

Il quaternario : quadro cronostratigrafico e oscillazioni climatiche dall'Ultimo Massimo Glaciale (UMG/LGM) al presente

Autor(en): **Scapozza, Cristian**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Bollettino della Società ticinese di scienze naturali**

Band (Jahr): **110 (2022)**

PDF erstellt am: **17.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-1002959>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Il Quaternario: quadro cronostratigrafico e oscillazioni climatiche dall'Ultimo Massimo Glaciale (UMG/LGM) al presente

Cristian Scapozza

¹ Istituto scienze della Terra, Scuola universitaria professionale della Svizzera italiana (SUPSI),
Campus Mendrisio, 6850 Mendrisio, Svizzera

cristian.scapozza@supsi.ch

Riassunto: Negli ultimi anni, diverse modifiche e nuove ratifiche hanno interessato la suddivisione stratigrafica del Quaternario e nuove datazioni concernenti l'Ultimo Massimo Glaciale al Sud delle Alpi Svizzere sono state pubblicate. È quindi presentato il quadro di riferimento attuale per il Sistema / Periodo del Quaternario, nel quale sono contestualizzati i principali eventi paleoclimatici avvenuti nel contesto sudalpino durante gli Stadi Isotopici Marini MIS 2 e 1. Nuove età di esposizione tramite isotopi cosmogenici di massi erratici, nuove datazioni al radiocarbonio e la ri-calibrazione di quelle già pubblicate grazie alla nuova curva di calibrazione IntCal20, consentono di datare la fase parossistica dell'Ultimo Massimo Glaciale fra 28.90 e 23.06–20.54 ka b2k, quindi fra l'interstadio GI-4 e lo stadio GS-2.1c della stratigrafia evenemenziale groenlandese INTIMATE. La fine dell'Ultimo Massimo Glaciale e l'inizio della deglaciazione sono invece avvenuti fra 20.54 e 19.98–19.94 ka b2k, vale a dire durante lo stadio groenlandese GS-2.1b. La deglaciazione delle valli superiori, terminata prima di 14.82 ka b2k, è invece avvenuta durante lo stadio groenlandese GS-2.1a. Per quanto concerne l'Olocene, è stata affinata la cronologia di 9 oscillazioni climatiche fredde e di 4 oscillazioni climatiche calde definite nel contesto alpino, fra le quali il Massimo Termico dell'Olocene, che si può considerare il periodo multi-secolare più caldo degli ultimi 109 ka.

Parole chiave: Olocene, Oscillazione climatica, Pleistocene, Stadio / Interstadio Groenlandese, Stadio Isotopico Marino, Stratigrafia evenemenziale INTIMATE, Ultima deglaciazione

The Quaternary: chronostratigraphic framework and climate oscillations from the Last Glacial Maximum (LGM) to the present

Abstract: In recent years, several modifications and new ratifications have affected the stratigraphic subdivision of the Quaternary, and new dates concerning the Last Glacial Maximum in the Southern Swiss Alps were published. The current reference framework for the Quaternary System / Period is then presented, in which the main palaeoclimatic events that occurred in the Southern Swiss Alps during Marine Isotope Stages MIS 2 and MIS 1 are contextualized. New cosmogenic nuclides exposure ages of erratic boulders, new radiocarbon dates and the re-calibration of those already published using the new IntCal20 calibration curve, allow to date the paroxysmal phase of the Last Glacial Maximum between 28.90 and 23.06–20.54 ka b2k, i.e. between the GI-4 interstadial and the GS-2.1c stadial of the Greenland event stratigraphy INTIMATE. The end of the Last Glacial Maximum and the beginning of deglaciation occurred between 20.54 and 19.98–19.94 ka b2k, i.e. during the Greenland Stadial GS-2.1b. Deglaciation of the upper valleys, which ended before 14.82 ka b2k, occurred during the Greenland Stadial GS-2.1a. For the Holocene, the chronology of 9 cold and 4 warm climate oscillations defined in the Alpine framework were refined, including the Holocene Thermal Maximum, which can be considered the warmest multi-secular period in the last 109 ka.

Keywords: Climate oscillation, Greenland Stadial / Interstadial, Holocene, INTIMATE event stratigraphy, Marine Isotope Stage, Pleistocene, Termination I

INTRODUZIONE

L'Unione Internazionale di Scienze Geologiche (UISG) ha adottato negli ultimi anni diverse modifiche che concernono il Quaternario, in particolare rivedendo e ratificando le suddivisioni del Pleistocene e dell'Olocene (Cohen & Gibbard 2022). Nel contempo, la sempre maggiore integrazione fra *proxies* paleoclimatici provenienti da osservazioni compiute in ambienti terrestri o marini, unita all'informazione geochemica ricostruita

sulla base delle carote di ghiaccio, è andata affinandosi anche la stratigrafia evenemenziale INTIMATE (*INtegration of Ice-core, MARine and TERrestrial records*). Questa propone oggi ben 26 stadi o GS (per *Greenland stadial*) e 25 interstadi o GI (per *Greenland interstadial*), spesso suddivisi in sub-stadi e sub-interstadi, per il periodo compreso fra 119'140 e 11'703 ± 4 a b2k (Rasmussen et al. 2014). Questo è il periodo compreso fra la fine del penultimo interglaciale, denominato stadio isotopico marino (*Marine isotope stage*) o MIS 5e, e l'inizio

Sistema / Periodo	Serie / Epoca	Subserie / Subepoca	Piano / Età	Età numerica	MIS	Età	
Quaternario	Olocene	Olocene Superiore / Tardivo	Meghalayano	4.250–0	1	14–0	
		Olocene Medio / Medio-	Nordgrippiano	8.236–4.250			
		Olocene Inferiore / Precoce	Groenlandiano	11.700–8.236			
	Pleistocene	Pleistocene Superiore / Pleistocene Tardivo	<i>Superiore</i>		129–11.700	2	29–14
						3	57–29
						4	71–57
						5	130–71
						19–5	790–130
		Pleistocene Medio / Medio Pleistocene	Chibaniano		774–129		
Pleistocene Inferiore / Pleistocene Precoce	Calabriano		1806–774	65–19	1816–790		
		Gelasiano		2588–1806	103–65	2595–1816	

Figura 1: Su sfondo colorato, suddivisione cronostratigrafica / geocronologica del Quaternario e relativa età numerica in ka (ka b2k per la Serie / Epoca dell'Olocene) (fonte: Cohen & Gibbard 2022); su sfondo bianco, correlazione della cronostratigrafia / geocronologia del Quaternario con gli stadi isotopici marini (MIS = *Marine Isotope Stage*), che sono riportati in numeri pari per i periodi glaciali (o stadiali) e in numeri dispari per i periodi interglaciali (o interstadiali), e loro età numerica in ka, che non è strettamente corrispondente con l'età numerica dei Piani / Età del Quaternario (fonte: Lisiecki & Raymo 2005).

dell'interglaciale attuale, situato a cavallo fra i MIS 2 e 1 (Lisiecki & Raymo 2005).

Per quanto concerne il contesto morfoclimatico regionale sudalpino durante i MIS 2 e 1, nuove datazioni sono state compiute di recente per quanto concerne l'Ultimo Massimo Glaciale (UMG) e la successiva deglaciazione dei bacini lacustri del Lago di Lugano e del Lago Maggiore (Bernoulli et al. 2018; Kamleitner et al. 2022). Con la pubblicazione nel 2020 della nuova curva di calibrazione delle datazioni al radiocarbonio IntCal20 (Reimer et al. 2020), è nata anche la necessità di aggiornare il quadro cronologico fornito dall'applicazione di questo metodo, in particolare per quanto concerne l'UMG e le principali oscillazioni climatiche dell'Olocene definite nel contesto alpino (Burga et al. 2001).

L'obiettivo di questa notizia è di fornire il quadro cronostratigrafico di riferimento per quanto concerne il Quaternario e contestualizzare regionalmente i principali eventi paleoclimatici avvenuti nel contesto sudalpino durante i MIS 2 e 1, quindi dall'inizio dell'UMG a oggi.

NOTAZIONI CRONOLOGICHE UTILIZZATE

Per quanto concerne la cronostratigrafia del Quaternario e la stratigrafia isotopica marina, le età sono presentate in migliaia di anni fa, con la notazione "ka" per *kiloannum*. Nel caso della stratigrafia dell'Olocene e della stratigrafia evenemenziale INTIMATE, le età sono presentate in anni / migliaia di anni prima del 2000 d.C., con la notazione "a / ka b2k" dove "b2k" sta per "*before 2000*" (prima del 2000). Le datazioni al radiocarbonio sono invece riportate come età convenzionali in "anni radiocarbonio prima del presente", notati con la dicitura "a ¹⁴C BP", dove BP significa "*Before Present*" (prima del presente), con il presente che è fissato al 1950 d.C. Le età radiocarbonio calibrate sono invece espresse in "anni / migliaia di anni calendari prima del presente" con la notazione "a / ka cal BP". Per consentire un paragone diretto fra la stratigrafia di riferimento e le età stabilite grazie alla calibrazione di datazioni al radiocarbonio, queste ultime sono state tradotte in età "b2k" mediante l'aggiunta di 50 anni. Le età di esposizione tramite isotopi cosmogenici sono

invece notate in migliaia di anni prima dell'anno di campionamento ("ka"), precedute dal simbolo chimico dell'isotopo cosmogenico considerato (^{10}Be o ^{36}Cl in Kamleitner et al. 2022).

CRONOSTRATIGRAFIA DEL QUATERNARIO

La cronostratigrafia / geocronologia del Sistema / Periodo del Quaternario è stata definita dalla Commissione internazionale di stratigrafia dell'UISG (Cohen & Gibbard 2022) ed è costituita da due Serie / Epoche, il Pleistocene e l'Olocene, che a loro volta sono suddivise in tre Subserie / Subepoche (Fig. 1). Per quanto concerne l'ulteriore suddivisione in Piani / Età, per la Serie / Epoca dell'Olocene questa riprende le tre Subserie / Subepoche. Per quanto concerne la Serie / Epoca del Pleistocene, la Subserie / Subepoca più antica (il Pleistocene Inferiore / Precoce) è suddivisa in due Piani / Età, il Gelasiano e il Calabriano, ratificati rispettivamente nel 1996 e 2011. La base del Gelasiano, corrispondente alla base del Pleistocene e quindi del Quaternario, si inserisce nel MIS 103 (2595–2575 ka; Lisiecki & Raymo 2005). La Subserie / Subepoca del Pleistocene Medio / Medio-Pleistocene corrisponde al Piano / Età del Chibaniano, che è stato ratificato dall'UISG il 15.1.2020 e ha sostituito il termine informale di Ioniano. Il Piano / Età *Superiore* (*Late* in Cohen & Gibbard 2022), corrispondente alla Subserie / Subepoca del Pleistocene Superiore / Tardivo, non ha ancora un nome formalizzato; ricorre però spesso il termine informale di Tarantiano. Il Pleistocene Superiore è iniziato alla base del penultimo interglaciale (denominato anche Eemiano), quindi alla transizione fra il MIS 6 e il MIS 5e (130 ka in Lisiecki & Raymo 2005; 129 ka in Cohen & Gibbard 2022).

L'UMG/LGM E LA DEGLACIAZIONE

Nella stratigrafia isotopica marina, e quindi a livello globale, l'UMG o *Last Glacial Maximum* (LGM) corrisponde al periodo compreso fra l'inizio del MIS 2 (29 ka), e l'inizio dell'Ultima deglaciazione, denominata *Termination I* e datata fra 19 e 14 ka (Lisiecki & Raymo 2005).

A livello regionale, la fase parossistica di avanzata dei ghiacciai del Sud delle Alpi svizzere durante l'UMG è datata grazie all'età di esposizione tramite isotopi cosmogenici ed età radiocarbonio. Per il paleo-ghiacciaio del Verbano (sistema glaciale del Ticino-Toce), l'età di esposizione di alcuni blocchi erratici (Kamleitner et al. 2022) permette di datare l'inizio dell'UMG a 27.62 ± 7.80 ^{36}Cl ka (VR51) e 25.64 ± 3.26 ^{36}Cl ka (VR52). Considerando l'incertezza interna di queste datazioni, il loro limite inferiore è di 35.42 ^{36}Cl ka (VR51), rispettivamente 28.90 ^{36}Cl ka (VR52), quindi in accordo con l'inizio dell'interstadio GI-4 (28.90–28.60 ka b2k) della stratigrafia evenemenziale INTIMATE (Rasmussen et al. 2014). La fine dell'UMG e l'inizio della deglaciazione del bacino del Verbano è invece stata datata a 19.90 ± 0.70 ^{10}Be ka (Kamleitner et al. 2022). Questa datazione è in accordo con l'età minima di deglaciazione del Lago di Monate (BE-8023.1.1 in Tab. 1), che è compresa fra 19.93 e 18.81 ka cal BP. Per il paleo-ghiacciaio del Ceresio (sistema glaciale dell'Adda-Ticino), l'età minima dell'inizio della fase parossistica dell'UMG è compresa fra 28.56 e 27.27 ka cal BP (RC-234 e RC-291 in Tab. 1). L'età minima dell'inizio della deglaciazione è compresa fra 23.01 e 20.49 ka cal BP (GX-14748 e R-801 α in Tab. 1), con l'ultimo stadio ancora ascrivibile all'UMG, responsabile della deposizione della morena fra Bissone e Melide, che è stato correlato allo stadio di Steinach delle Alpi Orientali (Scapozza et al. 2014; Bernoulli et al. 2018), la cui età minima è compresa fra 19.89 e 17.69 ka cal BP (VRI-484 in Tab. 1).

Tabella 1: Compilazione e calibrazione delle età radiocarbonio discusse nel testo. La calibrazione è stata eseguita con il software OxCal 4.4., utilizzando la curva IntCal 20 (Reimer et al., 2020) e con un intervallo di confidenza di 2-sigma (95.4% di probabilità). Dati compilati partendo da: 1. Scapozza et al. (2014); 2. Bernoulli et al. (2018); 3. Rey et al. (2020). Si vedano queste pubblicazioni per i dettagli relativi al dato originale o alla sua compilazione.

Codice di laboratorio	Località	Età convenzionale [a ^{14}C BP]	Età calibrata [a cal BP]	Dati
RC-234	Ponna Fondo (Intelvi, CO)	$23'833 \pm 192$	$28'560 - 27'690$ (95.4%)	2
RC-291	Ponna Fondo (Intelvi, CO)	$23'337 \pm 192$	$27'810 - 27'270$ (95.4%)	2
GX-14748	Fino Mornasco (CO)	$18'430 \pm 300$	$23'010 - 21'690$ (94.1%) $21'580 - 21'480$ (1.3%)	1, 2
R-801 α	Pontida (BG)	$17'600 \pm 360$	$22'260 - 20'490$ (95.4%)	1, 2
BE-8023.1.1	Lago di Monate (VA)	$16'000 \pm 250$	$19'930 - 18'810$ (95.4%)	3
VRI-484	Steinach (Gschnitztal, Tirolo, A)	$15'400 \pm 470$	$19'890 - 17'690$ (94.6%) $17'660 - 17'550$ (0.9%)	2
B-874	Suossa (San Bernardino, GR)	$13'010 \pm 200$	$16'200 - 15'010$ (95.4%)	1
Müller-1972	Vall'Ambrosa (Campra, TI)	$12'890 \pm 160$	$15'910 - 14'950$ (95.4%)	1
B-2849	Bedrina (Dalpe, TI)	$12'170 \pm 110$	$14'820 - 14'700$ (5.4%) $14'510 - 13'790$ (90.1%)	1

Considerando gli elementi cronologici a disposizione, la fase parossistica dell'UMG è datata fra 28.90–27.32 e 23.06–20.54 ka b2k (Fig. 2), quindi fra l'inizio dell'interstadio GI-4 e lo stadio GS-2.1c (22.90–20.90 ka b2k; Rasmussen et al. 2014). La fine dell'UMG e l'inizio della deglaciazione è avvenuta fra 20.54 e 19.98–19.94 ka b2k, vale a dire durante lo stadio GS-2.1b (20.90–17.48 ka b2k; Rasmussen et al. 2014).

Per quanto concerne la deglaciazione delle valli superiori del Cantone Ticino e della Regione Moesa (Cantone dei Grigioni), tre datazioni al radiocarbonio provenienti dalle torbiere di Bedrina (Valle Leventina), Vall'Ambrosa (Valle Santa Maria) e Suossa (Valle Mesolcina) indicano che il ghiacciaio si era già ritirato più a monte di queste località nell'intervallo compreso fra 16.20 e 14.82 ka

cal BP (datazioni B-874, Müller-1972 e B-2849 in Tab. 1). La deglaciazione delle valli superiori del Sud delle Alpi Svizzere è dunque avvenuta durante lo stadio GS-2.1a (17.48–14.69 ka b2k) e terminata prima di GI-1 (14.692 ± 4 – 12.896 ± 4 ka b2k), che è l'interstadio temperato del Tardoglaciale. L'interstadio Tardoglaciale è conosciuto nella stratigrafia pollinica come Bolling–Allerød, anche se questo termine non può essere utilizzato come sinonimo di GI-1 (Rasmussen et al. 2014). Il Tardoglaciale termina con lo stadio GS-1 (12.896 ± 4 – 11.703 ± 4 ka b2k), che nella stratigrafia pollinica è conosciuto come Dryas recente (*Younger Dryas*), e corrisponde allo stadio freddo compreso fra la fine del Bolling–Allerød e l'inizio dell'Olocene, ma non può essere utilizzato come sinonimo di GS-1 (Rasmussen et al. 2014).

MIS	Età [ka]	Subserie / Subepoca	Piano / Età	Età [ka b2k]	Evento INTIMATE	Età [ka b2k]	Suddivisioni informali	Età [ka b2k]	Età [a.C./d.C.]			
1	14–0	Olocene Superiore / Olocene Tardivo	Meghalayano	4.25–0			<i>Piccola Era Glaciale</i>	0.70–0.15	1300–1850 d.C.			
							<i>Periodo Caldo Medievale</i>	1.15–0.70	850–1300 d.C.			
							<i>Göschenen II</i>	1.60–1.15	400–850 d.C.			
							<i>Periodo Caldo Romano</i>	2.30–1.60	300 a.C.–400 d.C.			
							<i>Göschenen I</i>	2.95–2.30	950–300 a.C.			
							<i>Periodo Caldo del Bronzo</i>	3.35–2.95	1350–950 a.C.			
		Olocene Medio / Medio Olocene	Nordgrippiano	8.236–4.25			<i>Löbben</i>	3.80–3.35	1800–1350 a.C.			
							<i>Piora II</i>	5.55–5.00	3550–3000 a.C.			
							<i>Piora I</i>	6.15–5.75	4150–3750 a.C.			
					8.2 ka BP	8.30–8.14	<i>Massimo Termico dell'Olocene (Misox)</i>	9.55–6.35 (8.40–6.90)	7'550–4'350 a.C. (6'400–4'900 a.C.)			
Olocene Inferiore / Olocene Precoce	Groenlandiano	11.70–8.236	9.3 ka BP	9.35–9.24	<i>Schams</i>	9.65–8.95/8.50	7'650–6'950/6'500 a.C.					
					<i>Palü</i>	ca. 10.80	ca. 8'800 a.C.					
			11.4 ka BP	11.52–11.40	<i>Preboreale</i>	12.00–10.20	10'000–8'200 a.C.					
2	29–14	Pleistocene Superiore / Tardivo	Superiore	129–11.70	GS-1	12.896–11.703	<i>Tardoglaciale</i>	19.90–11.70	17'900–9'700 a.C.			
					GI-1	14.692–12.896						
					GS-2	22.90–14.692	<i>Ultimo Massimo Glaciale</i>	28.90–19.90	26'900–17'900 a.C.			
					GI-2.1	23.02–22.90						
					GS-2.2	23.22–23.02						
					GI-2.2	23.34–23.22						
					GS-3	27.54–23.34				(Verbano)	(28.90–19.98)	(27'900–17'980 a.C.)
					GI-3	27.78–27.54				(Ceresio)	(28.61–19.94)	(26'610–17'940 a.C.)
					GS-4	28.60–27.78						
					GI-4	28.90–28.60						

Figura 2: Suddivisione cronostratigrafica / geocronologica degli stadi isotopici marini (MIS = *Marine Isotope Stage*) 2 e 1 (fonte: Lisiecki & Raymo 2005; Cohen & Gibbard 2022), correlazione con la stratigrafia evenemenziale INTIMATE (fonte: Rasmussen et al. 2014) e cronologia dei principali eventi paleoclimatici avvenuti al Sud delle Alpi Svizzere dall'Ultimo Massimo Glaciale (UMG) a oggi. Fonti: UMG per il bacino del Verbano, Rey et al. (2020) e Kamleitner et al. (2022); UMG per il bacino del Ceresio, Scapozza et al. (2014) e Bernoulli et al. (2018); oscillazioni climatiche oloceniche, Burga et al. (2001) e Scapozza (2013: 346–347).

Tabella 2: Compilazione e calibrazione delle età delle principali oscillazioni climatiche oloceniche identificate nelle Alpi Svizzere (Burga et al., 2001; compilazione e dettagli sulle fonti in Scapoza, 2013: 346–347). La calibrazione è stata eseguita con il software OxCal 4.4., utilizzando la curva IntCal 20 (Reimer et al., 2020) e con un intervallo di confidenza di 2-sigma (95.4% di probabilità).¹Conosciuto anche come Optimum climatico dell'Olocene (*Holocene Climatic Optimum* o HCO).

Oscillazione climatica <i>Denominazione inglese</i>	Tipo	Età convenzionale [a ¹⁴ C BP]	Età calibrata [a cal BP]
Preboreale <i>Preboreal</i>	Riscaldamento	10'300 – 9000	12'000 – 10'200
Palù	Fredda	ca. 9500	ca. 10'750
Schams	Fredda	ca. 8700 – 8000/7700	ca. 9600 – 8900/8450
Misox	Fredda	ca. 7500 – 6000	ca. 8350 – 6850
Massimo Termico dell'Olocene (MTO) <i>Holocene Thermal Maximum (HTM)</i> ¹	Calda	ca. 8500 – 5500	ca. 9500 – 6300
Piora I	Fredda	ca. 5300 – 5000	ca. 6100 – 5700
Piora II	Fredda	ca. 4800 – 4400	ca. 5500 – 4950
Löbben	Fredda	ca. 3500 – 3100	ca. 3750 – 3300
Periodo Caldo dell'età del Bronzo <i>Bronze Age Warm Period (BWP)</i>	Calda	ca. 3100 – 2830	ca. 3300 – 2900
Göschenen I	Fredda	ca. 2830 – 2270	ca. 2900 – 2250
Periodo Caldo Romano <i>Roman Warm Period (RWP)</i>	Calda	300 a.C. – 400 d.C.	
Göschenen II	Fredda	ca. 1600 – 1200	ca. 1550 – 1100
Periodo Caldo Medievale <i>Medieval Warm Period (MWP)</i>	Calda	850/900 d.C. – 1250/1300 d.C.	
Piccola Era Glaciale (PEG) <i>Little Ice Age (LIA)</i>	Fredda	1300 – 1850/1860 d.C.	

OSCILLAZIONI CLIMATICHE DELL'OLOCENE

La stratigrafia evenemenziale INTIMATE propone, nell'Olocene, solamente tre eventi (Fig. 2), corrispondenti ad altrettanti episodi freddi accaduti durante il Groenlandiano e l'inizio del Nordgrippiano.

Sulla base della stratigrafia pollinica e della climatologia storica, sono però state definite diverse oscillazioni climatiche riscontrabili nelle Alpi (Tab. 2). Fra la fine del periodo di riscaldamento climatico avvenuto a inizio Olocene, e conosciuto nella stratigrafia pollinica con il nome di Preboreale, e l'attuale periodo di riscaldamento climatico, sono state definite 9 oscillazioni climatiche fredde (Tab. 2 e Fig. 2). Queste non sono sempre intervallate da oscillazioni climatiche calde chiaramente definite. Fra queste, si ritrovano il periodo multi-secolare più caldo degli ultimi 109 ka, conosciuto come Massimo Termico dell'Olocene (MTO), e i tre periodi caldi preistorici e storici dell'età del Bronzo (Media / Tarda età del Bronzo), Romano (Seconda età del Ferro / Epoca romana) e Medievale (fine dell'Alto Medioevo / Pieno Medioevo / inizio del Basso Medioevo). Lo stesso MTO non è stato uniformemente caldo, ma è stato intervallato dalle due oscillazioni fredde di Schams e Misox.

Per un quadro dettagliato dell'evoluzione paleoclimatica e paleoambientale durante l'Olocene sul fondovalle del Ticino fra Biasca e il Lago Maggiore e nelle zone

di alta montagna delle Alpi dell'Adula, si rinvia alle recenti pubblicazioni di Scapoza et al. (2021) e Czerski et al. (2022).

RINGRAZIAMENTI

L'autore ringrazia Chantal Del Siro per il supporto nella preparazione delle figure e la rilettura del testo e Marco Antognini e Filippo Schenker per la revisione del manoscritto.

REFERENZE BIBLIOGRAFICHE

- Bernoulli D., Ambrosi C., Scapoza C., Stockar R., Schenker F.L., Gaggero L., Antognini M. & Bronzini S. 2018. 1373 Mendrisio-Como. Note esplicative. Atlante geologico della Svizzera 1:25'000. Berna, Ufficio federale di topografia swisstopo, 199 p.
- Burga C., Perret R. & Zoller H. 2001. Swiss localities of early recognized Holocene climate oscillations – characterisation and significance. *Vierteljahrsschrift der Naturforschenden Gesellschaft in Zürich*, 146: 65-74.
- Czerski D., Giacomazzi D. & Scapoza C. 2022. Evolution of fluvial environments and history of human settlements on the Ticino river alluvial plain. *Geographica Helvetica*, 77: 1-20.

- Cohen K.M. & Gibbard P.L. 2022. Global chronostratigraphical correlation table for the last 2.7 million years, v. 2022a. International Union of Geological Sciences (IUGS), International Commission on Stratigraphy (ICS), Subcommittee on Quaternary Stratigraphy (SQS). <https://stratigraphy.org/ICSchart/QuaternaryChart1.jpg> (ultima consultazione: 27.03.2022).
- Kamleitner S., Ivy-Ochs S., Monegato G., Gianotti F., Akçar N., Vockenhuber C., Christl M. & Synal H.-A. 2022. The Ticino-Toce glacier system (Swiss-Italian Alps) in the framework of the Alpine Last Glacial Maximum. *Quaternary Science Reviews*, 279: 107400.
- Lisiecki L.E. & Raymo M.E. 2005. A Pliocene-Pleistocene stack of 57 globally distributed benthic $\delta^{18}\text{O}$ records. *Paleoceanography*, 20: PA1003.
- Rasmussen S.O., Bigler M., Blockley S.P., Blunier T., Buchard S., Clausen H.B., ... & Winstrup M. 2014. A stratigraphic framework for abrupt climatic changes during the Last Glacial period based on three synchronized Greenland ice-core records: refining and extending the INTIMATE event stratigraphy. *Quaternary Science Reviews*, 106: 14-28.
- Reimer P.J., Austin W.E.N., Bard E., Bayliss A., Blackwell P.G., Bronk Ramsey C., ... & Talamo S. 2020. The IntCal 20 Northern Hemisphere Radiocarbon Age Calibration Curve (0-55 cal kBP). *Radiocarbon*, 62: 725-757.
- Rey F., Gobet E., Schwörer C., Hafner A., Szidat S. & Timmer W. 2020. Climate impacts on vegetation and fire dynamics since the last deglaciation at Moossee (Switzerland). *Climate of the Past*, 16: 1347-1367.
- Scapozza C. 2013. Stratigraphie, morphodynamique, paléoenvironnements des terrains sédimentaires meubles à forte déclivité du domaine périglaciaire alpin. Université de Lausanne, Institut de géographie et durabilité, *Géovisions*, 40, 551 p.
- 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.
- Scapozza C., Del Siro C., Lambiel C. & Ambrosi C. 2021. Schmidt hammer exposure-age dating of periglacial and glacial landforms in the Southern Swiss Alps based on R-value calibration using historical data. *Geographica Helvetica*, 76: 401-423.