

Corso

1- GMPF – Introduzione corso Geoarcheologia, morfologia e processi formativi

- **Prof. Stefano Lugli**

Dipartimento di Scienze Chimiche e Geologiche
Università degli Studi di Modena e Reggio Emilia
Via Campi 103
41125 Modena
Italy

Tel. +39-059-2058475

E-mail: stefano.lugli@unimore.it

<http://www.dscg.unimore.it/site/home.html>

<https://www.facebook.com/Geologia-Unimore-172757972775575/?fref=ts>

Struttura del corso

- Quaternario
- Stratigrafia e sedimentologia
- Geoarcheologia degli ambienti alluvionali
- Geoarcheologia di Pompei e Ercolano
- ESERCITAZIONE: UNA esercitazione di UN giorno. La discussione della colonna stratigrafica compilata durante l'esercitazione è parte integrante dell'esame. Gli studenti impossibilitati a partecipare all'esercitazione dovranno portare all'esame un esempio di sequenza stratigrafica di interesse archeologico a scelta (pubblicata o inedita) concordata con il docente via email.

- **Testi per approfondimenti:**

- Cremaschi, M., Manuale di Geoarcheologia. Ed. Laterza. 2000.

- A. Amorosi, R. Pignone (a cura di) 2009, La pianura. Geologia suoli e ambienti in Emilia-Romagna. Ed. Pendragon.

- G. Mastrolorenzo , P. Petrone, L. Pappalardo, F. M. Guarino, 2010. Lethal Thermal Impact at Periphery of Pyroclastic Surges: Evidences at Pompeii. Plos One open access.

<http://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0011127>

Prova di esame

- Orale sul materiale trattato nelle diapositive: pdf disponibili sul sito del corso
- discussione della colonna stratigrafica compilata durante l'esercitazione. Gli studenti impossibilitati a partecipare all'esercitazione dovranno portare all'esame un esempio di sequenza stratigrafica di interesse archeologico a scelta (pubblicata o inedita) concordata con il docente via email.

1. Il Quaternario

-Terziario... Quaternario!
- Era glaciale!




Il Quaternario

- Era glaciale (periodi glaciali e interglaciali)
- Ultimi 800 ka 10 cicli completi rapidi ed ampi (nel Quaternario circa 50 oscillazioni)
- Avanzamento/ritiro dei ghiacci, alternanza di fasi aride e umide
- Complessità di forme morfologiche, di sedimenti, di associazioni biologiche, tra cui quelle antropiche

Ricostruzioni ambientali

- Caratteristiche stratigrafiche → quadro geologico
- Analisi degli indicatori (proxy record) nelle successioni stratigrafiche → ricostruzioni paleoambientali
- Successione degli eventi → quadro cronostratigrafico
- Relazioni tra stratigrafie → correlazioni
- Approccio integrato regionale → sintesi paleoambientale


Problemi

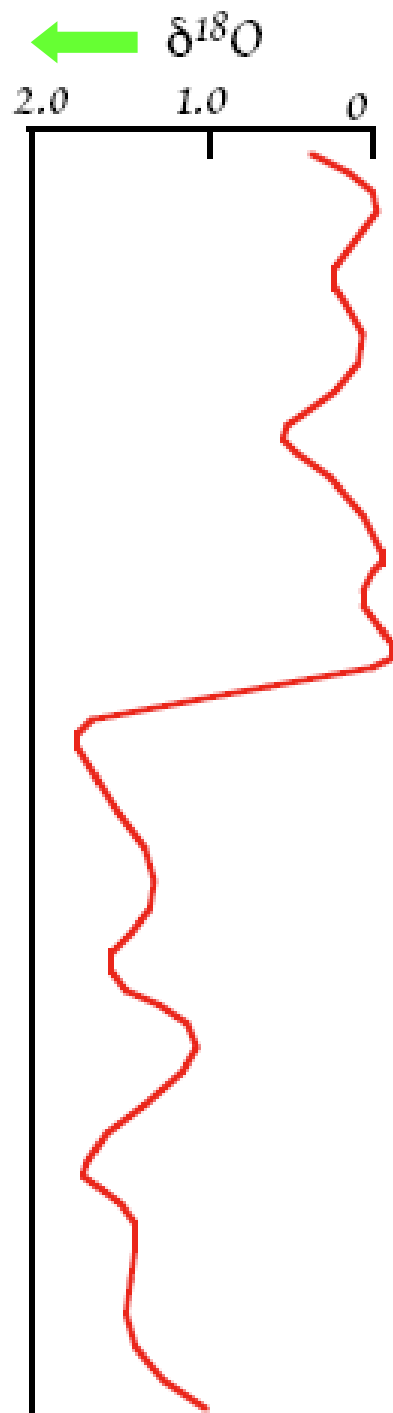
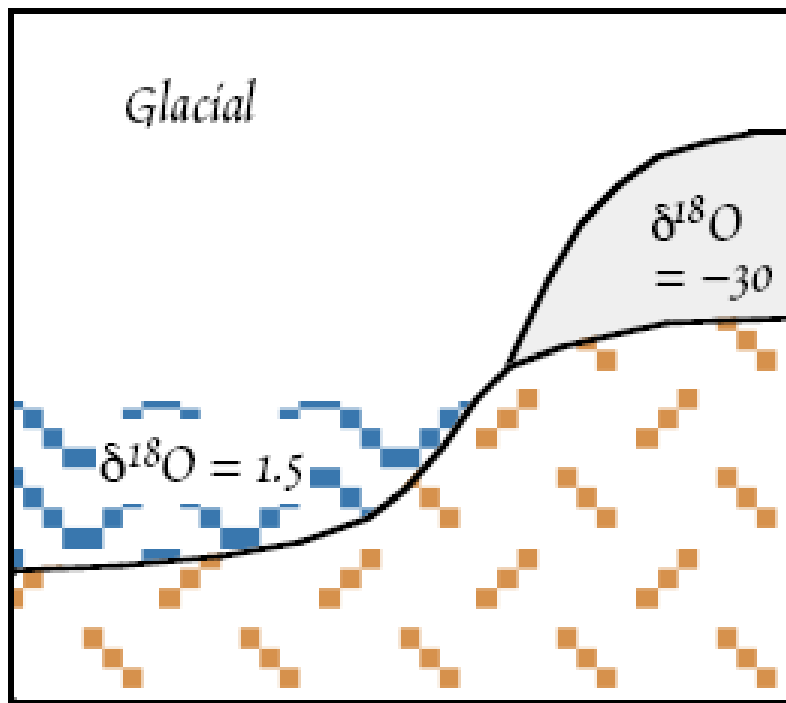
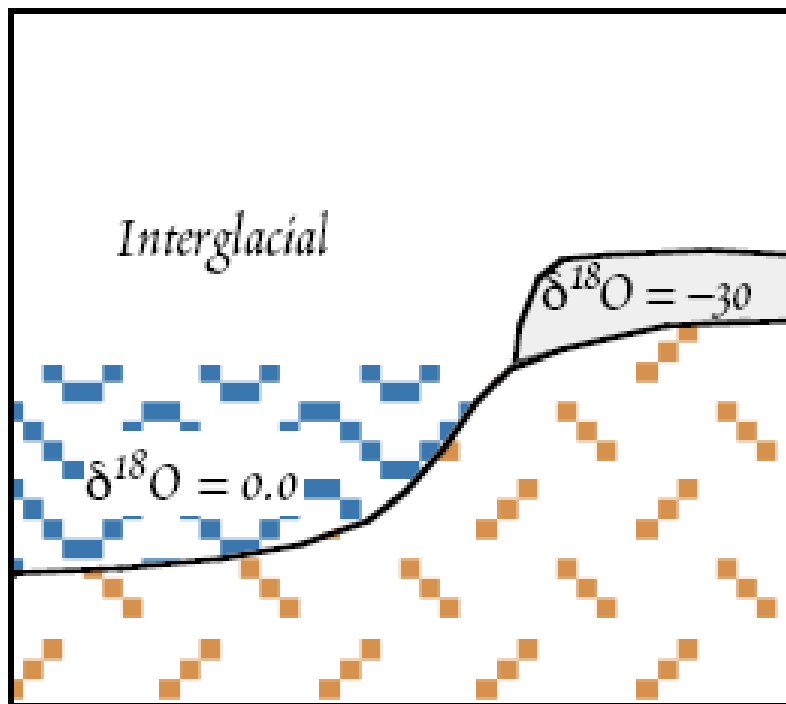
- Documentazione in ambiente continentale è molto frammentaria (scarsità affioramenti, lacune)
- Ciclicità dei cambiamenti climatici ha prodotto simili condizioni e ambienti in tempi diversi 
correlazioni incerte (spesso non possibili datazioni dirette)
- Si procede con studi interdisciplinari: stratigrafia, sedimentologia, botanica, zoologia archeologia, geochimica, ecc.

Era glaciale

- 5 glaciazioni Donau, Gunz, Mindel, Riss, Wurm
- Teoria glacio-eustatica: variazioni del livello del mare
- Fasi espansione glaciale estensione della tundra a latitudini più basse: zone periglaciali

Studi dei sedimenti quaternari

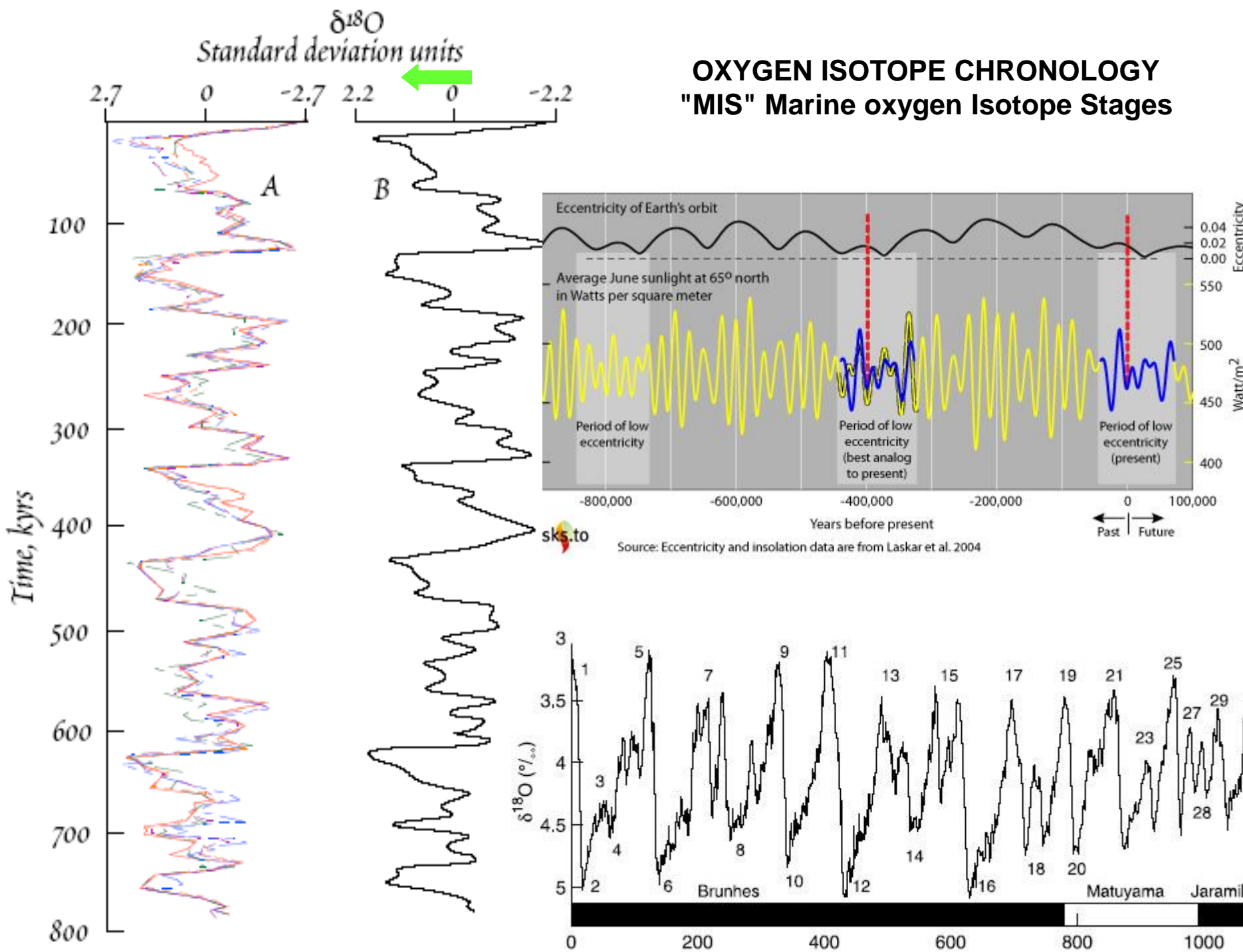
- Analisi sedimentologica e stratigrafica sequenziale
- Perforazioni, indagini paleomagnetiche e sismiche
- Analisi paleontologiche e paleovegetazionali (pollini, dendrocronologia)
- Datazioni assolute (carbonio, amino-stratigrafia, risonanza elettronica, luminescenza, radioisotopi)
- Isotopi ossigeno su microfossili marini (stratigrafia completa, temperatura dell'acqua)
- Perforazioni dei ghiacci polari: condizioni atmosferiche e climatiche del passato (isotopi O  stadi isotopici, gas atmosferici, composti chimici, polvere)



$$\delta^{18}\text{O} = \frac{^{18}\text{O}}{^{16}\text{O}}$$

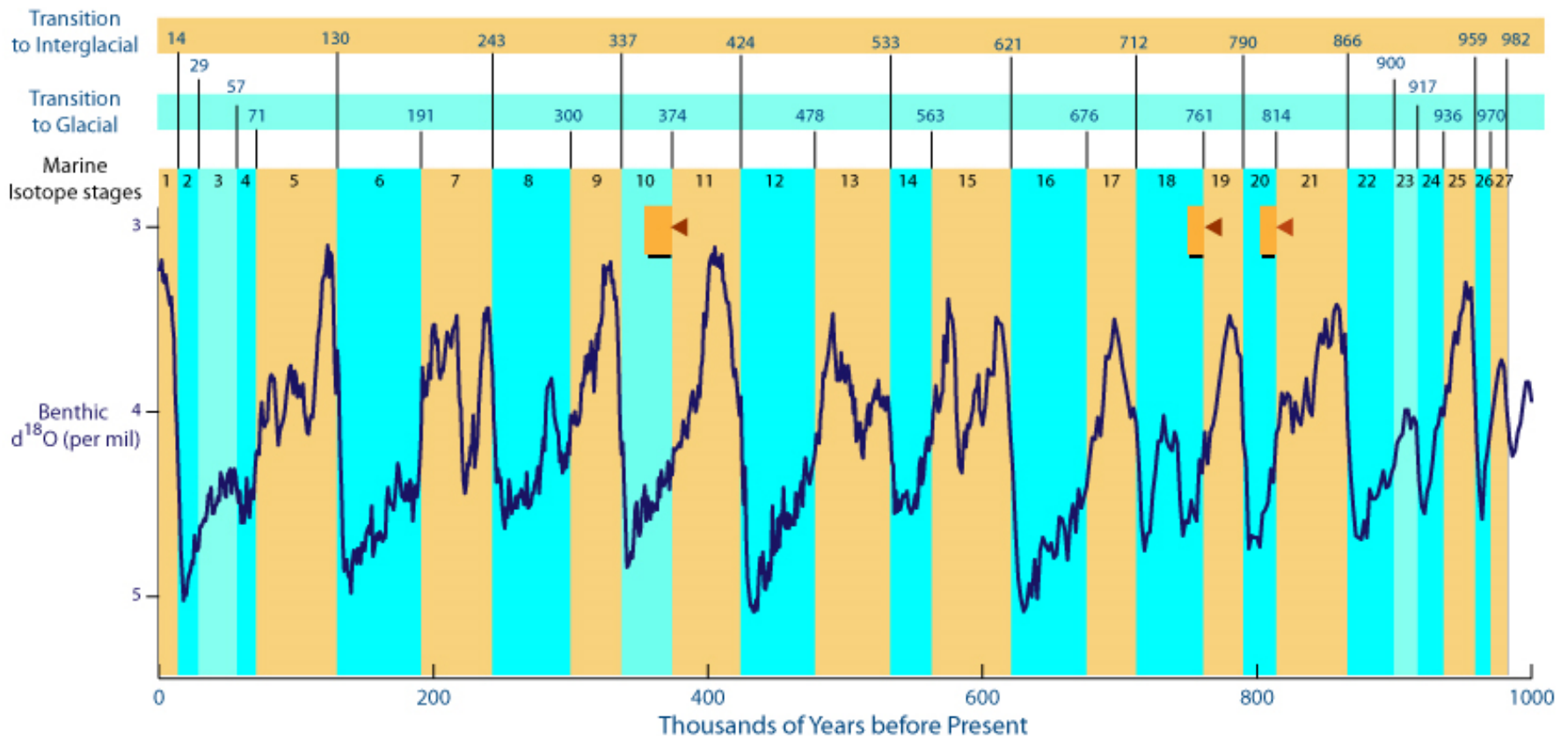
OXYGEN ISOTOPE CHRONOLOGY

"MIS" Marine oxygen Isotope Stages



Struttura del Quaternario

- Periodi **glaciali**: fasi fredde di lunga durata con espansione glaciale
- Episodi **stadiali**: episodi freddi di minor durata con espansione glaciale di minor durata
- Periodi **interglaciali**: fasi di lunga durata con temperature medie simili o maggiori a quelle attuali (e Olocene)
- Episodi **interstadiali**: episodi temperati di relativo riscaldamento in una fase di generale raffreddamento con temperature che non raggiunsero quelle attuali





2008 INTERNATIONAL STRATIGRAPHIC CHART



International Commission on Stratigraphy

Phanerozoic	Erathem Era	System Period	Series Epoch	Stage Age	Age Ma	GSSP	
Cenozoic	Quaternary *	Holocene			0.0117	👉	
			Upper		0.126		
		Pleistocene	"Ionian"		0.781		
			Calabrian		1.806	👉	
			Gelasian		2.588	👉	
			Pliocene		3.600	👉	
		Neogene	Miocene	Piacenzian		5.332	👉
				Zanclean		5.332	👉
				Messinian		7.246	👉
				Tortonian		11.608	👉
	Serravallian				13.82	👉	
	Oligocene		Langhian		15.97	👉	
			Burdigalian		20.43	👉	
			Aquitanian		23.03	👉	
			Chattian		28.4 ± 0.1	👉	
			Rupelian		33.9 ± 0.1	👉	
			Priabonian		37.2 ± 0.1	👉	
	Eocene	Bartonian		40.4 ± 0.2	👉		
		Lutetian		48.6 ± 0.2	👉		
		Ypresian		55.8 ± 0.2	👉		
		Thanetian		58.7 ± 0.2	👉		
Selandian			~ 61.1	👉			
Paleocene	Danian		65.5 ± 0.3	👉			
	Maastrichtian		70.6 ± 0.6	👉			
	Campanian		83.5 ± 0.7	👉			
	Santonian		85.8 ± 0.7	👉			
	Coniacian		~ 88.6	👉			
	Turonian		93.6 ± 0.8	👉			
	Cenomanian		99.6 ± 0.9	👉			
	Albian		112.0 ± 1.0	👉			
	Aptian		125.0 ± 1.0	👉			
	Barremian		130.0 ± 1.5	👉			
Cretaceous	Upper	Hauterivian		~ 133.9	👉		
		Valanginian		140.2 ± 3.0	👉		
		Berriasian		145.5 ± 4.0	👉		
	Lower						

Phanerozoic	Erathem Era	System Period	Series Epoch	Stage Age	Age Ma	GSSP		
Mesozoic	Jurassic	Upper	Tithonian		145.5 ± 4.0	👉		
			Kimmeridgian		150.8 ± 4.0	👉		
			Oxfordian		~ 155.6	👉		
			Callovian		161.2 ± 4.0	👉		
			Bathonian		164.7 ± 4.0	👉		
		Middle	Bajocian		167.7 ± 3.5	👉		
			Aalenian		171.6 ± 3.0	👉		
			Toarcian		175.6 ± 2.0	👉		
			Pliensbachian		183.0 ± 1.5	👉		
			Sinemurian		189.6 ± 1.5	👉		
	Triassic	Lower	Hettangian		196.5 ± 1.0	👉		
			Rhaetian		199.6 ± 0.6	👉		
			Norian		203.6 ± 1.5	👉		
		Upper	Carnian		216.5 ± 2.0	👉		
			Ladinian		~ 228.7	👉		
		Middle	Anisian		237.0 ± 2.0	👉		
			Olenekian		~ 245.9	👉		
		Lower	Induan		~ 249.5	👉		
		Paleozoic	Permian	Lopingian	Changhsingian		251.0 ± 0.4	👉
				Wuchiapingian		253.8 ± 0.7	👉	
Capitanian				260.4 ± 0.7	👉			
Wordian				265.8 ± 0.7	👉			
Roadian				268.0 ± 0.7	👉			
Carboniferous	Upper		Kungurian		270.6 ± 0.7	👉		
			Artinskian		275.6 ± 0.7	👉		
	Lower		Sakmarian		284.4 ± 0.7	👉		
			Asselian		294.6 ± 0.8	👉		
			Gzhelian		299.0 ± 0.8	👉		
Mississippian	Upper	Kasimovian		303.4 ± 0.9	👉			
		Moscovian		307.2 ± 1.0	👉			
	Lower	Bashkirian		311.7 ± 1.1	👉			
		Serpukhovian		318.1 ± 1.3	👉			
		Viséan		328.3 ± 1.6	👉			
		Tournaisian		345.3 ± 2.1	👉			
				359.2 ± 2.5	👉			

Phanerozoic	Erathem Era	System Period	Series Epoch	Stage Age	Age Ma	GSSP	
Paleozoic	Devonian	Upper	Famennian		359.2 ± 2.5	👉	
			Frasnian		374.5 ± 2.6	👉	
			Givetian		385.3 ± 2.6	👉	
		Middle	Eifelian		391.8 ± 2.7	👉	
			Emsian		397.5 ± 2.7	👉	
			Pragian		407.0 ± 2.8	👉	
		Lower	Lochkovian		411.2 ± 2.8	👉	
					416.0 ± 2.8	👉	
					418.7 ± 2.7	👉	
					421.3 ± 2.6	👉	
	Silurian	Ludlow	Gorstian		422.9 ± 2.5	👉	
			Homerian		426.2 ± 2.4	👉	
		Wenlock	Sheinwoodian		428.2 ± 2.3	👉	
			Telychian		436.0 ± 1.9	👉	
		Llandovery	Aeronian		439.0 ± 1.8	👉	
			Rhuddanian		443.7 ± 1.5	👉	
		Ordovician	Upper	Hirnantian		445.6 ± 1.5	👉
				Katian		455.8 ± 1.6	👉
			Middle	Sandbian		460.9 ± 1.6	👉
		Darriwilian			468.1 ± 1.6	👉	
		Lower	Dapingian		471.8 ± 1.6	👉	
Floian			478.6 ± 1.7	👉			
Cambrian	Furongian	Tremadocian		488.3 ± 1.7	👉		
		Stage 10		~ 492 *	👉		
	Series 3	Paibian		~ 496 *	👉		
		Stage 9		~ 499	👉		
		Stage 8		~ 503	👉		
	Series 2	Drumian		~ 506.5	👉		
		Stage 5		~ 510 *	👉		
	Terreneuvian	Stage 4		~ 515 *	👉		
		Stage 3		~ 521 *	👉		
		Stage 2		~ 528 *	👉		
Fortunian		542.0 ± 1.0	👉				

Phanerozoic	Erathem Era	System Period	Age Ma	GSSP
Proterozoic	Neoproterozoic	Ediacaran	542	👉
		Cryogenian	~ 635	👉
		Tonian	850	👉
		Stenian	1000	👉
		Ectasian	1200	👉
	Mesoproterozoic	Calymmian	1400	👉
		Statherian	1600	👉
		Orosirian	1800	👉
		Rhyacian	2050	👉
		Siderian	2300	👉
Archean	Neoarchean	2500	👉	
	Mesoarchean	2800	👉	
	Paleoarchean	3200	👉	
	Eoarchean	3600	👉	
	Hadean (informal)	~ 4600	👉	

Subdivisions of the global geologic record are formally defined by their lower boundary. Each unit of the Phanerozoic (~542 Ma to Present) and the base of Ediacaran are defined by a basal Global Standard Section and Point (GSSP 👉), whereas Precambrian units are formally subdivided by absolute age (Global Standard Stratigraphic Age, GSSA). Details of each GSSP are posted on the ICS website (www.stratigraphy.org).

Numerical ages of the unit boundaries in the Phanerozoic are subject to revision. Some stages within the Cambrian will be formally named upon international agreement on their GSSP limits. Most sub-Series boundaries (e.g., Middle and Upper Aptian) are not formally defined.

Colors are according to the Commission for the Geological Map of the World (www.cgmw.org).

The listed numerical ages are from 'A Geologic Time Scale 2004', by F.M. Gradstein, J.G. Ogg, A.G. Smith, et al. (2004; Cambridge University Press) and 'The Concise Geologic Time Scale' by J.G. Ogg, G. Ogg and F.M. Gradstein (2008).

This chart was drafted by Gabi Ogg. Intra Cambrian unit ages with * are informal, and awaiting ratified definitions.

Copyright © 2008 International Commission on Stratigraphy

* Definition of the Quaternary and revision of the Pleistocene are under discussion. Base of the Pleistocene is at 1.81 Ma (base of Calabrian), but may be extended to 2.59 Ma (base of Gelasian). The historic "Tertiary" comprises the Paleogene and Neogene, and has no official rank.

2008



INTE

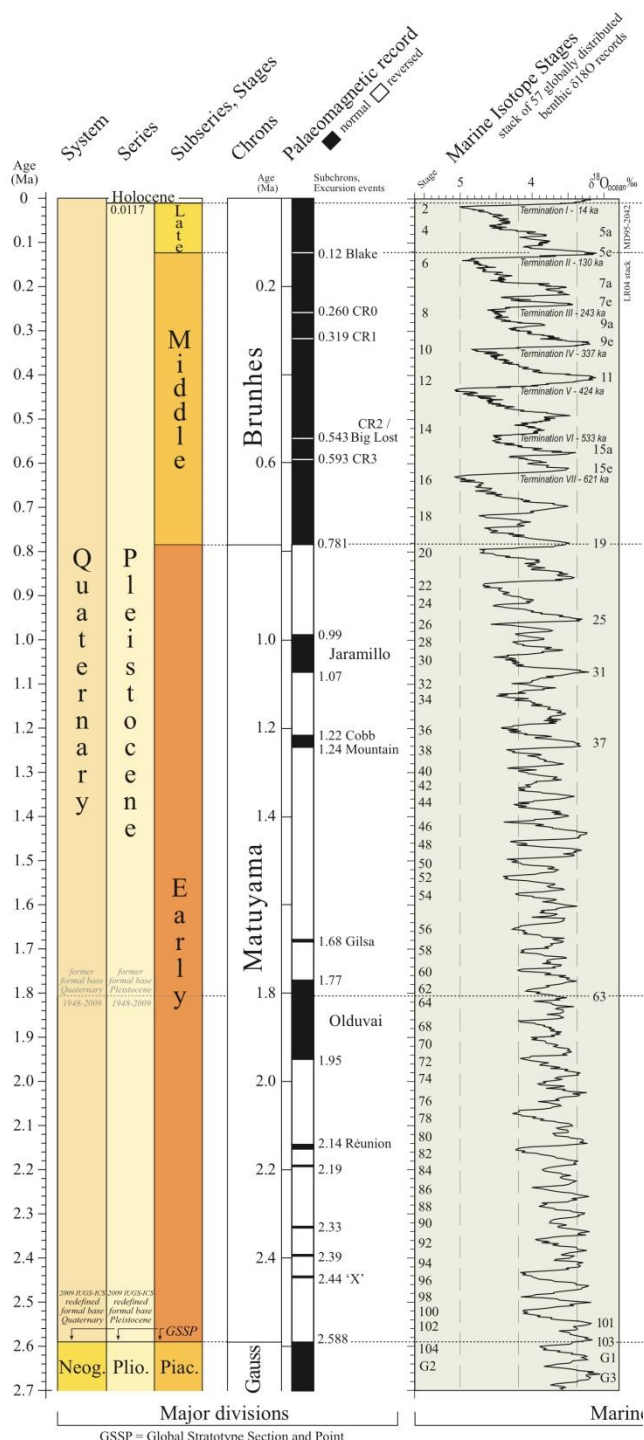
2009



INTE

Eonothem Eon	Erathem Era	System Period	Series Epoch	Stage Age	Age Ma
C	Cenozoic	Quaternary *	Holocene		0.0117
			Pleistocene	Upper	0.126
				"Ionian"	0.781
				Calabrian	1.806
				Gelasian	2.588
			Pliocene	Piacenzian	3.600
				Zanclean	5.332
			Miocene	Messinian	7.246
				Tortonian	11.608
		Serravallian		13.82	
		Langhian		15.97	
		Burdigalian		20.43	
		Aquitanian		23.03	

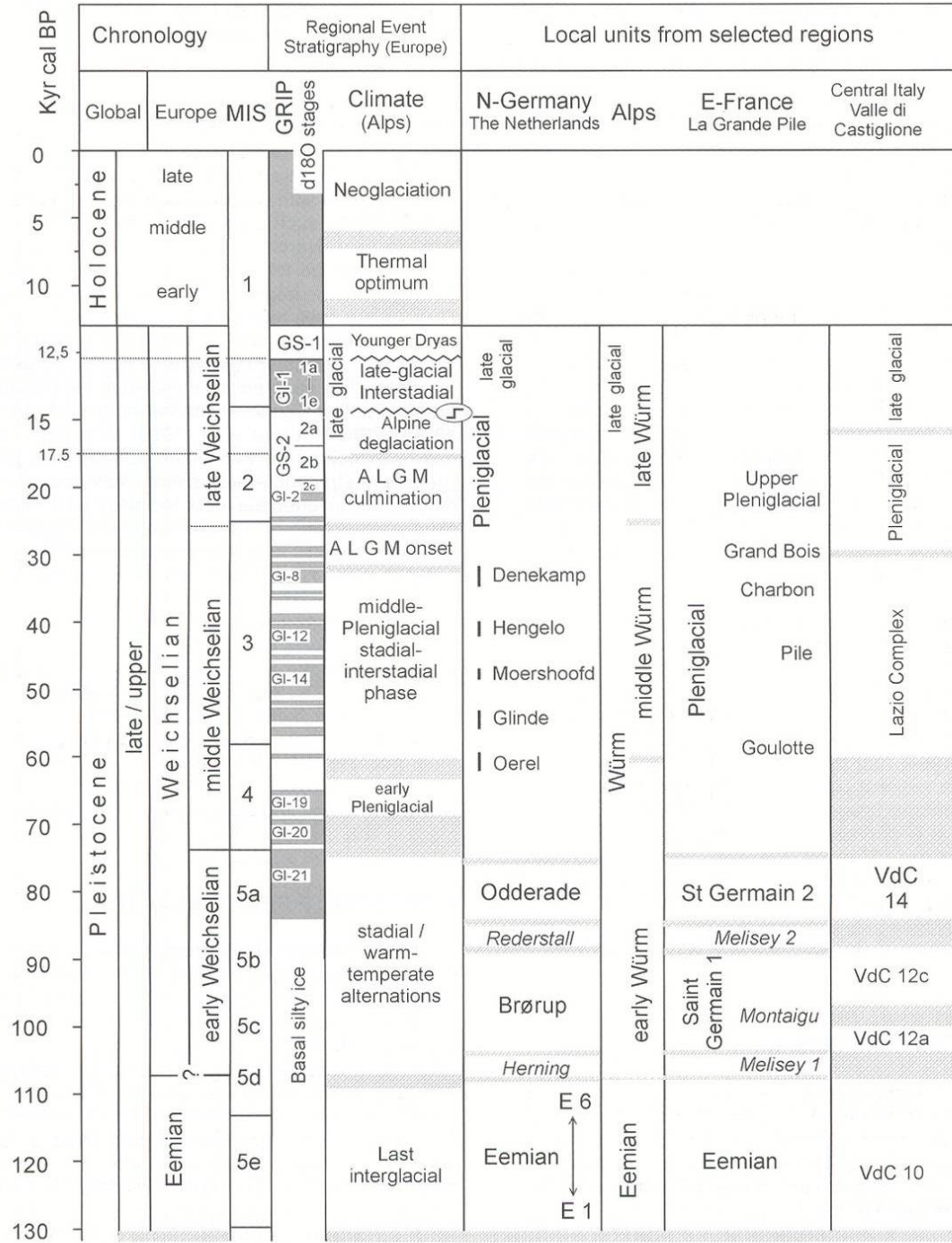
Eonothem Eon	Erathem Era	System Period	Series Epoch	Stage Age	Age Ma
C	Cenozoic	Quaternary	Holocene		0.0117
			Pleistocene	Upper	0.126
				"Ionian"	0.781
				Calabrian	1.806
				Gelasian	2.588
			Pliocene	Piacenzian	3.600
				Zanclean	5.332
			Miocene	Messinian	7.246
				Tortonian	11.608
		Serravallian		13.82	
		Langhian		15.97	
		Burdigalian		20.43	
		Aquitanian		23.03	



Scientists take sediment cores from the bottom of the ocean all over the world, and then measure the ratio of Oxygen 16 to Oxygen 18 in the calcite shells of the foraminifera.

Oxygen 16 is preferentially evaporated from the oceans, some of which falls as snow on continents. Times when snow and glacial ice buildup occur therefore see a corresponding enrichment of the oceans in Oxygen 18. Thus the O18/O16 ration changes over time, mostly as a function of the volume of glacial ice on the planet.

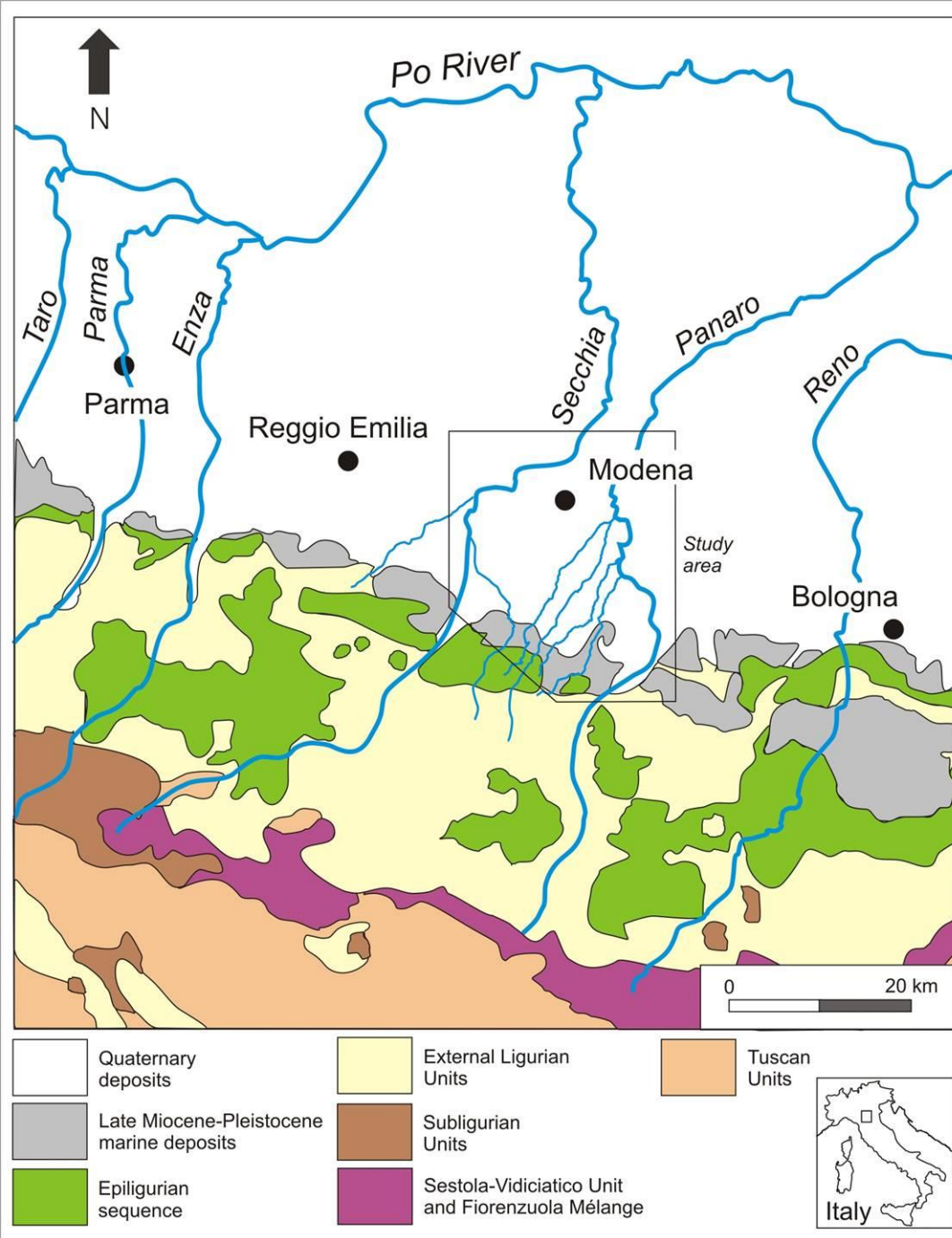
Shackleton (1969) recognized that in an informal sense, the marine oxygen isotope record is useful in relation to Quaternary stratigraphy in general, rather than purely to the marine record.



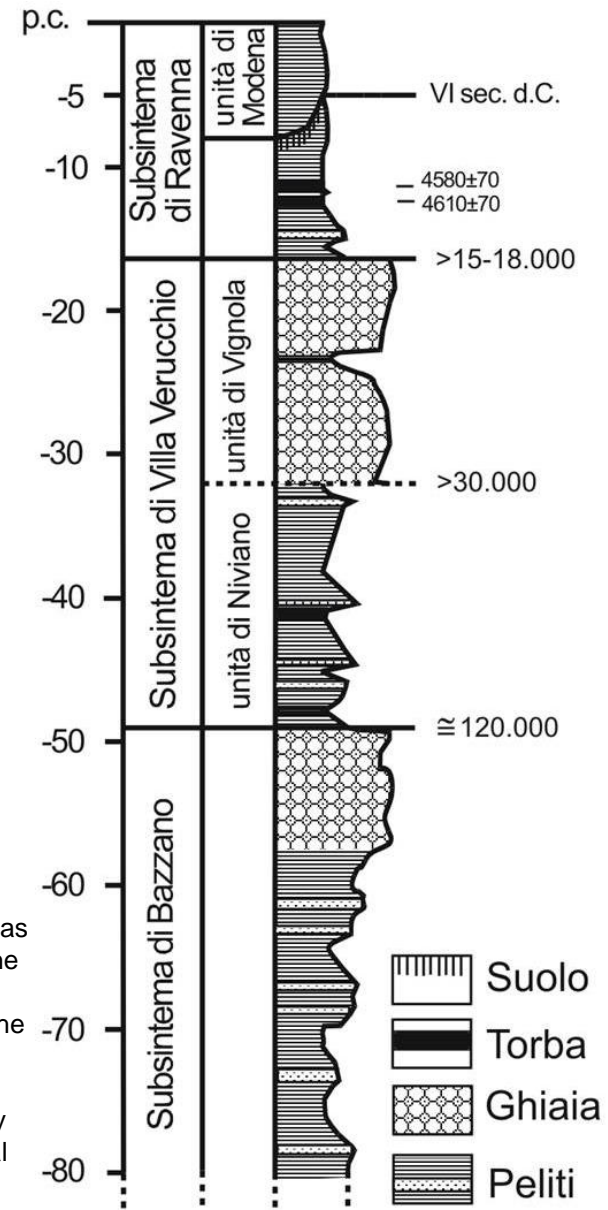
Diachronic limit
 Poorly dated limit
 Partially coeval events

Series	Stage	INFORMAL SUBDIVISIONS (*1)	climato-stratigraphic subdivisions (*1)	CHRONO ZONES (Holocene only)	Conventional age ¹⁴ C yr BP	Calibrated age cal ¹⁴ C BP (*2)	Varve chronology from German and Polish lakes (Litt et al., 2001)
					Mangerud et al., 1974, 82; Litt et al., 2001	Stuiver et al., 1998	
HOLOCENE		LATE	NEOGLACIATION	Subatlantic			
				Subboreal	2500	2728-2476	
				Atlantic	5000	5728 5657-5828	
					8000 (* 5)	8776-9004	
				Boreal	9000	10.189 9944 - 10.004	
				Preboreal	10.000	11.268 - 11.553	11.480-11.590
PLEISTOCENE	Würm = Weichselian	Late glacial	Younger Dryas (* 4)	c. 10.700	12.840 12.896 - 12.644	12.650-12.680	
			late glacial interstadial				
			"early late glacial"	c. 12.300	14.289 15.416 - 14.101	14.450	
			Last Glacial Maximum (Alps)	c. 15.500			

Ravazzi, 2003



Lugli S.e Marchetti Dori S., 2011. Evoluzione sedimentaria dell'area tra Formigine e Baggiovara alla luce dei nuovi scavi archeologici. In: "L'insediamento etrusco e romano di Baggiovara (MO), le indagini archeologiche e archeometriche". Quaderni di Archeologia dell'Emilia Romagna, 27, 117-124.



Lugli S., Marchetti Dori S. & Fontana D., 2007. Alluvial sand composition as a tool to unravel the Late Quaternary sedimentation of the Modena Plain, northern Italy. Geological Society of America Special Paper 420, 57-72



*Fiume Secchia
Sorbara, 2004*



Aprile 2004

Ottobre 2005



*Fiume Secchia
Campogalliano*

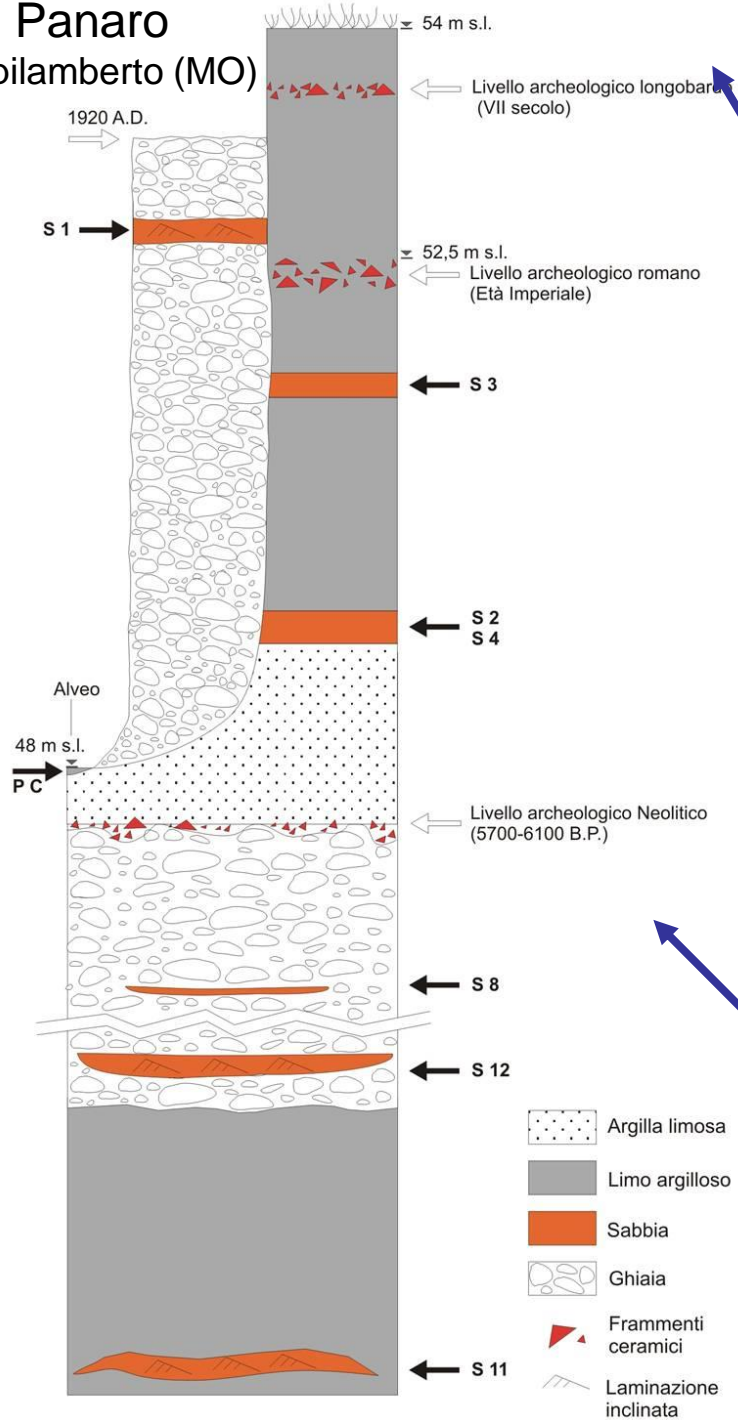
Scavo ferrovia Bologna-Verona Crevalcore



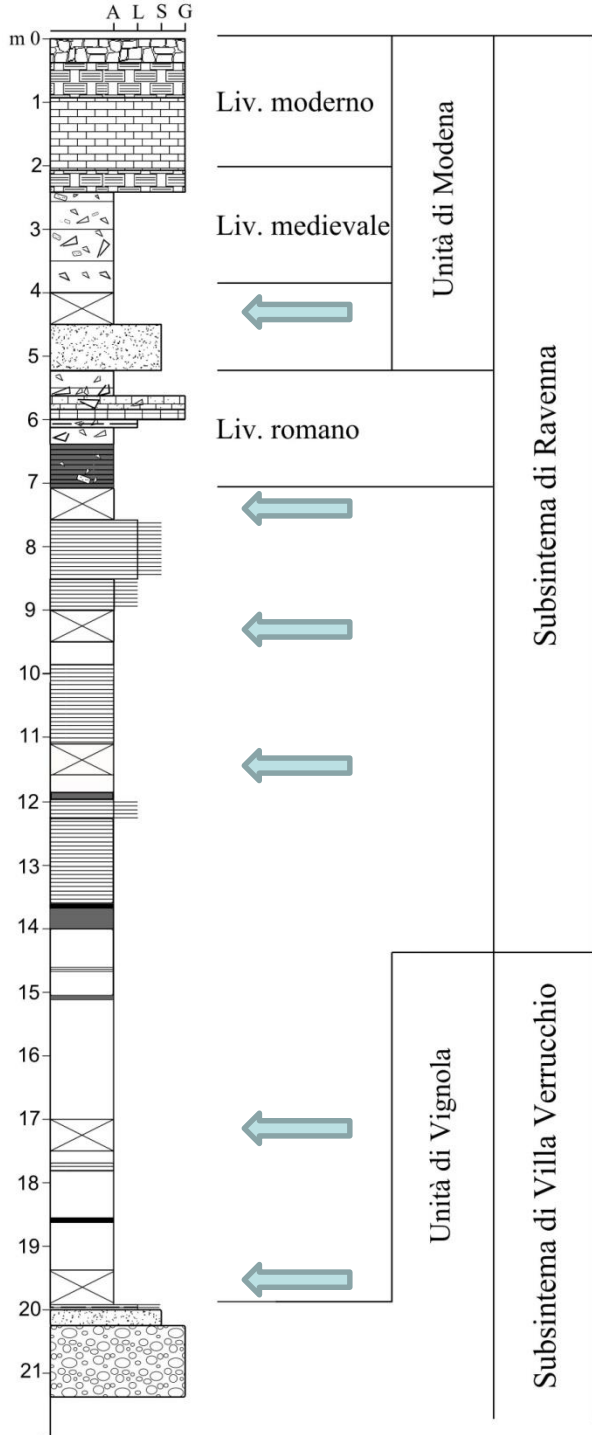
Scavo Via Cesana
Modena



F. Panaro Spilamberto (MO)



Lugli S., Marchetti
Dori S. & Fontana
D., 2007.



Legenda

-  Torba
-  Argilla organica
-  Argilla
-  Limo
-  Sabbia
-  Ghiaia
-  Laminazione
-  Materiale lapideo
-  Laterizio
-  Conglomerato cementizio
-  Malta
-  Frammenti di laterizi
-  Frammenti di malte

Argentino C., Lugli S., Marchetti Dori S., 2015, Evoluzione sedimentaria del centro storico di Modena nel tardo Quaternario. Atti della Società dei Naturalisti e Matematici di Modena, 146, 49-62.



Legenda

Argilla



Limo



Sabbia



Ghiaia



Materiale lapideo



Laterizio



Conglomerato cementizio



Malta



Torba



Argilla organica



Tracce di carbone



Frammenti di laterizi



Gasteropodi



Calcinelli



Resti vegetali



Frammenti di malte



Screziature



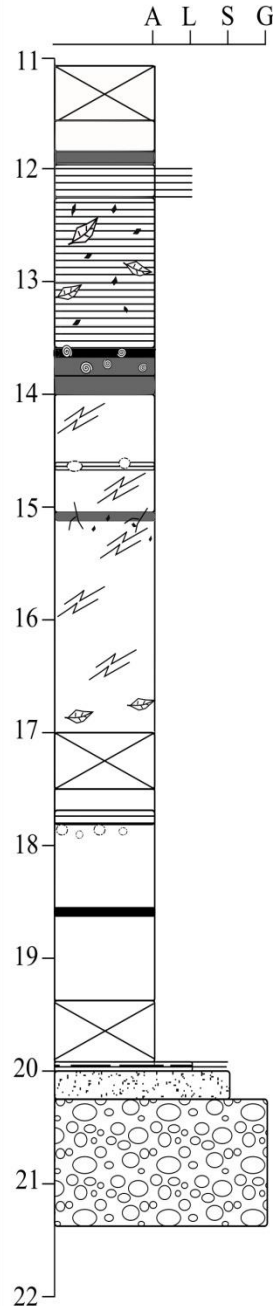
Ciottoli



Laminazione



Radici



C4

Argilla

Colore 2.5y 3.1 very dark grey
Argilla torbosa grigio scura da 11,81 m a 11,93 m
Laminazione Argilla/Limo da 11,93 m a 12,25 m

Argilla limosa

Colore 2.5y 4.1 dark reddish grey; sono presenti resti vegetali e frequenti tracce di carbone millimetriche. Si trovano lamine di argilla più scura ricca in sostanza organica fino a 13,25 m

Argilla limosa con lamine organiche

Colore 2.5y 4.1 dark reddish grey; tracce di carbone millimetriche
Torba con resti di gasteropodi da 13,66 m a 13,69 m

Argilla torbosa nera con frammenti di gasteropodi da 13,69 m a 13,81 m

Argilla nera omogenea, priva di resti organici macroscopici da 13,81 m a 14 m

Argilla limosa screziata (screziature distanziate tra loro di 10 cm circa) da 14 m a 15 m
Colore 2.5y 3.1 very dark grey

Lamine di argilla più scura con presenza di calcinelli millimetrici da 14,60 m a 14,68 m

Argilla screziata con tracce poco diffuse di carbone (concentrate tra 15 m e 15,25 m)
Livello d'argilla organica tra 15,04 m e 15,06 m; presenza di radici

Argilla limosa. Colore 2.5 y 4.1 dark reddish grey

Screziature marroni-rossicce presenti da 16,10 m a 16,70 m

Alla base sono presenti resti vegetali legnosi (di lunghezza inferiore a 3 cm)

C7

Argilla limosa. Colore 2.5y 4.1 dark reddish grey

Lamine di argilla organica da 17,70 m fino 17,85 m; calcinelli concentrati a 17,90 m

Torba

Argilla limosa grigia, più chiara alla base (2.5y 4.2 dark greysh brown - 2.5y 3.1 very dark grey)

C8

Limo argilloso con sottili lamine di sabbia fine-finissima. Presenza di leggere screziature rossastre. Colore 2.5y 5.1 grey

Sabbia medio-fine argillosa. Colore 2.5y 5.1 grey

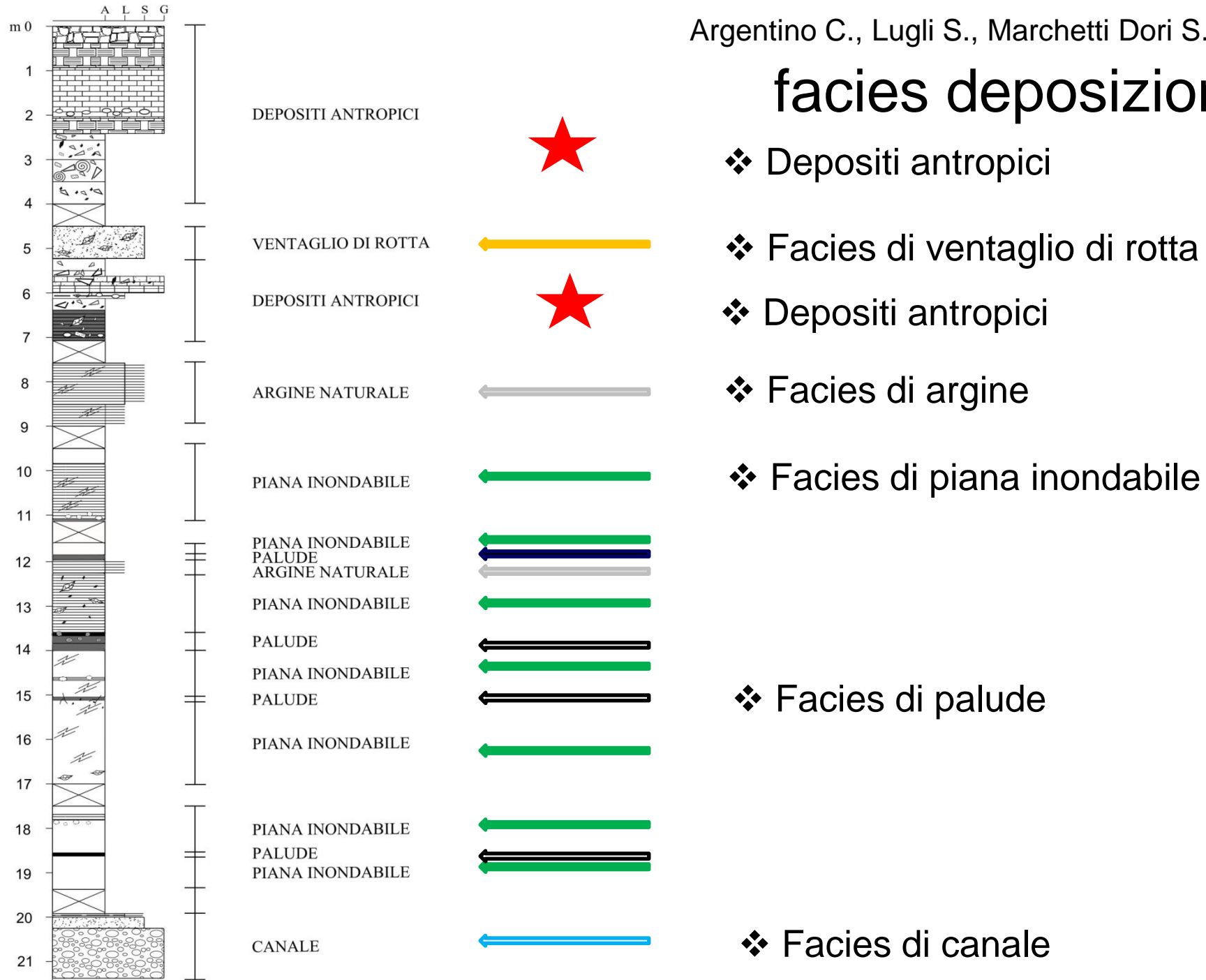
Ghiaia

Clasti di diametro variabile (0,5- 5 cm)

Variazione di colore della matrice: sfumature marrone chiaro alla base tendenti al grigio verso il tetto (2.5y 4.4 olive brown - 2.5y 5.1 grey)



facies deposizionali



❖ Depositi antropici

❖ Facies di ventaglio di rotta

❖ Depositi antropici

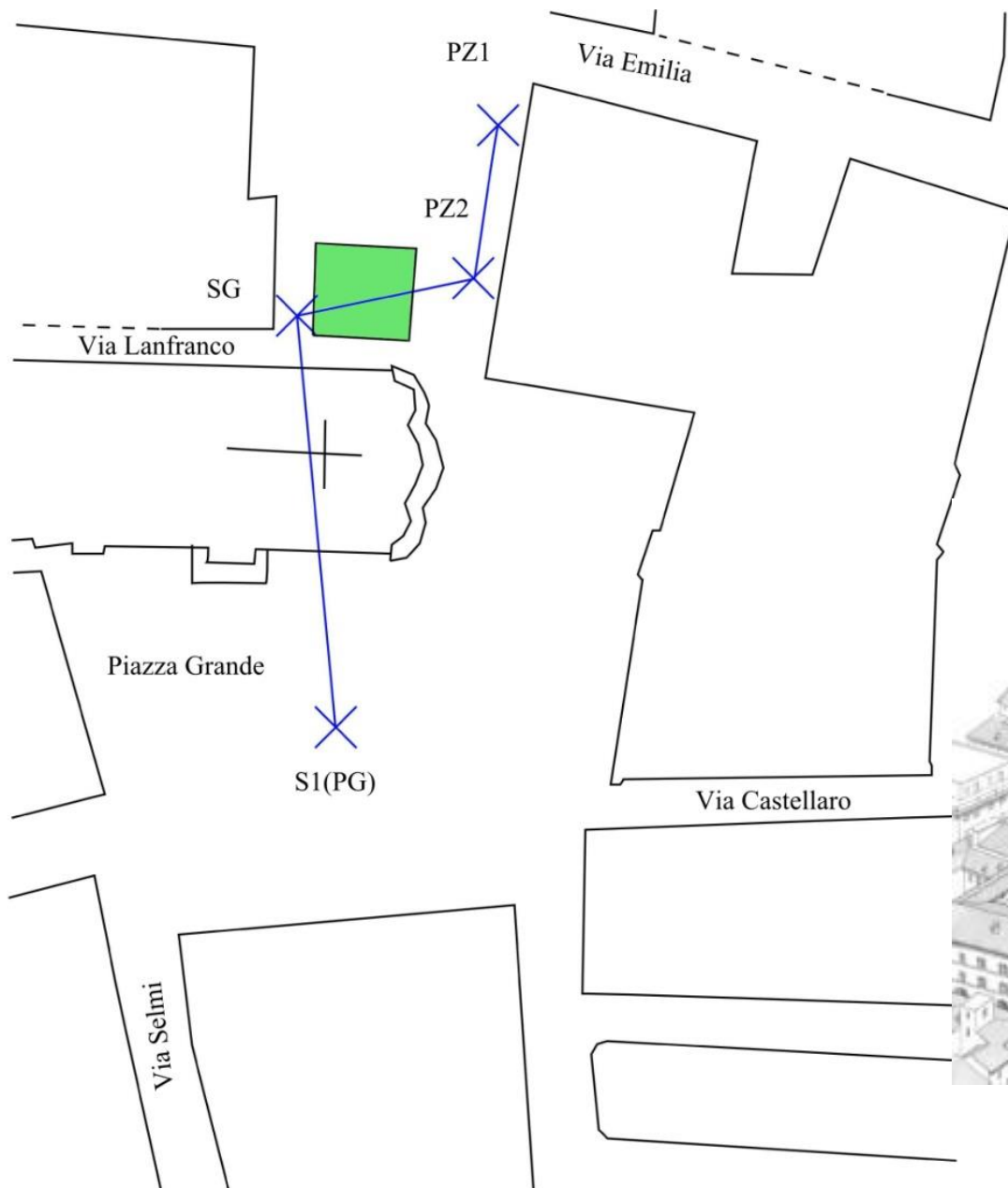
❖ Facies di argine

❖ Facies di piana inondabile

❖ Facies di palude

❖ Facies di canale

Ricostruzione del profilo di sottosuolo



Argentino C., Lugli S., Marchetti Dori S., 2015

Sezione stratigrafica Centro Storico

NE

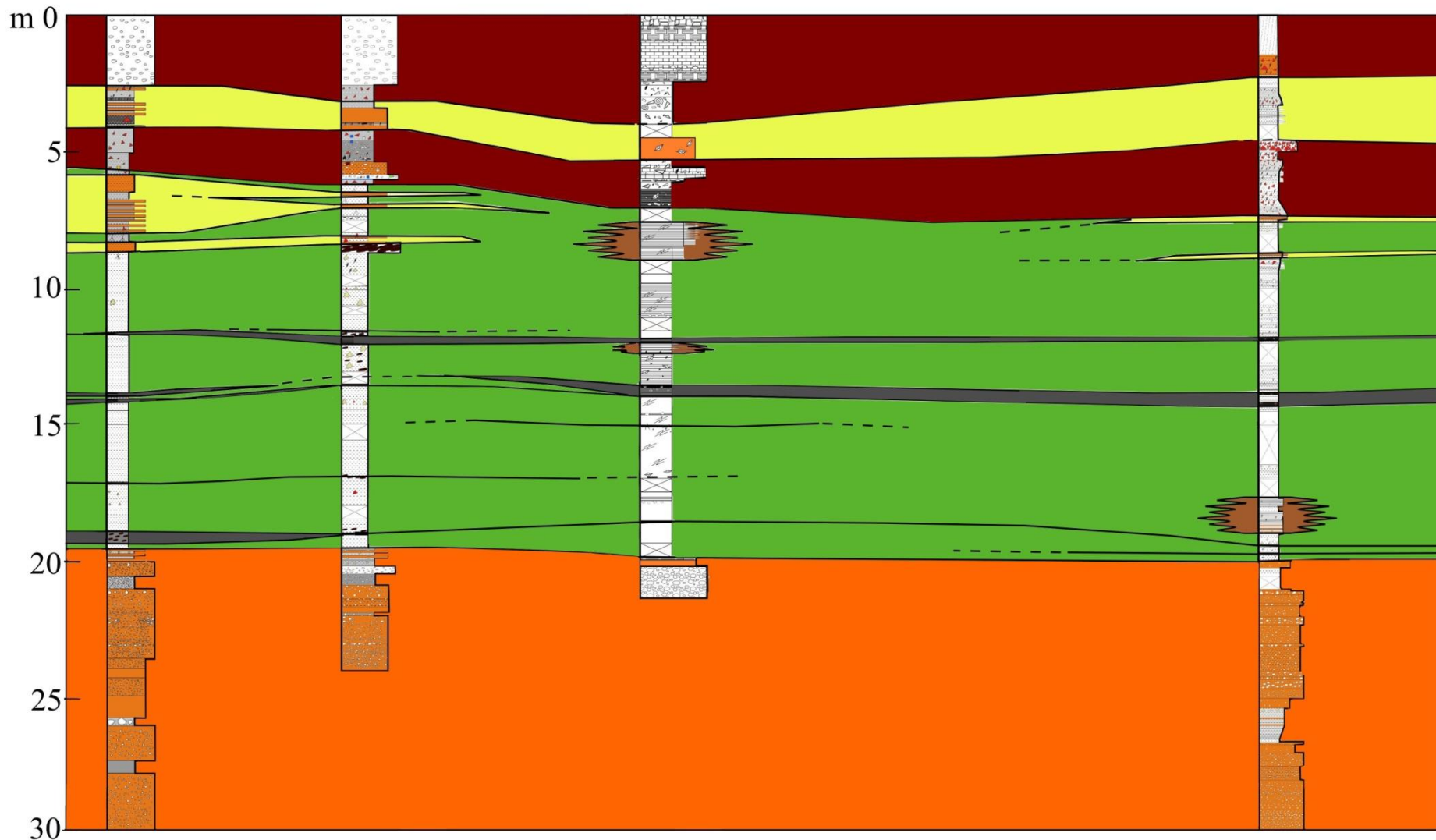
SO

PZ1 (2010)







PZ2 (2010)

SG (2012)

S1(PG) (2008)



10 m

- | | | |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  Depositi antropici |  Canale |  Argine naturale |
|  Rotte fluviali |  Piana inondabile |  Palude |