

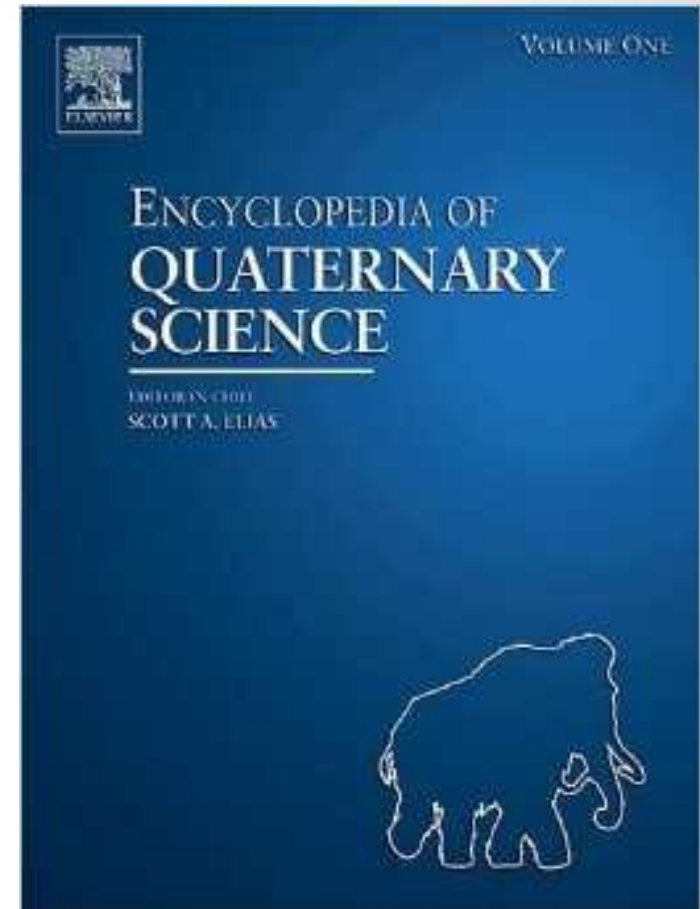
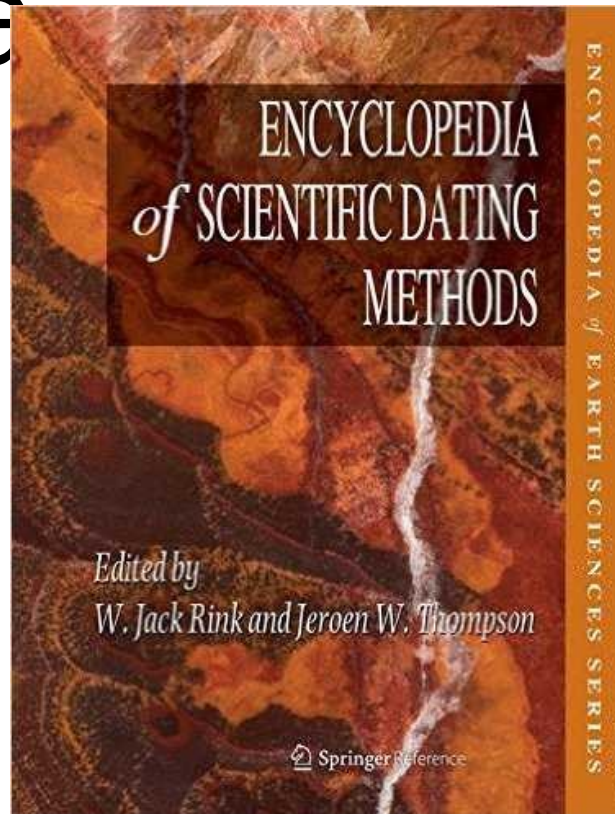
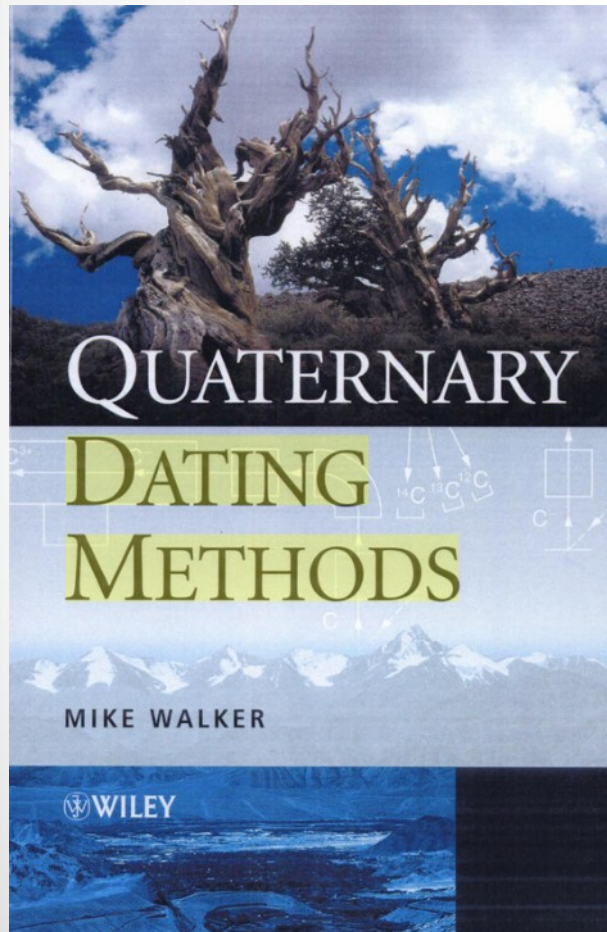
Holocén: Datovací metody



Osnova přednášky

- Proč datujeme
- Relativní a absolutní datování
- Metody relativního datování v holocénu
- Metody absolutního datování v holocénu
 - Přírustokové metody
 - Radiometrické metody
 - Luminiscenční metody
- Odběr vzorků v terénu

Literatura



+ časopisy: např. Quaternary Science Reviews

Proč datujeme?

Potřebujeme časově zařadit jevy, ke kterým došlo v minulosti:

Například změny klimatu, pohyb ledovců či mořské hladiny, vývoj vegetace a lidského osídlení



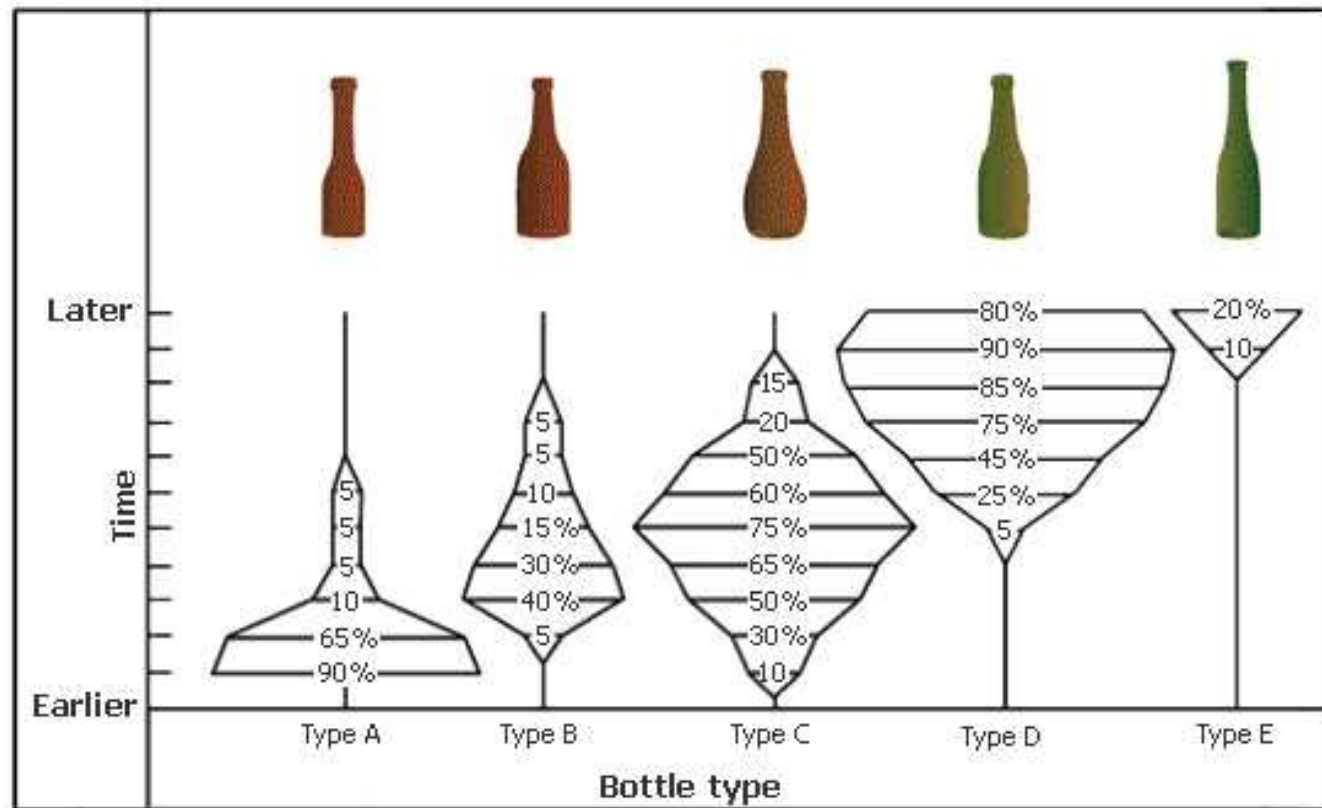
Relativní datování

Rovnost stáří stratigr. význ. horizontů - Někdy - i globálně synchronní horizonty – lze korelovat stejný horizont, i značně vzdálený (tj. nepřímá korelace).

Biostratigrafie

Paleomagnetismus

Relativní chronologie



Absolutní datování

Radiometrické metody



radioakt. rozpad nestabilních chem. prvků ale i např. porušení krystalové mřížky působením radiace

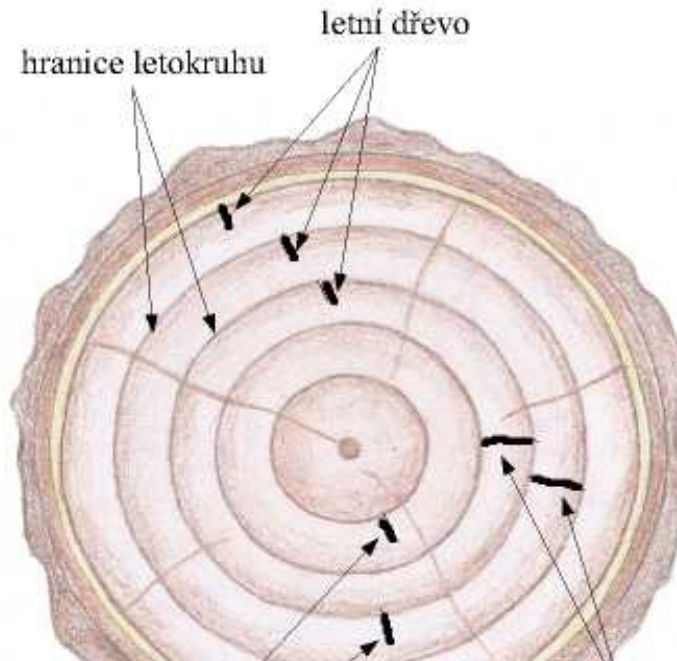
**Přírůstkové
(inkrementační) metody**



měření pravidelných akumulací sedimentu nebo biologického materiálu v průběhu času

Dendrochronologie

Letokruhy - jasná linie mezi následnými ročními přírůstky dřeva, lze zjistit stáří stromu.

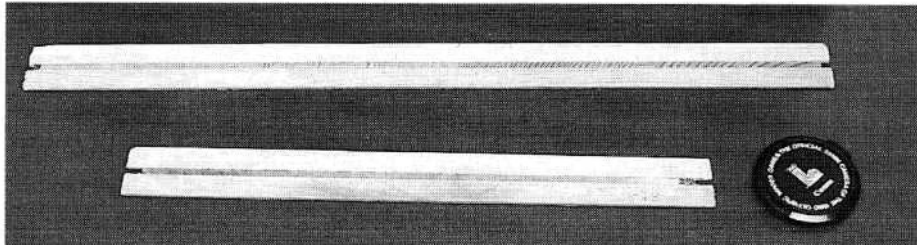


Klima - **stres** = retardovaný růst → užší letokruhy; dobré podmínky = rychlejší růst → letokruhy silnější.

Dendroklimatologie = studium variability klimatu v průběhu krátkého období.

Dendrochronologická procedura

Měření - studium prstenců v několika radiálních směrech. Žijící stromy - cylindrické vzorky (kovové vrtáčky). Laboratoř - sušení, leštění, fixace, příp. nařezání vlhkých vzorků. Počítání a měření - vizuálně (binokulární mikroskop)



RTG denzitometrie – rentgenování řezů + prosvětlení negativů → hustota dřeva → indikace klimatické variace (dokonalejší než šířka letokruhů).

Křížové datování - pro menší geografickou oblast - klimatické oscilace charakter šířky letokruhů. Výrazné letokruhy nebo skupiny letokruhů = základ pro křížení se staršími stromy

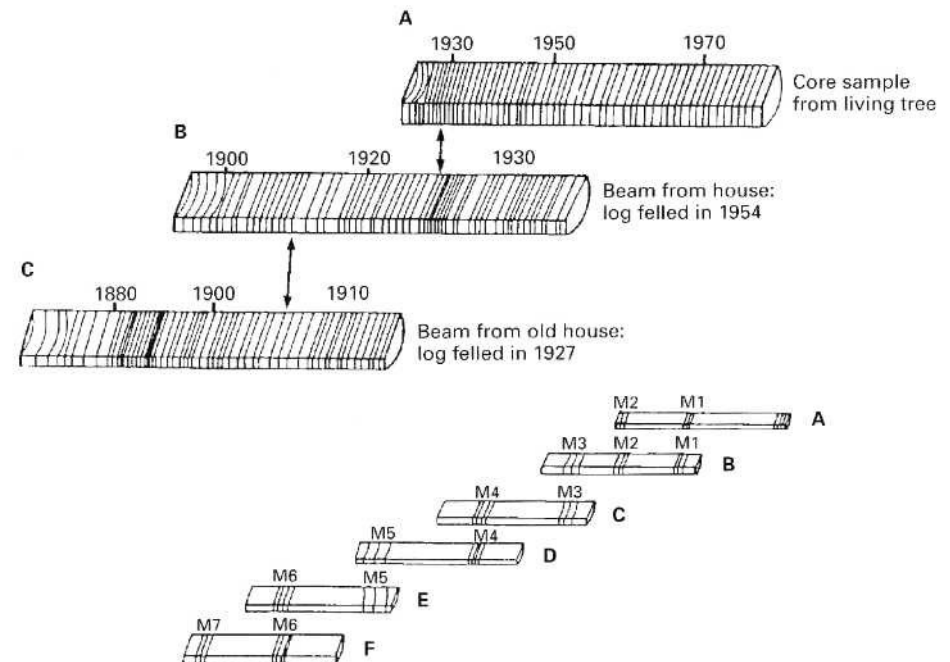


Figure 5.11 Core matching of tree-rings (crossdating). M = marker groups of tree-rings. For explanation see text.

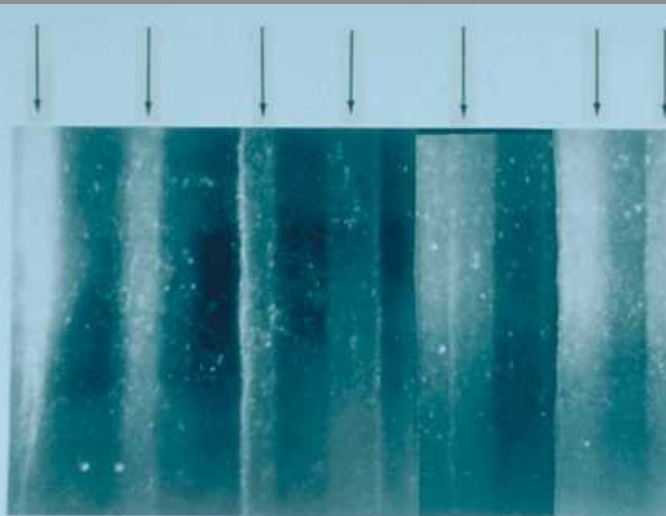
Dendrochronologie

Střední a západní Evropa – absence dlouhověkých stromů, jako je *Pinus longaeva*, křížové datování - pouze na základě recentních a subfosilních stromů (jejich stáří 100-200 let). Nejužívanější druhy – duby (*Quercus robur*, *Quercus petraea*) a borovice (*Pinus sylvestris*). Dendrologické záznamy – **močály**, vyzvednuté **rašelinné kupy**, **říční štěrky**. Nejdelší chronologie – na základě dubu (Irsko) – 7172 let BP, v Německu – 6255 BC / 8205 BP; 8021 BC / 9971 BP



Roční přírůstky ledovcového ledu

polární oblasti - ledovcové štíty - vrchní části - dobře patrné roční **přírůstky ledu** - možnost počítání + chronologie pro celý rozsah vrtu; zjišťování kolísání dalších parametrů, např. kolísání v zastoupení izotopových poměrů (^{18}O , δD), elektrická vodivost ledu, obsah prachu, mikročástic, prvkové složení. V hloubce - roční přírůstky splývají – obtížná detekce



19 cm long section of GISP 2 ice showing annual layer structure illuminated by a fiber optic source. Section shows alternating layers with summer layers (arrow) and winter layers (arrow) between darker winter layers.

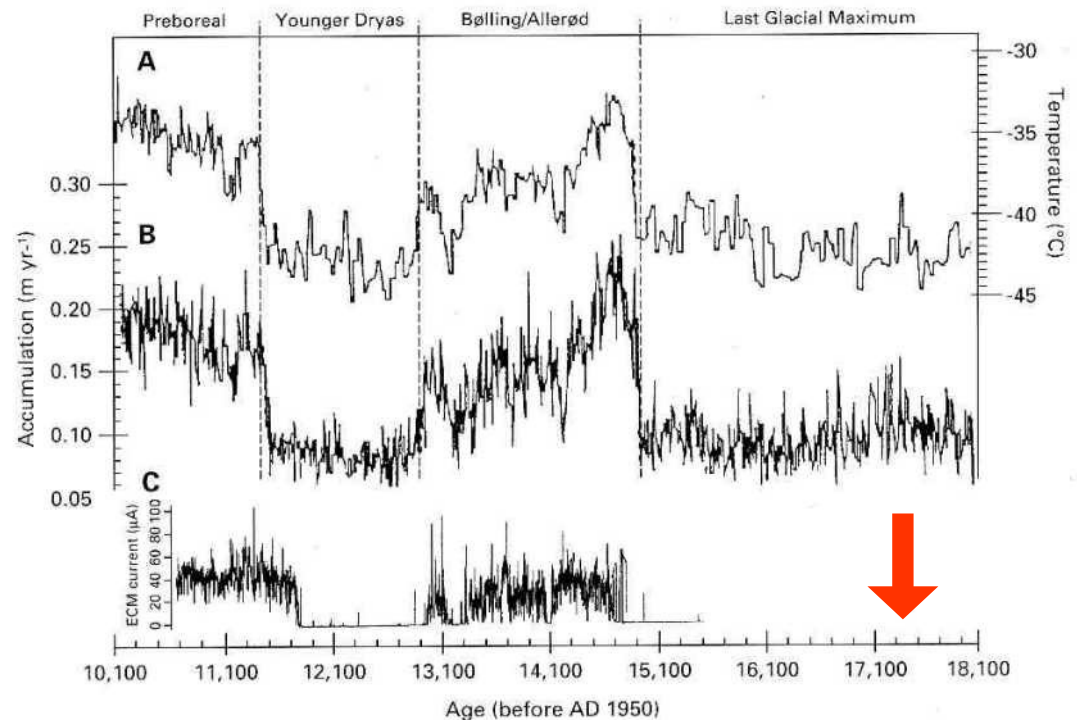


Figure 7.21 Three proxy records from the last glacial-interglacial transition from the GISP2 Greenland ice core. A. $\delta^{18}\text{O}$ values which have been converted into a temperature record. B. Snow accumulation (10-year averages). C. Electrical conductivity measurements (ECM) reflecting variations in atmospheric dust content (yearly averages) (after Kapsner *et al.*, 1995).

Roční přírůstky ledovcového ledu



Využití – datování ledovcových vrtů pozdního glaciálu (14-9 k ^{14}C let BP). U GRISP-2 – klimatické změny provázeny kolísáním koncentrací prachu (vzrůstající eolická aktivita v průběhu chladných období) + změny tloušťky ročních vrstev ledu - kolísání akumulací rychlosti (např. sněhové srážky). Klimatické epizody posledního glaciálu - jasně rozeznatelné: přechod z nejstaršího dryasu do interstadiálu bølling (14680 ± 400 ledovcových let BP); konec mladšího dryasu (11640 ± 250 let BP); trvání mladšího dryasu (stadiál) - 1300 ± 70 let.

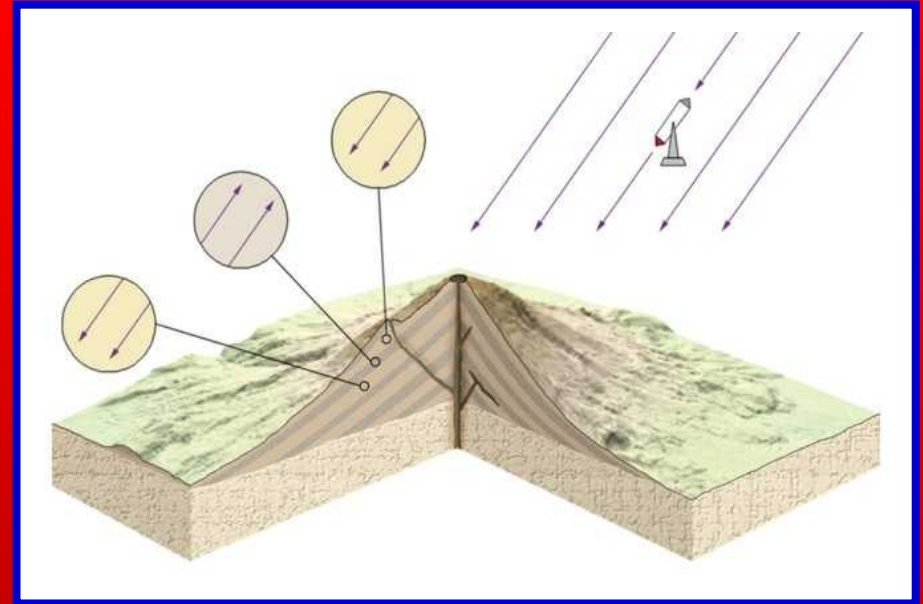


vyvřelé horniny - **TRM - termorenanentní magnetizace** - tekutá láva získává magnetizaci paralelní se Zemským magnetickým polem během svého tuhnutí

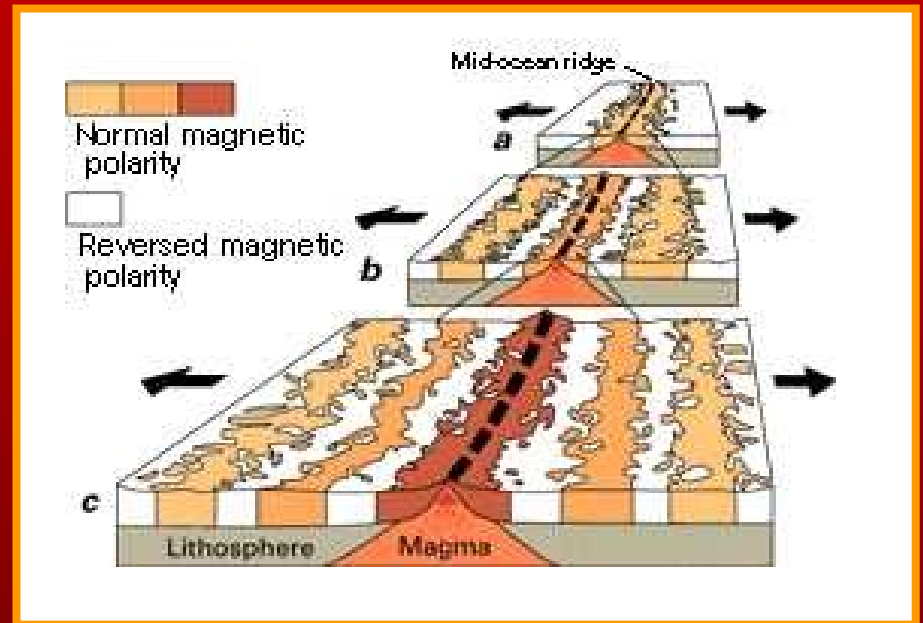
usazené horniny - **DRM - depoziční remanentní magnetizace** - magnetické částice jsou uspořádány ve směru okolního magnetického pole během svého klesání ve vodním sloupci - **pozor na bioturbaci, podmořské proudy, skluzu apod.**

dle některých vědců - nabytí magnetizace sedimentů po usazení vlivem mobility magnetických částí uvnitř dutin vyplněných vodou. Po klesnutí obsahu vody pod kritickou hodnotu - magnetizace „uzamčena“ v sedimentu

DRM - pomalý jev ve srovnání s TRM



Střídání hornin s normální a reverzní polaritou ve vulkanických horninách.

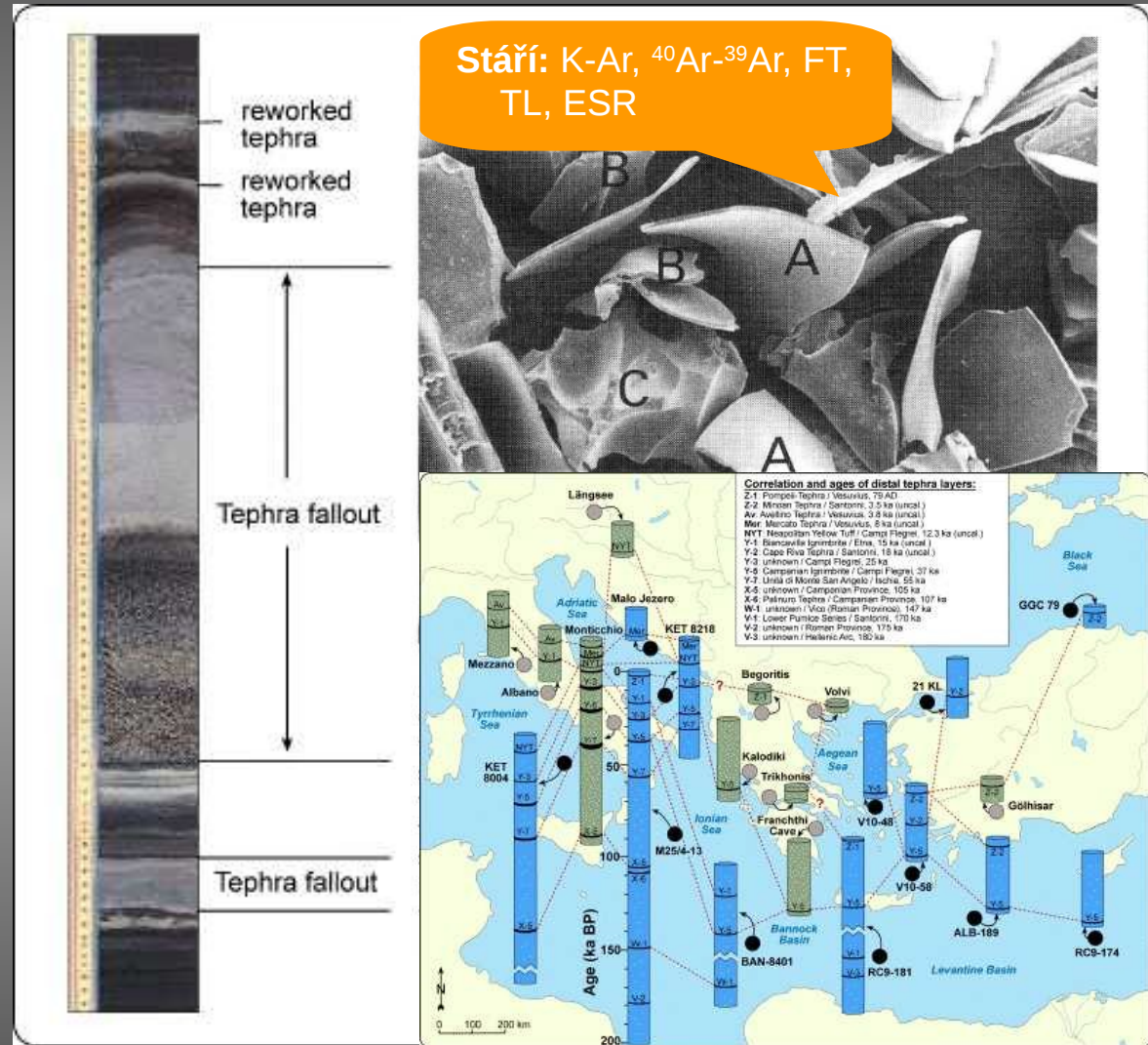


Střídání hornin s normální a reverzní polaritou na středooceánském hřbetě.

Tefrochronologie

Základní principy

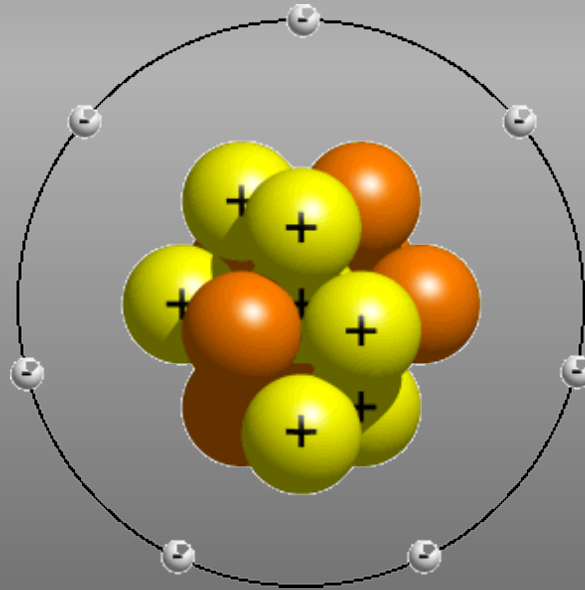
vulkanická erupce → vulkanický prach nebo tefra → tenká pokrývka bažinných povrchů, sedimentů jezerního dna, estuáriových sedimentů, říčních teras... Tenké vrstvy prachu - i v hlubokomořských sedimentech. Vrstvy vulkanického prachu - často světle zbarvené horizonty v sedimentárních souvrstvích, detekce ve vrtech - granulometrie, petrografické a mineralogické vlastnosti a geochemické znaky. Je možno zjistit i zdrojovou oblast



Radiometrické datovací metody

– radioaktivní **nestabilní izotopy** - spontánní změny v atomovém uspořádání za účelem dosažení stabilnější atomové formy

– přeměna izotopů z méně stabilní formu na více stabilní formu se řídí tzv. poločasem **přeměny**: doba, za kterou se přemění polovina celkového počtu atomárních jader ve vzorku



Radiometrické metody

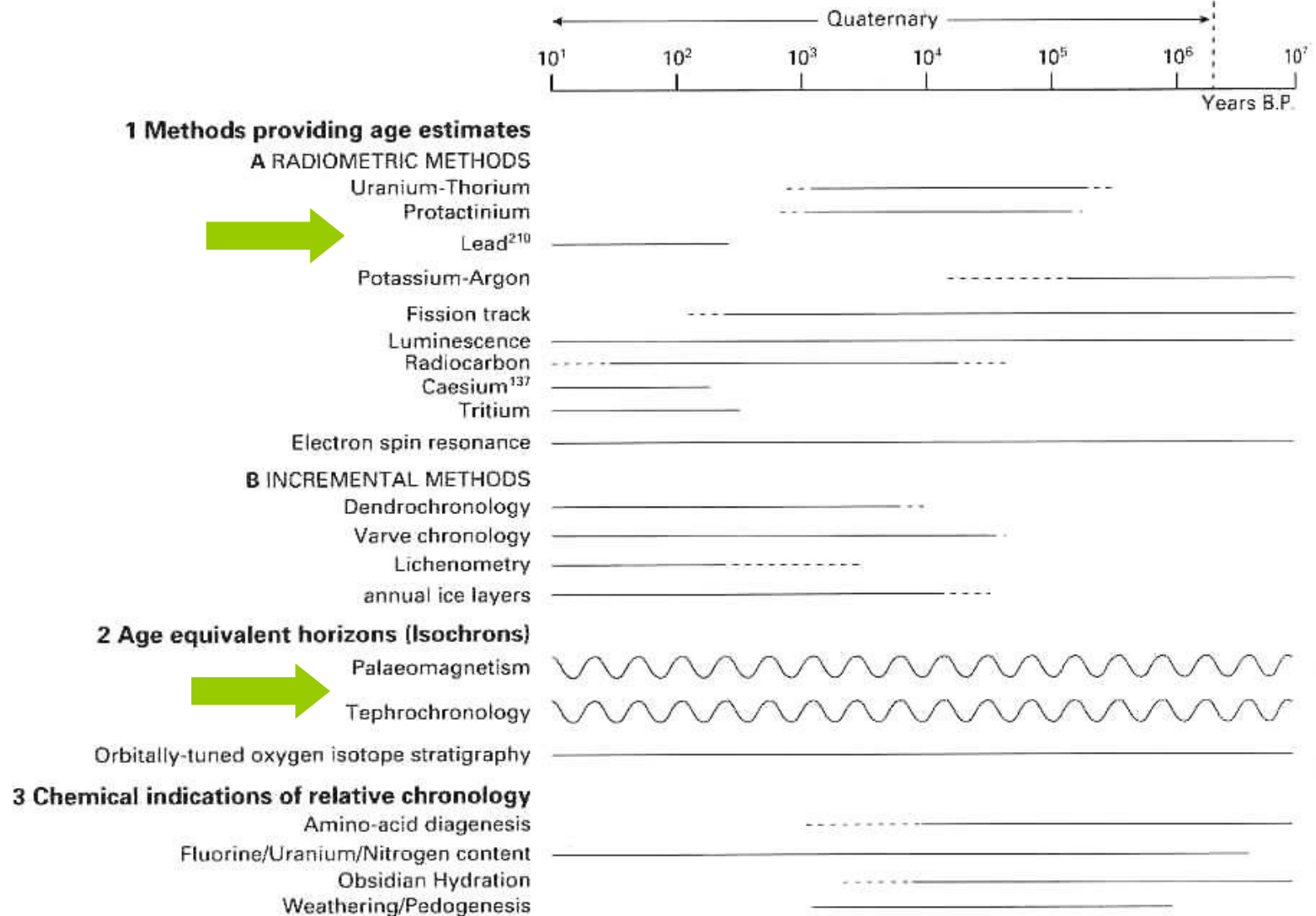
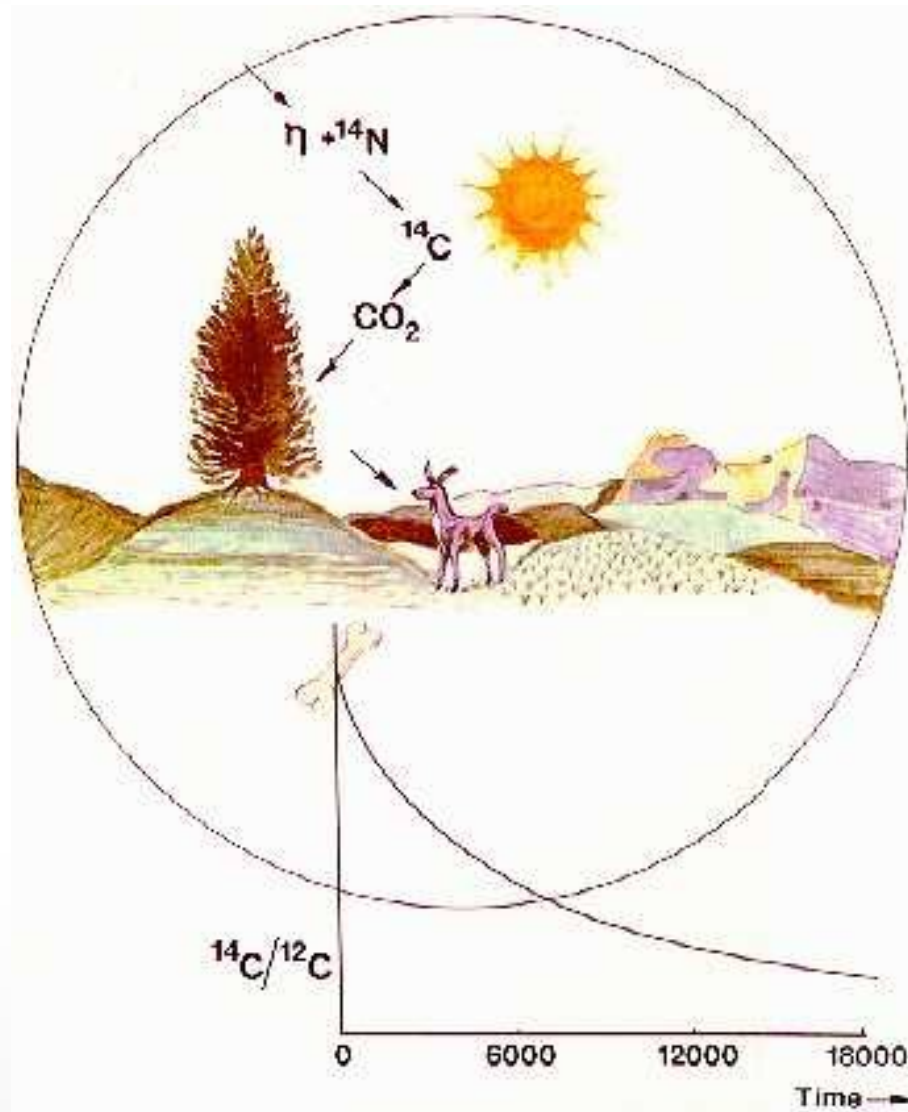


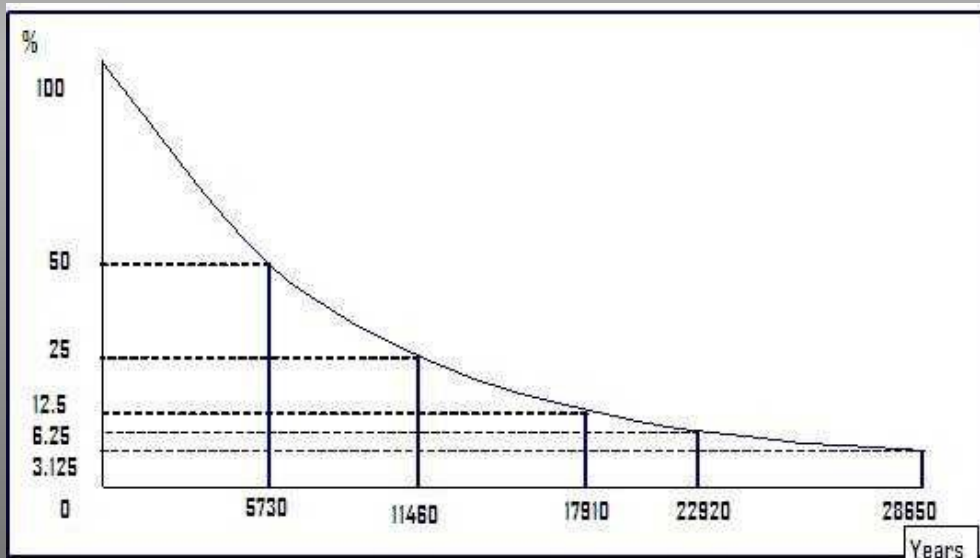
Figure 5.1 Ranges of the various dating methods discussed in the text. Broken lines show possible extensions with further improvements in techniques; wavy lines indicate that dating is limited to specific time intervals within the Quaternary.

Prvek	Izotop	Poločas rozpadu
Beryllium	^8Be	$6,7 \times 10^{-17} \text{ s}^{[1]}$
Polonium	^{212}Po	$0,3 \mu\text{s}^{[1]}$
Thorium	^{223}Th	$0,9 \text{ sekundy}^{[1]}$
Francium	^{223}Fr	$22 \text{ minut}^{[1]}$
Síra	^{35}S	$87,5 \text{ dní}^{[1]}$
Kobalt	^{60}Co	$5,27 \text{ let}^{[2]}$
Tritium	^3H	$12,36 \text{ let}^{[1]}$
Cesium	^{137}Cs	$30,17 \text{ let}^{[2]}$
Radium	^{226}Ra	$1\,622^{[1]} / 1\,602^{[2]} \text{ let}$
Uhlík	^{14}C	$5\,730 \text{ let}^{[1][2]}$
Plutonium	^{239}Pu	$24\,110^{[1]} / 24\,400^{[2]} \text{ let}$
Uran	^{235}U	$710 \text{ milionů let}^{[2]}$
Draslík	^{40}K	$1,26 \text{ miliardy let}^{[2]}$
Uran	^{238}U	$4,468^{[1]} / 4,51^{[2]} \text{ miliard let}$
Thorium	^{232}Th	$14,05^{[1]} / 13,9^{[2]} \text{ miliard let}$
Bismut	^{209}Bi	$\text{cca } 1,9 \times 10^{19} \text{ let}^{[1]}$

Radiokarbonové datování



Radiokarbonové datování



Limit konvenčních
metod – 45 ka BP

Measurement of the beta decay activity of a buried piece of wood provides a measurement of the time elapsed since it was living and in equilibrium with the atmosphere.



Původní předpoklady

- produkce ^{14}C je v průběhu času konstantní
- $^{14}\text{C}/^{12}\text{C}$ v biosféře a hydrosféře je v rovnováze s atmosférickým poměrem
- rychlost rozpadu ^{14}C je stálá
- od smrti organismu se systém považuje za uzavřený

Aktivita ^{14}C v atmosféře – cca 15 dpm.g^{-1} , tato aktivita poloviční každých cca 5700 let, dnes se předpokládá asi 5570 ± 30 let

absorpce CO_2 pro stavbu tkání

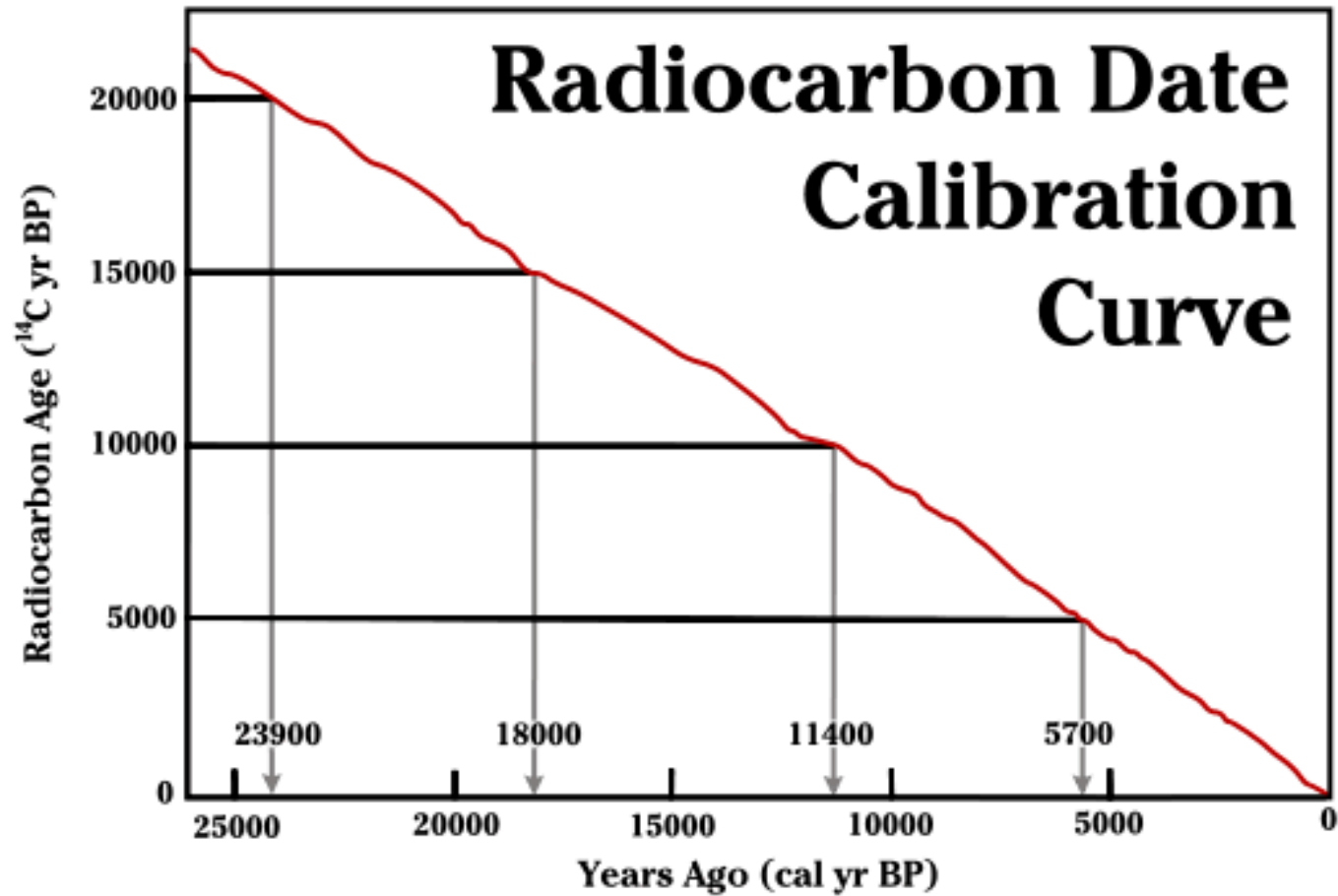
rovnováha s atmosférickým CO_2 , ^{14}C v izotopické rovnováze se soudobou atmosférou

rozpad ^{14}C v organických tkáních, bez přísunu dalšího z atmosféry



- stanovení reziduální aktivity ^{14}C

Kolísání ^{14}C v atmosféře



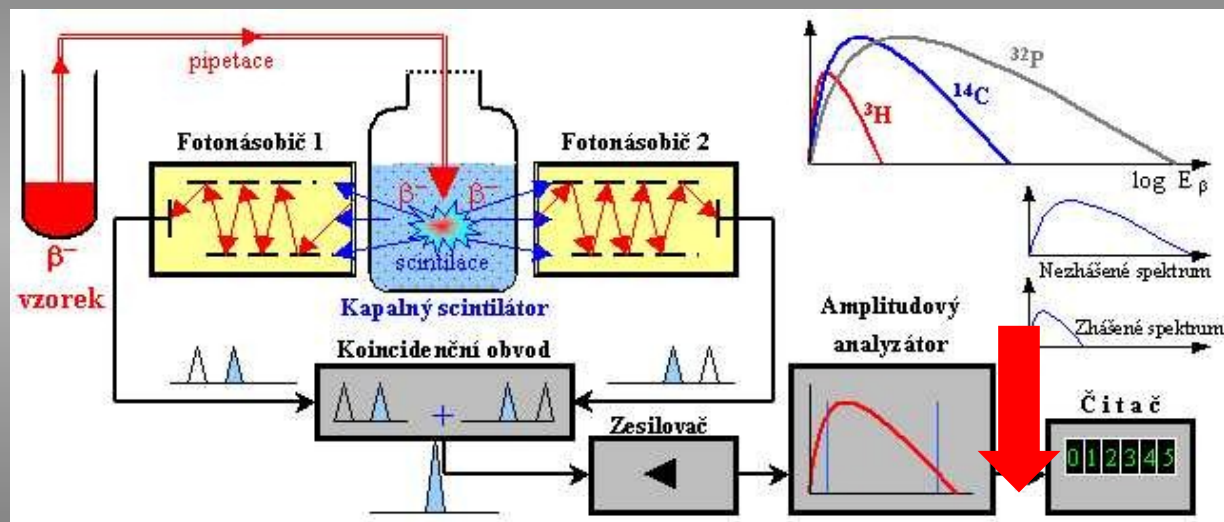
Měření aktivity ^{14}C

Kapalinová scintilační spektrometrie

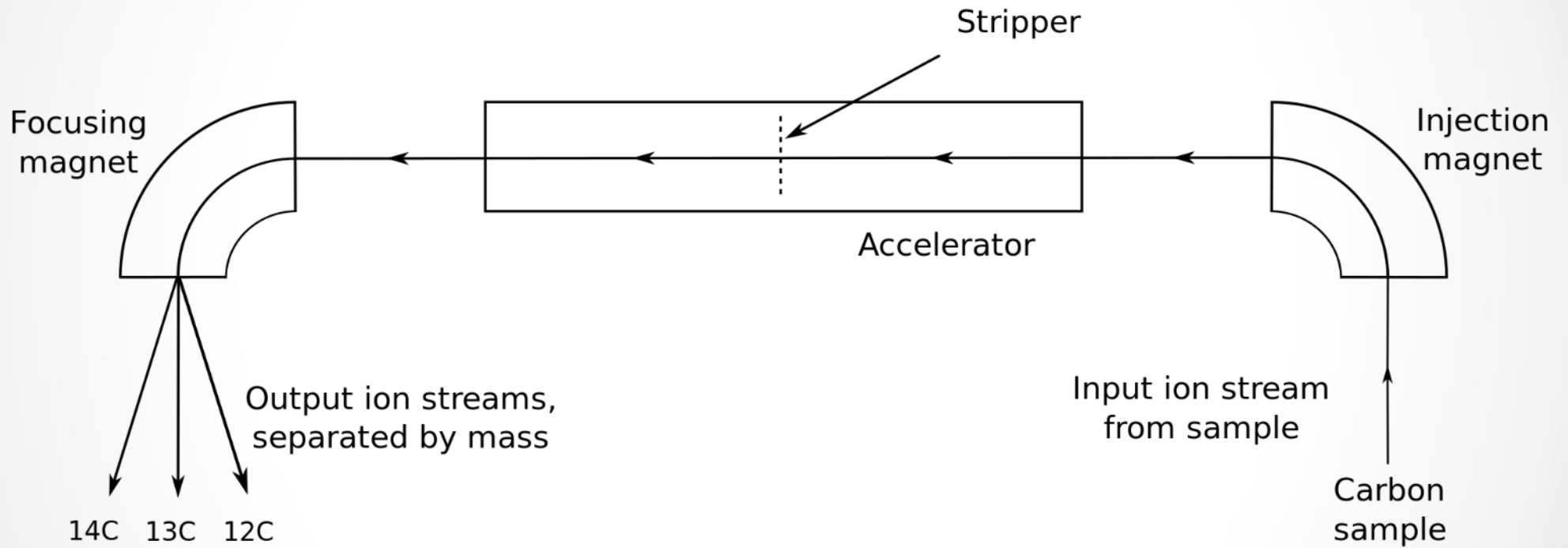
- scintilační detektory ionizujícího záření jsou založeny na vlastnosti některých látek reagovat **světelnými záblesky** (scintilacemi) na pohlcení kvant ionizujícího záření; tyto světelné záblesky se pak elektronicky registrují pomocí **fotonásobičů**. Látky vykazující tuto vlastnost se nazývají **scintilátory**

Postup:

- 1 - spálení vzorků na CO_2
- 2 - reakce s tekutým kovovým Li \rightarrow karbid Li
- 3 - smíchání s vodou \rightarrow acetylen \rightarrow polymerizace na benzen
- 4 - dodán scintilátor (obvykle fosforová substance), ten vysílá pulsy fotonů \rightarrow radioakt. rozpad
- 5 - počítání fotoelektr. přístroji



AMS-datování



Zdroje chyb v ^{14}C datování

Izotopová frakcionace ^{14}C  98,9 % ^{12}C , 1,1 % ^{13}C a zbytkový ^{14}C

The differential uptake of the three carbon isotopes leads to $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ and $^{14}\text{C}/^{12}\text{C}$ ratios in plants that differ from the ratios in the atmosphere

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.

Zdroje chyb v ^{14}C datování

problém - **zdánlivé** stáří současných mořských měkkýšů nemusí vždy představovat přiměřený korekční faktor. Data ze Severního Atlantiku např. dokládají, že během mladodryasové chladné epizody činil rozdíl mezi atmosférickým a povrchovým mořským zastoupením ^{14}C 700-800 let (dnes 400-500 let). Důsledek redukováného proudění povrchových vod do Severního Atlantiku a silnější mořské ledové pokrývky v té době

Kontaminace

mladší uhlík



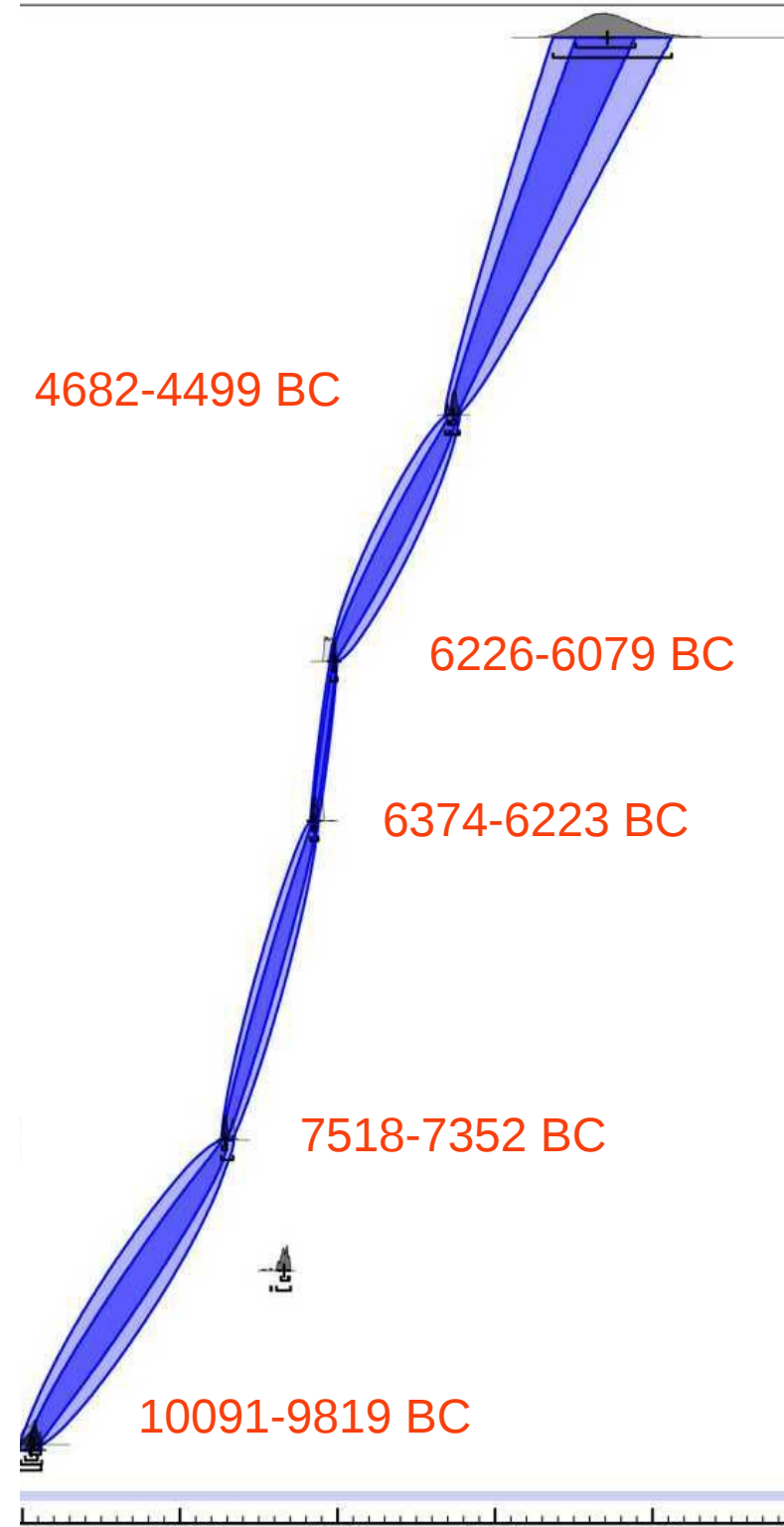
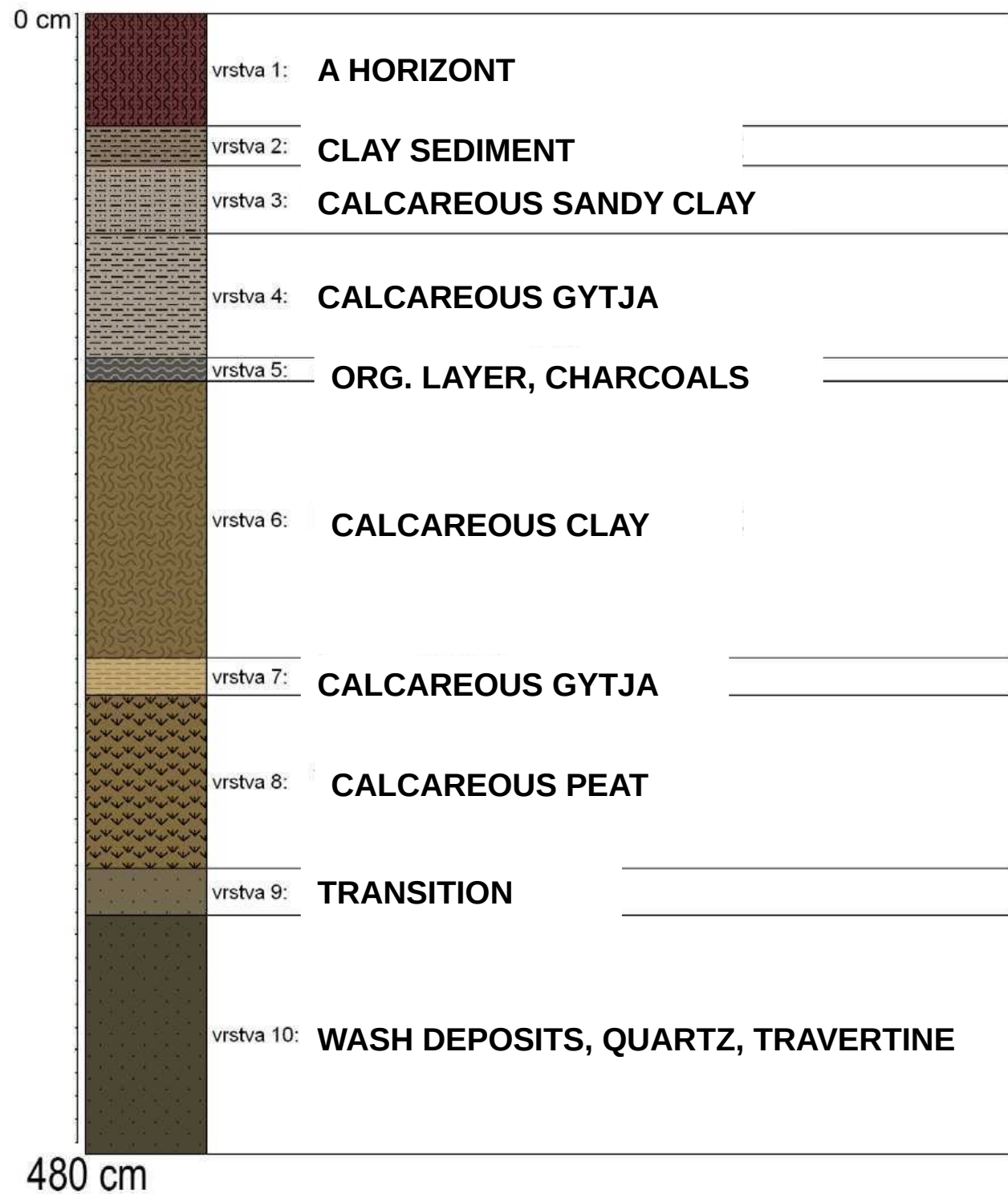
kořeny v profilu, infiltrace mladších huminových kyselin do starších rašelinných nebo půdních horizontů, bioturbace

starší uhlík



vplavení starších reziduí (grafit, vápenec, uhlí...), antropologicky podmíněná eroze okolo jezerních povodí; recentně deglaciované terény (inertní uhlík vyloučen z vyvř. a metam. hornin glaciální erozí + koncentrace v jezerních sedimentech)

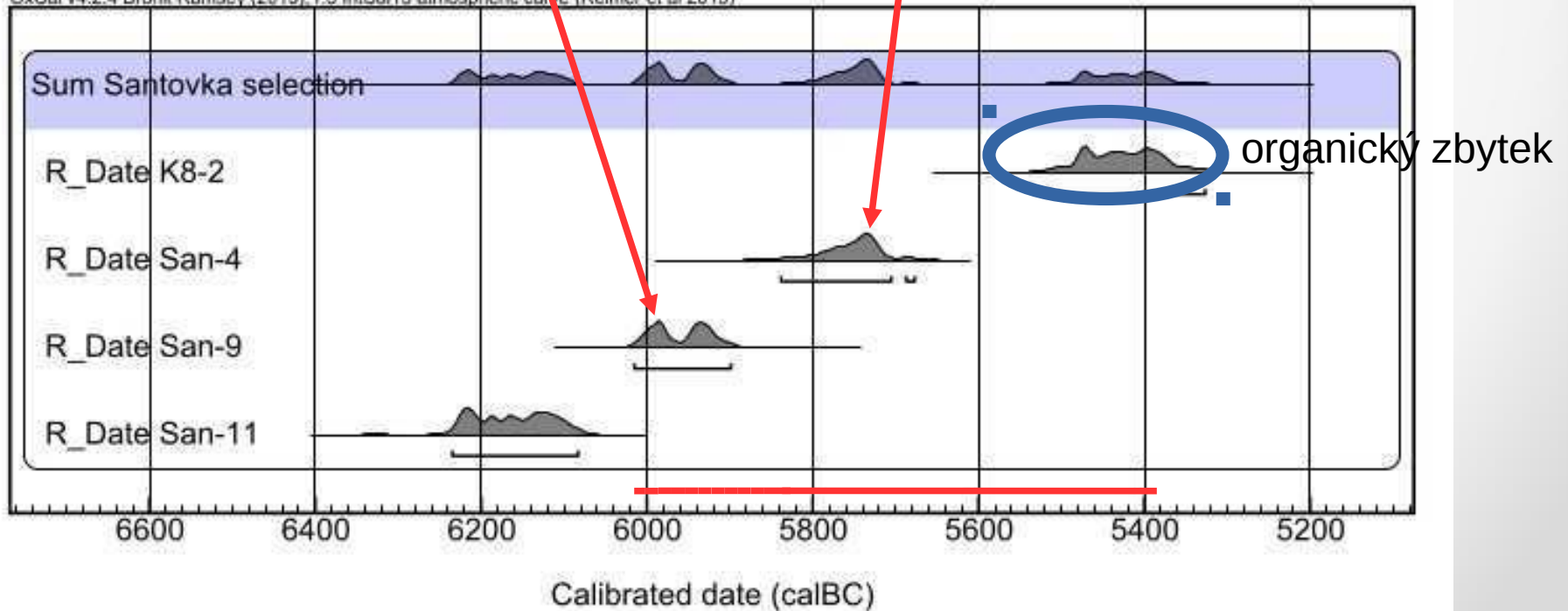
vplavení staršího organ. karbon. detritu – redep. nebo alochtonní C → chyby datování.



Datování keramiky



OxCal v4.2.4 Bronk Ramsey (2013); r.5 IntCal13 atmospheric curve (Reimer et al 2013)



Termoluminiscenční (TL) datování, Opticky stimulovaná luminescence (OSL)

- minerály s U, Th nebo K (sedimenty + vulkan. horniny) → stálé bombardování α , β a γ -částic → ionizace v hornině + uchycení elektronů uvnitř minerálů.
- osvobození elektronů
 - zahřátím → emise světla, proporční k počtu elektronů = TL
 - osvětlením → emise světla, proporční k počtu elektronů = OSL

Kvartérní materiál TL - datování pálení objektů (keramika, nástroje...) nebo doba pohřbení sedimentů, které obsahují velké množství křemene a živce (např. spraš).

Žíhání nebo

sluneční záření
(dlouhodobě)

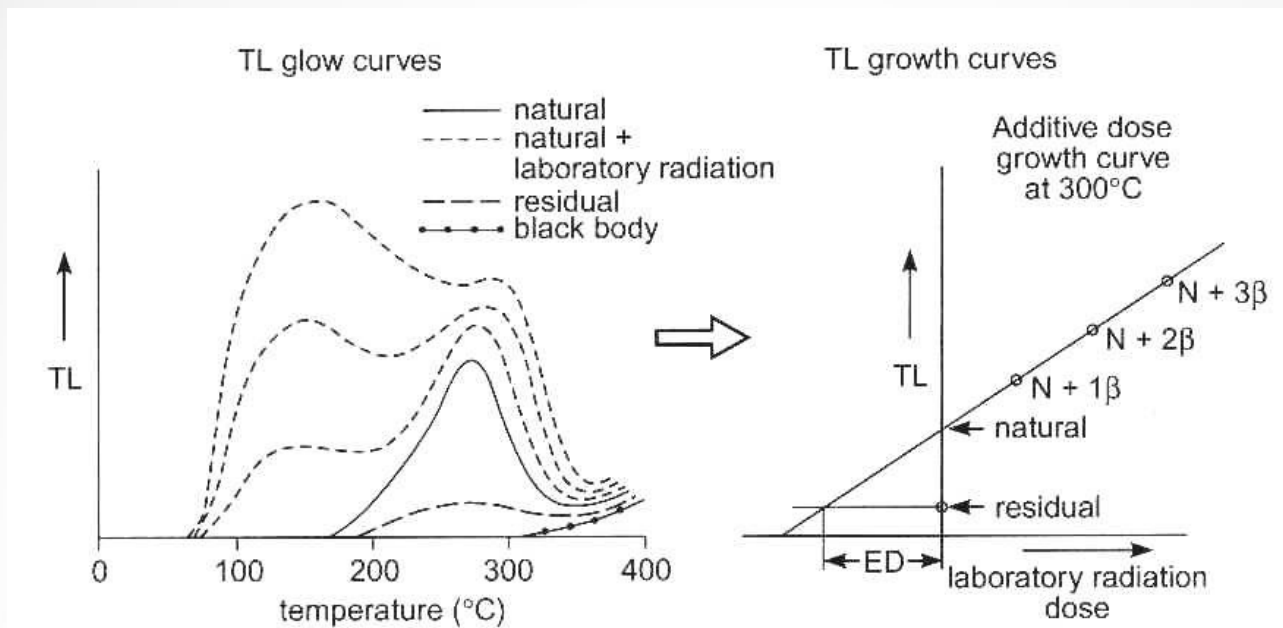


resetování TL hodin až
na 0

Problémy

1 - kalibrace laboratorního ozařování; 2 – nerovnováha v rozpadovém U-řetězci; 3 – migrace radioaktivních prvků přes povrch usazenin; 4 – problémy spojené s neúplným vynulováním TL-signálu.

$$TL\text{-stáří (roky)} = \frac{\text{ekvivalentní dávka}}{\text{roční dávka}}$$



Spodní limit dosahu luminiscenčního datování - citlivost vzorku a účinnost nulovacího mechanismu; svrchní limit - saturace (bod, ve kterém jsou všechny elektronové pasti zcela zaplněny). Horní limit pro křemen - cca 100 ka BP (150 ka BP). Živce > 500 ka BP (avšak teplotně nestabilní). Speleotémy – až 100 ka BP, pálené kamenné nástroje až cca 200 ka BP, ale i keramika - asi 100 let.

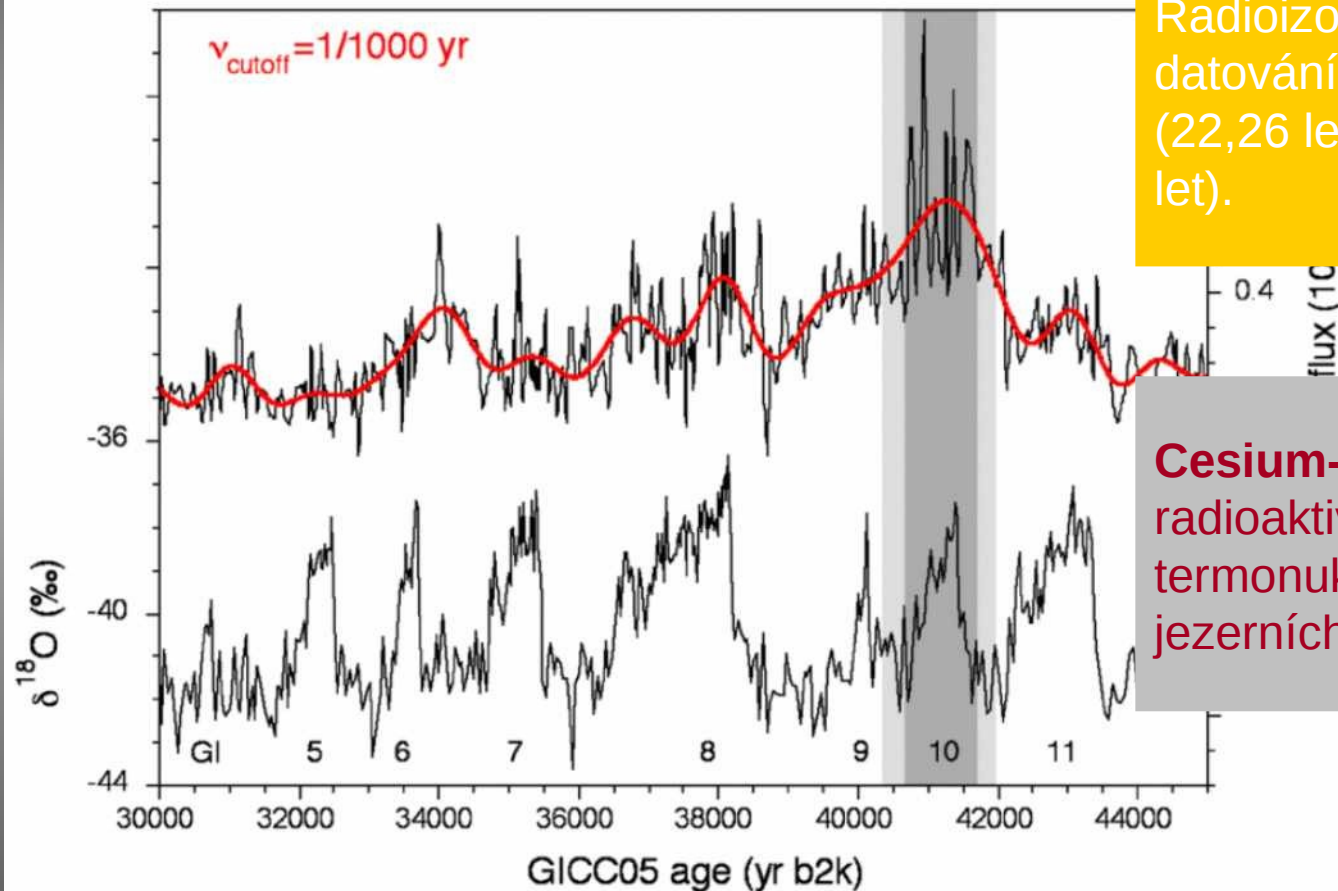


Ostatní radiometrické metody

Berylium-10 a hliník-26. ^{26}Al a ^{10}Be → reakce na kosmické záření

Izotopy s krátkou životností

Radioizotopy s mnohem kratší životností - datování svrchní části kvartéru: ^{210}Pb (22,26 let), ^{137}Cs (30 let) a ^{32}Si (asi 300 let).



Cesium-137. ^{137}Cs – uměle vytvořený radioaktivní nuklid → důsledek testování termonukleárních zbraní. ^{137}Cs – datování jezerních usazenin a rašelin.

Grónsko (NGRIP) – fluktuace kosmogenního radionuklidu ^{10}Be – korelace vrtů z grónského a antarktického ledovce.