



INTERNATIONAL CHRONOSTRATIGRAPHIC CHART

www.stratigraphy.org

International Commission on Stratigraphy

v 2016/10



- 1 Eone
- 2 Era e Eratema
- 3 Periodo (tempo) e Sistema (rocce)
- 4 Epoca e Serie
- 5 Età e Piano
- 6 età assolute

Epoch / Era / System / Period	Series / Epoch	Stage / Age	GSSP	numerical age (Ma)	
					4
Cenozoic	Quaternary	Holocene		0.0117	
		Upper / Middle Pleistocene		0.126	
	Pliocene	Calabrian		0.781	
		Gelasian		1.80	
	Neogene	Piacenzian		2.58	
		Zanclean		3.600	
	Paleogene	Miocene	Messinian		5.333
			Tortonian		7.246
		Serravallian		11.63	
		Langhian		13.82	
Burdigalian			15.97		
Aquitanian			20.44		
Chattian			23.03		
Oligocene		Rupelian		28.1	
		Priabonian		33.9	
Eocene		Bartonian		37.8	
	Lutetian		41.2		
Paleocene	Ypresian		47.8		
	Thanetian		56.0		
Mesozoic	Cretaceous	Selandian		50.2	
		Danian		61.6	
	Upper	Maastrichtian		66.0	
		Campanian		72.1 ± 0.2	
	Lower	Santonian		83.6 ± 0.2	
		Coniacian		85.3 ± 0.5	
	Cretaceous	Turonian		89.8 ± 0.3	
		Cenomanian		93.9	
	Lower	Albian		100.5	
		Aptian		~ 113.0	
Lower	Barremian		~ 125.0		
	Hauterivian		~ 129.4		
Lower	Valanginian		~ 132.9		
	Berriasian		~ 139.8		
Lower	Berriasian		~ 146.0		

Epoch / Era / System / Period	Series / Epoch	Stage / Age	GSSP	numerical age (Ma)
Mesozoic	Jurassic	Tithonian		152.1 ± 0.9
		Upper Kimmeridgian		157.3 ± 1.0
	Middle	Oxfordian		163.0 ± 1.0
		Callovian		166.1 ± 1.2
	Lower	Bathonian		168.3 ± 1.3
		Bajocian		170.3 ± 1.4
	Lower	Aalenian		174.1 ± 1.0
		Toarcian		182.7 ± 0.7
	Lower	Pliensbachian		190.6 ± 1.0
		Sinemurian		199.3 ± 0.3
Lower	Hettangian		201.3 ± 0.2	
	Rhaetian		~ 208.5	
Paleozoic	Triassic	Upper Norian		~ 227
		Carnian		~ 237
	Middle	Ladinian		~ 242
		Anisian		247.2
	Lower	Olenekian		251.2
		Induan		257.17 ± 0.08
	Lower	Changhsingian		254.14 ± 0.07
		Wuchiapingian		259.8 ± 0.4
	Lower	Capitanian		265.1 ± 0.4
		Wordian		268.8 ± 0.5
Lower	Roadian		272.0 ± 0.5	
	Kungurian		283.5 ± 0.6	
Lower	Artinskian		290.1 ± 0.26	
	Sakmarian		295.0 ± 0.18	
Lower	Asselian		298.9 ± 0.15	
	Gzhelian		303.7 ± 0.1	
Lower	Kasimovian		307.0 ± 0.1	
	Moscovian		315.2 ± 0.2	
Lower	Bashkirian		323.2 ± 0.4	
	Serpukhovian		330.9 ± 0.2	
Lower	Visean		346.7 ± 0.4	
	Tournaisian		358.9 ± 0.4	

Epoch / Era / System / Period	Series / Epoch	Stage / Age	GSSP	numerical age (Ma)
Phanerozoic	Devonian	Upper Famennian		372.2 ± 1.6
		Frasnian		382.7 ± 1.6
	Middle	Givetian		387.7 ± 0.8
		Eifelian		393.3 ± 1.2
	Lower	Emsian		407.6 ± 2.6
		Pragian		410.8 ± 2.8
	Lower	Lochkovian		419.2 ± 5.2
		Pridoli		423.0 ± 7.3
	Lower	Ludlow		425.6 ± 0.9
		Wenlock		427.4 ± 0.5
Lower	Homeric		430.5 ± 0.7	
	Sherwoodian		433.4 ± 0.8	
Lower	Telychian		436.5 ± 1.1	
	Aeronian		440.8 ± 1.2	
Lower	Rhuddanian		443.8 ± 1.5	
	Hirnantian		445.2 ± 1.4	
Lower	Katian		453.0 ± 0.7	
	Sandbian		458.4 ± 0.9	
Lower	Darriwilian		467.3 ± 1.1	
	Dapingian		470.0 ± 1.4	
Lower	Floian		477.7 ± 1.4	
	Tremadocian		485.4 ± 1.9	
Lower	Stage 10		~ 489.5	
	Jiangshanian		~ 494	
Lower	Paibian		~ 497	
	Guzhangian		~ 500.5	
Lower	Drumian		~ 504.5	
	Stage 5		~ 509	
Lower	Stage 4		~ 514	
	Stage 3		~ 521	
Lower	Stage 2		~ 529	
	Fortunian		541.0 ± 1.0	

Epoch / Era / System / Period	Series / Epoch	Stage / Age	GSSP	numerical age (Ma)
Proterozoic	Neoproterozoic	Ediacaran		541.0 ± 1.0
		Cryogenian		~ 635
	Mesoproterozoic	Tonian		~ 720
		Stenian		1000
	Mesoproterozoic	Ectasian		1200
		Calymmian		1400
	Mesoproterozoic	Statherian		1600
		Orosirian		1800
	Mesoproterozoic	Rhyacian		2050
		Siderian		2300
Mesoproterozoic	Neoproterozoic		2500	
	Siderian		2800	
Mesoproterozoic	Neoproterozoic		3200	
	Mesoproterozoic		3600	
Mesoproterozoic	Paleoproterozoic		4000	
	Archean		~ 4600	

Units of all ranks are in the process of being defined by Global Boundary Stratotype Section and Points (GSSP) for their lower boundaries, including those of the Archean and Proterozoic, long defined by Global Standard Stratigraphic Ages (GSSA). Charts and detailed information on ratified GSSPs or without constrained numerical ages, an approximate numerical age (±) is provided.

Numerical ages are subject to revision and do not define units in the Phanerozoic and the Ediacaran, only GSSPs do. For boundaries in the Phanerozoic without ratified GSSPs or without constrained numerical ages, an approximate numerical age (±) is provided.

Numerical ages for all systems except Lower Pleistocene, Cretaceous, Triassic, Permian and Precambrian are taken from 'A Geological Time Scale 2012' by Gradstein et al. (2012); those for the Lower Pleistocene, Cretaceous, Triassic, Permian and Precambrian were provided by the relevant ICS subcommissions.

Colouring follows the Commission for the Geological Map of the World (<http://www.cgmw.org/>)

Chart drafted by K.M. Cohen, D.A.T. Harper, P.L. Gibbard (c) International Commission on Stratigraphy October 2016

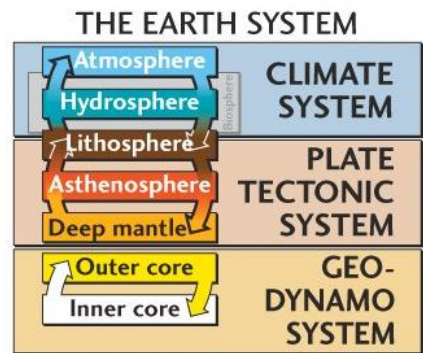
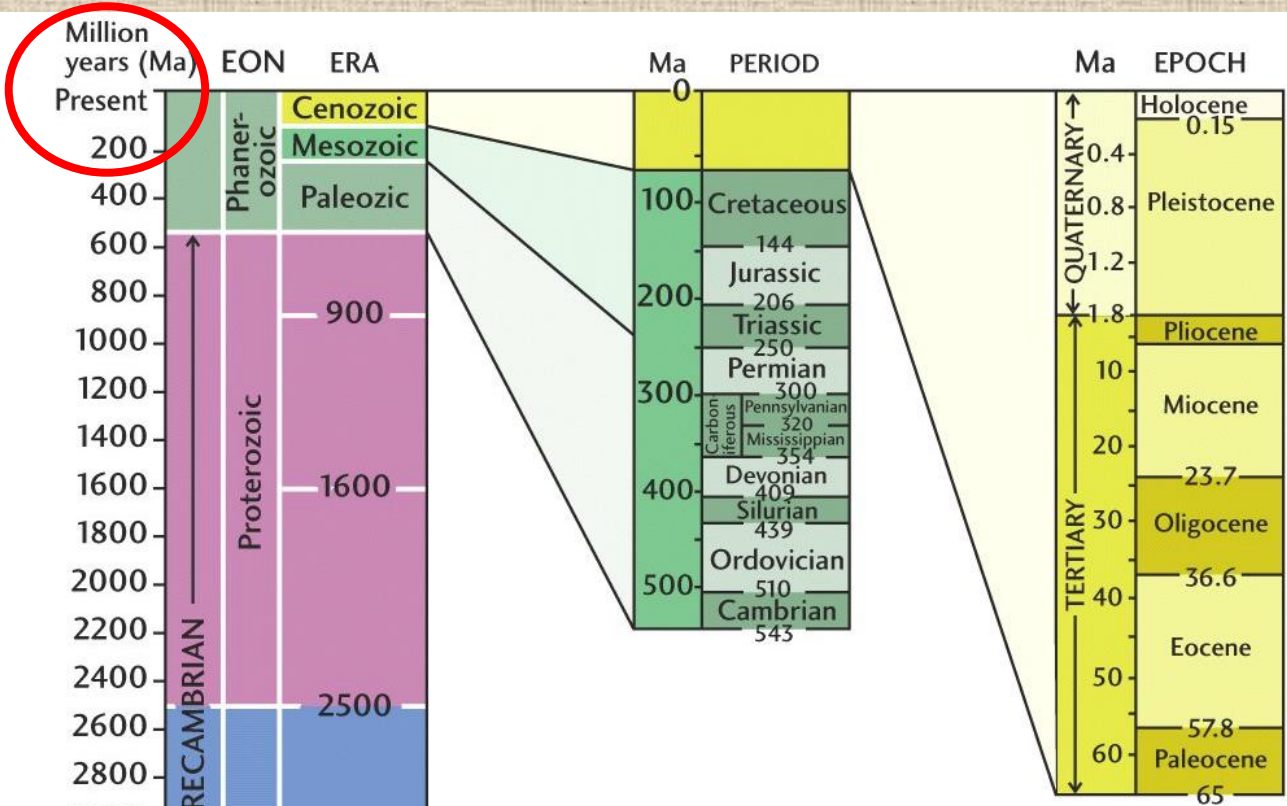
To cite: Cohen, K.M., Phibey, S.C., Gibbard, P.L. & Fan, J. X. (2016), updated: The 1st International Chronostratigraphic Chart. Episodes 39, 189-204.

JURL: <http://www.stratigraphy.org/ICSchart/ChronostratChart2016-10.pdf>

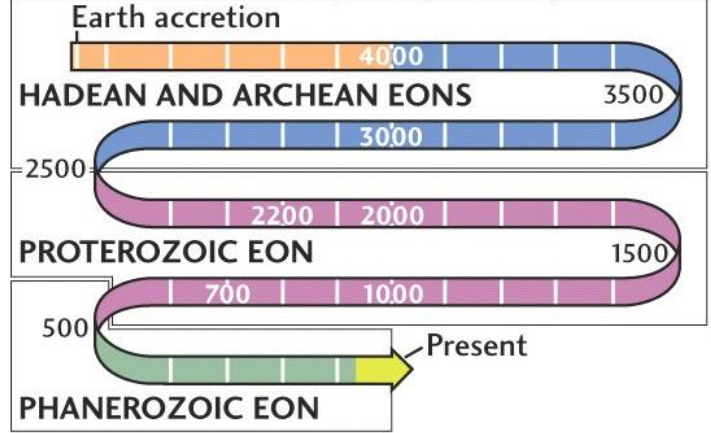
Miocene: Lyell, 1847; Bajociano (Giurassico): D'Orbigny, 1842; Carbonifero : 1822

Ma a fine '800 l'età della terra era stimata in poche decine di milioni di anni

2020-2021



Earth's Ribbon of Time (see Figure 1.12)



Datazioni assolute o età numerica

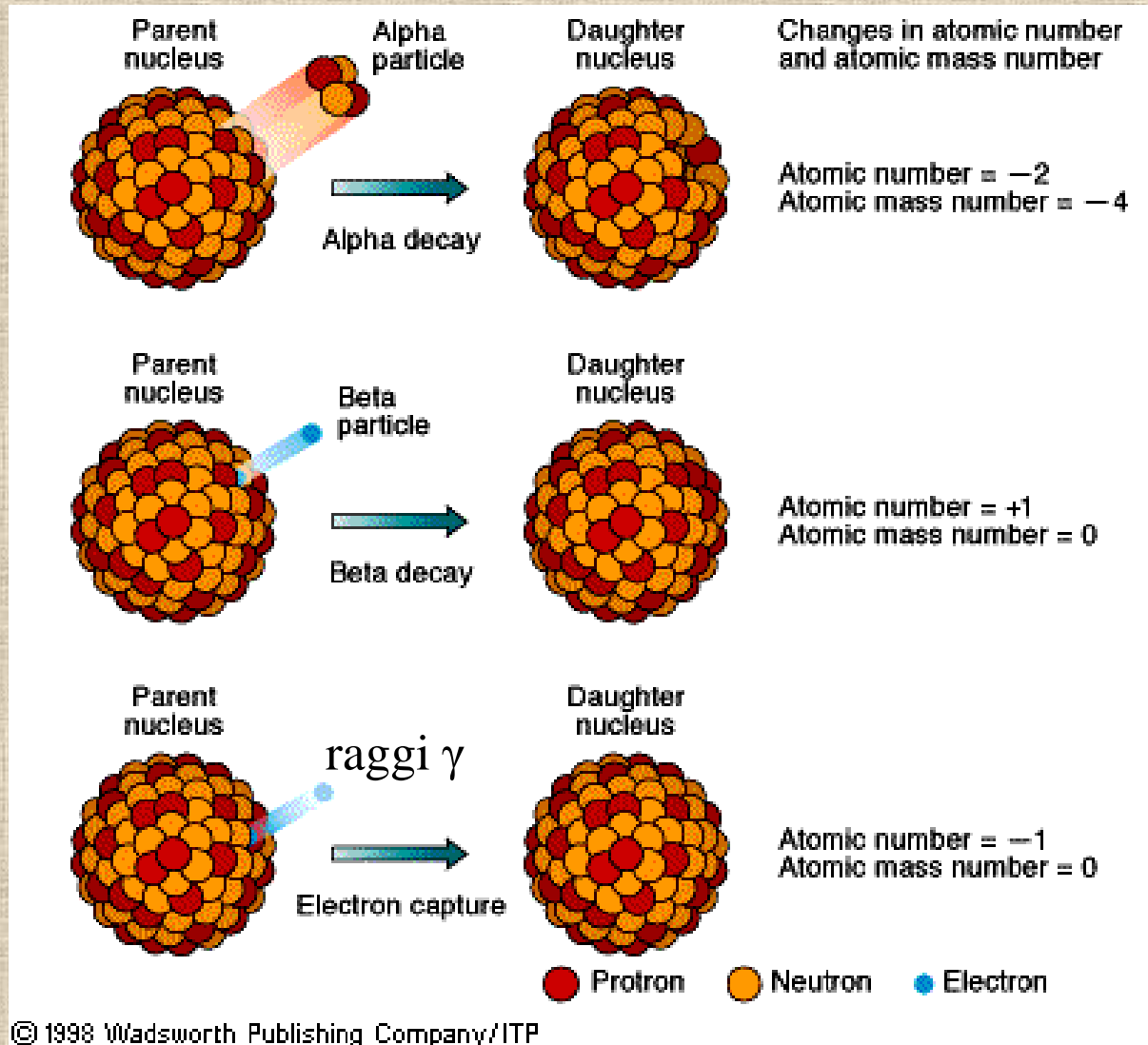
- **Metodi radiometrici**
- Conteggio di fenomeni stagionali :
dendrocronologia, varve, strati di ghiaccio
- variazioni e inversioni del campo
magnetico

*NB alcuni geochimici considerano l'espressione "età assoluta"
sbagliata...meglio età radiometrica*

Geochimica isotopica

- Isotopi stabili di un atomo: stesso numero di protoni (stesso numero atomico Z), varia il numero dei neutroni e quindi il numero di massa. Comportamento chimico simile, non UGUALE, diverso comportamento fisico, visto che cambia la massa, Sono più di 300 ma si studiano principalmente O, C, N, H, S. Gli isotopi stabili dell'ossigeno sono fondamentali per la paleoclimatologia
- **Isotopi instabili** (almeno 3000).. Alcuni **isotopi instabili**, tendono a perdere elettroni, trasformando un neutrone in protone. Vi è quindi una trasformazione di atomi, con emissione di particelle α o β , o di raggi γ , sotto forma di radiazione
- La velocità della trasformazione (decadimento radioattivo) è costante per ogni emissione
- Se conosco il tempo di dimezzamento, se conosco le quantità dei due atomi, allora...

Modi di decadimento radioattivo (isotopi instabili)



α 2 protoni e
2 neutroni

β 1 elettrone

Particelle α (nucleo di Elio); particelle β (elettrone e positrone), raggi γ

Esempio di decadimento β

Isotopo genitore (o “padre)

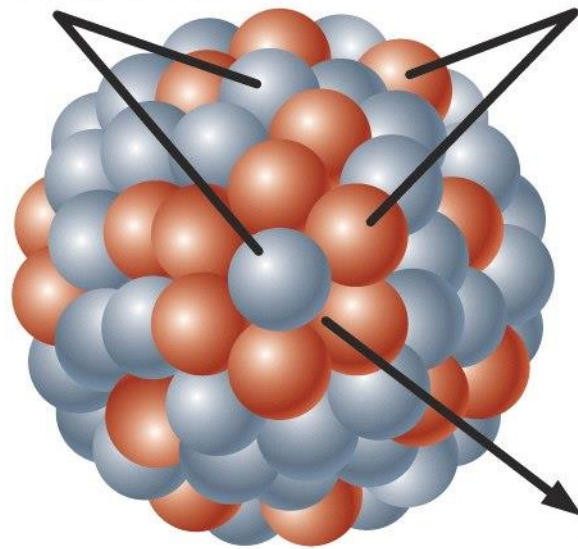
Isotopo figlio

Rubidium-87 nucleus

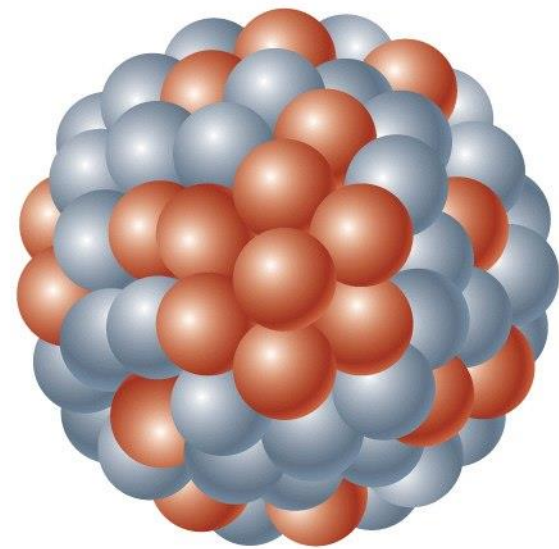
Strontium-87 nucleus

Neutrons

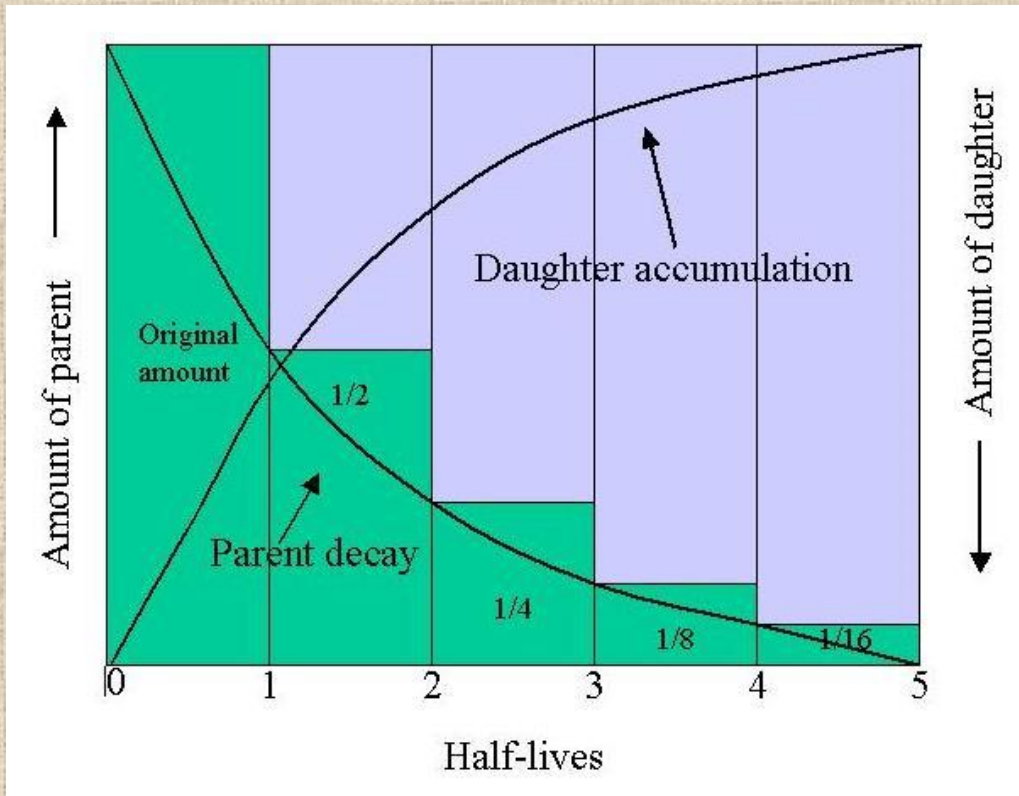
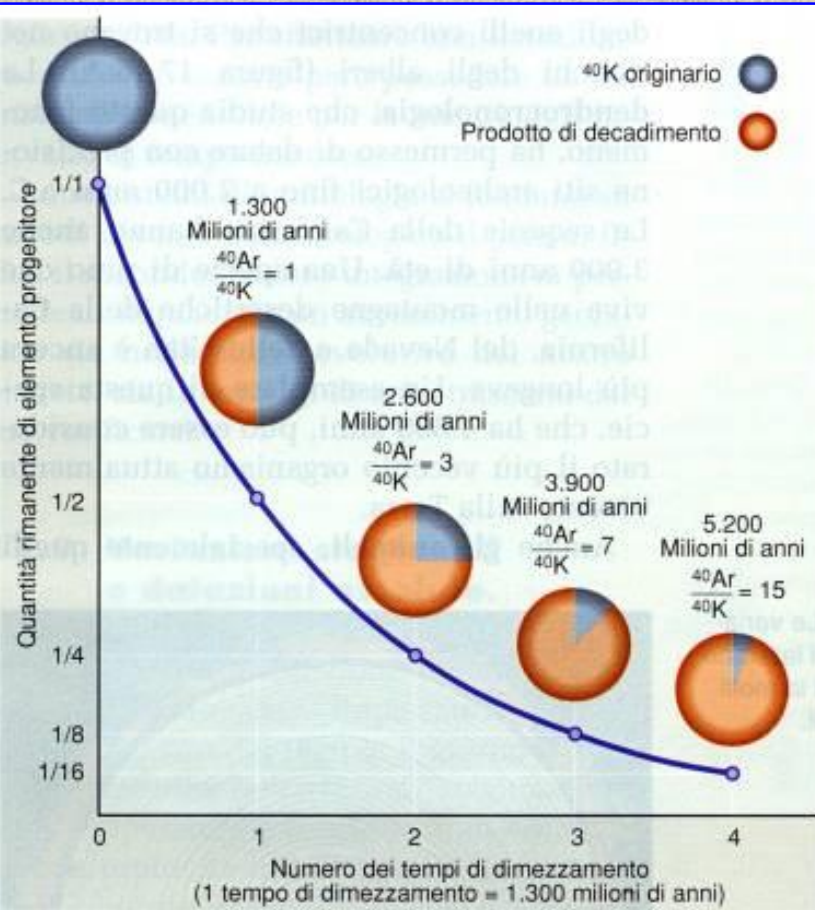
Protons



• Electron



Periodi di dimezzamento o di emivita



NB campo di applicazione (tempo di utilizzo): al massimo 8-10 periodi di dimezzamento poi ci sono pochissimi isotopi "padri" e non si possono misurare con precisione

La velocità della trasformazione (decadimento radioattivo) è costante per ogni emissione
Se conosco il tempo di emivita, se misuro le quantità dei due atomi, allora...

$$t = \frac{1}{\lambda} \ln \left(1 + \frac{D}{P} \right)$$

t : età radiometrica

λ : tempo di emivita

NOTO da bibliografia

D numero isotopi “figli”

P numero isotopi “padri”

*Da misurare in
ogni campione*

Table 10.1

Major Radioactive Elements Used in Radiometric Dating

Isotopes		Half-Life of Parent (years)	Effective Dating Range (years)	Minerals and Materials That Can Be Dated
Parent	Daughter			
Uranium-238	Lead-206	0.7 billion	10 million–4.6 billion	Zircon Apatite
Uranium-235	Lead-207	4.5 billion	10 million–4.6 billion	Zircon Apatite
Potassium-40	Argon-40	1.3 billion	50,000–4.6 billion	Muscovite Biotite Hornblende
Rubidium-87	Strontium-87	47 billion	10 million–4.6 billion	Muscovite Biotite Potassium feldspar
Carbon-14	Nitrogen-14	5730	100–70,000	Wood, charcoal, peat Bone and tissue Shell and other calcium carbonate Groundwater, ocean water, and glacier ice containing dissolved carbon dioxide

Età massima C-14
50.000-60.000
Spesso > 45.000

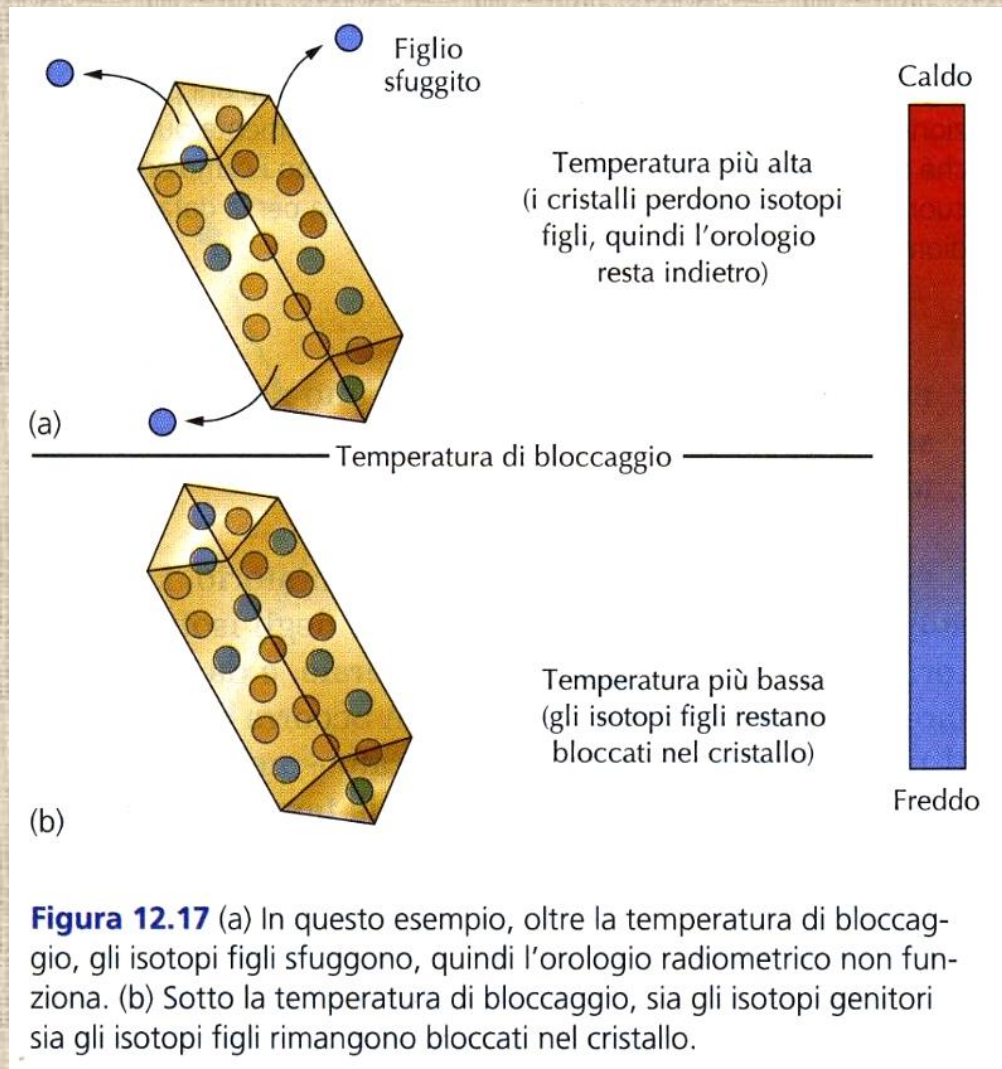
??

Altri esempi:

- $\text{Ar}^{39}/\text{Ar}^{40}$. tempo di emivita: 2.15 miliardi di anni
- Samario/neodimio $^{147}\text{Sm} \rightarrow ^{143}\text{Nd}$ in granati e miche
- Uranio/Thorio si datano 300.000 anni: coralli e speleotemi

- isotopi a diverso periodo di dimezzamento: servono a misurare diversi periodo di tempo: secoli, migliaia di anni, milioni di anni, miliardi
- Diverse matrici: ma prevalgono i minerali delle rocce magmatiche e metamorfiche, spesso minerali che contengono K e U
- importanza degli elementi vicarianti. Pb vicariante di Zr negli zirconi
- ^{14}C : frazione organica (gusci, ossa, sost. Org. Particolata) nei sedimenti. Periodi di dimezzamento velocissimo
- U/Th: carbonati: speleotemi e coralli

problema geologico:
Quando..parte l'orologio.
ovvero l'età radiometrica
da quando inizia ???
Quando la lava cristallizza
?
Si e NO



Temperatura di blocco: temperatura (inferiore a quella di cristallizzazione) che sigilla il cristallo e lo rende un sistema chiuso

NB datare un cristallo di Feldspato potassico
in un'arenaria non serve a nulla..

Perché ?

Il Radiocarbonio

IMPORTANTE il ^{14}C non serve a datare rocce,
serve a datare *depositi cementati, sedimenti sciolti*,
in cui ci siano RESTI Organici:

Ossa, frammenti di legno, materiali con Carbonio
Organico

Ma anche: opere d'arte (tela, legno della cornice),

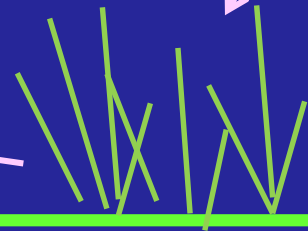
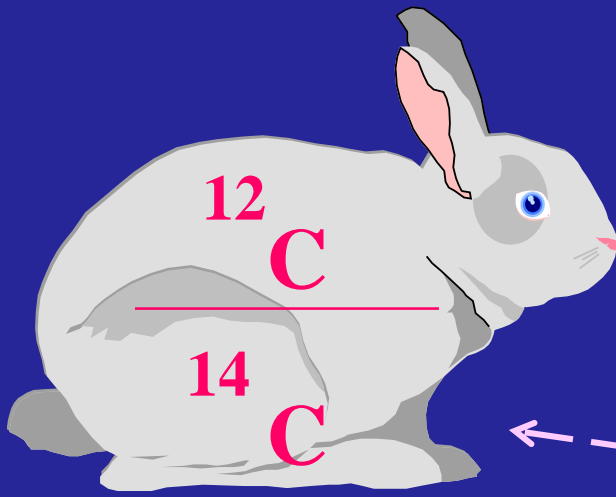
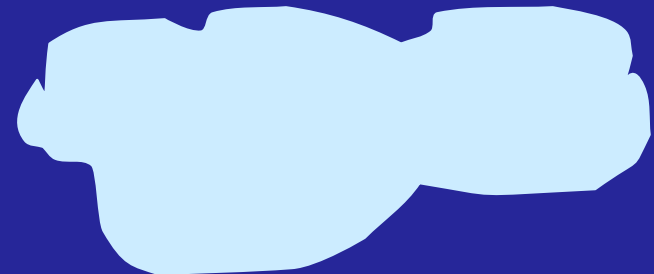
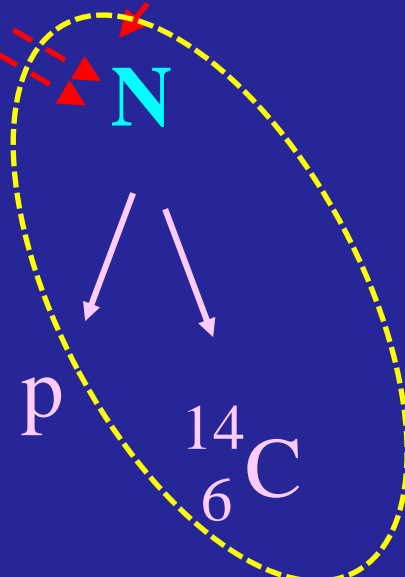
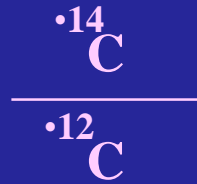
Archeologia

(resti di fuoco, palafitte, abiti in fibre vegetali)

CARBONIO 14

•Cosmic rays

N_2 & O_2
78% 21%



Quando inizia l'orologio geologico ?

Isotopi del Carbonio

^{12}C : stabile, 98.9 % del totale

^{13}C : stabile, 1.1 %

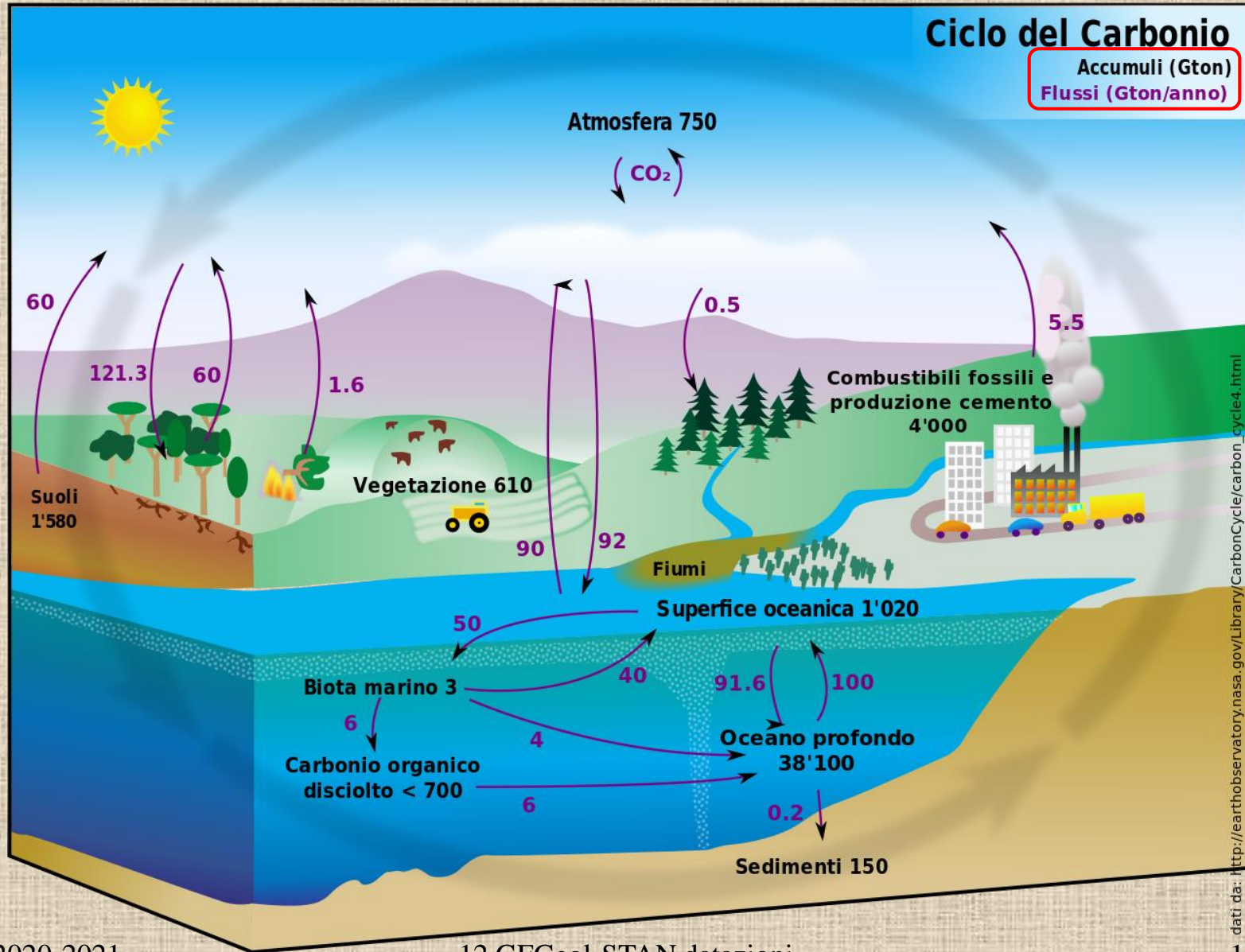
^{14}C : instabile (*radiocarbonio o carbonio radioattivo*), 1 su 10^{10} , (1 su 10 miliardi)

NB queste percentuali determinano un rapporto

$$^{14}\text{C}/^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$$

valido solo per l'atmosfera ..poi il Carbonio entra nel suo ciclo biogeochimico ..

Ciclo del carbonio



- Durante il ciclo del Carbonio avvengono dei processi fisici, chimici e biochimici che alterano il rapporto originario $C^{12}/C^{13}/C^{14}$
- Determinando il frazionamento isotopico ovvero un diverso rapporto tra i tre isotopi nei vari «reservoir» (comparti?): piante terrestri, acque oceaniche di fondo, animali marini, acque dolci, suoli..

Frazionamento isotopico

- Nei processi biologici (fotosintesi) vi è la tendenza a utilizzare gli isotopi leggeri (^{12}C) → Età più antiche
- Mentre invece l'acqua oceanica (e di conseguenza gli organismi marini), che deriva dalla condensazione del vapore acqueo, è arricchita negli isotopi pesanti (^{14}C) → età più recenti Questo effetto agisce al contrario dell'effetto reservoir (vedi prossima slide)
- Ovvero ogni compartimento (reservoir): atmosfera, mare, organismi marini, alghe, vegetazione terrestre, animali ha il suo rapporto fisso $^{14}\text{C}/^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$. Conoscere questo rapporto è fondamentale
- **SOLUZIONE.** Misurare il rapporto $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$, facile da misurare in quanto sono tutti e due isotopi stabili, poi ricavare ^{14}C

ASSUNTI e PROBLEMI

- Il rapporto C^{12}/C^{14} è rimasto costante nel tempo e nei vari settori (reservoir) del ciclo del Carbonio
- Il mescolamento del ^{14}C è completo e rapido tra i vari reservoir (frazionamento in equilibrio)
- Il rapporto C^{12}/C^{14} non si è modificato, né prima né dopo la morte dell'organismo, per motivi biologici
- **I livelli naturali attuali di C^{12}/C^{14} sono noti ad un livello ragionevole di accuratezza e precisione**
- **Il tempo di emivita è ben noto...**

Le ultime due frasi sono vere, le prime tre non sono del tutto vere e la loro incertezza genera una serie di errori

Correzione degli effetti dei frazionamenti isotopici sulle varie matrici

campione

$$\delta^{13}\text{C} = \left[\frac{(^{13}\text{C} / ^{12}\text{C})}{(^{13}\text{C} / ^{12}\text{C})_{\text{PDB}}} - 1 \right] \times 1000$$

Table 2.1 Approximate $\delta^{13}\text{C}$ values for various materials. The ranges on these data are typically ± 2 or 3‰ , but greater variability is possible. Each per mil deviation from -25‰ represents ca. 16 years (from Bowman, 1990, with minor modifications by the author)

Material	$\delta^{13}\text{C}$ value (‰)
Wood, peat and many C_3 plants	-26
Bone collagen*	-19
Freshwater plants (very variable)	-16
Arid zone plants (C_4 plants)	-13
Marine plants	-15
Atmospheric CO_2	-8
Marine carbonates	-0

* For direct or indirect C_3 consumers.

- Molluschi marini: da -1 a +4; molluschi di acqua dolce: da -8 a -12
- il rapporto $^{14}\text{C}/^{12}\text{C}$ è arricchito il doppio del rapporto $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$
- Ogni spostamento rispetto al rapporto -25 per mille significa una correzione di data
- Si calcolano le variazioni del singolo campione rispetto ad uno standard

Standard di riferimento:

- Lo standard di riferimento è la composizione isotopica della *Belemnitella americana* del Cretaceo superiore della PeeDee Formation, South Carolina), PDB o la VPDB (corrispettivo artificiale creato all'AIEA di Vienna).
- Altro standard: N.B.S. Oxalic Acid. ($C_2H_2O_4$) la cui attività è pari al 95 % del primo standard assoluto “1890 wood”



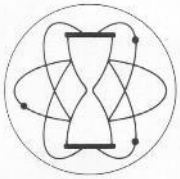
2020-2021



12 GFGeol-STAN datazioni

22

- Per ogni «reservoir» si calcola il $\delta^{13}\text{C}$ medio.
- Per ogni campione di verifica che abbia lo stesso $\delta^{13}\text{C}$ del suo «reservoir»
- Se c'è differenza bisogna correggere le datazioni



GEOCHRON LABORATORIES

a division of Krueger Enterprises, Inc.

711 CONCORD AVENUE ♦ CAMBRIDGE, MASSACHUSETTS 02138-1002 ♦ U. S. A
TELEPHONE: (617)876-3691 TELEFAX: (617)661-0148 E-MAIL: staff@geochronlabs.com

RADIOCARBON AGE DETERMINATION

REPORT OF ANALYTICAL WORK

Our Sample No.	GX-24300-AMS	Date Received:	07/03/98
Your Reference:	sample for Furio Finocchiaro	Date Reported:	08/28/98
Submitted by:	Dr. Furio Finocchiaro Departamento di Scienze Geologiche Ambientali e Marine Universita Degli Studi di Trieste via E. Weiss, 2 34127 Trieste, Italia		

Sample Name: **ANTA 96-08 (35-37)**

AGE = **17,330 ± 120 ¹⁴C years BP (¹³C corrected).**

Description: Sample of total organic matter.

Pretreatment: The entire sample was dispersed in a large volume of water and the clays and organic matter were eluted away from any sand and silt by sedimentation and decantation. The clay/organic fraction was then treated with hot dilute HCl to remove any carbonates. It was then filtered, washed, dried, and roasted in oxygen to recover carbon dioxide from the organic matter for the analysis.

The sample was very small and analysis by accelerator mass spectrometry (AMS) was required.

Comments:

$\delta^{13}\text{C}_{\text{PDB}} = -27.2 \text{ ‰}$

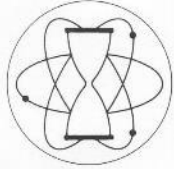
Notes: This date is based upon the Libby half life (5570 years) for ¹⁴C. The error stated is ± 1σ as judged by the analytical data alone. Our modern standard is 95% of the activity of N.B.S. Oxalic Acid.

The age is referenced to the year A.D. 1950.

SPECIALISTS IN GEOCHRONOLOGY & ISOTOPE GEOLOGY

Un esempio

- Vi sono una serie di errori
- **Correzione $\delta^{13}\text{C}_{\text{PDB}}$ legata al frazionamento isotopico** che porta ad un arricchimento in ¹²C
- Matrici che hanno subito un forte arricchimento in ¹²C saranno...più povere in ¹⁴C, a parità di tempo.
- Per questo motivo viene misurato il rapporto ¹²C/¹³C nel campione, confrontato con quello dello standard e normalizzato ad un valore normale per quella matrice. Questa correzione viene applicata direttamente in laboratorio e l'età radiometrica indicata ne tiene conto



GEOCHRON LABORATORIES

a division of Krueger Enterprises, Inc.

711 CONCORD AVENUE + CAMBRIDGE, MASSACHUSETTS 02138-1002 + U. S. A.
TELEPHONE: (617)876-3691 TELEFAX: (617)661-0148 E-MAIL: staff@geochronlabs.com

RADIOCARBON AGE DETERMINATION

REPORT OF ANALYTICAL WORK

Our Sample No. **GX-24300-AMS** Date Received: 07/03/98
Your Reference: sample for Furio Finocchiaro Date Reported: 08/28/98
Submitted by: Dr. Furio Finocchiaro
Departimento di Scienze Geologiche Ambientali e Marine
Universita Degli Studi di Trieste
via E. Weiss, 2
34127 Trieste, Italia

Sample Name: **ANTA 96-08 (35-37)**
AGE = **17,330 ± 120 ¹⁴C years BP (¹³C corrected).**

Description: Sample of total organic matter.

Pretreatment: The entire sample was dispersed in a large volume of water and the clays and organic matter were eluted away from any sand and silt by sedimentation and decantation. The clay/organic fraction was then treated with hot dilute HCl to remove any carbonates. It was then filtered, washed, dried, and roasted in oxygen to recover carbon dioxide from the organic matter for the analysis.

The sample was very small and analysis by accelerator mass spectrometry (AMS) was required.

Comments:

$\delta^{13}\text{C}_{\text{PDB}}$ = **-27.2 ‰**

Notes: This date is based upon the Libby half life (5570 years) for ¹⁴C. The error stated is ± 1σ as judged by the analytical data alone. Our modern standard is 95% of the activity of N.B.S. Oxalic Acid.

The age is referenced to the year A.D. 1950.

SPECIALISTS IN GEOCHRONOLOGY & ISOTOPE GEOLOGY

Errori di laboratorio

L'età radiometrica è accompagnata dalla deviazione standard:

17,330 ± 120 anni

Significa che c'è il 68 % di probabilità che il valore vero della datazione entri nell'intervallo 17,210 – 17,450

Rimane il 22 % di possibilità di datazioni più giovani o più vecchie...fuori dal range media +/- dev. st.

Alcuni esperimenti (pochi) di ripetere il campionamento della carota sullo stesso livello: l'errore di campionamento + l'errore di laboratorio sembrano essere il doppio...

Come se in realtà: 17,330 ± 240

Contaminazione: problemi di campionamento e gestione del campione

- Voglio datare il carbonio delle diatomee di un lago. Ma nel bacino idrologico del lago c'è del carbone (Carbonio vecchio, pochissimi atomi ^{14}C .) Si introduce un errore, poco grave..il campione vecchio ha poca attività ^{14}C e farà diventare un poco più «vecchio» il mio campione
- Prendo il campione con le mani e mi cade dentro una goccia di sudore...Grave..aumenta di molto il contenuto di ^{14}C del campione e la sua età diventa molto recente

Metodi di misura

- Beta counting: gas proportional counting
- liquid scintillation counting
- AMS: acceleratore tandem

• **Il conteggio beta** è/era più preciso, più lento (giorni /settimane), conta il numero delle emissioni. Servono 1-2 grammi di carbonio organico, costa meno

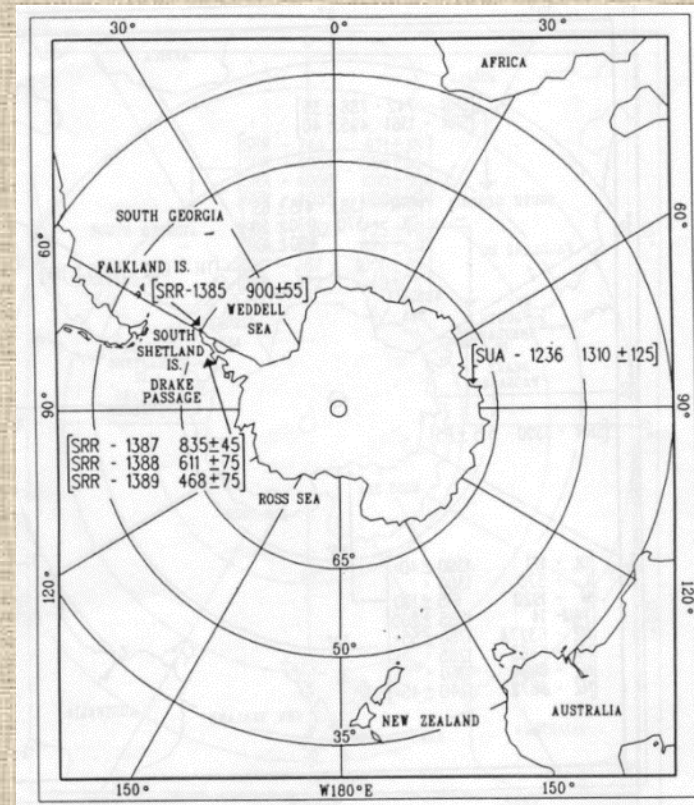
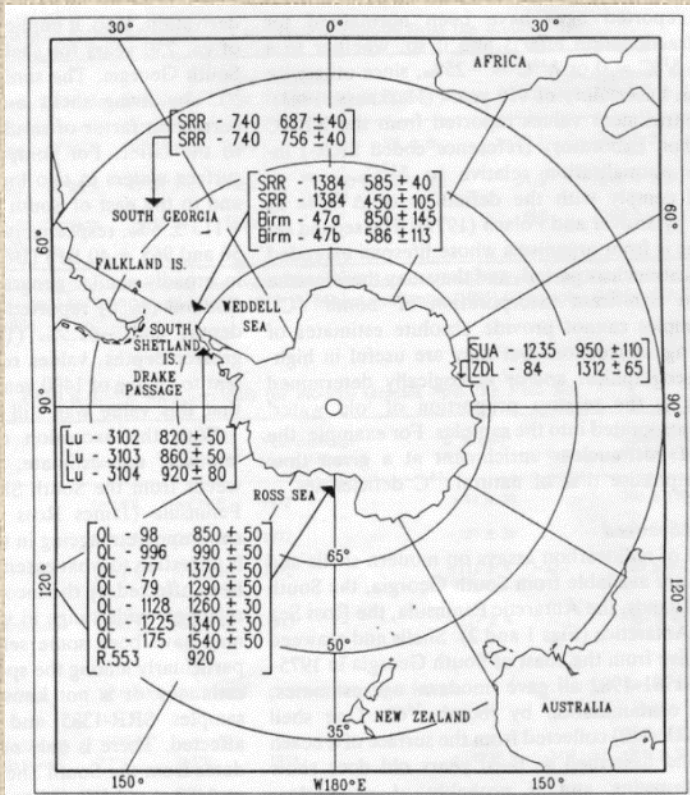
• **AMS** (Accelerator Mass Spectrometry): era molto meno preciso, è veloce (teoricamente ore), basta 1 mg di C_{org} (pochi mg di sedimento, 300 foraminiferi, pochi semi, un frammento di foglia), costa il doppio (500 \$). Ci sono pochissimi Laboratori in grado di fare l'analisi. Uno solo in Italia. Misura la deviazione degli isotopi sottoposti ad un campo magnetico

Ulteriori problemi del ^{14}C

Variazioni a breve termine del ^{14}C atmosferico:

- a partire dall'Era industriale la combustione di combustibili fossili (carbone !!) immette carbonio vecchio nell'atmosfera (effetto Suess); a partire dagli anni '50 le esplosioni nucleari immettono «carbonio troppo giovane» in atmosfera. O meglio vengono immessi molti radioisotopi artificiali **NON SI DATANO CAMPIONI TROPPO RECENTI**
- Effetto reservoir: le acque oceaniche, soprattutto quelle profonde ci mettono tempo per equilibrarsi con il ^{14}C atmosferico (frazionamento isotopico): gli organismi marini attuali appaiono più vecchi

Effetto "reservoir"



Età apparente di conchiglie attuali

Età apparente di alghe

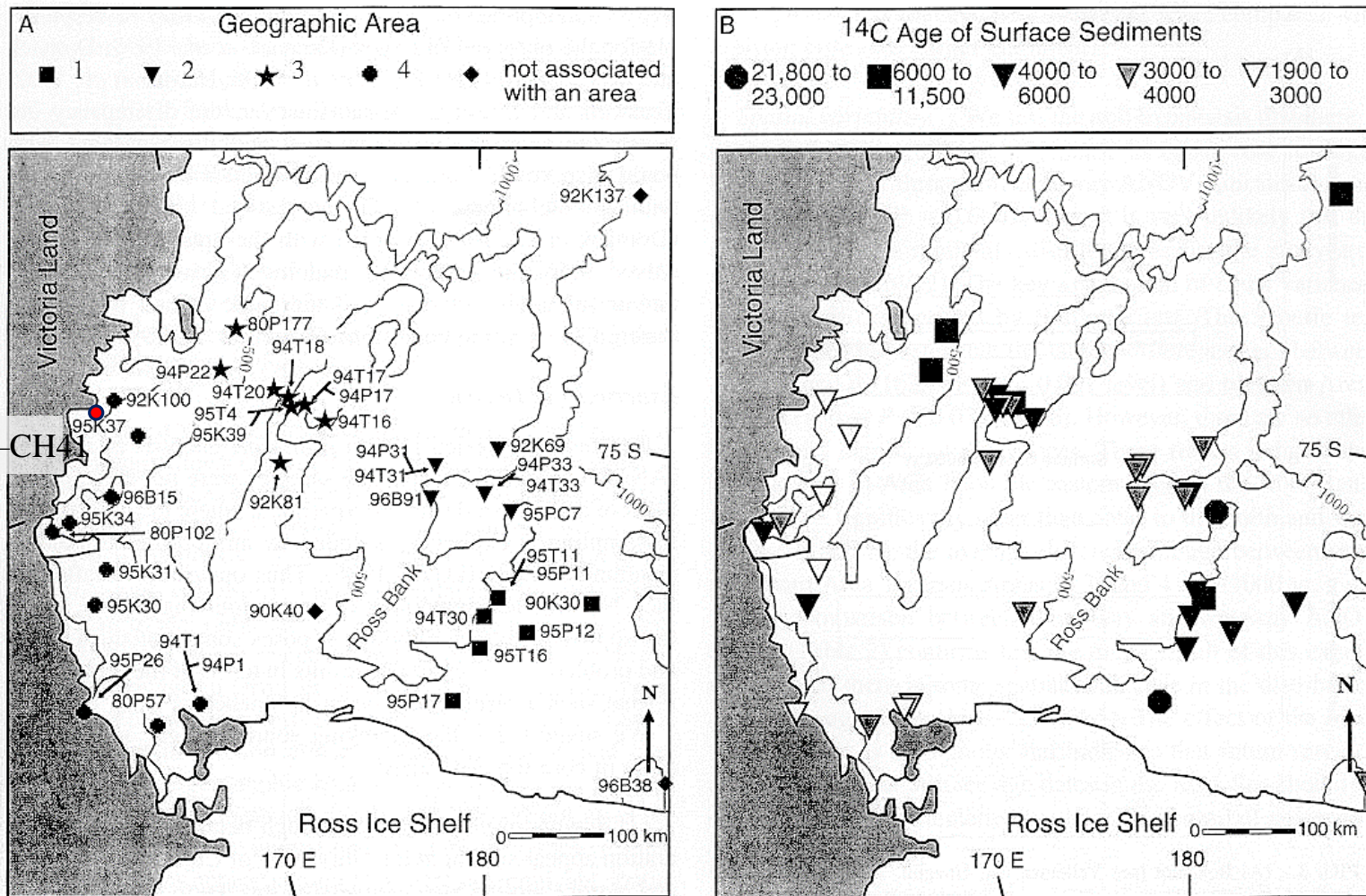
Tempo di residenza delle acque marine..che ci mettono anni, secoli per arrivare al fondo: il 14C si consuma, l'età degli organismi invecchia.

Viene solo parzialmente attenuato dal frazionamento (vedi slide 17)

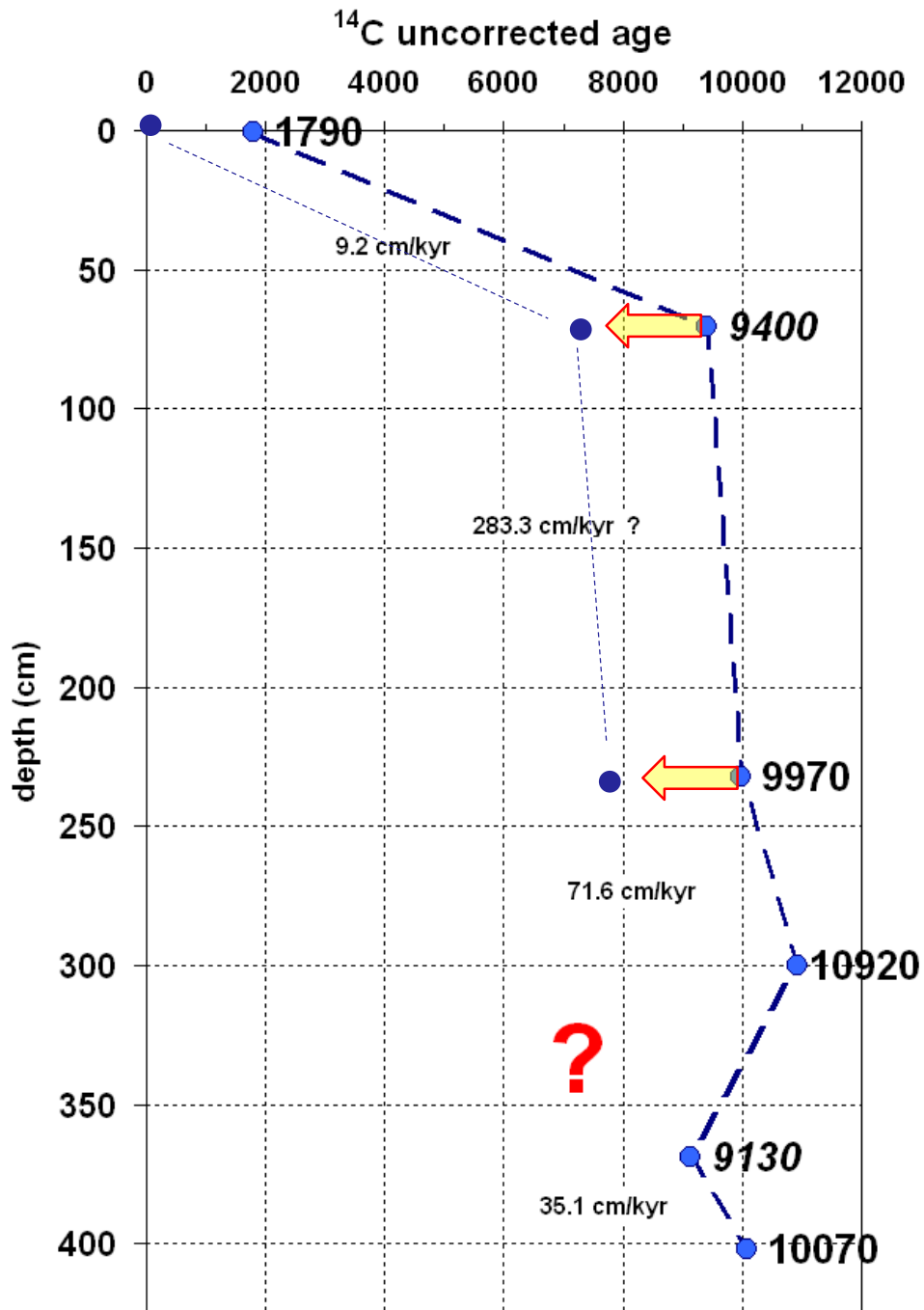
Anche dati su campioni di pinguini, balene, pesci, krill.

Max 1400 anni Mare di Ross, min 1000-750 South Georgia

Età radiometrica del top delle carote. C org. Nei sedimenti marini superficiali



Carota ANTA02-CH41



Tolgo l'età del sedimento superficiale a tutte le altre datazioni

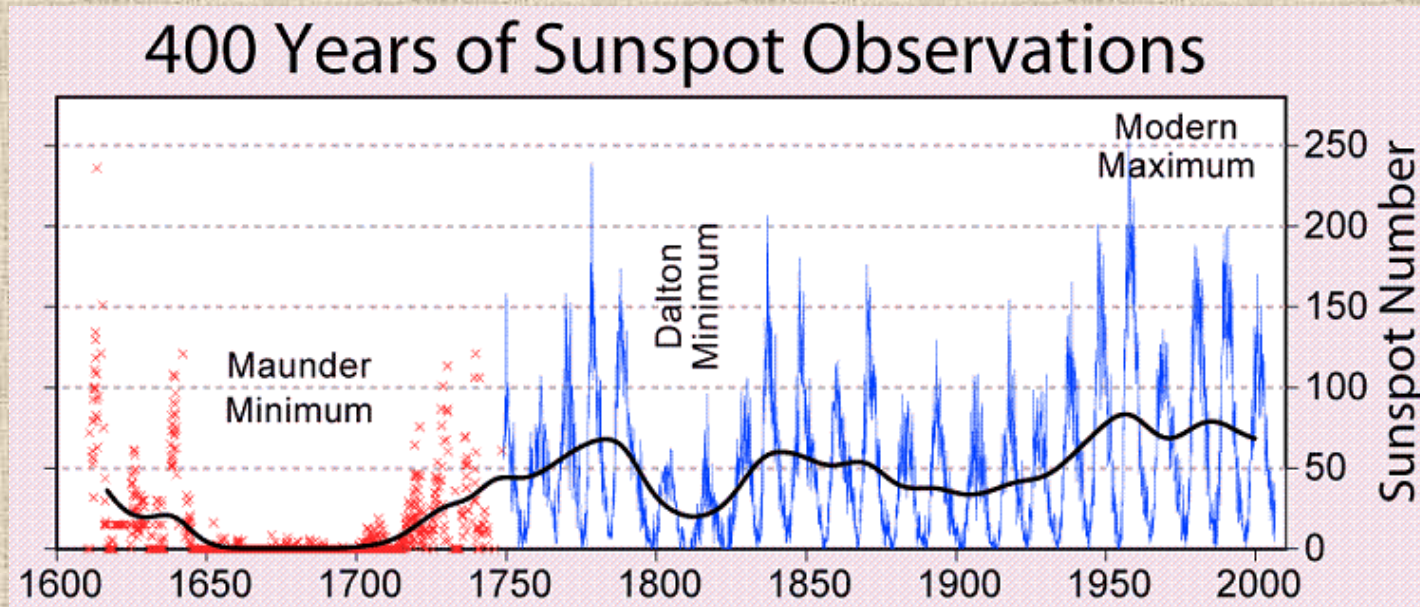
0-1 cm: $1790-1790=0$

70-71 cm: $9400-1790=7610$

Dati **corretti** non calibrati

minimo di Maunder

Una **macchia solare** è una regione della superficie del Sole (la fotosfera) che è distinta dall'ambiente circostante per una temperatura minore ed una forte attività magnetica.



Cambiamenti nel tempo dell'attività solare, del campo magnetico solare che influenza la formazione del ^{14}C in alta atmosfera

Problema irrisolvibile

- Il tasso di formazione del ^{14}C in alta atmosfera NON è stato stabile nel tempo
- Il tasso dipende dall'attività del sole e dall'intensità del campo magnetico
- Questo errore non può essere corretto e i dati devono essere «calibrati» attraverso il confronto con altri metodi di datazione

Calibrazione: da età radiometrica a età calendario

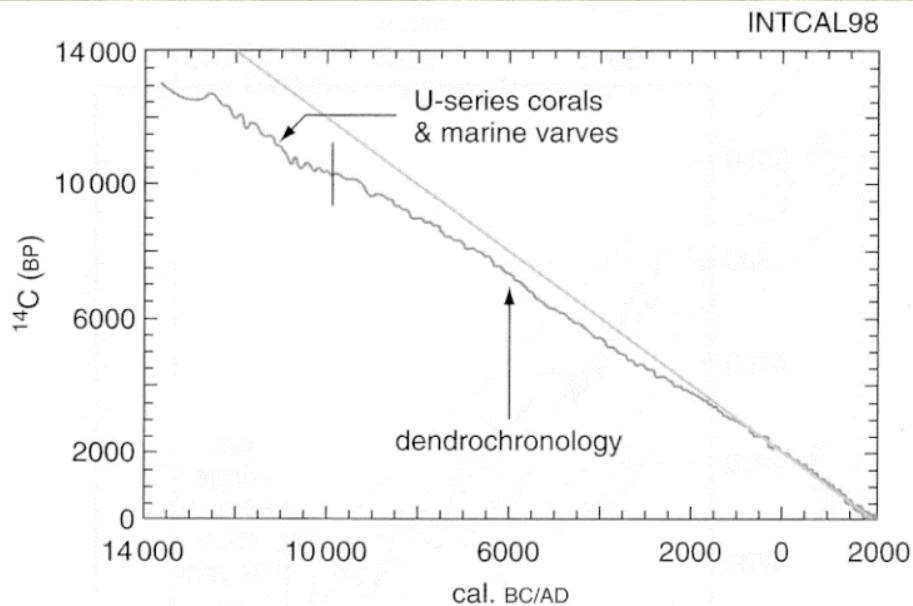
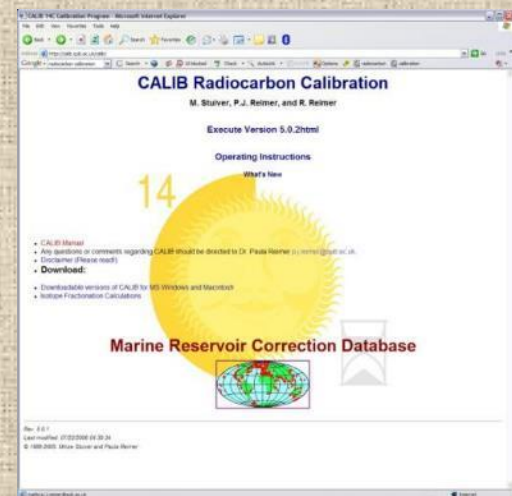


Figure 2.6 The INTCAL calibration curve back to ca. 15 600 cal. BP. The right-hand section of the curve is based on a comparison between dendrochronological and radiocarbon ages on wood samples, while the left-hand part is based on paired radiocarbon and U-series dates on corals, and radiocarbon-dated marine varves (after van der Plicht, 2002). Reproduced by permission of Stichting Netherlands Journal of Geosciences

Si datano con il ^{14}C campioni di legno..datati anche con la dendrocronologia e/o livelli di coralli datati con U/Th, e sedimenti marini laminati (Cariaco Basin, Venezuela, anossico)

Ovviamente non si usa un grafico ma un software...

Dati corretti
BP: before present
(1950)
Dati calibrati:
AD anno domini



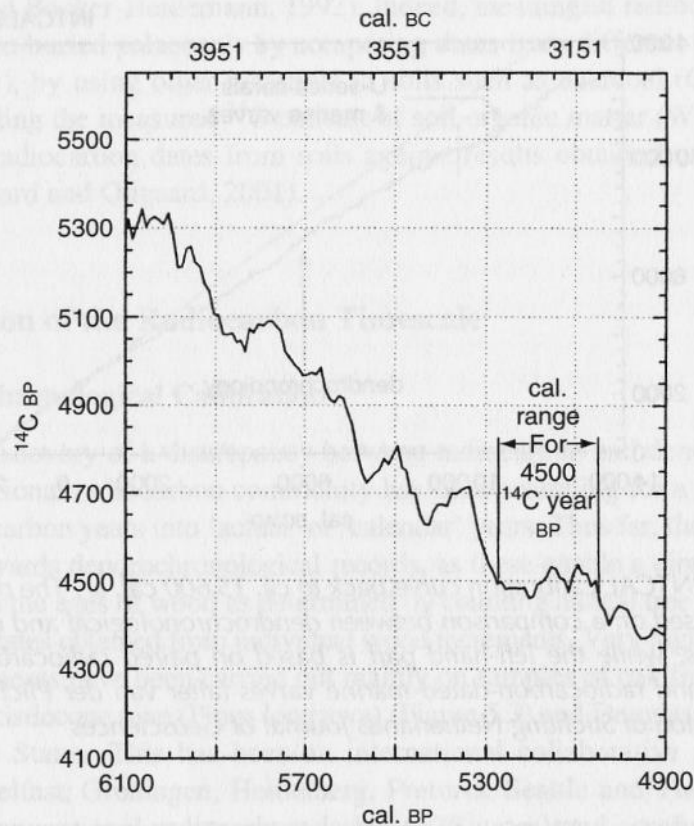


Figure 2.7 Part of the INTCAL98 calibration curve for the Mid-Holocene. Note that a ^{14}C age of 4500 years BP corresponds to a calibrated age range of 5050–5275 years (Stuiver et al., 1998, Figure A14). Reprinted by permission of Radiocarbon

INTCAL 98: curva di calibrazione completa viene estesa fino a 24.000:
 primi anni dendrocronologia, poi poche datazioni U/Th su coralli
 Va usata in termini statistici: $\pm 1 \sigma$, ma vedi grafico

La datazione dei depositi attuali: i tassi di sedimentazione.

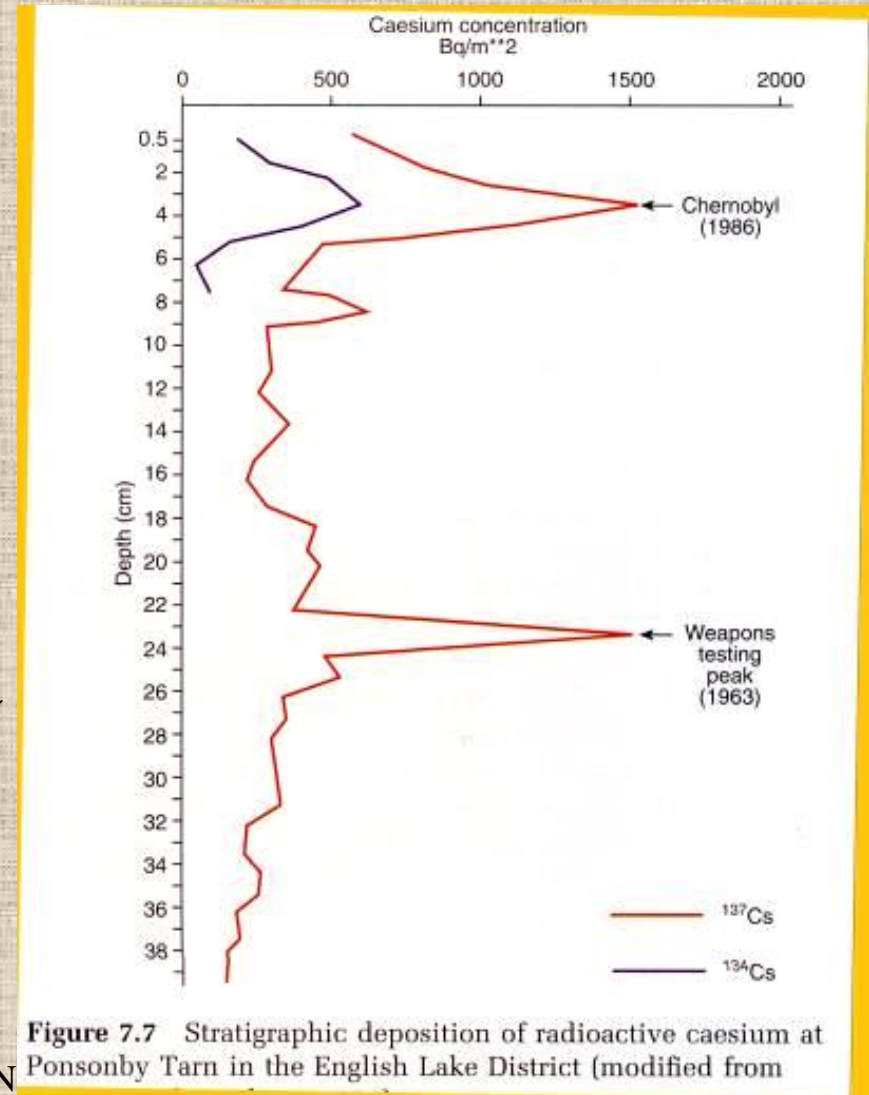
Piombo 210 : emivita di 22 anni

Cesio 137 : (emivita: 30 anni)
radionuclide artificiale,
immesso nell'atmosfera
dagli esperimenti nucleari

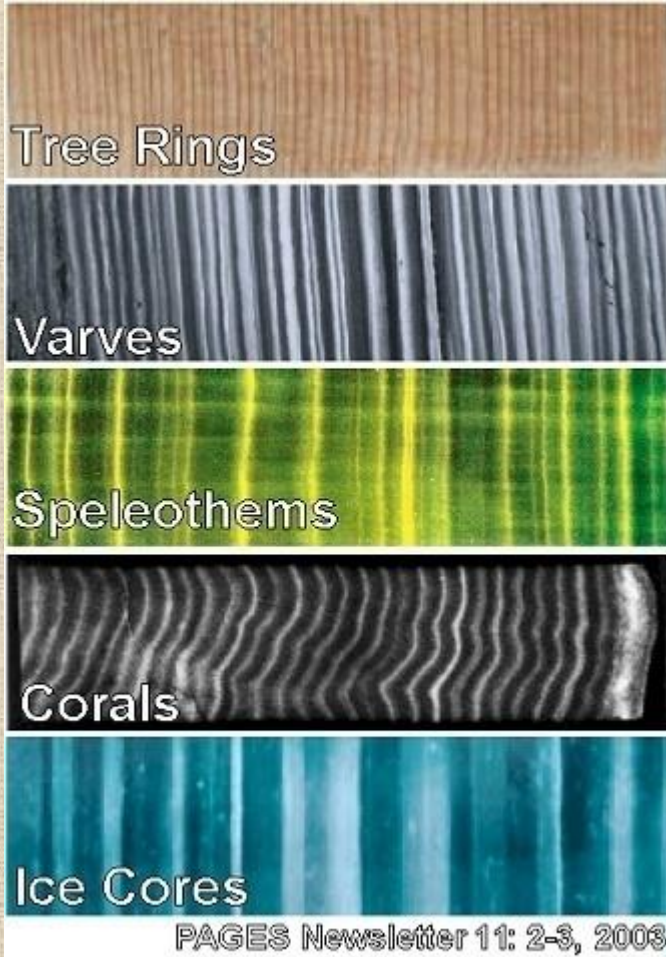
Se la carota è stata prelevata
nel 2000..

$$24:37 = x:1000$$

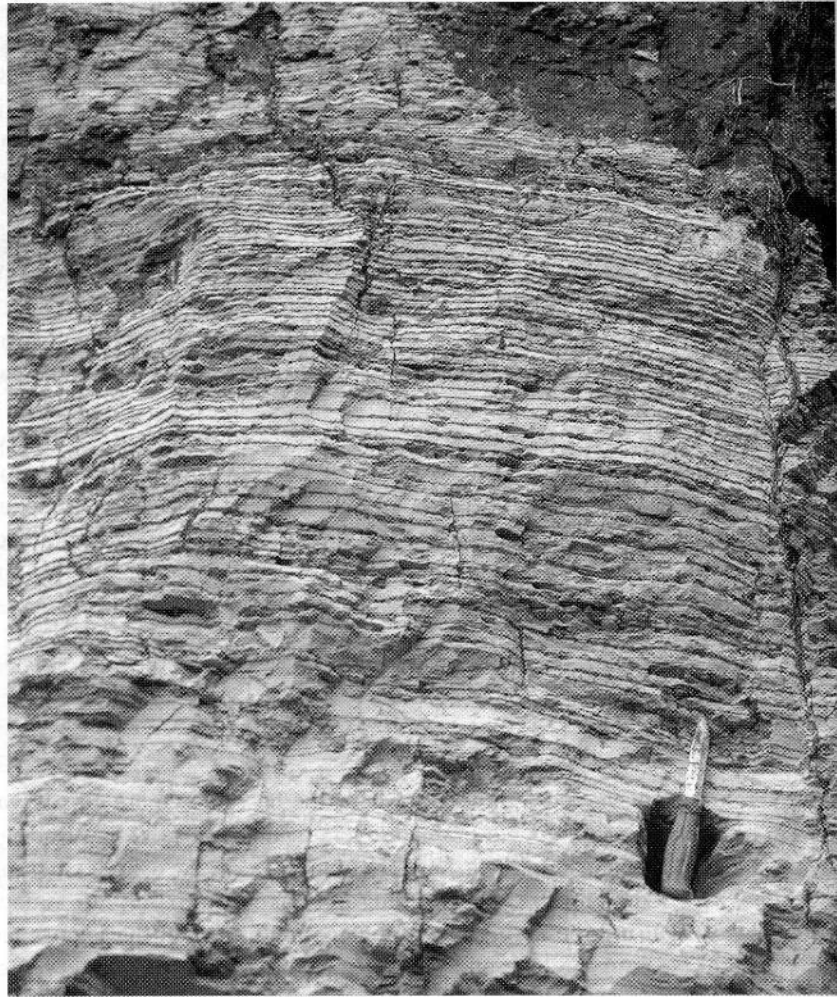
650 cm/kyr tanto !!



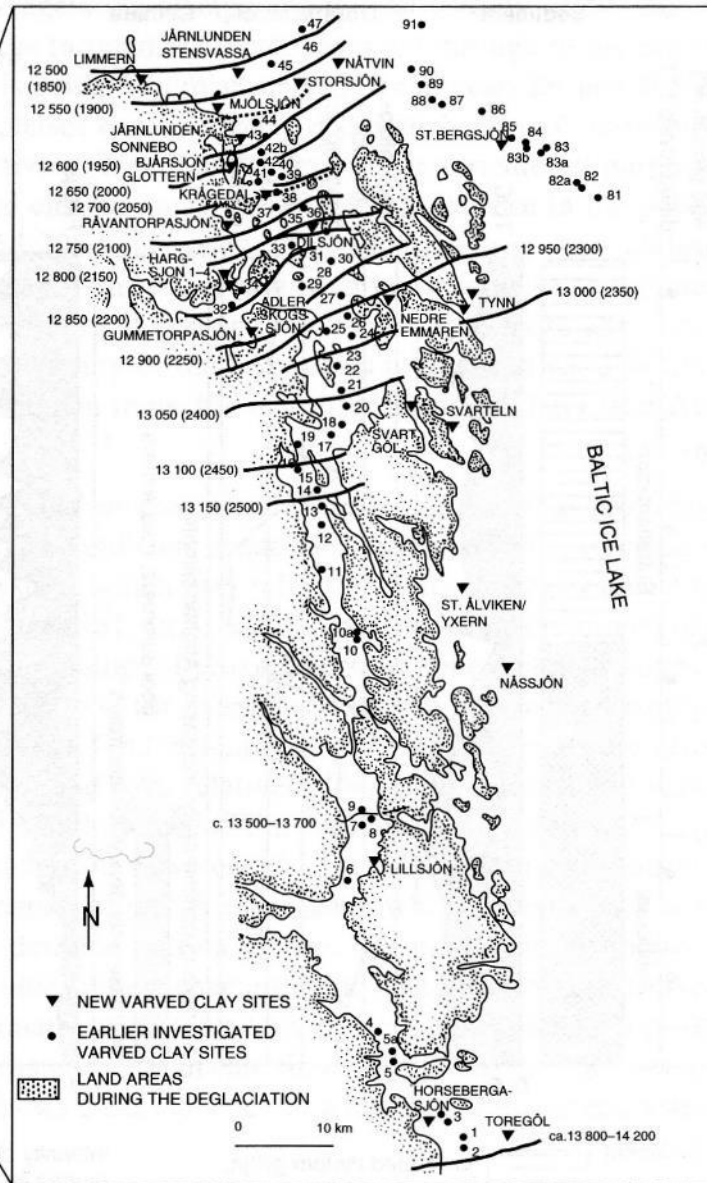
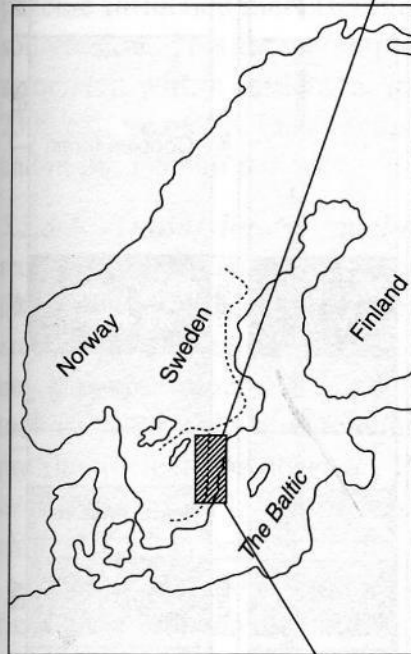
Datazione attraverso la misura di processi di accrescimento annuale



Varve (rarissimo)



- Quasi sempre sedimenti glacio-lacustri
- Due lamine rappresentano un anno di sedimentazione
- V. clastiche: una lamina grossolana e una fine: grossolana sedimentazione primaverile ed estiva; fine sedimentazione invernale
- v. organo-clastiche : lamina grossolana detritica in primavera, lamina fine organica (diatomee) in estate



Datato il ritiro
dei ghiacci dalla
Scandinavi

Dendrocronologia

Pinus longaeva:

California e Nevada, vive
4500 anni, cronologia fino
a 8000 anni



NB: non solo il numero degli anelli, ma spessori e densità. Importanti informazioni sul clima.

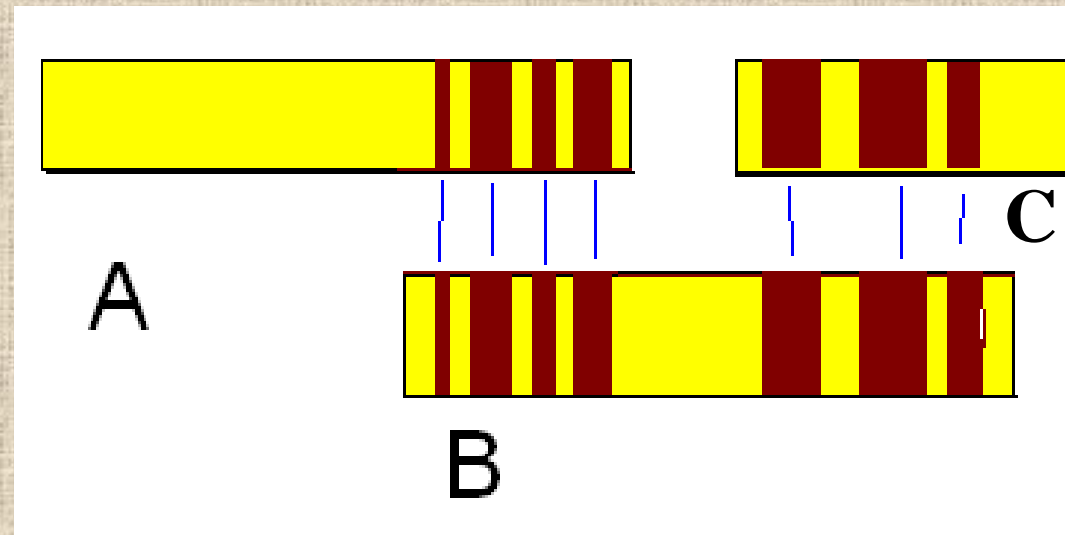
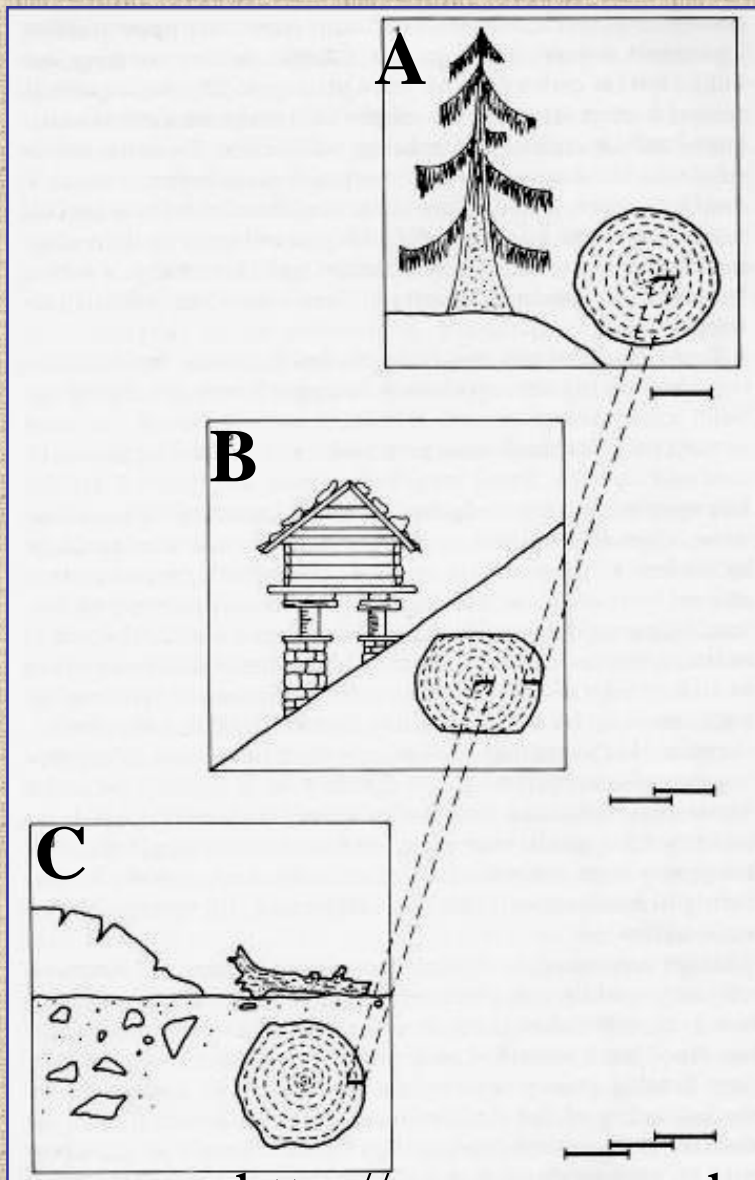


Anche *Sequoia sempervirens* > 2000 anni





Sardegna, Luras: olivastri di 3.000 – 4.000 anni



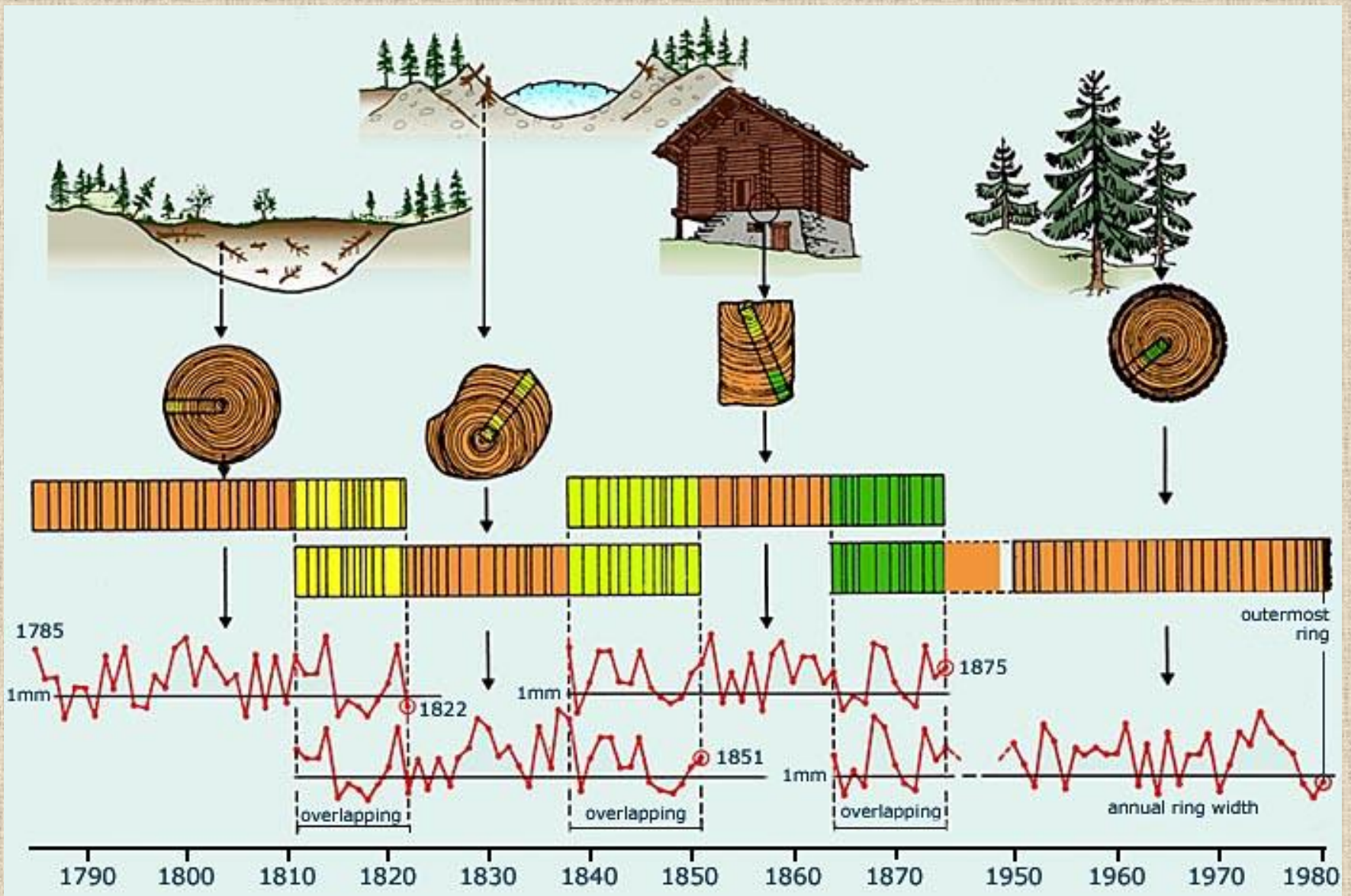
Master chronology

NB: non solo il numero degli anelli,
ma spessori e densità.

Importanti informazioni sul clima.

E anche CALIBRAZIONE ^{14}C
datando tutti i livelli !

• <http://www.geo.uzh.ch/microsite/alpecole/static/course/lessons/28/28c.htm>



Riconoscere due gruppi di anelli in due tronchi distinti

Molto importanti per le variazioni ambientali

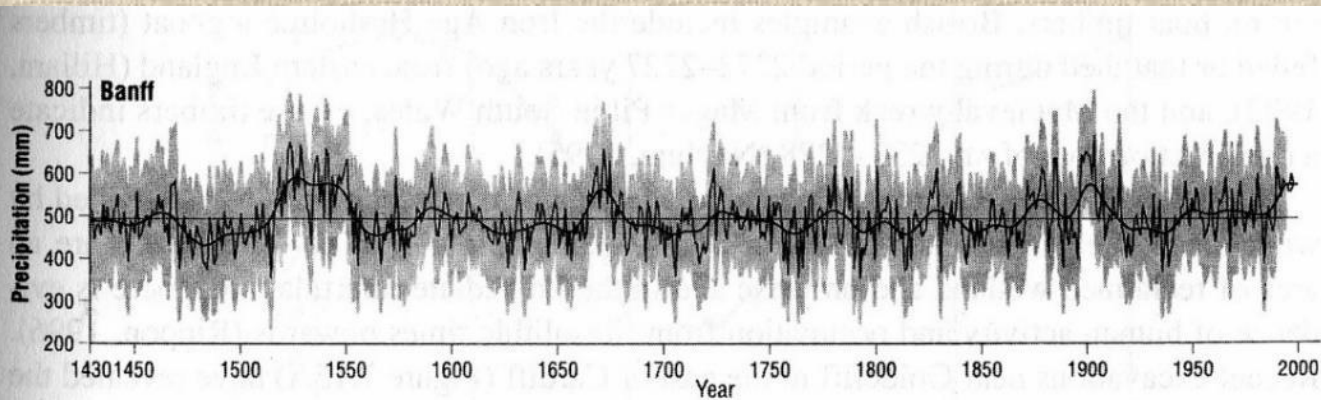


Figure 5.6 Precipitation reconstruction for Banff, Alberta, Canada, for the period 1430–1994 based on dendroclimatological data. The mean precipitation for the period is indicated by the horizontal line, while a 25-year filter (smooth continuous line) reflects the long-term precipitation trend. A 2 standard error (2σ) confidence interval (shaded area) on the annual precipitation reconstructions is also shown (after Watson and Luckman, 2001). Reproduced by permission of Arnold Publishers

- In certe stagioni particolarmente rigide non viene prodotto un vero e proprio anello oppure se la primavera è interrotta da una grossa gelata si formano due anelli..
- Ma di regola gli anelli degli alberi sono segnali ambientali utili alla ricostruzione del clima: PRECIPITAZIONI