

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

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

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

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

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

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

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

---

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

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

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

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

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

## INTRODUZIONE

### Situazione geografica e scientifica

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

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

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

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



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



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

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

### Contesto bioclimatico e antropico

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

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



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

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

### Le attività dei naturalisti torinesi in Val Piora

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

## PRESENTAZIONE DEL SITO DI STUDIO

### Inquadramento geologico

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

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

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

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

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

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

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

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

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

**Inquadramento floristico-vegetazionale**

I differenti ambienti presenti in Val Piora alle quote percorse dalle escursioni didattiche, unitamente al supporto fornito dalla presenza del CBA con le sue strutture, hanno in questi anni fornito una ottima base per programmare diversi tipi di attività formative anche sui temi botanici, in relazione all'andamento fenologico e meteorologico nel periodo della escursione annuale. Le differenze geologiche determinano la formazione di suoli poco evoluti con pH e composizione chimica differente, adatti ad ospitare specie con esigenze distinte. Tutta la zona offre inoltre parecchi spunti di riflessione sul tema del limite del bosco, del limite degli alberi e della influenza delle attività umane su questi aspetti. Il già citato tratto di foresta naturale a Larice e Cembro contiene numerose formazioni ad *Alnus viridis* con alte erbe, ospitanti molte specie erbacee fra le quali *Strep-*

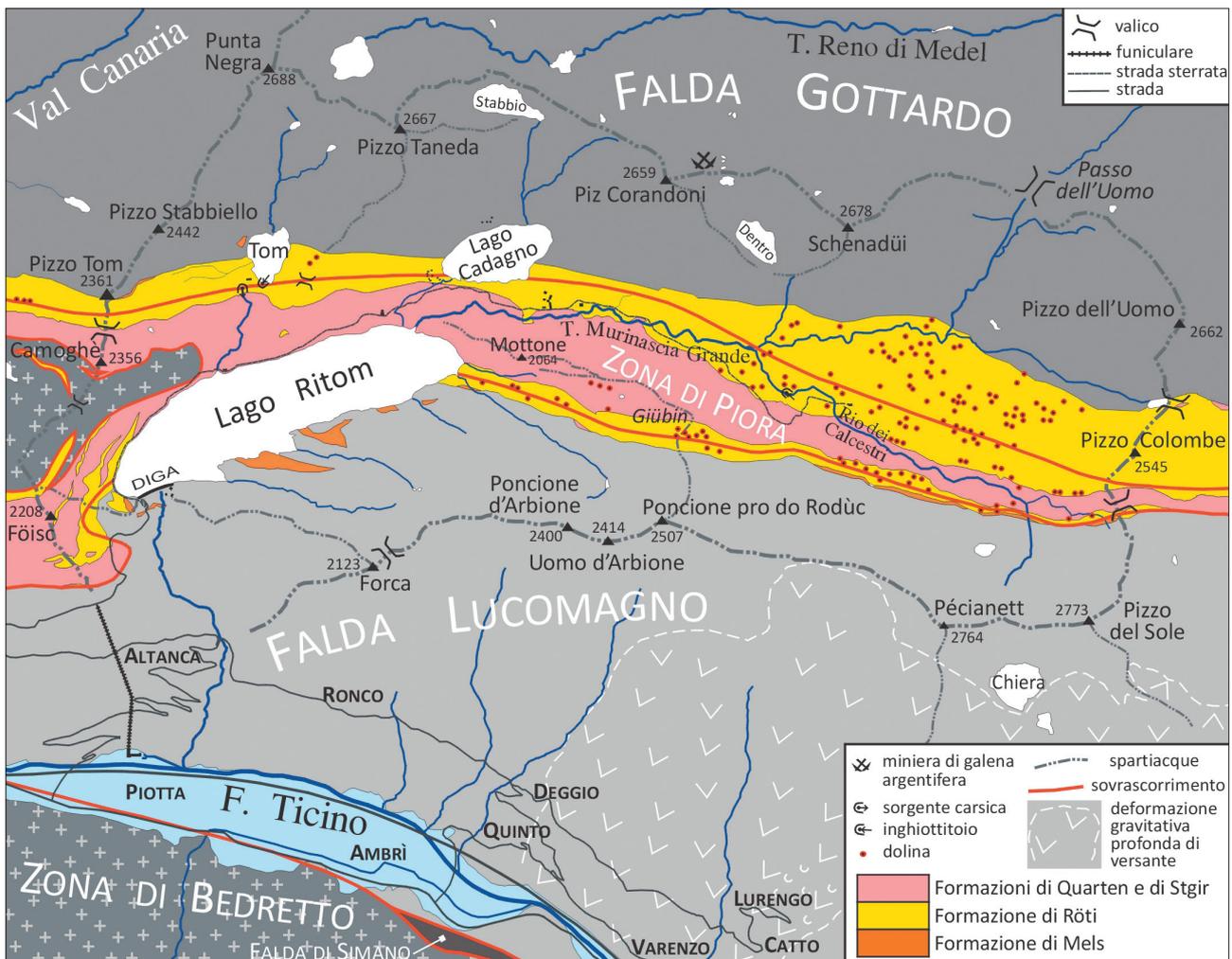


Figura 4: Carta geologica generale della Val Piora (ridisegnata e semplificata dalla carta dell'Atlante Geologico della Svizzera, Foglio Ambri-Piotta n. 1252, Bianconi & Strasky, 2015).

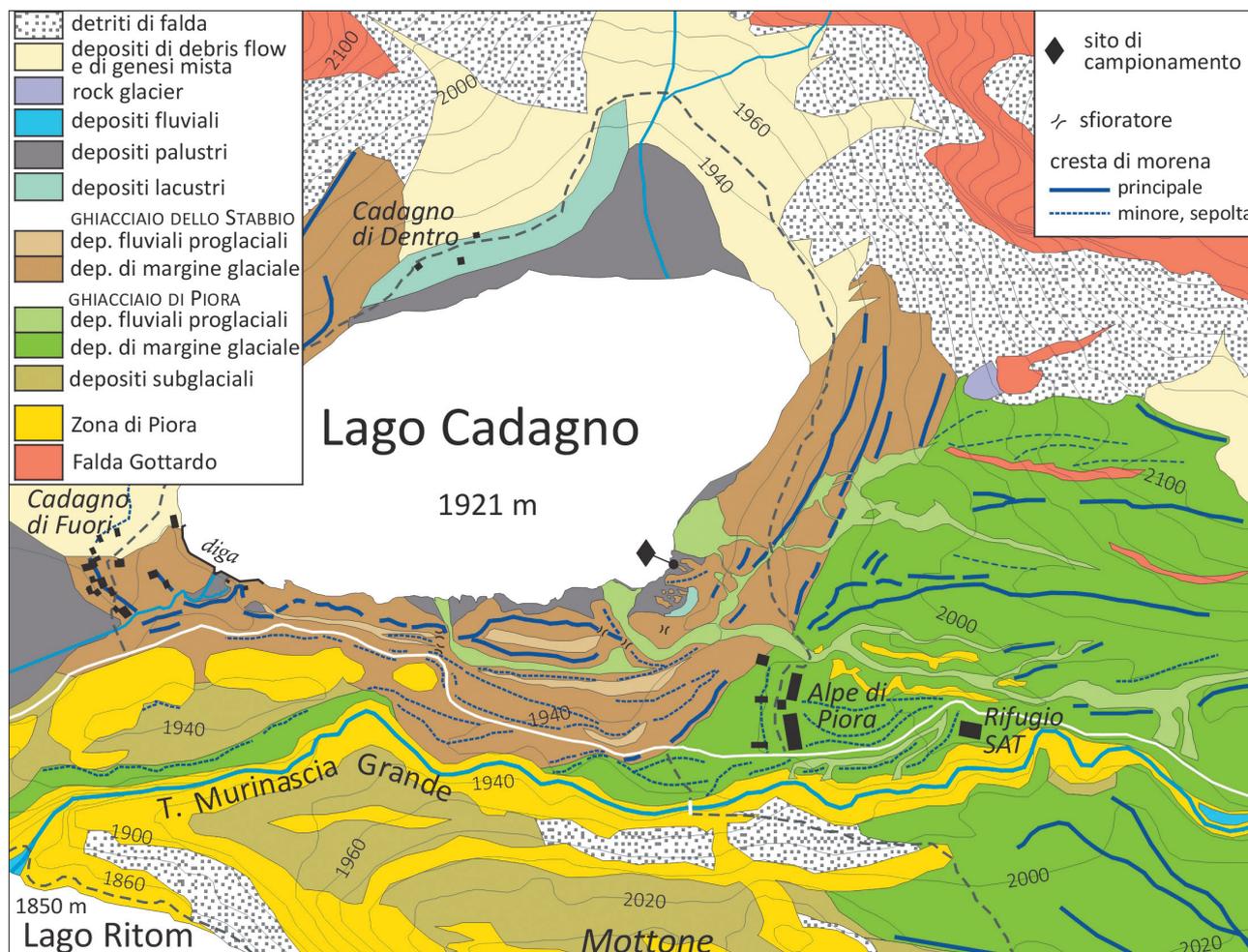


Figura 5: Carta geologica dettagliata dei dintorni del Lago Cadagno, con particolare attenzione ai depositi quaternari e alle loro forme (dai rilievi e fotointerpretazione di F. Gianotti, questo lavoro).

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

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

## MATERIALI E METODI

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



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

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

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

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

## RISULTATI

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

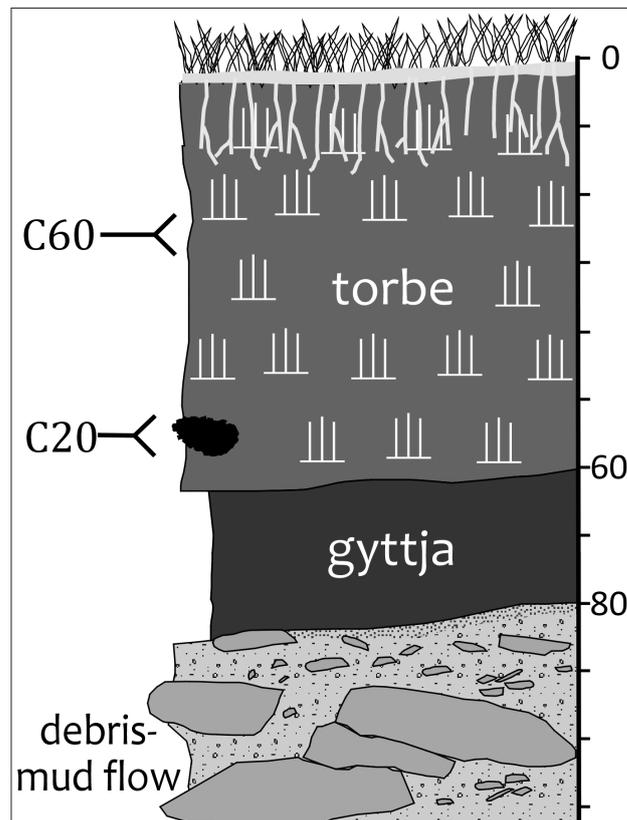


Figura 7: Sezione stratigrafica del deposito torboso del sito Cadagno SE. Misure in centimetri.

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

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

L'apertura a mano di blocchi di sedimento del deposito

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

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

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

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

## DISCUSSIONE

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

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

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

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

## RINGRAZIAMENTI

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

## BIBLIOGRAFIA

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

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

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