

# **Stanovení energetického výdeje nepřímou kalorimetrií a výpočtem**

Studijní materiály byly vytvořeny za podpory projektu MUNI/FR/1474/2018

# Metabolismus

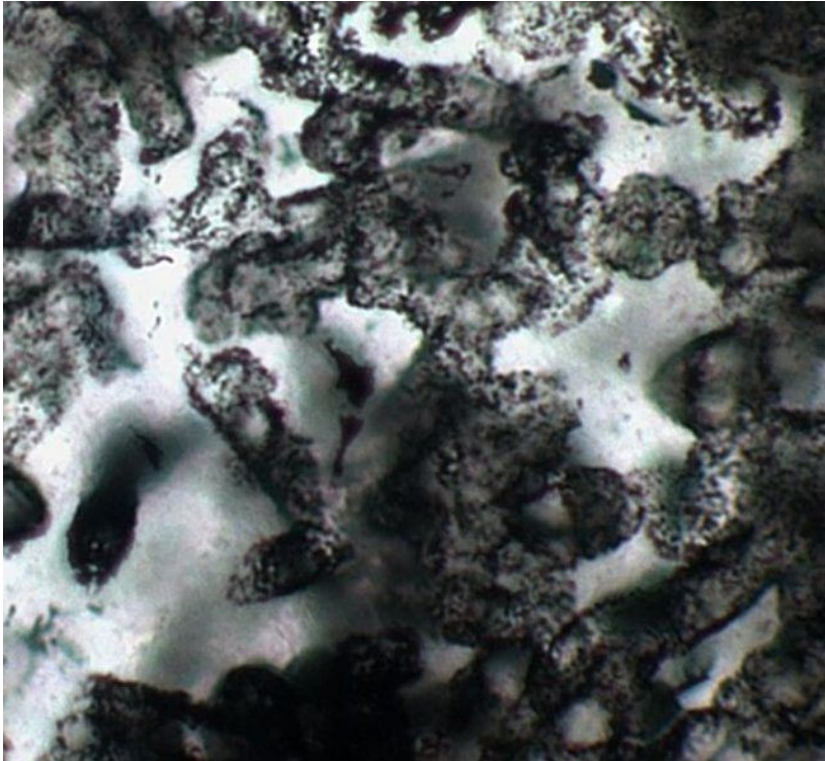
Všechny chemické a energetické děje probíhající v těle při zpracování potravy, tj. energetické a chemické přeměny, které probíhají v organismu po přijetí potravy (zahrnuje zpracování, trávení, vstřebávání a distribuci k buňkám)

Živý aerobní organismus oxiduje živiny za vzniku  $H_2O$ ,  $CO_2$  a energie potřebné pro životní procesy. Rozlišujeme následující druhy:

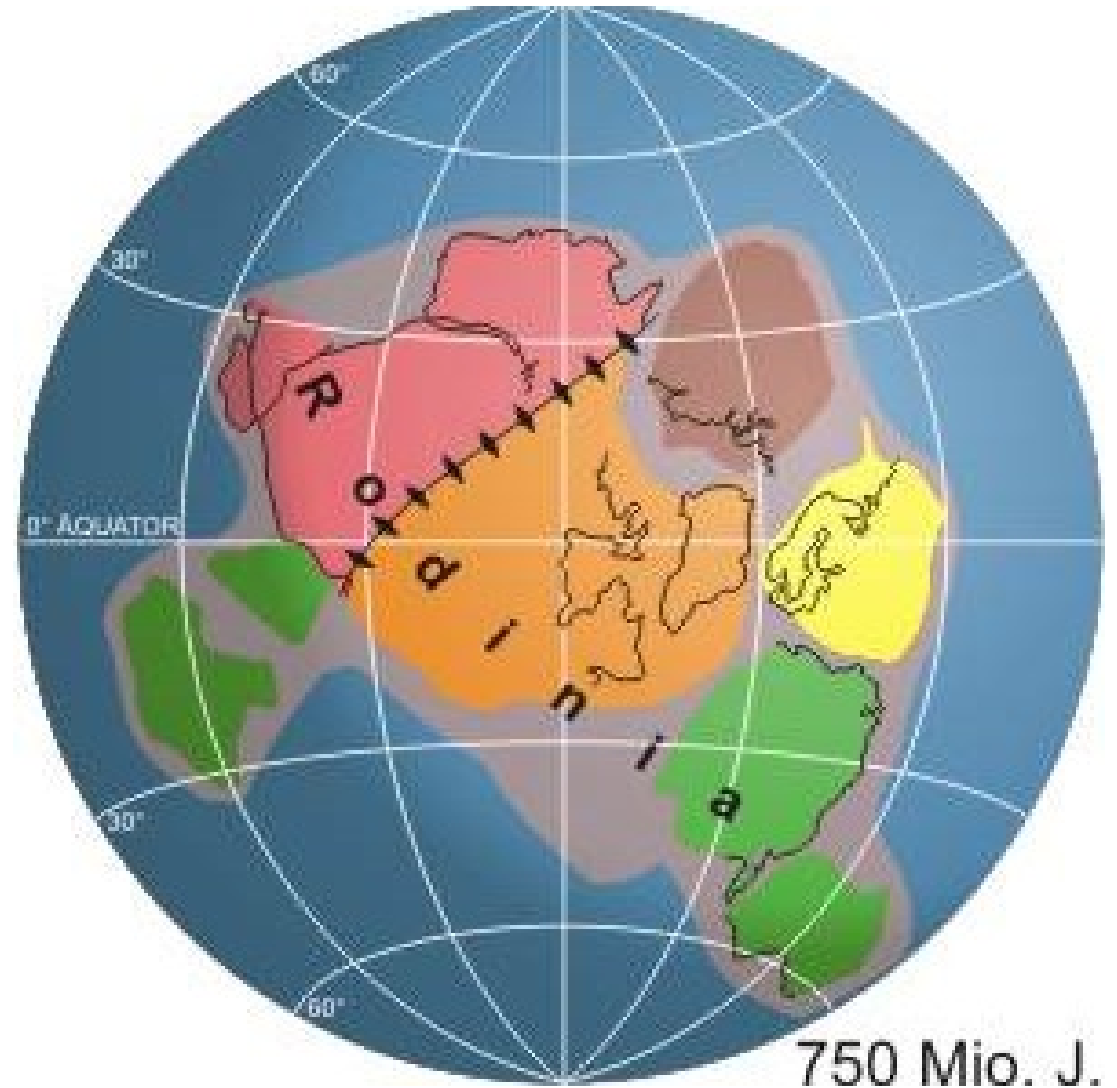
- **katabolismus:** komplexní, postupný proces rozkladu látek na jednodušší sloučeniny, při němž se uvolňuje energie. Energie se uvolňuje jako teplo nebo jako chemická energie (uložená do makroergních sloučenin, např. ATP; glykolýza; lipolýza, ...)
- **anabolismus:** proces tvorby složitějších látek z jednodušších, energie se spotřebovává (např. glukoneogeneze, syntéza glykogenu, lipogeneze, ...)

# Evoluční okénko

V Archaiku v období před 3,8 až 2,5 miliardami let vznikl život. Jeho první doklady jsou fosilní prokaryotické bakterie, Archea a sinice, které jsou nalézány v nejstarších známých horninách po celém světě.



V Proterozoiku (jinak také starohory- 2,5 miliardami až 542 miliónů let). V tomto období vznikly první eukaryota a první mnohobuněčné organismy, řasy. Na konci proterozoika se už rozvíjely i mnohobuněčné organismy (láčkovci, kroužkovci, členovci) – úplně první výskyt je z období před 2 miliardami let ze západního Texasu. Dvě velké ledové periody přinesly útlum ve vývoji a začátkem kambria začíná populační exploze. Ze starohor je známý i první organismus se sexuálním mechanismem rozmnožování (tj. rozdílné orgány samčích a samičích rostlin) – červená řasa *Bangiomorpha pubescens*.



**Cyanophyta**



Bakterie rodu *Schyzomectes*



**Spriggina**



**Ediakarská fauna**

**Dickinsonia**



**Kimberella**



# Kalorimetrie

**Kalorimetrie** – měření tepla, které se uvolní ve studovaném systému při určitém ději (chemickém, fyzikálním, biologickém)- teplo = energie ( jednotka joul-J)

## Hodnocení metabolismu živočicha:

- vychází z předpokladu, že všechny metabolické děje jsou provázeny tvorbou tepla, tj. metabolizování potravy je téměř ekvivalentní přímému spálení (shoření) potravy

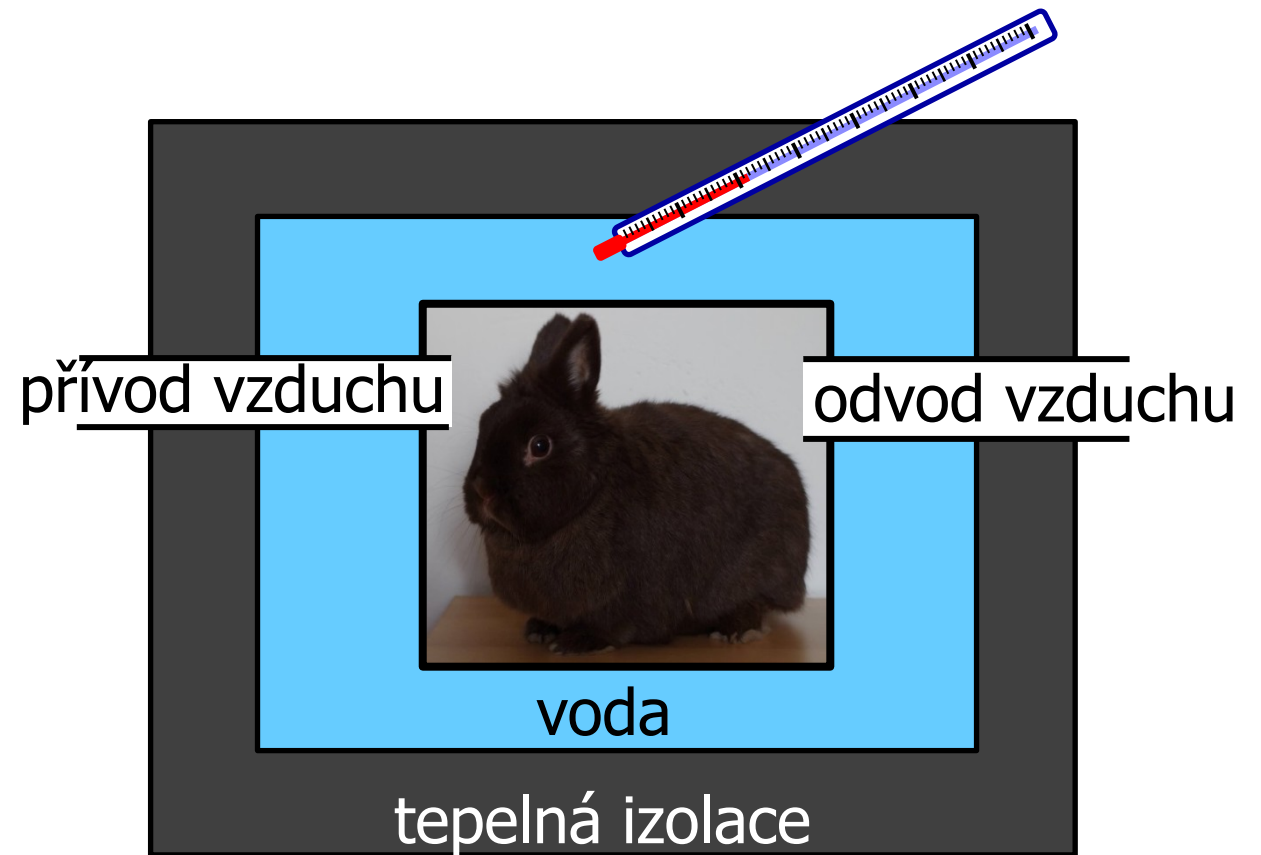
## Přímá kalorimetrie

- přímé měření tepla kalorimetrem
- vzniklého spálením potravy za dostatečného přísunu kyslíku vydávaného metabolizujícím živočichem za dostatečného přísunu kyslíku

# Přímá kalorimetrie

- technicky je náročnější
- pokud se používá u živočichů, tak jen u malých
- izotermní kalorimetr

Teplota se po celou dobu experimentu nemění. Vzniklé teplo je odváděno a v další fázi např. působí fázovou přeměnu čisté látky (např. led ve vodu)



# Spalné teplo

Teplo/energie vzniklé oxidací 1 g substrátu za dostatečného přísunu kyslíku – energie vztažená na g substrátu

- **fyzikální spalné teplo** – energie vzniklá hořením substrátu
- **fyziologické spalné teplo** – energie vzniklá oxidací substrátu živým organismem

Cukry a tuky: fyziologické = fyzikální spalné teplo

Bílkoviny: fyzikální > fyziologické spalné teplo (hořením bílkovin vznikají oxidy dusíku, metabolizováním bílkovin vzniká močovina, která v sobě část chemické energie uchovává).

## Spalné teplo živin

- cukry 17,1 kJ/g
- tuky 38,9 kJ/g
- fyzikální spalné teplo bílkovin: 23 kJ/g  
fyziologické spalné teplo bílkovin: 17,1 kJ/g



# Nepřímá kalorimetrie

## Princip:

spotřeba  $O_2$ , výdej  $CO_2$  a vznik dusíkatých metabolitů jsou ve vztahu ke spotřebě energie

Nepřímá kalolimterie lze měřit v otevřeném či uzavřeném systému

v praktiku otevřený systém – Kroghův spirometr

vybavený  
natronovým vápnem  
– vycytává  $CO_2$

**Energetický ekvivalent kyslíku (EE)** – energie vztážená na 1 l kyslíku

množství energie, které se uvolní při spotřebě 1 l kyslíku

univerzální konstanta pro výpočet energetického výdeje při smíšené stravě  
•  $EE = 20,19 \text{ kJ / liter } O_2$

## EE živin:

Glukóza  $21,4 \text{ kJ / liter } O_2$

Proteiny  $18,8 \text{ kJ / liter } O_2$

Lipidy  $19,6 \text{ kJ / liter } O_2$

# Respirační kvocient (RQ)

**Poměr:** vyprodukovaný  $\text{CO}_2$  / přijatý  $\text{O}_2$

## Poskytuje informaci ohledně zpracovaného substrátu

Sacharidy:  $\text{RQ} = 1$  – stejný poměr C a O jako ve vodě

Lipidy:  $\text{RQ} = 0,7$  – obsahují méně kyslíku

Proteiny:  $\text{RQ} = 0,8 - 0,9$  – komplikovanější, protože se musí počítat i s močí

Běžná smíšená potrava:  $\text{RQ} = 0,85$

Glukogeneze:  $\text{RQ} \approx 0,4$

Lipolýza :  $\text{RQ} \approx 0,7$

Lipogeneze :  $\text{RQ} \approx 2,75$

Na lačno, při hladovění:  $\text{RQ} < 0,85$  – lypolýza, glukoneogeneze

## Jiné faktory ovlivňující RQ

- hyperventilace  $\text{RQ} > 1$  je vydýcháván  $\text{CO}_2$
- během zátěže nebo při metabolické acidóze  $\text{RQ} > 1$
- volní hypoventilace nebo metabolická alkalóza může  $\text{RQ} < 0,7$
- dle orgánů – mozek  $\text{RQ} = 1$  (jí sacharidy), žaludek  $\text{RQ} < 1$

# Dusíková bilance

Jedná se o poměr (nebo rozdíl) mezi dusíkem přijatým v potravě (bílkoviny, aminokyseliny) a dusíkem vyloučeným (především močí, ve stolici je dusíku minimálně). Je to i indikátor rozpadu bílkovin a aminokyselin nebo tvorby nové tkáně (zabudovávání bílkovin).

## Negativní dusíková bilance

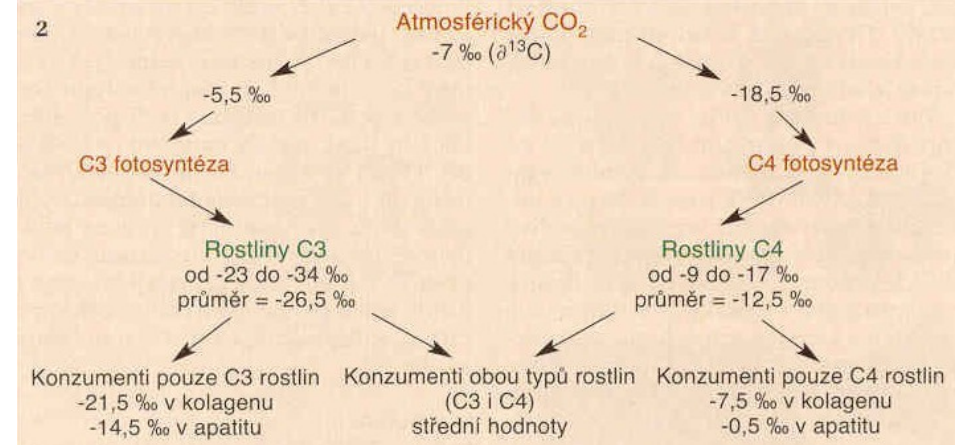
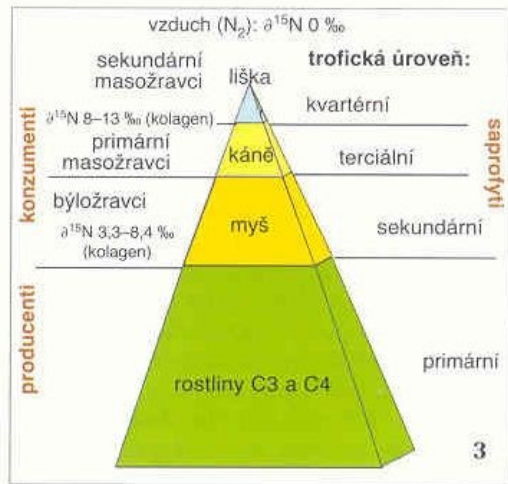
- dusík je více vylučován než přijímán
- znak degradace bílkovin a aminokyselin
- hladovění, nucená dlouhodobá nehybnost, nedostatek některé esenciální aminokyseliny, rozpad tkání (rozsáhlá zranění, popáleniny, rozpad nádorů, pooperační stavy)

## Pozitivní dusíková bilance

- dusík je více přijímán než vylučován
- růst, těhotenství

# Výživa a paleoekologie

## Poměr stabilních izotopů ( $^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$ a $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ )



$$\delta^{13}\text{C} = ((R_{\text{sample}}/R_{\text{standard}} - 1) \times 1000)$$

$$\delta^{15}\text{N} = ((R_{\text{sample}}/R_{\text{standard}} - 1) \times 1000 \text{ per mil})$$

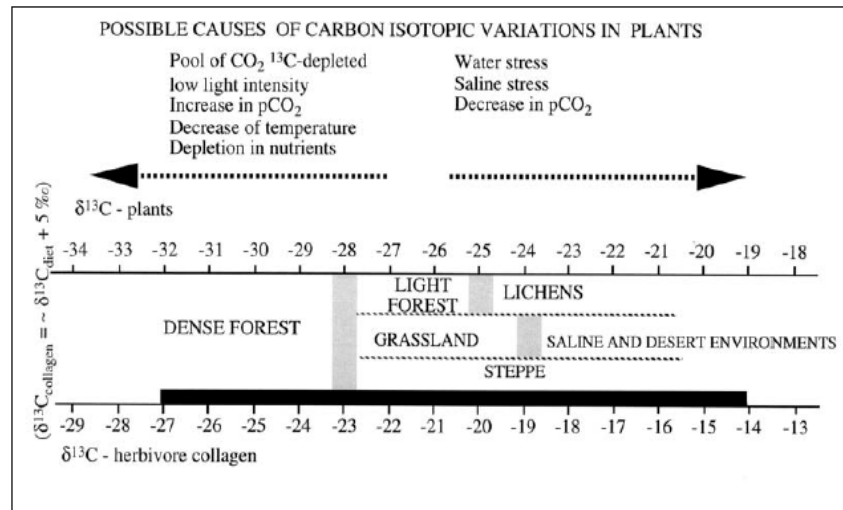
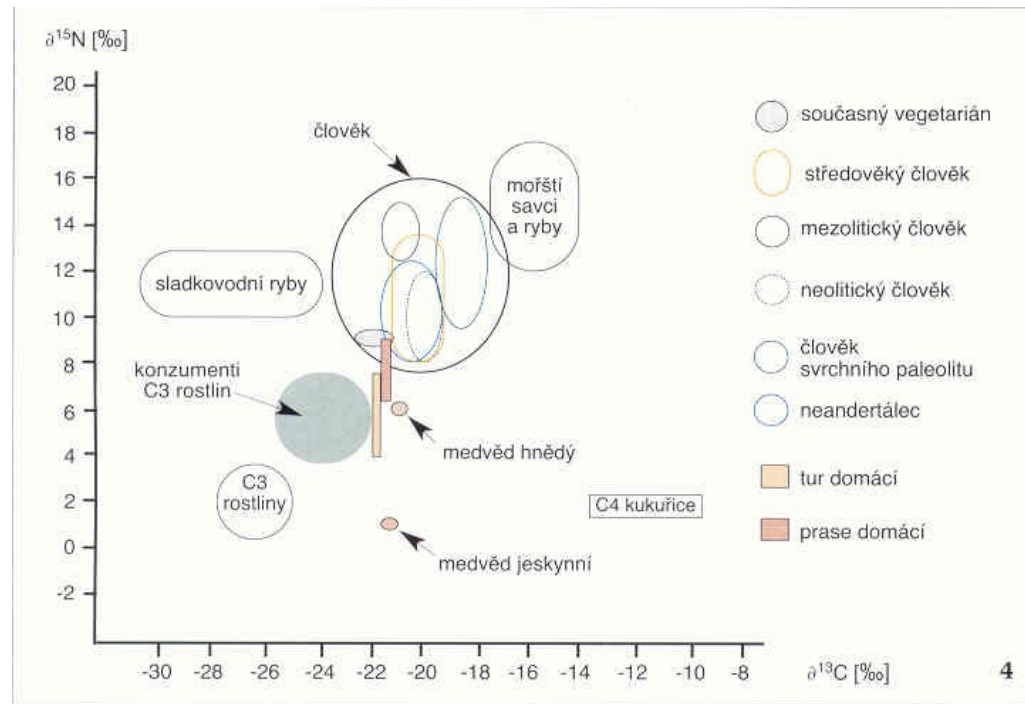
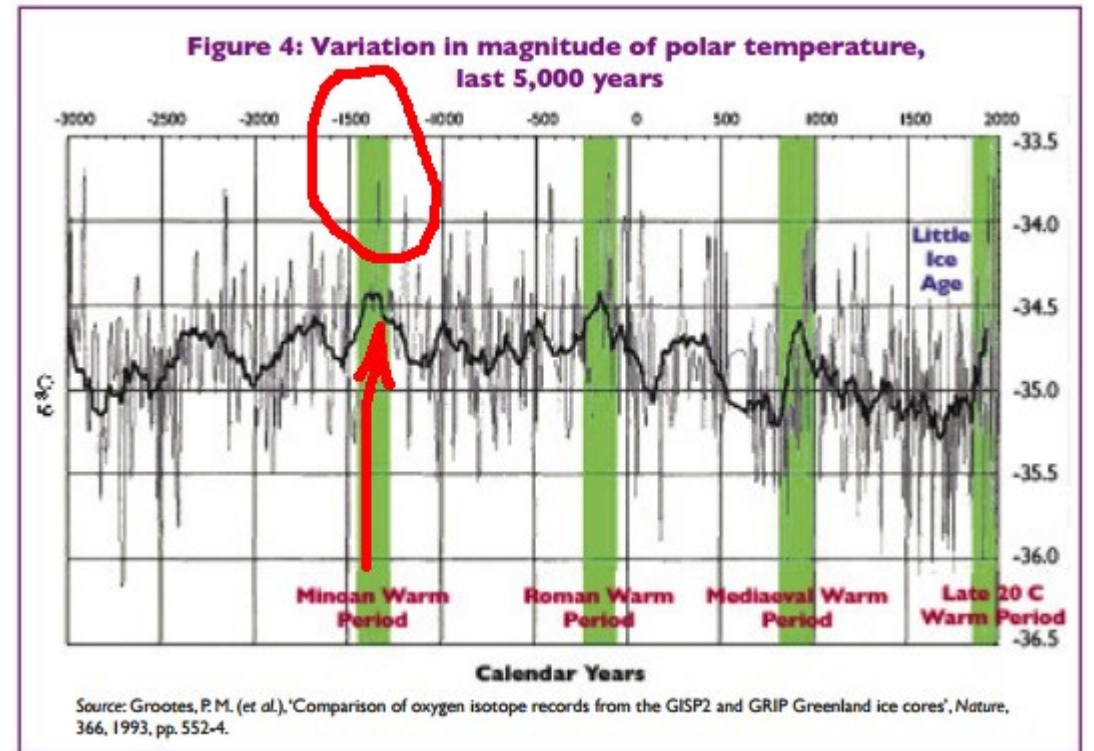
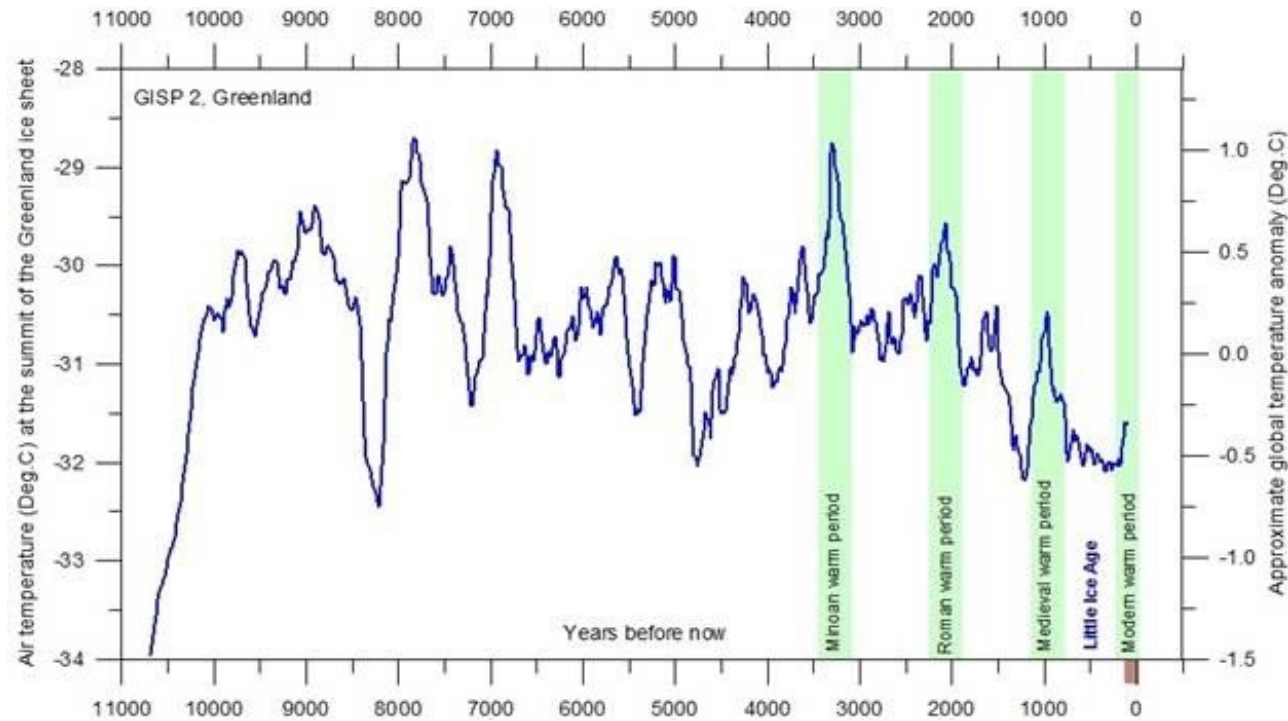


Figure 1 Range of herbivore collagen  $\delta^{13}\text{C}$  values measured in modern arctic, temperate and steppic areas, with possible causes of carbon isotopic variations in plants and herbivores. Values are compiled from Nelson et al. (1986), Bocherens et al. (1994, 1996, 2000), Rodière et al. (1996).



# Izotop kyslíku

Poměr izotopů kyslíku  $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$  nám řekne o klimatu během života člověka a vodě kterou dané zvíře či člověk pil. Izotop  $^{18}\text{O}$  se velmi snadno váže do fosforečnanu vápenatého (tvořícího kost) a do fluoroapatitu (tvořícího sklovinu zubu). Podle izotopového složení lze zjistit nejen klima v době života zvířete či člověka, tak rovněž lze zjistit migrace v raném věku.



# Bazální metabolismus

Množství energie nezbytné pro zachování základních životních funkcí

**Bazální energetický výdej (BEE):** energetický výdej organismu za definovaných - tzv. bazálních podmínek:

- termoneutrální prostředí
- tělesný a duševní klid (ráno než vstaneme z lůžka)
- dieta bez bílkovin 12-18 hodin před měřením

**BEE se mění v závislosti na mnoha faktorech** (např. svalová tkán zvyšuje BEE, opakovaná hubnutí ho snižuje)

I přes splnění podmínek je získaná hodnota pouze odhadem skutečné energie spojené s bazálním metabolismem.

**Klidový energetický výdej** — měření výdeje za klinických podmínek, kdy není možný dodržet všechny bazální podmínky — slouží k odhadu BEE

# Měření spotřeby $O_2$ v praxi



# Aktuální energetický výdej (AEE)

Výdej měřený za aktuálních podmínek

## V praxi: AEE

- v klidu (≠ klidový výdej!) – v leže
- ve stoje
- po fyzické zátěži – chůze na schůdcích po dobu 5 min

## Stanovte

- $v_n$  - odečtená spotřeba  $O_2$  (l/s)
- $v_r$  – hodnota korigovaná na  $0^\circ\text{C}$  a  $101,325\text{ kPa}$  (113)

$$v_r = v_n \cdot \frac{273}{273 - t} \cdot \frac{B - e}{101,325}$$

t: Teplota místnosti  $^\circ\text{C}$ , B: barometrický tlak kPa (1 mmHg = 0,133 kPa), e - napětí vodních par v kPa (podle tabulky)

## Vypočítejte AEE (chyba výpočtu je asi 8%)

- $\text{AEE (kJ/s)} = 20,19 \cdot v_r$
- $\text{AEE (kJ/den)} = 20,19 \cdot v_r \cdot 86400$



# Výpočet energetického výdeje rovnicí

Bazální energetický výdej (BEE) – *Harris-Benedictova rovnice*

➤ muži (kcal/den)

➤ ženy (kcal/den)  $BEE = 66 + 13.7 \cdot m + 5 \cdot h - 6.8 \cdot r$

$$BEE = 655 + 9,6 \cdot m + 1,7 \cdot h - 4,7 \cdot r$$

m: hmotnost v kg, h: výška v cm, r: věk v letech

$$BEE \text{ (kJ/den)} = BEE \text{ (kcal/den)} \cdot 4,184$$

$$AEE \text{ (kJ/den)} = BEE \cdot AF \cdot TF \cdot IF$$

➤ bazální energetický výdej (kJ/den)

➤ aktivita (activity factor, AF) - v praktiku: zdravý lehce pracující (AF = ženy 1,55; muži 1,6)

➤ tělesná teplota (temperature factor, TF) – v praktiku: normální (TF = 1)

➤ poškození (injury factor, IF) – v praktiku: žádné (IF = 1)

**Zvýšení teploty a poškození zvyšuje AEE!**

BEE a AEE představuje jen odhad vaší reálné hodnoty. Rovnice byla zjištěna na základě vyhodnocení mnoha lidí, ale dva lidé se stejnými parametry nikdy nebudou mít stejný výdej, pouze podobný. Rovnice například nepočítá se složením tělesné hmoty, podílem svalů a tuků, nastavením metabolismu

# Závěry

Porovnejte spočítaný BEE a naměřený AEE v leže a po zátěži

Očekáváme:

$BEE < AEE \text{ klid} < AEE \text{ po zátěži}$

Vysvětlete pozorované rozdíly

Může se stát:

$BEE \geq AEE \text{ klid}$

Vysvětlete tuto situaci

