

Esempi di corrispondenze della suddivisione formale nella Serie/epoca dell'olocene nella Svizzera italiana

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

Objektyp: **Article**

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

Band (Jahr): **107 (2019)**

PDF erstellt am: **14.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-1003064>

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.

Esempi di corrispondenze della suddivisione formale della Serie/Epoca dell'Olocene nella Svizzera italiana

Cristian Scapozza

Istituto scienze della Terra (IST), Scuola universitaria professionale della Svizzera italiana (SUPSI), Campus Trevano,
CH-6952 Canobbio

cristian.scapozza@supsi.ch

Riassunto: Nel 2018 è stata ratificata la suddivisione formale della Serie/Epoca dell'Olocene in tre Piani/Età (Groenlandiano, Nordgrippiano e Meghalayano) e le loro Subserie/Subepoche corrispondenti (Olocene Inferiore/Precoce, Medio/Medio-, Superiore/Tardivo). Dopo la fine della Serie/Epoca del Pleistocene, si assiste a un riscaldamento climatico generale che conduce al Massimo Termico dell'Olocene avvenuto fra la seconda metà del Groenlandiano e la prima metà del Nordgrippiano. La transizione fra questi due Piani/Età corrisponde all'“evento 8.2 ka”, non ancora riconosciuto chiaramente nella Svizzera italiana. Sebbene la colonizzazione del territorio ticinese sia avvenuta a seguito del Massimo Termico dell'Olocene nel Nordgrippiano, è nel Meghalayano, con la transizione dall'età della pietra all'età dei metalli, che le tracce di un sempre maggiore influsso dell'Uomo a livello territoriale diventano chiaramente visibili e documentabili negli archivi naturali e in contesti geoarcheologici.

Parole chiave: b2k, geoarcheologia, Groenlandiano, Meghalayano, Nordgrippiano, Quaternario, stratigrafia

Examples of correspondences of the formally subdivided Holocene Series/Epoch in Southern Switzerland

Abstract: In 2018, the formal subdivision of the Holocene Series/Epoch in three Stages/Ages (Greenlandian, Northgrippian and Meghalayan) and their corresponding Subseries/Subepochs (Lower/Early, Middle/Mid-, Upper/Late Holocene) was ratified. After the end of the Pleistocene Series/Epoch, there was a general climate warming that led to the Holocene Thermal Maximum, which occurred between the second half of the Greenlandian and the first half of the Northgrippian. The transition between these two Stages/Ages corresponds to the “8.2 ka event”, which is not clearly recognized in Southern Switzerland. Although the colonization of the territory of the Ticino took place following the Holocene Thermal Maximum in the Northgrippian, it is in the Meghalayan, with the transition from the stone age to the metals age, that traces of an ever-increasing anthropogenic influence on the territory become clearly visible and documented in natural archives and in geoarchaeological contexts.

Key words: b2k, geoarchaeology, Greenlandian, Meghalayan, Northgrippian, Quaternary, stratigraphy

INTRODUZIONE

L'Unione Internazionale di Scienze Geologiche (IUGS, *International Union of Geological Sciences*) ha ratificato all'unanimità, il 14.6.2018, la suddivisione della Serie/Epoca dell'Olocene in tre Piani/Età e nelle loro Subserie/Subepoche corrispondenti (Gibbard, 2018; Walker *et al.*, 2018). La suddivisione formale dell'Olocene era stata da qualche tempo proposta dalla Sottocommissione internazionale di stratigrafia quaternaria (ISQS, *International Subcommission on Quaternary Stratigraphy*), una sottocommissione della Commissione internazionale di stratigrafia (ICS, *International Commission on Stratigraphy*), che aveva lanciato la discussione congiuntamente al gruppo di lavoro INTIMATE (*INTEgration of Ice-core, MARine and TERrestrial records*) (Walker *et al.*, 2012). Si tratta a tutti gli effetti della prima suddivisione geologica formale dell'Olocene, una Serie/Epoca che fino a oggi era informalmente suddivisa, nella letteratura sul

Quaternario, dall'uso diffuso ma variabile di una divisione tripartita in “precoce” (*early*), “medio” (*middle, mid-*) e “tardo” o “tardivo” (*late*) (Walker *et al.*, 2014). In questa nota si intende presentare la suddivisione formale dell'Olocene e la relativa definizione dei Piani/Età in lingua italiana, allo scopo di definirne l'utilizzo in ambito geologico e archeologico anche nel contesto della Svizzera italiana. A questo proposito, alcuni riscontri regionali degli eventi globali che hanno portato a formalizzare la suddivisione dell'Olocene sono descritti e discussi brevemente.

SUDDIVISIONE FORMALE DELL'OLOCENE

L'Olocene corrisponde all'ultima Serie/Epoca del Sistema/Periodo Quaternario. È preceduto dalla Serie/Epoca del Pleistocene, che ha la sua base a 2.58 Ma

Tabella 1: Suddivisione formale dell'Olocene e definizione degli stratotipi.

Piano/età	Groenlandiano	Nordgrippiano	Meghalayano
Stage/Age	<i>Greenlandian</i>	<i>Northgrippian</i>	<i>Meghalayan</i>
Subserie/Subepoca	Olocene Inferiore/Precoce	Olocene Medio/Medio-	Olocene Superiore/Tardivo
Subseries/Subepoch	<i>Lower/Early Holocene</i>	<i>Middle/Mid- Holocene</i>	<i>Upper/Late Holocene</i>
Stratotipo limite (GSSP)¹	Carota di ghiaccio NorthGRIP2, Groenlandia ²	Carota di ghiaccio NorthGRIP1, Groenlandia	Speleotema della grotta Mawmluh, Maghalaya, India
Stratotipo ausiliario³	Walker <i>et al.</i> (2009)	Speleotema della grotta Gruta do Padre, Brasile	Carota di ghiaccio Mount Logan, Canada
Età [a b2k]	11'700	8'236	4'250

¹ GSSP = *Global Stratigraphic Section and Point* (it. > Sezione e punto stratigrafico globale).

² Coincidente con il GSSP della Serie/Epoca dell'Olocene (Walker *et al.*, 2008).

³ *Global Auxiliary Stratotype*.

(Gibbard *et al.*, 2010). Il passaggio dal Pleistocene all'Olocene, e quindi la base dell'Olocene stesso, è stata invece definita formalmente e datata a 11'700 a b2k (*before AD 2000*; trad. "prima del 2000 AD") con un'incertezza di 99 anni stimata a 2σ (Walker *et al.*, 2008, 2009). La suddivisione dell'Olocene ha permesso di definire tre Piani/età (Tab. 1): Groenlandiano, Nordgrippiano e Meghalayano (Walker *et al.*, 2018). Per quanto concerne le Subserie/Subepoche, in lingua italiana sono utilizzati i termini "Inferiore", "Medio" e "Superiore" per le Subserie (definizione cronostatigrafica), e i termini "Precoce", "Medio-" e "Tardivo" per le Subepoche (definizione geocronologica). In geocronologia, si ritrovano nella letteratura di lingua italiana anche i termini "Primo" e "Tardo", in particolare nelle pubblicazioni del Servizio geologico nazionale (per es. Bernoulli *et al.*, 2018); vi sarebbero però da preferire i termini "Precoce" e "Tardivo", conformemente a quanto riportato dal Comitato Svizzero per la Stratigrafia (Remane *et al.*, 2005).

La base del Groenlandiano è stata definita dal segnale geochemico di un riscaldamento climatico significativo avvenuto alla fine del Dryas recente / Stadio Groenlandese 1 (*Younger Dryas / Greenland Stadial 1*), riscontrato a 1'492.45 m di profondità nella carota di ghiaccio NorthGRIP2 (GRIP = *Greenland Ice Core Project*), localizzata al centro della calotta glaciale groenlandese (75.10°N, 42.32°W; Walker *et al.*, 2008). Anche la base del Nordgrippiano, come indicato dal nome stesso, è stata definita in una carota di ghiaccio del progetto NorthGRIP, in questo caso la carota numero 1; essa corrisponde all'evento climatico conosciuto in letteratura come "8.2 ka BP event" (Alley *et al.*, 1997), definito formalmente a 1'228.67 m di profondità nella carota di ghiaccio NorthGRIP1 e datato a 8'236 a b2k, equivalente a un'età di 8'186 a cal BP (BP = *Before Present*, fissato convenzionalmente al 1950 AD) nella scala cronologica calibrata del radiocarbonio (Walker *et al.*, 2012). La base del Meghalayano, infine, è stata posta in corrispondenza all'evento 4.2 ka BP, definito come un evento principale di aridificazione delle basse e medie latitudini avvenuto fra 4.3 e 4.1 ka cal BP (Mayewski *et al.*, 2004). Questo evento è stato formalmente definito nel profilo del $\delta^{18}\text{O}$ realizzato su speleotemi della grotta Mawmluh, nello stato di Meghalaya, India nord-

orientale (Berkelhammer *et al.*, 2012). L'età di 4'200 a cal BP nella cronologia calibrata del radiocarbonio è quindi equivalente a un'età di 4'250 a b2k nella *Greenland Ice Core Chronology 2005* (GICC05). Questo evento climatico bicentennale ha un forte riscontro nella storia delle società agricole formatesi attorno al Mediterraneo, nel subcontinente indiano e in Cina nel Medio-Olocene, poiché causò il collasso di queste civiltà, con conseguenti migrazioni e rigenerazioni, in Egitto, Grecia, Siria, Palestina, Mesopotamia, e nelle valli dei fiumi Indo e Yangtse (Durham University, 2018; Walker *et al.*, 2018).

CORRISPONDENZE NELLA SVIZZERA ITALIANA

Groenlandiano e Nordgrippiano

La transizione fra il Pleistocene e l'Olocene è stata marcata da un riscaldamento molto rapido e brutale, dell'ordine di 7°C in 50 anni in Groenlandia (Dansgaard *et al.*, 1989). Nonostante l'Olocene sia stato climaticamente assai omogeneo, con temperature medie estive nelle Alpi svizzere comprese tra $\pm 0.7-0.9^\circ\text{C}$ rispetto all'attuale (Haas *et al.*, 1998), sul lungo periodo è possibile osservare un riscaldamento generale della temperatura durante il Groenlandiano e una leggera tendenza generale al raffreddamento dalla seconda metà del Nordgrippiano (Fig. 1). La fine del Groenlandiano e l'inizio del Nordgrippiano sono caratterizzati dal cosiddetto Massimo Termico dell'Olocene (MTO o HTM = *Holocene Thermal Maximum*), che nelle Alpi è datato a ca. 9.5–6.3 ka b2k, con le temperature medie estive che erano da 0.5 a 1.5°C più calde rispetto al Novecento (Burga *et al.*, 2001). Il MTO è stato intervallato dall'episodio freddo corto e brutale conosciuto come "evento 8.2 ka BP", che segna appunto la transizione fra Groenlandiano e Nordgrippiano (Fig. 1). Durante questa oscillazione fredda, i ghiacciai alpini sono progrediti in maniera importante, depositando le morene del cosiddetto "Stadio di Kromer" (Kerschner *et al.*, 2006). Questo evento non è ancora stato riconosciuto chiaramente nella Svizzera italiana per mancanza di datazioni puntuali e precise delle relative morene. A livello morfoclimatico, l'inizio del Groenlandiano è

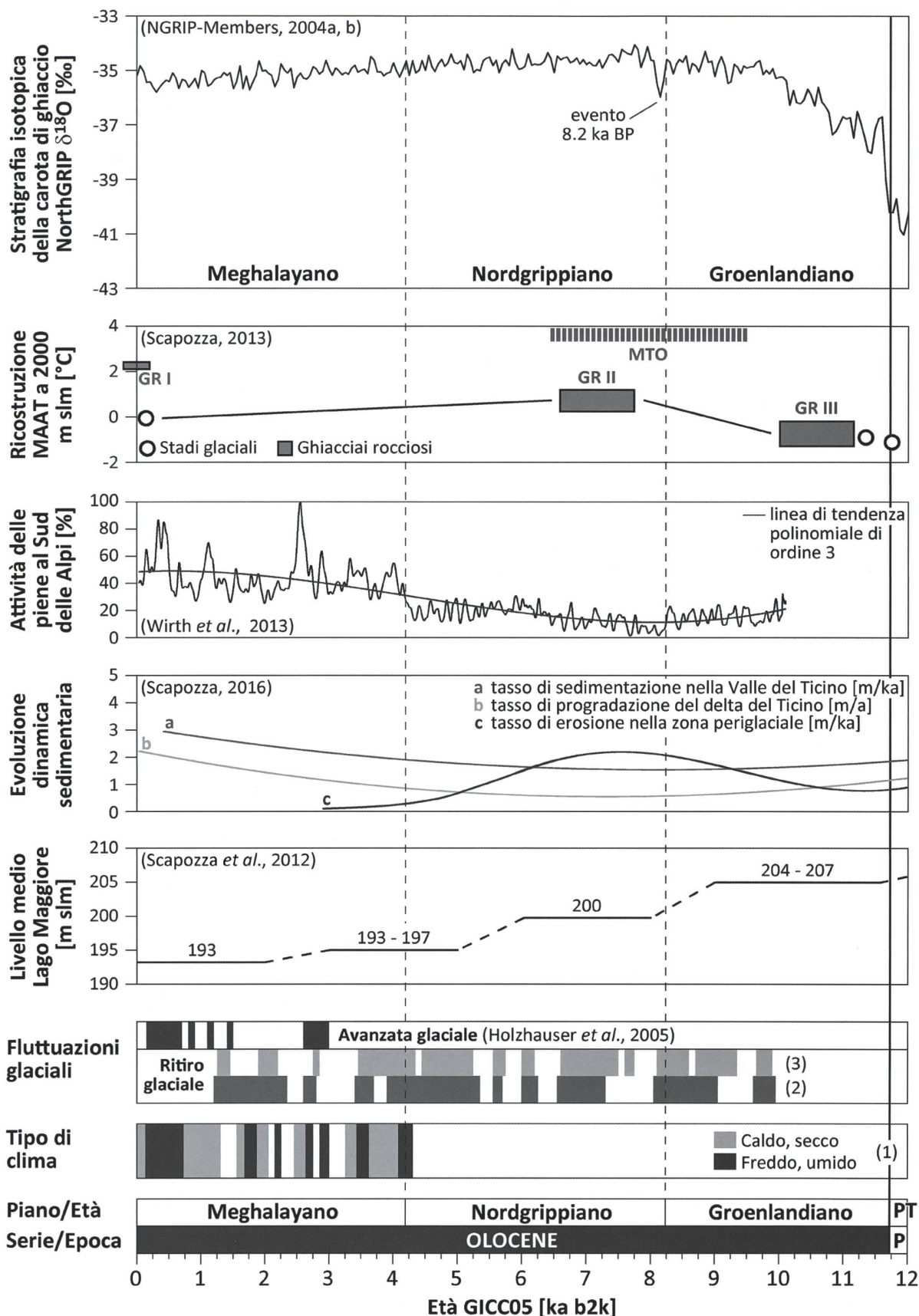


Figura 1: Confronto fra la stratigrafia della Serie/Epoca dell'Olocene e la curva isotopica groenlandese NorthGRIP (combinazione fra le carote di ghiaccio NorthGRIP 1 e 2) e correlazione con i principali indicatori morfoclimatici definiti per le Alpi centrali svizzere e per il Sud delle Alpi in particolare. Fonti: (1) Tinner *et al.* (2003) per il periodo 2'300 a.C.-800 d.C., Mann *et al.* (2009) per il Periodo Caldo Medioevale, Zumbühl & Holzhauser (1988) per la Piccola Era Glaciale; (2) Hormes *et al.* (2006); (3) Joerin *et al.* (2006). Acronimi e abbreviazioni: GICC05 = *Greenland Ice Core Chronology 2005* (cronologia delle carote di ghiaccio groenlandesi); GR = Generazione di ghiacciai rocciosi; MAAT = *Mean Annual Air Temperature* (temperatura media annua dell'aria); MTO = Massimo Termico dell'Olocene (HTM = *Holocene Termal Maximum*); P = Pleistocene; PT = Pleistocene Tardivo.

marcato dall'ultimo dei tre stadi glaciali che hanno marcato la fine del Tardoglaciale, definito regionalmente in Val Corno (Val Bedretto) e datato a *ca.* 10.8 ± 1.1 ka per correlazione con lo "Stadio Egesen III" (Kartell) delle Alpi Orientali (Scapoza *et al.*, 2014a). Il riscaldamento climatico avvenuto all'inizio del Groenlandiano è responsabile dell'inattivazione/fossilizzazione dei

ghiacciai rocciosi più antichi (GR III in Fig. 1), formati durante il Tardoglaciale (Scapoza, 2013). La generazione di ghiacciai rocciosi seguente (GR II in Fig. 1), formatasi fra la fine del Pleistocene e l'inizio dell'Olocene, si sarebbe invece inattivata/fossilizzata alla fine del MTO. Per quanto concerne i ghiacciai rocciosi attualmente ancora attivi, essi sono interamente olocenici e

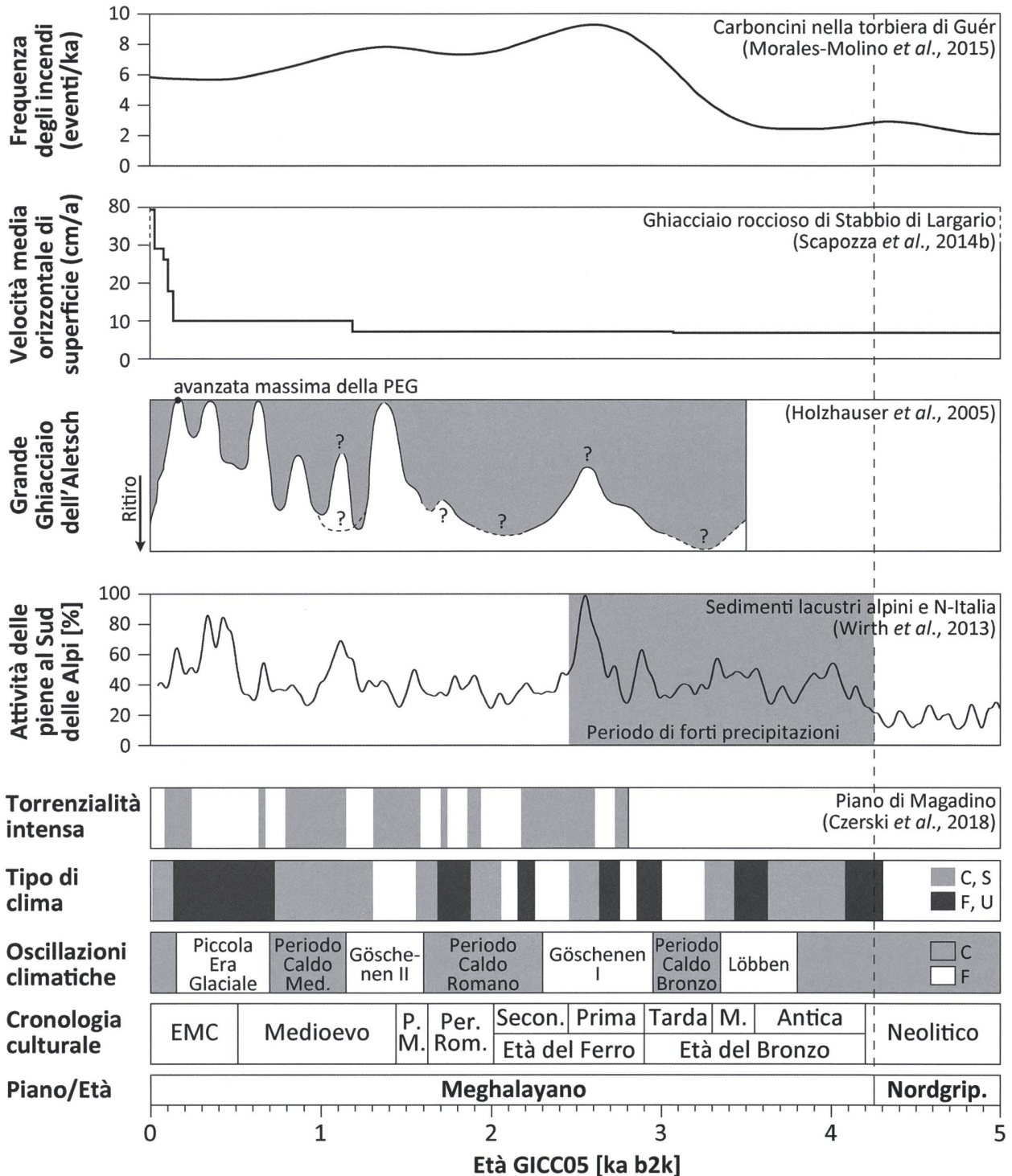


Figura 2: Evoluzione dei principali indicatori morfoclimatici definiti per le Alpi centrali svizzere e per il Sud delle Alpi in particolare durante il Piano/Èta del Meghalayano (Subserie/Subepoca dell'Olocene Superiore/Tardivo). Fonti: tipo di clima da Tinner *et al.* (2003) per il periodo 2'300 a.C.-800 d.C., Mann *et al.* (2009) per il Periodo Caldo Medioevale, Zumbühl & Holzhauser (1988) per la Piccola Era Glaciale; oscillazioni climatiche da Scapoza (2013) e da Patterson *et al.* (2010) per il Periodo Caldo Romano; cronologia culturale da Tinner *et al.* (2003) e da Carlevaro (2013) per la Tarda età del Bronzo e l'età del Ferro. Acronimi e abbreviazioni: EMC = Epoca moderna e contemporanea; GICC05 = *Greenland Ice Core Chronology* 2005 (cronologia delle carote di ghiaccio groenlandese); M. = Media; PEG = Piccola Era Glaciale; P.M. = Periodo delle migrazioni; Per. Rom. = Periodo Romano.

si sarebbero formati o subito prima o durante il MTO (Scapozza, 2013).

L'andamento climatico generale dell'Olocene si riflette, al Sud delle Alpi, nell'evoluzione generale della dinamica sedimentaria (Fig. 1). Il tasso di sedimentazione fluviale nella Valle del Ticino e il tasso di progradazione del delta del Ticino (Piano di Magadino) nel Lago Maggiore presentano una diminuzione dell'attività durante il MTO e una ripresa generale lungo la seconda parte del Nordgrippiano e il Meghalayano (Scapozza, 2016). Questo comportamento è ben visibile anche per quanto concerne l'attività delle piene al Sud delle Alpi determinata dall'analisi dei sedimenti lacustri (Wirth *et al.*, 2013), come lo mostra la linea di tendenza (Fig. 1). Per quanto concerne il tasso di erosione nella zona periglaciale, esso presenta un picco durante il MTO quale probabile conseguenza della degradazione del permafrost nelle pareti rocciose, responsabile del rilascio degli importanti volumi di detriti rocciosi ancora in buona parte stoccati nei ghiacciai rocciosi ancora attivi e nelle falde di detrito della zona periglaciale (Scapozza, 2016). Dal punto di vista archeologico, il MTO corrisponde alla prima fase di colonizzazione del nostro territorio, quando la collina di Castelgrande a Bellinzona fu occupata da un insediamento stabile fra il 7'325 e il 7'065 b2k (Carlevaro *et al.*, 2017), avvenuto quindi nel Nordgrippiano.

Meghalayano

La vera e propria occupazione del territorio ticinese da parte dell'Uomo è però avvenuta con la fine dell'età della pietra e l'avvento dell'età dei metalli che segna, dal punto di vista culturale, il passaggio dal Nordgrippiano al Meghalayano (Fig. 2). Si osserva di conseguenza un sempre maggiore influsso dell'Uomo, ben visibile per esempio nell'evoluzione della copertura vegetale (per es. Carlevaro *et al.*, 2017) o nelle variazioni di frequenza degli incendi di bosco, che raggiunsero il loro picco massimo durante l'età del Ferro, verso il 2'650-2'300 b2k (Fig. 2).

Il Meghalayano è pure caratterizzato da un aumento di frequenza delle oscillazioni climatiche, con diversi passaggi repentini da un tipo di clima caldo/secco a uno freddo/umido e viceversa, ben documentati dalla climatologia storica soprattutto dal Periodo Caldo Romano in poi (Patterson *et al.*, 2010). Queste oscillazioni climatiche si riflettono nelle fluttuazioni glaciali, ricostruite nei dettagli soprattutto sui ghiacciai alpini di più ampie dimensioni (Holzhauser *et al.*, 2005), e in una certa periodicità delle fasi di torrenzialità più intensa (Fig. 2), sulle quali in questi ultimi anni si sono raccolte sempre maggiori informazioni soprattutto sul Piano di Magadino (Czerski *et al.*, 2018). I sedimenti lacustri sudalpini (Ticino e Italia settentrionale) indicano un aumento dell'attività delle piene soprattutto fra 4.2 e 2.4 ka cal BP (Fig. 2), risultante da condizioni climatiche più fredde/umide indotte probabilmente da una posizione più meridionale delle correnti occidentali in relazione a una fase negativa dell'Oscillazione Nord Atlantica (NAO, *North Atlantic Oscillation*) (Wirth *et al.*, 2013).

Si distanziano dall'andamento climatico generale del Meghalayano solamente i decenni più recenti. Il riscal-

damento climatico globale di probabile origine antropica è infatti andato a influire in maniera notevole sulla criosfera alpina. Sui ghiacciai che, probabilmente, non sono mai stati così ridotti dalla fine del MTO (con qualche incertezza per il Periodo Caldo del Bronzo). E sui ghiacciai rocciosi che, quasi sicuramente, negli ultimi decenni hanno raggiunto delle velocità medie orizzontali di superficie probabilmente neanche lontanamente raggiunte durante i millenni precedenti, quale conseguenza di un notevole riscaldamento del permafrost.

RINGRAZIAMENTI

Un ringraziamento particolare ad Anja Studer e a Marco Antognini per la rilettura critica del manoscritto.

BIBLIOGRAFIA

- Alley R.B., Mayewski P.A., Sowers T., Stuiver M. & Taylor K.C. 1997. Holocene climatic instability: a prominent, widespread event 8200 yr ago. *Geology*, 25: 483-486.
- Berkelhammer M.B., Sinha A., Stott L., Cheng H., Pausata F.S.R. & Yoshimura K. 2012. An abrupt shift in the Indian Monsoon 4000 years ago. *Geophysical Research Letters*, 196, DOI: 10.1029/2012GM001207.
- Bernoulli D., Ambrosi C., Scapozza C., Stockar R., Schenker F.L., Gaggero L., Antognini M. & Bronzini S. 2018. Fogli 1373 Mendrisio (parte Est) con parte Ovest del foglio Como. Atlante geologico della Svizzera 1:25'000, Note esplicative 152: 1-199.
- 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.
- Carlevaro E. 2013. Dinamiche del popolamento nell'area sudalpina dal Bronzo finale alla romanizzazione. Tesi di dottorato, Università di Zurigo, 343 pp.
- Carlevaro E., Colombaroli D., Conedera M., Krebs P., Morales-Molino C., Scapozza C., Tinner W. & Vescevi E. 2017. Claro e il suo territorio. *Archeologia svizzera*, 40: 24-29.
- Czerski D., Mosetti L., Cardani Vergani R., Pellegrini M., Federici-Schenardi M., Gillioz M. & Scapozza C. 2018. The evolution of the fluvial environments and the history of human settlements during the Late Holocene on the Piano di Magadino (Cantone Ticino, Switzerland): new sedimentological and geoarchaeological data. *A Habitable Planet. Abstract Volume 16th Swiss Geoscience Meeting, Bern, 30th November – 1st December 2018, P11.7: 336-337.*
- Dansgaard W., White J.W. & Johnson J. 1989. The abrupt termination of the Younger Dryas climate event. *Nature*, 339: 532-534.
- Durham University 2018. Collapse of civilizations worldwide defines youngest unit of the Geologic Time Scale. <https://www.dur.ac.uk/earth.sciences/news/?itemno=35201> (ultima consultazione: 14.1.2019).
- Gibbard P.L., Head M.J., Walker M. & The Subcommission on Quaternary Stratigraphy 2010. Formal ratification of the Quaternary System/Period and the Pleistocene Series/Epoch with a base at 2.58 Ma. *Journal of Quaternary Science*, 25: 96-102.

- Gibbard P.L. 2018. Formal subdivision of the Holocene Series/ Epoch. Cambridge, International Commission on Stratigraphy, 26.6.2018.
- Haas J.N., Richoz I., Tinner W. & Wick L. 1998. Synchronous Holocene climatic oscillations recorded on the Swiss Plateau and at the timberline of the Alps. *The Holocene*, 8: 301-309.
- Holzhauser H., Magny M. & Zumbühl H.J. 2005. Glacier and lake-level variations in west-central Europe over the last 3500 years. *The Holocene*, 16: 789-801.
- Hormes A., Beer J. & Schlüchter C. 2006. A geochronological approach to understanding the role of solar activity on Holocene glacier length variability in the Swiss Alps. *Geografiska Annaler Series A Physical Geography*, 88: 282-294.
- Joerin U.E., Stocker T.F. & Schlüchter C. 2006. Multicentury glacier fluctuations in the Swiss Alps during the Holocene. *The Holocene*, 16: 697-704.
- Kerschner H., Hertl A., Gross G., Ivy-Ochs S. & Kubik P.W. 2006. Surface exposure dating of moraines in the Kromer valley (Silvretta Mountains, Austria) – evidence for glacial response to the 8.2 ka event in the Eastern Alps? *The Holocene*, 16: 7-15.
- Mann M.E., Zhang Z., Rutherford S., Bradley R.S., Hughes M.K., Shindell D., Ammann C., Faluvegi G. & Fenbiao N. 2009. Global signatures and dynamical origins of the Little Ice Age and Medieval Climate Anomaly. *Science*, 326: 1256-1260.
- Mayewski P.A., Rohling E.E., Stager J.C., Karlén W., Maasch K.A., Meeker D., Meyerson E.A., Gasse F., van Kreveld S., Holmgren K., Lee-Thorp J., Rosqvist G., Staubwasser M., Schneider R.R. & Steig E.J. 2004. Holocene climate variability. *Quaternary Research*, 62: 243-255.
- Morales-Molino C., Vescovi E., Krebs P., Carlevaro E., Kaltenrieder P., Conedera M., Tinner W. & Colombaroli D. 2015. The role of human-induced fire and sweet chestnut (*Castanea sativa* Mill.) cultivation on the long-term landscape dynamics of the Southern Swiss Alps. *The Holocene*, 25: 482-494.
- NGRIP-Members 2004a. High resolution record of Northern Hemisphere climate extending into the last interglacial period. *Nature*, 431: 147-151.
- NGRIP-Members 2004b. North Greenland Ice Core Project Oxygen Isotope Data. IGBP PAGES/World Data Center for Paleoclimatology Data Contribution Series n. 2004-059. Boulder (CO), NOAA/NGDC Paleoclimatology Program.
- Patterson W.P., Dietrich K.A., Holmden C. & Andrews J.T. 2010. Two Millennia of North Atlantic seasonality and implications for Norse colonies. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 107: 5306-5310.
- Remane J., Adatte T., Berger J.-P., Burkhalter R., Dall'Agnolo S., Decrouez D., Fischer H., Funk H., Furrer H., Graf H.-R., Gouffon Y., Heckendorn W. & Winkler W. 2005. Directive per l'uso della nomenclatura stratigrafica: litostratigrafia e cronostratigrafia. *Eclogae geologicae Helvetiae*, 98: 397-400.
- Scapozza C. 2013. Stratigraphie, morphodynamique, paléoenvironnements des terrains sédimentaires meubles à forte déclivité du domaine périglaciaire alpin. *Géovisions*, 40. Lausanne, Institut de géographie de l'Université de Lausanne, 551 pp.
- Scapozza C. 2016. Evidence of paraglacial and paraperiglacial crisis in Alpine sediment transfer since the Last Glaciation (Ticino, Switzerland). *Quaternaire*, 27: 139-154.
- Scapozza C., Antognini M., Oppizzi P. & Patocchi N. 2012. Stratigrafia, morfodinamica, paleoambienti della piana fluvio-deltizia del Ticino dall'Ultimo Massimo Glaciale a oggi: proposta di sintesi. *Bollettino della Società ticinese di scienze naturali*, 100: 89-106.
- Scapozza C., Castelletti C., Soma L., Dall'Agnolo S. & Ambrosi C. 2014a. Timing of LGM and deglaciation in the Southern Swiss Alps. *Géomorphologie : relief, processus, environnement*, 20: 307-322.
- Scapozza C., Lambiel C., Bozzini C., Mari S. & Conedera M. 2014b. Assessing the rock glacier kinematics on three different timescales: a case study from the southern Swiss Alps. *Earth Surface Processes and Landforms*, 39: 2056-2069.
- Tinner W., Lotter A.F., Ammann B., Conedera M., Hubschmid P., van Leeuwen J.F. & Wehrli M. 2003. Climatic change and contemporaneous land-use phases north and south of the Alps 2300 BC to 800 AD. *Quaternary Science Reviews*, 22: 1447-1460.
- Walker M., Johnsen S., Rasmussen S.O., Steffensen J.-P., Popp T., Gibbard P., Hoek W., Lowe J., Andrews J., Björck S., Cwynar L.C., Hughen K., Kershaw P., Kromer B., Litt T., Lowe D.J., Nakagawa T., Newnham R. & Schwander J. 2008. The Global Stratotype Section and Point (GSSP) for the base of the Holocene Series/Epoch (Quaternary System/Period) in the NGRIP ice core. *Episodes*, 31: 264-267.
- Walker M., Johnsen S., Rasmussen S.O., Popp T., Steffensen J.-P., Gibbard P., Hoek W., Lowe J., Andrews J., Björck S., Cwynar L.C., Hughen K., Kershaw P., Kromer B., Litt T., Lowe D.J., Nakagawa T., Newnham R. & Schwander J. 2009. Formal definition and dating of the GSSP (Global Stratotype Section and Point) for the base of the Holocene using the Greenland NGRIP ice core, and selected auxiliary records. *Journal of Quaternary Science*, 24: 3-17.
- Walker M., Berkelhammer M., Björck S., Cwynar L.C., Fisher D.A., Long A.J., Lowe J.J., Newnham R.M., Rasmussen S.O. & Weiss H. 2012. Formal subdivision of the Holocene Series/Epoch: a Discussion Paper by a Working Group of INTIMATE (Integration of ice-core, marine and terrestrial records) and the Subcommittee on Quaternary Stratigraphy (International Commission on Stratigraphy). *Journal of Quaternary Science*, 27: 549-659.
- Walker M., Gibbard P.L., Berkelhammer M., Björck S., Cwynar L.C., Fisher D.A., Long A.J., Lowe J.J., Newnham R.M., Rasmussen S.O. & Weiss H. 2014. Formal Subdivision of the Holocene Series/Epoch. In: Rocha R., Pais J., Kullbert J.C. & Finney S. (eds.), STRATI 2013. First International Congress on Stratigraphy "At the Cutting Edge of Stratigraphy". Springer, Cham, pp. 983-987.
- Walker M., Head M.J., Berkelhammer M., Björck S., Cheng H., Cwynar L., Fisher D., Gkinis V., Long A., Lowe J., Newnham R., Rasmussen S.O. & Weiss H. 2018. Formal ratification of the subdivision of the Holocene Series/Epoch (Quaternary System/Period): two new Global Boundary Stratotype Sections and Points (GSSPs) and three new stages/subseries. *Episodes*, 41: 213-223.
- Wirth S.B., Glur L., Gilli A. & Anselmetti F.S. 2013. Holocene flood frequency across the Central Alps – solar forcing and evidence for variations in North Atlantic atmospheric circulation. *Quaternary Science Reviews*, 80: 112-128.
- Zumbühl H.J. & Holzhauser H. 1988. Glaciers des Alpes du Petit âge glaciaire. *Les Alpes*, 3/1988: 1-322.