

Subfossilní dřevo a radiouhlíkové datování

Tomáš Kolář



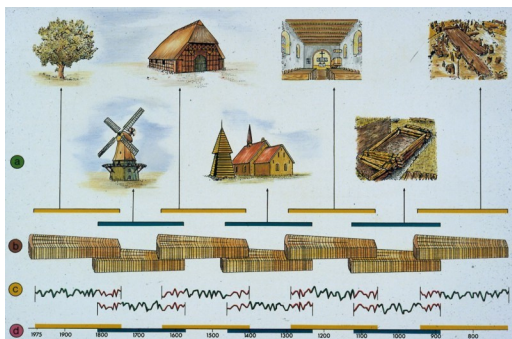
Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a Státním rozpočtem ČR InoBio – CZ.1.07/2.2.00/28.0018

Obsah

- 1) Subfossilní dřevo
- 2) Metodika zpracování subfossilních kmenů
- 3) Proces fosilizace
- 4) Chemické složení a vlastnosti dřeva
- 5) Využití v dendrochronologii
- 6) Radiokarbonové datování



Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a Státním rozpočtem ČR InoBio – CZ.1.07/2.2.00/28.0018



Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a Státním rozpočtem ČR InoBio – CZ.1.07/2.2.00/28.0018

Rozdělení dřeva

- Fossilní dřevo
Zkamenělé dřevo dochované z minulých geologických období
- Subfossilní dřevo
Nezkamenělé dřevo, které bylo uloženo po stovky až tisíce let v řekách, bažinách nebo morénových sedimentech
- Archeologické dřevo
Na rozdíl od předešlých bylo ovlivněno nějakou lidskou činností



Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a Státním rozpočtem ČR InoBio – CZ.1.07/2.2.00/28.0018

Subfossilní dřevo

- dub, borovice
černý dub
bahenní dub
black oak
bog oak
abonos
- zčernání dubu – reakce železitých složek rozpuštěných v podzemní vodě s taniny



Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a Státním rozpočtem ČR InoBio – CZ.1.07/2.2.00/28.0018

Původ subfossilních kmenů

- měkký luh – vrby a topoly
- tvrdý luh – duby, jasaný a jilmy



Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a Státním rozpočtem ČR InoBio – CZ.1.07/2.2.00/28.0018

• Tvrký luh v Čechách – velké nížinné řeky



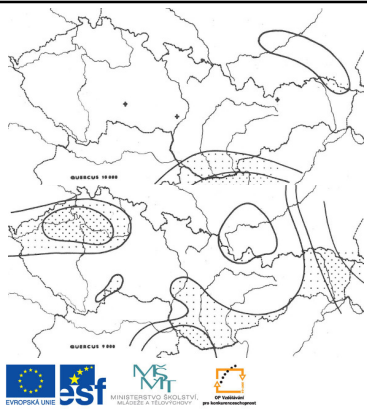
Výskyt dubů –
1. až 4. vegetační
stupeň

Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a Státním rozpočtem ČR InoBio – CZ.1.07/2.2.00/28.0018

Migrace
dubu

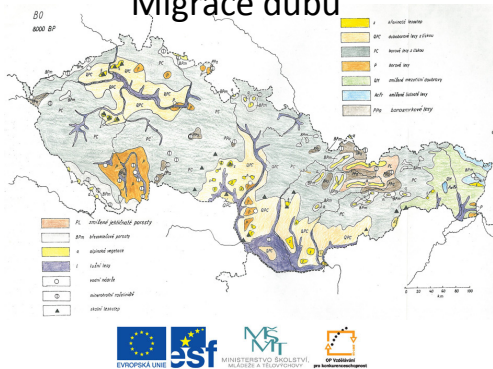
10000 BP

9000 BP



Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a Státním rozpočtem ČR InoBio – CZ.1.07/2.2.00/28.0018

Migrace dubu



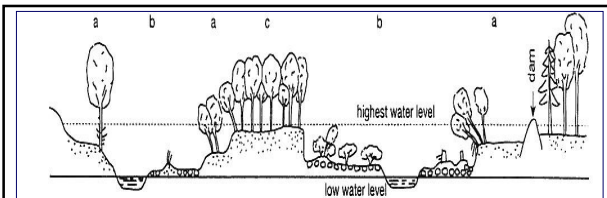
Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a Státním rozpočtem ČR InoBio – CZ.1.07/2.2.00/28.0018

- Subfossilní kmene jsou zbytky dubových lesů na březích řek z období Holocénu (cca před 10 000 lety).



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a Státním rozpočtem ČR InoBio – CZ.1.07/2.2.00/28.0018



- a) Hranice lesa
- b) Řečiště
- c) Násep
- d) Les

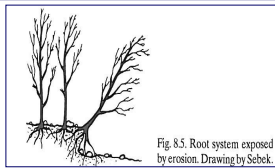


Fig. 8.5. Root system exposed by erosion. Drawing by Sebek.



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a Státním rozpočtem ČR InoBio – CZ.1.07/2.2.00/28.0018

- Destabilizace kmene = tvorba reakčního dřeva



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

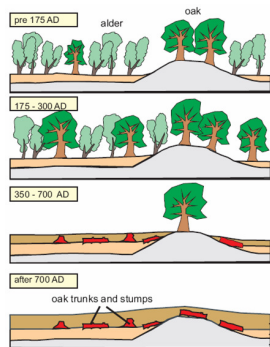
Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a Státním rozpočtem ČR InoBio – CZ.1.07/2.2.00/28.0018

- Kmeny umístěny pod hladinou vody



Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a Státním rozpočtem ČR InoBio – CZ.1.07/2.2.00/28.0018

- Bažina
- příliš vlhké
- suchá etapa
- rostoucí bažina
- poslední duby



(Leuschner, Sass-Klaassen, 2002)



Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a Státním rozpočtem ČR InoBio – CZ.1.07/2.2.00/28.0018

- rašeliniště – vysoká hladina podzemní vody



Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a Státním rozpočtem ČR InoBio – CZ.1.07/2.2.00/28.0018

• Štěrkovny a pískovny



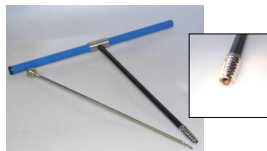
Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a Státním rozpočtem ČR InoBio – CZ.1.07/2.2.00/28.0018

- mořské (poloslané) sedimenty
- led
- aridní oblasti



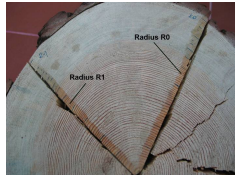
Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a Státním rozpočtem ČR InoBio – CZ.1.07/2.2.00/28.0018

Metodika zpracování kmenů



Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a Státním rozpočtem ČR InoBio – CZ.1.07/2.2.00/28.0018

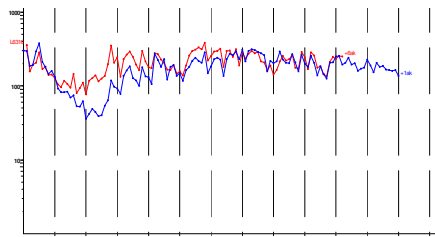
Metodika zpracování kmenů



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a Státním rozpočtem ČR InoBio – CZ.1.07/2.2.00/28.0018

- Synchronizace křivek
- Synchronizace se standardními chronologiemi
- Radiokarbonové datování

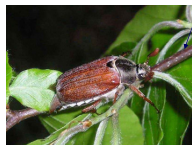


INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a Státním rozpočtem ČR InoBio – CZ.1.07/2.2.00/28.0018

Melolontha

- Chroust je rozšířen v celé Evropě a vyskytuje se především v nižších polohách (do 700 až 800 m n.m.)
- chroust maďalový (*Melolontha hippocastani* F.)
- chroust obecný (*Melolontha melolontha* L.)



- Přednost dává mírným, teplejším polohám s kypřými, písčitými, lehkými půdami



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a Státním rozpočtem ČR InoBio – CZ.1.07/2.2.00/28.0018

Melolontha

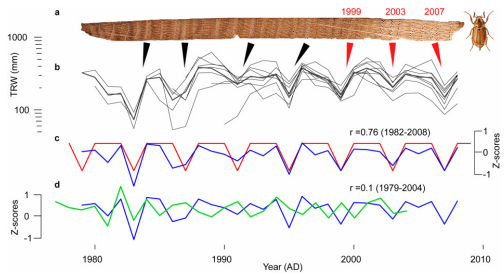
- Brouci chrousta napadají hlavně různé druhy listnatých dřevin, především na dub
- na území ČR převažuje čtyřletý životní cyklus
- Začátek rojení chroustů a jeho průběh závisí hlavně na průběhu povětrnosti
- U nás spadá rojení chroustů od poloviny dubna do začátku května



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a Státním rozpočtem ČR InoBio – CZ.1.07/2.2.00/28.0018

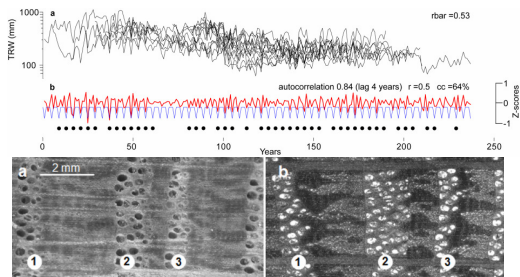
Melolontha



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a Státním rozpočtem ČR InoBio – CZ.1.07/2.2.00/28.0018

Melolontha



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

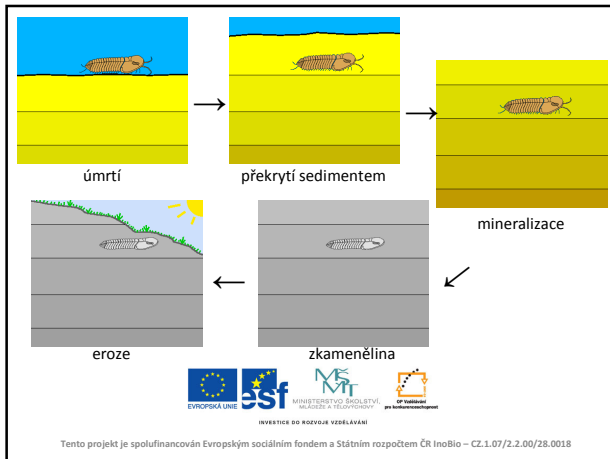
Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a Státním rozpočtem ČR InoBio – CZ.1.07/2.2.00/28.0018

Proces fosilizace



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a Státním rozpočtem ČR InoBio – CZ.1.07/2.2.00/28.0018

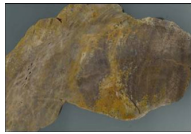


- **Podmínky:**
 - rychlé zakrytí
 - zrnitost
 - chemické složení
 - tlak a teplota
 - stavba těl



Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a Státním rozpočtem ČR InoBio – CZ.1.07/2.2.00/28.0018

- **Karbonizace**
- **Kalcifikace**
- **Silicifikace**



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a Státním rozpočtem ČR InoBio – CZ.1.07/2.2.00/28.0018

Chemické složení subfosilního dřeva

- V porovnání s recentním dubem se mění

složky	zdroj stáří	Bednar, Fengel (1974)	Schelber (1976)	Govorčin, Sinkovič (1995)	Bednar, Fengel, Dietrichs (1964)
		8500 ± 130 BP	4700 BP	4000 BP	recentní
Holocelulóza (%)		60			77
Celulóza (%)		43,4	43,2	41,16	37,6
Hemicelulózy (%)		18,3			28,5
- Pentozany (%)		12,9	17,5	23,41	22,4
- Hexozany (%)		5,4		2,29	6,1
Lignin (%)		29,6	34,9	27,42	24,5
Extraktiva (%)		3,5	5,1	4,53	4,4
Popel (%)		1,5	0,8	1,19	0,34



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a Státním rozpočtem ČR InoBio – CZ.1.07/2.2.00/28.0018

Chemické složení subfosilního dřeva

- Lignin
 - chemicky se mění
 - čím starší vzorek → více ligninu → více popele
- Hemicelulóza
 - degradují velmi rychle
 - zvláště pentozany
- Celulóza
- Extraktiva + popel
 - značně odolná

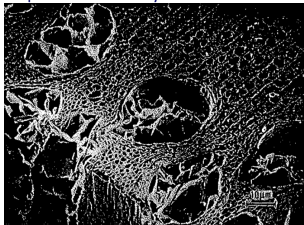


INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a Státním rozpočtem ČR InoBio – CZ.1.07/2.2.00/28.0018

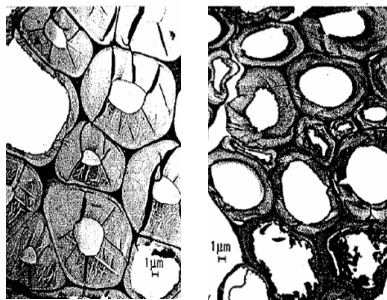
Mikroskopická stavba dřeva

- Není významný rozdíl mezi recentním a subfosilním
- Subfosilní dub má zpravidla silné zathylování



Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a Státním rozpočtem ČR InoBio – CZ.1.07/2.2.00/28.0018

Příčný řez letního dřeva



Jádro recentního dubu



Jádro subfosilního dubu

Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a Státním rozpočtem ČR InoBio – CZ.1.07/2.2.00/28.0018

Mikroskopická stavba dřeva

- Lze rozlišit druh dubu (*Quercus robur* L. × *Quercus petraea* (Matt.) Liebl.) podle metodiky Feuillat et al. (1997)
- 78% úspěšnost
- $F = 12.75 \times (\text{plocha vláknité zóny/plocha letokruhu}) - 30.05 \times (\text{plocha jarních makrocév/plocha letokruhu}) - 0.04$
- Negativní hodnoty – *Quercus petraea*
- Pozitivní hodnoty – *Quercus robur*
- zastoupení letního dřeva v rámci letokruhu je vyšší u *Quercus petraea* (67 %) než u *Quercus robur* (61 %)
- průměrný počet řad makrocév jarního dřeva je vyšší u *Quercus robur* (2.4) než u *Quercus petraea* (2.0).



Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a Státním rozpočtem ČR InoBio – CZ.1.07/2.2.00/28.0018

Vlastnosti subfosilního dřeva

- hustota
- sesychání a bobtnání
- pevnost
- tvrdost



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a Státním rozpočtem ČR InoBio – CZ.1.07/2.2.00/28.0018

Vlastnosti subfosilního dřeva

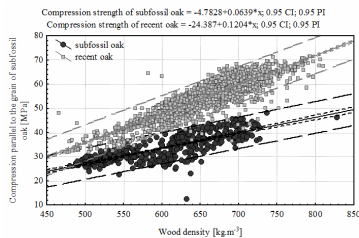
vlastnost	zdroj	Tsoumis (1991)		Vávrík et al (2008)		Bednar, Fengel (1974)	Goworčin, Sinkovič (1995)	Osek nad Bečvou	Osek nad Bečvou
		stáří kmene	recentní	recentní	6550 BC	cca 2050 BC	945-405 BC	208 BC – 137 AD	
hustota (kg/m ³)			690 (12 %)	618,2 (0 %)	650 (0 %)	735,4 (11,56 %)	668 (0 %)	673 (0 %)	
sesychání (%)	podél		0,4	-	-	1,09	0,46	0,76	
	tangenc		7,8	8,40	-	17,22	15,15	10,76	
	radiál		4,0	4,70	-	9,37	8,32	6,92	
	objem		12,2	13,00	-	25,79	22,51	17,57	
pevnost	tlak		-	53,9 (12 %)	44,9 (12 %)	46,24 (10,94 %)	40,96 (11 %)	36,93 (12 %)	
	tah		109	-	95,3 (12 %)	-	-	-	
pevnost	ohyb		91	94,6 (12 %)	-	66,16 (10,94 %)	-	-	
tvrdost	podél		67,5	-	-	-	-	51,9	
tvrdost	tang/rad		49/56	-	-	-	-	26,4/31,3	



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a Státním rozpočtem ČR InoBio – CZ.1.07/2.2.00/28.0018

Vlastnosti subfosilního dřeva



- Korelace mezi pevností v tlaku a hustotou subfosilního a recentního dubového dřeva



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a Státním rozpočtem ČR InoBio – CZ.1.07/2.2.00/28.0018

K čemu slouží v dendrochronologii

- Prodlužování standardní chronologie (rozsáhlý počet dlouhých chronologií existuje po celém světě)
 - Německo, Hohenheim – 8480 BC (ze subfossilních dubů z řek a štěrkových usazenin)
 - Německo, Göttingen – 6255 BC
 - Irsko – 5289 BC
 - Polsko – 474 BC a 1795 BC-612 BC
- Ideální zdroj pro radiokarbonovou kalibraci
- Podporované radiokarbonové datování a dendrochronologie pomohla získat a lépe interpretovat informace o lidské kolonizaci oblastí a regionálním paleo-prostředí



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a Státním rozpočtem ČR InoBio – CZ.1.07/2.2.00/28.0018

K čemu slouží v dendrochronologii

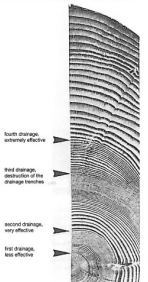
- Rekonstrukce lokálních hydrologických změn a rozvoj bažin
 - Zhoršení stavu koruny stromu, poranění kořenového systému, dlouhodobé potopení může vést k redukcí růstu
 - Stromy z dřívě mokřých stanovišť rostou lépe až po odvodnění stanoviště
- Smrk z vysušené bažiny. Periodické snižování vodní hladiny se odráží ve zvyšování šířky letokruhu



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a Státním rozpočtem ČR InoBio – CZ.1.07/2.2.00/28.0018

K čemu slouží v dendrochronologii



- Při náklonu se vytváří tlakové nebo tahové dřevo.
- Může sloužit k rekonstrukci historie řek společně s geologickými nálezy
- Kmen smrku z rašeliniště, která byla několikrát odvodněna. Každá reakce růstu se shoduje s odvodněním rašeliniště, čtvrté má nejvýznamnější vliv.



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a Státním rozpočtem ČR InoBio – CZ.1.07/2.2.00/28.0018

K čemu slouží v dendrochronologii

- Rekonstrukce klimatických změn
- Zeměřesení
- Posuvy půdy
- Zalednění
- Geologie – datování sedimentů podle polohy kmenů ???



Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a Státním rozpočtem ČR InoBio – CZ.1.07/2.2.00/28.0018

Využití



Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a Státním rozpočtem ČR InoBio – CZ.1.07/2.2.00/28.0018

Využití

- Interiérové vybavení (Mikulčice kostel)



Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a Státním rozpočtem ČR InoBio – CZ.1.07/2.2.00/28.0018

Využití




INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a Státním rozpočtem ČR InoBio – CZ.1.07/2.2.00/28.0018

Využití




INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a Státním rozpočtem ČR InoBio – CZ.1.07/2.2.00/28.0018

Využití

- Nábytek
- Obložení stěn
- Dekorativní dýhy
- Hudební nástroje






INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a Státním rozpočtem ČR InoBio – CZ.1.07/2.2.00/28.0018

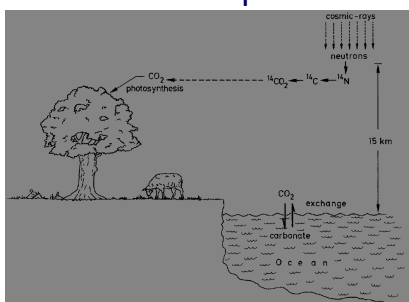
Radiokarbonová metoda datování

- Používá se v archeologii jako způsob absolutního časového určení nálezů
- Destruktivnost metody
- **Radikarbonové laboratoře v ČR**
 - Ústav jaderné fyziky AV ČR, Praha
 - Ivo Světlík a Dagmar Dreslerová



Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a Státním rozpočtem ČR InoBio – CZ.1.07/2.2.00/28.0018

Princip



Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a Státním rozpočtem ČR InoBio – CZ.1.07/2.2.00/28.0018

Princip

- Poměr všech 3 izotopů uhlíku v atmosférickém oxidu uhličitým se dlouhodobě udržuje na konstantní hodnotě.
- Do organismu se během jeho života dostává s oxidem uhličitým uhlík ze vzduchu
- poměr $^{14}\text{C}/^{12}\text{C}$ zůstává v průběhu života daného organismu konstantní
- Po odumření jakékoliv biologické tkáně se výměna uhlíku mezi organismem a prostředím zastaví.
- Množství ^{14}C postupně ubývá



Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a Státním rozpočtem ČR InoBio – CZ.1.07/2.2.00/28.0018

Princip

- Vyzařuje částice beta a mění se na izotop dusíku ^{14}N
- izotop ^{14}C se přeměňuje resp. rozpadá s poločasem 5 730 let.
- **poměr $^{14}\text{C}/^{12}\text{C}$** - poměrně přesně ukazuje na dobu zániku dané živé hmoty
- Příklad:

$^{14}\text{C} \times ^{12}\text{C}$	
pův.množství	2g x 10g
za 5 700let	1g x 10g
za 11 400let	0.5g x 10g

- Spočívá v měření **zbytku izotopu uhlíku ^{14}C v odumřelých organismech**, do nichž se dostával ve formě oxidu uhličitého (CO_2) za jejich života



Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a Státním rozpočtem ČR InoBio – CZ.1.07/2.2.00/28.0018

Princip

- Intenzita kosmického záření dopadajícího do atmosféry se však časem mění a proto radiokarbonové datování dává spolehlivé výsledky asi do 5000 roků, maximálně je použitelné do 57000 roků
- Kalibrace dat:

Výsledek z laboratoře

př.: GrN – 1324 – 2680 ± 100 BP

BP = before present, před rokem 1950 (objev radiokarbonové metody)

přepočet

2680–1950= 730 ± 100 BC

kalibrace

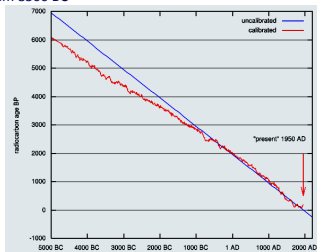
830–630 BC



Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a Státním rozpočtem ČR InoBio – CZ.1.07/2.2.00/28.0018

Princip

- **Dendrochronologie - kalibrační křivky** umožňující kalibrovat radiokarbonová data až k letům 8500 BC



Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a Státním rozpočtem ČR InoBio – CZ.1.07/2.2.00/28.0018

- Antracit 
- Kost 
- Uhlí 
- Kolagen 
- Hnilokal začínajícího rašeliniště 
- Mamutí kel 



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a Státním rozpočtem ČR InoBio – CZ.1.07/2.2.00/28.0018

- Mušle 
- Ulity 
- Pštroší vejčná skořápka 
- Rašelina 
- Speleothem 
- Dřevo 

• Vlákna, půda, bahno, zbytky rostlin, humus, sintr (silně porézní bělavá hornina), organické sedimenty



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a Státním rozpočtem ČR InoBio – CZ.1.07/2.2.00/28.0018

Zpracování vzorků

- **1. vizuální kontrola, mechanické očištění** (včetně odstranění viditelných kořínků), výběr vhodné části vzorku pro datování.




INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a Státním rozpočtem ČR InoBio – CZ.1.07/2.2.00/28.0018

Zpracování vzorků

- 2. předběžná chemická úprava
- 3 metody – organický materiál, kosti a uhličitany (speleothem, mušle, travertin)
- Organický materiál - AAA (Acid-Alkali-Acid)
- Vzorek je:
 - ohříván ve 2% HCl, filtrován, vyplachován destilovanou H₂O
 - ohříván ve 2%NaOH, filtrován, vyplachován destilovanou H₂O
 - ohříván ve 2%HCl, filtrován, vyplachován destilovanou H₂O



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a Státním rozpočtem ČR InoBio – CZ.1.07/2.2.00/28.0018

Zpracování vzorků

- 3. Karbonizace (zuhlňování) při 600 °C
- Během tohoto procesu dochází k redukci hmoty
- malé vzorky jsou karbonizovány v atmosféře argonu.



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a Státním rozpočtem ČR InoBio – CZ.1.07/2.2.00/28.0018

Zpracování vzorků

- 4. Spalování na CO₂
- Vzorky jsou spalovány při více jako 1000 °C v tubách z křemenu v atmosféře kyslíku



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a Státním rozpočtem ČR InoBio – CZ.1.07/2.2.00/28.0018

Zpracování vzorků

5. Očištění

- CO₂ je očištěno oxidem měďnatým a stříbrem.



- Vzorky CO₂ mohou být použity pro jednu z metod datování



Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a Státním rozpočtem ČR InoBio – CZ.1.07/2.2.00/28.0018

Metody datování

- Konvenční radiometrické techniky:
 - GPC – Gas Proportional Counting
 - LSC – Liquid Scintillation Counting
- AMS – Accelerator Mass Spectrometry

metoda	Standardní požadované množství dřeva
Konvenční techniky	20-50 g
AMS	10 mg

metoda	Cena za vzorek bez DPH
Konvenční techniky	cca 172 EUR
AMS	cca 361 EUR

- Doba datování: minimálně 4 měsíce



Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a Státním rozpočtem ČR InoBio – CZ.1.07/2.2.00/28.0018

LSC - Liquid Scintillation Counting

- Široce používaná metoda na celém světě (komerčně dostupné spektrometry)
- předběžné ošetření
- CO₂ se přemění na benzen
- Karbonizované vzorky zaschnou s lithiem při teplotě 800-850 °C a vytvoří karbid lithia (Li₂C₂)



Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a Státním rozpočtem ČR InoBio – CZ.1.07/2.2.00/28.0018

LSC - Liquid Scintillation Counting

- Karbid lithia → hydrolyza → acetylen (C_2H_2) → očištění acetylénu
- Čistý a vody zbavený acetylen je přeměněn na benzen, který je potom ponechán asi 30 dní. Vzorky benzenu jsou uloženy do speciálních ampulek.
- Scintilační směs (přidání Butyl-PBD)
- Když uhlík ^{14}C se rozkládá, beta částice jsou emitovány. Kinetická energie beta částic je během scintilace převedena na světlo. Produované světlo může být potom měřeno spektrometrem.



Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a Státním rozpočtem ČR InoBio – CZ.1.07/2.2.00/28.0018

GPC – Gas Proportional Counting



AMS – Accelerator Mass Spectrometry



Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a Státním rozpočtem ČR InoBio – CZ.1.07/2.2.00/28.0018

Literatura

- Subfossilní dřevo
 - Dvorská, Krapiec, Čufar
 - Bednar, Fengel, Becker, Leuschner, Sass-Klaassen
- Radiokarbonové datování
 - <http://www.carbon14.pl/>
 - <http://www.radiocarbon.org/index.html>



Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a Státním rozpočtem ČR InoBio – CZ.1.07/2.2.00/28.0018

Děkuji za pozornost



Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a Státním rozpočtem ČR InoBio – CZ.1.07/2.2.00/28.0018
