

# Základy osteologie

Miriam Nývltová Fišáková

Archeologický ústav AV ČR v.v.i.

Královopolská 147

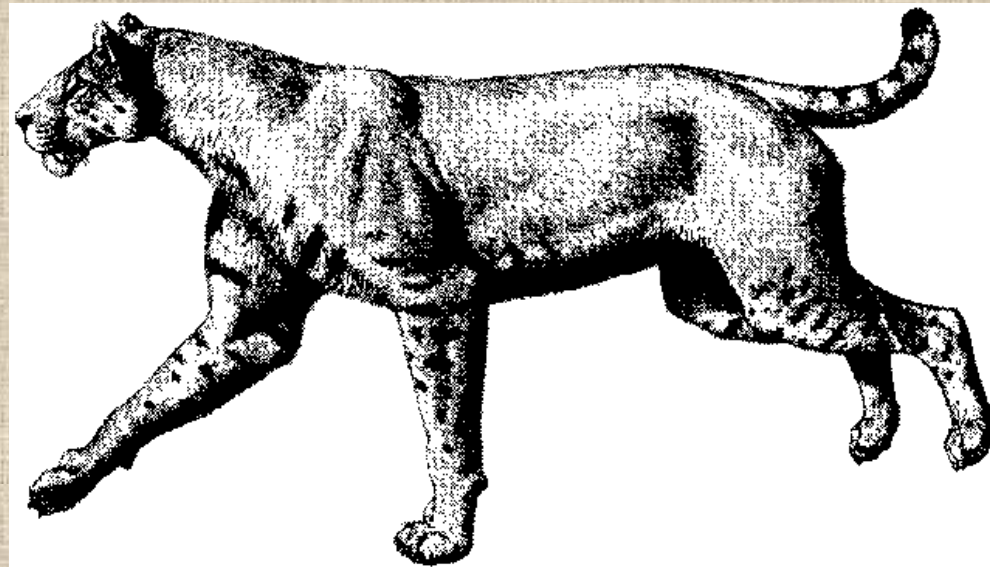
61200 Brno

Tel.: 541 514 118

E-mail: [nyvltova@iabrno.cz](mailto:nyvltova@iabrno.cz)

<http://www.iabrno.cz/~nyvltova/>

<https://www.facebook.com/pages/Laborato%C5%99-zoarcheologie-a-paleontologie/321712674507783>



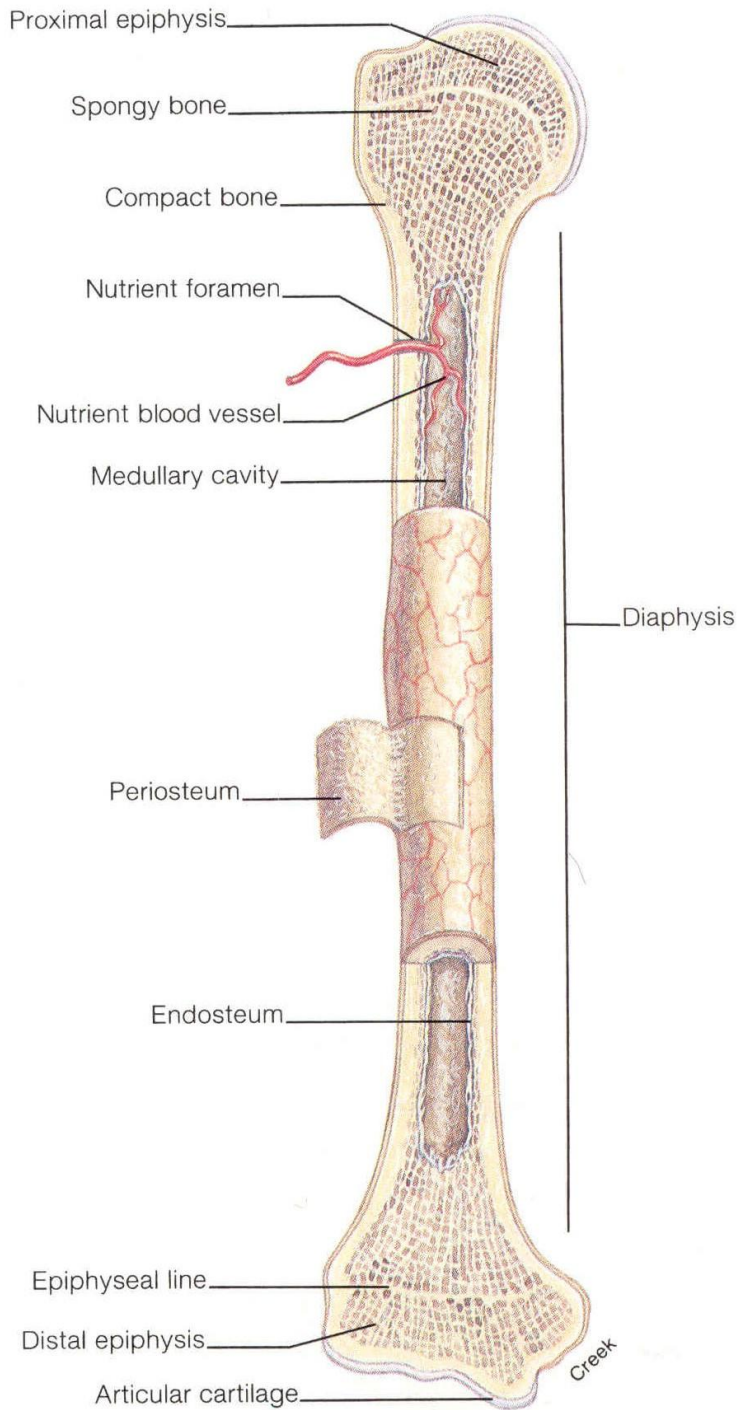
**Kost** (*os*) se řadí mezi pojiva a je druhem tkáně. Kostí jsou tvořeny tkání dvou základních forem:

a) **tkání hutnou** (*substantia compacta*), která zpravidla tvoří povrch kosti

b) **kostní trámčinou** (*substantia spongiosa*), která je v nitru kosti. Je tvořena trámečky, které vytvářejí prostorovou síť.

Na povrchu je kost krytá **okosticí** (*periosteum*).

# Stavba dlouhé kosti



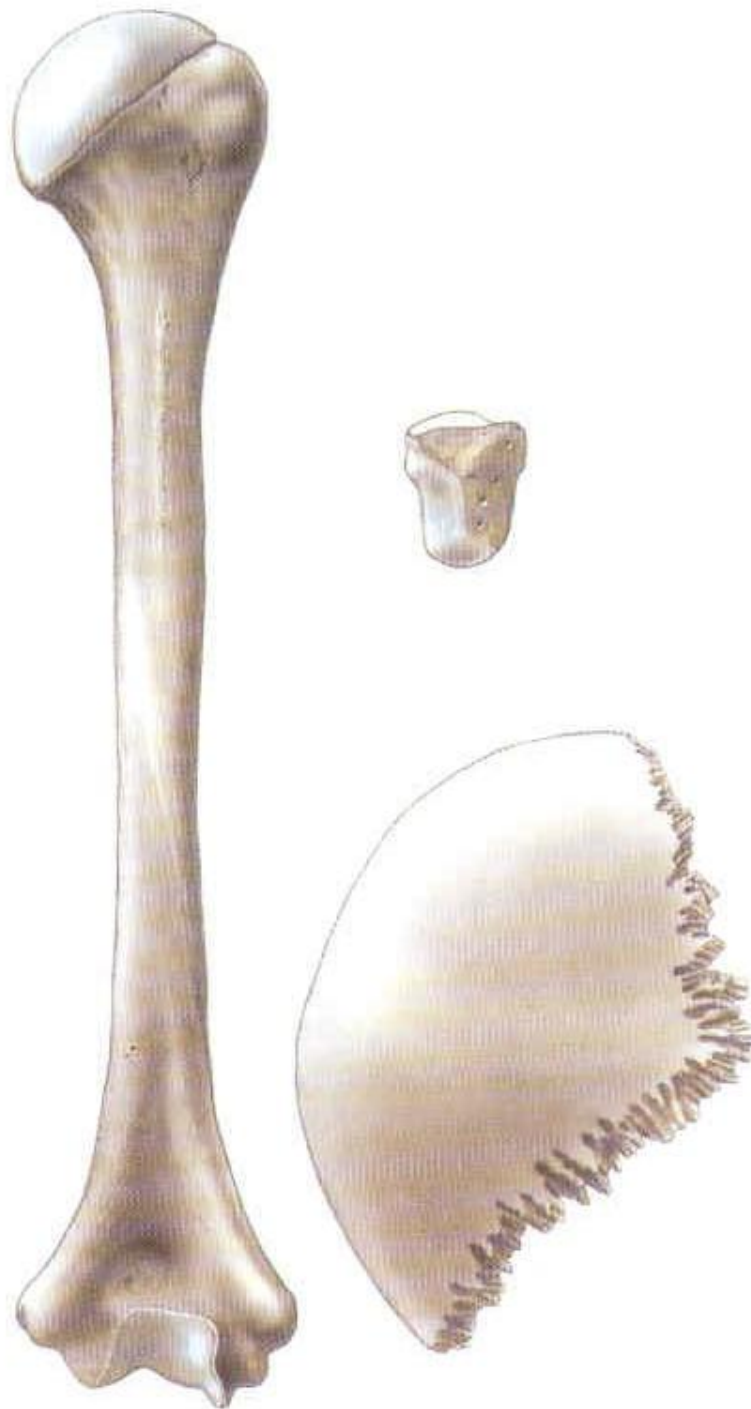
Podle tvaru rozeznáváme tři typy kostí:

a) **dlouhé kosti.** Dlouhé kosti mají dlouhé tělo (*diafýzu*), s dutinou (*cavitas medullaris*) uvnitř. Na obou koncích diafýzy jsou kloubní zakončení (*epifýzy*). Na povrchu je tenká vrstva kompaktní kosti a uvnitř je trámčina.

b) **krátké kosti.** Krátké kosti mají tenkou vrstvu kompaktní kosti, uvnitř je spongióza (např. obratle)

c) **ploché kosti.** Ploché kosti mají na zevním a v případě existence vnitřního povrchu i zde vrstvu kompaktní kosti (*lamina externa et interna*). Mezi nimi je spongióza zvaná *diploe* (např. lebeční kosti).

## **Druhy kostí**



## Zuby (*dentes*)

Na stavbě zuby se podílejí tři mineralizované tkáně:

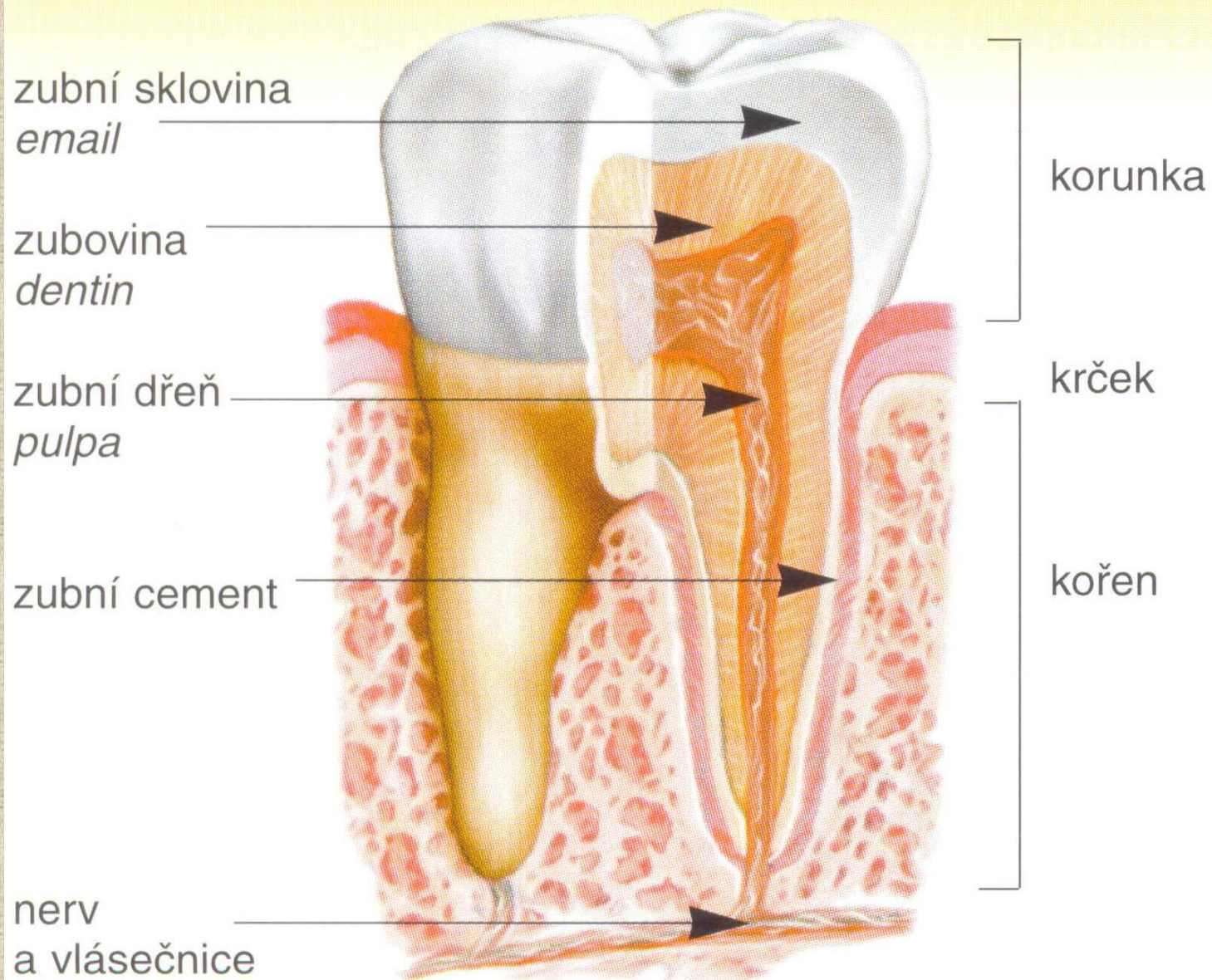
- 1) **sklovina**, která kryje korunku
- 2) **dentin**, tvořící hlavní hmotu zuby
- 3) **cement**, který pokrývá krček a kořen zuby

Na zuby se rozeznávají tyto útvary:

- 1) **korunka** (*corona dentis*)
- 2) **krček** (*collum dentis*)
- 3) **kořen** (*radix dentis*)

Uvnitř zuby je dřeň (*pulpa dentis*), což je měkká tkáň obsahující krevní cévy a nervy. Zuby jsou v alveolu upevněny systémem vláken, zvaných ozubice (*periodontium*).

## Stavba zuby.



## Typy zubů:

- 1) řezáky (*dentes incisivi*)
- 2) špičáky (*dentes canini*)
- 3) třenové zuby (*dentes praemolares*)
- 4) stoličky (*dentes molares*)





řezáky  
*dentes incisivi*



špičáky  
*dentes canini*



zuby třenové  
*dentes premolares*



stoličky  
*dentes molares*



# Vyzvedávání koster velkých obratlovců z nezpevněných hornin

Nezpevněné horniny:

- jíly
- spraše
- štěrky

V těchto horninách nečiní potíže odkrytí kostí, problém začíná v okamžiku, když chceme fosilii vyzvednout, protože kosti jsou často křehké a okolní nezpevněná hornina není dostatečnou oporou. Pro tento případ se používá technika sádrového nebo polyuretanového obalu.

**Říční písky a štěrky,  
Lokalita Eppelsheim  
(Německo)  
sp. miocén**





**lokalita Dolní Věstonice,  
Jižní Morava  
svrchní pleistocén  
Sídliště „lovců mamutů“**



**Postup je následující:**

**a) fosilii odkrýváme vždy shora**

**b) po částečném odkrytí vykopeme kolem hluboký zářez. Zářez musí být hlubší než je přepokládaná tloušťka fosilie.**

**c) část, která zůstane v terénu, se podhrabe tunely, kolmými k ose kostry. Počet tunelů se řídí velikostí nálezu. Sloupy, které zůstanou mezi tunely se postupně ztenčují až po určitou hranici. Je nutno postupovat velmi opatrně.**

**d) fosilii je nutno před přiložením sádrových obalů zdokumentovat fotograficky, změřit ji a pořídit náčrt celé nálezové situace. Na fragmenty kostí namalujeme čáry kolmé ke směru zlomů nejlépe barevně. Pokud fosilie leží v anatomické poloze, tak žebra a obratle označíme pořadovými čísly, aby se v laboratoři jednotlivé kusy dobře skládaly.**

**e) na připravenou fosilii začneme přikládat vlhký novinový papír. Na papír přikládáme vrstvu gázy namočené v sádrové kaši. Pokud má nález více jak 50 cm, tak ho zpevníme dřevěnými trámky nebo tyčemi na míru, které se přisádrují.**

**f) po ztvrdnutí sádry podsekne se sloupky a celý blok se vyzvedne.**

# Získávání kosterního materiálu z nezpevněných hornin

## Plavení makrofosilií

Tato technika se používá pro získání vzácných drobných fosilních obratlovců. Množství vyplaveného materiálu se mnohdy blíží tunám.

Většinou se plavení provádí v terénu (u vodních toků a nádrží) a nebo tam, kde je možné napojit hadice. Rozměry sít jsou 50 x 40 cm a napínají se do rámců s prkének, aby se zamezilo únikům fosilií. Oka sít jsou 1-5 mm.

Pokud sediment obsahuje hrubší materiál, tak se použijí hrubší a jemnější síta, která se dají pod sebe. Výplav se suší buď na sítěch a nebo na hrubé tkanině. Po vysušení se dá výplav do krabiček a označí. Vybírání výplavu provádíme pod binokulární lupou a pinzetou.

# Plavení



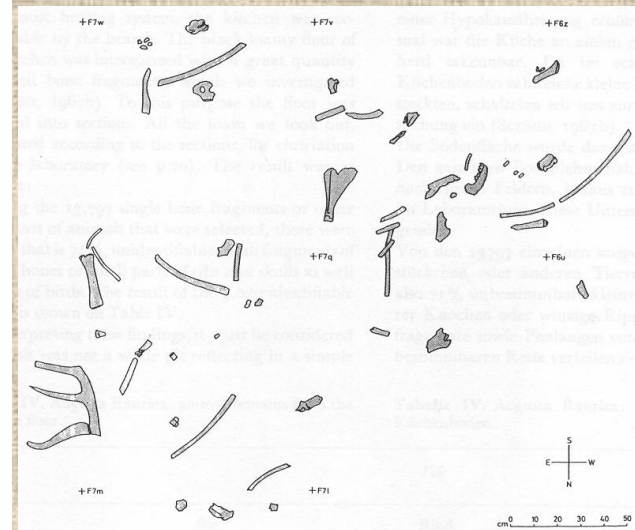
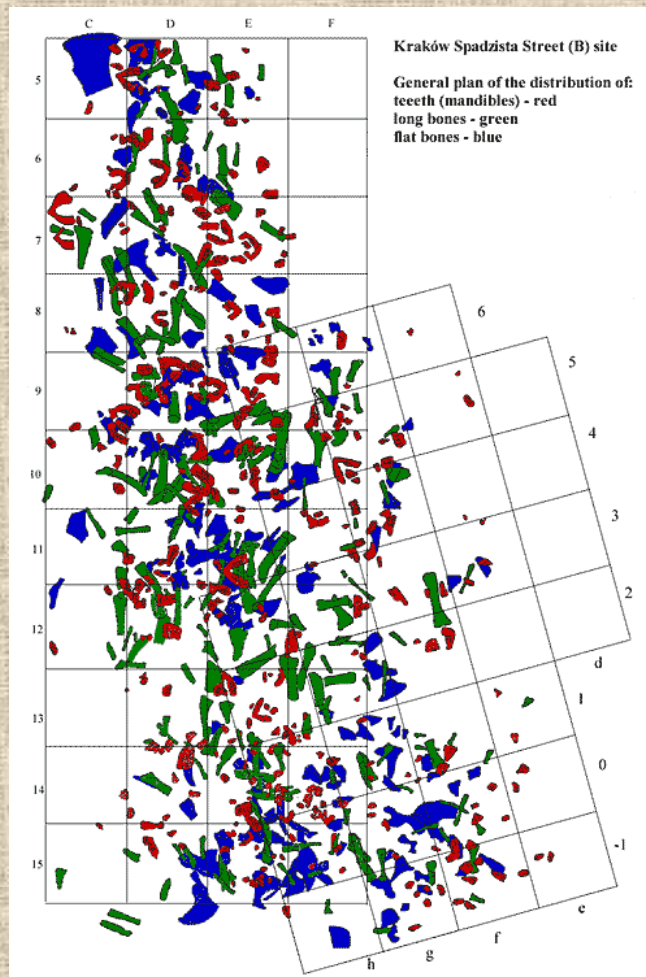
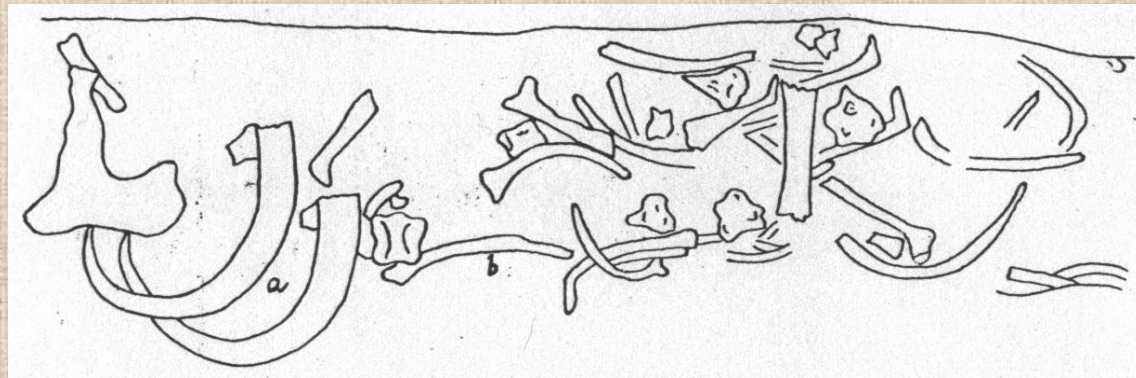


**zakreslování nálezů  
lokalita Dorn-Dürkheim,  
Německo  
hranice pliocén/pleistocén**





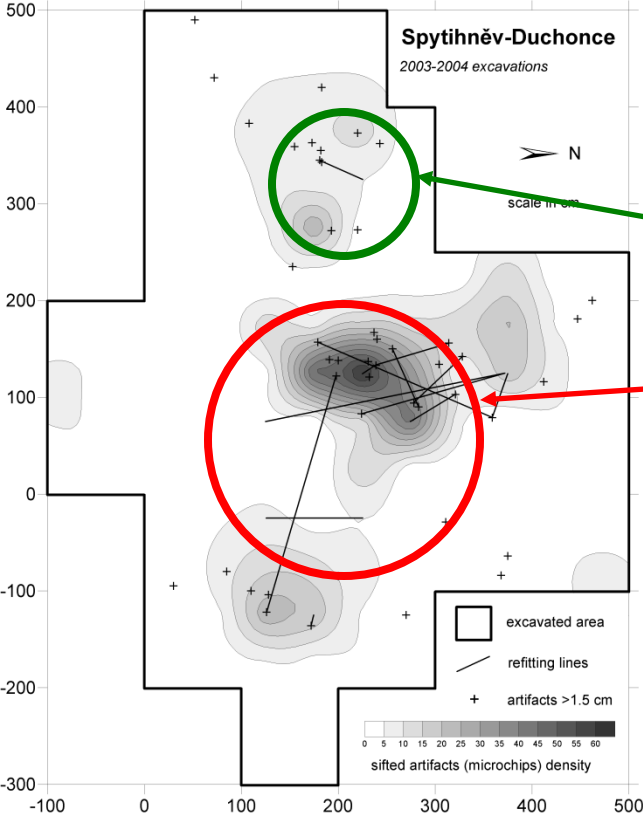
# Zakreslování nálezů





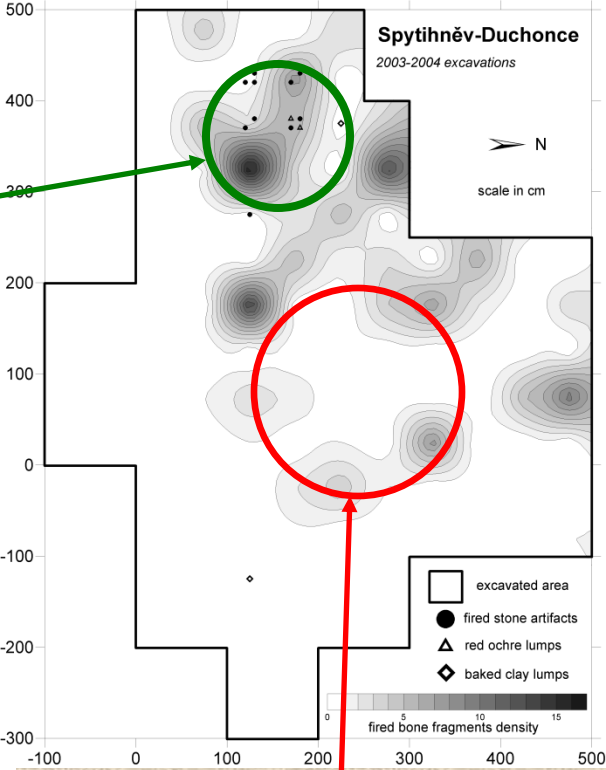
## Zaměřování nálezů pomocí totální stanice



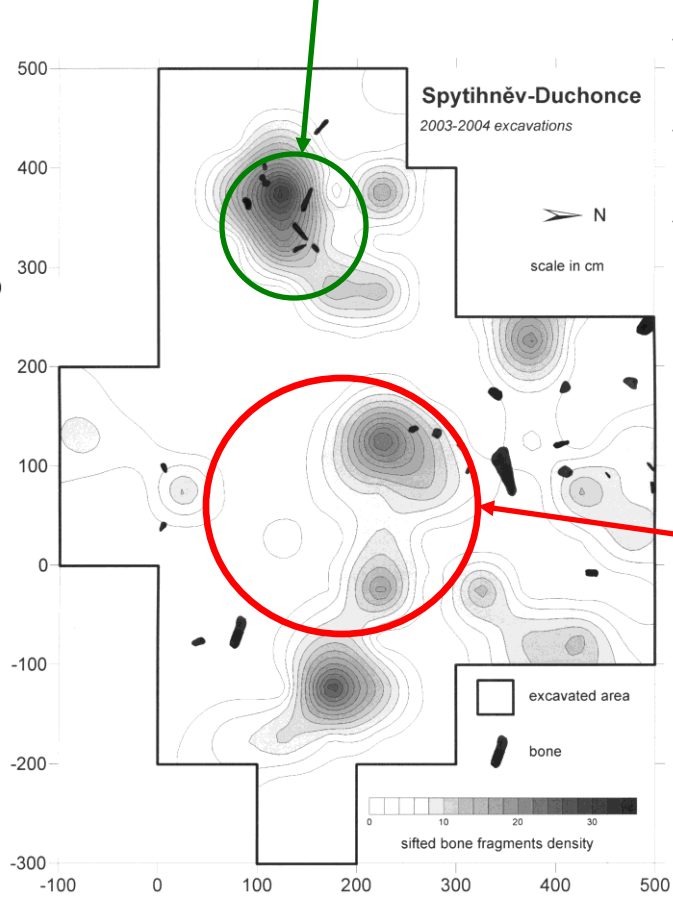


**Místo se stopami ohně – „ohniště“**

**Wall-effect**



**Půdorys lehkého stanového obydlí**

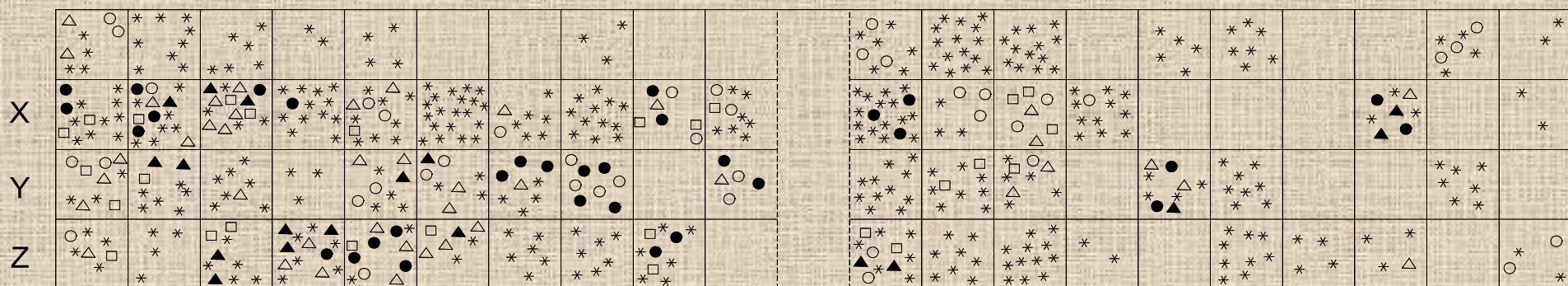


# Planigrafie

# Planigrafie

Prostorové rozmístění kostí na lokalitě DV II – SZS (1987)

3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23



- \* *Mamthus primigenius*
- △ *Alopex lagopus a Vulpes vulpes*
- *Canis lupus*
- *Lepus timidus*
- *Rangifer tarandus*
- ▲ *Equus germanicus*

# Určení stáří kosterního materiálu - stratigrafie

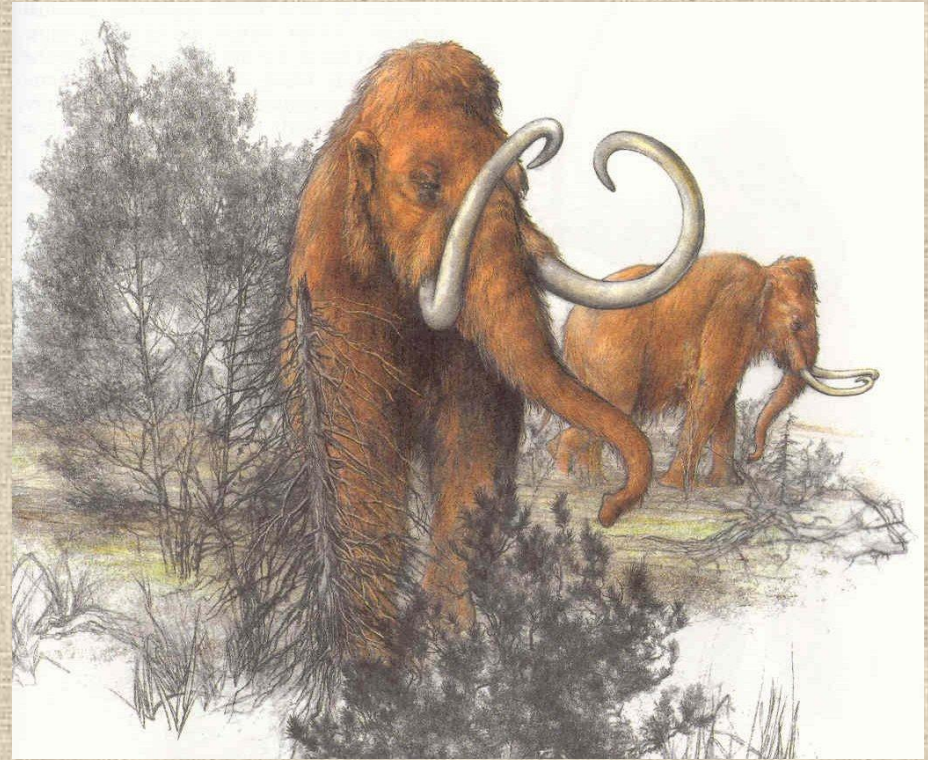


# Zvířátka, která lze najít na archeologických lokalitách

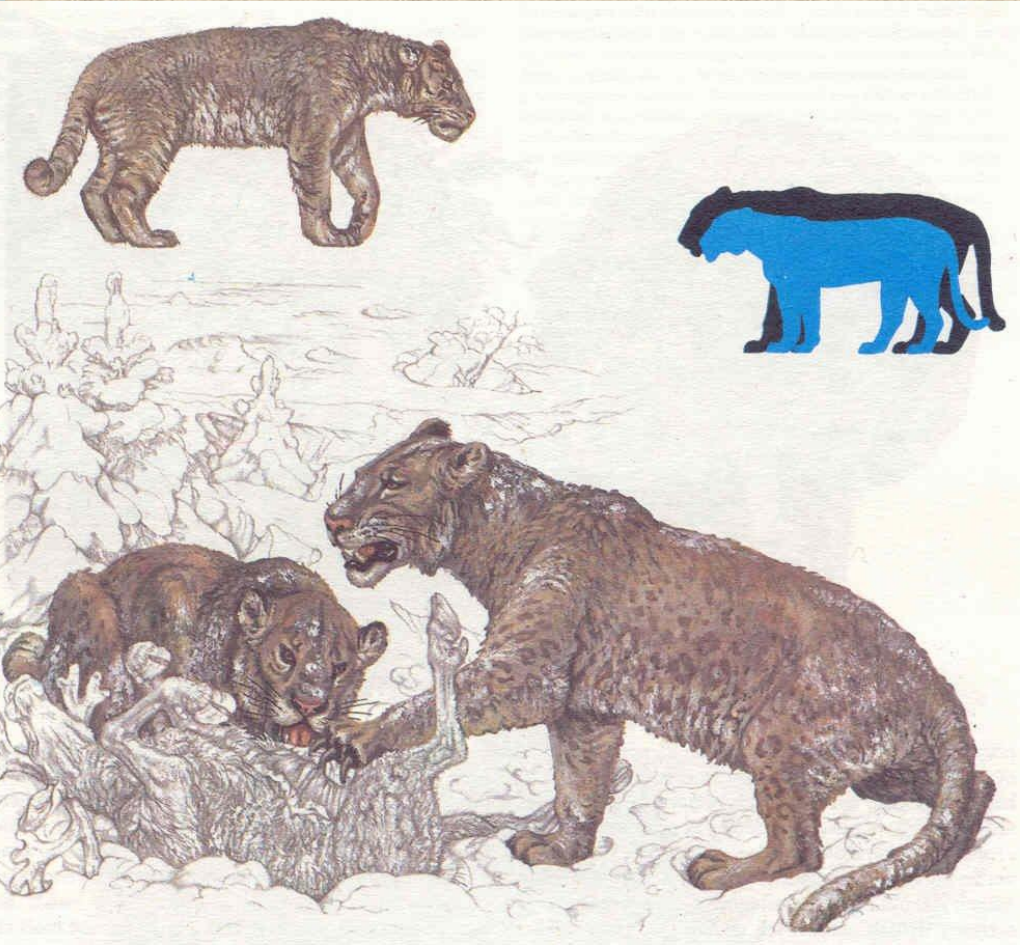
## Paleolit



**Nosorožec srstnatý**



**Mamut srstnatý**



**Lev jeskynní**

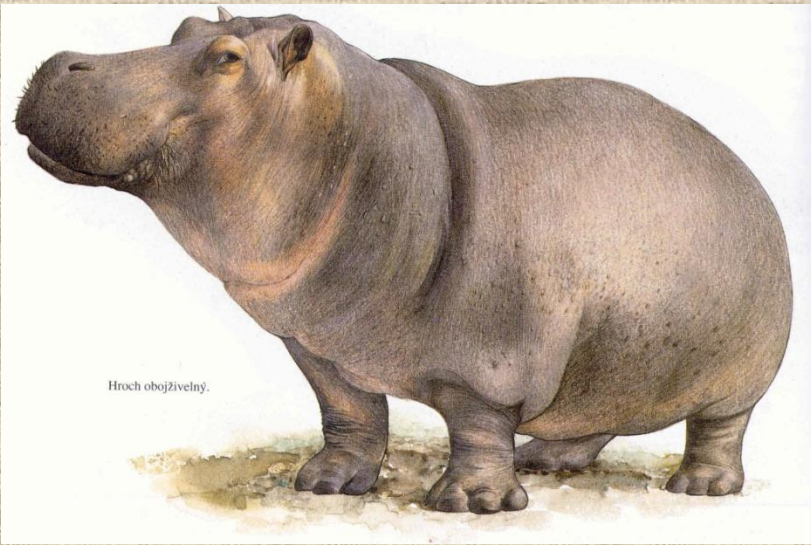


**Medvěd jeskynní**

**Megaloceros**

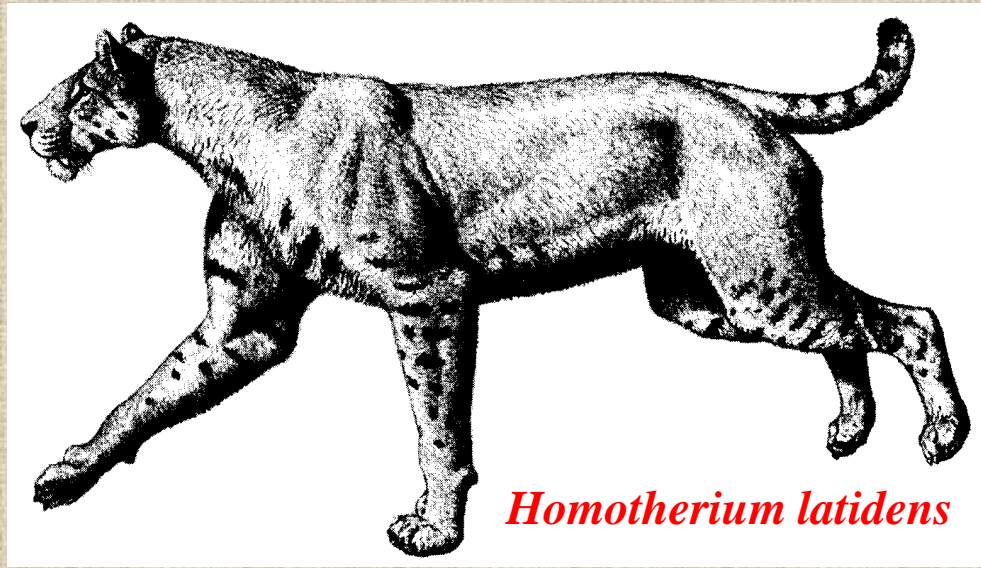






Hroch obojživelný.

*Mammuthus meridionalis*



*Homotherium latidens*

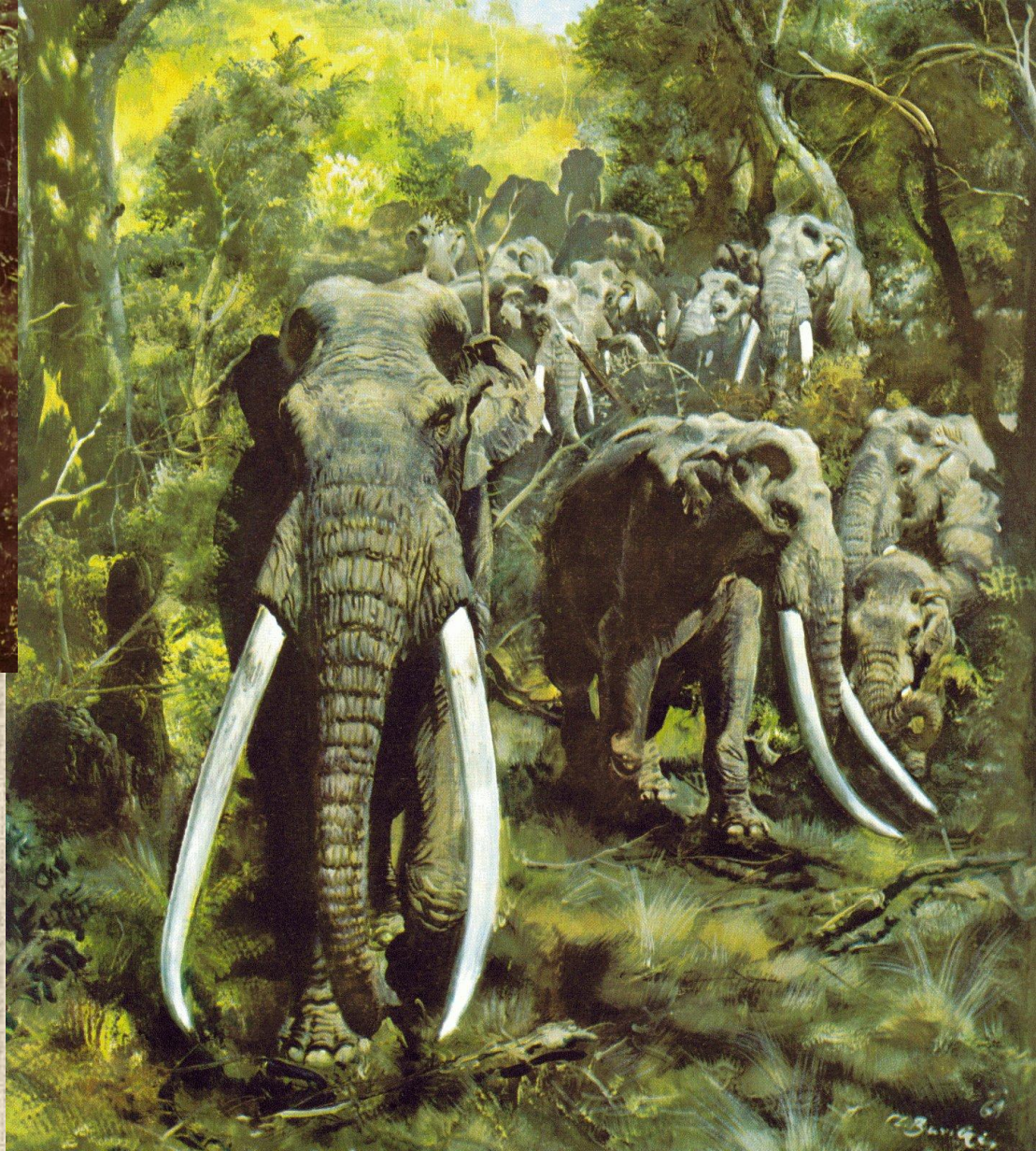
*Smilodon*

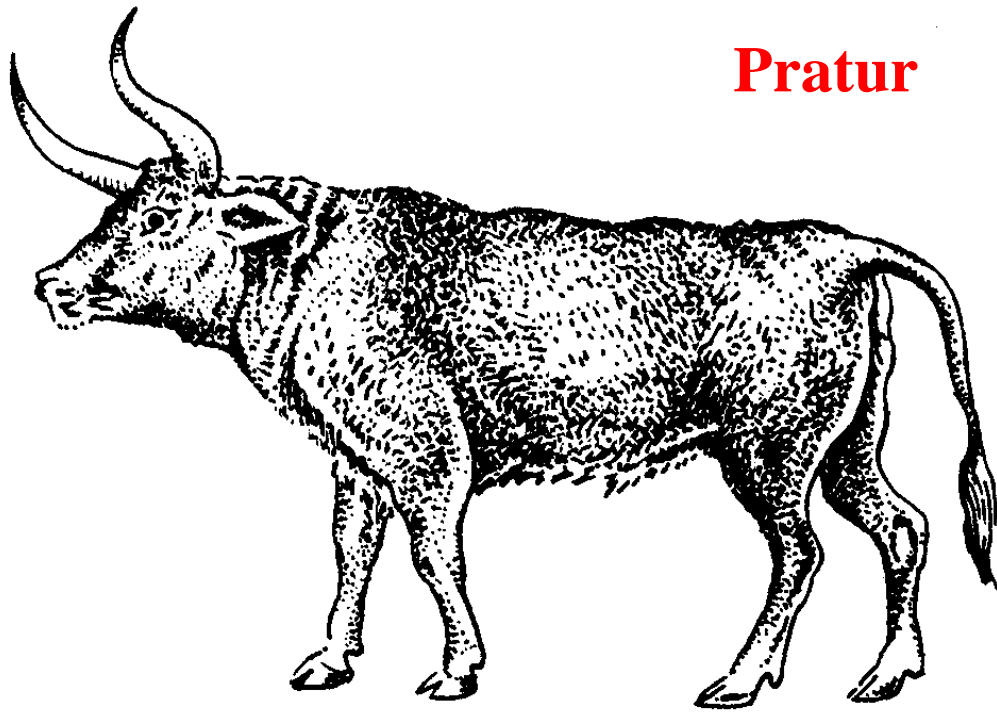


*Paleoloxodon antiquus*



*Dicerorhinus etruscus*

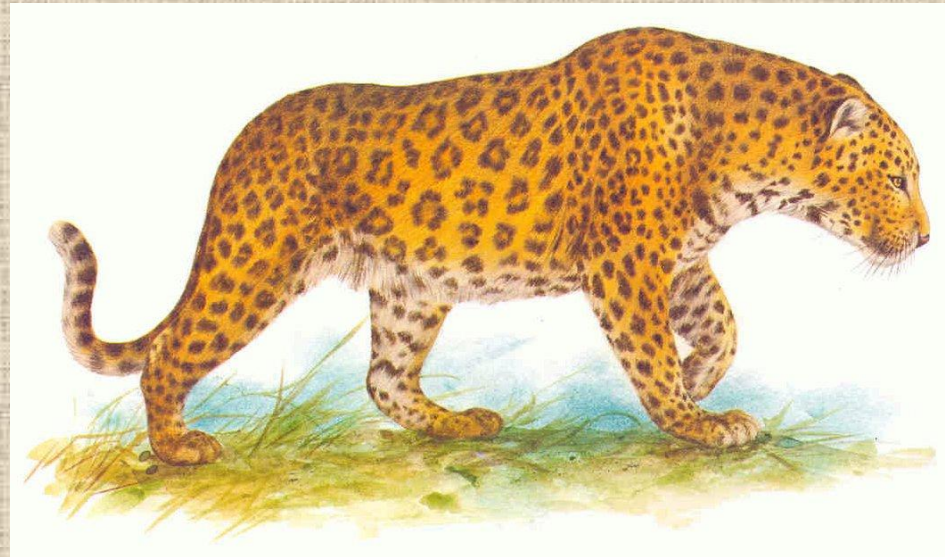




**Pratur**



**Jezevec**



**Levhart**



**Zubr**



**Hyena jeskynní**

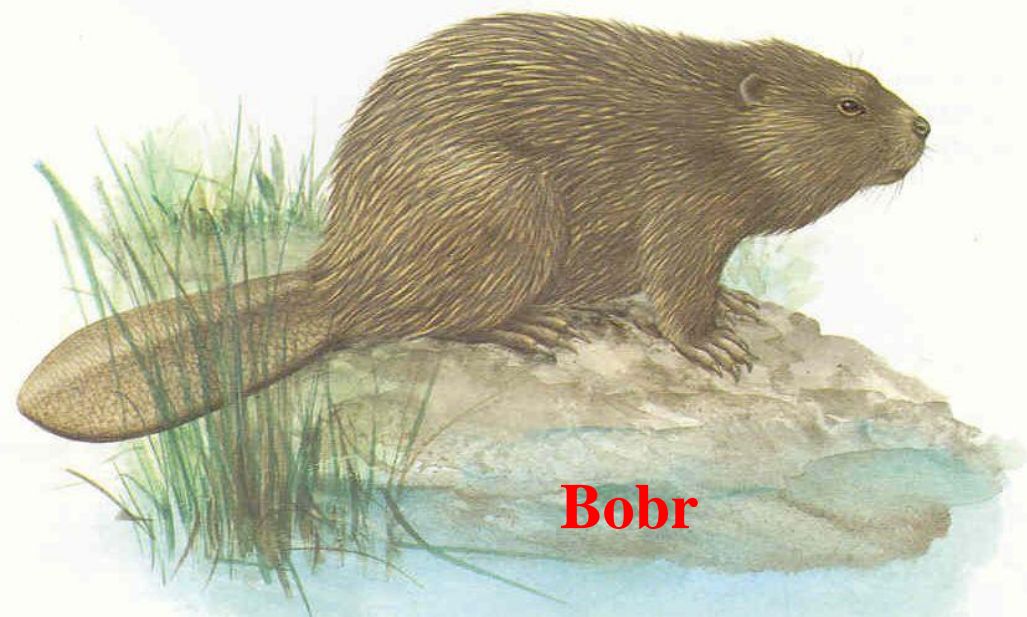
**Rosomák**



**Sněžný zajíc**



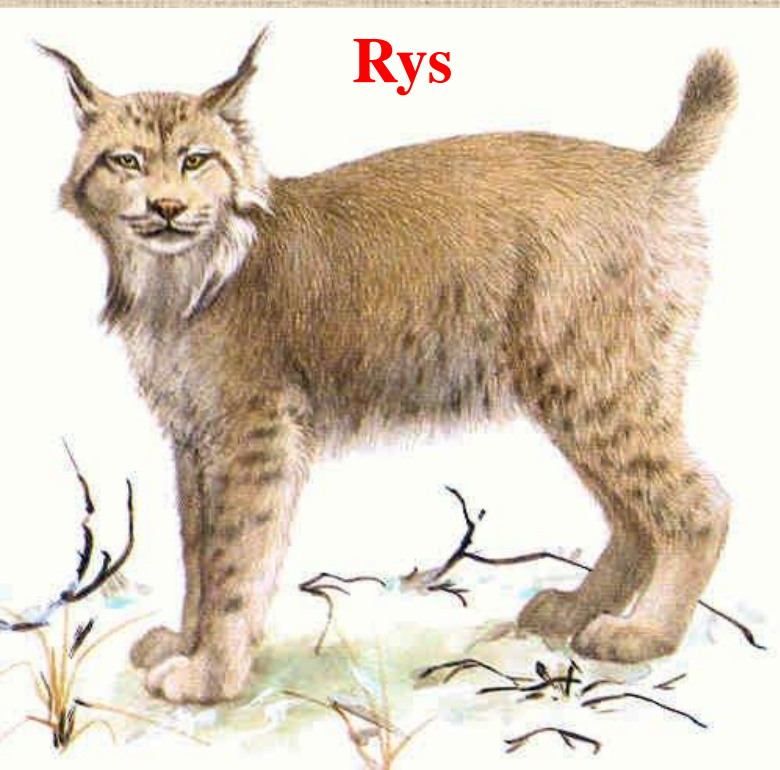
**Liška polární**



**Bobr**



**Kuna**

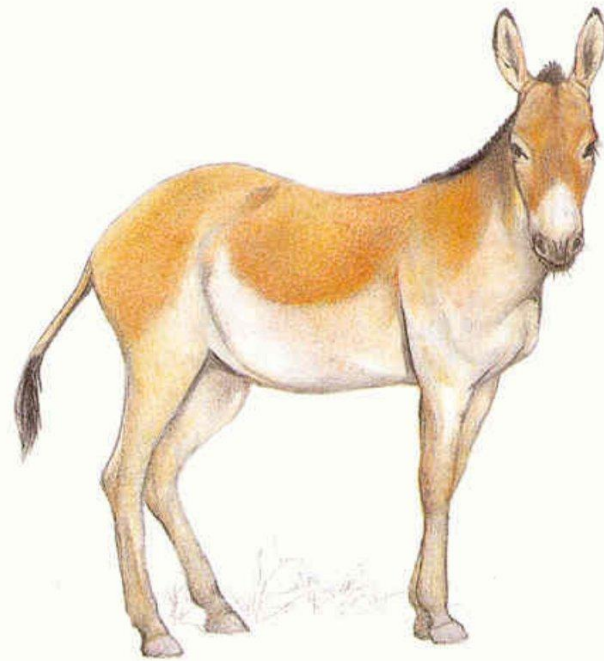


**Rys**



**Jelen lesní**

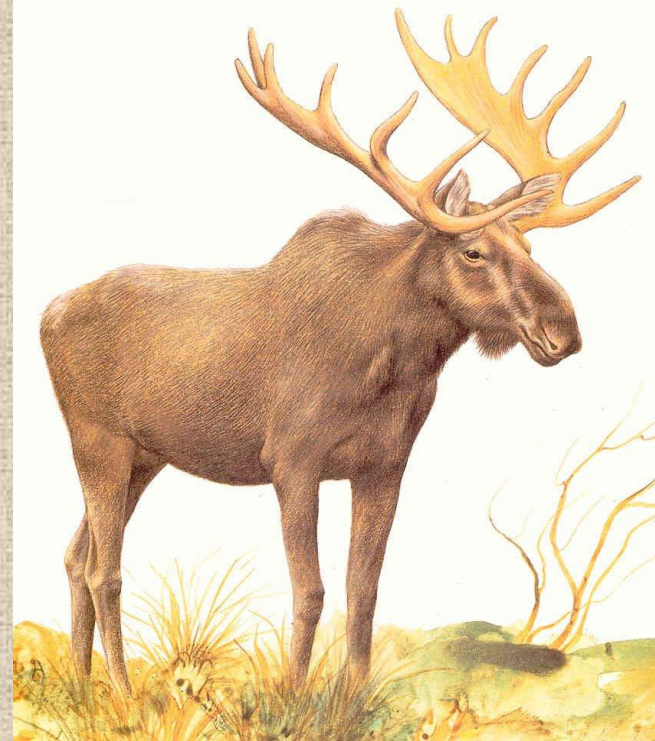
**Osel**



**Kůň sprašový**



**Los**

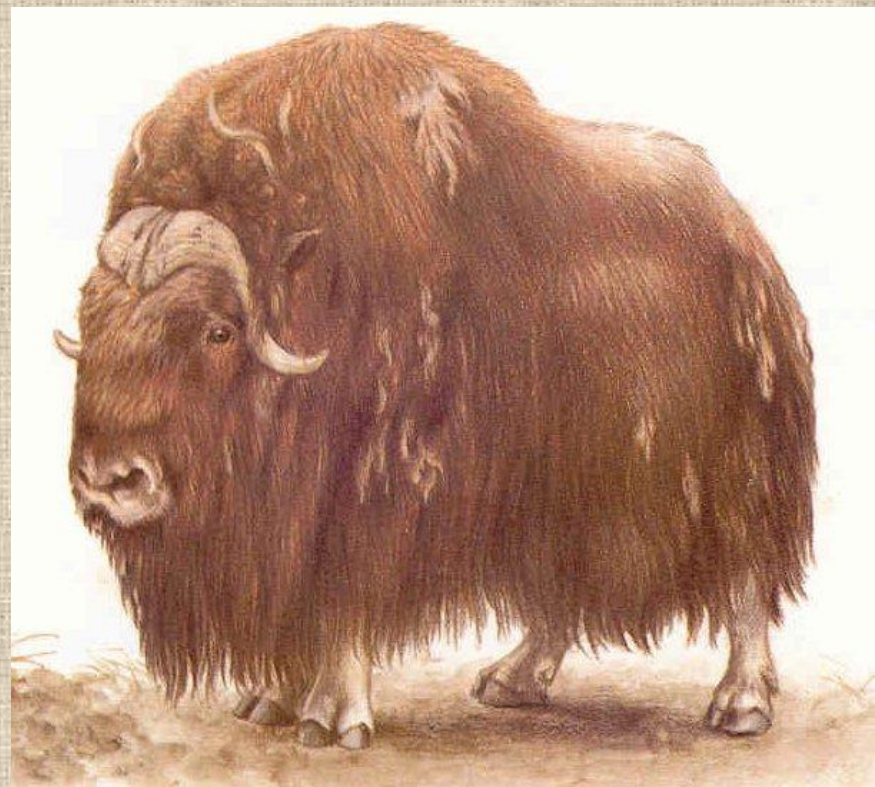




**Sob polární**



**Kozorožec alpský**



**Pižmoň**

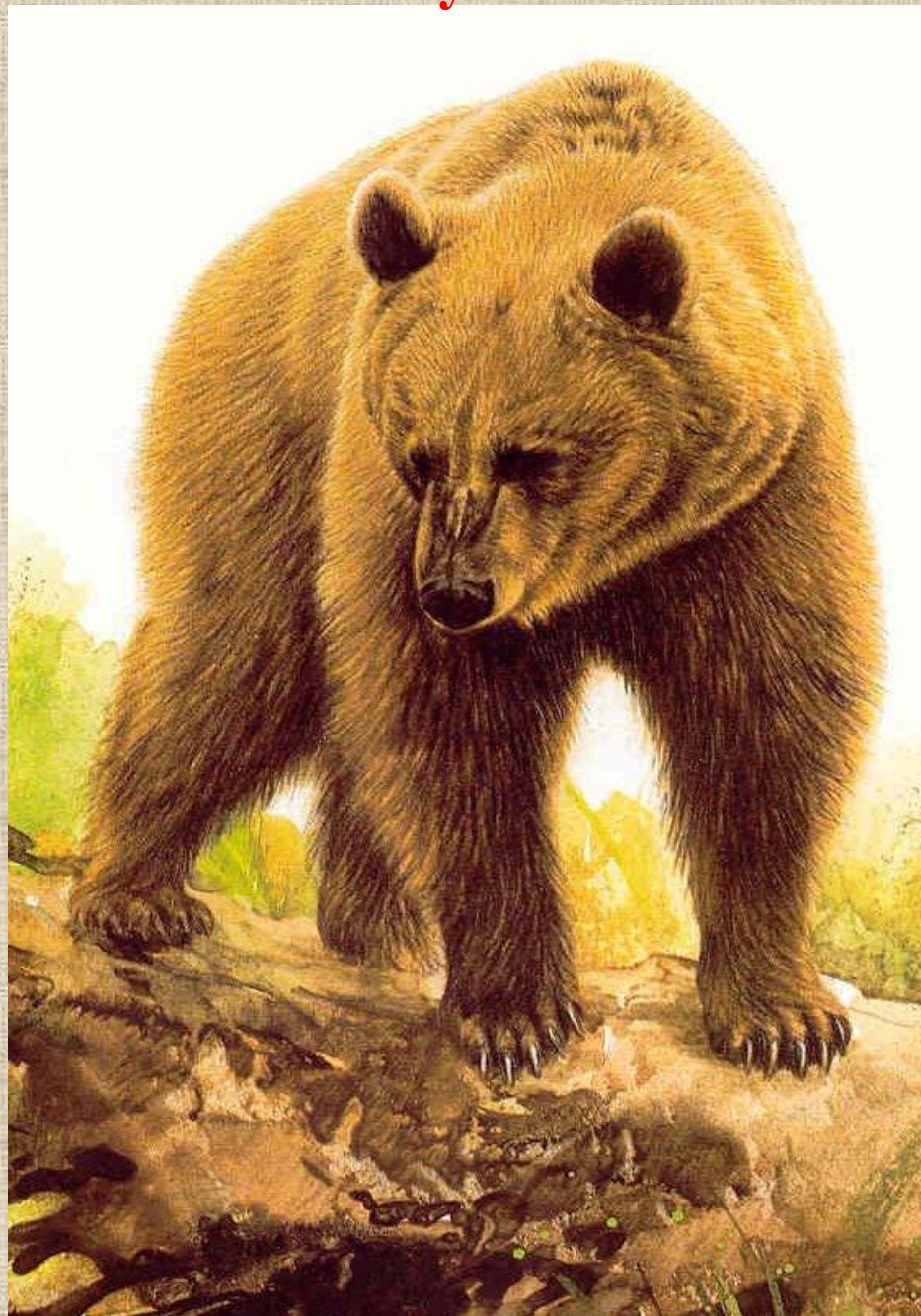


**Liška obecná**

**Vlk obecný**



**Medvěd hnědý**







**hraboš**



**hryzec**



**lumík**

**Bobr evropský**



**svišť**

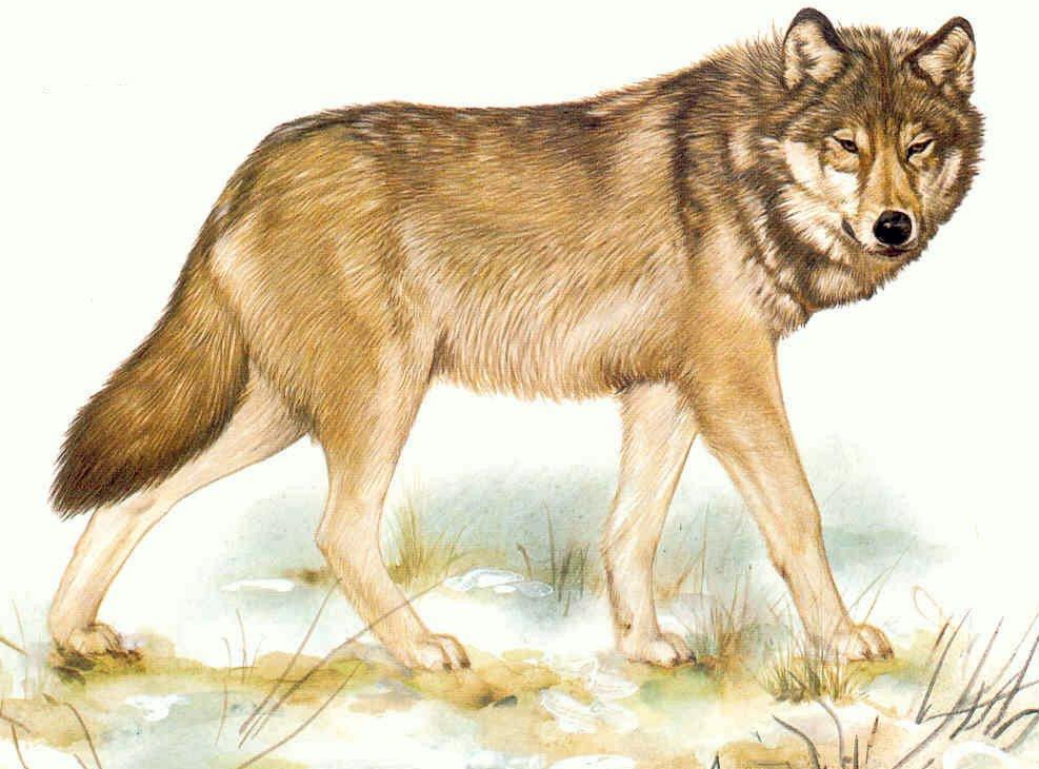
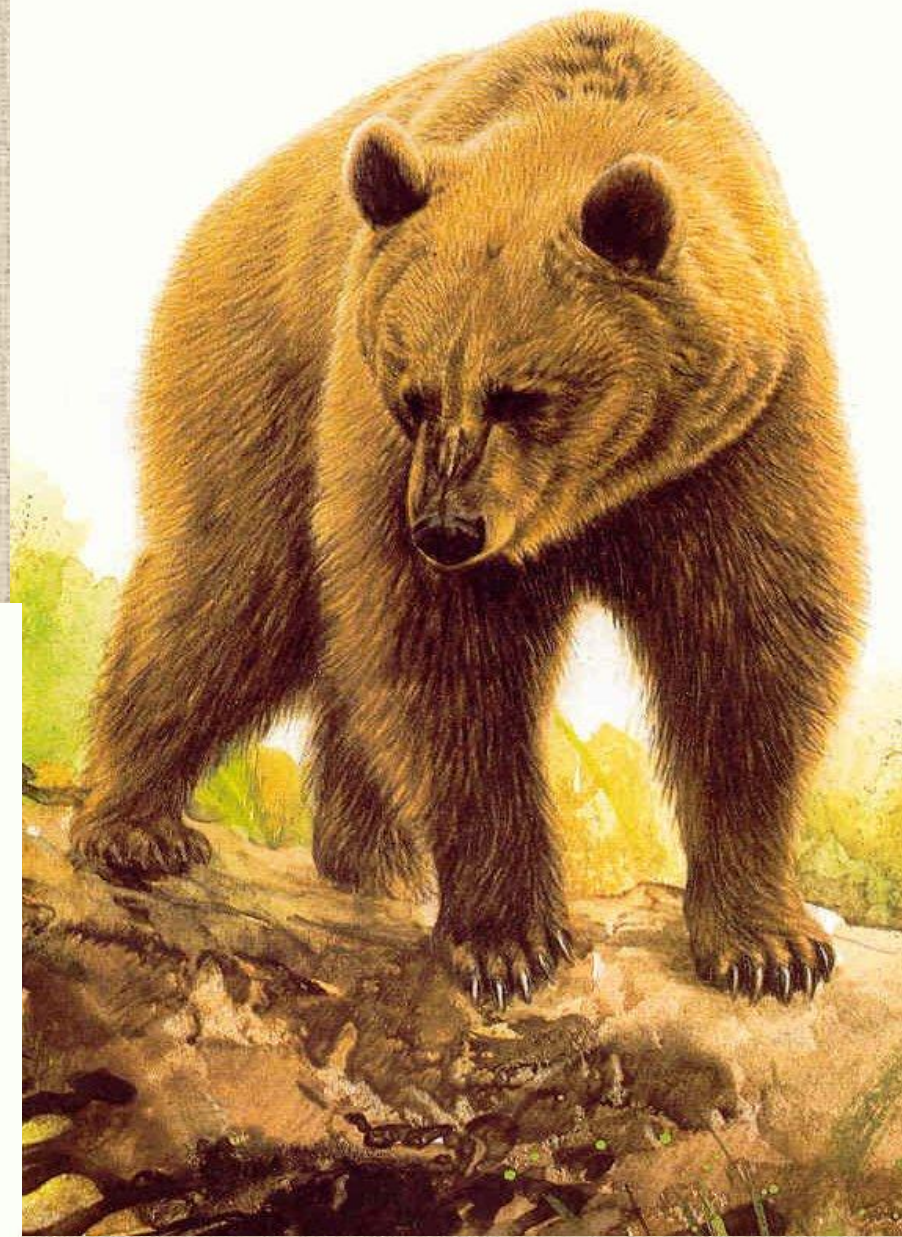
# Holocén

- divoce žijící zvířata

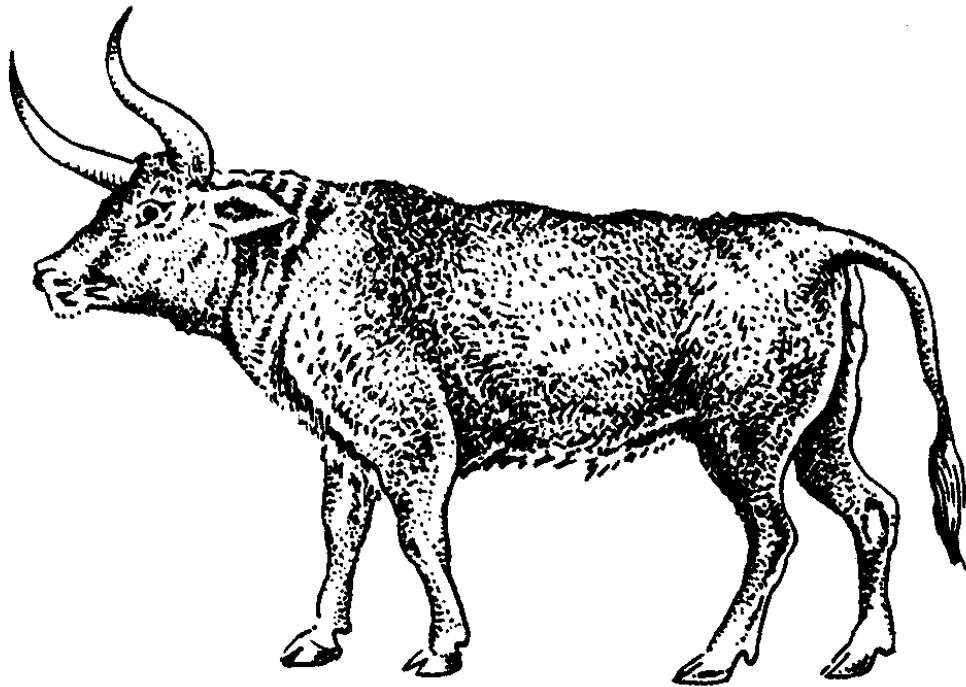




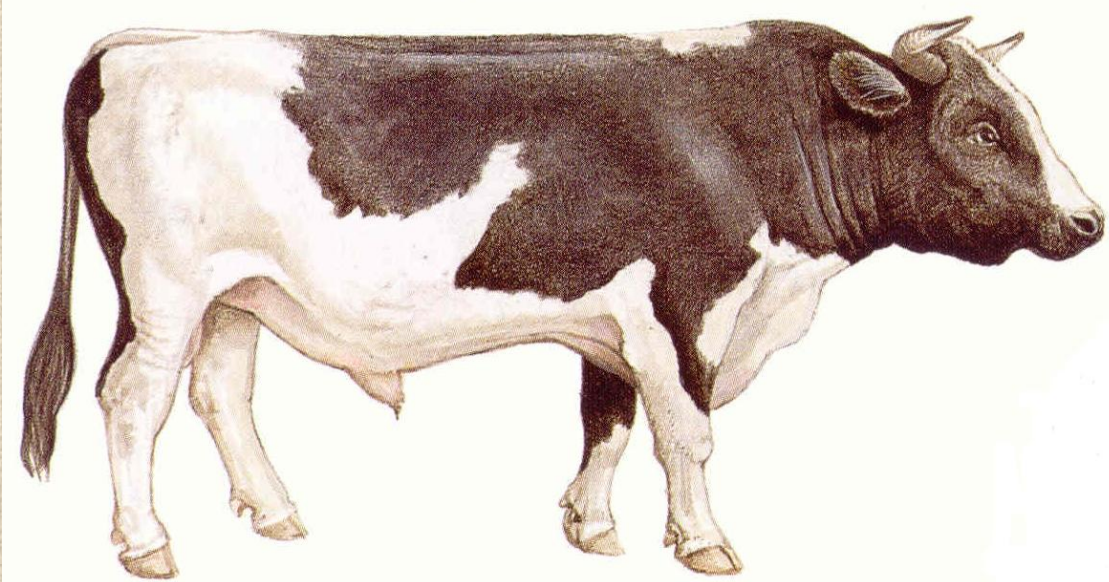
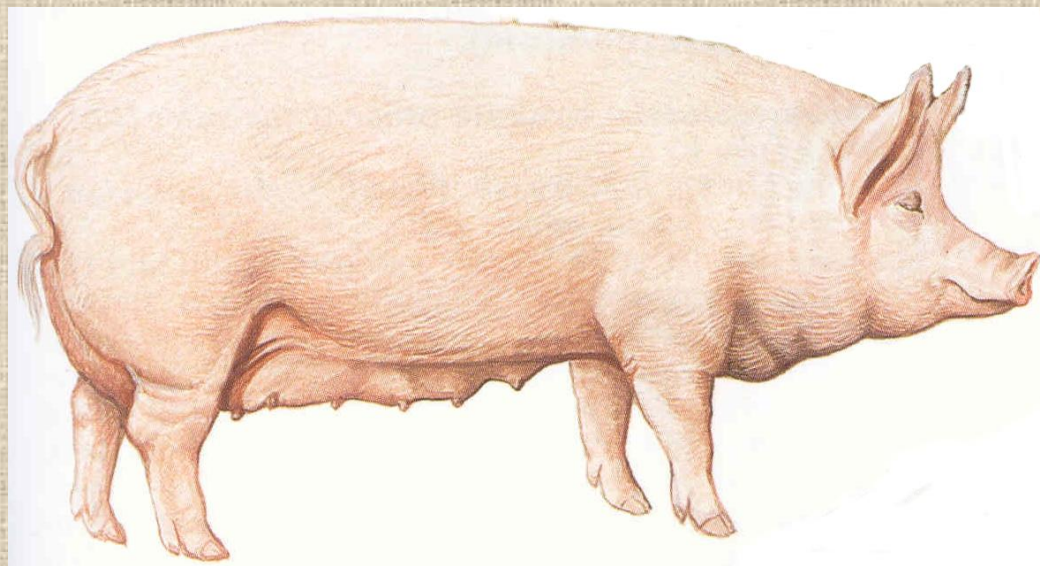




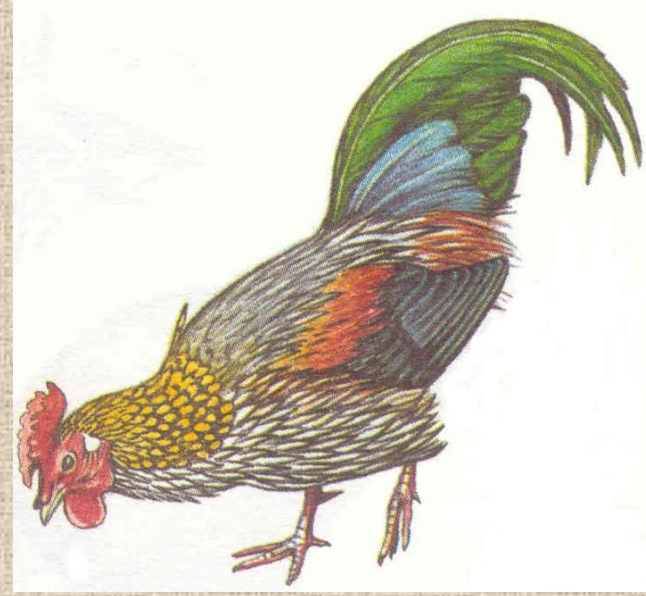
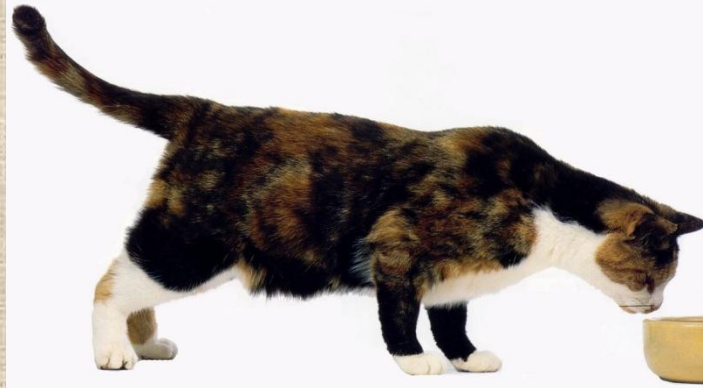




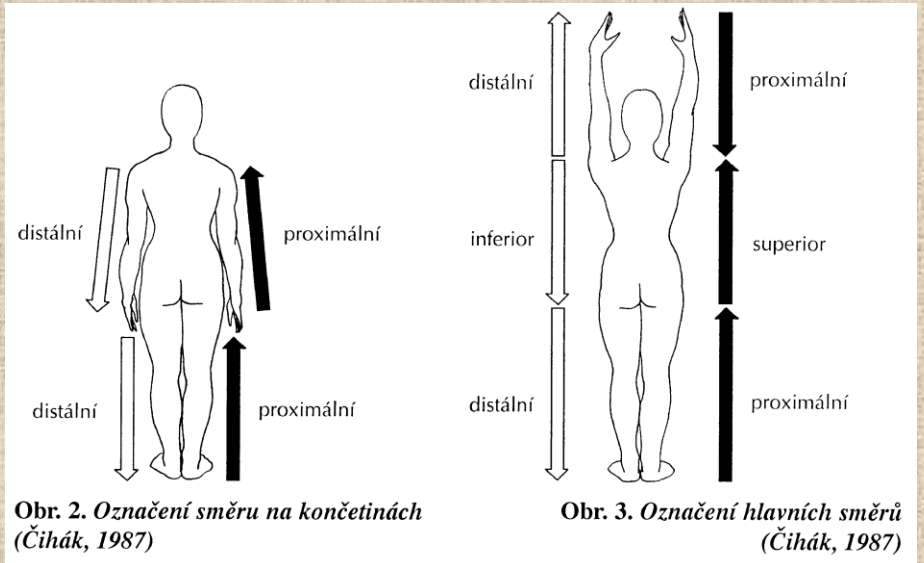
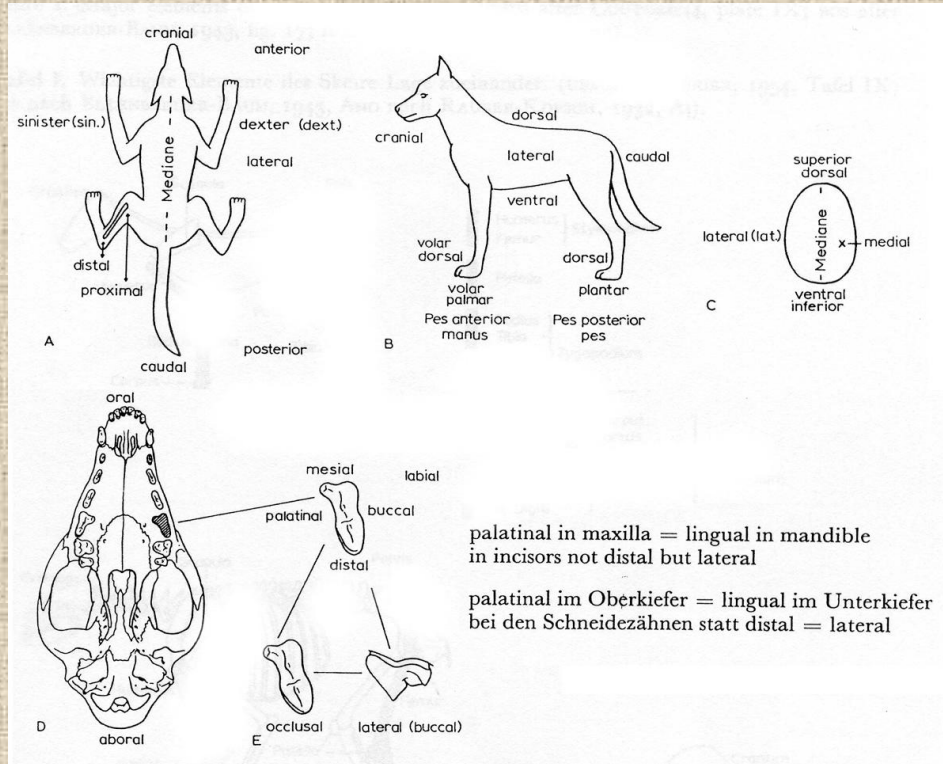
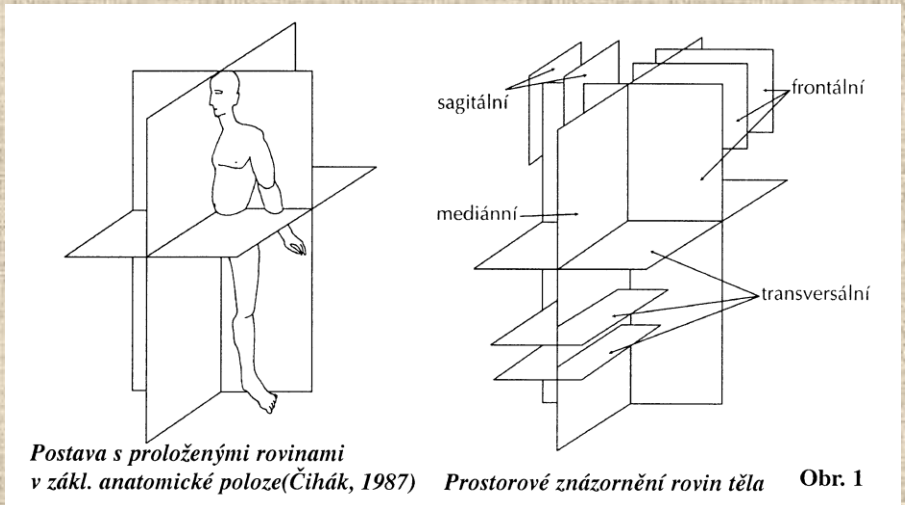
# Holocén-domáci zvířata

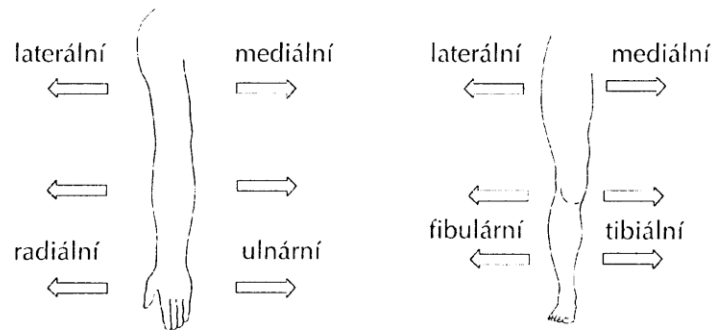
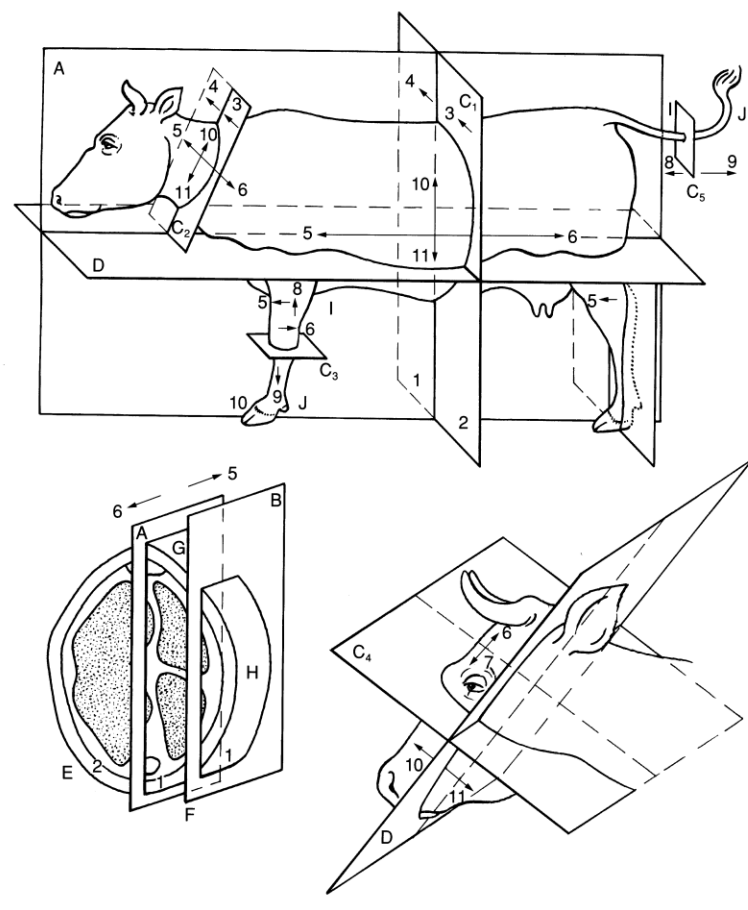




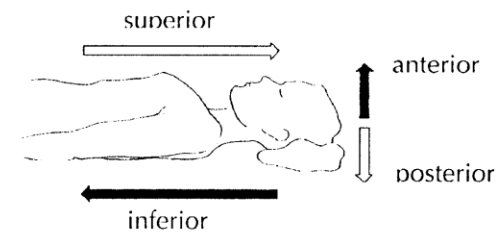


# Popis osteologického materiálu –anatomický popis





**Obr. 4. Označení směrů na horní a dolní kočetině (Čihák, 1987)**



**Obr. 5. Označení směrů - zachovává se i v jiných polohách (Čihák, 1987)**

# Měření osteometrických měř na kostech

Figure 8c: Bos cranium,  
left side view.

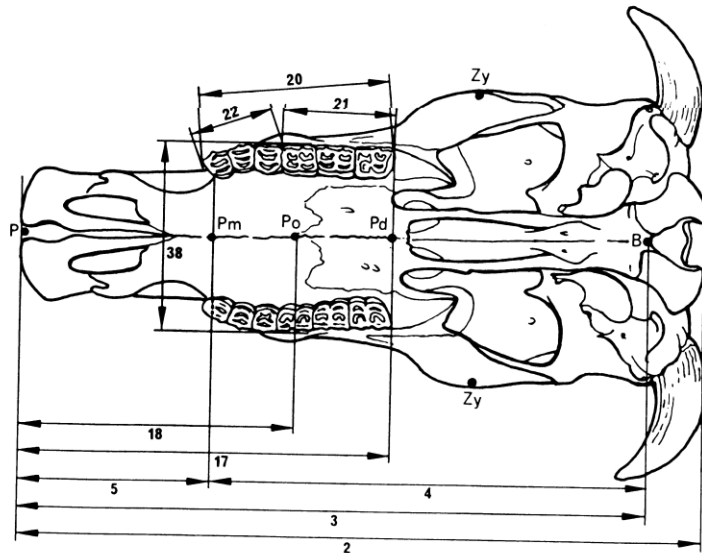
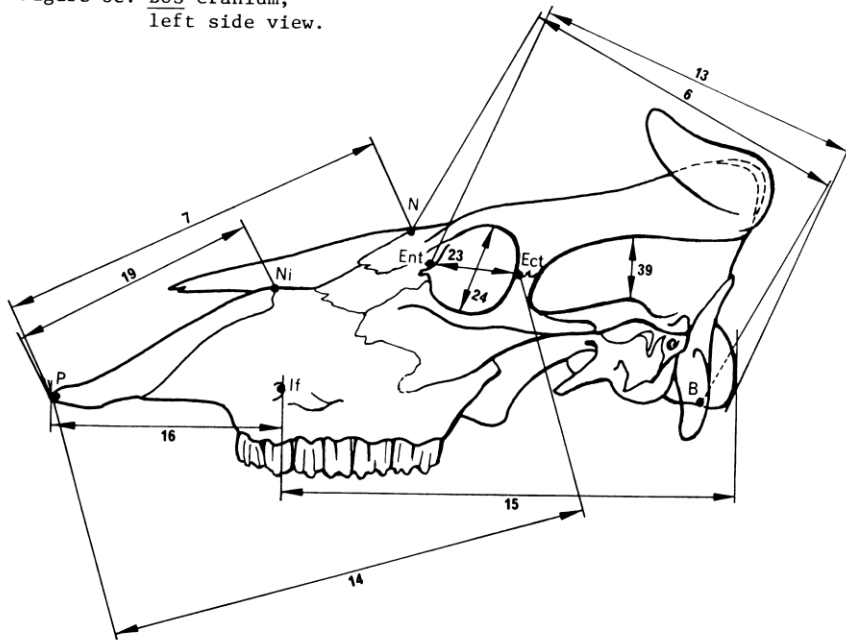


Figure 8d: Bos cranium,  
basal view.

Figure 8a: Bos cranium,  
dorsal view.

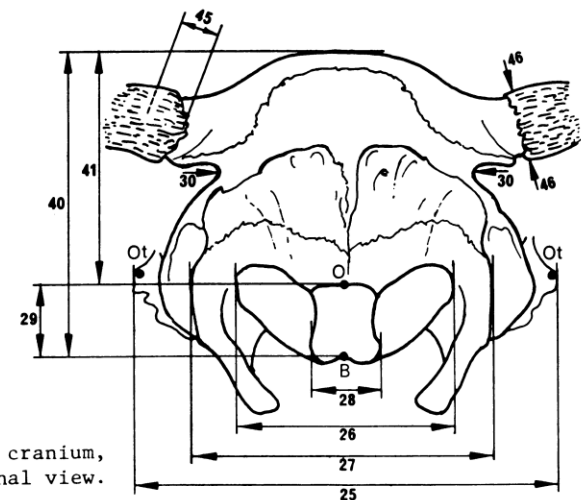
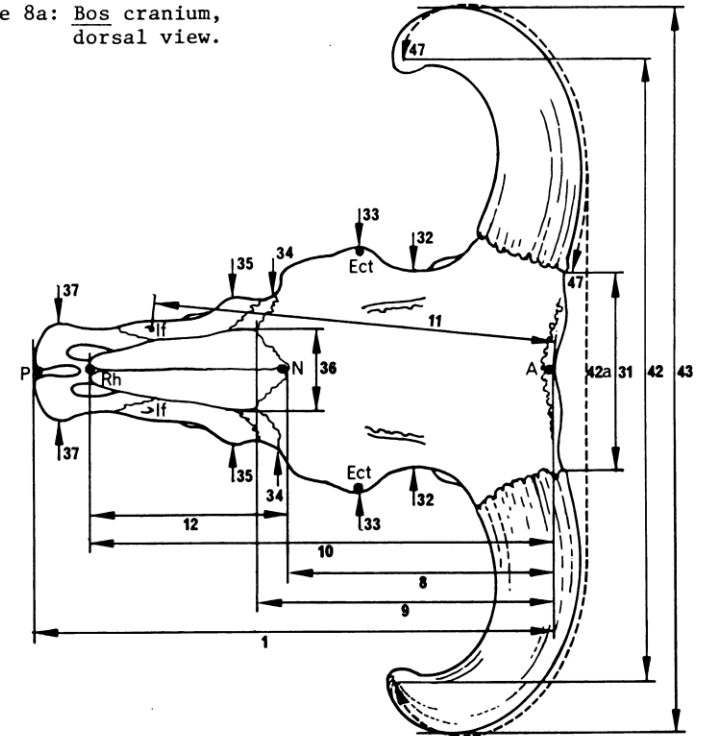
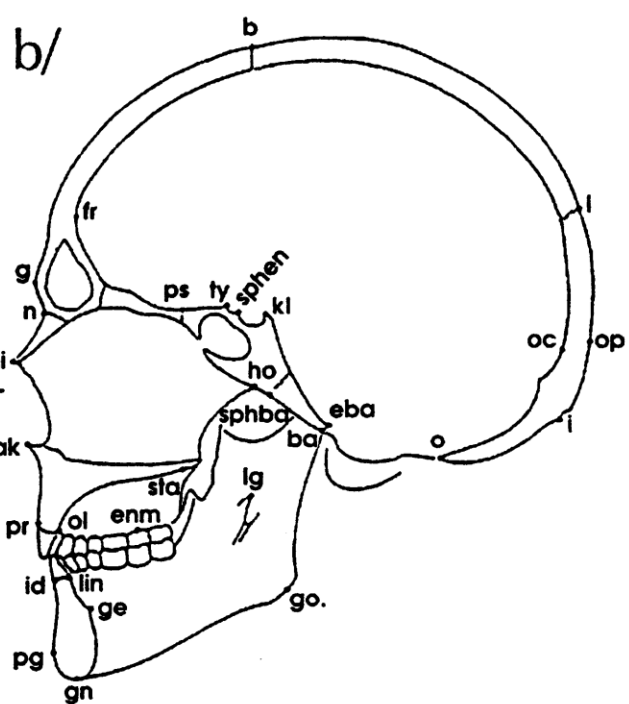
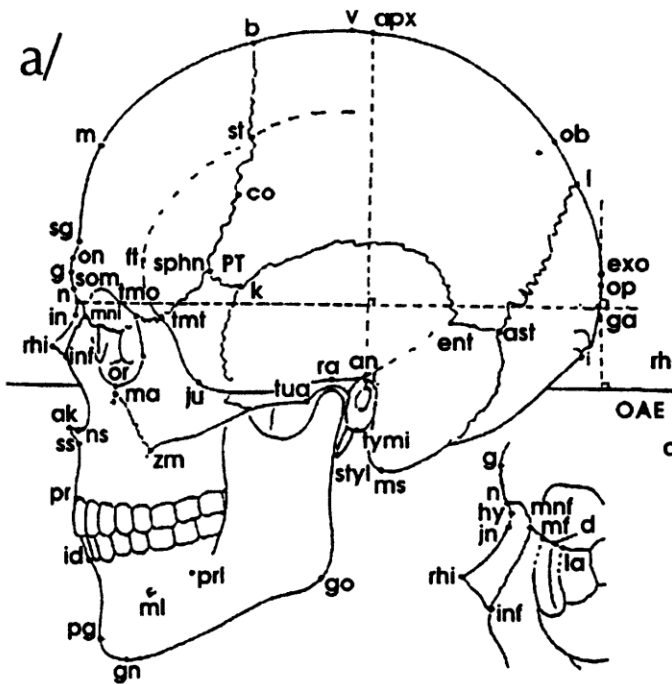
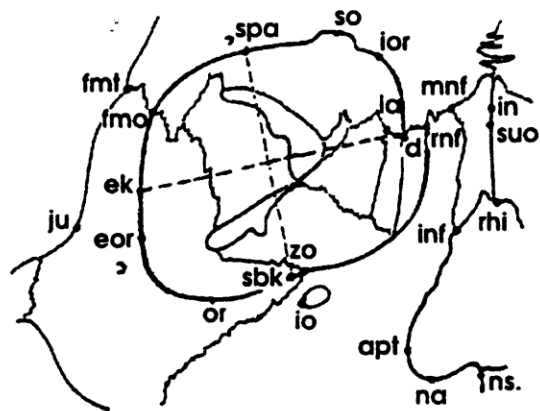
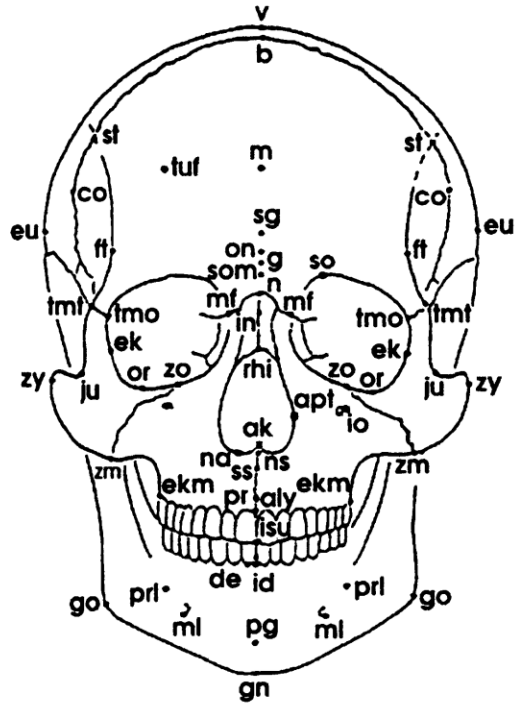


Figure 8b: Bos cranium,  
nuchal view.



# Technika měření

## - Posuvné měřidlo

## - Dotykové měřidlo (kraniometr a pelvimetr)

Je složené ze dvou kovových ramen, která jsou na jednom konci pohyblivě spojena a na druhé, volné, konci tvarovaná do oblouku. Mezi hroty ramen se odečítá na redukované stupnici zjišťovaná vzdálenost.

## - Pásové měřidlo

## - Úhlové měřidlo

## - Diopetrograf

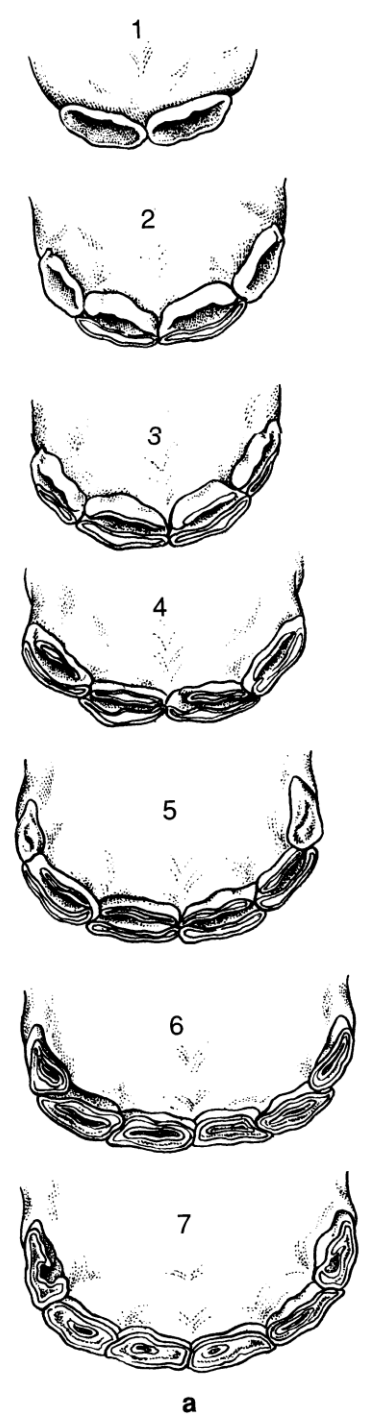
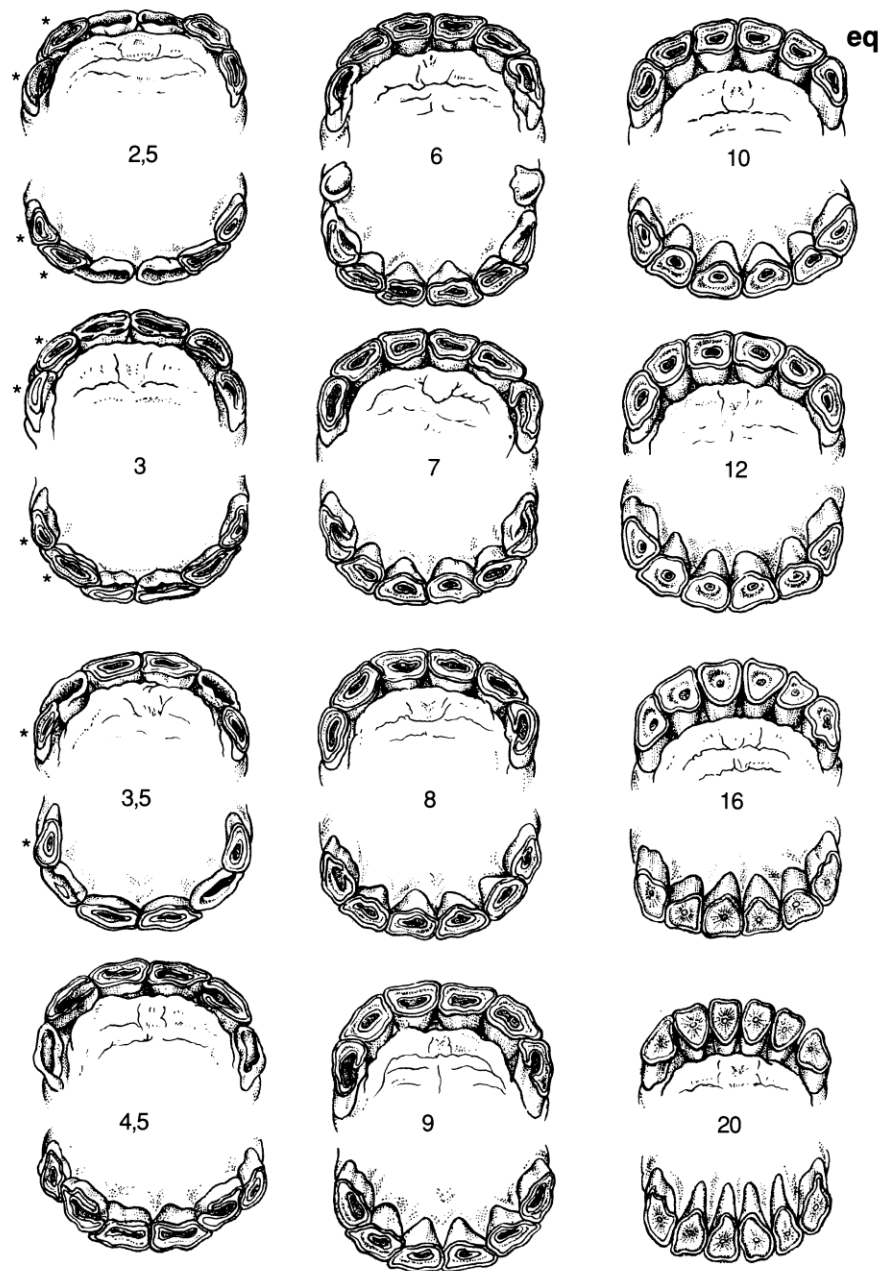
Je to upravený pantograf, přizpůsobený k přesnému zakreslování tvaru kostí. Pantograf je namontován na speciální schránku s horní skleněnou deskou. Do schránky se vloží kost a je ze stran osvětlená lampami. Tvar kosti i s detaily obtahujeme pomocí okuláru s nitkovým křížem a jeho pohyb se ramenem přenáší na hrot tuhy, která vytváří kresbu.

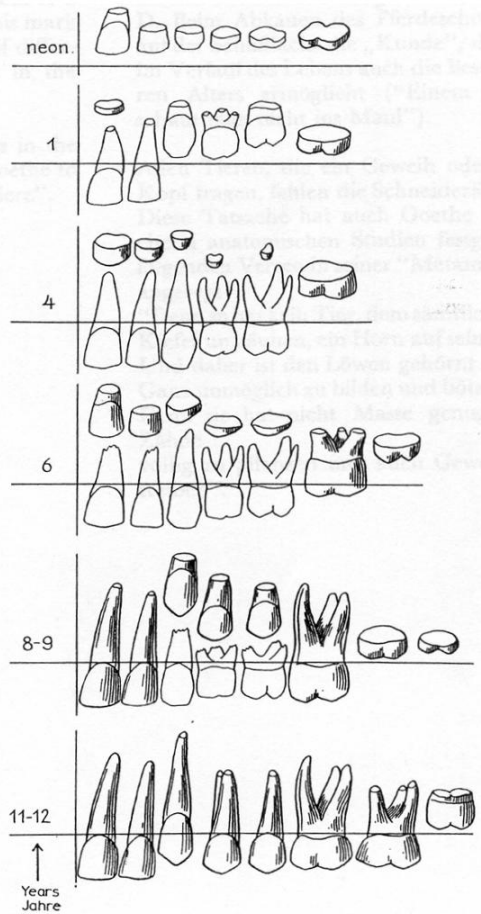
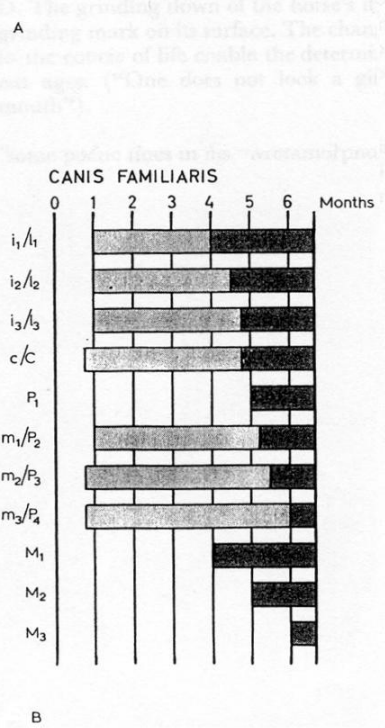
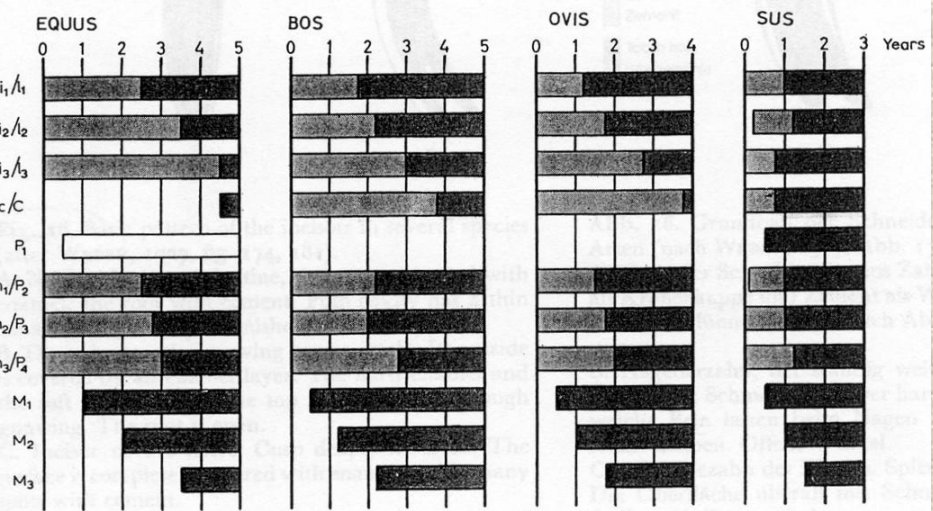
## - Osteometrická deska

Základem osteometrické desky je prkno pokryté milimetrovým papírem. K jeho sousední podélné a příčné straně přiléhají dvě vertikální prkénka, která tvoří pravý úhel. Patří k tomu ještě pohyblivá destička tvaru trojúhelníka. Kostí se měří tak, že se jedním měrným bodem dotýkají jednoho ze svislých prkének a druhým pohyblivé destičky. Hodnota se odečítá na milimetrovém papíru.

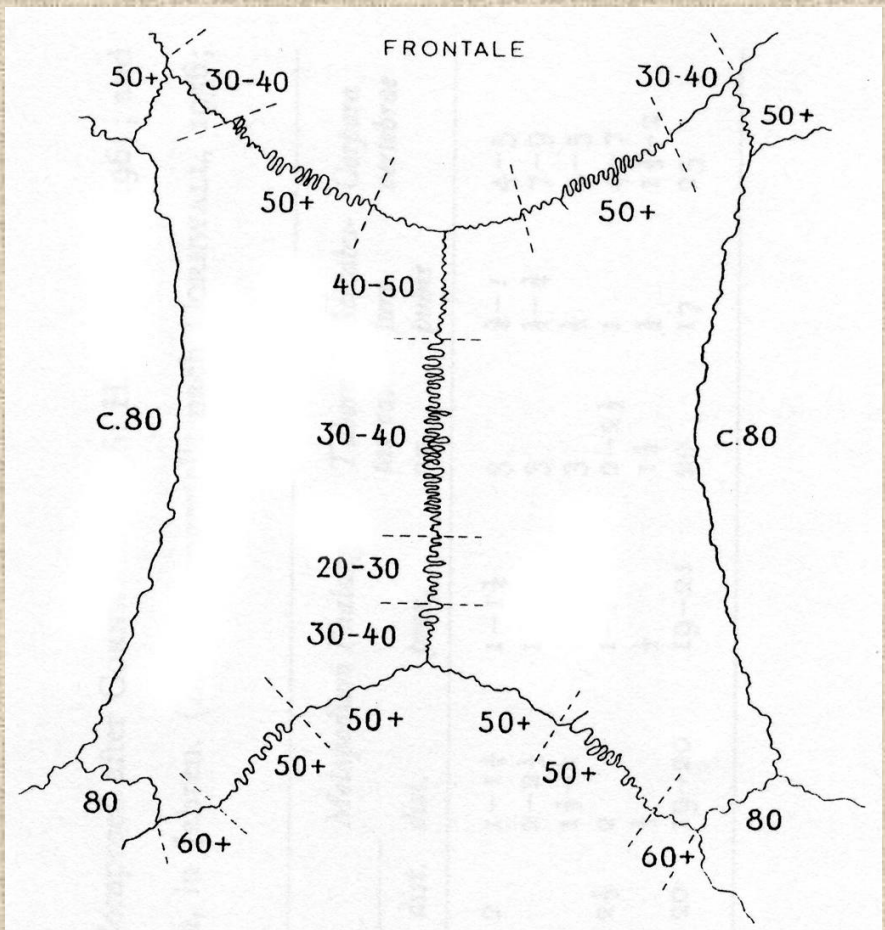
# Určování věku

Určování věku  
u zvířat podle  
stupně abraze zubů





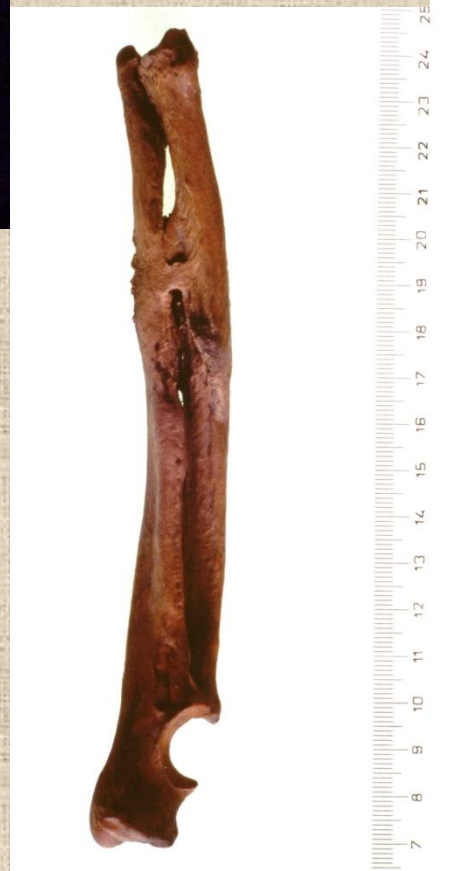
A,B.: white = vestigial; light shading = milk teeth; dark shading = permanent teeth.  
 A,B.: weiss = in Reduktion begriffen; hellgrau = Milchzähne; dunkelgrau = bleibende Zähne.



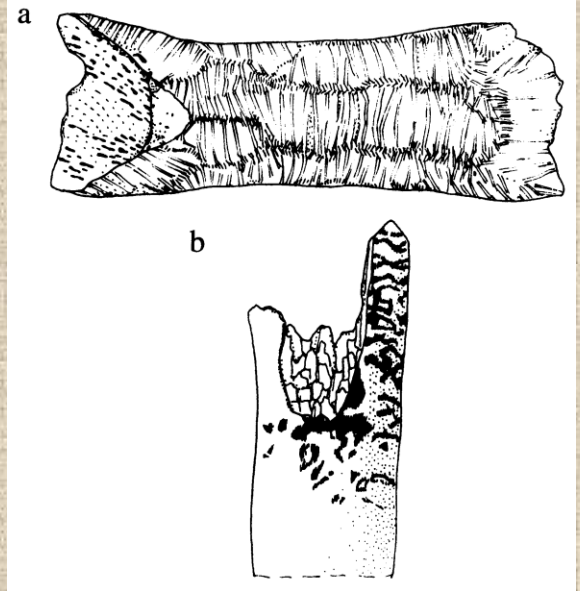
## Určování věku u zvířat a člověka podle zubů a kostí

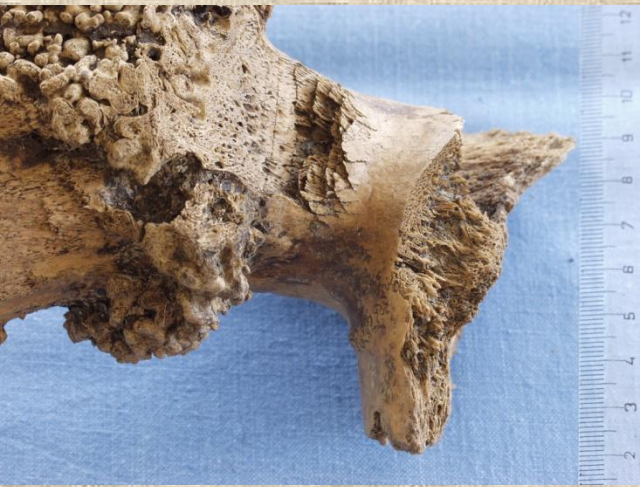
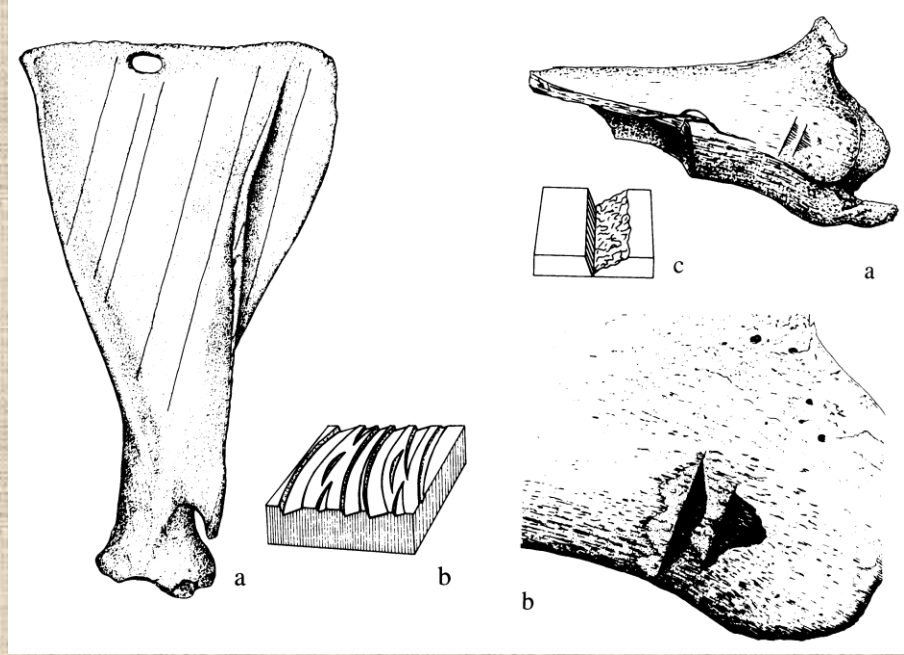


# Patologie



# Tafonomie





## Tafonomie-abraze povrhu kosti





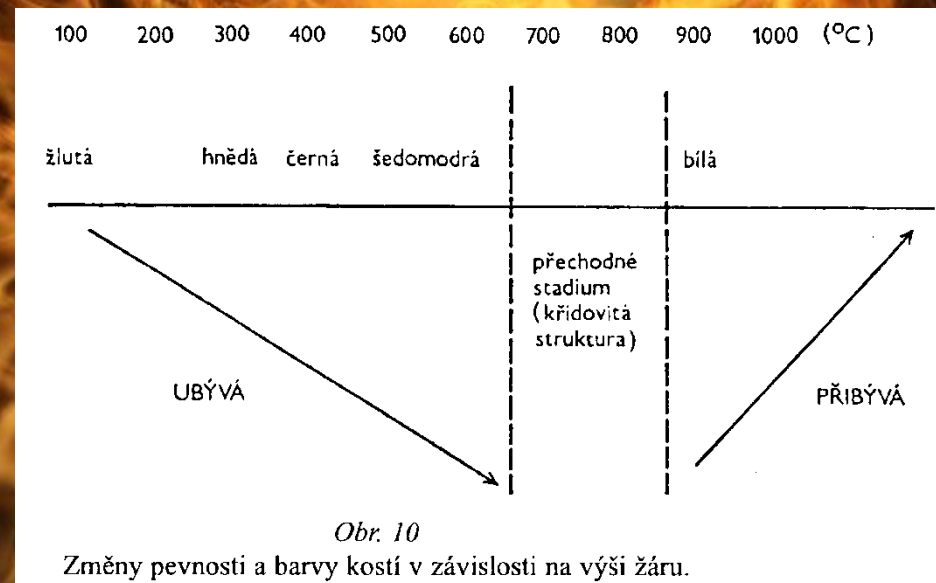
**Využití infračervené spektrometrie (FTIR)  
pro analýzu spálených kosterních  
pozůstatků**

# Možnosti odhadu teploty kremace

- Makroskopicky (zbarvení kostí, zubů)
- Mikroskopicky (optická, elektronová)
- Analytickými metodami
  - přítomnost org. složky
  - změny kostního minerálu
- Termické poškození artefaktů (kovy, keramika, sklo)

# Vliv vysoké teploty na kostní tkáň

Stage of Transformation	Evidence	Revised Temperature Range (°C)
Dehydration	Fracture patterns; weight loss	100–600
Decomposition	Color change; weight loss; reduction in mechanical strength; changes in porosity	300–800
Inversion	Increase in crystal size	500–1100
Fusion	Increase in mechanical strength; reduction in dimensions; increase in crystal size; changes in porosity	700+



# Stupně spálení kosti

Holck 1997 →

Dokládal 1999

Stupeň spálení	Zabarvení kosterních částí	Poznámka	Stupeň žáru (teplota spalování)
I nedokonalý	žlutobílé hnědošedé	vzhled téměř jako nespálená čerstvá kost - první svaštění (asi o 1%) ztrátou vody (až do teploty 300 °C) poté až do 750 °C žádné zmenšení	do 200 °C  kolem 250 °C
II zčásti nedokonalý	hnědé tmavohnědé černé	nedokonalé spálení resp. zuhelnatění organické kostní substance	kolem 300 °C kolem 400 °C
III dokonalý	šedé modrošedé (mléčně světlešedé)	vnitřní plocha kompakty v některých případech ještě černá	kolem 550 °C
IV dokonalý až křídovitý	mléčně bílá matně křídovitá	křídovitý povrch kost málo odolná od 750 °C silnější zmenšování (svašťování) kosti	od 650 °C do 700 °C
V křídovitý	sytě bílá bílá i na lomu	hladký povrch postupně tvrdá a křehká vznik parabolicky probíhajících puklin maximální zmenšení (svaštění) v průměru o 10-20%	do 800 °C  od 750 °C  nad 800 °C

	Temperature in °C	Changes in bone
GRADE 0	100	Insignificant changes in bone and teeth. Collagen still intact.
	200	Only superficial colour changes in bone and teeth. Considerable reduction of collagen.
GRADE 1	300	Weight reduction, loss of water. Modestly reduced volume. Collagen completely destroyed. Colour: brownish.
	400	Lowest solidity of the bone structure. Formation of slight microscopic fissures in the bone surface. Small cracks in the enamel of the teeth. Colour: black/dark grey.
	500	Deformation of the bone. Larger, net-formed microscopic cracks in the bone surface. Colour: greyish.
GRADE 2	600	Further macro- and microscopic cracking of the bone surface. Formation of pyrophosphate. Colour: light grey.
	700	Further reduction of volume due to fusion of mineral crystals. Liberation of water of crystallization. Previous formed pyrophosphate <sup>53)</sup> compounded with hydroxylapatite to whitlockite (β-tricalciumphosphate). Shrinking and changes in the lamellar construction of the osteones.
GRADE 3	800	Further shrinkage and deformation. Further fusion of mineral crystals in the bone. Melting and crystallization of the dentine, but without destruction of dentine tubuli. Colour: white/grey.
	900	Marked macroscopic cracking of the bone surface. Destruction of the osteone structure. Further fusion of the mineral crystals. Melting and destruction of the enamel.
	1000	Microscopic oval holes of various size in the bone surface. The dentine appears as coherent ball-shaped formations with the tubuli still intact.
GRADE 4	1100	Melting of the dentine tubuli.
	1200	Total decomposition of the microstructure in bones and teeth.

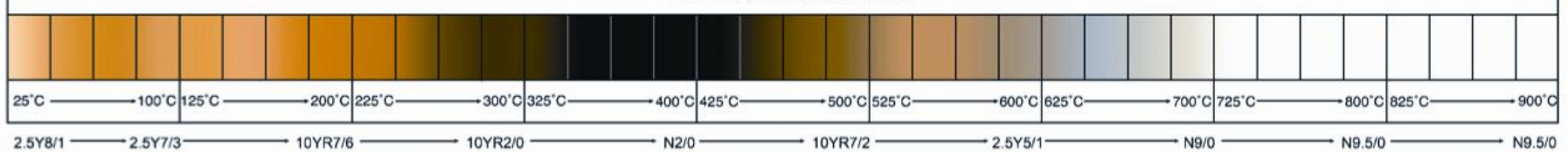


## Temperature (°C)

## Color Effects

300	Black color of cortical bone
200–400	Ultrastructural orientation of collagen fibers is well preserved
600	Gray color indicates a leaching out of the organic portion
800	White color of bone

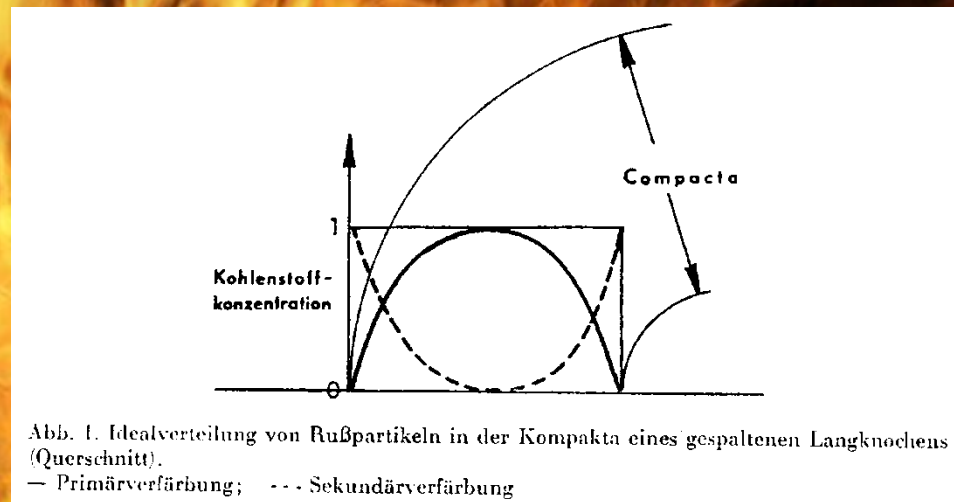
Burnt Bone Colour Index



Bone Color (temp. °C)	Cortical Position	Crystal Morphology	Size Range	Lamellar Pattern	Collagen Fibers in Haversian Canal
White (800–1400)	Outer	Spherical and Hexagonal	0.25 ± 0.07 μm to 0.41 ± 0.09 μm	Not observable	Indistinguishable
Gray (~600)	Mid-cortex	Spherical	~0.060 ± 0.007 μm	Not observable	Fraying
Black (200–600)	Inner	No crystals	–	Observable	No Fraying

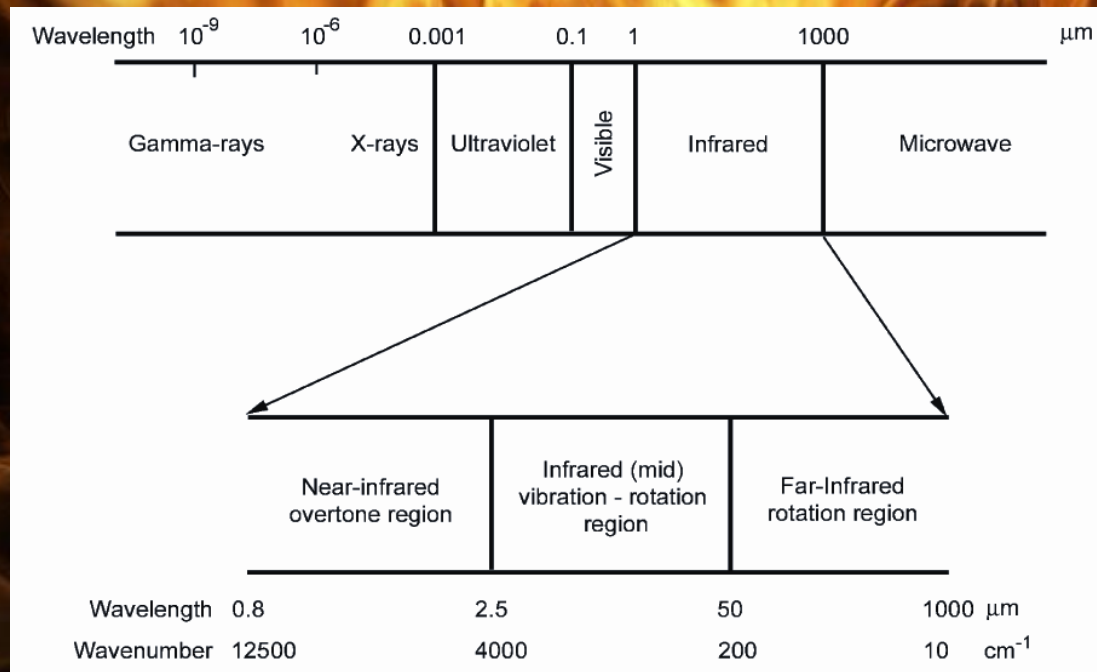
# Zbarvení spálené kosti

Cremation temperature	Cremation environment		
	Air	Diatom earth	Topsoil
Unburned			
100°C			
200°C			
300°C			
400°C			
500°C			
600°C			
700°C			
800°C			
900°C			
1000°C			
1100°C			



Experimentální kremace kosti (1-3 h v peci) v přítomnosti vzduchu (air), křemeliny (diatomaceous earth) a ornice (topsoil).

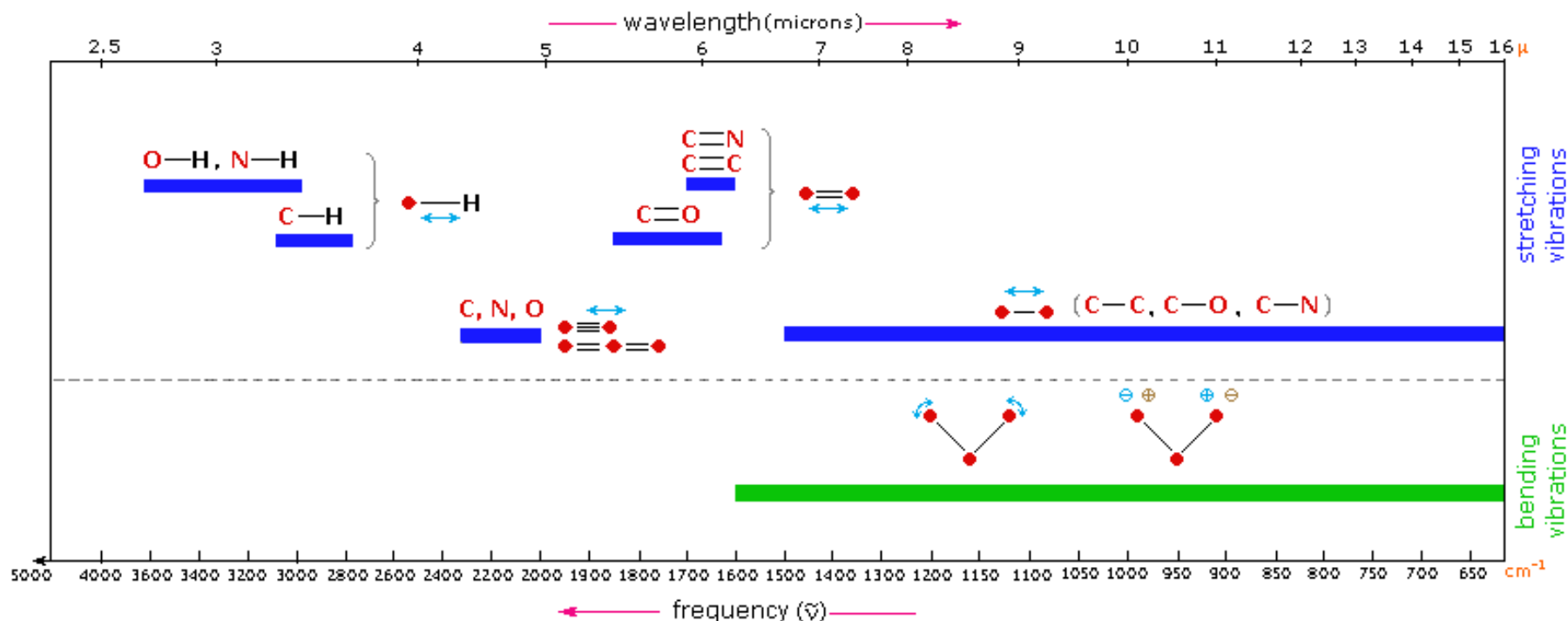
# Spektrometrie



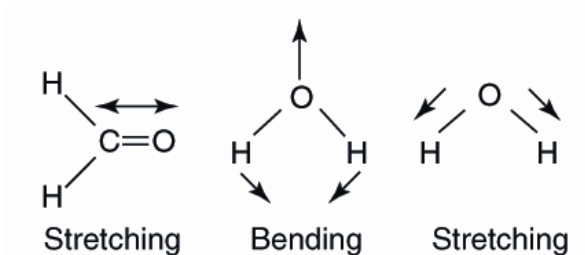
Princípem metody je absorpce infračerveného záření při průchodu vzorkem, kdy je pohlcená energie využita ke změnám rotačně vibračních energetických stavů molekuly, v závislosti na změnách jejího dipólového momentu. Různé druhy kovalentních vazeb absorbují záření různé vlnové délky (vlnočet, resp. energie).

# Infračervená spektrometrie

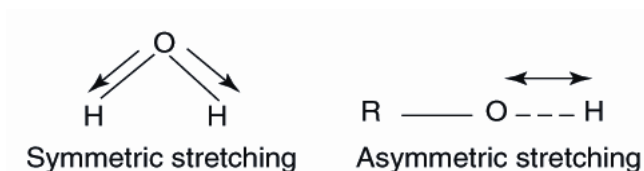
Různé typy vibračních přechodů absorbují fotony o různé energii (frekvenci, vlnové délce, vlnočtu). Přítomnost spektrálního pásu pro určitý vlnocet svědčí o přítomnosti určitého typu vazby a tím pádem i na přítomnost určitých funkčních skupin



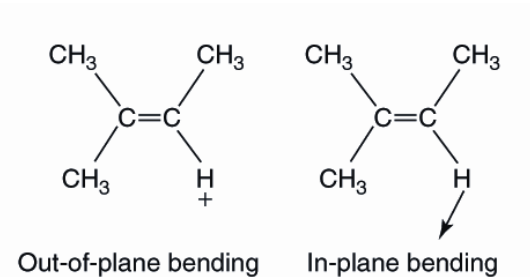
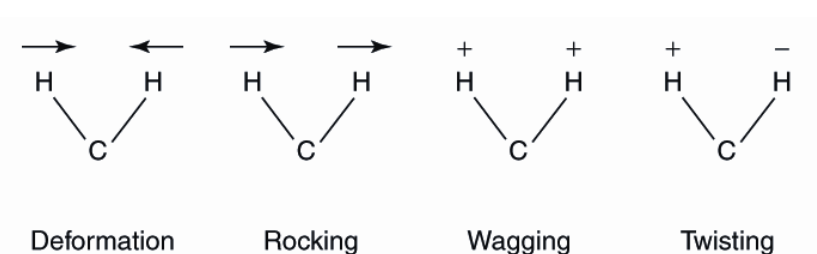
# Typy molekulárních vibrací v infračervené spektrometrii



Valenční vibrace (stretching, změny délky vazby)



Deformační vibrace (bending, změny vazebného úhlu)



# Infračervená spektrometrie

## KBr technika

Asi 10 mg vysušeného (cca 150 minut. při 85 °C) vzorku bylo smícháno s 100 mg vysušeného bromidu draselného (KBr) a po homogenizaci směsi (třením v achátové misce) z ní byla vylisována tableta.

Infračervené spektrum tablety bylo snímáno přístrojem ATI Mattson Genesis Series FTIR.



Analytickým výstupem je infračervené spektrum - závislost množství absorbovaného infračerveného záření (vyjadřované např. jako absorbance) na jeho vlnové délce (vyjadřované zpravidla jako vlnočet, v  $\text{cm}^{-1}$ ).

# IR spektrometrie kosti

## Nespálená kost

3600-3000  $\text{cm}^{-1}$ : O-H a/nebo N-H

3100-2800  $\text{cm}^{-1}$  C-H

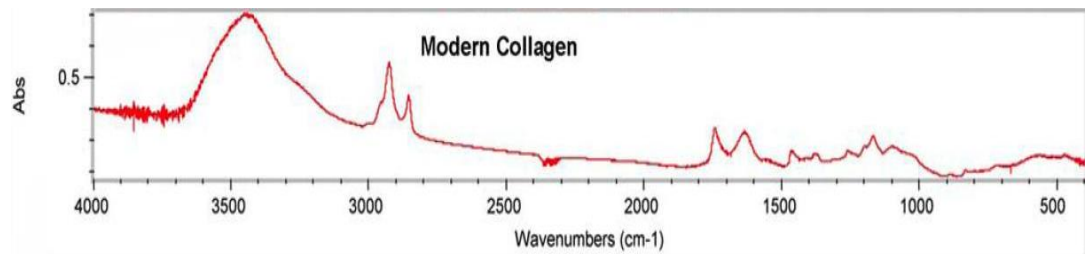
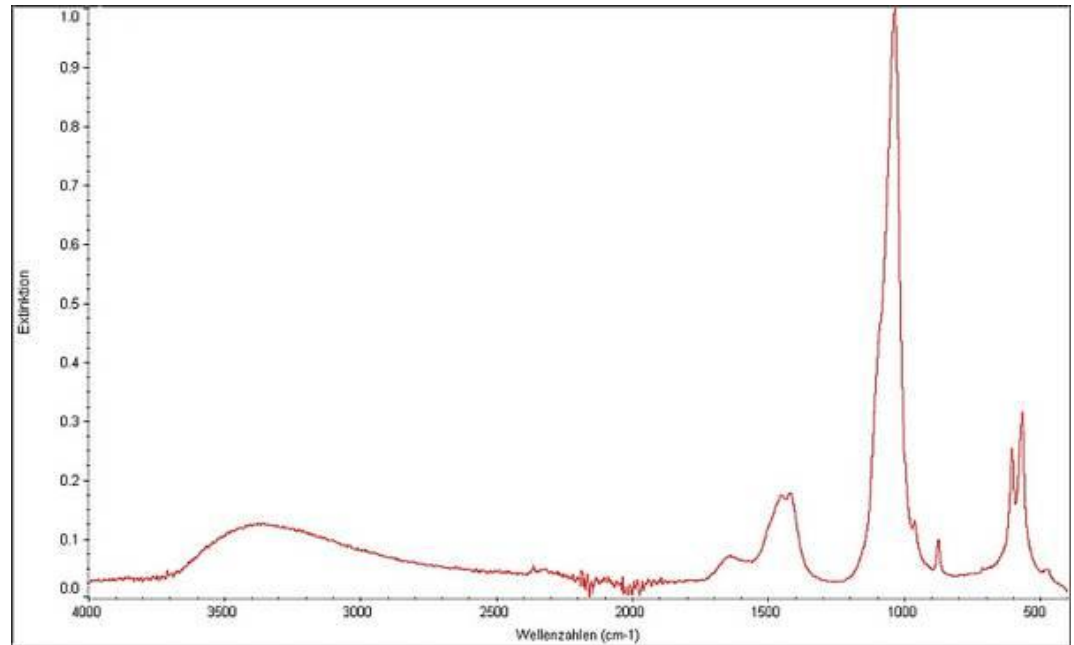
1650  $\text{cm}^{-1}$ : C=O, amid I (proteiny a peptidy)

1650  $\text{cm}^{-1}$ : H-O-H

1500 – 1400  $\text{cm}^{-1}$ : pásy C-O  
(uhličitany)

1200 – 900  $\text{cm}^{-1}$ : pásy P-O

564 a 604  $\text{cm}^{-1}$ : pásy P-O



# Možnosti využití IR spektrometrie

Odlišení spálených a nespálených kostí, přibližný odhad teploty a podmínek spalování. Sekundární změna zbarvení kosti (uhlík z žároviště, půda, aj.) nemá na výsledky analýzy vliv.

Sledování fosilizace kostní tkáně (úbytek organické složky, pronikání uhličitanu, resp. křemičitanu do kosti)

Sledování degradace kostní tkáně (rekrytalizace kostí v prostředí krypt)

Identifikace a analýza ostatních materiálů (keramika, mazanice – odhad teploty výpalu, resp. přepálení)



# IR spektrometrie kosti

## Spálená kost

3570 cm<sup>-1</sup> OH; redukce širokého pásu OH a NH vodíkových vazeb

Redukce a posun pásů CO<sub>3</sub> (1400-1500 cm<sup>-1</sup>)

rozklad apatitu na β-TCP : nové pásy 655 , 945, 970, 982 a 1100 cm<sup>-1</sup>.

Infračervená spektrometrie indikuje:

přítomnost vody

přítomnost organické složky

změny v krystalické mřížce (obsah uhličitanu, přítomnost β-trikalcium fosfátu, apod.)

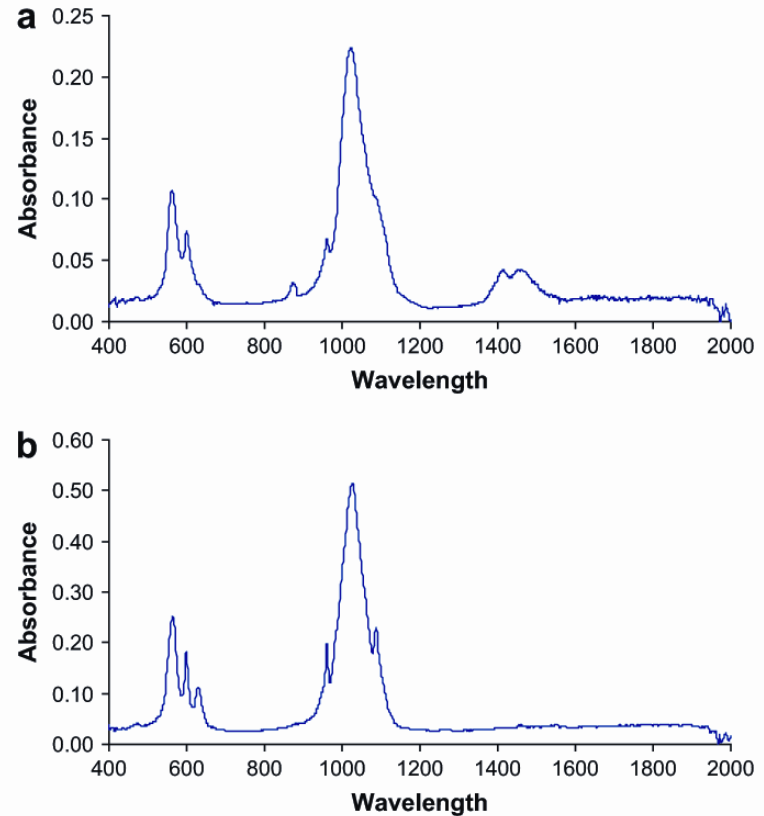
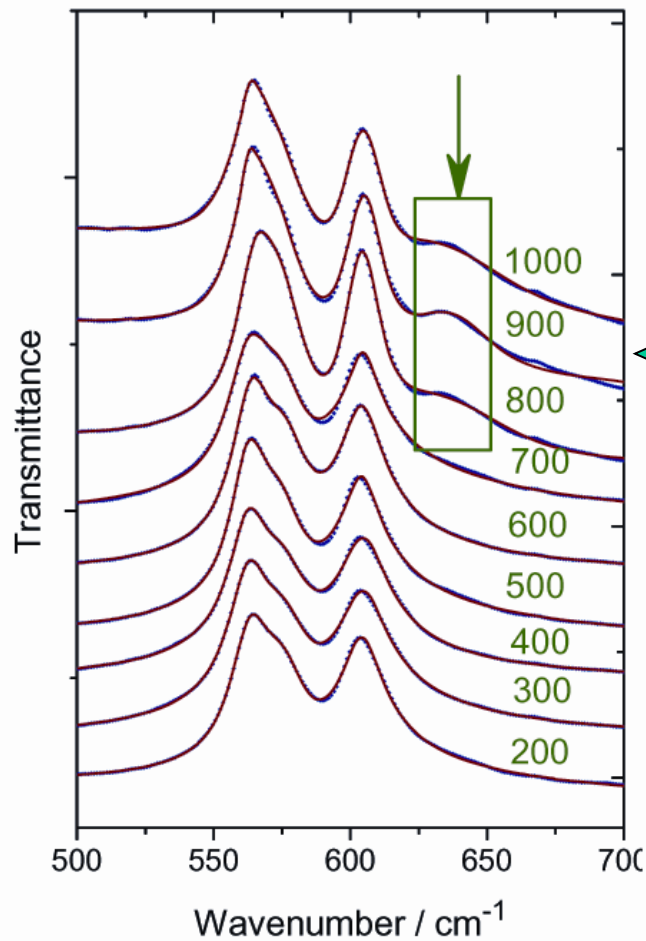


Fig. 2. Comparison of (a) low intensity (500 °C) burning and (b) high intensity (900 °C) burning FTIR-ATR spectra.

# Přítomnost $\beta$ -trikalcium fosfátu



## Temperature (°C)

300–500

600–700

>700

>800

## Effect

H<sub>2</sub>O removed from nonmineralized portion.

Organic carbon burnt to CO<sub>2</sub> and eliminated from bone.

H<sub>2</sub>O removed from apatite crystals; CO<sub>2</sub> formation.

Physiological hydroxyapatite changes to  $\beta$ -tricalcium phosphate;  
Shrinking 30% due to recrystallization and crystal fusion.

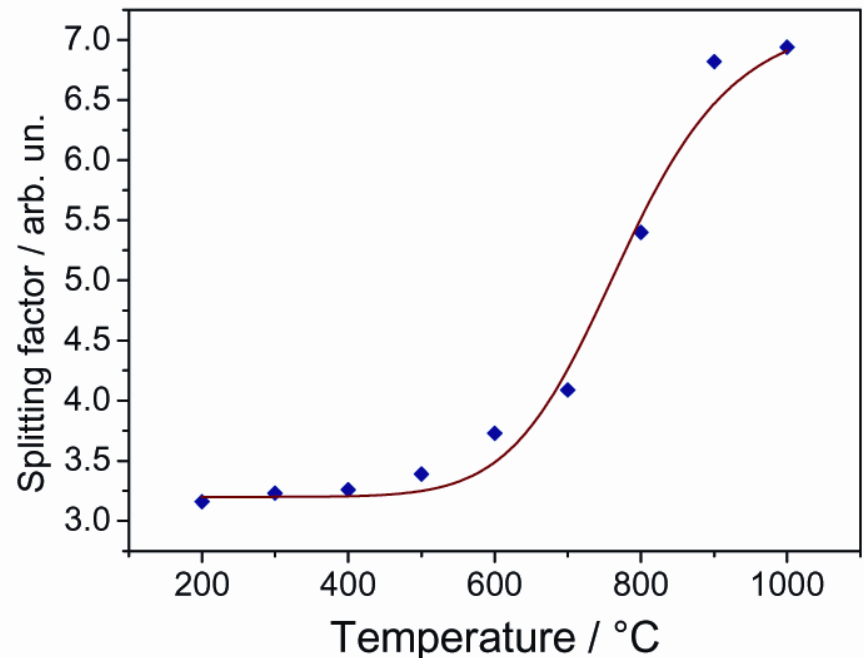
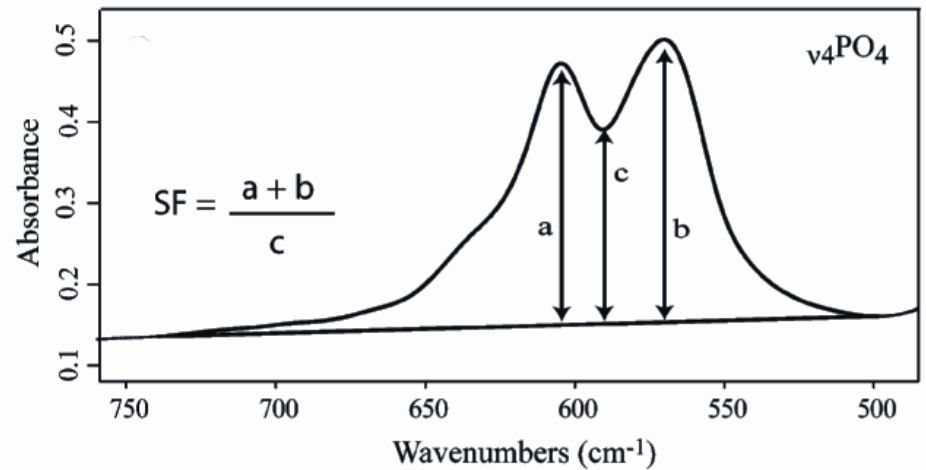
Zhruba od 800 °C se objevuje pás  $\beta$ -trikalcium fosfátu ( $\beta$ -TCP; vlnčet cca 655 cm<sup>-1</sup>).

# Index krystalinity

crystallinity index (CI)

splitting factor (SF)

Působením vysoké teploty se amorfní hydroxyapatit mění na krystalický (zvyšuje se uspořádanost krystalické mřížky kostního minerálu).



# Chotěbuz-Podobora





CH-P/09  
SONDA 50  
CTV.C.1-2/15



## 14C datování ze zánikového horizontu

930 ± 40 BP (kal.)

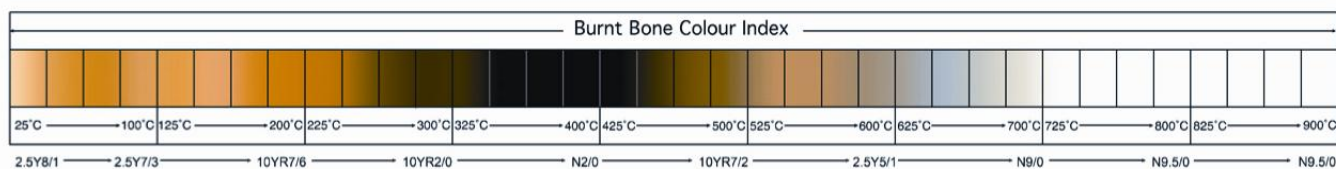
730 ± 50 BP (kal.)

580 ± 30 BP (kal.)



## Stupeň spálení

	<b>Dokládal 1999</b>	<b>Holck 1997</b>
<b>kráva h</b>	<b>stupeň II (<math>\pm 300^\circ \text{C}</math>)</b>	<b>Grade 1 (cca <math>300^\circ \text{C}</math>)</b>
<b>kráva c</b>	<b>stupeň II (<math>\pm 400^\circ \text{C}</math>)</b>	<b>Grade 2 (cca <math>400^\circ \text{C}</math>)</b>
<b>kráva b, prase, ovce</b>	<b>stupeň V (nad <math>750^\circ \text{C}</math>)</b>	<b>Grade 3 resp. 4 (nad <math>800^\circ \text{C}</math>)</b>



## Zbarvení

	<b>Munro et al. 2007</b>	<b>Walker et al. 2007</b>
<b>kráva h</b>	<b>250 – 300 ° C</b>	<b>cca 250 ° C</b>
<b>kráva c</b>	<b>cca 350 ° C</b>	<b>350 – 400 ° C</b>
<b>kráva b, prase, ovce</b>	<b>&gt; 700 ° C</b>	<b>cca 900 ° C</b>

# Kráva

## Projevy působení vysoké teploty

→ Výrazná redukce pásu mezi 3600 -2600  $\text{cm}^{-1}$

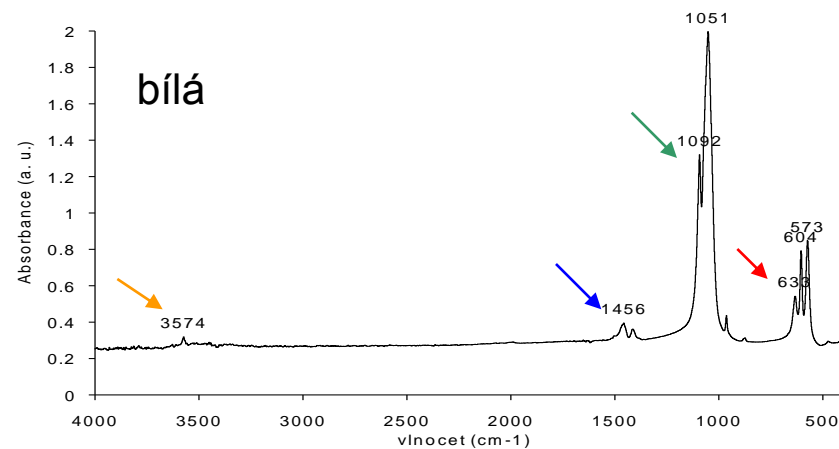
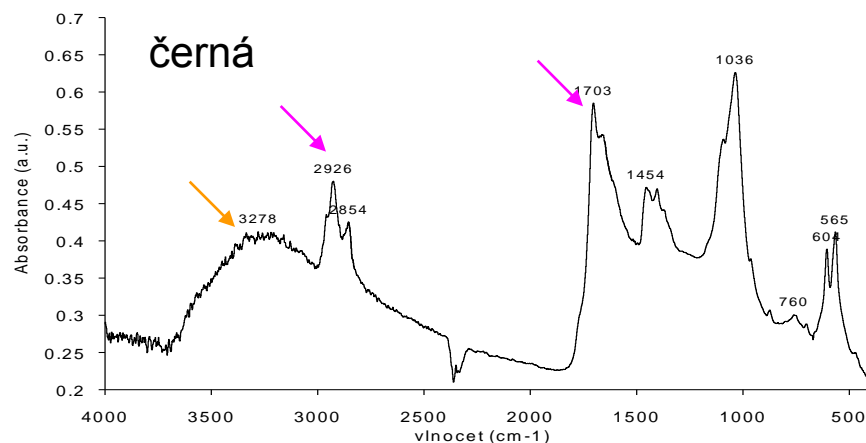
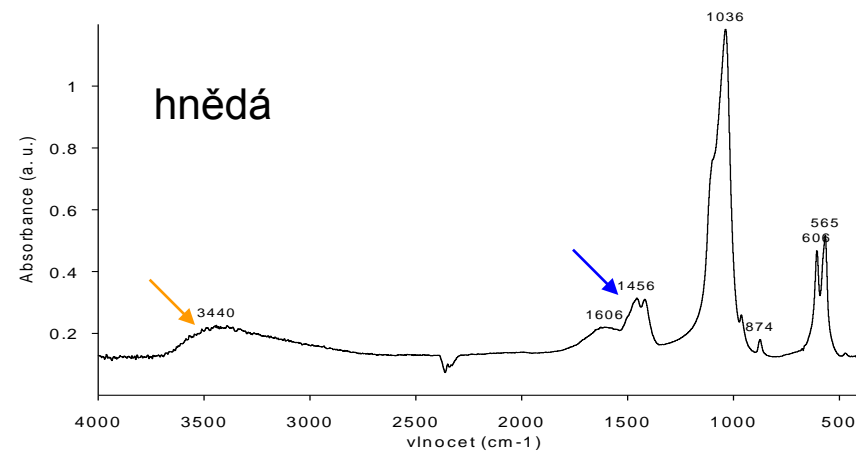
→ Redukce obsahu uhličitanu (1459-1410  $\text{cm}^{-1}$ )

→ Nový pás fosfátu ( $\beta$ -TCP) při cca 1090  $\text{cm}^{-1}$

→ Pás  $\beta$ -trikalcium fosfátu ( $\beta$ -TCP), cca 655  $\text{cm}^{-1}$

→ Pásky organické složky: C-H (2920-2950  $\text{cm}^{-1}$ ) a C=O (1700  $\text{cm}^{-1}$ ), resp. pásky N-H a O-H (3600 -2600  $\text{cm}^{-1}$ ) a C-O (1459-1410  $\text{cm}^{-1}$ ; interference s uhličitanem).

Organická složka v hnědé kosti může být redukována postdepozičními procesy. V černé kosti je stabilizována karbonizací.





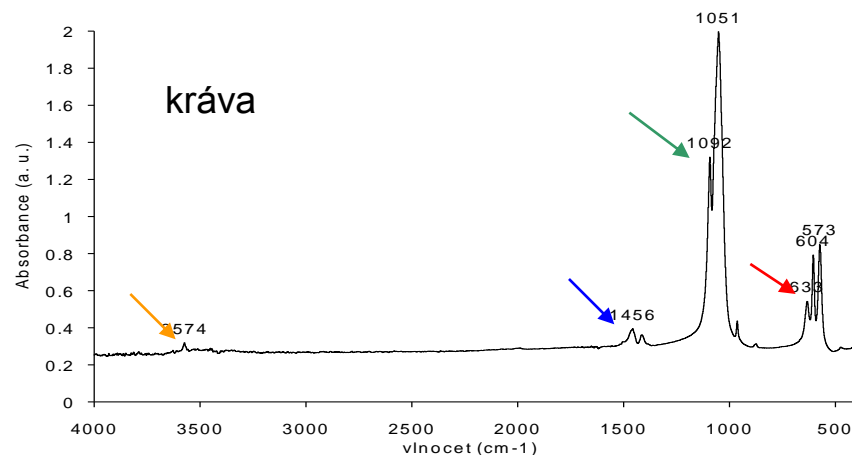
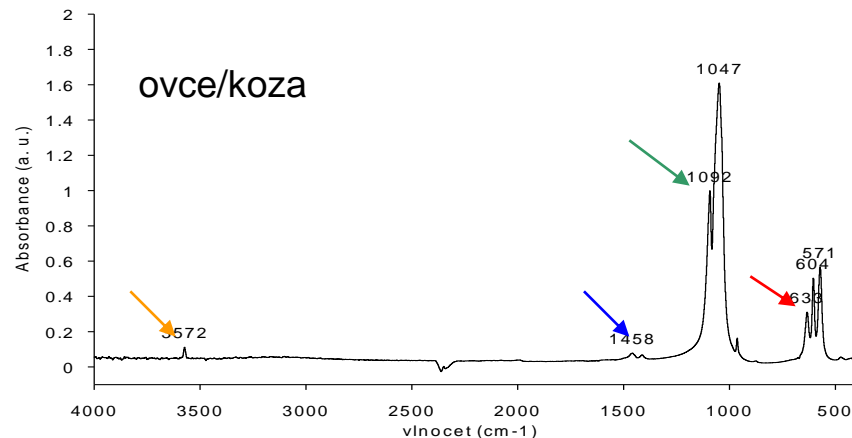
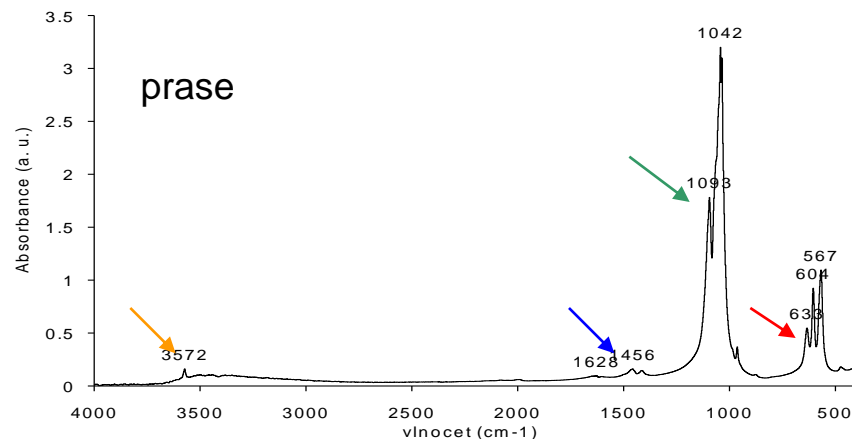
Teploty spalování zhruba odpovídají teplotám zjištěným odhadem ze zbarvení a stupně přepálení.

Intenzita pásu uhličitanu (poměr C/P: 1410/1040  $\text{cm}^{-1}$ ) Ukazuje, že teplota působící na pozůstatky krávy byla něco nižší ve srovnání s pozůstatky ostatních zvířat.

Teplota dosahovala cca 800 - 900 °C v případě krávy, u ostatních spíše 900 – 1000 °C.

Všechny odhady jsou učiněny pouze na základě údajů z literatury, detailnější odhad by vyžadoval provedení experimentů.

	SF	C/P
kr h	3.85	0.162
kr č	3.79	0.618 (?)
kr b	7.00	0.040
o/c b	7.24	0.022
pr b	7.13	0.024



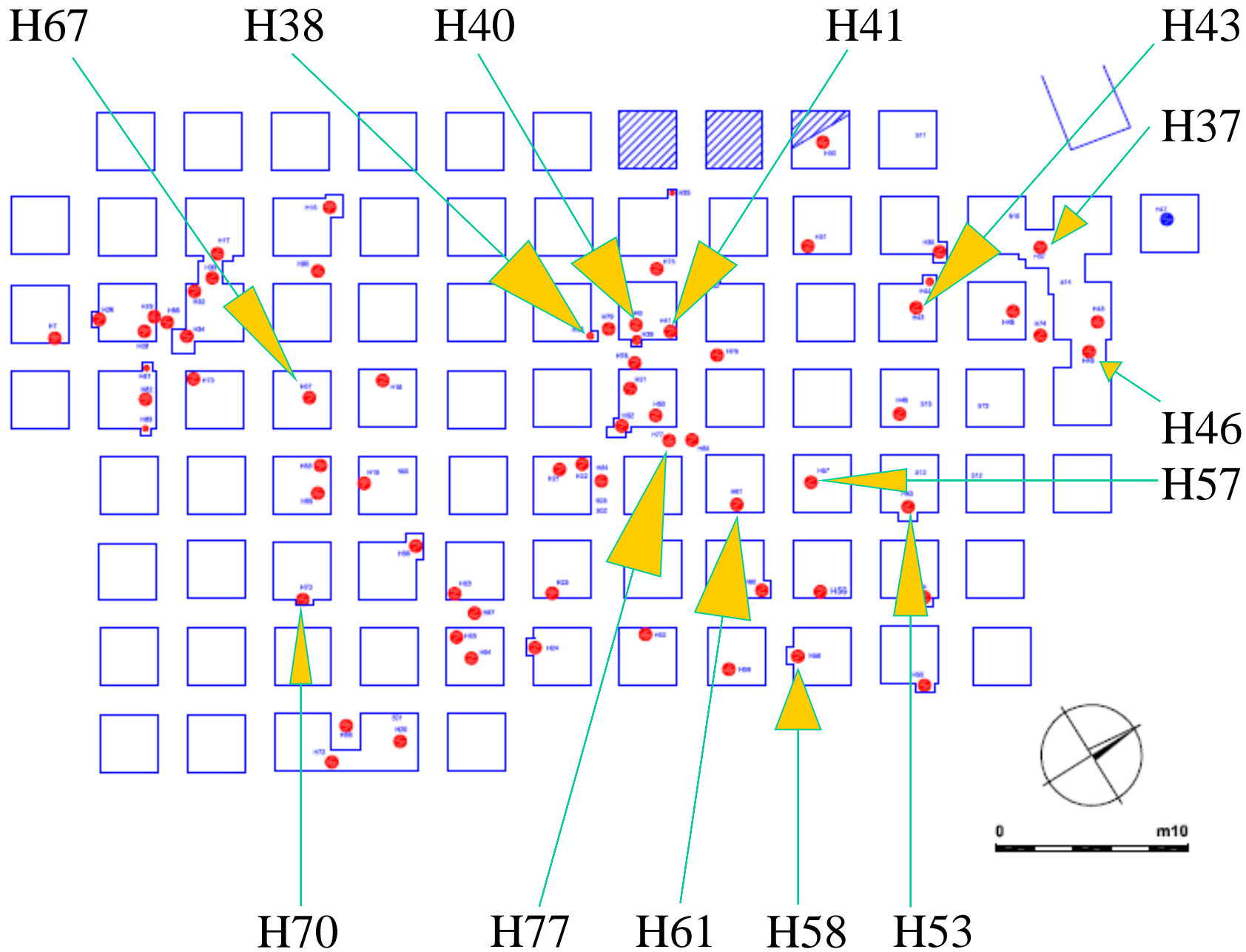
# Príbor



# Výzkum žárového pohřebiště KLPP v Příboře - poloha lokality (2007)



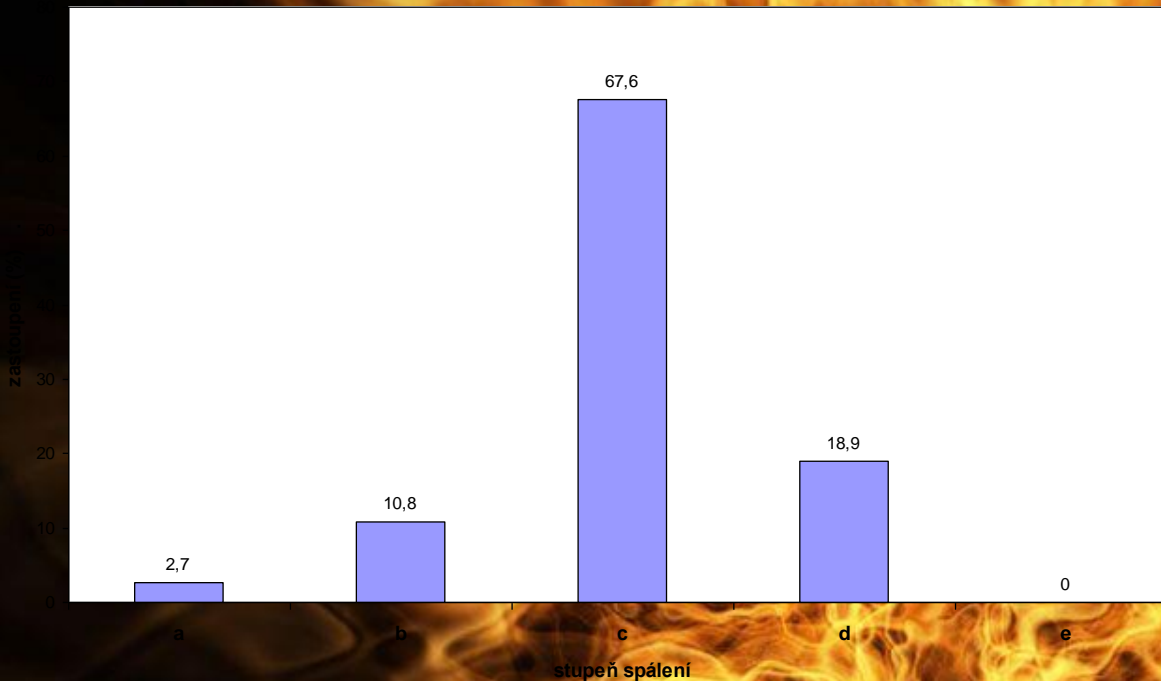
**Celkem zdokumentováno 89 žárových hrobů a 7 koncentrací keramiky**





# Pohřební ritus lužické kultury

Stupeň spálení kostí lužických žárových pohřbů v Čechách (Chochol 1969)



a = křídovité  
b = křídovité – dokonalé  
c = dokonalé  
d = téměř dokonalé  
e = nedokonalé

**Lužická kultura: dobře organizovaná technická stránka kremace (snad spodní přívod vzduchu, omezení ztrát tepla do okolí), případně použití značného množství paliva (Chochol 1961).**

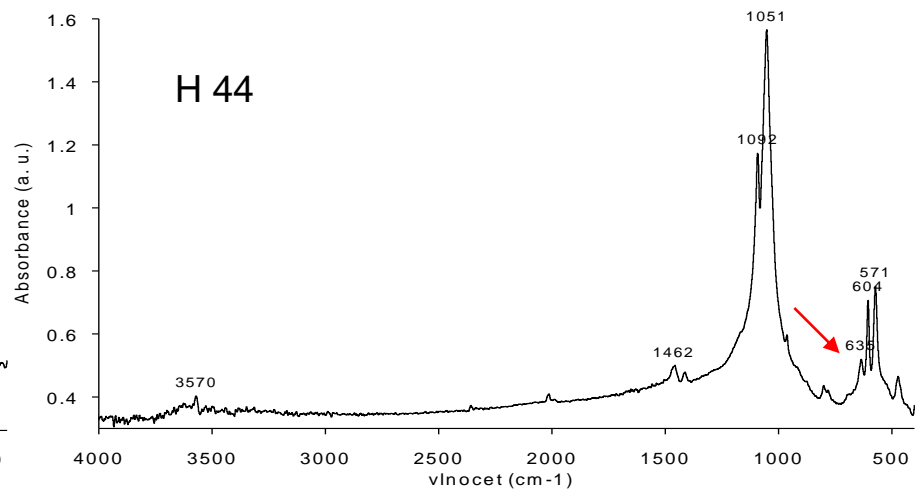
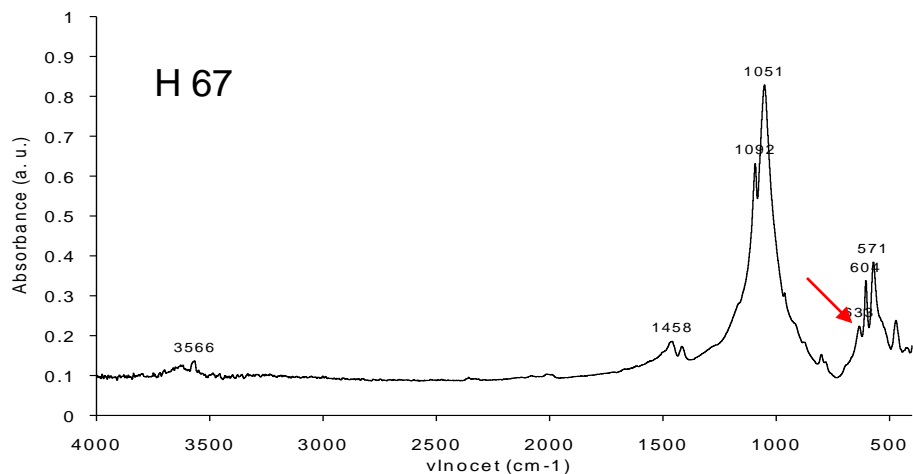
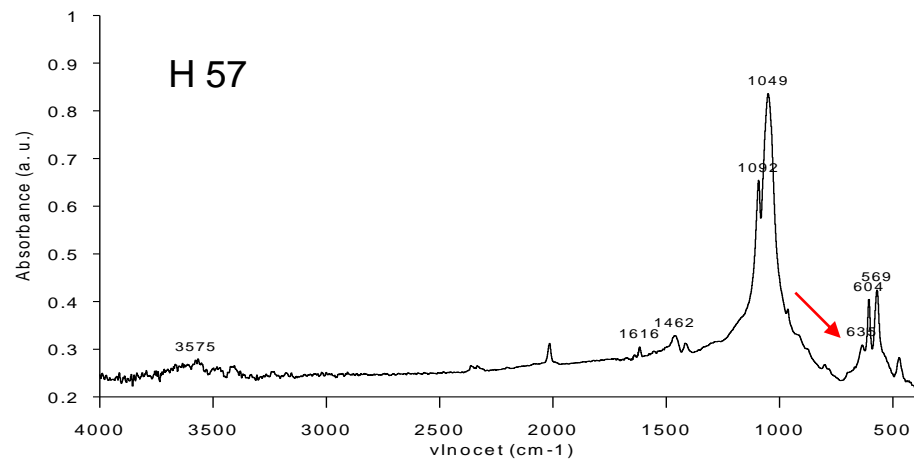
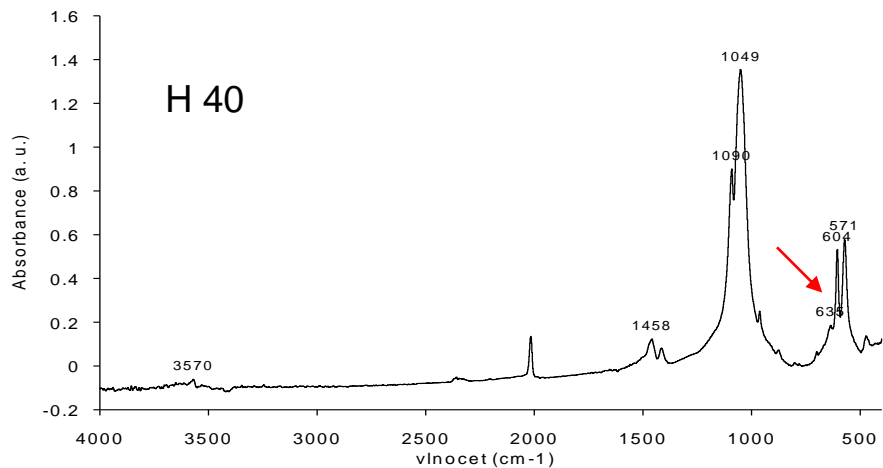
# Pohřební rítus lužické kultury



Experimentální hranice (McKinley1997),  
zjištěna teplota místy téměř 1000°C.

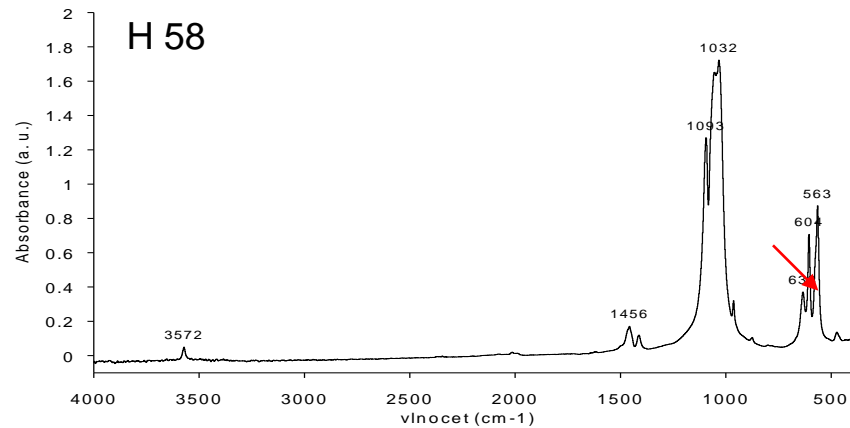
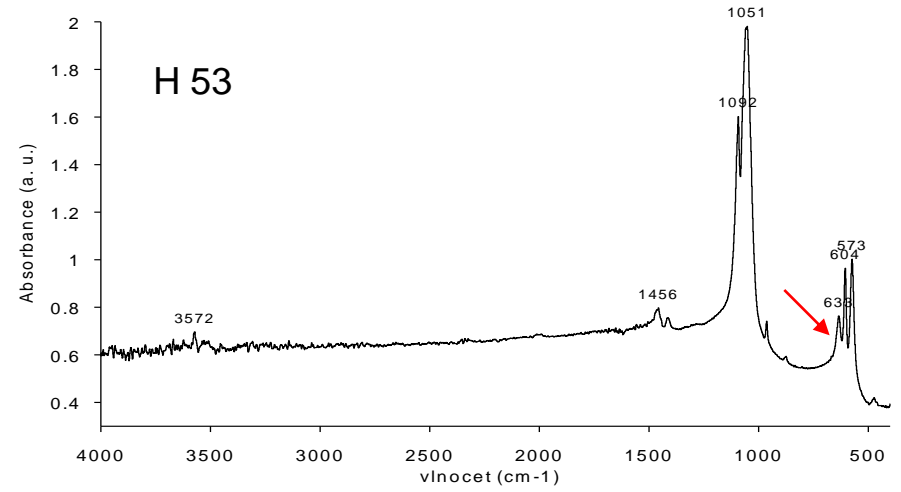
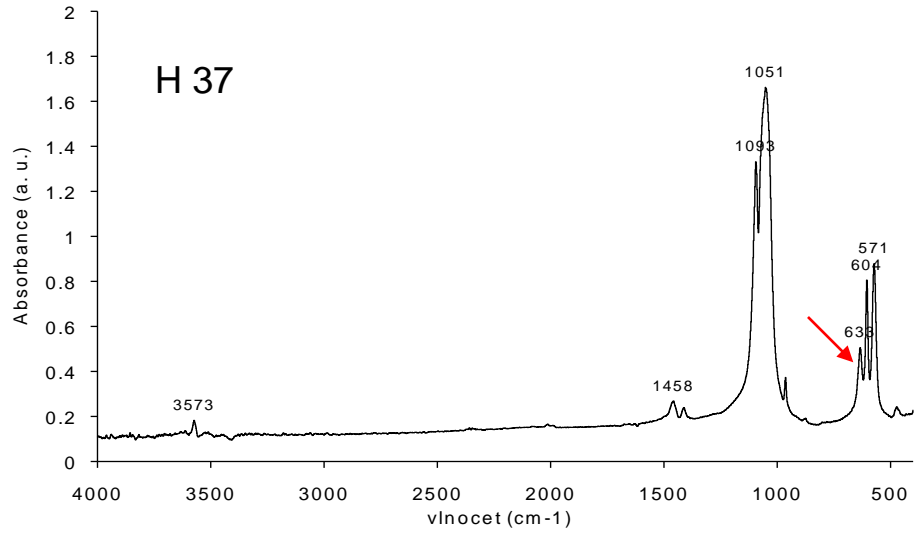


Analogie: kremace v Tibetu



Teplota spalování se pohybovala zhruba mezi 800 a 900 °C, u hrobů 40 a 57 spíše na spodní hranici tohoto rozmezí (dle pásu  $\beta$ -TCP, cca 655 cm<sup>-1</sup>). Detailnější odhad teploty kremace by vyžadoval provedení experimentů a použití numerického vyhodnocení spekter.



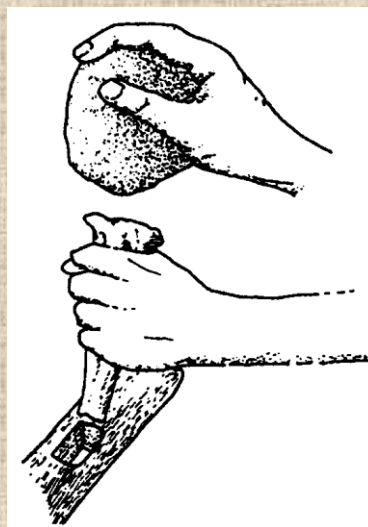
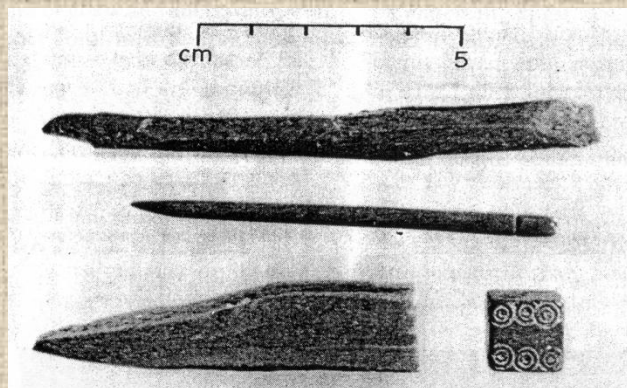
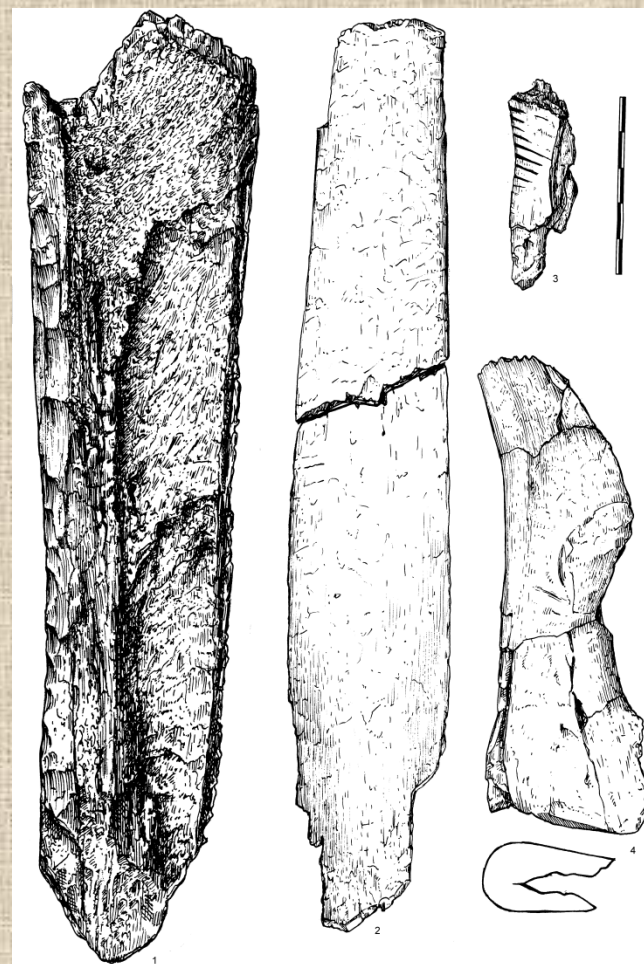
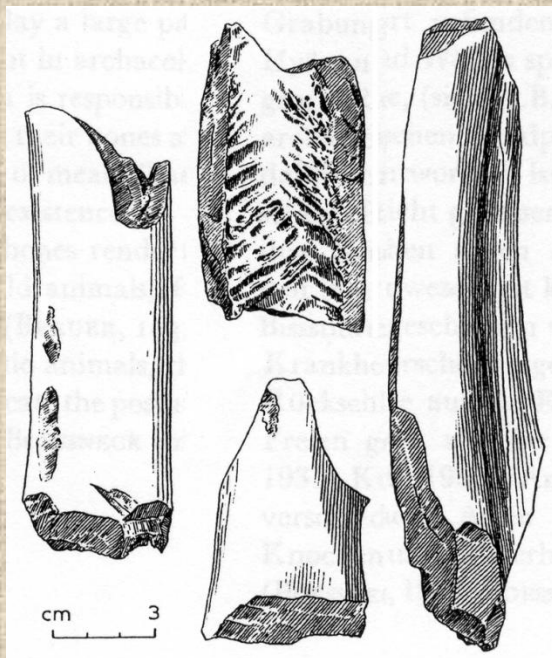
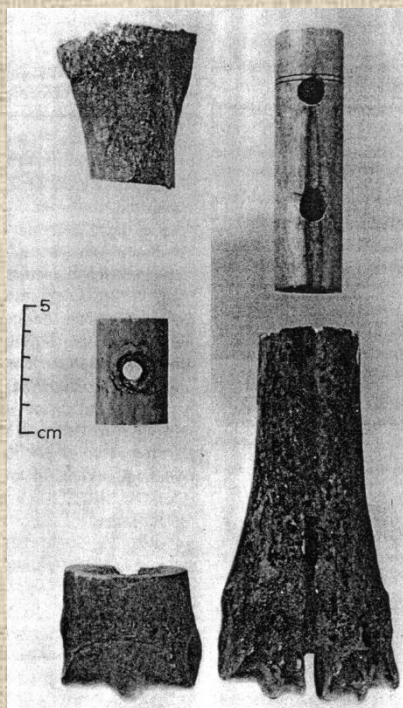


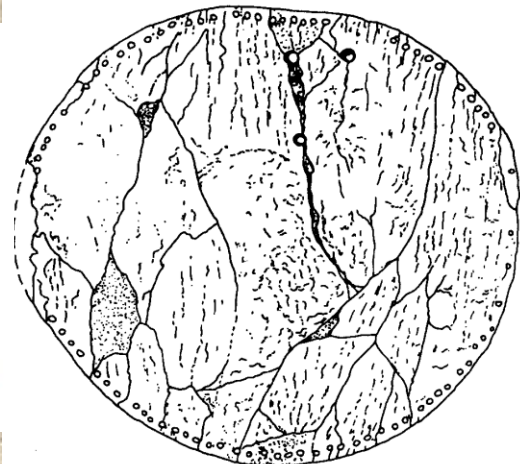
Analýza vzorků z různých kostí téhož spáleného skeletu může ukázat expozici různých částí těla ohni.



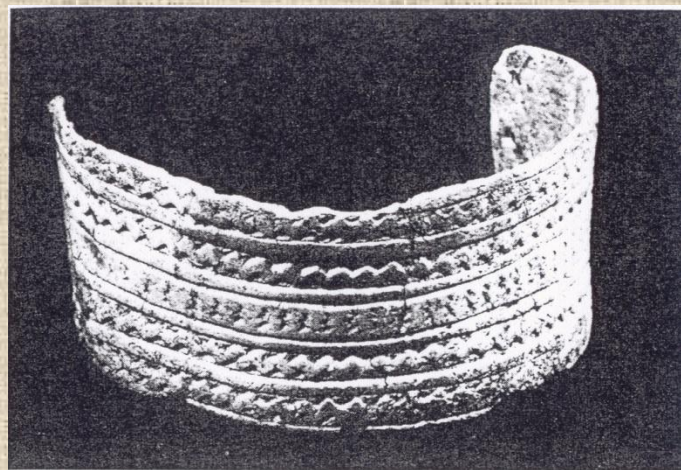
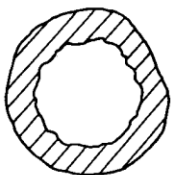
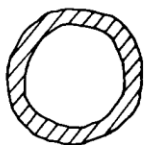
Odhadnutá teplota kremace odpovídá i přepálení nalezených skleněných korálek.

# Tafonomie-kostěné nástroje



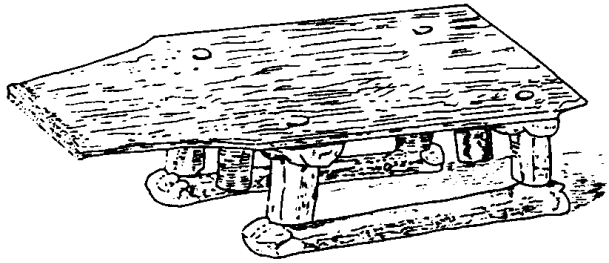


## Ozdoby a kostěné předměty

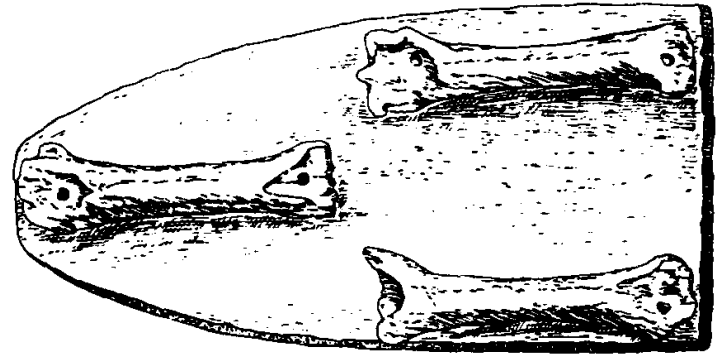
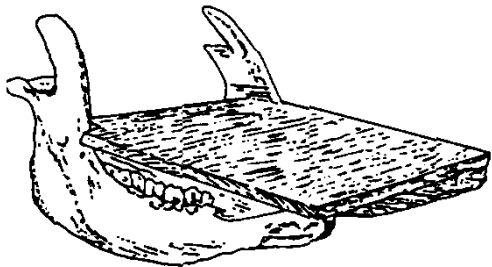
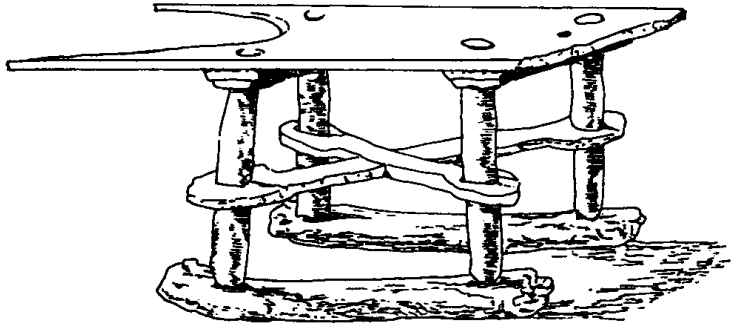


# Sáňky a brusle

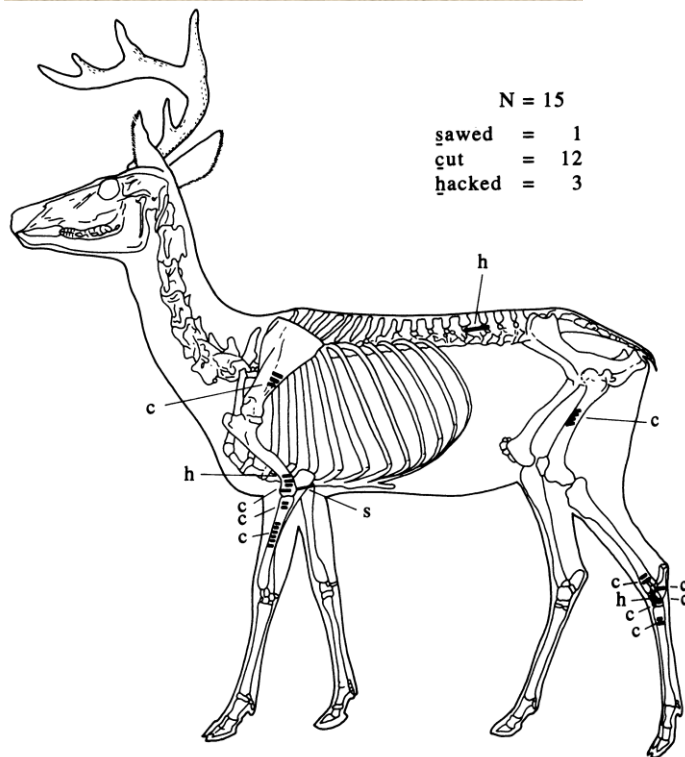
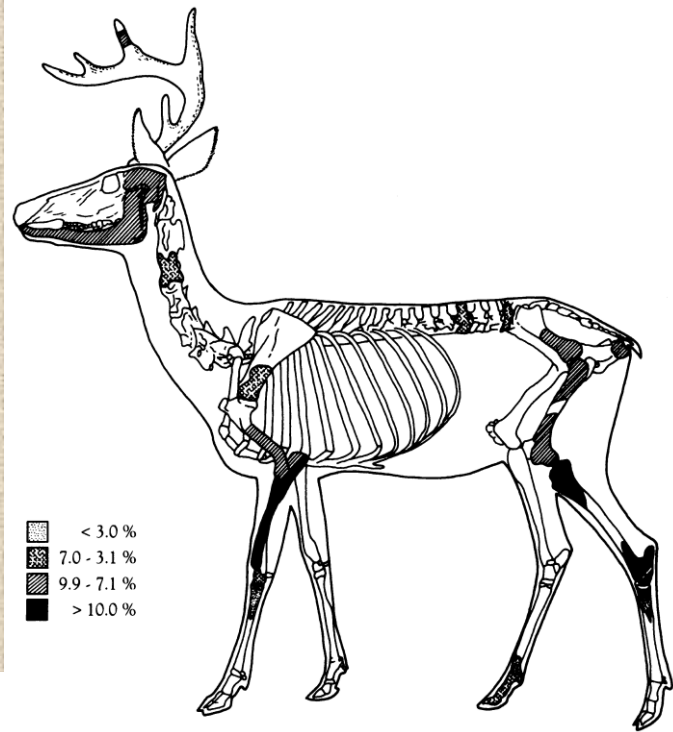
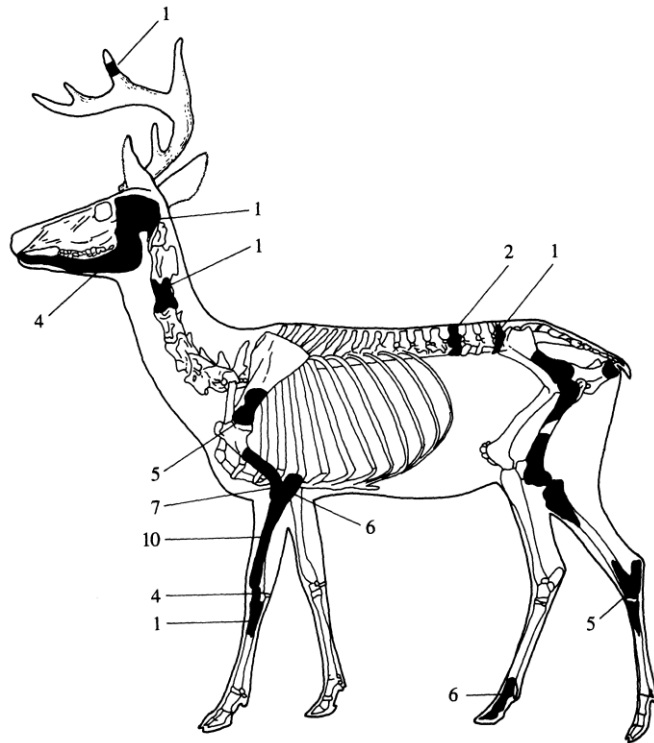
a



b



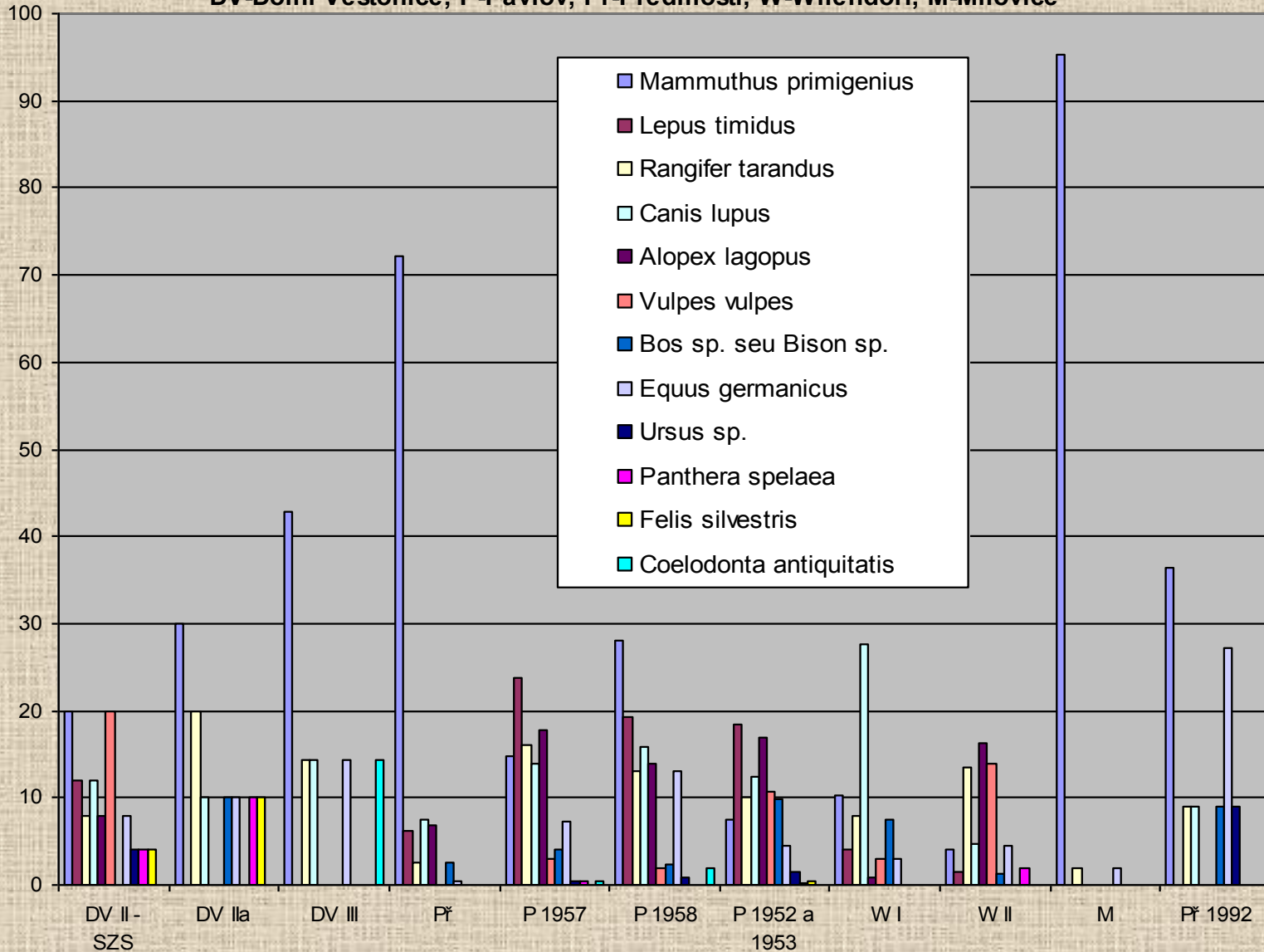
# Analýza kosterního materiálu



# Analýza kosterního materiálu

## Minimální počet jedinců

DV-Dolní Věstonice, P-Pavlov, PŘ-Předmostí, W-Wilendorf, M-Milovice



# Laboratorní zpracování



Odebírání vzorků na zjištění migrací





# Laboratorní zpracování

## Analýza stabilních izotopů

### Stroncium

Izotopy stroncia se dostávají do biosféry a do potravního řetězce zvětráváním krystalických a vyvřelých hornin. Z vody se izotopy dostávají kořenovým systémem do listů rostlin a následně do krevního systému býložravců a následně masožravců. Sr v kostech se váže na  $\text{PO}_4^-$  místo vápníku ( $\text{Ca}^{2+}$ ). Z poměru Zn a Sr lze zjistit výživu zvířete či člověka. Více stroncia a méně zinku je u býložravců. U masožravců je poměr obrácený.

Poměr  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  závisí na geologickém podloží. Podle izotopového složení v kostech sledovaných zvířat a lidí lze rekonstruovat migraci daného zvířete či člověka během jeho života.

### Izotop kyslíku

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

## Izotop dusíku

Podle poměru izotopů dusíku  $^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$  lze říct zdali zvíře či člověk hladověl či ne.

Nejvíce izotopu má maso a nejméně obiloviny. Z rostlin má nejvíce dusíku luštěniny.

## Izotop uhlíku

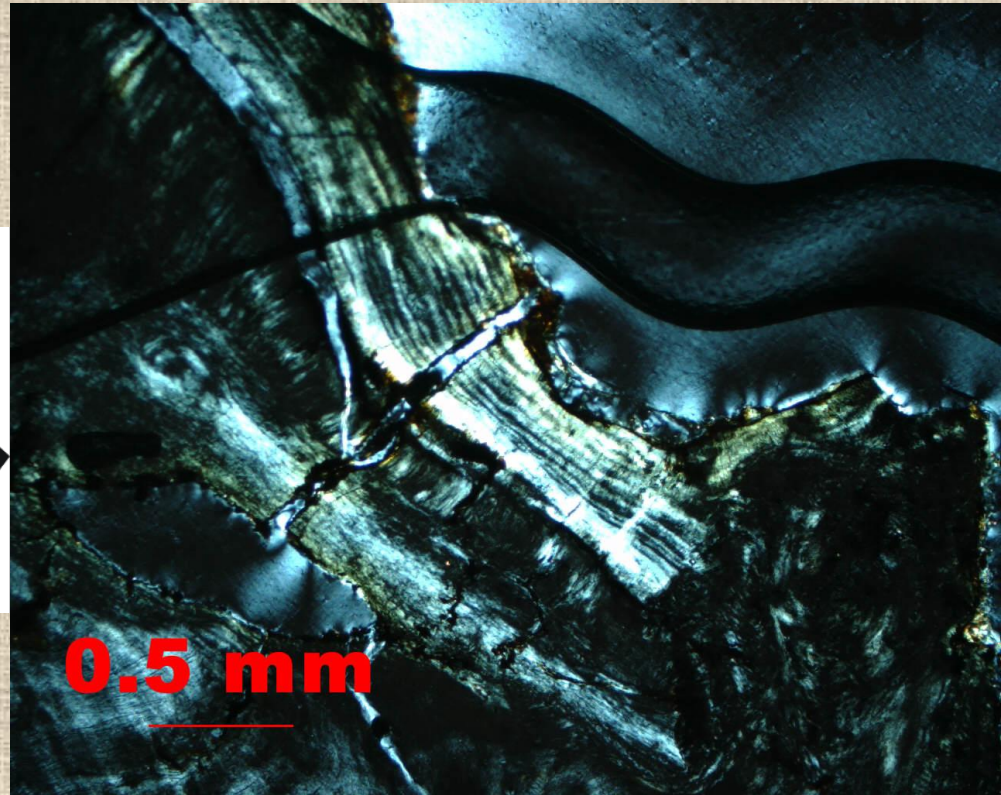
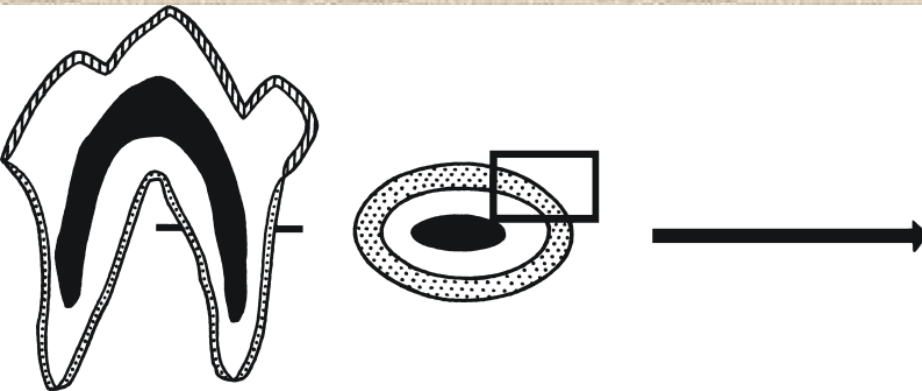
Izotop uhlíku nám něco řekne o složení potravy. Rozlišuje tzv. C4 a C3 rostliny, tzn. rostliny, které zabudovávají během fotosyntézy izotop uhlíku  $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$  různém poměru do složitých cukrů. U C3 rostlin izotop uhlíku  $^{13}\text{C}$  tvoří  $-22$  až  $-30$  ‰, u C4 je  $-9$  ‰ až  $-16$  ‰. C3 rostliny jsou u nás rostoucí stromy, ovocné stromy či rýže, C4 rostliny jsou všechny obiloviny a traviny. Podle zjištěného poměru lze zjistit čím se daný jedinec (zvíře a člověk) živil.

## Izotop síry

Podle poměru izotopu  $^{32}\text{S}/^{34}\text{S}$  lze zjistit nejen výživu daného jedince tak i migraci. Specifický poměr těchto dvou izotopů je odrazem geologického podloží a mikrobiologické aktivity v půdě a vodě. Velký obsah  $^{34}\text{S}$  značí ukazuje na potravu bohatou na mořské živočichy.

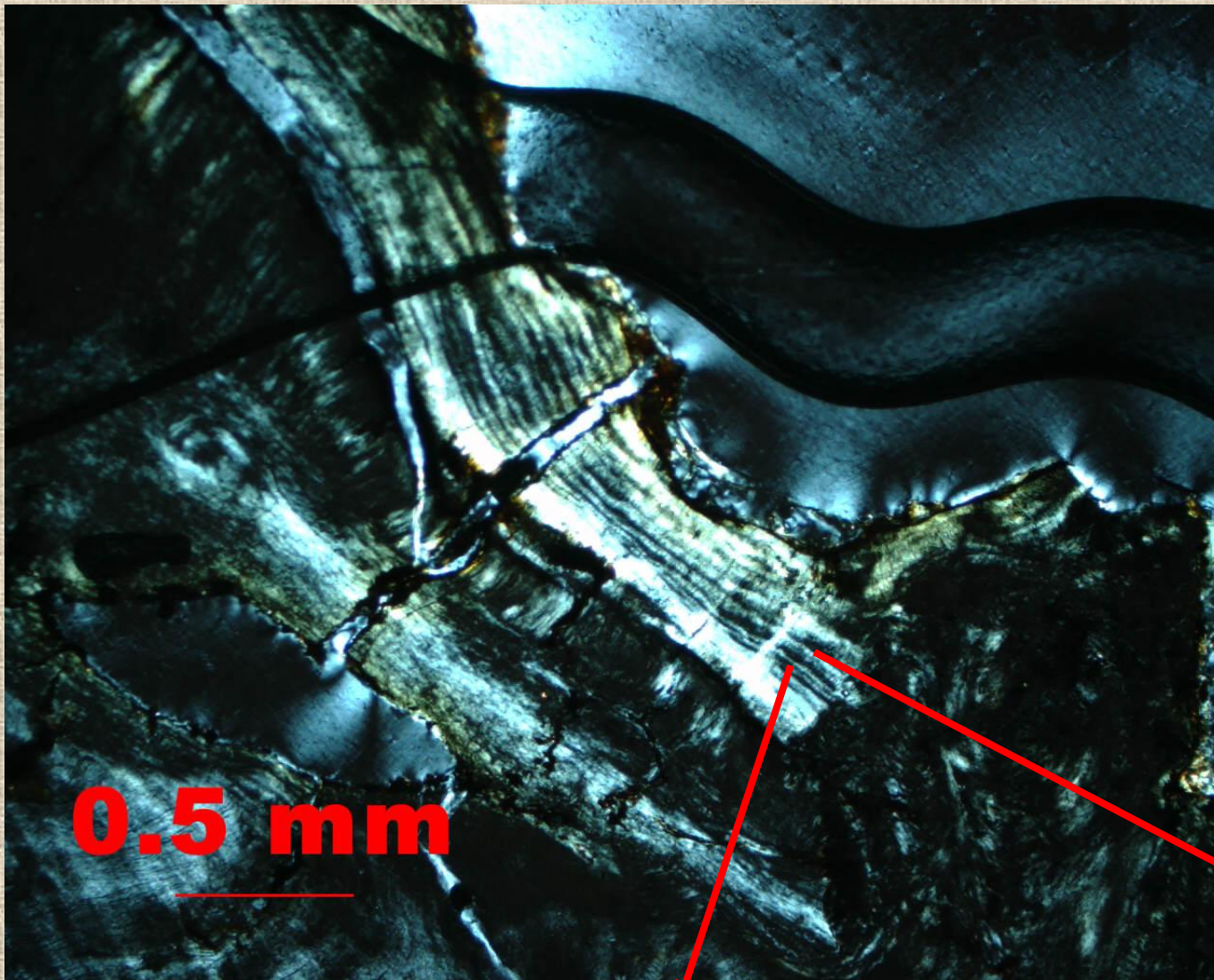
# Laboratorní zpracování

- zjištění věku a sezonality na zuby zvířete



Použit polarizační mikroskop

# Laboratorní zpracování



**0.5 mm**

„zimní“ přírůstek

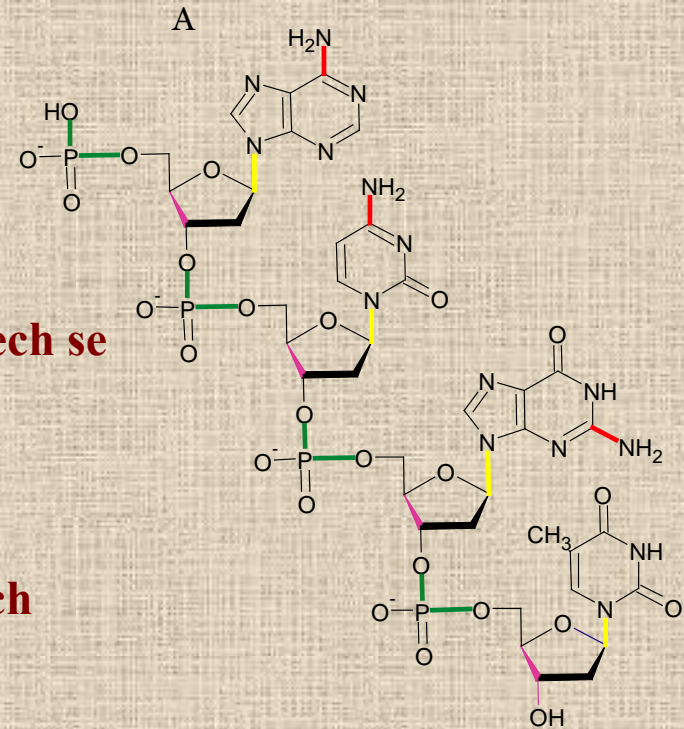
„letní“ přírůstek

# Archeogenetika

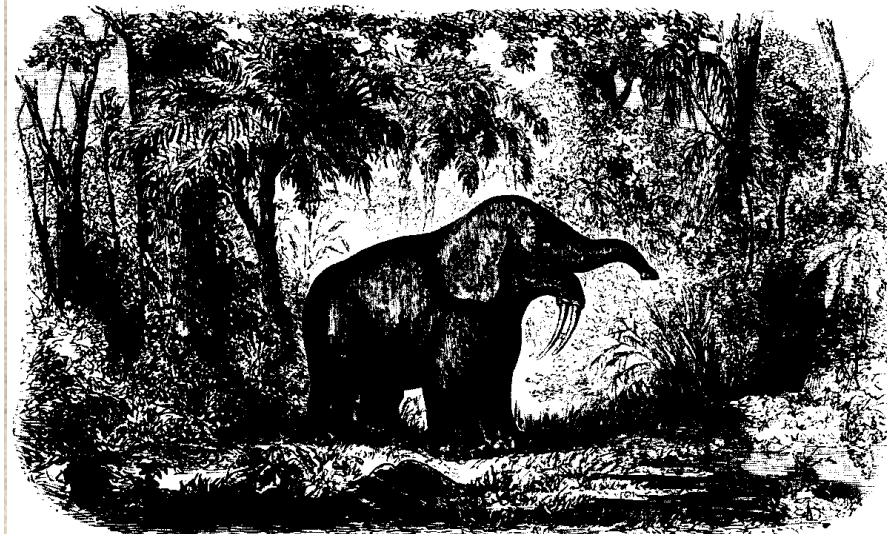
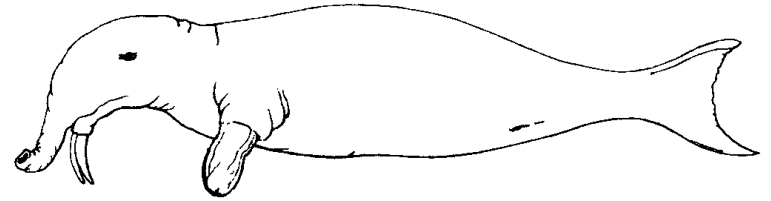
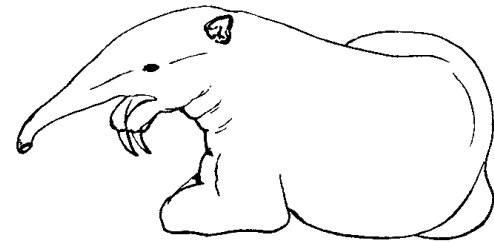
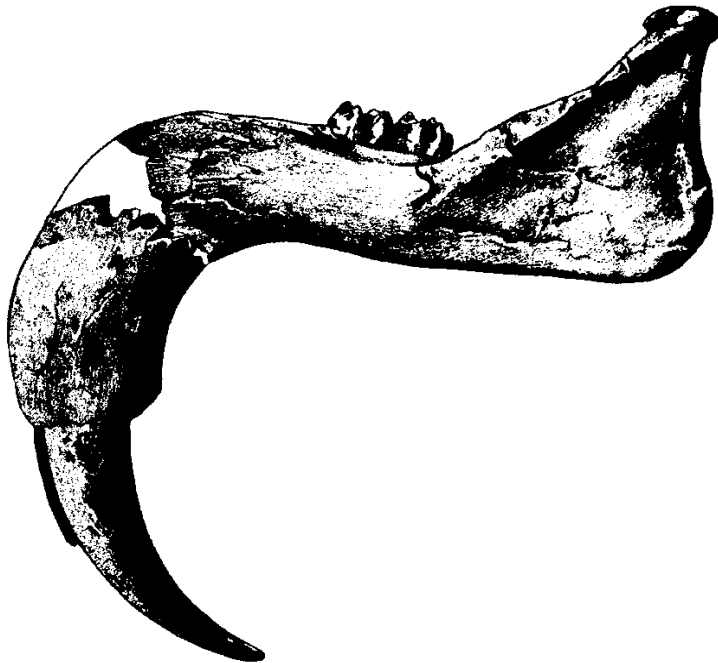
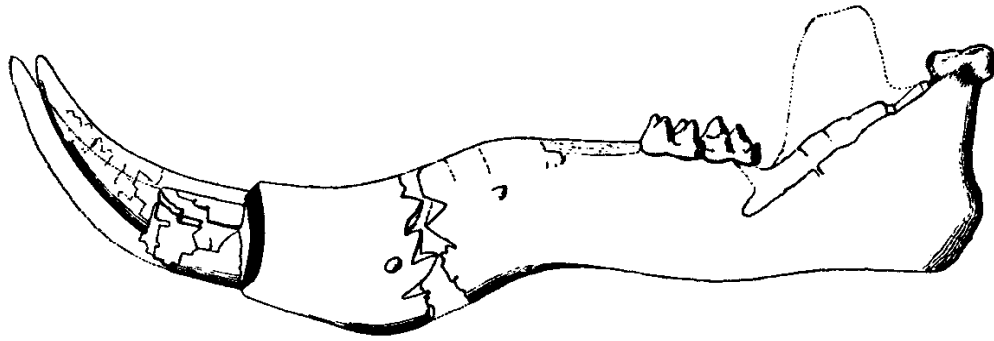
- jako nový obor se prosadila v roce 1990
- nejdříve se zaměřovala na lidskou DNA, v posledních letech se začala zajímat
- o zvířecí a rostlinný archeologický materiál
- z jaderné a mitochondriální DNA lze zjistit původ domácích druhů zvířat, plemena, pohlaví, křížení s divokými druhy
- z populační genetiky lze zjistit pohyb domácích i divoce žijících zvířat
- z analýz DNA lze zjistit migrace jednotlivých kusů zvířat a tím zjistí obchodní a migrační cesty zvířat i lidí

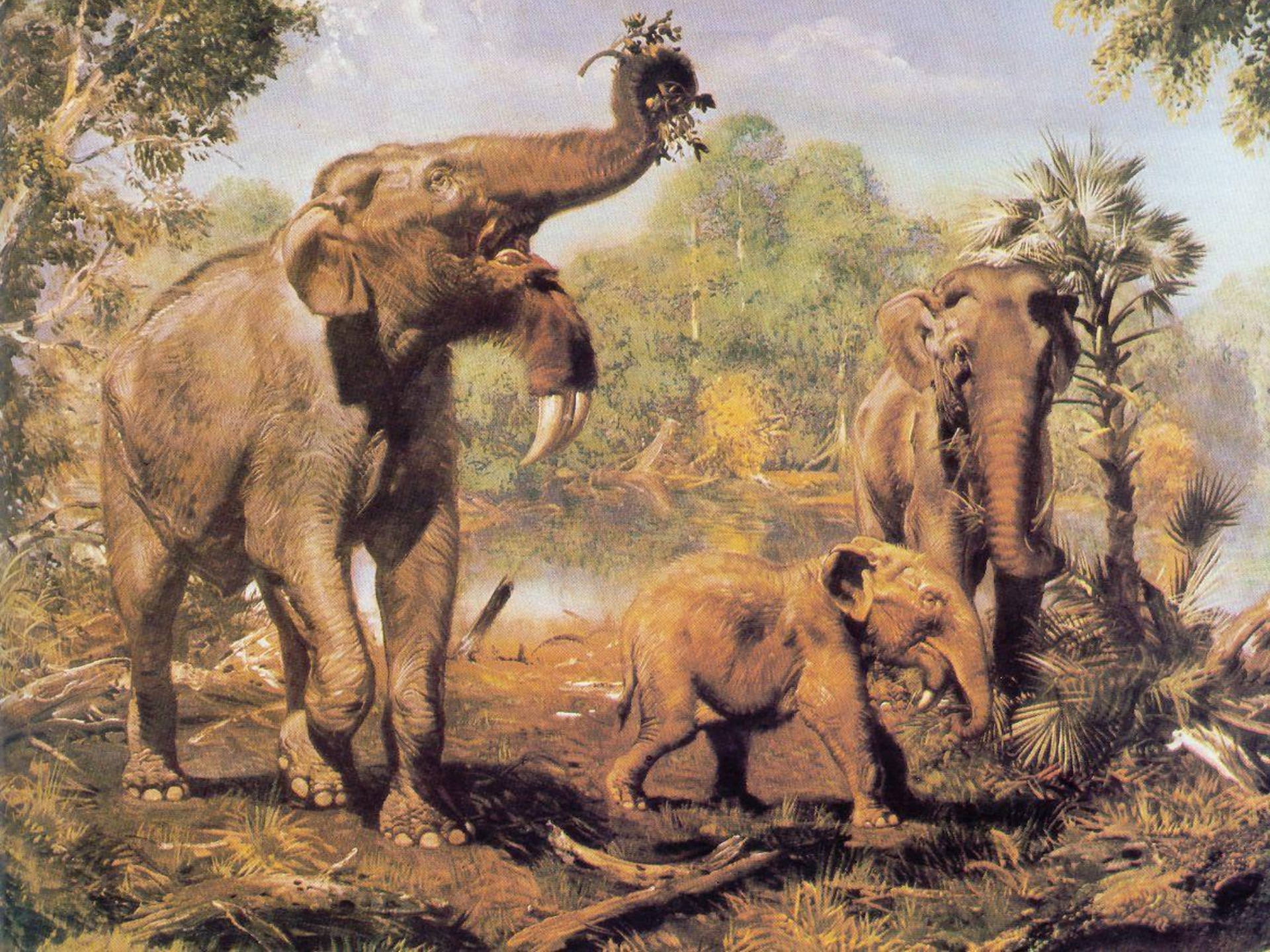
## Literatura:

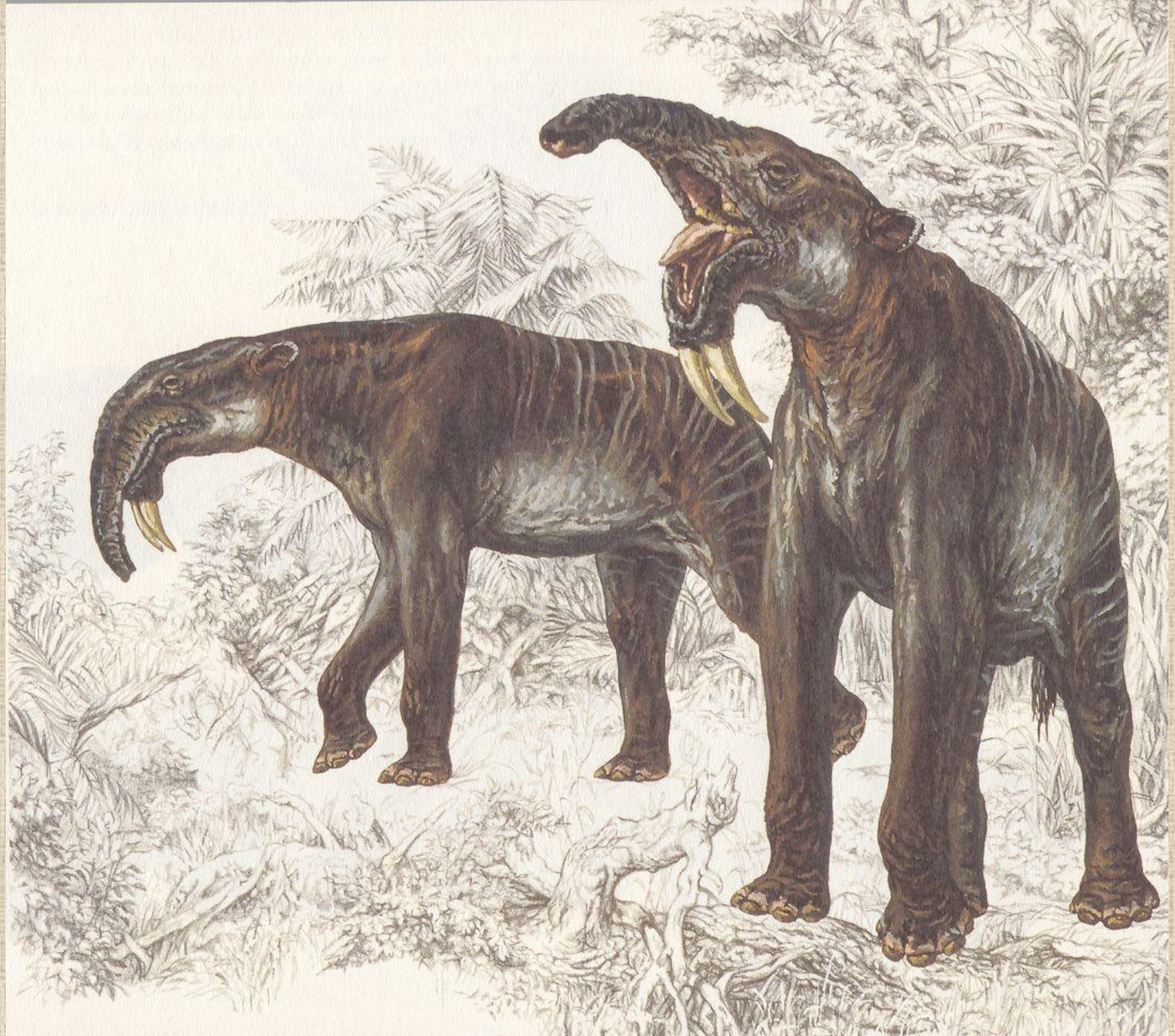
Pavelka, J. a Šmejda, L. (2007): Archeogenetika domestikovaných zvířat. *Archeologické rozhledy*, LIX, 315-335



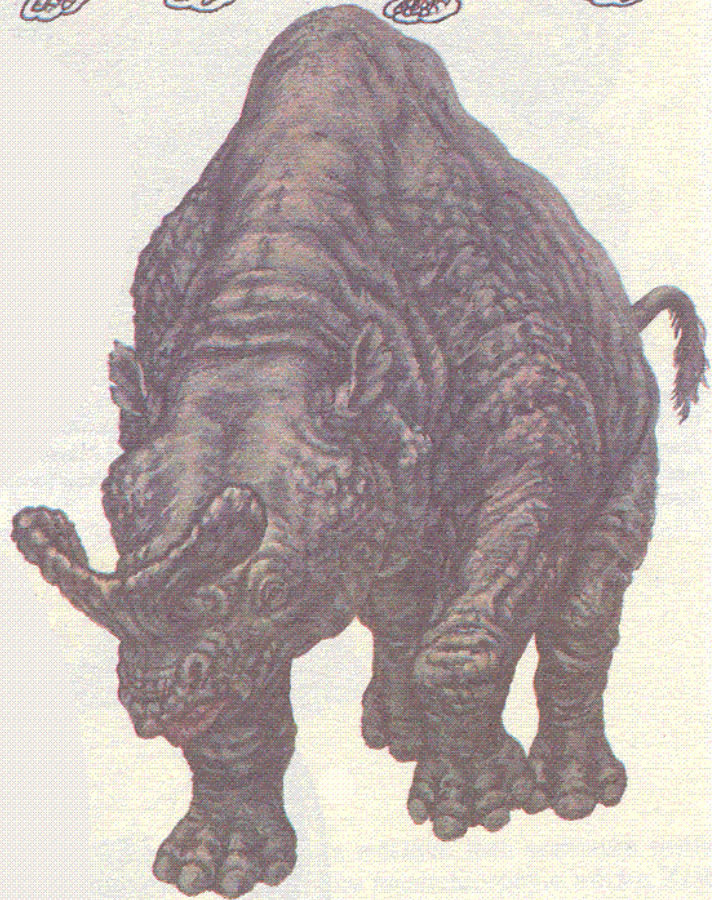
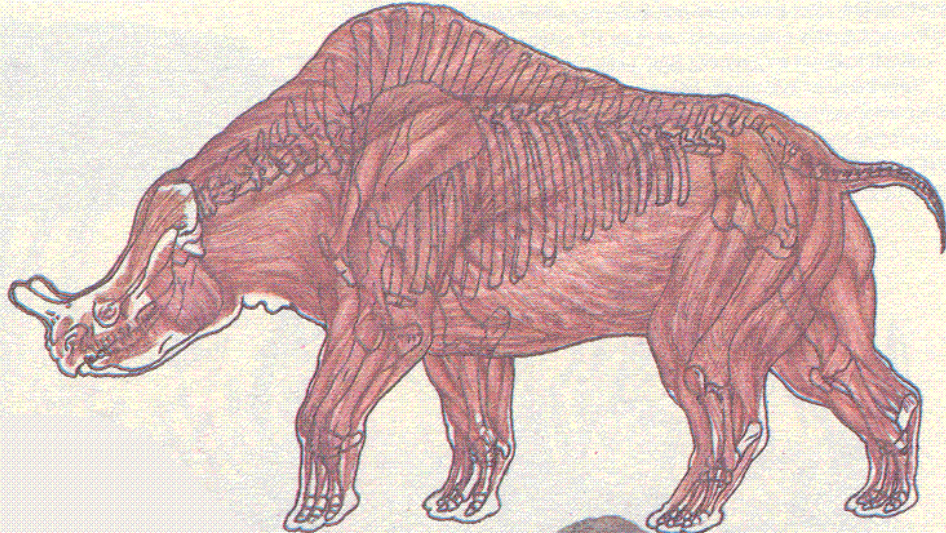
# Rekonstrukce zvířete

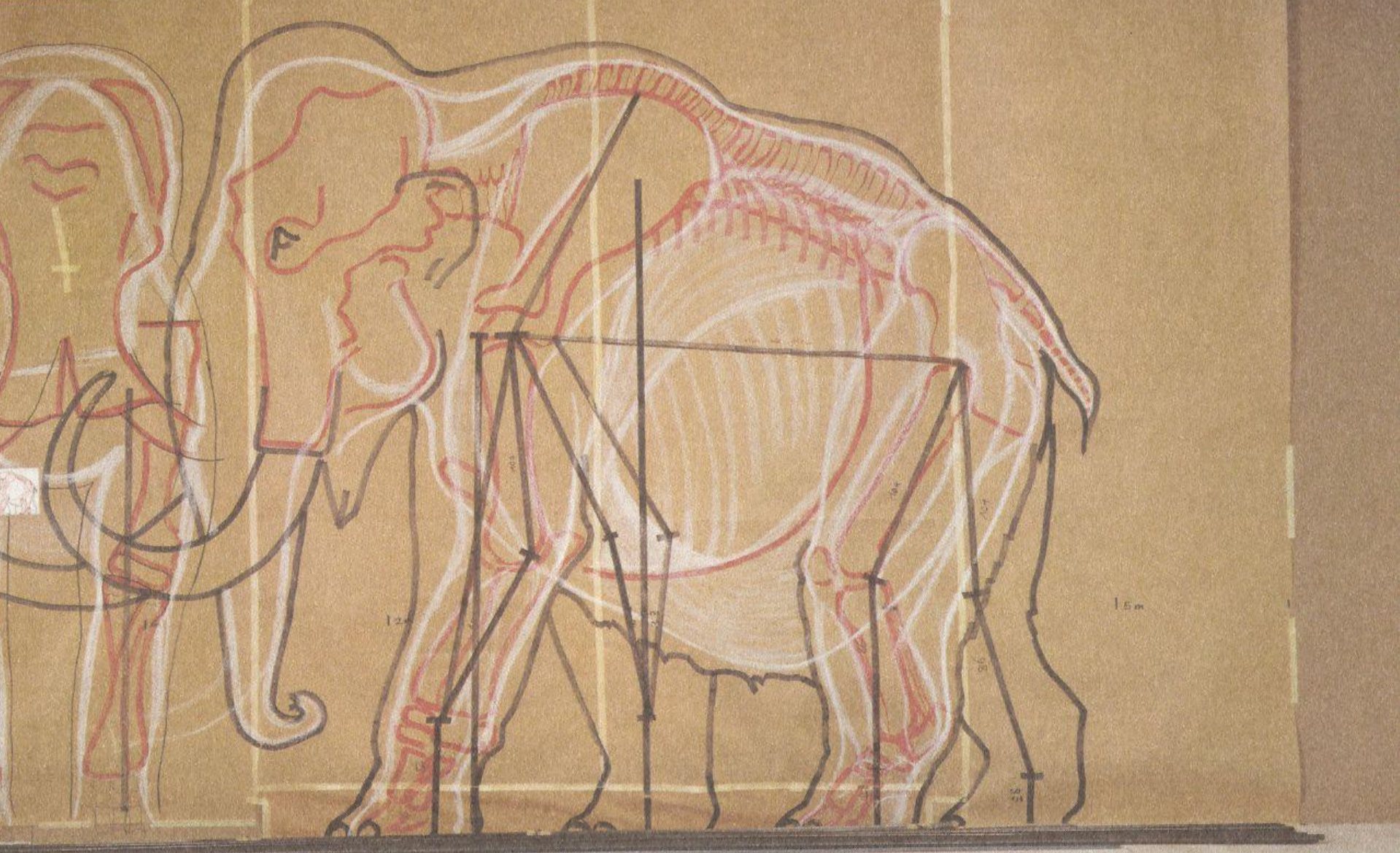


















**Děkuji za pozornost!**

