Scienze Naturali, Via Calepina 14, 38100 Trento, Italy

^c Department of Earth Sciences, Open University, Milton Keynes, MK7 6AA, UK

^d Department of Geology, University College, Belfield, Dublin 4, Ireland

^e NERC Isotope Geology Laboratory, Keyworth, Nottingham NG12 5GG, UK

Received 17 September 1999; accepted 5 November 1999

Abstract

At two caves (Clamouse, S France and Ernesto, NE Italy), cave drip and pool waters were collected and sampled at intervals over a 2–3 year period. Mg/Ca and Sr/Ca concentration ratios, corrected for marine aerosols, are compared with



PERGAMON

Quaternary Science Reviews 18 (1999) 1021–1038



QSR

Holocene climate variability in Europe: Evidence from $\delta^{18}\text{O}$, textural and extension-rate variations in three speleothems

Frank McDermott^{a,*}, Silvia Frisia^b, Yiming Huang^{c,d}, Antonio Longinelli^e, Baruch Spiro^f,
Tim H.E. Heaton^f, Chris J. Hawkesworth^c, Andrea Borsato^b, Eddy Keppens^g,
Ian J. Fairchild^d, Klaas van der Borg^h, Sophie Verheyden^g, Enrico Selmo^e

^a Department of Geology, University College Dublin, Belfield, Dublin 4, Ireland

^b Museo Tridentino di Scienze Naturali, via Calepina 14, Trento, Italy

^c Department of Earth Sciences, The Open University, Walton Hall, Milton Keynes, MK7 6AA, UK

^d Department of Earth Sciences, Keele University, Staffordshire, ST5 5BG, UK

^e Dipartimento Scienze della Terra, Via E. Weiss 6, University of Trieste, Trieste 34100, Italy

^f NERC Isotope Geosciences Laboratory, Keyworth, Nottingham, UK

^g Department of Geochronology, Vrije Universiteit Brussel, Pleinlaan 2, B-1050 Brussel, Belgium

^h Department of sub-Atomic Physics, Van de Graff laboratory, University of Utrecht, Princetonplein 5, Utrecht, Netherlands



ELSEVIER

Chemical Geology 175 (2001) 429–448

**CHEMICAL
GEOLOGY**
INCLUDING
ISOTOPE GEOSCIENCE

www.elsevier.com/locate/chemgeo

Seasonal variations in Sr, Mg and P in modern speleothems (Grotta di Ernesto, Italy)

YiMing Huang^{a,b,*}, Ian J. Fairchild^a, Andrea Borsato^c, Silvia Frisia^c,
Nigel J. Cassidy^a, Frank McDermott^d, Chris J. Hawkesworth^b

^a School of Earth Sciences and Geography, Keele University, Staffs ST5 5BG, UK

^b Department of Earth Sciences, Open University, Milton Keynes, MK7 6AA, UK

^c Museo Tridentino di Scienze Naturali, Via Calepina 14, 38100 Trento, Italy

^d Department of Geology, University College, Belfield, Dublin 4, Ireland

Received 28 June 1999; accepted 8 June 2000

Abstract

Sub-annual variations in trace element chemistry and luminescence have recently been demonstrated from speleothems and offer the potential of high-resolution palaeoclimatic proxies. However, no studies have yet examined microscopic trace element variations in relation to modern cave conditions. In this study, the spatial variations in trace element (Sr, Mg and P) concentrations in speleothems (a stalagmite and a soda straw stalactite) from the alpine Ernesto cave (temperature

1995-2000: Holocene - Late Pleistocene high resolution climatic reconstruction from continental carbonate. (UE contract EV5V-CT94-0509)

JOURNAL OF SEDIMENTARY RESEARCH, VOL. 70, No. 5, SEPTEMBER, 2000, P. 1179-1190
Copyright © 2000, SEPM (Society for Sedimentary Geology) 1073-130X/00/070-1179/\$03.00

CALCITE MOONMILK: CRYSTAL MORPHOLOGY AND ENVIRONMENT OF FORMATION IN CAVES IN THE ITALIAN ALPS

ANDREA BORSATO,¹ SILVIA FRISIA,¹ BRIAN JONES,² AND KLAAS VAN DER BORG³
¹ Museo Tridentino di Scienze Naturali, via Calepina 14, 38100 Trento, Italy
e-mail: borsato@mts.n.tn.it

² Department of Earth and Atmospheric Sciences, University of Alberta, Edmonton, Alberta T6G 2E3, Canada

³ Department of Sub-Atomic Physics, Universiteit Utrecht, Pleinlan, Postbus 8000, Utrecht, The Netherlands

ABSTRACT: Calcite moonmilk, which is a cave deposit formed of calcite crystals and water, is found in many caves in the Italian Alps. These modern and ancient deposits are formed of fiber calcite crystals, 50–500 nm wide and 1 to > 10 μm long, and polycrystalline chains that have few crystal defects. Radiocarbon dating indicates that most moonmilk deposits in these caves are fossil and that for most precipitation ceased ~ 6400 cal years BP, at the end of the mid-Holocene Hypsithermal.

In the caves of the Italian Alps, the optimal conditions for formation of calcite moonmilk are: (1) a temperature range of 3.5–5.5°C, (2) low discharge volumes of seepage waters that are slightly supersaturated ($SI_{\text{CAL}} = 0.0$ to ~ 0.2), and (3) relative humidity that is at or close to 100%. Microbial activity apparently did not play an active role in the formation of the calcite moonmilk. Conditions for moonmilk formation are typically found in caves that are located beneath land surfaces, which are soil covered and support a conifer forest. Precipitation of the fiber calcite crystals apparently involved very slow flow of slightly

Olimpiev 1977; Harmon et al. 1983; Onac and Ghergari 1993; Hill and Forti 1997).

This study is based on moonmilk deposits found in high-altitude caves in the Italian Alps (Fig. 1, Table 1). Using those deposits, this study (1) describes the morphology of the calcite crystals found in the moonmilk, (2) attempts to explain the formation of its distinctive fiber crystals and establishes the distribution of microbes in the moonmilk, (3) outlines the distribution of modern, actively forming moonmilk and fossil moonmilk, and (4) assesses the environmental conditions that control moonmilk formation. Collectively, these data place constraints on the processes that govern moonmilk precipitation.

METHODS

Moonmilk samples, cored and removed by using sterilized metallic chisels and knives, were placed in tightly sealed sterile, impermeable plastic containers that were put in a portable refrigerator for transportation to the

JOURNAL OF SEDIMENTARY RESEARCH, VOL. 70, No. 5, SEPTEMBER, 2000, P. 1183-1196
Copyright © 2000, SEPM (Society for Sedimentary Geology) 1073-130X/00/070-1183/\$03.00

CALCITE FABRICS, GROWTH MECHANISMS, AND ENVIRONMENTS OF FORMATION IN SPELEOTHEMS FROM THE ITALIAN ALPS AND SOUTHWESTERN IRELAND

SILVIA FRISIA,¹ ANDREA BORSATO,¹ IAN J. FAIRCHILD,² AND FRANK McDERMOTT³

¹ Museo Tridentino di Scienze Naturali, via Calepina 14, 38100 Trento, Italy

e-mail: frisia@mts.n.tn.it

² Department of Earth Sciences, Keele University, Staffordshire ST5 5BG, U.K.

³ Department of Geology, University College Dublin, Belfield, Dublin 6, Ireland

ABSTRACT: Five fabrics were identified in Alpine and Irish caves on the basis of morphological and microstructural characteristics, and related to growth mechanisms and growth environment. Columnar and fibrous fabrics grow when speleothems are continuously wet, and from fluids at near-equilibrium conditions (low supersaturation; $SI_{\text{eq}} < 0.35$), through the screw dislocation mechanism. The highly defective microcrystalline fabrics form at the same supersaturation range as co-

liable discharge and the presence of growth which have the highest density of crystal rium conditions (high supersaturation) un- engine periods that result in prolonged out- a forms in disequilibrium conditions. Only s formed at low supersaturation seem to ilibrium conditions.

Given these considerations, there is a need to better understand the relationship between crystal microstructures, fabrics and their environment of formation, and geochemical properties, in order to test the validity of speleothems as paleoclimate indicators. The present study seeks to provide such a tool through: (1) description of the fabrics observed in speleothems sampled in caves located in two regions, the Alps in Northeast Italy and the Southwestern coast of Ireland; (2) illustration of their microstructures; (3) an interpretation of microstructures in terms of equilibrium vs. disequilibrium growth.

METHODS

Specimens were collected from ten caves located in European alpine and coastal humid settings (Table 1). From 89 active and fossil speleothems whose age had been determined by U/Th dating (Borsato 1995; McDermott et al. 1999), 62 thin sections, 48 specimens for scanning electron microscopy (SEM), and 15 foils for transmission electron microscopy (TEM) were

INTRODUCTION

Parte 1. La ricerca paleoclimatica da speleotemi in Trentino

2001-2004: AQUAPAST - Acque e concrezioni di grotta quali strumenti per ricostruire ad alta risoluzione i cambiamenti climatici del passato in Trentino.
(PAT- Fondo Unico per la Ricerca)



Available online at www.sciencedirect.com

SCIENCE @ DIRECT®

EPSL

Earth and Planetary Science Letters 235 (2005) 729–740

www.elsevier.com/locate/epsl

Variations in atmospheric sulphate recorded in stalagmites by synchrotron micro-XRF and XANES analyses

Silvia Frisia^{a,*}, Andrea Borsato^a, Ian J. Fairchild^b, Jean Susini^c

^aMuseo Tridentino di Scienze Naturali, via Calepina 14, 38100 Trento, Italy

^bSchool of Geography, Earth and Environmental Sciences, University of Birmingham, Edgbaston, Birmingham B15 2TT, UK

^cEuropean Synchrotron Radiation Facility, F-38043 Grenoble Cedex, France

Received 21 October 2004; received in revised form 21 March 2005; accepted 30 March 2005

Available online 17 June 2005

Editor: E. Bard

Abstract

We report here the first speleothem time-series of the variability of sulphate, a species whose abundance in catchments is strongly influenced by atmospheric anthropogenic and volcanic sources. Annually-resolved archives of S, Mg, Si and P were generated by applying synchrotron radiation micro X-Ray Fluorescence (XRF) to two speleothems from different sites in northern Italy. X-ray absorption-edge spectrometry proves that the S is in the form of sulphate and XRF mapping demonstrates that S is within calcite and enriched zones are predominantly as layers. A post-1850 A.D. record from the Ernesto cave shows a



Available online at www.sciencedirect.com

SCIENCE @ DIRECT®

Earth and Planetary Science Letters 216 (2003) 411–424

EPSL

www.elsevier.com/locate/epsl

Late Holocene annual growth in three Alpine stalagmites records the influence of solar activity and the North Atlantic Oscillation on winter climate[☆]

Silvia Frisia^{a,*}, Andrea Borsato^a, Nereo Preto^b, Frank McDermott^c

^aMuseo Tridentino di Scienze Naturali, via Calepina 14, 38100 Trento, Italy

^bDepartment of Geology, Palaeontology and Geophysics, University of Padova, via Giotto 1, 35137 Padova, Italy

^cDepartment of Geology, University College Dublin, Belfield, Dublin 4, Ireland

Received 11 April 2003; received in revised form 8 August 2003; accepted 5 September 2003

growth rates and the ratio of dark to light-colored calcite within single annual laminae in three meoously deposited Holocene speleothems from Grotta di Ernesto, an Alpine cave in northern Italy, changes in surface temperature rather than precipitation. Based on monitoring of present-day calcite

2001-2004: AQUAPAST - Acque e concrezioni di grotta quali strumenti per ricostruire ad alta risoluzione i cambiamenti climatici del passato in Trentino.
(PAT- Fondo Unico per la Ricerca)

INTERNATIONAL JOURNAL OF CLIMATOLOGY
Int. J. Climatol. (in press)
Published online in Wiley InterScience
(www.interscience.wiley.com) DOI: 10.1002/joc.1329



SHORT COMMUNICATION

RECONSTRUCTING HEMISPHERIC-SCALE CLIMATES FROM MULTIPLE STALAGMITE RECORDS

CLAIRE L. SMITH,^{a,*} ANDY BAKER,^a IAN J. FAIRCHILD,^a SILVIA FRISIA^b and ANDREA BORSATO^b

^a School of Geography, Earth and Environmental Science, University of Birmingham, Edgbaston, B15 2TT

^b Museo Tridentino di Scienze Naturali, via Calepina 14, 38100 Trento, Italy

Received 18 January 2006

Revised 8 February 2006

Accepted 15 February 2006

ABSTRACT

of recent warming, and the variability of climate on centennial-millennial time scales are compromised by ring the ability of tree rings to capture low-frequency climate fluctuations. Annually laminated stalagmite entially provide a low-frequency climate archive through variations in annual growth rate. Presented here empt to demonstrate the applicability of annually laminated stalagmite series to a large-scale climate by producing a 500-year Northern Hemisphere temperature reconstruction. The reconstruction shows an g trend with a magnitude of 0.65 K and several other low-frequency characteristics consistent with other rthern Hemisphere archives. The result is sufficiently encouraging to warrant significant future effort in nual growth rate records from laminated speleothems. Copyright © 2006 Royal Meteorological Society.



Available online at www.sciencedirect.com



Geochimica et Cosmochimica Acta 71 (2007) 1494–1512

**Geochimica et
Cosmochimica
Acta**

www.elsevier.com/locate/gca

Trace element distribution in annual stalagmite laminae mapped by micrometer-resolution X-ray fluorescence: Implications for incorporation of environmentally significant species

Andrea Borsato ^{a,*}, Silvia Frisia ^a, Ian J. Fairchild ^b, Andrea Somogyi ^{c,1}, Jean Susini ^c

^a Museo Tridentino di Scienze Naturali, via Calepina 14, 38100 Trento, Italy

^b School of Geography, Earth and Environmental Sciences, University of Birmingham, Edgbaston, Birmingham B15 2TT, UK

^c European Synchrotron Radiation Facility, F-38043 Grenoble Cedex, France

Received 27 March 2006; accepted in revised form 19 December 2006; available online 31 December 2006

Abstract

Stalagmite ER78, from Grotta di Ernesto cave in NE Italy displays clear annual lamination consistent with its shallow depth below a forest ecosystem subject to autumnal peaking of water infiltration. Synchrotron radiation scanning micro-X-ray fluorescence analyses of heavy elements at European Synchrotron Radiation Facility beamline ID22, and light elements

2002-2006: 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" (PAT- Fondo Unico per la Ricerca)

Studi Trent. Sci. Nat., Acta Geol., 82 (2005): 225-237
© Museo Tridentino di Scienze Naturali, Trento 2007

ISSN 0392-0534

Ambiente di formazione di tufo calcareo e latte di monte in grotte del Trentino con particolare riferimento al Gruppo di Brenta e Paganella

Renza MIORANDI* & Andrea BORSATO

Sezione di Geologia, Museo Tridentino di Scienze Naturali, Via Calepina 14, 38100 Trento, Italia
*E-mail dell'Autore per la corrispondenza: miorandi@mtsn.tn.it

RIASSUNTO - *Ambiente di formazione di tufo calcareo e latte di monte in grotte del Trentino con particolare riferimento al Gruppo di Brenta e Paganella* - In Trentino, e in particolare nelle Dolomiti di Brenta e in Paganella, diverse grotte ospitano depositi di tufo calcareo e/o di latte di monte. I depositi di tufo si formano da acque sovrasature rispetto alla calcite (SIcalcite >0,5) e con portate superiori ai 0,01 l s⁻¹, in grotte con umidità relativa talora inferiore al 90% e collocate a quote medio basse, tra il fondovalle e i 1200 m s.l.m., sotto il limite della foresta decidua. Queste cavità sono caratterizzate da temperature comprese tra 7,5 e 9,5 °C. Il latte di monte, invece, si forma da acque alla

Studi Trent. Sci. Nat., Acta Geol., 82 (2005): 239-259
© Museo Tridentino di Scienze Naturali, Trento 2007

ISSN 0392-0534

Ricostruzioni climatico-ambientali per l'Olocene da tufo calcareo e latte di monte in grotte del Trentino

Andrea BORSATO¹*, Silvia FRISIA¹, Renza MIORANDI¹, Klaas VAN DER BORG², Christoph SPÖTL³ & Flavio CORRADINI⁴

¹ Sezione di Geologia, Museo Tridentino di Scienze Naturali

² Department of Sub-Atomic Physics, Universiteit Utrecht, 1

³ Institut für Geologie und Paläontologie, Universität Innsbr

⁴ Dipartimento Valorizzazione delle Risorse Naturali, Istituto
38010 San Michele all'Adige (TN), Italia

borsato@mtsn.tn.it

climatico-ambientali
dello studio mic
a Grotta Cesare
a, il cui fattore
al. BP, poco doq
no alla cessazio
nni il record del
ata di 50-150 ar

82.2005

**STUDI TRENTINI
DI SCIENZE NATURALI**



**ACTA
GEOLOGICA**

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

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

museo tridentino di scienze naturali - trento

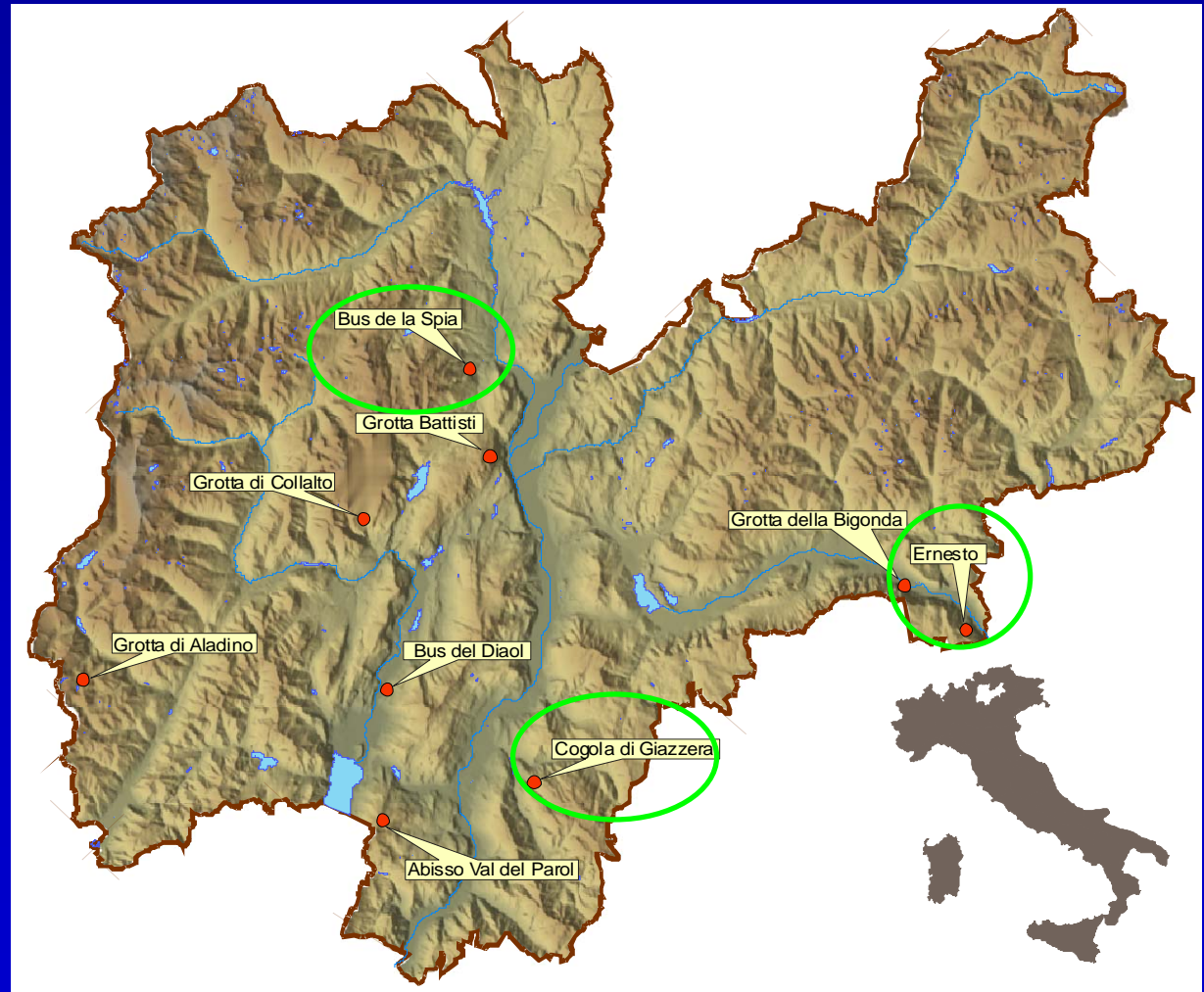
Parte 1. La ricerca paleoclimatica da speleotemi in Trentino

Grotte studiate progetto AQUAPAST

GROTTA

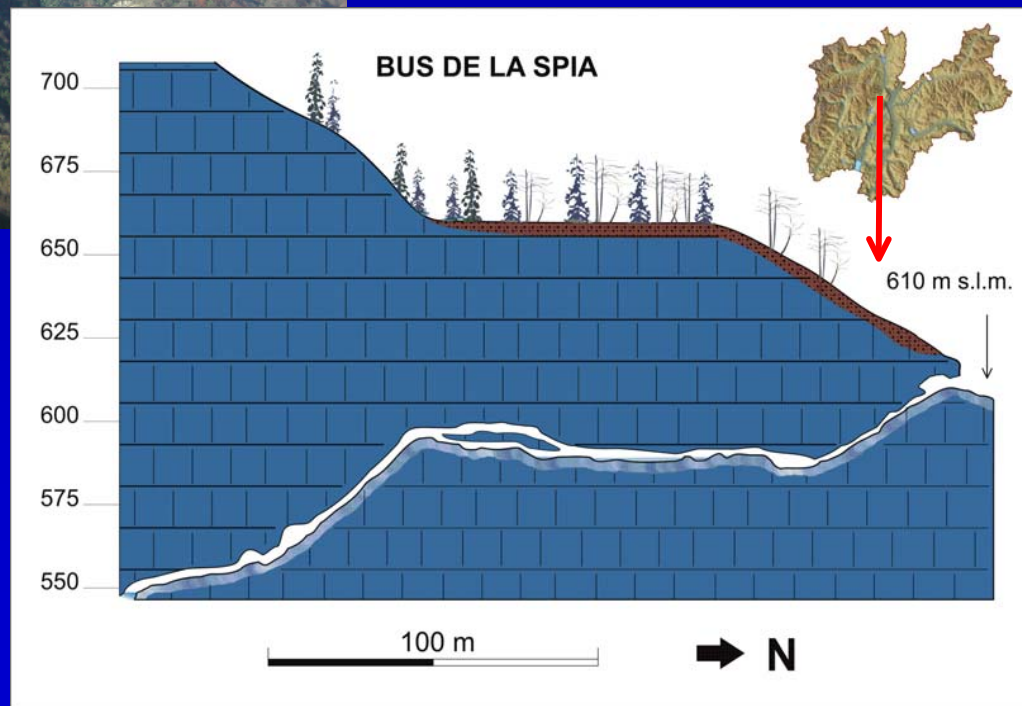
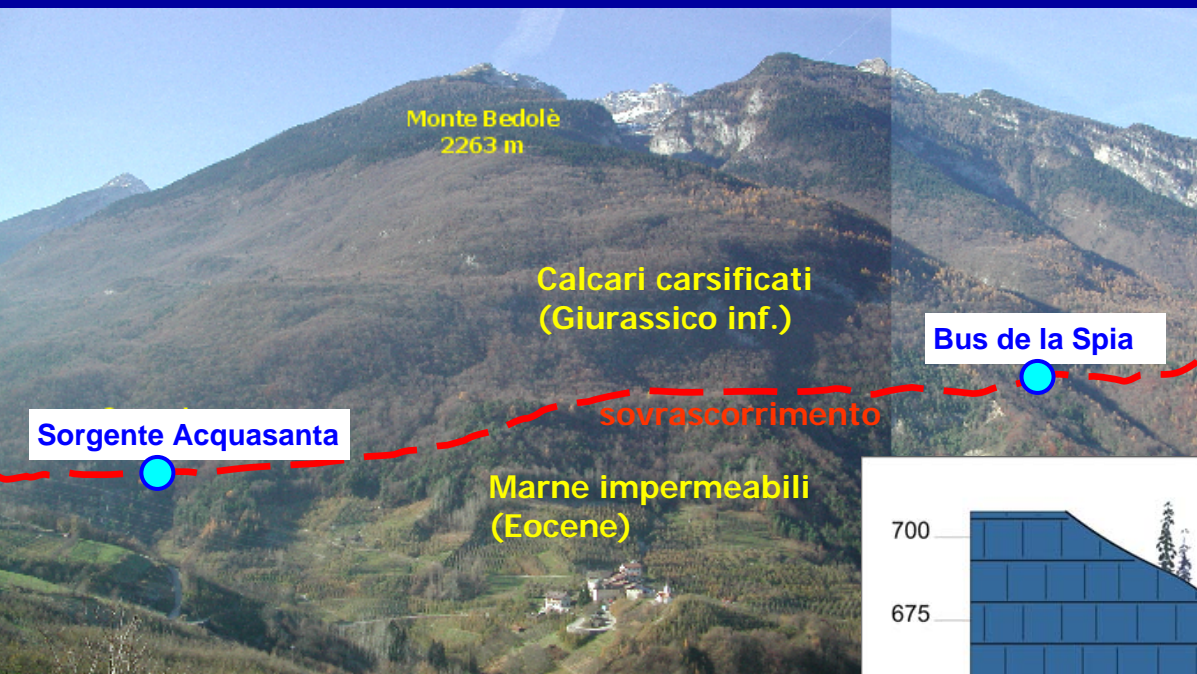
QUOTA

Bus del Diaol	225
Grotta dalla Bigonda	370
Bus de la Spia	610
Cogola di Giazza	1025
Grotta di Collalto	1105
Grotta d' Ernesto	1165
Pozzo di Val del Parol	1585
Grotta Cesare Battisti	1880
Grotta di Aladino	1975



Parte 2. L'Olocene (ultimi 10.000 anni) al Bus de la Spia

La colata di tufo calcareo del Bus de la Spia



- Risorgenza temporanea di tipo Valchiusiano
- Sistema di troppo pieno della vicina Sorgente Acquisanta
- Acquifero Spia-Acquisanta > 22 km² quota media ca. 2000 m s.l.m.

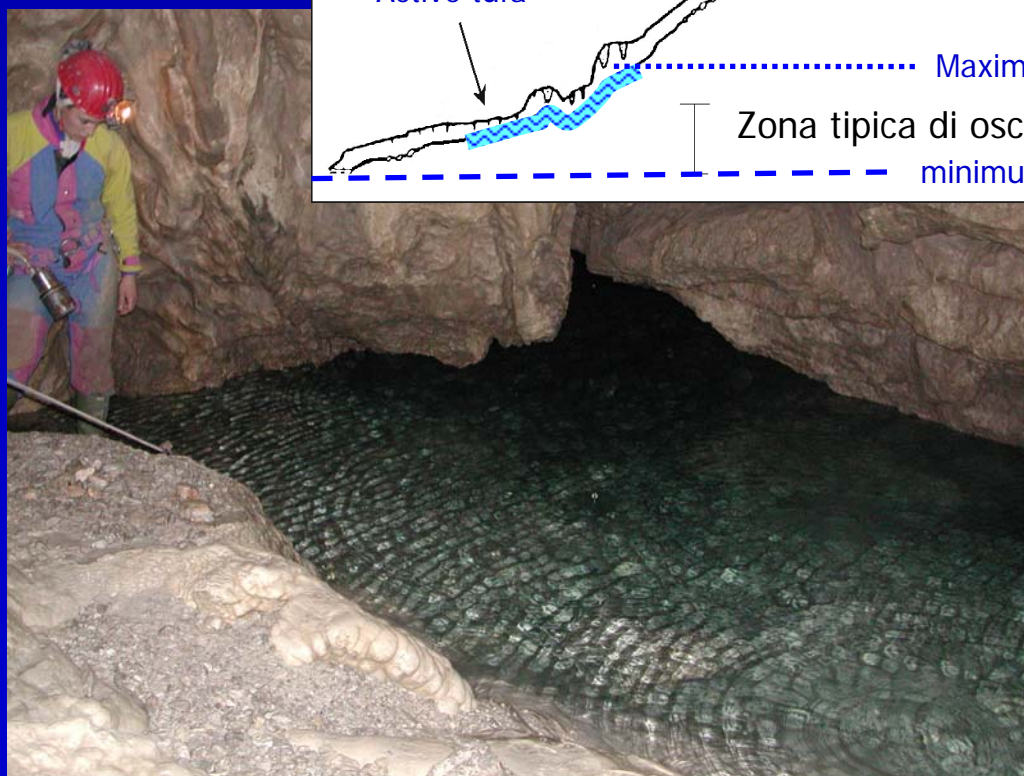
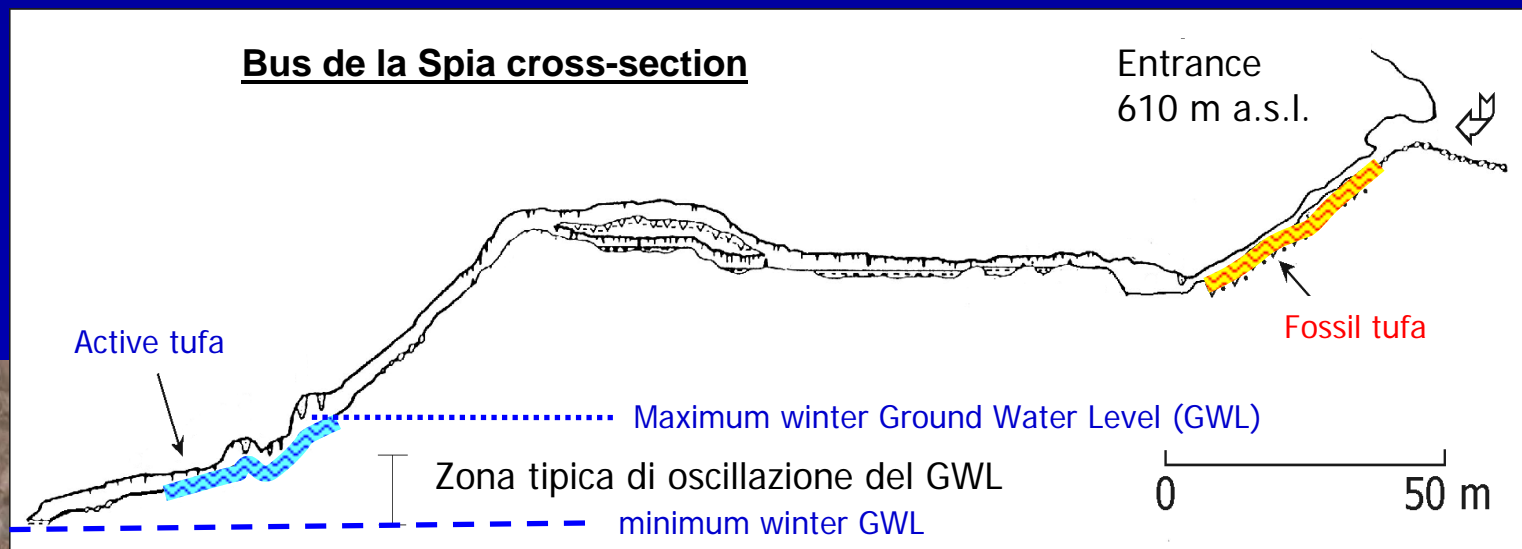
Tufo calcareo

- Deposito calcitico tenero e poroso
- Costituito da lamine di tipo stromatolitico
- Si forma con Temp. > 8°C e flusso d'acqua cospicuo -> indicativo di clima caldo-umido



Parte 2. L'Olocene (ultimi 10.000 anni) al Bus de la Spia

La colata di tufo calcareo del Bus de la Spia - idrologia



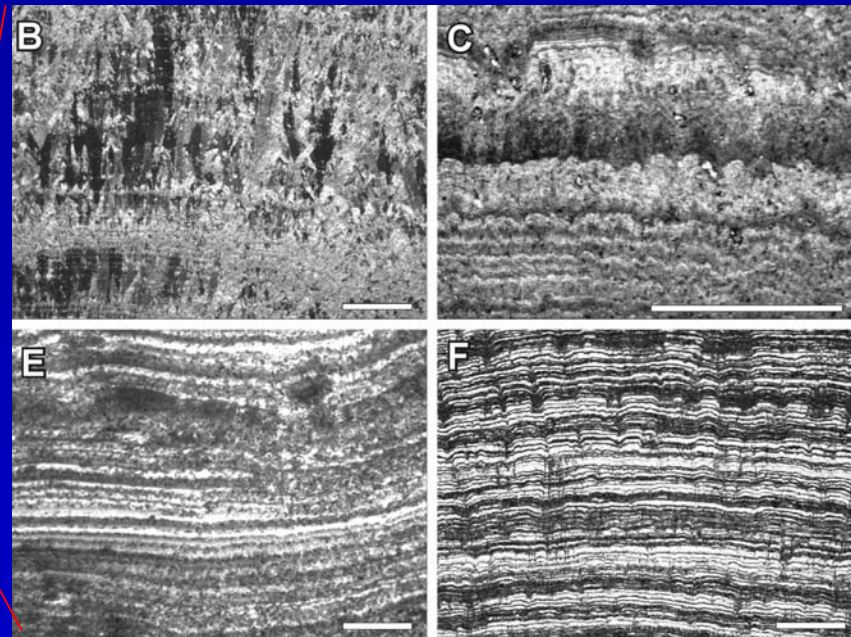
- La grotta raggiunge la superficie freatica (sifone) a -56 m dalla quota di ingresso.
- Il tufo attivo si forma nella zona di oscillazione del sifone (alimentazione da parte dell'acqua di fondo).
- Il tufo fossile campionato si trova nella parte iniziale della cavità.

Parte 2. L'Olocene (ultimi 10.000 anni) al Bus de la Spia

La colata di tufo calcareo del Bus de la Spia - campionamento e tessiture



Sezioni sottili di tufo calcareo (scala = 1 mm).
(B-C-E = tufo fossile; F = tufo attivo)



- Campionato in una marmitta di erosione naturale
- Sequenza 600 mm completamente laminata
- Microinclusioni detritiche (cristalli dolomitici)

Parte 2. L'Olocene (ultimi 10.000 anni) al Bus de la Spia

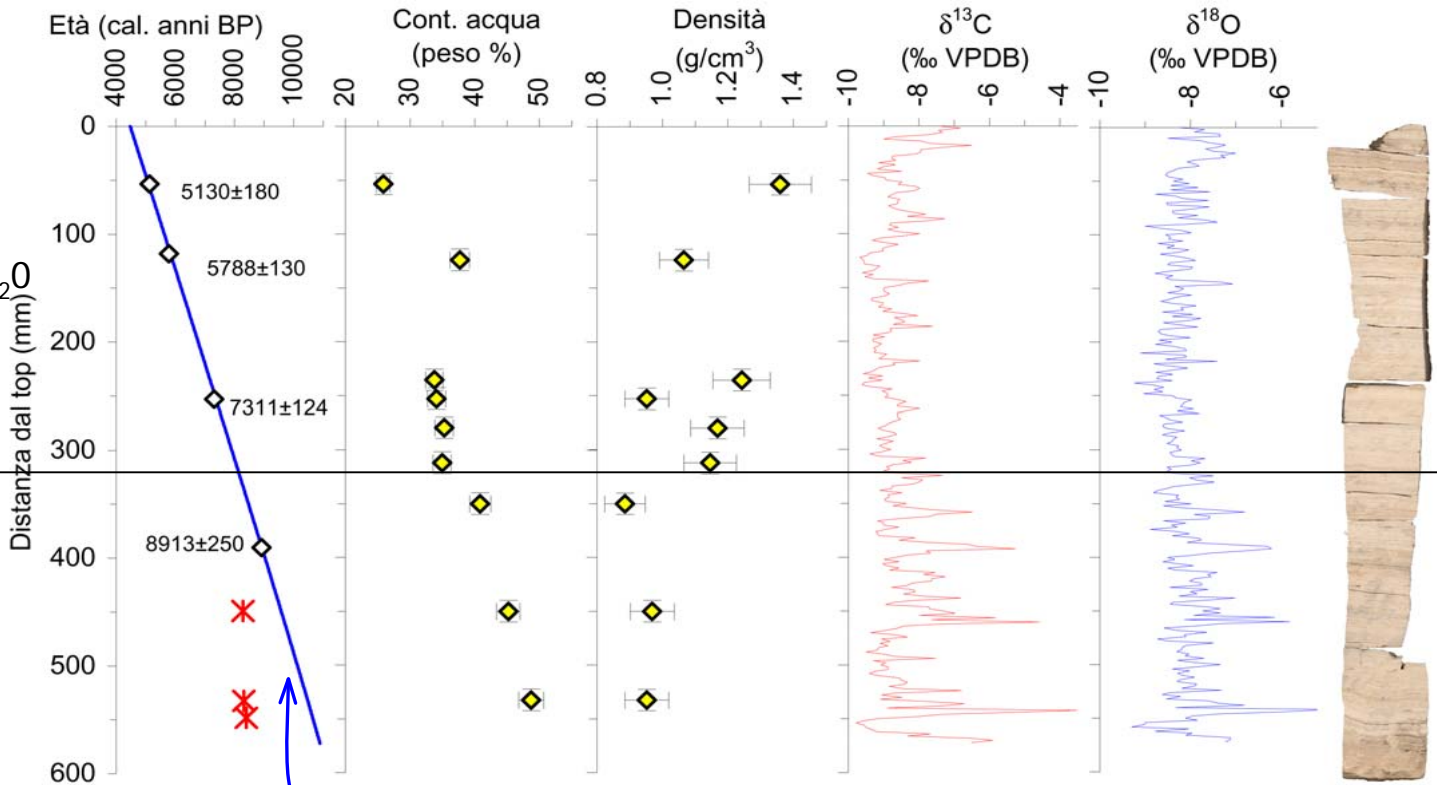
La colata di tufo calcareo del Bus de la Spia - analisi chimico-fisiche

Unità 2:

- densità+alta,
- basso contenuto H₂O
- valori isotopici +stabili

Unità 1:

- densità+bassa,
- alto contenuto H₂O
- diversi picchi nei valori isotopici



Modello di età: best-fit età ¹⁴C AMS + conteggio completo
6050 lamine annuali:

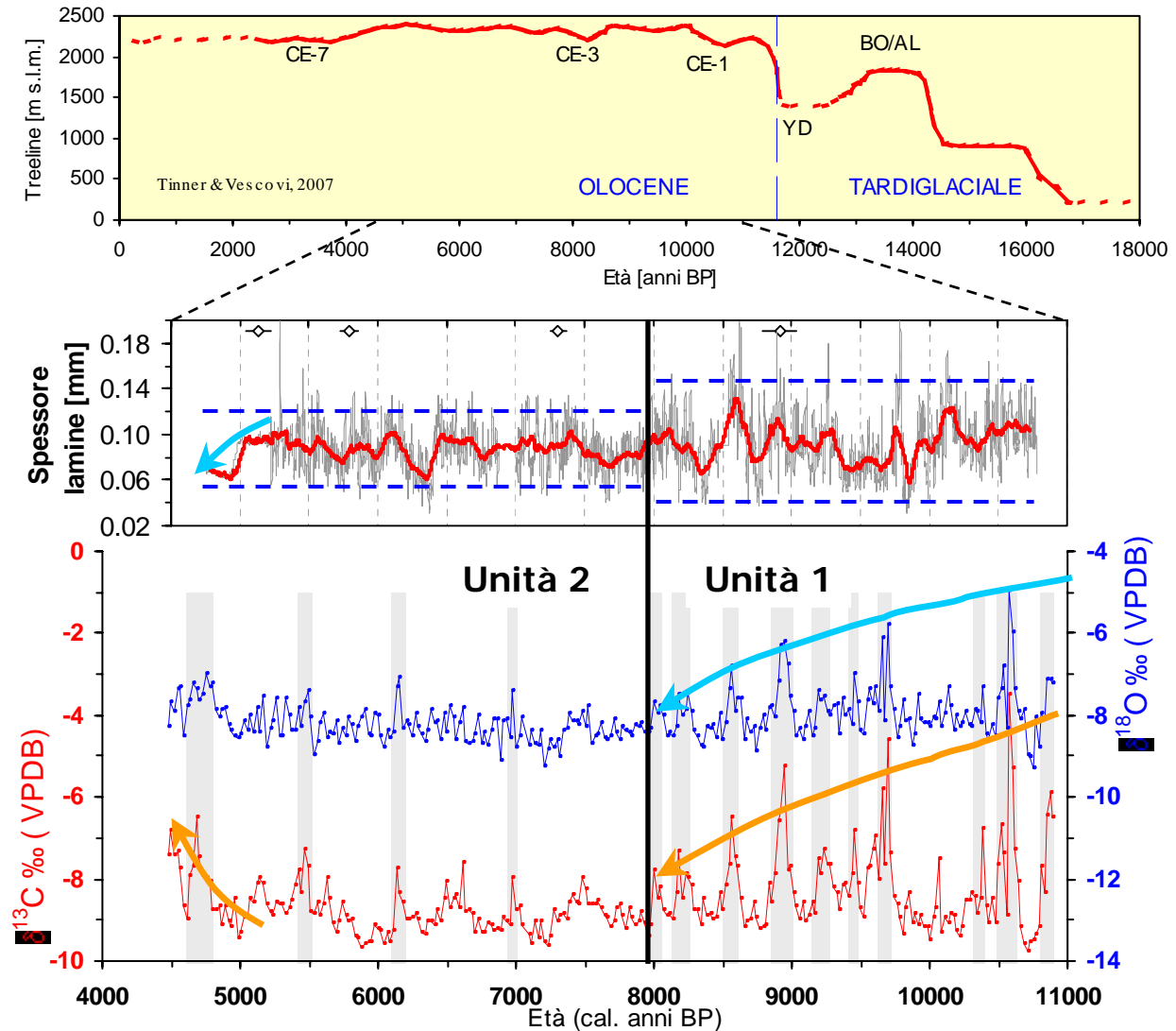
- Inizio: 10,890±150; Fine: 4,470±200 cal. yrs BP
- Tasso di crescita: 89 ±33 μm/anno

Parte 2. L'Olocene (ultimi 10.000 anni) al Bus de la Spia

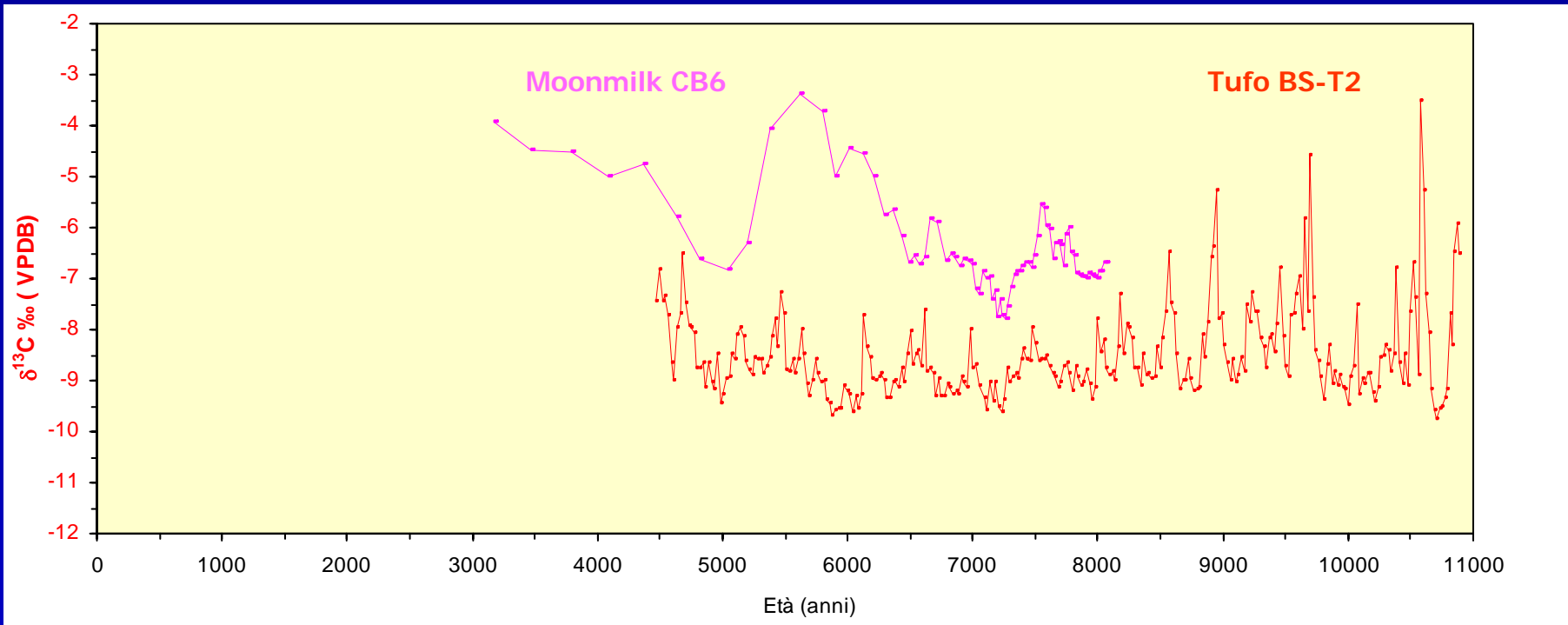
La colata di tufo calcareo del Bus de la Spia - isotopi: contributo detritico

- **Unità 1:** elevata variabilità inter-annuale = maggior contrasto stagionale; diminuzione dei valori assoluti nei picchi (*) del $\delta^{13}\text{C}$ e $\delta^{18}\text{O}$ = progressiva stabilizzazione e pedogenesi dei suoli.
- **Unità 2:** minor variabilità inter-annuale = basso contrasto stagionale; pochi picchi (*) del $\delta^{13}\text{C}$ e $\delta^{18}\text{O}$ = completa stabilizzazione dei suoli.
- **Parte terminale U2:** diminuzione tasso di crescita e aumento $\delta^{13}\text{C}$ = diminuzione termica

(*) le fasce verticali evidenziano i picchi dovuti alla presenza di particolato detritico = periodi + piovosi



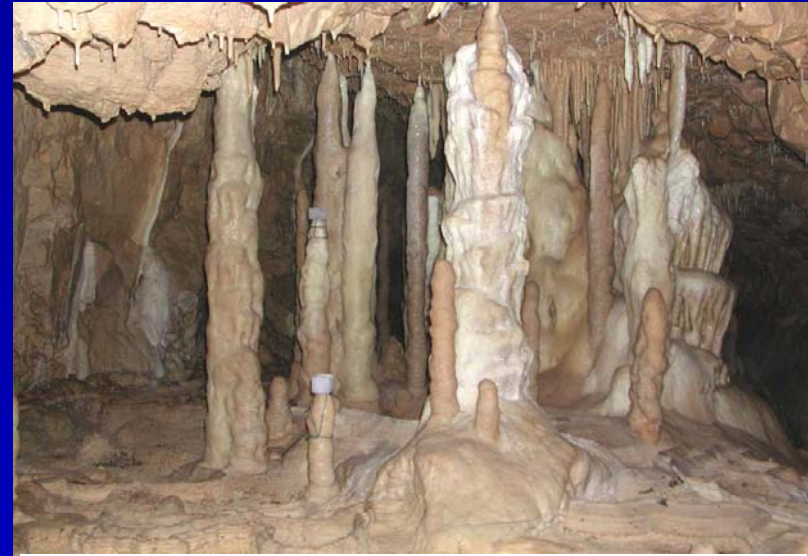
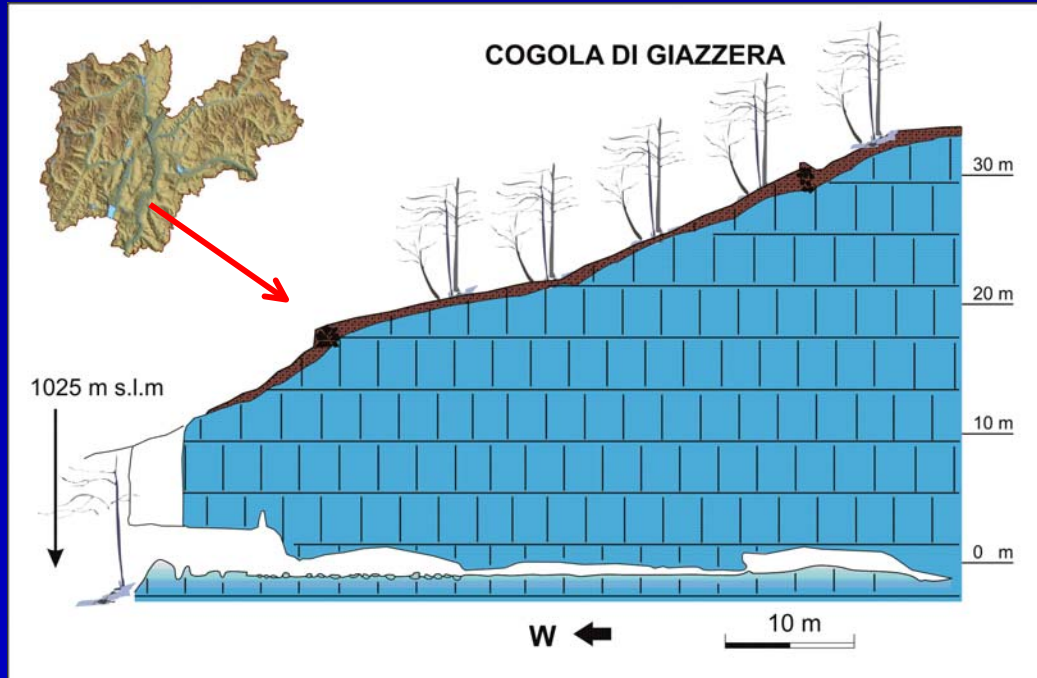
Parte 2. L'Olocene (ultimi 10.000 anni) al Bus de la Spia



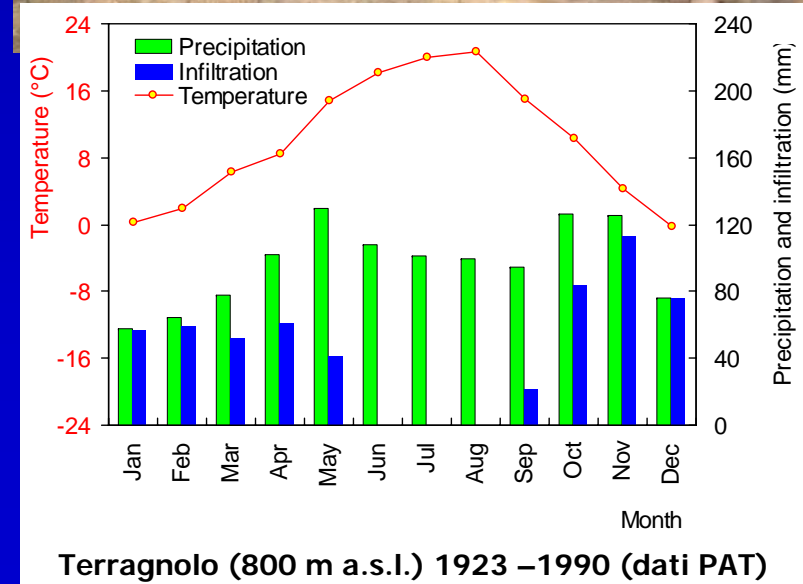
1. Gli speleotemi analizzati hanno iniziato a formarsi a 11.000 (fondovalle) e 8.200 (aree montane)
2. Olocene inferiore: progressiva stabilizzazione e pedogenesi dei suoli; piovosità e variabilità interannuale elevate.
3. A partire da 5.000 anni raffreddamento con rallentamento della pedogenesi e interruzioni di crescita intorno a 4.500, 3.100

Parte 3. Ricostruzione delle temperature degli ultimi 1.000 anni (Cogola di Giazzera)

Inquadramento geologico e climatico

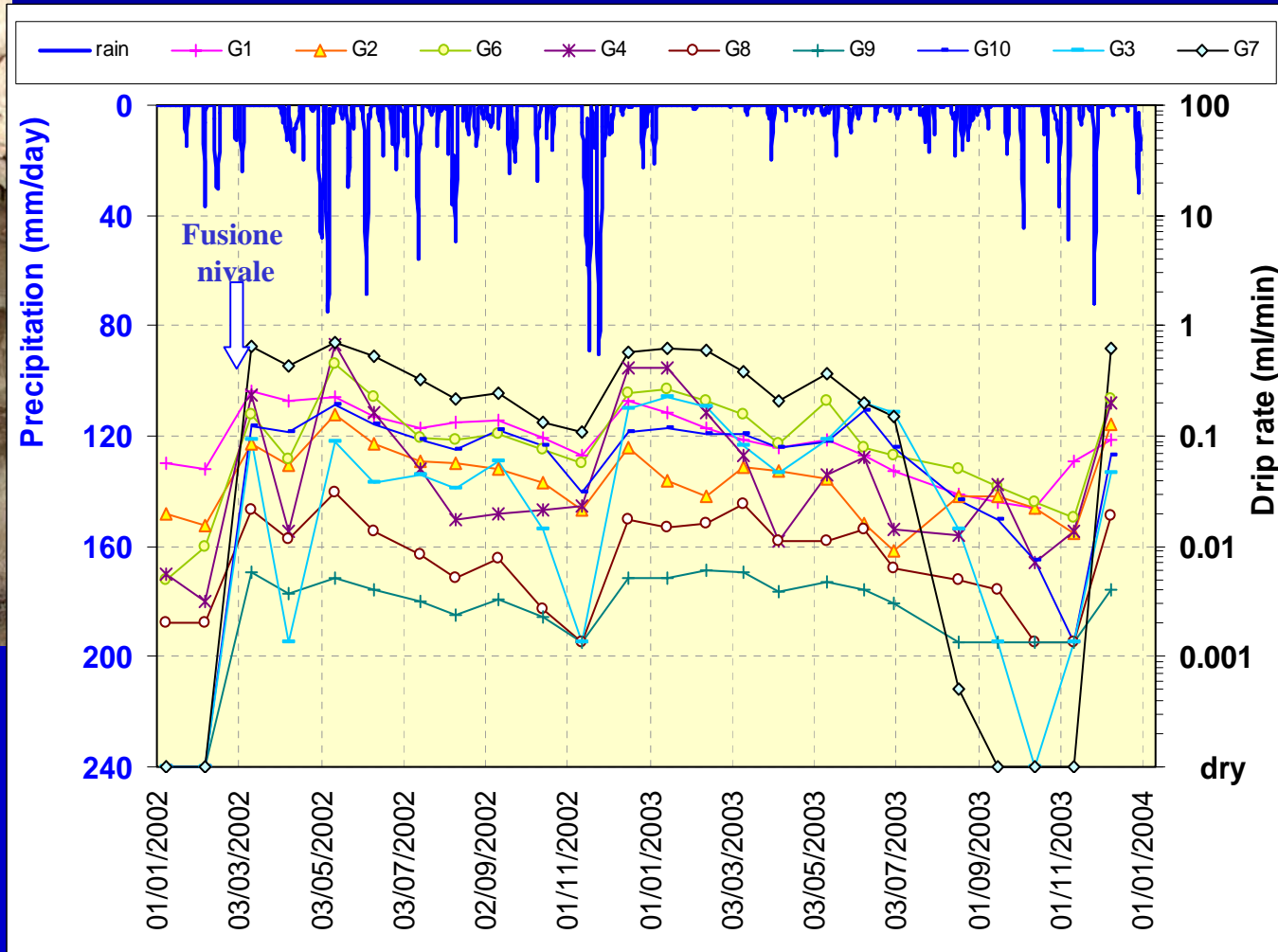
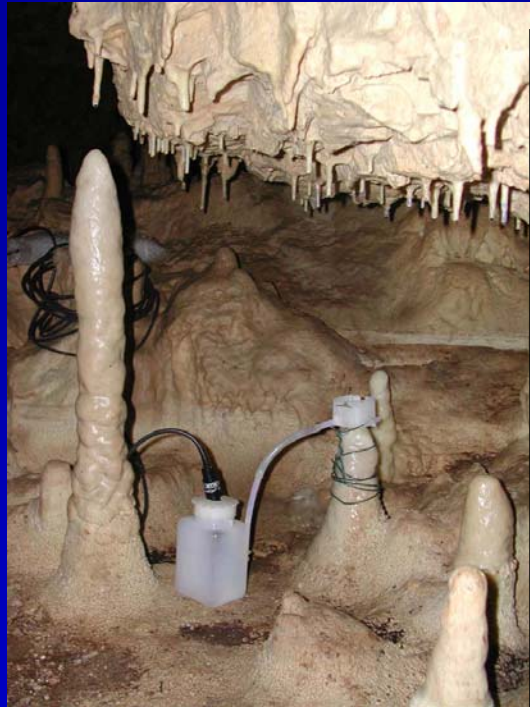


- Grotta poco profonda in calcari fessurati -> prevalente flusso in frattura
- Infiltrazione bimodale con max autunnale
- Estate: deficit idrico
- $T^{\circ} = 8.1 \pm 0.1^{\circ}\text{C}$; UR < 100%



Parte 3. Ricostruzione delle temperature degli ultimi 1.000 anni (Cogola di Giazzera)

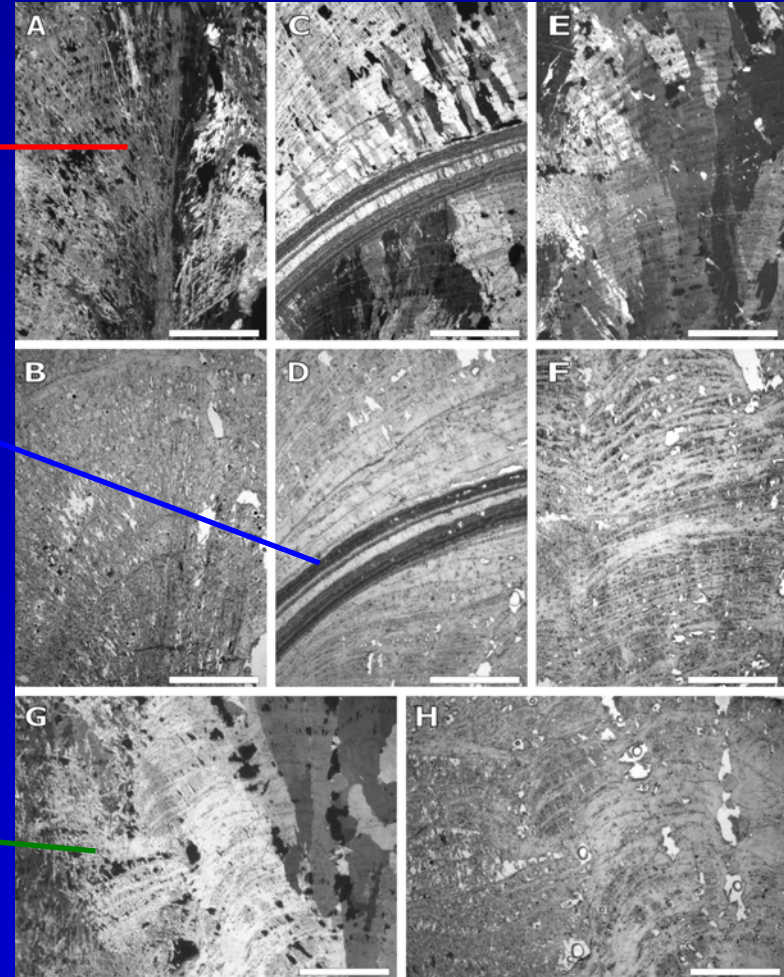
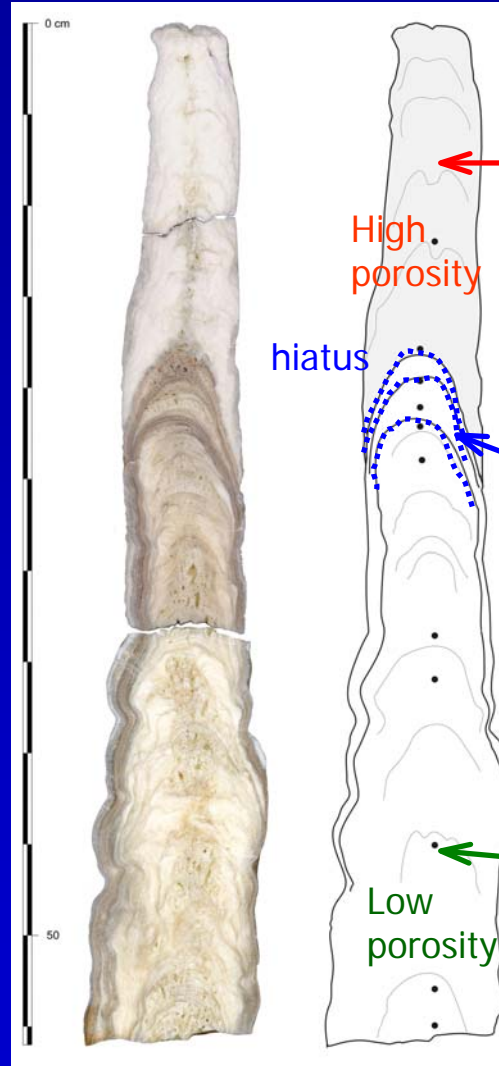
Monitoraggio: Velocità di gocciolamento stalattiti: Renza Miorandi



- tutte le stalattiti rispondono agli eventi infiltrativi
- forte segnale stagionale

Parte 3. Ricostruzione delle temperature degli ultimi 1.000 anni (Cogola di Giazzera)

Stalagmite GZ1 - stratigrafia e petrografia



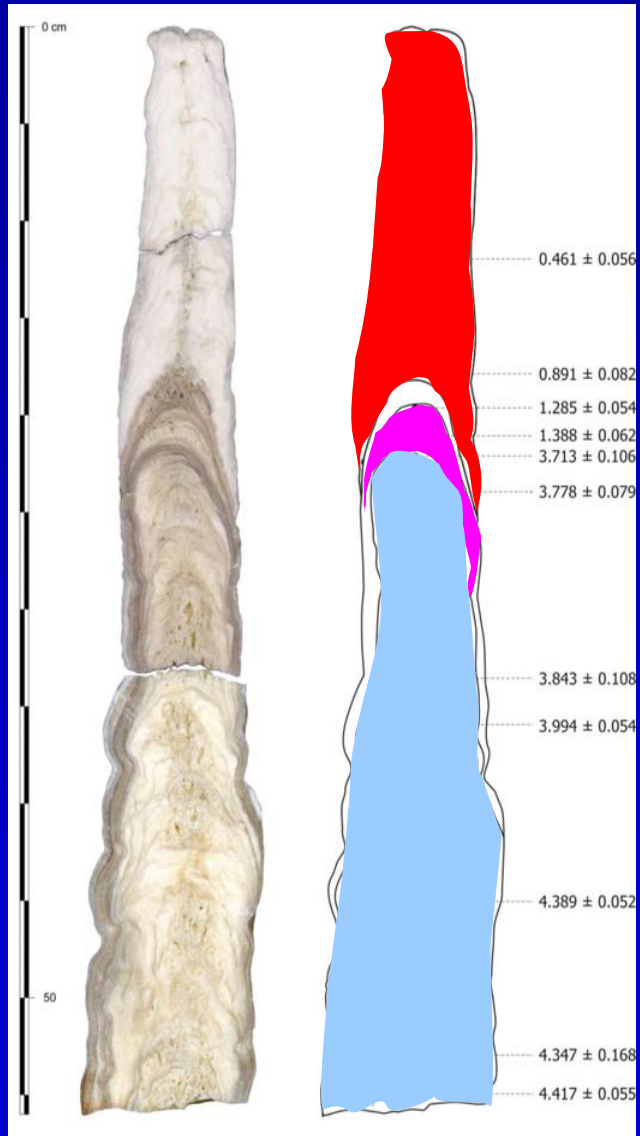
Scale = 4 mm

• stalagmite a candela 57 cm

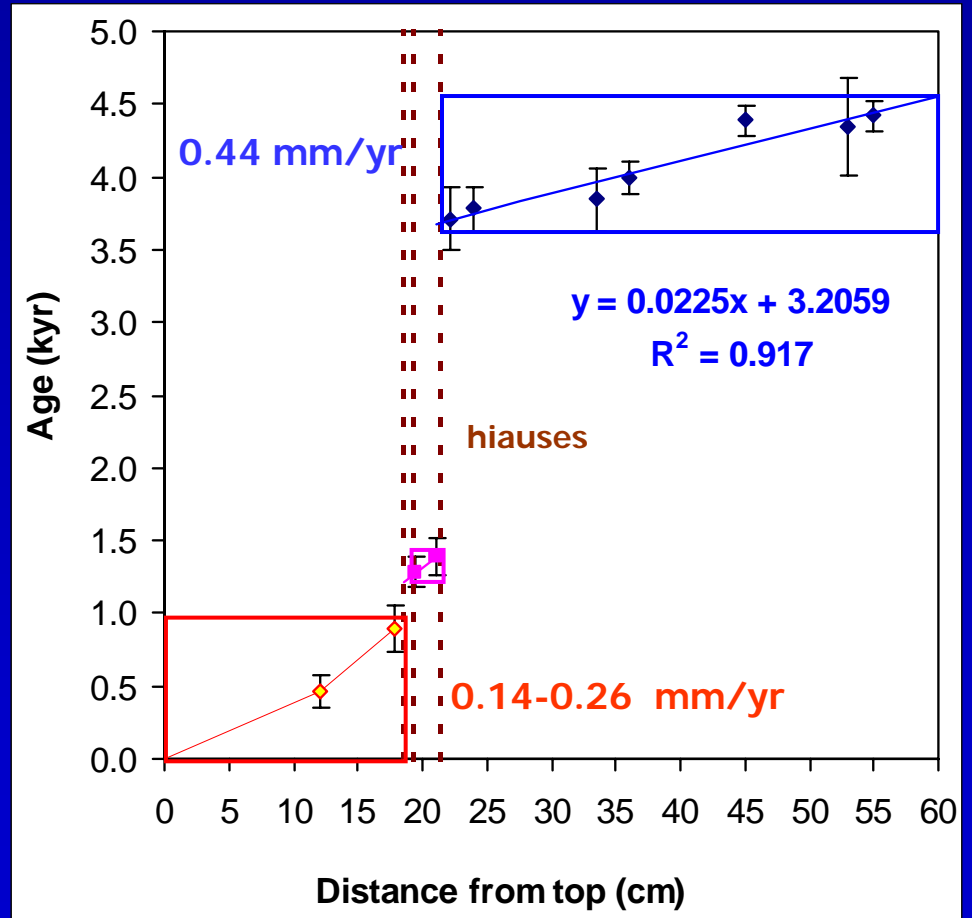
- Prevalente tessitura dendritica-laminata con livelli condensati ricchi in materia organica

Parte 3. Ricostruzione delle temperature degli ultimi 1.000 anni (Cogola di Giazzera)

Stalagmite GZ1 - datazioni radiometriche

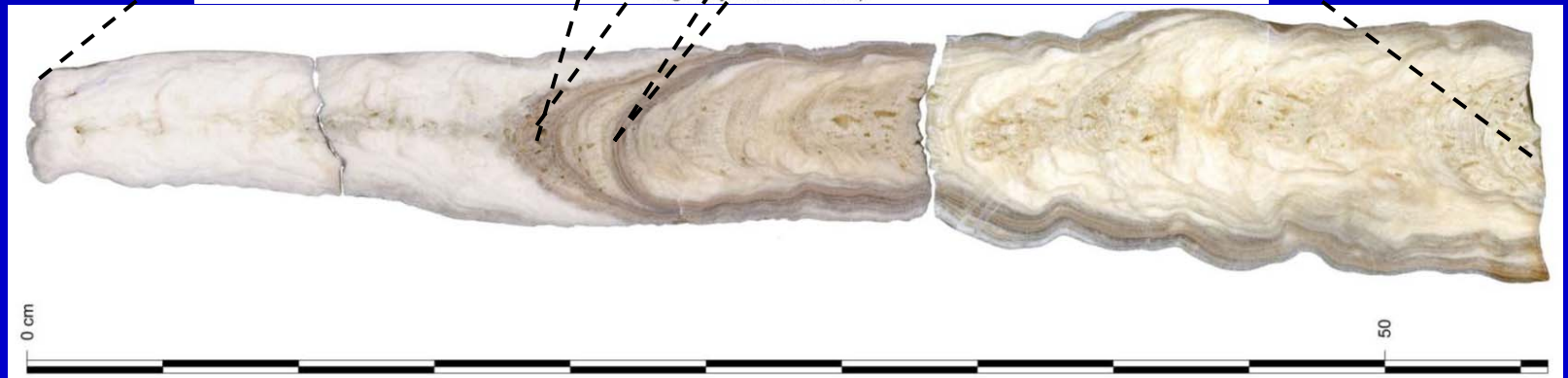
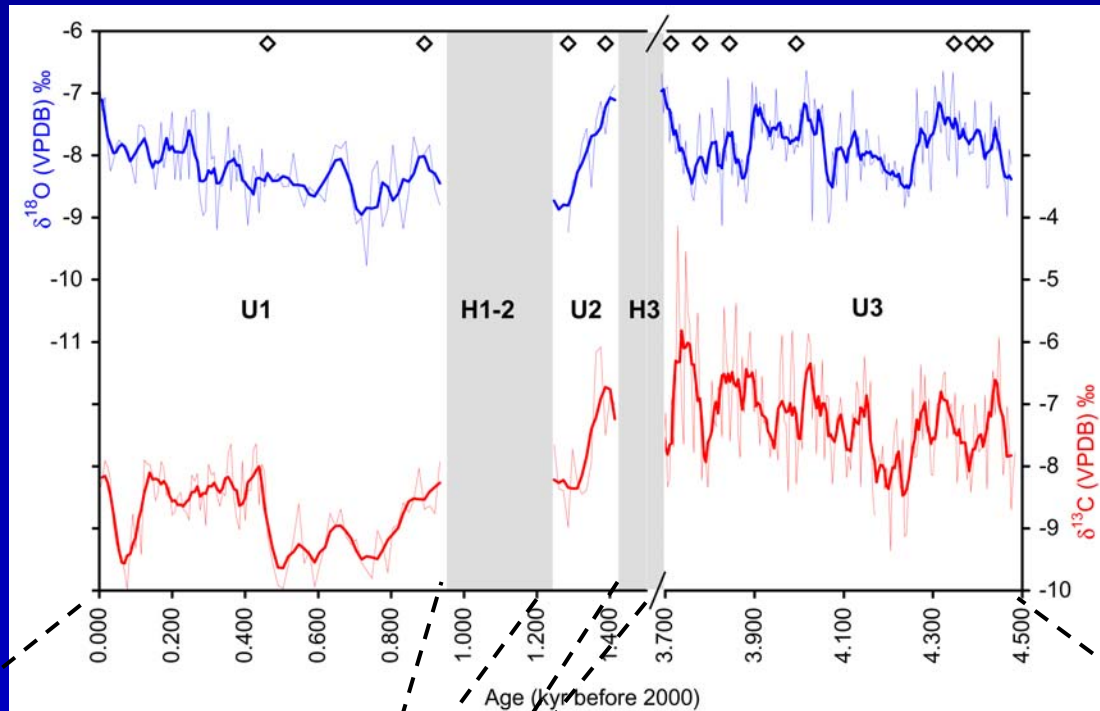


- 11 datazioni U/Th:
- 3 episodi di crescita: 4500 - 3700
1410 - 1280 anni; 1000 anni - attuale



Parte 3. Ricostruzione delle temperature degli ultimi 1.000 anni (Cogola di Giazzera)

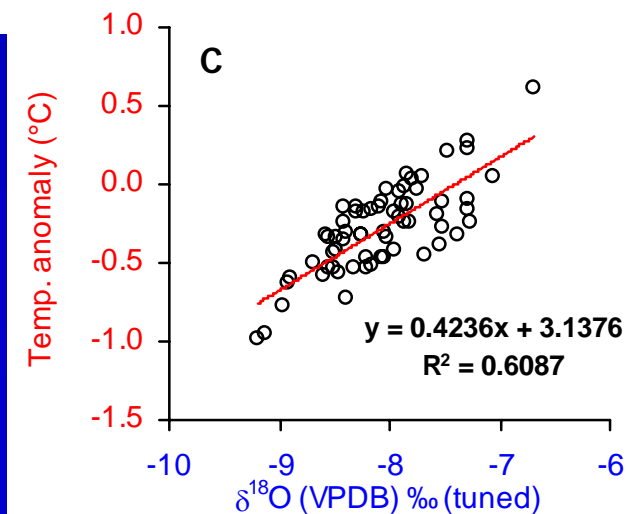
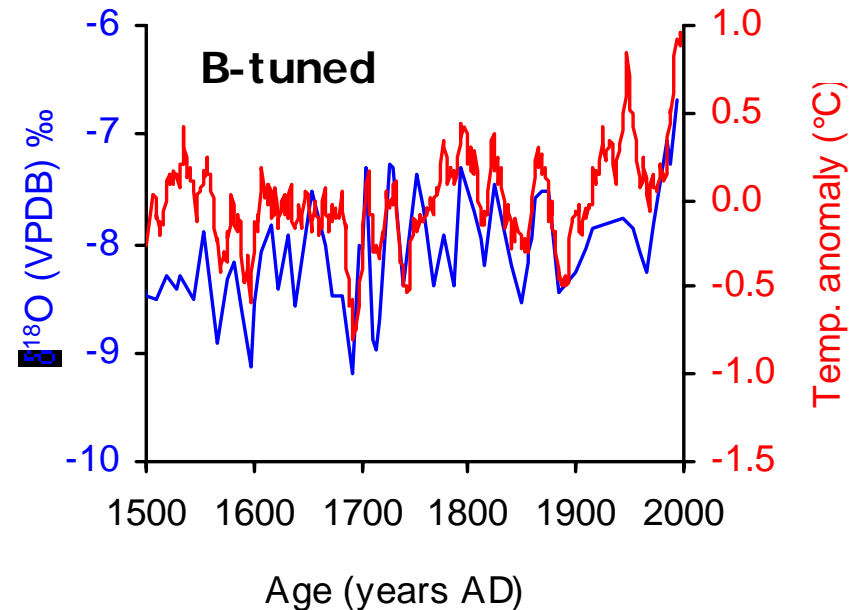
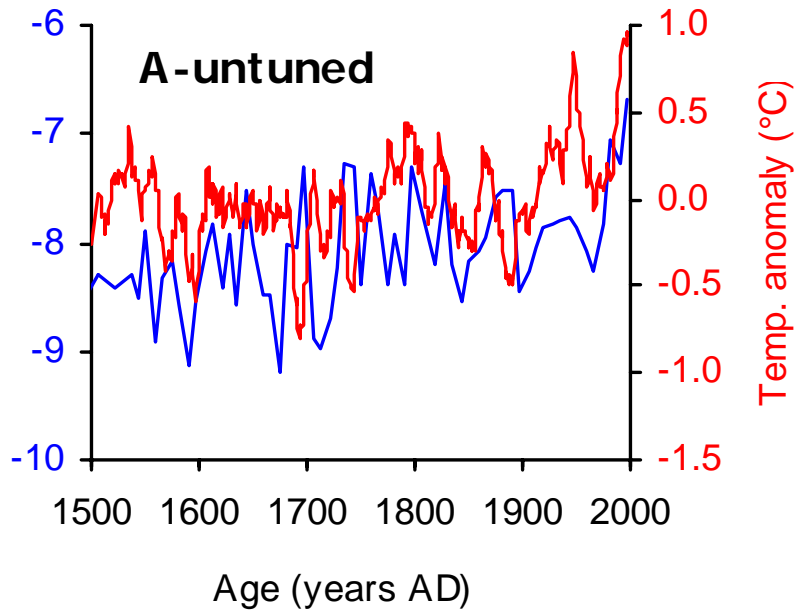
Stalagmite GZ1 - serie isotopiche



- Intervallo campionamento 2 mm : risoluzione 4 - 15 anni

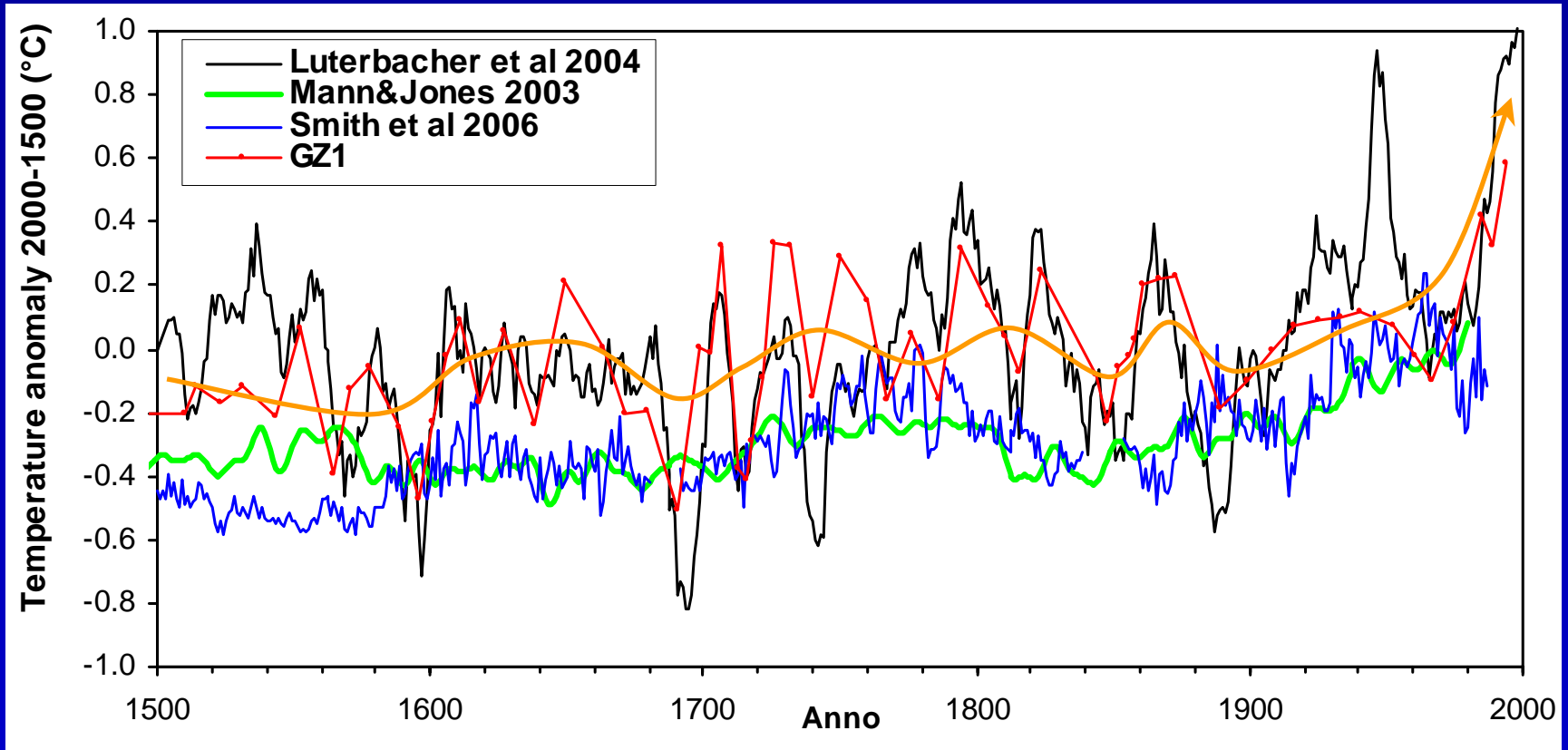
Parte 3. Ricostruzione delle temperature degli ultimi 1.000 anni (Cogola di Giazzera)

Stalagmite GZ1 - calibrazione $\delta^{18}\text{O}$ - temperature



- Correlazione positiva tra $\delta^{18}\text{O}$ e la T. media annua per le Alpi ricostruita da Luterbacher et al. (2004).
- "Tuning": correzione massima ± 19 anni
- $\Delta\delta^{18}\text{O}_c/dT$: 1‰ $\delta^{18}\text{O}$ = 0.42°C (rm11 yr)

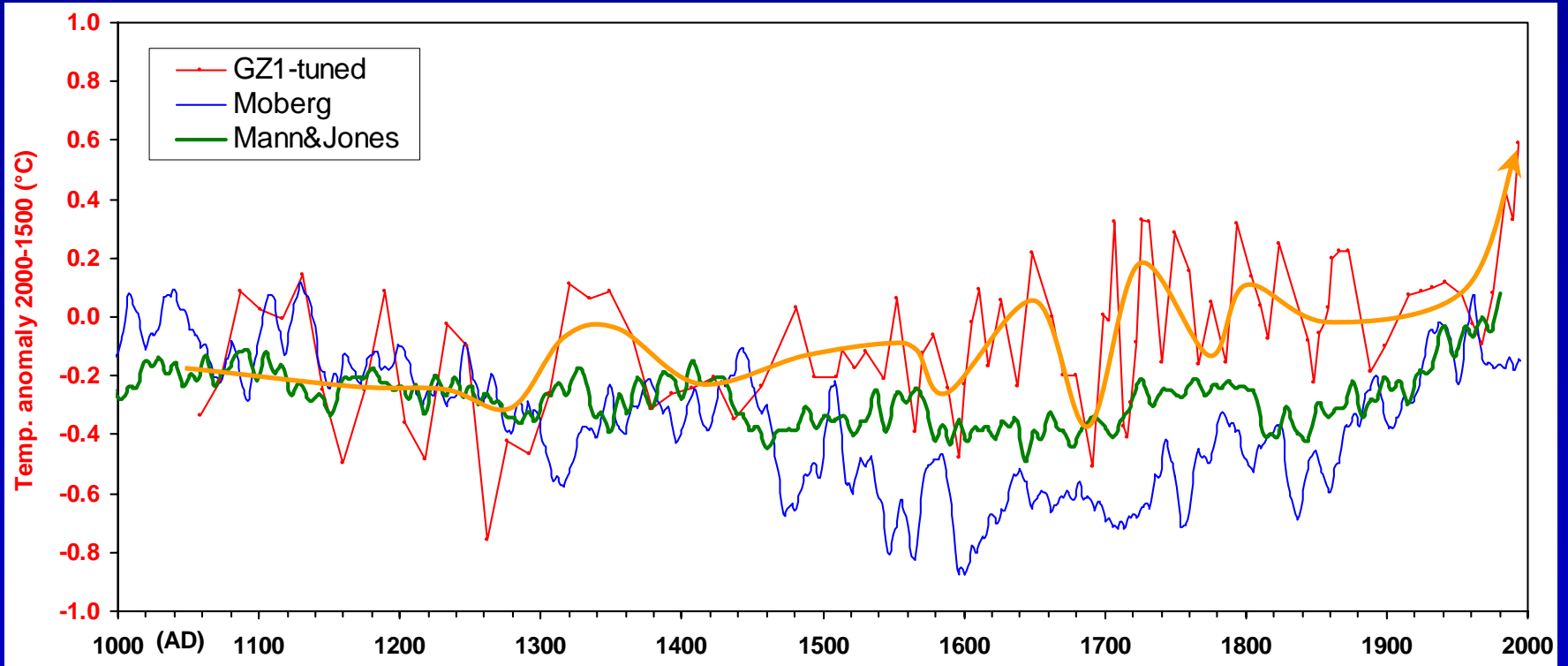
Stalagmite GZ1 - ricostruzione temperature



- Andamento simile tra GZ1 e la ricostruzioni da speleotemi di Smith et al. 2006
- Sensitività maggiore di GZ1: serie unica non filtrata
- Impennata delle T negli ultimi decenni

Parte 3. Ricostruzione delle temperature degli ultimi 1.000 anni (Cogola di Giazzera)

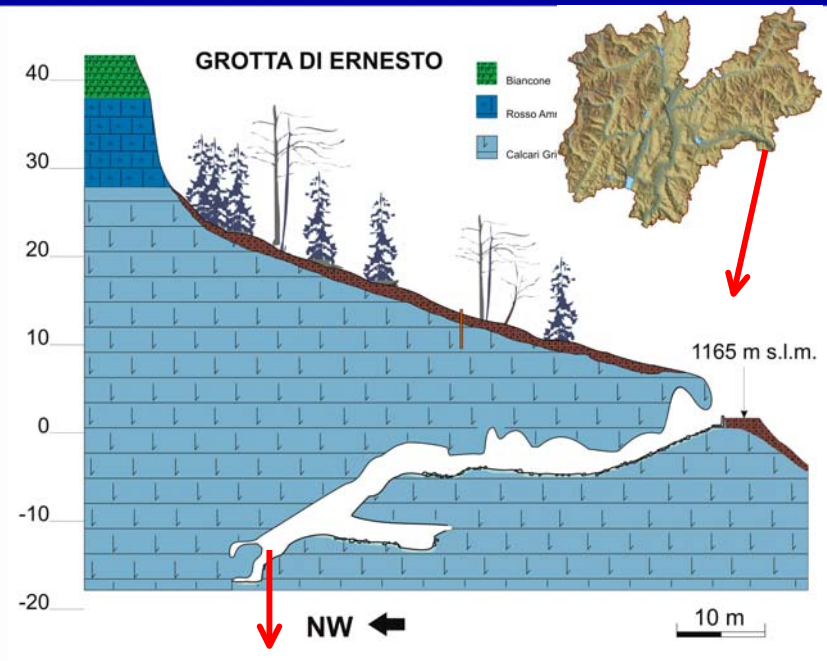
Stalagmite GZ1 - ricostruzione temperature



Confronto tra l'anomalia di temperatura calcolata dal $\delta^{18}O_c$ della stalagmite GZ1 per gli ultimi 1000 anni e altre ricostruzioni di temperatura dell'emisfero Nord (Mann & Jones 2003; Moberg et al. 2003, media mobile 7 anni)

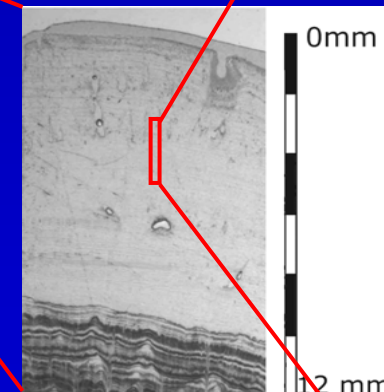
Il segnale del $\delta^{18}\text{O}$ durante gli ultimi 1.000 anni è controllato principalmente dalla temperatura media annua e risponde prontamente alle sue fluttuazioni

Parte 4. Ricostruzioni a scala annuale e sub-annuale degli ultimi 150 anni (Grotta di Ernesto)

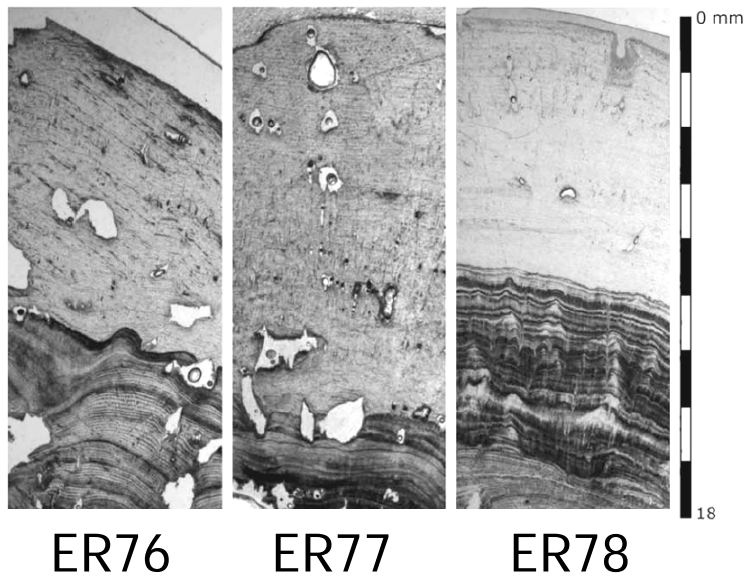


Le stalagmiti recenti della Grotta di Ernesto sono caratterizzate da lamine annuali costituite da:

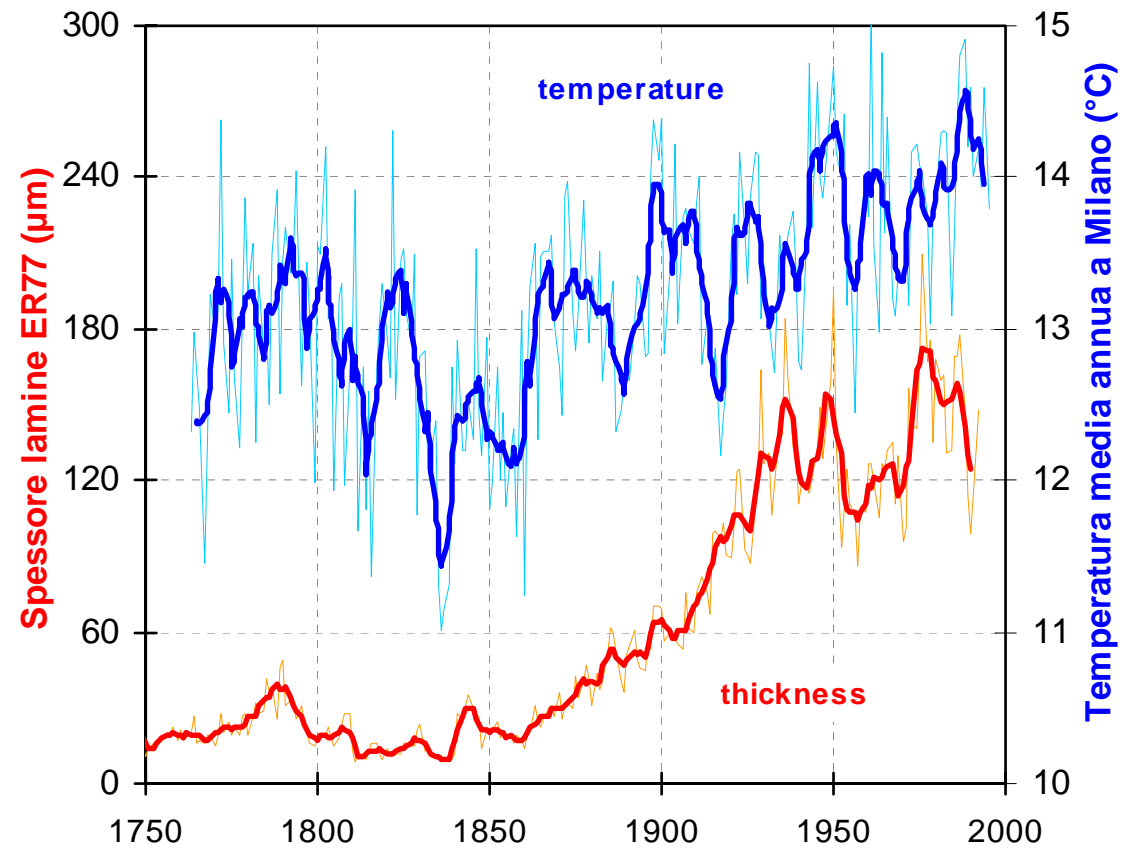
1. Livelli di calcite traslucida non-UV-fluorescenti (spessore 15 - 250 μm)
2. Sottilissimi (0.5 - 4 μm) livelli bruni UV-fluorescenti



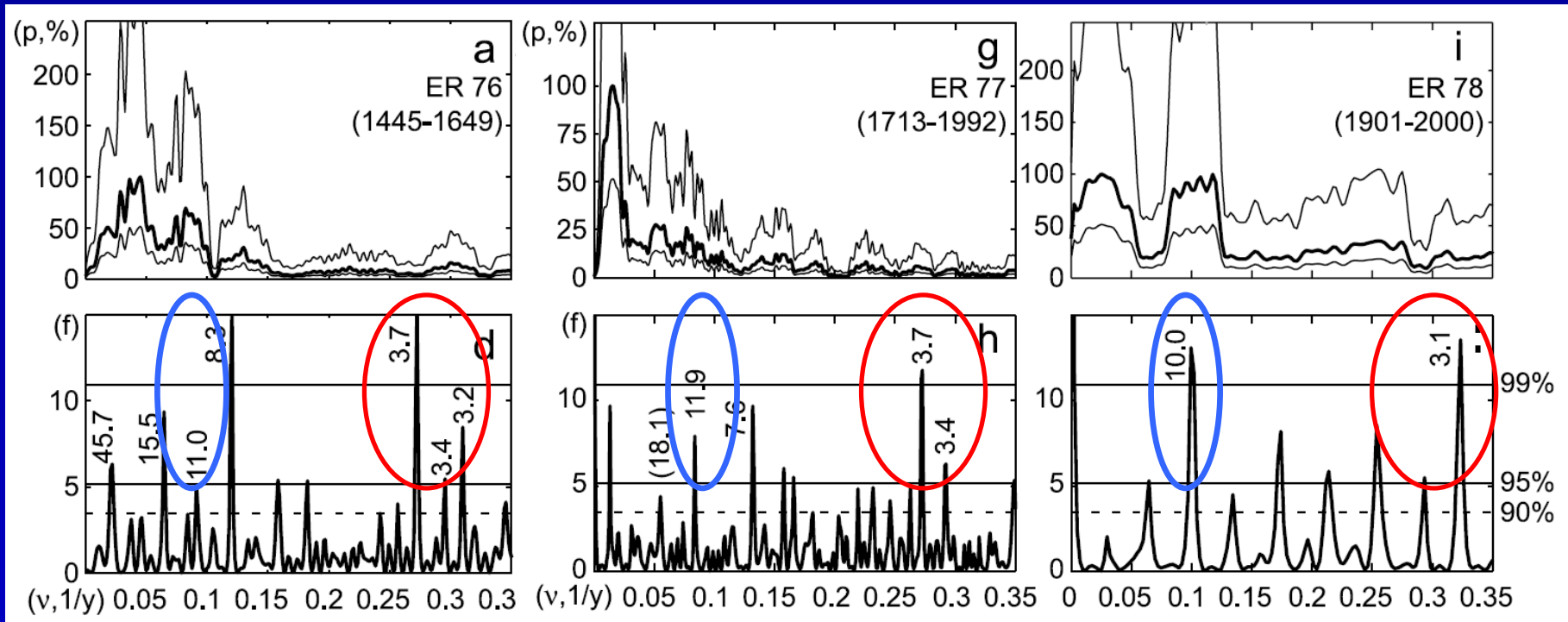
Parte 4. Ricostruzioni a scala annuale e sub-annuale degli ultimi 150 anni (Grotta di Ernesto)



In tre diverse stalagmiti si è osservata una relazione diretta tra spessore delle lamine annuali e temperatura media annua (Frisia et al. 2003)



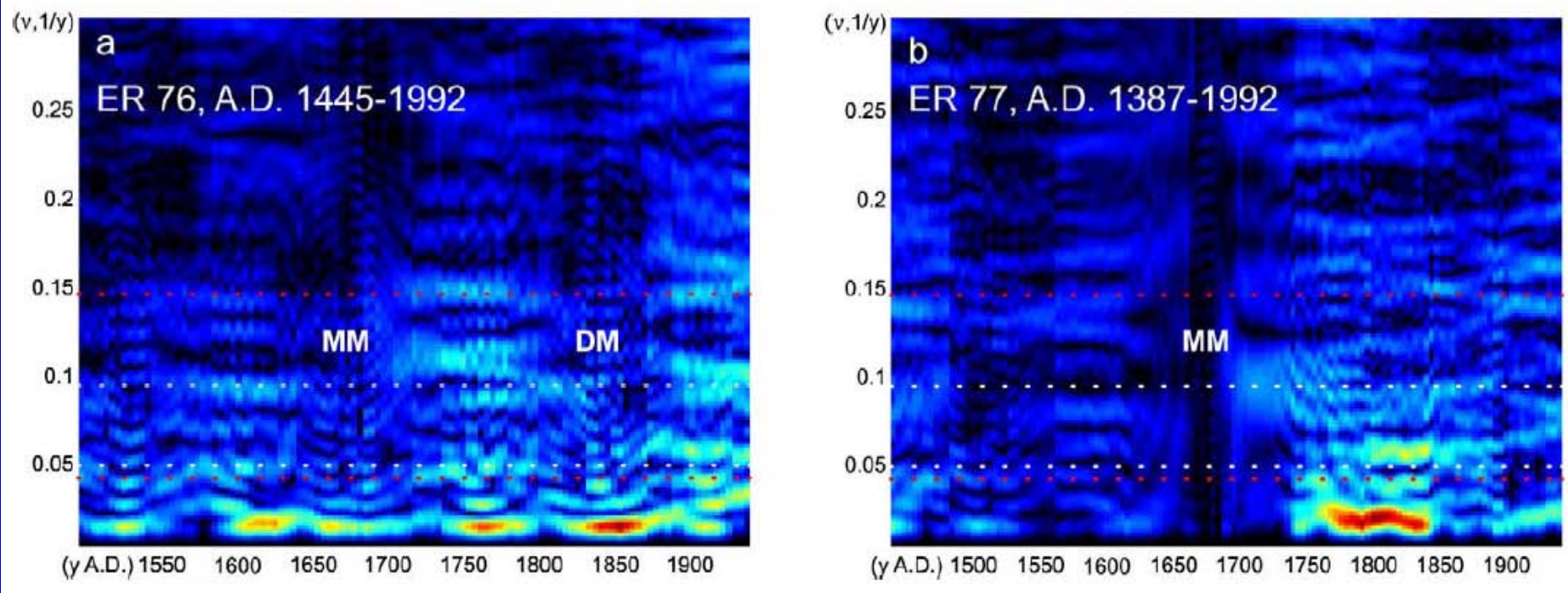
Parte 4. Ricostruzioni a scala annuale e sub-annuale degli ultimi 150 anni (Grotta di Ernesto)



Densità spettrale (a,g,i) e test di frequenza su analisi armoniche (d,h,i) per porzioni continue delle stalagmiti ER76, ER77 e ER78.

- la densità spettrale si concentra a periodi di ca. 11 anni (cicli delle macchie solari)
- la densità spettrale con periodi di 3-4 anni è in relazione con il ciclo del NAO (Oscillazione Nord Atlantica)

Parte 4. Ricostruzioni a scala annuale e sub-annuale degli ultimi 150 anni (Grotta di Ernesto)



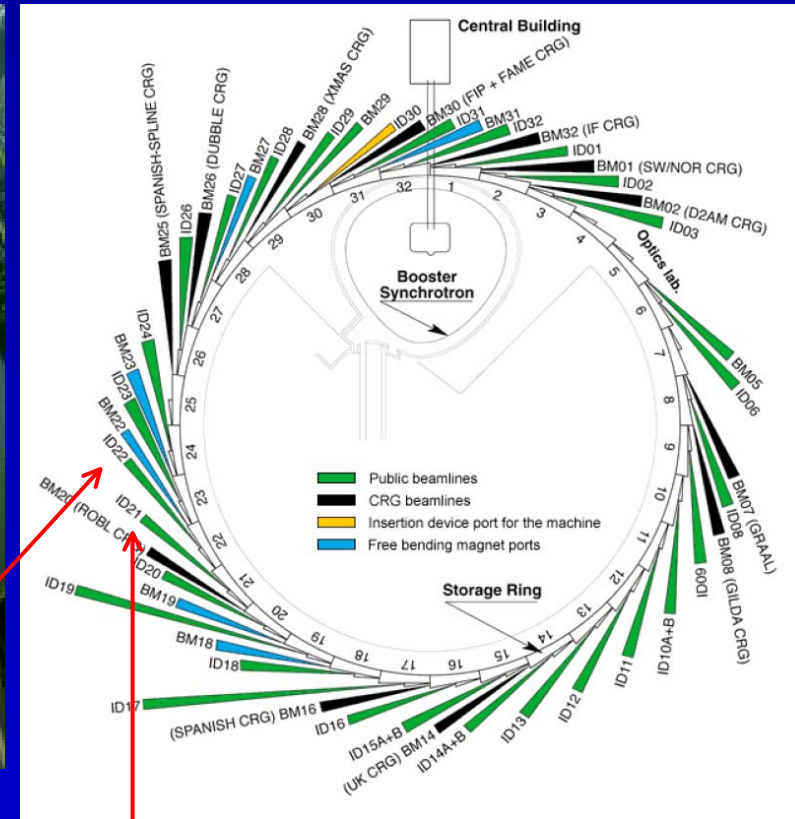
Analisi tempo-frequenza (spetrogrammi) spessore delle lamine delle stalagmiti ER76, ER77:

In entrambi gli spetrogrammi MM e DM indicano la perdita di energia spettrale corrispondente ai minimi di Maunder (1670) e Dalton (1850) di radiazione solare.

Le linee bianche tratteggiate indicano la posizione attesa delle linee spettrali relative ai cicli solari a 1/11 e 1/22 cicli/yr; Le linee rosse tratteggiate indicano la posizione attesa delle linee spettrali relative al NAO a 1/7 e 1/26 cicli/yr.

Parte 4. Ricostruzioni a scala annuale e sub-annuale degli ultimi 150 anni (Grotta di Ernesto)

-> Anche gli elementi in traccia nelle stalagmiti rispondono alle fluttuazioni climatiche?

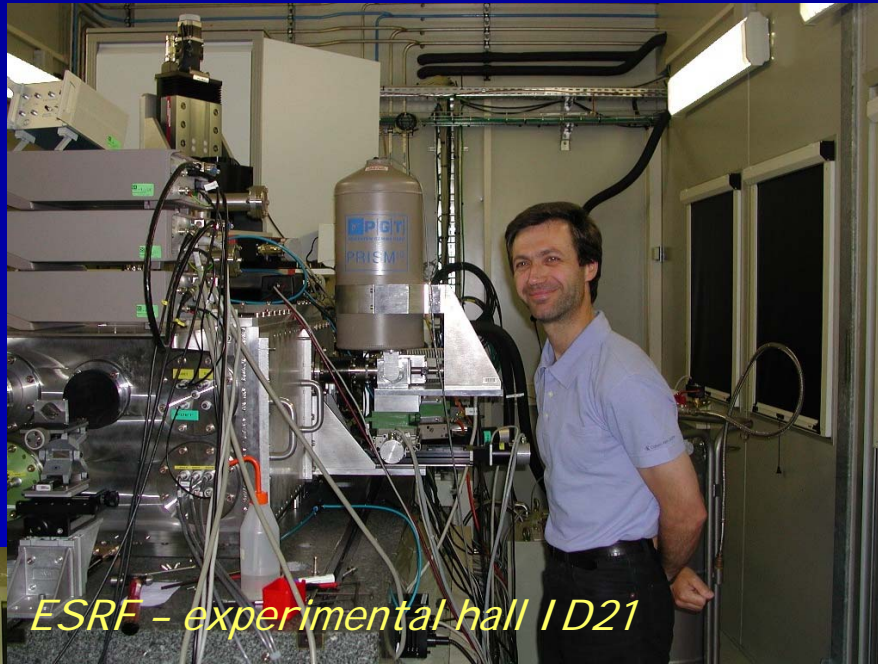


Beamline ID22 hard X-ray
10-40 KeV

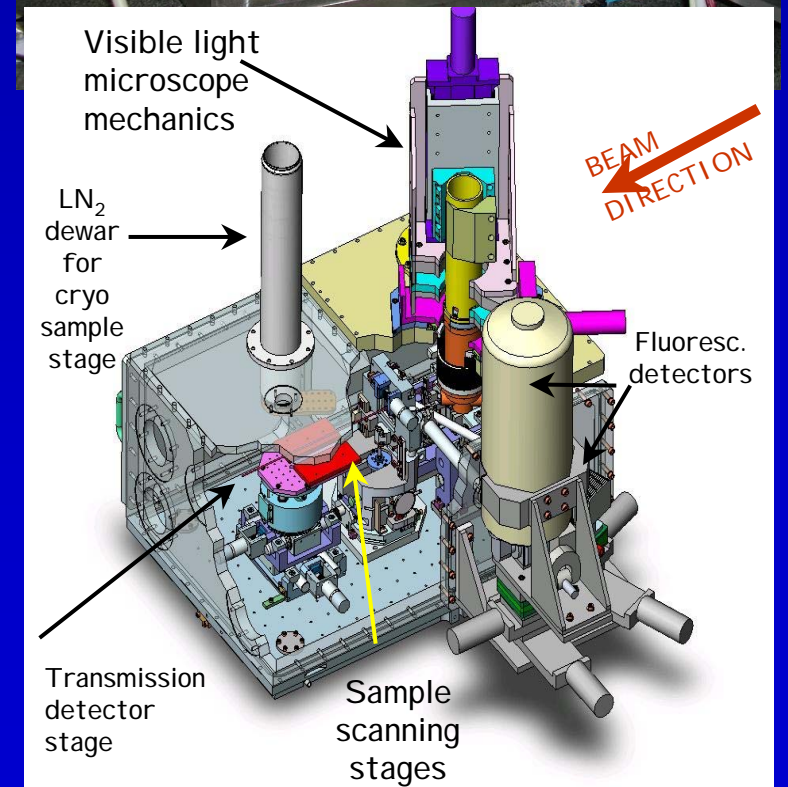
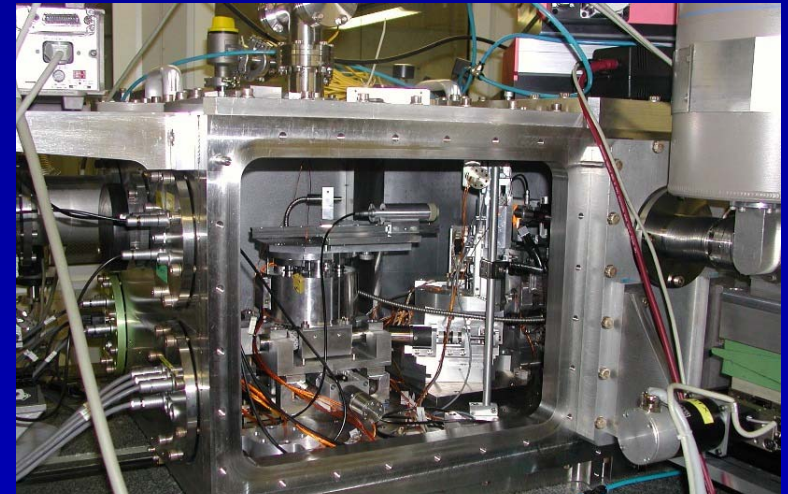
Beamline ID21 soft X-ray
1-10 KeV



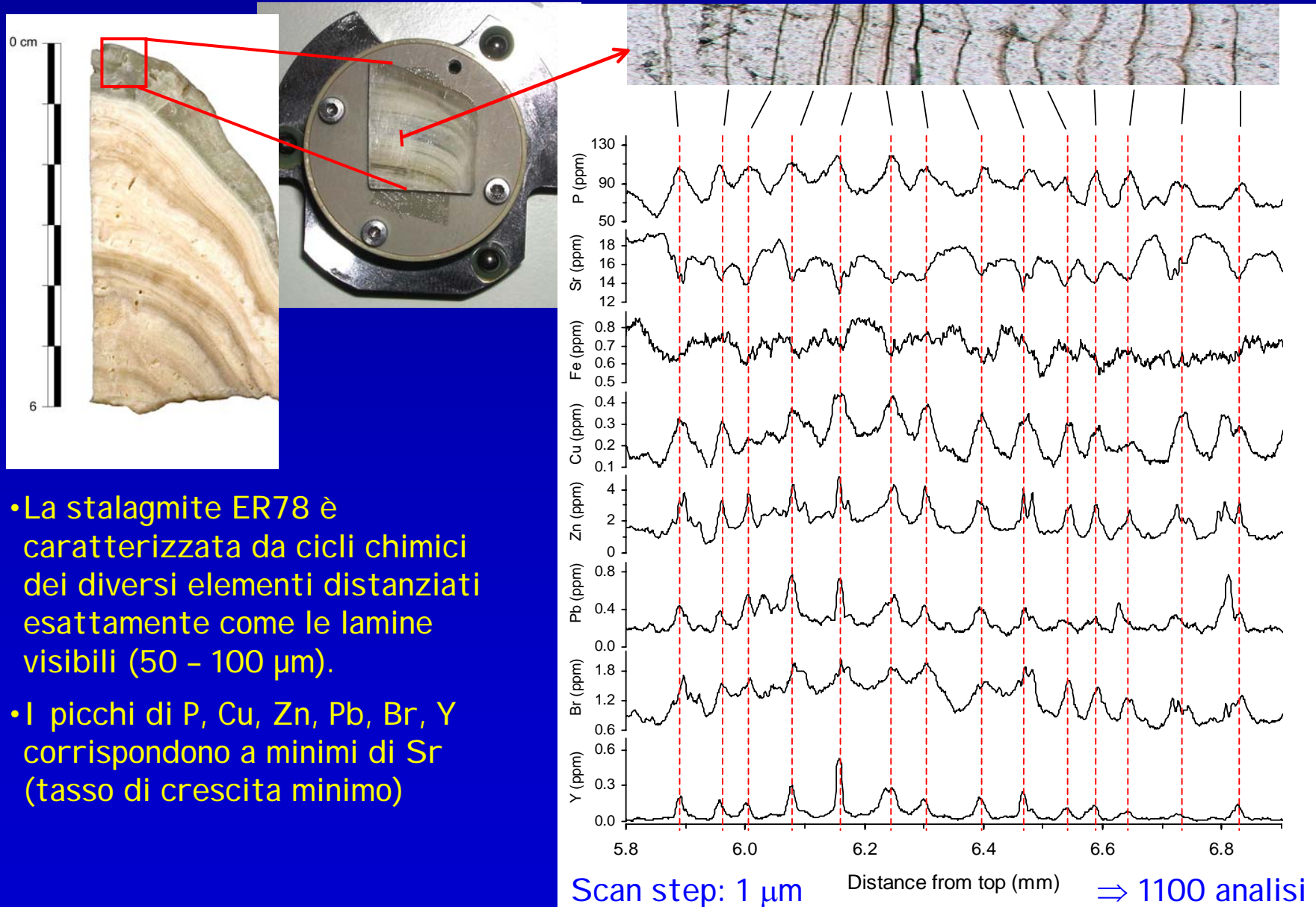
Parte 4. Ricostruzioni a scala annuale e sub-annuale degli ultimi 150 anni (Grotta di Ernesto)



ESRF - experimental hall ID21



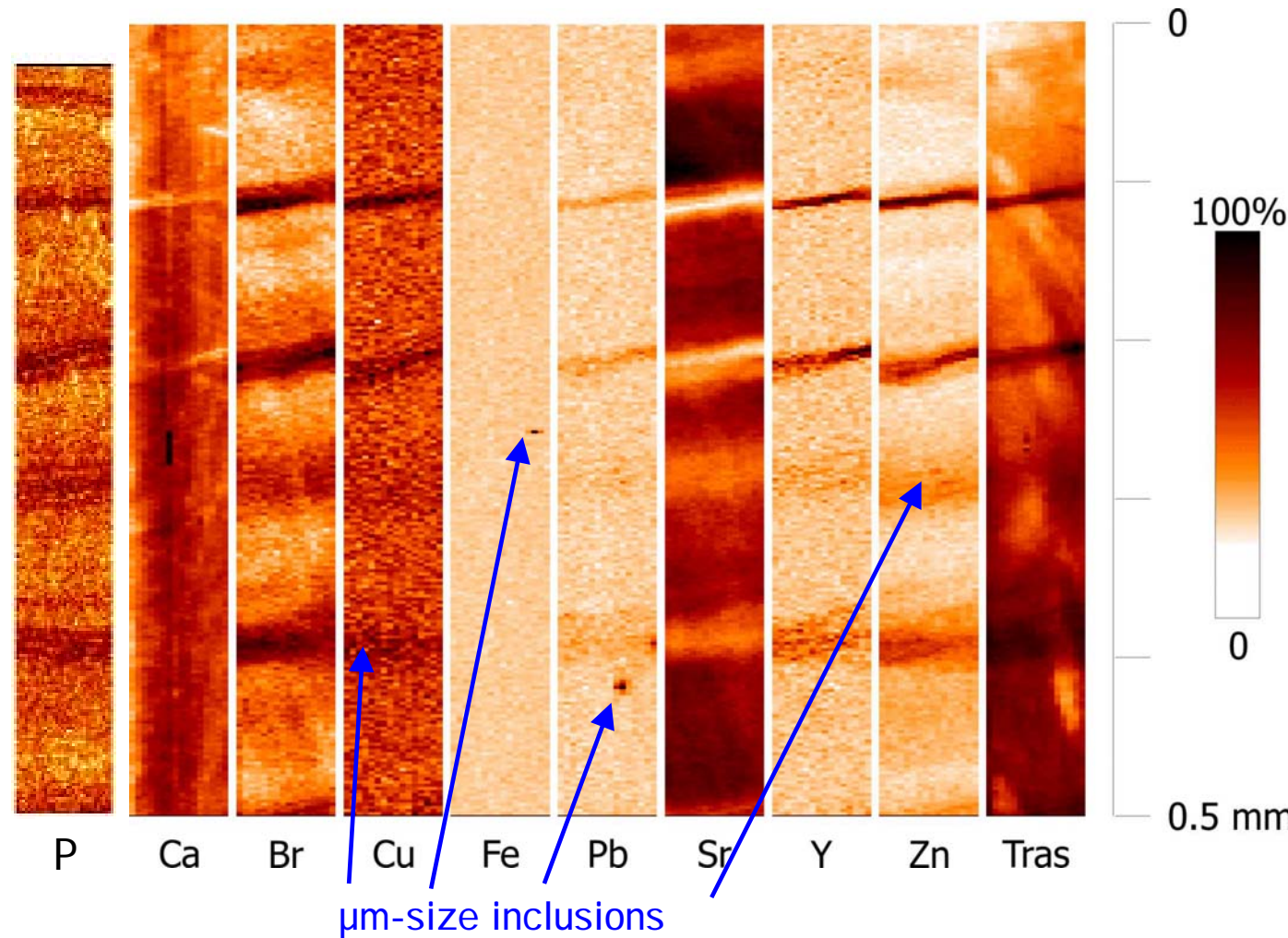
Parte 4. Ricostruzioni a scala annuale e sub-annuale degli ultimi 150 anni (Grotta di Ernesto)



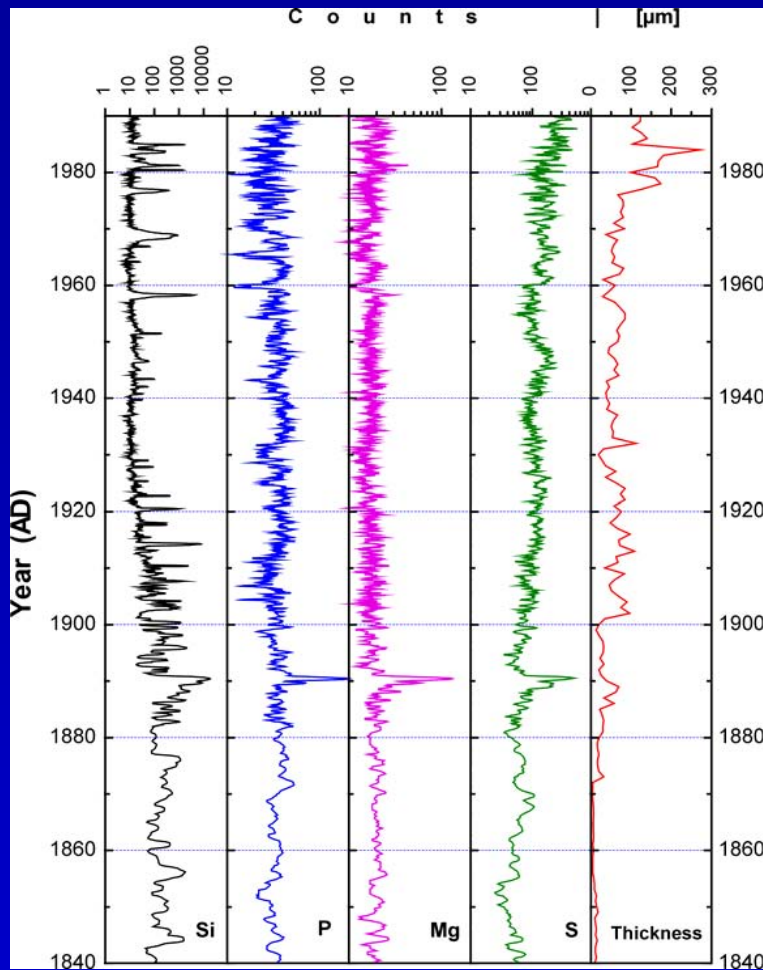
Parte 4. Ricostruzioni a scala annuale e sub-annuale degli ultimi 150 anni (Grotta di Ernesto)

Mappe μ -XRF (pixel size: 2 μ m). La distribuzione elementare conferma i cicli chimici evidenziati dalle scansioni: i picchi degli scan corrispondono a bande a maggiore (minore) concentrazione lateralmente continue:

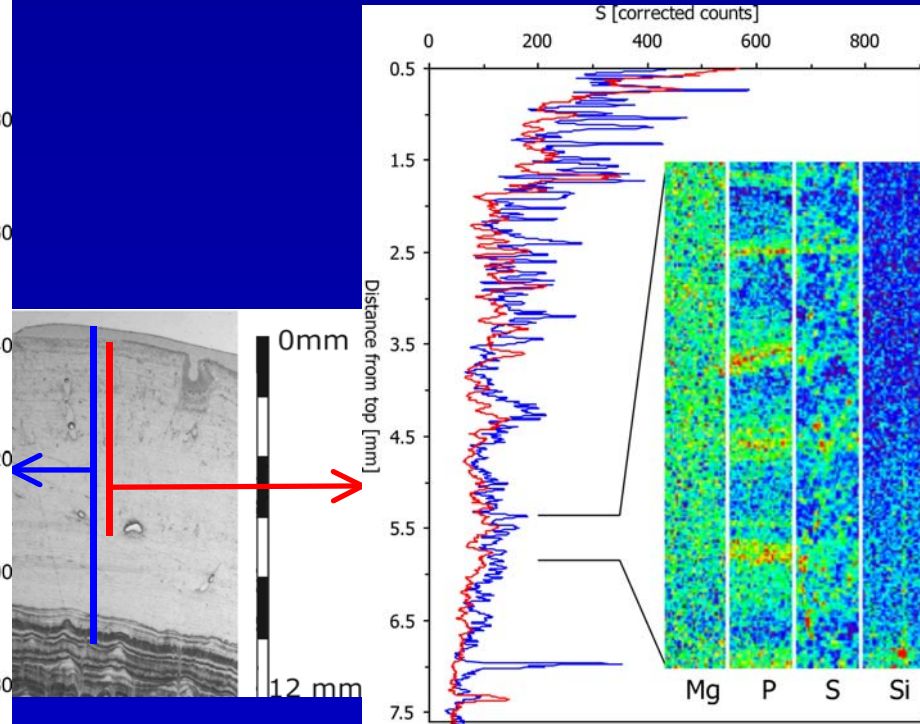
Le mappe chimiche riproducono le caratteristiche fisiche delle lamine visibili.



Parte 4. Ricostruzioni a scala annuale e sub-annuale degli ultimi 150 anni (Grotta di Ernesto)



Scansione continua ultimi 150 anni



- Aumento progressivo di S (solfati) che passa da 15-20 ppm alla fine del XIX secolo a 60 ppm ai giorni nostri

-> La concentrazione degli elementi in traccia è pertanto legata più a cause ambientali che climatiche.

Conclusioni generali e prospettive future

- Il monitoraggio microclimatico e idrologico sono la base di partenza per qualunque ricostruzione paleoclimatica da speleotemi
- Gli speleotemi laminati permettono la ricostruzione delle variabili climatiche a risoluzione annuale per gli ultimi millenni
- In alcune grotte lo spessore delle lamine annuali e la composizione isotopica dell'ossigeno ($\delta^{18}\text{O}$) risponde direttamente alle fluttuazioni di temperatura e registrano ciclicità riferibili alla radiazione solare e al NAO
- Grazie all'introduzione della tecnica μ -XRF (risoluzione temporale 5-10 giorni) e altre tecniche di microanalisi gli speleotemi si stanno rivelando la nuova frontiera negli studi paleoclimatici, come dimostra il sempre crescente numero di pubblicazioni su riviste ad alto I.F.

Ringraziamenti



Progetti AQUAPAST e OLOAMBIENT - Fondo Unico per la Ricerca P.A.T.

Silvia Frisia, (Museo Tridentino Scienze Naturali ⇒ University of Newcastle, Australia)

Renza Miorandi, Michele Zandonati (Museo Tridentino Scienze Naturali)

Flavio Corradini, Federica Camin, Giuseppe Versini (Istituto Agrario di S.Michele all'Adige)

Ian J. Fairchild, Claire L. Smith (School of Geography, Earth and Environmental Sciences, University of Birmingham, UK)

Jean Susini, Andrea Somogyi (European Synchrotron Radiation Facility, Grenoble, France)

Frank McDermott (Department of Geology, University College Dublin, Ireland)

Antonio Longinelli, Silvana Davanzo (Dipartimento di Scienze della Terra, Università di Parma)

Klaas Van Der Borg (Department of Sub-Atomic Physics, Universiteit Utrecht, The Netherlands)

Christoph Spötl (Institut für Geologie und Paläontologie, Universität Innsbruck, Austria)

Igor M. Villa (Institut für Geologie, Isotopengeologie, Universität Bern, CH)

Nereo Preto (Dipartimento di Geologia, Paleontologia e Geofisica, Università di Padova)

David A. Richards (School of Geographical Sciences, University of Bristol, UK)

K. Linge (ICP-MS facility, Kingston University, UK)

R. Hinton (Ion microprobe facility, Edinburgh University, UK)

Denis Scholz, Jens Fohlmeister, Bernd Kromer, Christian Mühlinghaus, Augusto Mangini

(Heidelberger Akademie der Wissenschaften, Germany)