

**Zeitschrift:** Bollettino della Società ticinese di scienze naturali  
**Herausgeber:** Società ticinese di scienze naturali  
**Band:** 100 (2012)

**Artikel:** Rinvenimento a Giubiasco di un tronco di pino silvestre risalente all'inizio dell'olocene  
**Autor:** Krebs, Patrik / Antognini, Marco  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-1003020>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 07.04.2026

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

---

# Rinvenimento a Giubiasco di un tronco di pino silvestre risalente all'inizio dell'Olocene

Patrik Krebs<sup>1</sup> e Marco Antognini<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Istituto federale di ricerca WSL, Via Belsoggiorno 22, 6500 Bellinzona

<sup>2</sup> Museo cantonale di storia naturale, Via Cattaneo 4, 6900 Lugano

*patrik.krebs@wsl.ch*

---

**Riassunto:** Durante i lavori di costruzione del nuovo inceneritore di Giubiasco (Svizzera meridionale) si è scoperto un tronco subfossile a 14 metri di profondità nei sedimenti clastici della piana alluvionale del fiume Ticino. Stando alla datazione con il radiocarbonio, il reperto risale all'inizio dell'Olocene ( $9'355 \pm 40$  BP). L'indagine anatomica macroscopica e microscopica ha rivelato che si tratta quasi certamente di pino silvestre. In ambito ticinese è uno dei più grossi e antichi reperti postglaciali di questa specie. Tracce superficiali di carbonizzazione indicano che il legno ha subito un incendio. Lo sviluppo notevole raggiunto negli ultimi anni dalla curva dendrocronologica di riferimento del pino silvestre in ambito centro-europeo (Germania, Svizzera, Francia e Italia settentrionale) offre nuove opportunità davvero interessanti per la datazione assoluta di simili reperti e per la loro inserzione e valorizzazione all'interno della cronologia internazionale.

**Parole chiave:** legno subfossile, Preboreale, *Pinus sylvestris*, anatomia del legno, dendrocronologia, incendi

**The discovery at Giubiasco of a subfossil scots pine trunk dating back to the beginning of the Holocene**

**Abstract:** During the construction of the new incinerator in Giubiasco (southern Switzerland) a subfossil coarse woody debris was found at 14 meters of depth within the alluvial sediments of the floodplain of the Ticino river. According to the radiocarbon dating, the trunk dates back to the beginning of the Holocene ( $9'355 \pm 40$  BP). The macroscopic and microscopic anatomical examination revealed that very likely this tree log belong to the species *Pinus sylvestris* (scots pine). In the region of Canton Ticino this is one of the biggest and oldest post-glacial macrofossils of this species. Traces of surface charring indicate that the wood was damaged by a fire event. The great development reached in recent years by the master ring-width chronology of scots pine in central European countries (Germany, Switzerland, France and northern Italy) opens new opportunities for the absolute dating of similar finds and for their insertion and utilization within the international dendrochronological database.

**Keywords:** subfossil tree trunk, Preboreal, *Pinus sylvestris*, wood anatomy, dendrochronology, paleowildfire

---

## INTRODUZIONE

La realizzazione del nuovo inceneritore in località *Baragge* a Giubiasco ha comportato lo scavo e la movimentazione di più di 100'000 m<sup>3</sup> di terra all'interno dei depositi alluvionali del piano di Magadino (fig. 1). Nell'ambito di questi lavori è stato rinvenuto un grosso tronco subfossile (lunghezza 5 m, diametro 40-45 cm) ad una profondità di 14 metri (fig. 2). Nel presente contributo riportiamo il risultato della datazione al radiocarbonio di questo reperto come pure le sue caratteristiche botaniche. Per maggiori informazioni sulla realizzazione dell'impianto di termovalorizzazione rinviamo il lettore al numero speciale della rivista "archi" (MILAN 2009).

## MATERIALI E METODI

La fase saliente dei lavori di scavo dell'impianto di termovalorizzazione di Giubiasco è stata la realizzazione della fossa rifiuti, una struttura rettangolare di 50 x 21

m con una profondità massima di 15 m (con 10 m in falda) tramite l'infissione di palancole di 22 m. Lo scavo ha interessato essenzialmente ghiaie alluvionali con sporadiche intercalazioni sabbiose, come pure blocchi che hanno disturbato la messa in posa delle palancole. Il tronco è stato rinvenuto lungo la parete sud-orientale della fossa, ad una profondità di 14 m (coordinate metriche svizzere: latitudine 114'567, longitudine 718'848, quota del terreno 216 m slm, quota del reperto 202 m slm). Il fusto era disposto secondo un asse 335°-155°, quindi con un orientamento quasi perpendicolare rispetto all'asse del Piano di Magadino. Purtroppo si tratta di dati ricostruiti a partire dai piani di cantiere, poiché non si è potuto esaminare il reperto nelle condizioni originali di esumazione. L'orientamento del tronco si presta a varie interpretazioni (GASTALDO 2004, CHEN *et al.* 2008), che però non discuteremo in questa sede. Neppure possiamo dire se tale adagiamento del fusto fu determinato in qualche modo da un meandro dell'antico fiume Ticino o da un canale del torrente Morobbia. Il reperto ligneo potrebbe anche essere più antico dell'accumulo

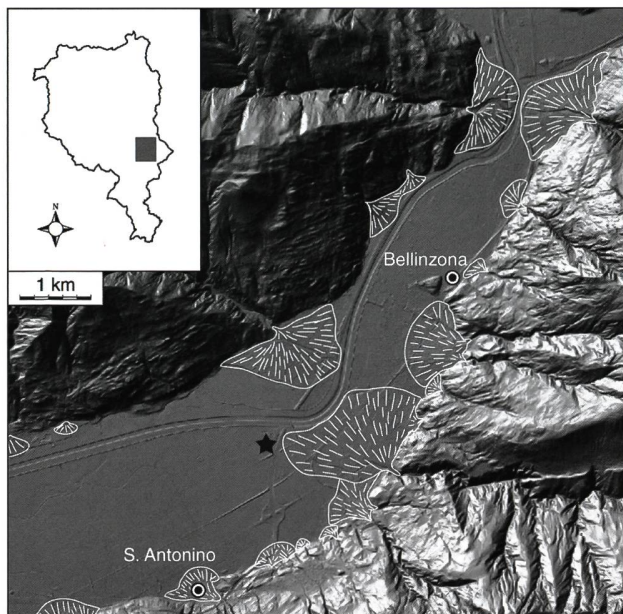


Fig. 1 - Localizzazione del termovalorizzatore di Giubiasco nella pianura alluvionale del fiume Ticino. Sono indicate le principali conoidi di deiezione (ridisegnato in base a BÄCHLIN *et al.* 1974). Ombreggiatura del modello digitale del terreno (MDT-MU) derivata dai dati forniti dall'Ufficio della misurazione ufficiale e della geoinformazione di Bellinzona.



Fig. 2 - Il tronco subfossile adagiato nell'area del cantiere. L'asta graduata misura un metro.

di sedimenti clastici in cui si trovava, poiché potrebbe essere stato asportato da un deposito precedente durante una piena o a una migrazione dei corsi d'acqua (KALICKI & KRAPIEC 1995). Ad ogni modo, la sintesi più recente sulle fasi di progradazione del delta del Ticino (SCAPOZZA *et al.* 2012, in questo volume) indica come plausibile anche una deposizione precoce del tronco nel sito di ritrovamento già a inizio Olocene e a breve distanza dal fronte del delta. Inoltre è da escludere una deposizione nell'ultimo millennio vista la profondità esigua in cui si sono scoperti un tronco di castagno e i frammenti della murata di Bellinzona travolti dalla grande buzza del 1'515 d.C. (FOLETTI 1999).

A un primo esame esterno, il tronco appariva completamente scortecciato e perlopiù privo di tracce di diramazioni (mozziconi, nodi o inserzioni). Essendo visibile parte del pedale (l'ingrossamento basale del fusto), la sezione rinvenuta corrisponde al tronco inferiore mozzato

della parte superiore a seguito di un evento violento. La superficie del tronco risultava annerita con intensità discontinua e unicamente lungo alcune fasce longitudinali poco estese. In data 19 giugno 2007 abbiamo sezionato il reperto in più parti operando con la motosega direttamente nell'area del cantiere. Abbiamo così ottenuto 5 rotelle (sezioni trasversali) di cui abbiamo misurato il diametro massimo e stimato l'altezza approssimativa dal suolo nelle condizioni originali di crescita:

n° rotella	1	2	3	4	5
diametro (cm)	45	40	44	40	39
altezza (m)	1.1	2.0	3.0	3.2	4.7

Le rotelle sono quindi state levigate per favorire l'analisi dendrocronologica. La misurazione degli accrescimenti annuali è stata realizzata con un microscopio (10×-60×) associato a una slitta micrometrica incrementale.

Le diverse curve di accrescimento sono quindi state analizzate con vari software (*T Tools Pro*, *TSAPWin*) per ottenere infine una curva media. Alcune porzioni di legno sono poi state trattate per l'ottenimento di sezioni sottili tramite mollificazione preparatoria in acqua a temperatura ambiente (~24 ore), taglio con microtomo, colorazione con safranina e astra-blu, disidratazione progressiva con 3 concentrazioni di alcool (75%, 96% e infine 100%) e montaggio permanente su vetrino con balsamo del Canada, seguendo una procedura molto simile a quella descritta da SCHWEINGRUBER *et al.* (2006). Le microsezioni rappresentanti i tre piani fondamentali della struttura del legno (trasversale, radiale, tangenziale) sono state analizzate al microscopio (40×, 100× e 400×) per identificare la specie botanica, confrontando i caratteri visibili con le descrizioni e immagini reperibili nei più completi trattati di anatomia e riconoscimento delle specie legnose.

Un frammento del tronco è stato inviato al laboratorio <sup>14</sup>C del dipartimento di Geografia dell'Università di Zurigo per la datazione al radiocarbonio. La datazione AMS (Accelerator Mass Spectrometry) è stata eseguita impiegando l'acceleratore dell'istituto di fisica delle particelle presso il Politecnico di Zurigo. Le correzioni dell'età convenzionale (calibrazioni) sono state ottenute utilizzando i programmi *CALIB 6.1.0* e *OxCal 4.1.7* che adottano la curva di calibrazione *IntCal09* di REIMER *et al.* (2009).

## RISULTATI

### Età del reperto

Il risultato dell'analisi radiometrica è presentato nella Tabella 1. I valori di età calibrata sono illustrati nella Tabella 2. L'età del campione risulta essere compresa con il 97.8% di probabilità tra 10'491 e 10'694 anni BP (Before Present, con presente si intende il 1950) con valore medio a 10'578 BP e mediana a 10'575 BP. Si tratta quindi di un reperto che risale all'inizio dell'Olocene (Preboreale) in base alla scala cronologica proposta da GRADSTEIN *et al.* (2004).

Tab. 1: Risultato della datazione. La preparazione e il pretrattamento del materiale è stata svolta dal laboratorio del dipartimento di Geografia dell'Università di Zurigo (GIUZ). La datazione AMS è stata eseguita presso il Politecnico di Zurigo (ETHZ).

N° Campione	N° Laboratorio	Materiale	Essenza	Età <sup>14</sup> C (yr BP)	δ <sup>13</sup> C (‰)
Giu-1	UZ-5958 / ETH-42562	Legno	<i>Pinus sylvestris</i>	9'355 ± 40	-27.0 ± 1.1

Tab. 2: Risultato della calibrazione dell'età <sup>14</sup>C ottenuto con il programma CALIB 6.1.0.

N° Campione	Età <sup>14</sup> C (yr BP)	Intervallo di età		Distribuzione di probabilità	
		(1 sigma)	(2 sigma)	68.3	95.4
Giu-1	9'355 ± 40	10'514 – 10'597	10'438 – 10'455	0.772	0.022
		10'624 – 10'650	10'491 – 10'694	0.228	0.978

**Anatomia**

Le caratteristiche anatomiche riscontrate tramite l'analisi delle microsezioni permettono l'attribuzione attendibile del reperto alla specie *Pinus sylvestris*, o in seconda opzione alle specie più simili (*Pinus mugo* e *Pinus nigra*). In particolare, i caratteri distintivi osservati sono:

- in sezione trasversale, presenza di canali resiniferi privi di cellule epiteliali a parete spessa (figg. 3a<sub>1</sub> e 3a<sub>2</sub>), densità media di tracheidi sovente inferiore a 2000 per mm<sup>2</sup>, con frequenti fluttuazioni di densità del legno all'interno dell'anello di accrescimento e con massima densità non di rado situata ben prima del limite esterno dell'anello;
- in sezione tangenziale, si notano raggi perlopiù uniseriati (fig. 3b<sub>1</sub>), raramente fusiformi e multiseriati al centro, solo se contenenti canali resiniferi radiali (fig. 3b<sub>2</sub>);
- in sezione radiale, si riconosce la natura eterogenea dei raggi costituiti da cellule parenchimatiche e da file terminali (raramente interposte) di tracheidi con pareti chiaramente dentellate (fig. 3c<sub>2</sub> e 3d<sub>2</sub>). Si vedono inoltre punteggiature areolate e uniseriate lungo le tracheidi assiali, nonché singole punteggiature fenestriformi nei campi d'incrocio solo raramente separate in due parti (fig. 3c<sub>1</sub> e 3d<sub>1</sub>).

**Distinzione tra pino silvestre, montano e nero**

L'analisi del legno (come del resto anche l'analisi palinologica) può fornire solo indizi poco consistenti per differenziare il pino silvestre dalle specie più prossime, e molti autori ritengono inaffidabile qualsiasi distinzione di questo tipo (SCHWEINGRUBER 1990). In definitiva però crediamo si possa escludere l'attribuzione a pino nero e pino montano prostrato (*Pinus mugo* ssp. *mugo*) e si debba ritenere poco probabile l'attribuzione a pino montano uncinato (*Pinus mugo* ssp. *uncinata*) per l'insieme delle seguenti ragioni:

- I canali resiniferi assiali sono perlopiù concentrati nell'ultima parte dell'anello a ridosso della transizione tra legno primaticcio e tardivo o nel legno tardivo iniziale. Nel pino nero la massima concentrazione si manifesta leggermente più verso l'interno dell'anello (VERNET *et al.* 2007) anche se le descrizioni divergono notevolmente a seconda degli autori.
- La sezione delle tracheidi assiali è di forma chiaramente rettangolare o poligonale sia nel legno primaticcio che nel legno tardivo. Alcuni autori iberici assegnano una sezione più arrotondata alle tracheidi della sottospecie uncinata del pino montano (GARCÍA ESTEBAN *et al.* 2004a).

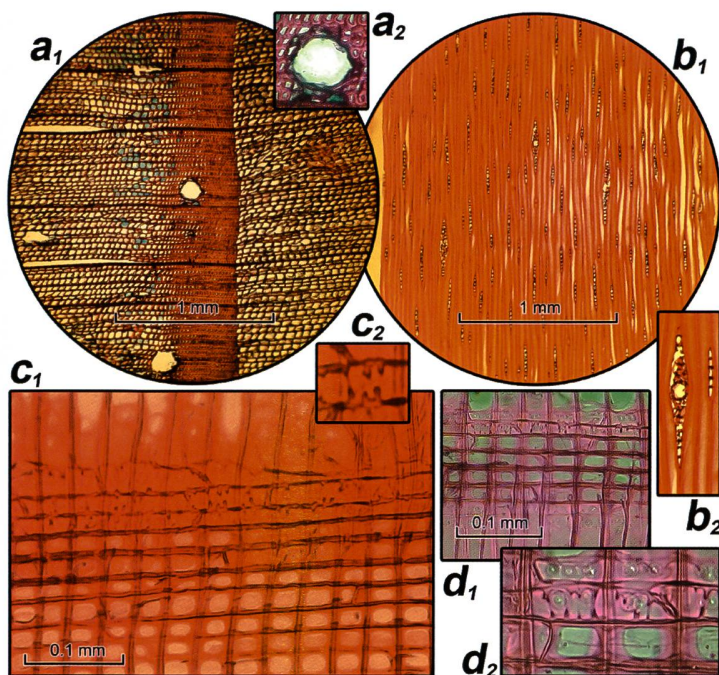


Fig. 3 - Principali caratteristiche anatomiche visibili tramite osservazione al microscopio delle sezioni sottili trasversali (a), tangenziali (b) e radiali (c, d). Per ogni immagine indichiamo la scala spaziale e allegghiamo anche un ingrandimento centrato sul dettaglio più interessante.

- I canali resiniferi sono grossi ( $\varnothing$  90-210  $\mu$ m). Nel pino montano e nel pino nero la media si situa attorno a 100  $\mu$ m (GARCÍA ESTEBAN *et al.* 2004b).
- In sezione tangenziale l'altezza dei raggi supera con una certa frequenza le 10 assise di cellule, giungendo in rari casi fin verso le 20 assise. Nella sottospecie uncinata del pino montano queste altezze dovrebbero essere più contenute (PY 2009).
- La dentellatura sulle pareti delle tracheidi radiali è ben sviluppata, con denti acuminati che in rari casi lambiscono il centro del lume. Nel pino nero i denti sono in genere più bassi, smussati, ottusi e isolati (GARCÍA ESTEBAN & GUINDEO CASASÚS 1988, PY 2009).
- Lo spessore medio degli anelli è di quasi 3 mm con uno sviluppo notevole del legno scuro tardivo. La transizione tra legno primaticcio e tardivo appare netta e improvvisa macroscopicamente ma graduale se ingrandita. Il pino montano (ssp. mugo e uncinata) presenta normalmente degli accrescimenti più modesti, con legno tardivo più breve e transizione ancora più netta (VERNET 1994, BONÔTE 1998), anche se molto dipende dalle condizioni ambientali (DAVASSE 1992).
- Il reperto proviene da un fusto colonnare di notevole sviluppo verticale (ben oltre i 10 metri) cresciuto in un popolamento piuttosto fitto e ben al di sotto del limite superiore del bosco come indicato dall'andamento dei diametri e dall'assenza di grossi rami lungo il tronco

inferiore. Questo mal s'intona col pino montano nella forma prostrata. Anche le forme erette del pino montano (*Pinus mugo* ssp. *uncinata*) sono spesso tozze, contorte e presentano importanti diramazioni lungo il tronco inferiore come si può osservare tutt'oggi nei popolamenti sparsi presenti nella regione del Lucomagno.

- La presenza nel Tardiglaciale e nel primo Olocene, principalmente del pino silvestre e secondariamente anche del pino montano, è stata accertata grazie all'esame dei macrofossili in diverse località più o meno prossime alla realtà Ticinese (fig. 4 e tab. 3). Il pino nero invece risulta del tutto assente in questo contesto ed è considerata specie introdotta dall'uomo sul suolo elvetico.

Da segnalare inoltre indizi minori, come la tonalità rosastra del legno e l'aspetto marcatamente rettangolare delle punteggiature fenestriiformi, che contrastano con la dominante giallastra del legno di pino nero e l'aspetto più arrotondato delle sue punteggiature (PY 2009). Infine, i suoli a reazione basica più adatti al pino nero (specie tendenzialmente calcifila) sono poco frequenti nel bacino imbrifero del fiume Ticino a monte di Giubiasco. Abbiamo quindi un'assegnazione abbastanza affidabile a livello di specie e questo rappresenta un dato prezioso seppure puntuale. Per il Ticino si tratta di uno dei più antichi reperti postglaciali di pino silvestre.

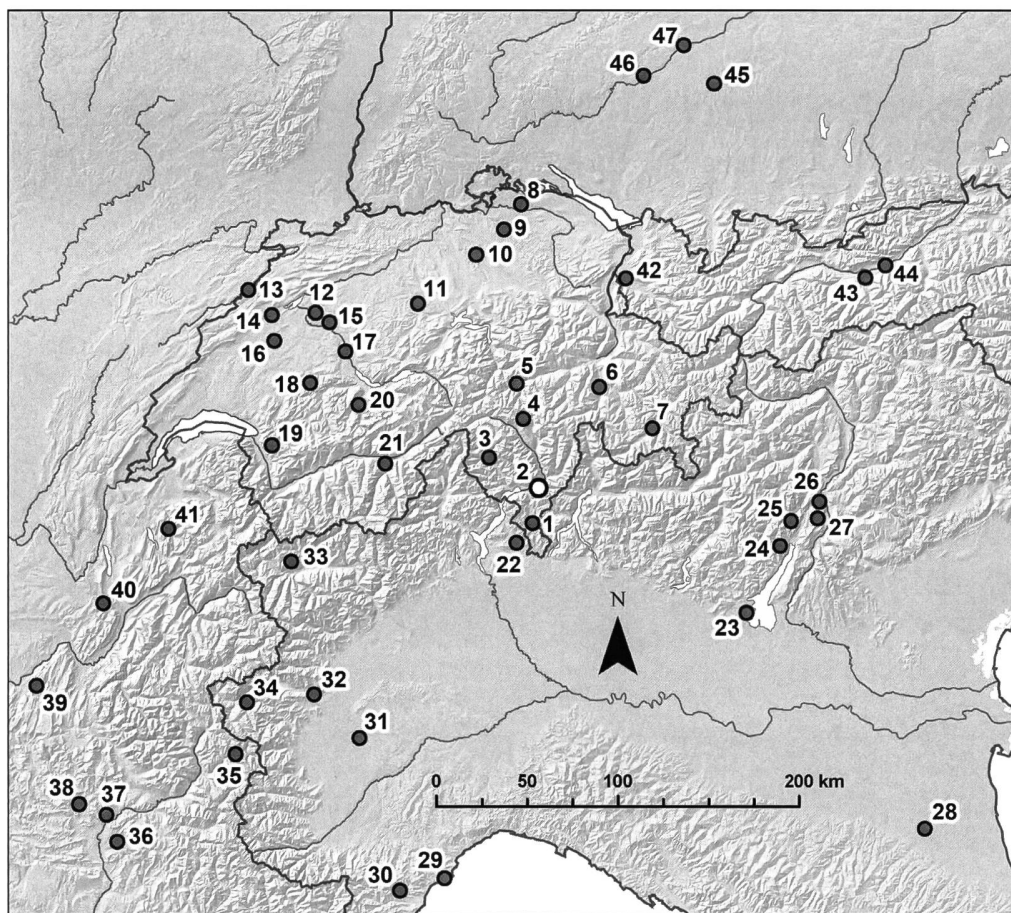


Fig. 4 - Mappa delle principali località centro-europee dov'è stata accertata la presenza di pino silvestre nel Tardiglaciale e nel primo Olocene sulla base dei macrofossili. La stessa numerazione geografica si ritrova nella prima colonna della Tabella 3.

Tab. 3 - Principali località centro-europee dov'è stata accertata la presenza di pino silvestre nel Tardiglaciale e nel primo Olocene sulla base dei macrofossili. Nella prima colonna è indicata la stessa numerazione geografica utilizzata nella fig. 4. Vengono poi precisati nome della località e regione, altitudine, tipo di sedimenti, macrofossili determinati, periodo cui si riferiscono (datazione non calibrata), e rimando bibliografico. Per il tipo di sedimenti valgono le seguenti abbreviazioni: **lac** (lacustri o di stagno o di torbiera), **all** (alluvionali), **trav** (travertini). Per i macrofossili adottiamo le seguenti abbreviazioni: **l** (legni, tronchi, rami, xilema), **c** (corteccia, periderma), **f** (fiori, infiorescenze maschili o femminili), **p** (pigne), **s** (semi), **a** (aghi), **g** (gemme o germogli).

	località, capoluogo, regione	quota [m slm]	sed.	fossili	<sup>14</sup> C BP	bibliografia
1	Paradiso, Lugano, Ticino	273	lac	l-p	6'000-5'000	ANTOGNINI <i>et al.</i> 2008
2	Baragge, Giubiasco, Ticino	216	all	l	9'355±40	presente contributo
3	Piano, Cevio, Ticino	1'439	lac	a	9'900-8'800	VALSECCHI & TINNER 2010
4	Campra, Olivone, Ticino	1'420	lac	a-p	7'500-7'000	MÜLLER 1972
5	Segnes, Disentis, Grigioni	1'880	lac	a	7'000-6'000	MÜLLER 1972
6	Crapteig, Thusis, Grigioni	1'020	lac	l-a	13'000-7'500	BURGA 1980-
7	Lej da S. Murezzan, St. Moritz, Grigioni	1'768	lac	f-s-a-g	9'600-8'500	GOBET <i>et al.</i> 2005
7	Lej da Champfèr, St. Moritz, Grigioni	1'791	lac	s-a-g	9'300-8'500	GOBET <i>et al.</i> 2005
8	Nussbaumer Seen, Frauenfeld, Turgovia	434	lac	c-s-a-g	13'500-9'000	RÖSCH 1983
9	Dättlau, Winterthur, Zurigo	480	all	l	12'500-11'000	SCHAUB <i>et al.</i> 2008
10	Gänzlioh-Landikon, Uetliberg, Zurigo	~500	all	l	12'000-10'500	SCHAUB <i>et al.</i> 2008
10	Wiedikon, Zurigo, Zurigo	~420	all	l	10'500-10'000	FRIEDRICH <i>et al.</i> 2004
11	Soppensee, Wolhusen, Lucerna	596	lac	a	11'400-7'000	LOTTER 1999
12	Lobsigensee, Seedorf, Berna	514	lac	c-s-a-g	11'500-8'500	LANG 1985
13	Grotte du Bichon, La Chaux-de-Fonds, Neuchâtel	846	gro	l	12'000-11'000	CHAUVIÈRE 2008
14	Champréveyres, Hauterive, Neuchâtel	427	lac	l	10'500-9'500	MÜLLER 2000
15	Lörmoos, Wohlen, Berna	583	lac	c-g	14'000-7'000	LANG 1985
15	Wylermoos, Belpberg, Berna	788	lac	l	10'000-9'000	KAISER 1993
16	Les Longs Prés, Avenches, Vaud	440	all	l	10'500-10'000	STRASSER <i>et al.</i> 1999
17	Gerzensee, Thun, Berna	603	lac	c-f-s-a-g	11'500-9'500	TOBOLSKI & AMMANN 2000
18	Gassera, Schwarzsee, Friburgo	1'115	altri	l	9'500-9'000	DAPPLER 2002
19	Leysin, Aigle, Vaud	1'230	lac	c-s-a-g	10'500-9'000	TOBOLSKI & AMMANN 2000
20	Tellenfeld, Frutigen, Berna	780	lac	l-c-f-a-s-g	9'500-8'300	TINNER <i>et al.</i> 2005
21	Zeneggen, Visp, Vallese	1'530	lac	c-s-a-g	10'500-8'000	TOBOLSKI & AMMANN 2000
22	Lago di Ganna, Varese, Lombardia	459	lac	c-f-s-a-g	12'000-8'500	LANG 1985
23	Saltarino sotto, Brescia, Lombardia	194	lac	s-a	13'000-11'000	GRÜGER 1968
24	Lago di Ledro, Riva, Trentino	655	lac	a	10'000-8'000	BEUG 1964
25	Fiavè, Trento, Trentino	654	lac	s-a	12'000-9'000	GRÜGER 1968
26	Terlago, Trento, Trentino	450	eol	l	12'000-9'000	NISBET 1983
27	Bondone, Trento, Trentino	1'550	lac	s	12'000-11'000	GRÜGER 1968
28	Bubano, Bologna, Romagna	13	all	p	12'500-11'500	RAVAZZI <i>et al.</i> 2006
29	Arene Candide, Finale Ligure, Liguria	90	gro	l	12'000-5'500	THIÉBAULT 2001
30	Arma di Nasino, Albenga, Liguria	260	gro	l	12'000-10'000	THIÉBAULT 2001
31	Carmagnola, Torino, Piemonte	~240	all	l	12'500-12'000	KAISER <i>et al.</i> 2010
32	Avigliana, Torino, Piemonte	~380	all	l	14'000-11'000	KAISER <i>et al.</i> 2010
33	Mont Fallère, Sarre, Aosta	1'950	trav	l-p-a	8'000-5'000	PINI <i>et al.</i> 2011
34	San Domenico, Oulx, Piemonte	1'340	trav	p-a	10'500-9'500	ALI <i>et al.</i> 2006
34	Le Selle, Salbertrand, Piemonte	1'890	trav	p-a	9'500-8'500	ALI <i>et al.</i> 2006
34	Grand Puy, Prapelato, Piemonte	1'815	trav	p	7'500-6'500	FAUVART <i>et al.</i> 2012
35	Prafarnas, Queyras, Hautes-Alpes	2'000	trav	p	8'500-7'500	FAUVART <i>et al.</i> 2012
36	bassin du Sasse, Sisteron, Durance	~600	all	l	11'500-7'000	MIRAMONT 1996
37	Saint-Antoine, Vitrolles, Durance	575	altri	l	12'000-8'000	JAUBERT <i>et al.</i> 1990
38	bassin du Buëch, Sisteron, Durance	~800	all	l	12'000-5'000	MIRAMONT <i>et al.</i> 2000
39	Balme-Rousse, Choranche, Isère	650	gro	l	10'000-8'000	THIÉBAULT 1992
40	Grotte Jean-Pierre 1, St. Thibaud	500	gro	l	12'500-9'000	VERNET 1994
41	La Balme-de-Thuy, Haute Savoie	620	gro	l	10'000-8'000	THIÉBAULT 1991
42	Gasserplatz, Feldkirch, Vorarlberg	560	lac	s-a-c	11'500-9'500	DE GRAAFF <i>et al.</i> 1989
43	Lanser See, Innsbruck, Tirolo	840	lac	l-a	12'000-9'000	OEGGL 1992
44	Baumkirchen, Innsbruck, Tirolo	~670	all	l-c	26'000-10'000	FLURI 1973
45	Breitenthal, Günzburg, Baviera	~530	all	l	10'300-10'100	FRIEDRICH <i>et al.</i> 2004
46	Danubio e affluenti, Baviera	~500	all	l	10'300-8'800	FRIEDRICH <i>et al.</i> 2004
47	Burlafingen, Neu-Ulm, Baviera	~470	all	l	10'000-9'000	BECKER 1982

### Stato di conservazione e tafonomia

Considerando l'età davvero notevole del legno, stupisce lo stato di conservazione del reperto. Infatti osservando macroscopicamente le rotelle non si direbbe che si tratti di un legno tanto vecchio, e le deteriorazioni riscontrabili sono perlopiù da attribuire ai diversi processi subiti dal tronco prima della sua deposizione finale, sebbene una certa mineralizzazione dei tessuti sia presumibile vista l'elevata durezza riscontrabile anche nelle parti più sfibrate e degradate.

Purtroppo non si è potuto individuare con chiarezza la transizione tra albarno e durame. Si potrebbe ipotizzare che l'intero albarno sia andato distrutto per effetto della sua minore durabilità, come spesso si verifica nei legni antichi o coinvolti in processi erosivi (KALICKI & KRAPIEC 1995, KAISER *et al.* 2010). Mancherebbe allora oltre la metà della borra in volume, essendo l'albarno molto sviluppato nei pini silvestri specialmente durante il primo secolo di vita, con spessore radiale e numero di anelli sovente superiori al durame (LENZ 1979, FRIES 1999, FLÈTE & HØIBØ 2009). In alternativa potremmo supporre l'albarno almeno parzialmente presente nelle rotelle, ma reso perlopiù irricognoscibile a causa delle alterazioni subite dal legno nel corso del tempo.

La superficie del tronco non coincide affatto con quella originale di accrescimento, ma è il risultato di un'irregolare quanto intensa ablazione, probabilmente causata dall'azione erosiva dell'acqua carica di sedimenti in sospensione (abrasione meccanica), o da altro fenomeno violento. Per la medesima rotella, tra i settori più colpiti e quelli più risparmiati da questa asportazione, si conta uno scarto di oltre 40 anelli per oltre 10 cm di spessore. A questo spessore si deve aggiungere tutta la corteccia e probabilmente anche una parte dell'albarno. Si tratta quindi di incavature anche assai profonde. In diversi punti lungo questa superficie di ablazione si notano degli annerimenti marginali e circoscritti che interessano spessori variabili, giungendo fino a un massimo di 15 mm di profondità nel legno. Queste parti annerite presentano una successione di anelli molto fitti e difficilmente distinguibili. Inizialmente si è pensato che si trattasse di corteccia vista la struttura a strati tipica del

periderma del pino silvestre. Ma quest'ipotesi è da scartare per i seguenti motivi:

- Il passaggio dagli anelli normali a quelli fini e anneriti è progressivo e verso l'esterno questi diventano sempre più scuri fino ad apparire simili, in sezione, al carbone di legna.
  - In alcuni punti il passaggio tra anello normale e strato annerito si realizza anche lateralmente (fig. 5).
  - Gli strati anneriti sono a ridosso della superficie di ablazione, in contatto quindi con anelli di crescita distanziati nel tempo anche di diverse decine di anni.
  - Le tracheidi e i canali resiniferi sono ben visibili anche negli anelli parzialmente anneriti, sebbene verso l'esterno le strutture anatomiche appaiano sempre più compresse e appiattite tanto da risultare difficilmente distinguibili negli ultimi strati.
  - Gli strati sono continui come anelli concentrici e non s'incrociano mai come invece avviene nella corteccia.
- Il fatto che questo margine annerito è discontinuo e si ritrova solo lungo alcune fasce longitudinali poco estese rende improbabile anche l'ipotesi di qualche processo di alterazione dovuta alle prolungate condizioni di seppellimento. In particolare, il processo cui si fa riferimento qui è la carbonificazione (coalification in inglese), ossia il progressivo arricchimento in carbonio che può subire un resto organico quando si ritrova sepolto in ambiente anaerobico ed esposto all'azione di certi funghi o batteri, e a calore e pressione crescenti. La presenza di strati esterni nerastri carbonificati su tronchi fossili mineralizzati o pietrificati è stata segnalata da alcuni autori (e.g. WILLIAMS *et al.* 2010). Ma normalmente la carbonificazione è riferita all'intero reperto e a piante fossili assai più antiche di quella da noi descritta. Inoltre una tale diagenesi superficiale implicherebbe una prima fase di trasporto con abrasione profonda seguita da una lunga permanenza nei sedimenti e infine da una rimobilizzazione negli ultimi millenni con ulteriore abrasione poco profonda.

Quanto si osserva è invece abbastanza compatibile con delle tracce di combustione parziale e carbonizzazione superficiale del tronco. Quest'interpretazione trova conferma anche nella presenza nel legno di fessure radiali di lunghezza inferiore al centimetro e d'aspetto perlopiù

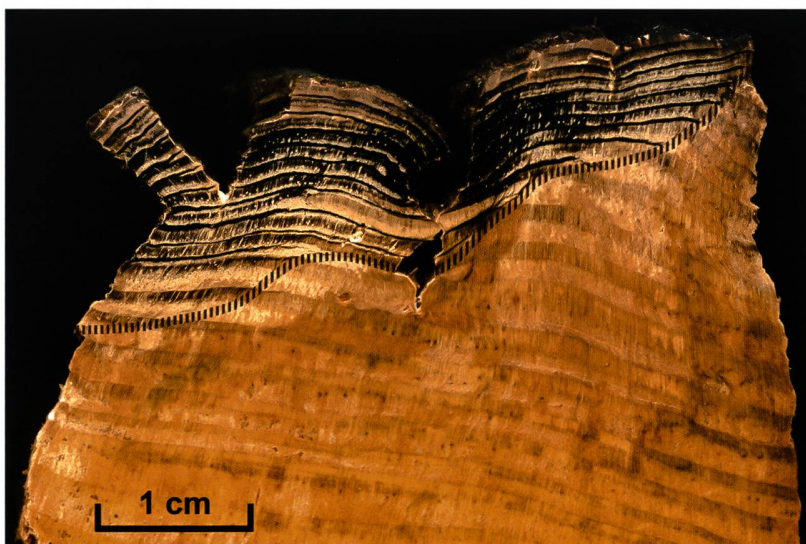


Fig. 5 - Parte esterna della rotella no. 1 con passaggio graduale (evidenziato dalla linea tratteggiata) tra anelli normali all'interno e anelli viepiù carbonizzati e compattati verso l'esterno (in direzione radiale) e verso sinistra (in direzione tangenziale). Lateralmente il legno è delimitato da due profonde fenditure radiali comparse in seguito all'essiccazione della rotella.

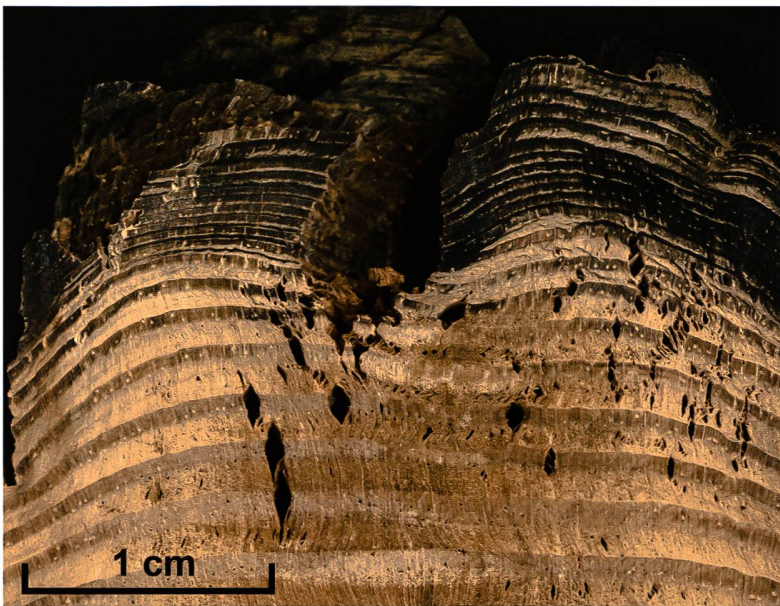


Fig. 6 - Piccole fessure radiali nella parte esterna della rotella n° 4. Anche qui si notano bene gli anelli marginali alterati dal calore e compattati.

fusiforme, visibili in tutte le 5 rotelle, solo in alcuni settori, ma sempre a ridosso del margine esterno di ablazione (fig. 6). In condizioni sperimentali, strutture del tutto simili si ottengono esponendo alle fiamme il legno di pino silvestre (THÉRY-PARISOT & HENRY 2012). Altro indizio importante è l'elevata riflettanza osservabile soprattutto sulle superfici di frattura ottenute frammentando dei campioni prelevati nelle parti più esterne e più scure. Da notare infine la presenza discontinua di incrostazioni resinose sulle superfici carbonizzate. Queste sottili concrezioni sono forse riconducibili alle colate di resina osservabili su tronchi di pino silvestre gravemente colpiti dal fuoco (CESTI 2005). Tutti questi elementi ci portano a privilegiare le due ricostruzioni tafonomiche seguenti:

- Incendio dopo il trasporto: le fiamme avvolgevano il fusto quando questo era già profondamente scolpito dall'abrasione meccanica, ossia quando aveva già subito un importante processo di trasporto violento (dovuto a piena, valanga o frana), e si trovava deposto in un settore abbastanza secco e con abbondante presenza di combustibile, come ad esempio in una boscaglia ripariale in periodo di prolungata siccità.
- Incendio prima del trasporto: la superficie di ablazione fu determinata primariamente dal fuoco che inferì profondamente sul tronco probabilmente ancora in posizione di crescita. Per ottenere una carbonizzazione così profonda del fusto anche a quasi 5 metri dal suolo, dovette trattarsi di un incendio di grande intensità. Lo stato attuale delle indagini non permette di precisare

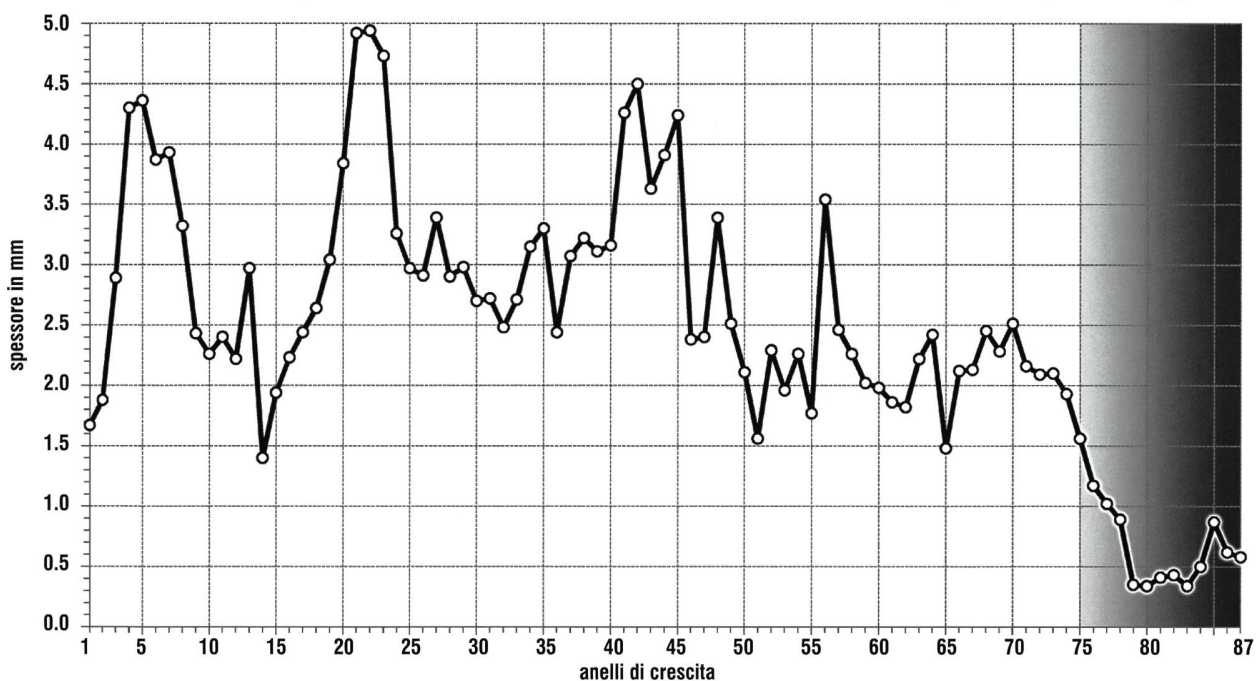


Fig. 7 - Curva media del tronco di pino silvestre subfossile, rappresentante l'evoluzione dei suoi accrescimenti annuali. La banda con gradiente orizzontale dal bianco al nero evidenzia il passaggio progressivo dagli anelli normali a quelli compattati e parzialmente carbonizzati.

ulteriormente la tafonomia del reperto ed entrambe le ipotesi appaiono plausibili. Carbonizzazioni profonde di questo tipo in alberi vivi sono state descritte da alcuni autori (e.g. SCOTT 2010), come pure le abrasioni meccaniche profonde dovute al trasporto lungo i corsi d'acqua (e.g. BECKER 1982, ZIELONKA *et al.* 2009). Rimane però da spiegare lo spessore notevole della transizione tra legno inalterato e legno carbonizzato. La distribuzione del calore e dell'ossigeno nel combustibile durante gli incendi di bosco è molto variabile. Ai margini delle parti vegetali distrutte dalla combustione, si trovano quindi parti parzialmente trasformate dal calore in difetto di ossigeno. Queste parti mostrano una carbonizzazione (pirolisi) più o meno completa a dipendenza dei tempi e dell'intensità del calore subito. In un tronco o ramo, tipicamente, il grado di carbonizzazione cresce dall'interno verso l'esterno, con una zona di pirolisi incompiuta (*pyrolysis zone*) che separa il legno intatto (*normal wood*) dalla base del legno interamente carbonizzato (*char base* o *char front*). Però, stando agli studiosi degli effetti degli incendi (SCOTT 1989, JONES *et al.* 1993), queste transizioni hanno perlopiù uno spessore di 2-6 millimetri, e non 1-2 centimetri come nel nostro caso. Sperimentazioni su legname da costruzione e manufatti in legno indicano che transizioni più ampie potrebbero risultare da un riscaldamento molto lento e graduale del legno, come nel caso di incendi persistenti ma di debole intensità o di fuoco covante (*smoldering*), nonché in condizioni di scarsa aerazione o elevata umidità (O'CONNOR & REDSICKER 1996). Inoltre, malgrado la notevole proprietà isolante del legno, in certi casi il calore può penetrare anche fino a 5 centimetri dalla *char base*, provocando scottature notevoli anche a oltre un centimetro di profondità (si veda ad esempio le indagini sulla *thermal penetration depth* in JANSSENS & WHITE 1994 e FRANGI & FONTANA 2003). Questo aspetto richiede quindi ulteriori verifiche e approfondimenti anche empirici che al momento non siamo in grado di fornire.

### Studio degli anelli

Sulle superfici levigate delle rotelle abbiamo misurato gli anelli di accrescimento dal midollo verso l'esterno seguendo le direzioni radiali più complete e meglio conservate. In totale abbiamo misurato 4 sequenze anulari (una sulla rotella 1, due sulla rotella 2 e una sulla rotella 4) due delle quali comprendenti anche degli anelli parzialmente carbonizzati nella parte terminale. Tramite datazione incrociata e calcolo dei valori intermedi abbiamo quindi ottenuto una curva media rappresentante l'andamento della crescita (fig. 7). In totale sono visibili 87 anelli. Considerando l'assenza probabile di parte dell'alburno, l'età dell'albero potrebbe anche sfiorare i 100 anni. Lo spessore anulare medio è 2.77 mm nei primi 75 anni, e 0.63 mm nella parte esterna alterata dal calore (evidenziata nella fig. 7 con una banda di colore sfumato dal bianco al nero). In vari studi la presenza di fluttuazioni intra-annuali di densità nel legno del pino silvestre è stata correlata alla durata della stagione di crescita e a condizioni estive di prolungata siccità con rallentamento deciso della crescita (e formazione di un

falso anello) seguite da periodi umidi e temperati con lieve ripresa terminale della crescita (e.g. RIGLING *et al.* 2002). La durata della crescita annuale e l'incidenza dei periodi siccitosi sono maggiori a basse quote, e quindi la frequenza notevole di queste fluttuazioni può essere ritenuta indizio di uno sviluppo dell'albero a bassa altitudine (SCHWEINGRUBER 1990), in accordo coi ritmi di crescita sostenuti misurati sulle rotelle. Le rotelle 2 e 4 mostrano una lieve eccentricità del midollo che potrebbe denotare un certo sbilanciamento statico dell'albero. Le stesse rotelle mostrano pure la presenza di ramificazioni verticillate giovanili con palchi di nodi profondi che indicano l'avvizzimento di questi rami bassi verso il decimo anno d'età e la completa copertura degli stessi verso il trentesimo anno d'età.

### Confronto con i dati noti

L'evidenza di un incendio nella valle del Ticino in quei tempi remoti non può stupire più di tanto. Stando ai profili dei microcarboni ottenuti da TINNER *et al.* (1999) nei sedimenti dei laghi di Muzzano e di Origlio, sappiamo che gli incendi erano già ricorrenti all'inizio dell'Olocene sebbene con frequenza e intensità molto inferiori rispetto ai regimi successivi fortemente influenzati dall'uomo nelle età del Bronzo e del Ferro. In particolare nel profilo antracologico di Origlio si nota un primo incremento importante della sedimentazione di carboncini proprio nel Preboreale. La presenza di cospicui quantitativi di particelle macroscopiche di carbone nei sedimenti d'inizio Olocene allo stagno di Balladrum è un'ulteriore prova dell'incidenza degli incendi (HOFSTETTER *et al.* 2006). Anche la presenza di pino silvestre all'inizio dell'Olocene non sorprende affatto. Nei livelli preboreali dei profili pollinici dell'area ticinese (e.g. Piano 1'439 m slm sopra Cevio, Bedrina 1'235 m slm in Leventina) il polline di tipo *Pinus sylvestris* (riconducibile a pino silvestre o montano) è quasi sempre il più frequente fra le essenze arboree. Nel profilo dello stagno di Balladrum (390 m slm sopra Ascona) la curva di questo tipo pollinico raggiunge l'apice più importante proprio verso 9'340 BP con una percentuale prossima all'80% (HOFSTETTER *et al.* 2006). In generale, il Preboreale fu proprio il periodo in cui il pino silvestre/montano raggiunse la massima diffusione sul suolo elvetico (BURGA 1988). Ampliando ulteriormente il quadro geografico, si può affermare che il medesimo polline appare molto abbondante un po' ovunque lungo tutta la catena alpina e sulle pianure circostanti, tant'è che il pino silvestre è considerato una delle specie dominanti della vegetazione europea nel Tardiglaciale e Preboreale. Parallelamente a quanto riscontrato nei profili pollinici, la specie compare con notevole frequenza anche tra i resti subfossili macroscopici rinvenuti in area centro-europea (fig. 4 e tab. 3). Si veda in proposito anche la ricchezza di siti registrati nell'*European Macrofossil Database* (CHEDDADI *et al.* 2006). Approfondendo di quest'abbondanza e studiando le sequenze anulari dei reperti lignei, si sono potute costruire importanti cronologie di riferimento fluttuanti, che coprono estesi periodi nel Tardiglaciale e all'inizio dell'Olocene. Per parte di queste cronologie si

è poi riusciti a ottenere una datazione incrociata con la lunga cronologia assoluta delle querce che si estende dal presente fin verso 9'255 BP (8'480 a.C., vedi FRIEDRICH *et al.* 2004). Attualmente si dispone quindi di un'interrotta cronologia assoluta del pino silvestre che espressa in valori radiocarbonici non calibrati si estende grossomodo da 8'825 a 10'640 BP (7'942-10'644 a.C., vedi KAISER *et al.* 2010). Per il periodo che ci interessa (9'355 BP) questa curva di riferimento è costituita in massima parte da ceppi o tronchi subfossili rinvenuti nei depositi alluvionali del Danubio o dei suoi affluenti nella Germania meridionale. Si tratta perlopiù di alberi che formavano foreste golenali, travolti dalla corrente, trasportati su tratti brevi e infine rimasti sepolti fino ai giorni nostri (FRIEDRICH *et al.* 2004). La connessione dendrocronologica tra dati ticinesi e questi dati nord-alpini è una meta molto impegnativa ma non impossibile da raggiungere come dimostrato dalle recenti datazioni incrociate realizzate tra cronologie dell'Italia settentrionale e cronologie della Svizzera interna e della Germania (FRIEDRICH *et al.* 2001). L'operazione sarebbe facilitata se si disponesse di una cronologia regionale fluttuante basata sulla datazione incrociata di diversi reperti coevi. Restiamo quindi vigili nell'attesa di nuovi ritrovamenti.

## RINGRAZIAMENTI

Siamo grati al Dr. Alberto Colombi (Dr. Baumer SA, Geologi Consulenti) per le informazioni fornite, a Franco Fibbioli per i tagli accurati del tronco, a Caterina Palombo e Patrick Fonti per la realizzazione delle sezioni sottili, a Mark Bertogliati e Marco Conedera per i buoni consigli e a Nicola Bomio-Pacciorini per l'impaginazione.

## BIBLIOGRAFIA

- ALI A. A., MARTINEZ M., FAUVART N., ROIRON P., FIORASO G., GUENDON J.-L., TERRAL J.-F. & CARCAILLET C. 2006. Incendies et peuplements à *Pinus mugo* Turra dans les Alpes occidentales (Val de Suse, Italie) durant la transition Tardiglaciaire-Holocène: une zone refuge évidente. *Comptes Rendus Biologies*, 329: 494-501.
- ANTOIGNINI M., SARTORI I., VESCOVI E. & TINNER W. 2008. Flora e fauna pleistoceniche e oloceniche provenienti da un importante scavo a Paradiso (Palazzo Mantegazza). *Bollettino della Società ticinese di Scienze naturali*, 96: 11-18.
- BÄCHLIN R., BIANCONI F., CODONI A., DAL VESCO E., KNOBLAUCH P., KÜNDIG E., REINHARD M., SPAENHAUSER F., SPICHER A., TROMMSDORFF V. & WENK E. 1974. *Atlante geologico della Svizzera 1:25000*, foglio 1313-Bellinzona. Commissione Geologica Svizzera.
- BECKER B. 1982. Dendrochronologie und Paläoökologie subfossiler Baumstämme aus Flußablagerungen. Ein Beitrag zur nachzeitlichen Auenentwicklung im südlichen Mitteleuropa. Wien, VÖAW, 120 pp.
- BEUG H.-J. 1968. Untersuchungen zur spät- und postglazialen Vegetationsgeschichte im Gardagebiet unter besonderer Berücksichtigung der mediterranen Arten. *Flora*, 154: 401-444.
- BONHÔTE J. 1998. Forges et forêts dans les Pyrénées Ariégeoises. Pour une histoire de l'environnement. Aspet, PyrÉGraph, 337 pp.
- BURGA C. A. 1980. Pollenanalytische Untersuchungen zur Vegetationsgeschichte des Schams und des San Bernardino-Passgebietes (Graubünden, Schweiz). *Dissertationes Botanicae* 56: 1-194. BURGA C. A. 1988. Swiss vegetation history during the last 18000 years. *New Phytologist*, 110: 581-602.
- CESTI G. 2005. I combustibili negli incendi di vegetazione. Pesaro, De Rerum Natura, 202 pp.
- CHAUVIÈRE F.-X. 2008. La grotte du Bichon: un site préhistorique des montagnes neuchâteloises. Neuchâtel, Office et musée cantonal d'archéologie neuchâteloise, 168 pp.
- CHEDDADI R., VENDRAMIN G. G., LITT T., FRANÇOIS L., KAGEYAMA M., LORENTZ S., LAURENT J.-M., DE BEAULIEU J.-L., SADORI L., JOST A. & LUNT D. 2006. Imprints of glacial refugia in the modern genetic diversity of *Pinus sylvestris*. *Global Ecology and Biogeography*, 15: 271-282.
- CHEN X., WEI X., SCHERER R. & HOGAN D. 2008. Effects of large woody debris on surface structure and aquatic habitat in forested streams, southern interior British Columbia, Canada. *River Research and Applications*, 24: 862-875.
- DAPPLES F. 2002. Instabilités de terrain dans les Préalpes fribourgeoises (Suisse) au cours du Tardiglaciaire et de l'Holocène. Thèse, Université de Fribourg, 158 pp.
- DAVASSE B. 1992. Anthracologie et espaces forestiers charbonnés. Quelques exemples dans la moitié orientale des Pyrénées. *Bulletin de la Société Botanique de France*, 139: 597-608.
- DE GRAAFF L. W. S., KUIJPER W. J. & SLOTBOOM R. T. 1989. Schlußvereisung und spätglaziale Entwicklung des Moorgebietes Gasserplatz (Feldkirch-Göfis, Vorarlberg). *Jahrbuch der Geologischen Bundesanstalt*, 132: 397-413.
- FAUVART N., ALI A. A., TERRAL J.-F., ROIRON P., BLARQUEZ O. & CARCAILLET C. 2012. Holocene upper tree-limits of *Pinus* section *sylvestris* in the Western Alps as evidenced from terventine archives. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 169: 96-102.
- FLÈTE O. & HØIBØ O. 2009. Models for predicting vertical profiles of heartwood diameter in mature Scots pine. *Canadian Journal of Forest Research*, 39: 527-536.
- FLIRI F. 1973. Beiträge zur Geschichte der alpinen Würmvereisung: Forschungen am Bändertön von Baumkirchen (Inntal, Nordtirol). *Zeitschrift für Geomorphologie, Supplementband*, 16: 1-14.
- FOLETTI G. 1999. Pierangelo Donati. Venticinque anni alla direzione dell'Ufficio cantonale dei monumenti storici. Bellinzona, Edizioni Stato del Cantone Ticino, 474 pp.
- FRANGI A. & FONTANA M. 2003. Charring rates and temperature profiles of wood sections. *Fire and materials*, 27: 91-102.
- FRIEDRICH M., KROMER B., KAISER K. F., SPURK M., HUGHEN K. A. & JOHNSEN S. J. 2001. High-resolution climate signals in the Bølling-Allerød Interstadial (Greenland Interstadial 1) as reflected in European tree-ring chronologies compared to marine varves and ice-core records. *Quaternary Science Reviews*, 20: 1223-1232.
- FRIEDRICH M., REMMELE S., KROMER B., HOFMANN J., SPURK M., KAISER K. F., ORCEL C. & KÜPPERS M. 2004. The 12,460-year hohenheim oak and pine tree-ring chronology from central Europe - a unique annual record for radiocarbon calibration and paleoenvironment reconstructions. *Radiocarbon*, 46: 1111-1122.

- FRIES A. 1999. Heartwood and sapwood variation in mature provenance trials of *Pinus sylvestris*. *Silvae Genetica*, 48: 7-14.
- GARCÍA ESTEBAN L. & GUINDEO CASASÚS A. 1988. Anatomía e identificación de las maderas de coníferas españolas. Madrid, AITIM, 146 pp.
- GARCÍA ESTEBAN L., DE PALACIOS DE PALACIOS P., GUINDEO CASASÚS A. & GARCÍA FERNÁNDEZ F. 2004a. Characterisation of the xylem of 352 conifers. *Investigación agraria. Sistemas y recursos forestales*, 13: 452-478.
- GARCÍA ESTEBAN L., GUINDEO CASASÚS A., PERAZA ORAMAS C. & DE PALACIOS DE PALACIOS P. 2004b. La madera y su anatomía: anomalías y defectos, estructura microscópica de coníferas y frondosas, identificación de maderas, descripción de especies y pared celular. Madrid, Mundi-Prensa Libros, 327 pp.
- GASTALDO R. A. 2004. The relationship between bed-form and log orientation in a Paleogene fluvial channel, Wei elster Basin, Germany. *Palaios*, 19: 587-597.
- GOBET E., TINNER W., BIGLER C., HOCHULI P. A. & AMMANN B. 2005. Early-Holocene afforestation processes in the lower subalpine belt of the Central Swiss Alps as inferred from macrofossil and pollen records. *The Holocene*, 15: 672-686.
- GRADSTEIN F., OGG J. & SMITH A. 2004. *A geologic Time Scale 2004*. Cambridge University Press, Cambridge, 589 pp.
- GRÜGER J. 1968. Untersuchungen zur spätglazialen und frühpostglazialen Vegetationsentwicklung der Südalpen im Umkreis des Gardasees. *Botanische Jahrbücher für Systematik Pflanzengeschichte und Pflanzengeographie*, 88: 163-199.
- HOFSTETTER S., TINNER W., VALSECCHI V., CARRARO G. & CONEDERA M. 2006. Lateglacial and Holocene vegetation history in the Insubrian Southern Alps - New indications from a small-scale site. *Vegetation History and Archaeobotany*, 15: 87-98.
- JANSSENS M. L. & WHITE R. H. 1994. Temperature profiles in wood members exposed to fire. *Fire and materials*, 18: 263-265.
- JAUBERT J., MURET A. & GRENET M. 1990. Saint Antoine (Vitrolles, Hautes-Alpes), Site de plein air du Paléolithique final/Épipaléolithique. Aix-en-Provence, 67 pp.
- JONES T. P., SCOTT A. C. & MATTEY D. P. 1993. Investigations of "fusain transition fossils" from the Lower Carboniferous: comparisons with modern partially charred wood. *International Journal of Coal Geology*, 22: 37-59.
- KAISER K. F. 1993. Beiträge zur Klimageschichte vom späten Hochglazial bis ins frühe Holozän: rekonstruiert mit Jahrringen und Molluskenschalen aus verschiedenen Vereisungsgebieten. Zürich, Universität Zürich-Irchel, Geographisches Institut, 203 pp.
- KAISER K. F., FRIEDRICH M., MIRAMONT C., KROMER B., SGIER M., SCHAUB M., BOEREN I., REMMELE S., TALAMO S., GUIBAL F. & SIVAN O. 2010. Challenging process to make the Lateglacial tree-ring chronologies from Europe absolute - an inventory. *Quaternary Science Reviews*, in stampa.
- KALICKI T. & KRAPIEC M. 1995. Problems of dating alluvium using buried subfossil tree trunks: lessons from the 'black oaks' of the Vistula Valley, Central Europe. *The Holocene*, 5: 243-250.
- LANG G. 1985. Swiss lake and mire environments during the last 15000 years. Vaduz, Cramer, 428 pp.
- LENZ O. 1979. Le bois des conifères d'une station sécharde du pied du Jura (Chassagne). *Mitteilungen Eidgenössische Anstalt für das Forstliche Versuchswesen*, 55: 233-287.
- LOTTER A. F. 1999. Late-glacial and Holocene vegetation history and dynamics as shown by pollen and plant macrofossil analyses in annually laminated sediments from Soppensee, central Switzerland. *Vegetation History and Archaeobotany*, 8: 165-184.
- MILAN S. 2009. Ingegneria e architettura del termovalorizzatore di Giubiasco. *Archì, rivista svizzera di architettura, ingegneria e urbanistica*, 5-6: 12-54.
- MIRAMONT C. 1996. L'apport de la dendrochronologie en géomorphologie et dans la reconstitution des paléoenvironnements. *Méditerranée*, 85: 63-66.
- MIRAMONT C., SIVAN O., ROSIQUE T., EDOUARD J. L. & JORDA M. 2000. Subfossil tree deposits in the middle Durance (southern Alps, France): environmental changes from Allerød to Atlantic. *Radiocarbon*, 42: 423-435.
- MÜLLER B. V. 2000. Datierung fossiler Hölzer am Übergang Jüngere Dryas / Präboreal. Diplomarbeit, Universität Zürich, 101 pp.
- MÜLLER H. J. 1972. Pollenanalytische Untersuchungen zum Eisrückzug und zur Vegetationsgeschichte im Vorderrhein- und Lukmaniergebiet. *Flora*, 161: 333-382.
- NISBET R. 1983. Analisi macrobotaniche preliminari del deposito di Terlago (Trento). *Preistoria Alpina*, 19: 243-244.
- O'CONNOR J. J. & REDSICKER D. R. 1996. *Practical fire and arson investigation*. Boca Raton, CRC Press, 416 pp.
- OEGGL K. 1992. Sediment- und Makrofossilienanalysen aus dem Lanser See in Tirol (Austria): Ein Beitrag zur spätglazialen Bio- und Chronostratigraphie der Ostalpen. *Flora*, 186: 317-339.
- PINI R., ACETI A., BADINO F., MAGGI V., OROMBELLI G., RAITERI L. & RAVAZZI C. 2011. High-altitude environments and glaciers fluctuations in the western sector of the Aosta Valley during the Holocene. *Il Quaternario*, 24: 117-119.
- PY V. 2009. Mine, bois et forêt dans les Alpes du Sud au moyen âge. Approches archéologique, bioarchéologique et historique. Annexe. Anthracologie, taxons, écologie et tableaux d'inventaire des bois. Thèse, Université Aix-Marseille I, 116 pp.
- RAVAZZI C., DONEGANA M., VESCOVI E., ARPENTI E., CACCIANIGA M., KALTENRIEDER P., LONDEIX L., MARABINI S., MARIANI S., PINI R., VAI G. B. & WICK L. 2006. A new Late-glacial site with *Picea abies* in the northern Apennine foothills: an exception to the model of glacial refugia of trees. *Vegetation History and Archaeobotany*, 15: 357-371.
- REIMER P. J., BAILLIE M. G. L., BARD E., BAYLISS A., BECK J. W., BLACKWELL P. G., BRONK RAMSEY C., BUCK C. E., BURR G. S., EDWARDS R. L., FRIEDRICH M., GROOTES P. M., GUILDERSON T. P., HAJDAS I., HEATON T. J., HOGG A. G., HUGHEN K. A., KAISER K. F., KROMER B., MCCORMAC F. G., MANNING S. W., REIMER R. W., RICHARDS D. A., SOUTHON J. R., TALAMO S., TURNER C. S. M., VAN DER PLICHT J. & WEYHENMEYER C. E. 2009. IntCal09 and Marine09 radiocarbon age calibration curves, 0-50,000 years cal BP. *Radiocarbon* 51: 1111-1150.
- RIGLING A., BRÄKER O., SCHNEITER G. & SCHWEINGRUBER F. H. 2002. Intra-annual tree-ring parameters indicating differences in drought stress of *Pinus sylvestris* forests within the Erico-Pinion in the Valais (Switzerland). *Plant Ecology*, 163: 105-121.

- RÖSCH M. 1983. Geschichte der Nussbaumer Seen (Kanton Thurgau) und ihrer Umgebung seit dem Ausgang der letzten Eiszeit aufgrund quartärbotanischer, stratigraphischer und sedimentologischer Untersuchungen. *Mitteilungen der Thurgauischen Naturforschenden Gesellschaft*, 45: 3-110.
- SCHAUB M., BÜNTGEN U., KAISER K. F., KROMER B., TALAMO S., KROGH ANDERSEN K. & OLANDER RASMUSSEN S. 2008. Lateglacial environmental variability from Swiss tree rings. *Quaternary Science Reviews*, 27: 29-41.
- SCHWEINGRUBER F. H. 1990. Anatomie europäischer Hölzer: ein Atlas zur Bestimmung europäischer Baum-, Strauch- und Zwergstrauchhölzer. Birmensdorf, Paul Haupt, 800 pp.
- SCHWEINGRUBER F. H., BÖRNER A. & SCHULZE E.-D. 2006. Atlas of woody plants stems. Evolution, structure and environmental modifications. Berlin, Springer, 229 pp.
- SCOTT A. C. 1989. Observations on the nature and origin of fusain. *International Journal of Coal Geology*, 12: 443-475.
- SCOTT A. C. 2010. Charcoal recognition, taphonomy and uses in palaeoenvironmental analysis. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 291: 11-39.
- STRASSER A., WEIDMANN M. & HOCHHULI P. A. 1999. Sédimentation postglaciaire fluviatile et palustre près d'Avenches (Suisse): implications climatique. *Bulletin de la Société Fribourgeoise des Sciences Naturelles*, 88: 5-26.
- THÉRY-PARISOT I. & HENRY A. 2012. Seasoned or green? Radial cracks analysis as a method for identifying the use of green wood as fuel in archaeological charcoal. *Journal of Archaeological Science*, 39: 381-388.
- THIÉBAULT S. 1991. Approche de l'environnement végétal préhistorique pendant la fin du Tardiglaciaire et l'Holocène entre Alpes et Jura par l'analyse anthracologique. *Quaternaire*, 2: 49-58.
- THIÉBAULT S. 1992. L'analyse anthracologique: un mode de connaissance des végétations du passé. L'exemple des Préalpes sud-occidentales. *Mémoires de la Société géologique de France*, 160: 119-124.
- THIÉBAULT S. 2001. Anthracanalyse des établissements néolithiques de la région liguro-provençale. *Bulletin de la Société préhistorique française*, 98: 399-409.
- 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: 273-289.
- TINNER W., KALTENRIEDER P., SOOM M., ZWAHLEN P., SCHMIDHALTER M., BOSCHETTI A. & SCHLÜCHTER C. 2005. Der nacheiszeitliche Bergsturz im Kandertal (Schweiz): Alter und Auswirkungen auf die damalige Umwelt. *Eclogae Geologicae Helveticae*, 98: 83-95.
- TOBOLSKI K. & AMMANN B. 2000. Macrofossils as records of plant responses to rapid Late Glacial climatic changes at three sites in the Swiss Alps. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 159: 251-259.
- VALSECCHI V. & TINNER W. 2010. Vegetation responses to climatic variability in the Swiss Southern Alps during the Misox event at the early-mid Holocene transition. *Journal of Quaternary Science*, 25: 1248-1258.
- VERNET J.-L. 1994. Analyses anthracologiques. *Gallia préhistoire*, 36: 189-192.
- VERNET J.-L., MIETER A. & ZÉRAÏA L. 2007. Eco-histoire de la Forêt de *Pinus nigra* Arnold ssp. Salzmanni (Dunal) FRANCO DE SAINT-GUILHEM-LE-DÉSERT (Hérault, France). In: DUPOUYEY J.-L., DAMBRINE E., DARDIGNAC C. & GEORGES-LEROY M. (eds), *La mémoire des forêts*. Nancy, Office national des forêts, pp. 87-96.
- WILLIAMS C. J., TROSTLE K. D. & SUNDERLIN D. 2010. Fossil wood in coal-forming environments of the late Paleocene-early Eocene Chickaloon Formation. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 295: 363-375.
- ZIELONKA T., CIAPALA S., MALINA P. & PIATEK G. 2009. Coarse woody debris in mountain streams and their influence on geomorphology of channels in the Tatra Mts. *Landform Analysis*, 10: 134-139.
- ZWAHLEN R. 1985. Lörmoos - Late-glacial and Holocene environments of an ancient lake on the Central Swiss Plateau. *Dissertationes Botanicae*, 87: 171-184.

