



Osteologické metody

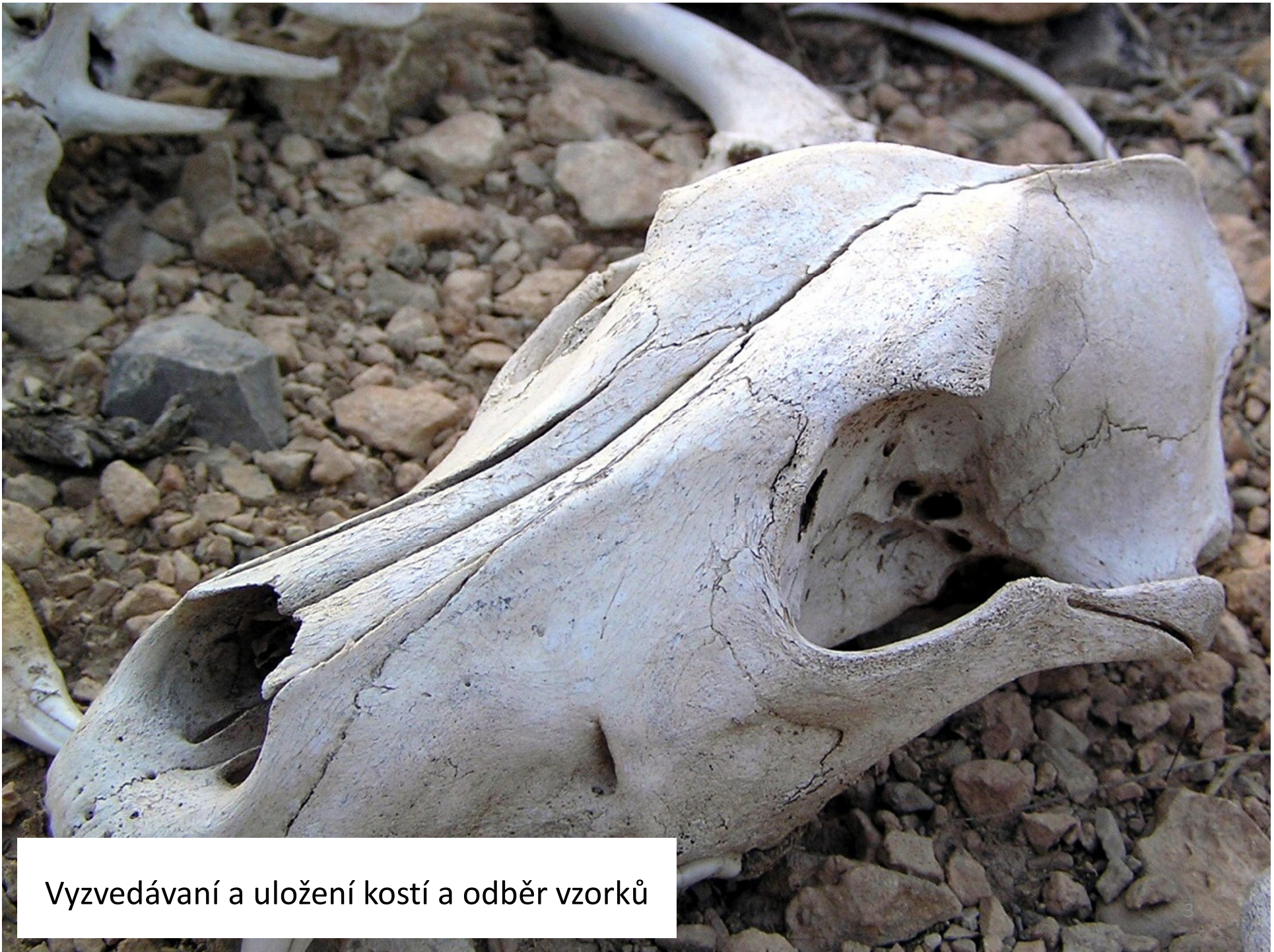
GA231_Holocén

Hana Nohálová

Osteologické metody:

- Vyzvedávání a uložení kostí a odběr vzorků
- Laboratorní a archeozoologické zpracování
- Izotopové analýzy





Vyzvedávání a uložení kostí a odběr vzorků

Vyzvedávání a uložení kostí a odběr vzorků:

Kostry obratlovců:

- 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 nepevněná hornina není dostatečnou oporou
- pro tento případ se používá technika sádrového obalu
 - fosilii odkrýváme vždy shora
 - po částečném odkrytí vykopeme kolem hluboký zářez, který musí být hlubší než je předpokládaná tloušťka fosilie
 - část, která zůstane v terénu, se podhrabe tunely, kolmými k ose kostry; sloupky, které zůstanou mezi tunely se postupně ztenčují až po určitou hranici
 - fosilii je nutno před přiložením sádrových obalů zdokumentovat fotograficky, změřit ji a pořídit náčrt celé nálezové situace
 - na připravenou fosilii začneme přikládat vlhký novinový papír; na papír přikládáme vrstvu gázy namočené v sádrové kaši, nález můžeme zpevnit dřevěnými trámky nebo tyčemi na míru, které se přisádrují
 - po ztvrdnutí sádry podsekne sloupky a celý blok se vyzvedne



Vyzvedávání a uložení kostí a odběr vzorků:

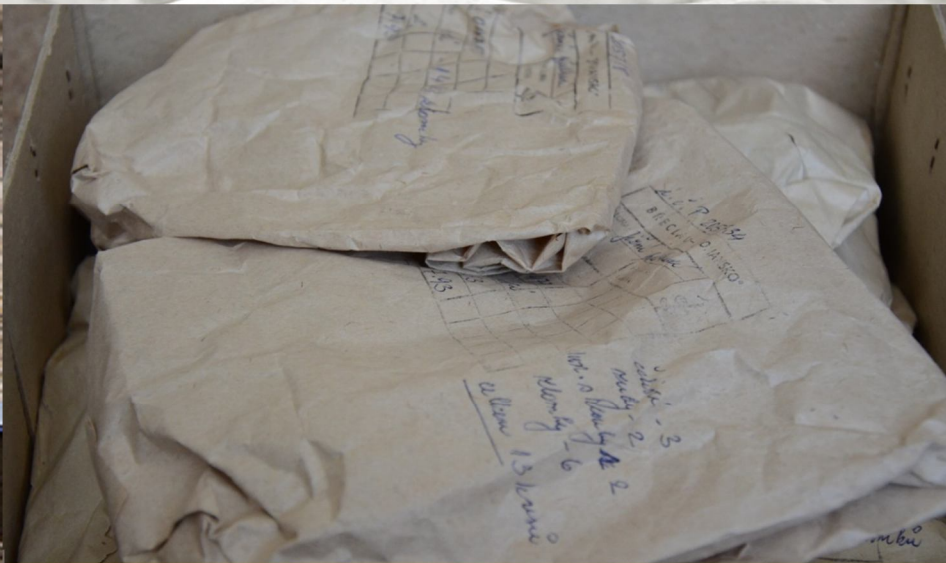
Plavení:

- tato technika se používá pro získání vzácných drobných fosilních obratlovců
- 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



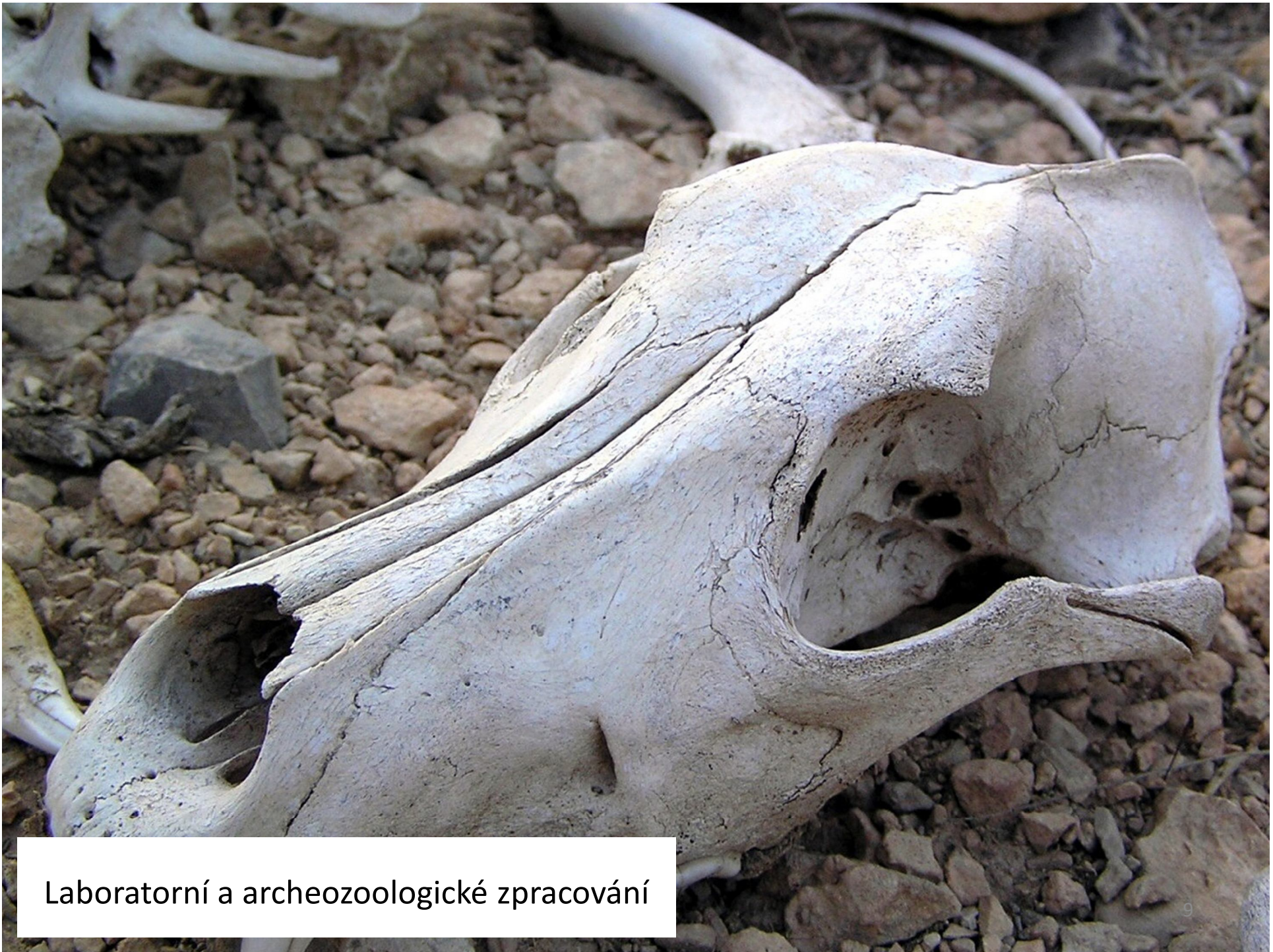


Vyzvedávání a uložení kostí a odběr vzorků:



Vyzvedávání a uložení kostí a odběr vzorků:





Laboratorní a archeozoologické zpracování

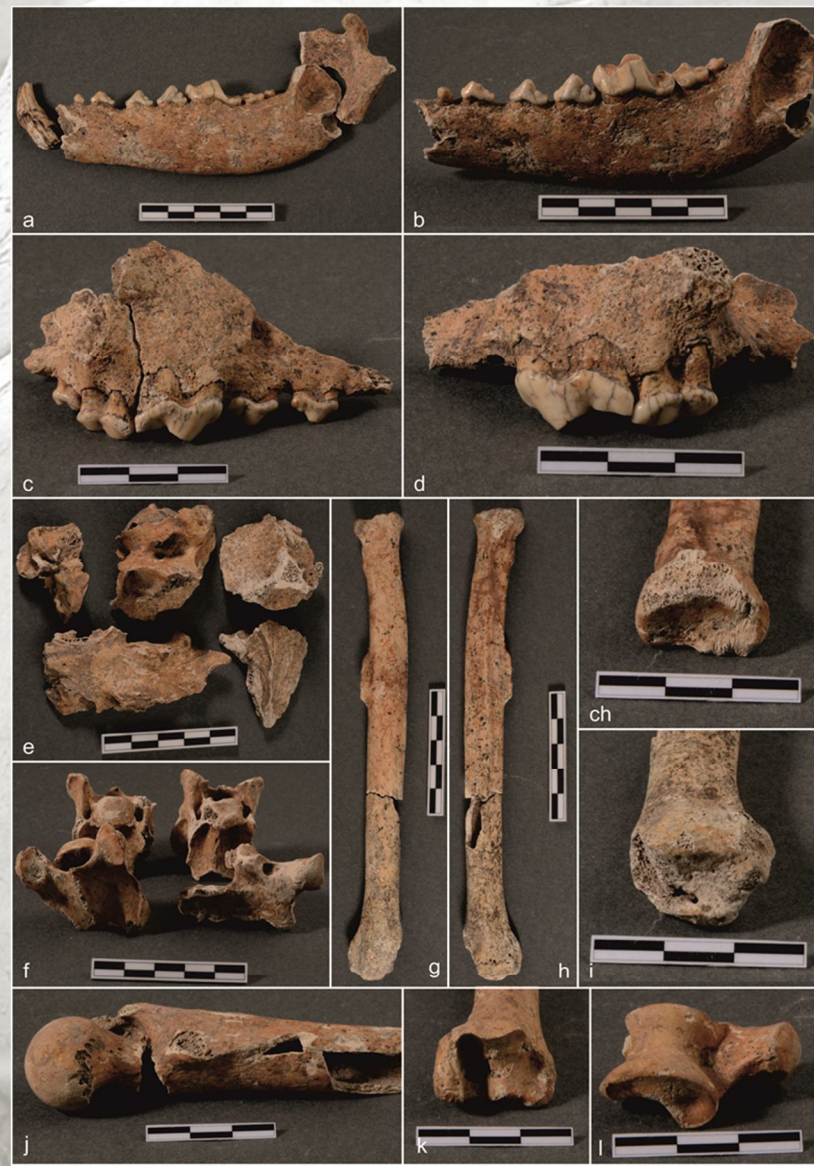
Laboratorní a archeozoologické zpracování:

Laboratorní zpracování:

- **mechanické očištění kosterních pozůstatků** – umývání kosterních pozůstatků ve vlažné vodě v laboru s použitím zubních kartáčků
- **sušení kosterních pozůstatků** – sušení kostí probíhá ve standardní pokojové teplotě asi 2-3 dny
- **rekonstrukce** – lepení (Herkules, Kanagon)
- **inventarizace** – tuž



Laboratorní a archeozoologické zpracování:



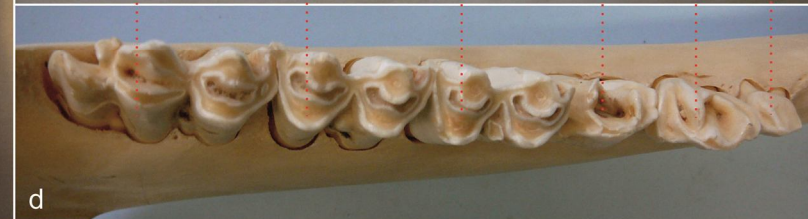
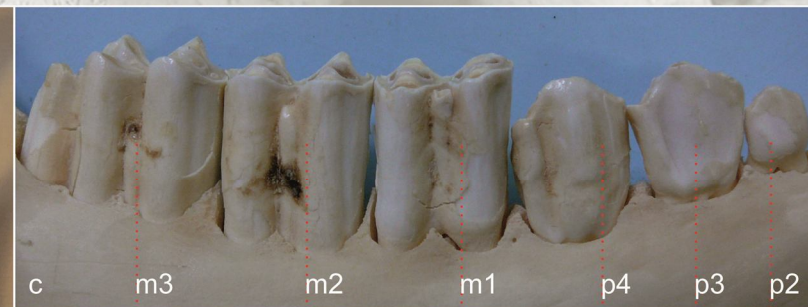
Laboratorní a archeozoologické zpracování:

Archeozoologické zpracování:

- počet kostí a váha
- anatomická a druhová determinace
- věková struktura
- určení pohlaví
- tafonomické změny
- patologické změny
- metrika kostí
- kostěná a parohová industrie
- aj. (např. stranové určení kostí, fotografie, kresba)

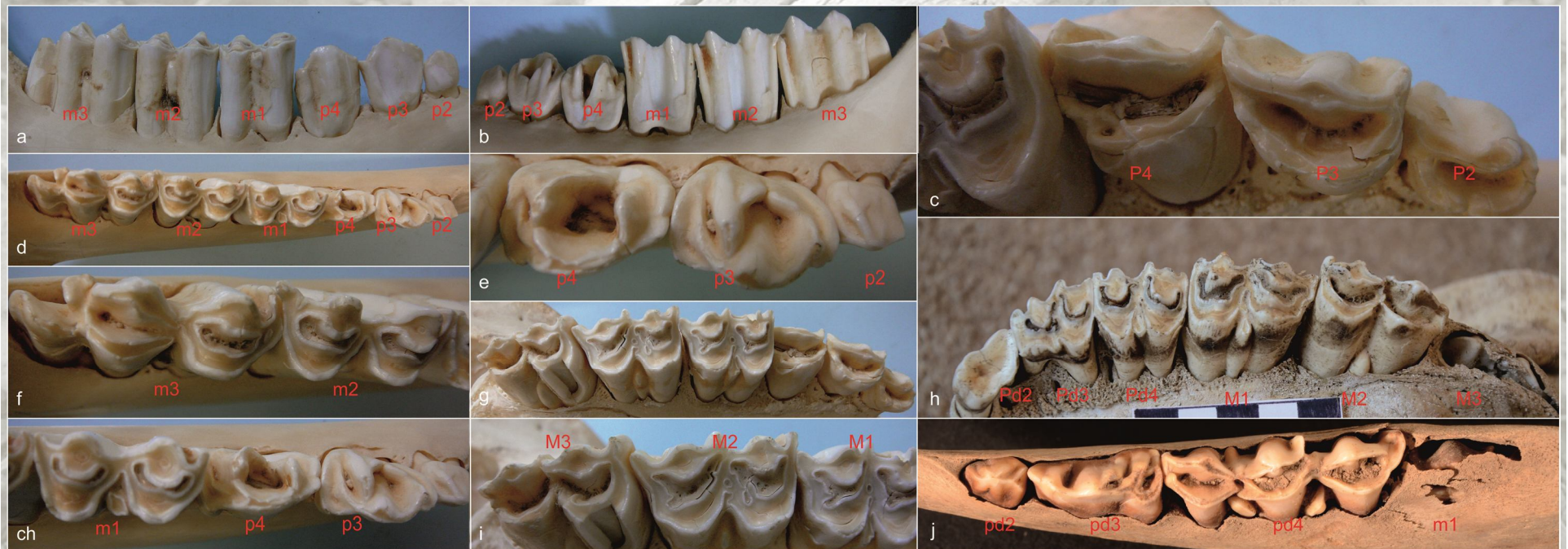


Anatomická a druhová determinace:



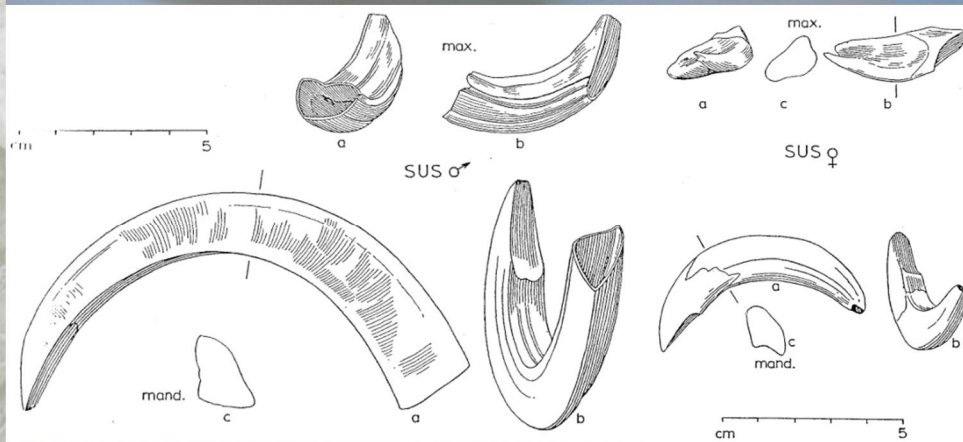
Věková struktura:

- doba porážky
- využívání sekundárních produktů zvířat (mléko, vlna, chov, práce)

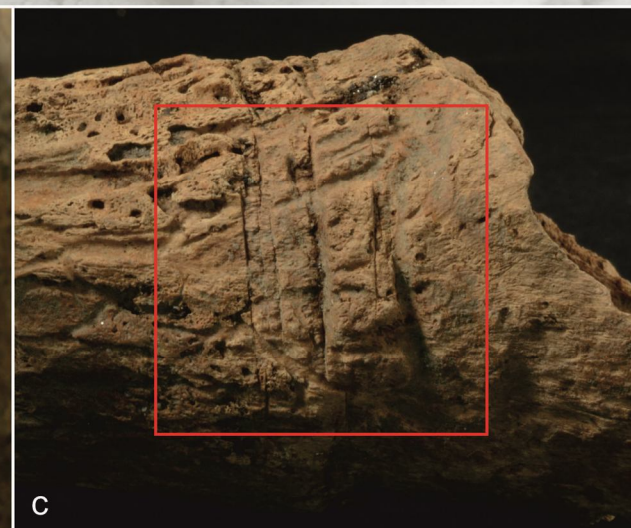


Určení pohlaví:

- určování podle morfologie (např. prase domácí – spodní a horní špičáky; pes domácí – pyjová kost)
- určování podle metriky



Tafonomické změny:



Patologické změny:

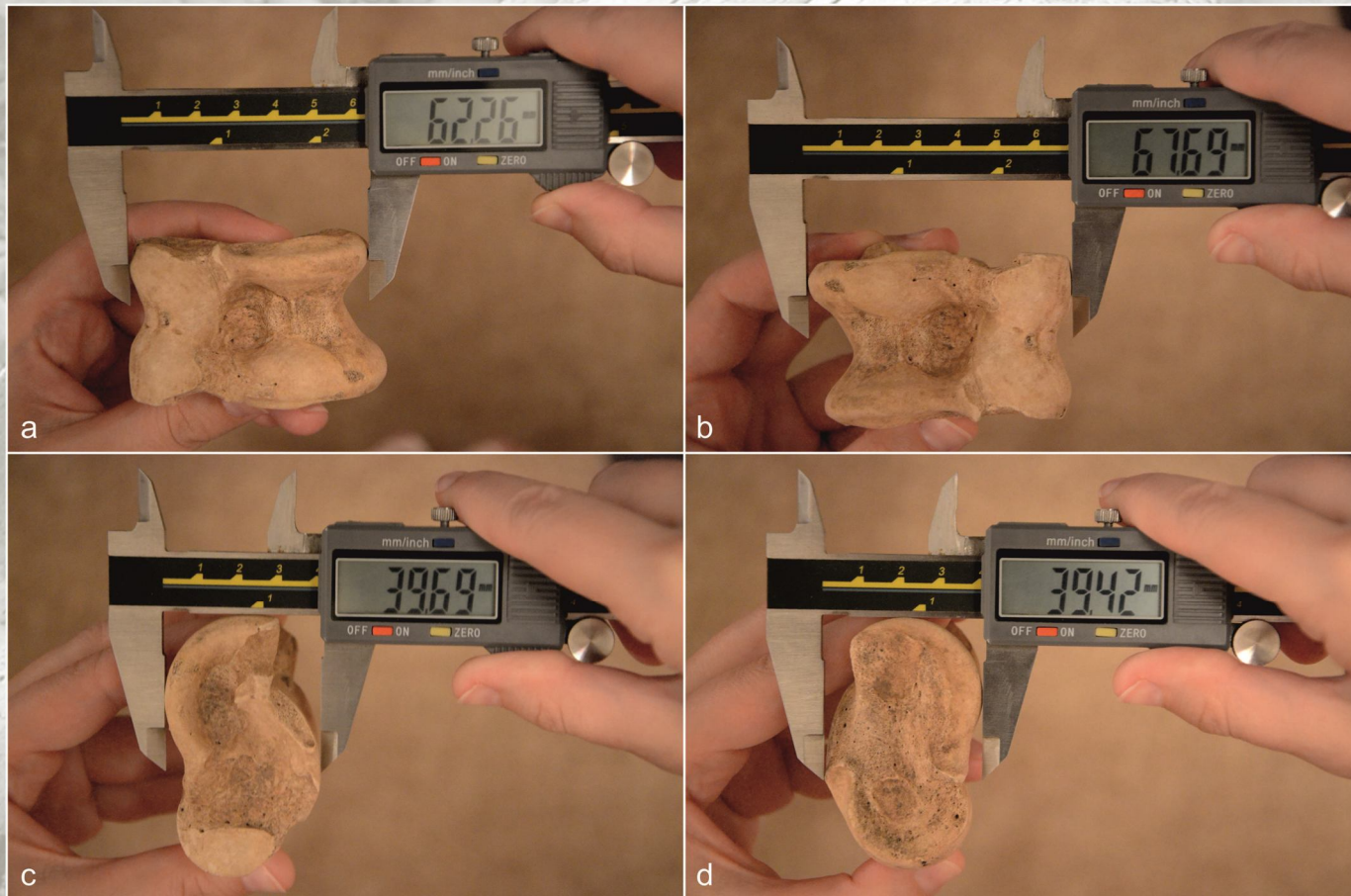
- rekonstrukce životního stylu zvířat i lidí
 - degenerativně produktivní choroby (artróza), traumata (zlomeniny), choroby zubů (zubní kaz), aj.



Zánět na distální epifýze holenní kosti koně (a-c), který postihl i karpální kůstky (d-f) a začal se rozšiřovat na proximální epifýzu nártní kosti (g - začíná se tvořit lem). Na kostech není patrná eburnace, tzn. vyhlazené lesklé plochy, které by poukazovaly na to, že byla končetina používána a tím docházelo k otírání zánětu. Pravděpodobnou příčinou mohl být vymknutý kotník.

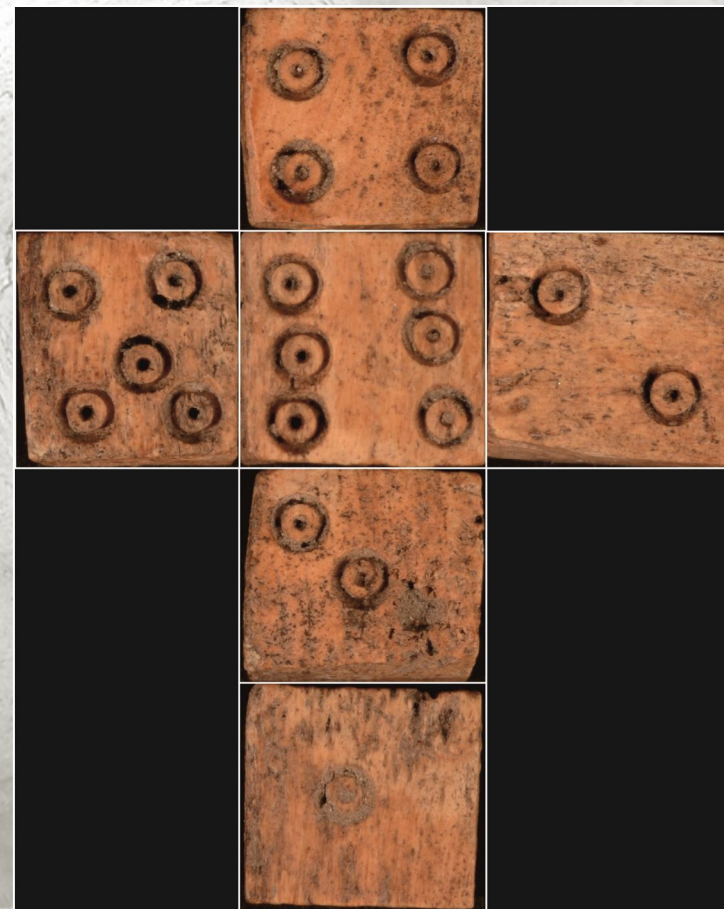
Metrika kostí:

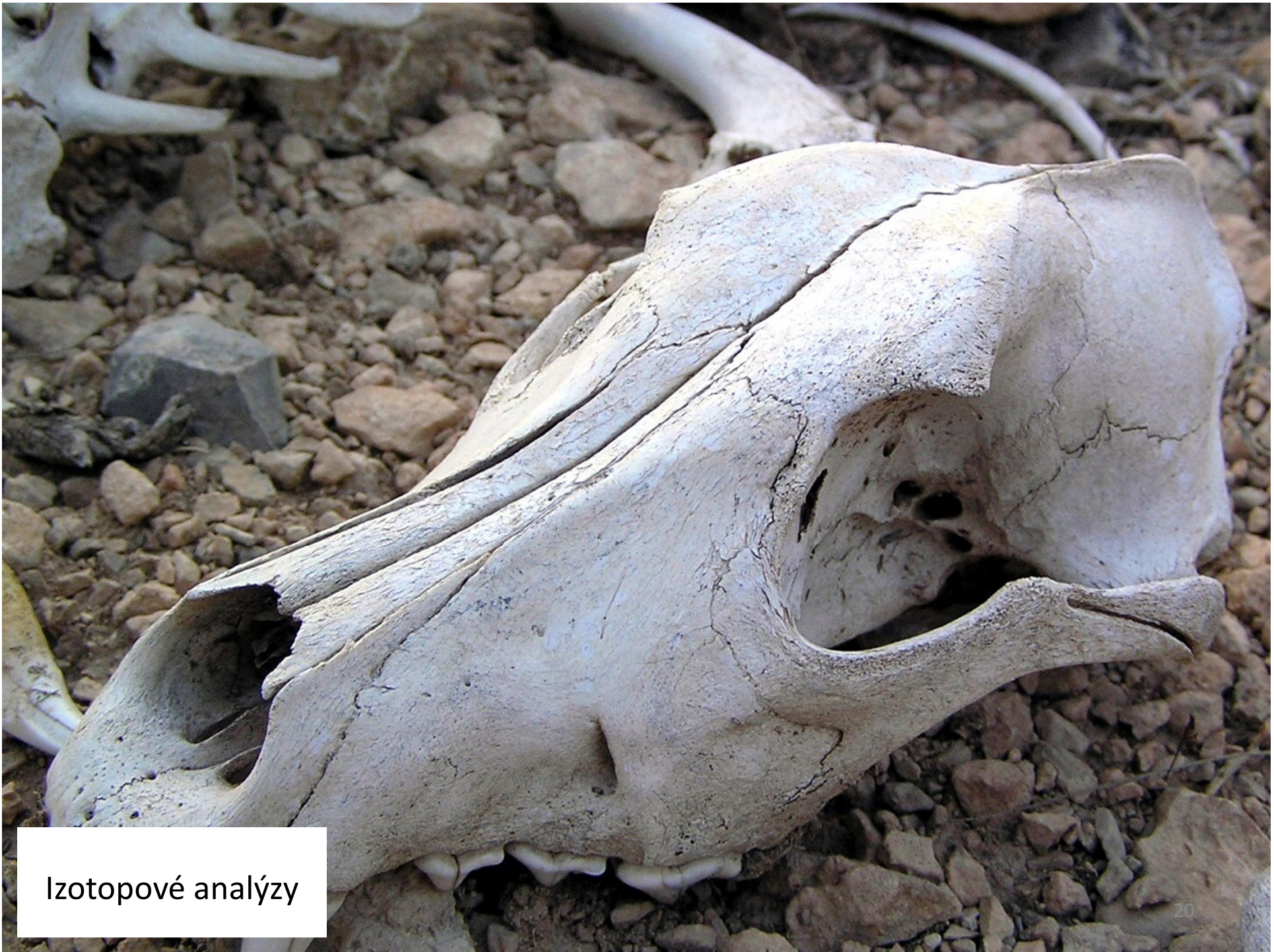
- výpočet pravděpodobné kohoutkové výšky jedince
- určení pohlaví
- vývoj druhu v čase, odlišení některých druhů od sebe (např. liška obecná vs. polární)



Kostěná a parohová industrie:

- druhotné využívání zvířat
- vývoj nástrojů a řemesel





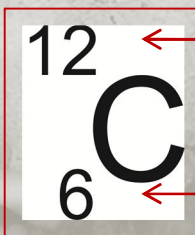
Izotopové analýzy

Izotopové analýzy:

Stabilní izotopy:

- chemické prvky, které se vyznačují stejným počtem protonů a elektronů, avšak se liší v počtu neutronů
- u jednoho prvku může jít o směs několika izotopů, nejčastěji v počtu 1-4, např. síra je tvořena třemi izotopy: $^{32}/_{16}\text{S}$, $^{33}/_{16}\text{S}$ a $^{34}/_{16}\text{S}$
- poměr stabilních izotopů se obvykle vyjadřuje jako podíl vzácnějšího, těžšího izotopu k izotopu běžnějšímu, lehčímu, např. $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ nebo se zapiše zkráceně jako $\delta^{13}\text{C}$
- nejčastěji se používají stabilní izotopy uhlíku ($^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$), dusíku ($^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$), síry ($^{34}\text{S}/^{32}\text{S}$), kyslíku ($^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$)
- poměry stabilních izotopů se stanovují v laboratoři hmotnostním spektrometrem, který měří poměr těžkého a lehkého izotopu ve vzorku a srovnává jej s tímž poměrem u mezinárodního standardu
- standardem pro uhlík je mořský fosilní vápenec z Jižní Karolíny (PDB), pro dusík atmosférický vzduch (AIR), pro síru troilit z meteoritu kařonu Diablo (CDT) a pro kyslík a vodík vídeňský standard průměrné mořské vody (SMOW)
- množství stabilního izotopu se zapisuje pomocí symbolu delta (δ), ve kterém je množství stabilního izotopu vyjádřeno ke standardu: $\delta = [(R_{\text{vzorek}}/R_{\text{standard}}) - 1] \times 1000\text{‰}$, kde R je molárový poměr těžšího izotopu k lehčímu: $R = ^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$

H	SMOW ^a	R = 0,0001558
C	PDB ^b	R = 0,0112372
N	AIR ^c	R = 0,0036765
O	SMOW	R = 0,0020052
S	CDT ^d	R = 0,0450045



Nukleonové číslo (počet protonů a neutronů)

Protonové číslo (=atomové číslo, počet protonů, rovno počtu elektronů)

Izotopové analýzy:

- stabilní izotopy se do organismu dostávají prostřednictvím výživy – pevné potraviny a tekutin (voda, mateřské mléko) - a jsou postupně zabudovávány do kostí a zubů
- mezi nejrozšířenější izotopy patří: $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$, $^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$, $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$, $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$ a $^{34}\text{S}/^{32}\text{S}$
- jejich přirozenými zdroji jsou atmosféra, voda a geologický podklad
- jednou z hlavních oblastí využití stabilních izotopů je rekonstrukce paleoenvironmentálních podmínek
- další možností využití stabilních izotopů je rekonstrukce potravy lidí a zvířat

Izotopové analýzy:

Stabilní izotopy užívané při rekonstrukci stravy :

- $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$, $^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$
- poskytují informace o podobě stravy jedince (člověk i zvíře)
- možné aplikovat na recentní i fosilní materiál (rekonstrukce stravy historických populací)
- nedá se určit, zda zkoumaný jedinec večeřel 3x týdně kance a snídal ovesnou kaši
- stabilní izotopy pomáhají určit širší okruh potravních zdrojů (např. jaký podíl ve stravě tvořily C4 rostliny, zda ve stravě převažovaly rostlinné nebo živočišné zdroje, zda pocházely z terestrických či mořských ekosystémů)
- lze odlišit jedince s vegetariánskou stravou od těch, co se živili také masem
- pomocí stabilních izotopů lze také zjišťovat rozdíly ve složení stravy uvnitř jednotlivých populací
- porovnáním izotopových poměrů lze zjistit, zda a jak se lišila strava jedinců s odlišným socioekonomickým statutem
- dále můžeme objevit odlišnosti v podobě jídelníčků mužů a žen, případně zda se dětská strava nějak lišila od té, kterou konzumovali dospělí jedinci
- nebezpečí pro izotopové analýzy představují post-depoziční procesy, způsobující degradaci či znehodnocení kolagenu, což je nutné při analýze vzorků zohlednit

Izotopové analýzy:

Izotopy uhlíku $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$:

- zdrojem uhlíku u **suchozemských ekosystémů** je atmosférický CO_2 , který se vyskytuje ve dvou formách stabilních izotopů: ^{12}C a ^{13}C , z nichž je pro izotopové analýzy užívána hodnota $\delta^{13}\text{C}$ uváděna v promilích (‰), a která vyjadřuje poměr izotopových hodnot $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ v daném vzorku k mezinárodnímu standardu (PDB), který pochází z mořské fosílie *Belemnitella americana* z geologické formace Pee Dee v Jižní Karolíně: $\delta^{13}\text{C} = \left[\frac{^{13}\text{C}/^{12}\text{C}_{\text{vzorek}}}{^{13}\text{C}/^{12}\text{C}_{\text{PDB}}} - 1 \right] \times 1000\text{‰}$
- základním využitím izotopových analýz uhlíku je rekonstrukce složení stravy býložravců nebo import nových rostlin (např. kukuřice)
- hodnoty $\delta^{13}\text{C}$ jsou nejčastěji negativní čísla od -30 do -10 ‰
- konzumované rostliny lze rozdělit do tří kategorií na základě fixace atmosférického CO_2 během fotosyntézy:
- rozlišujeme C_3 a C_4 rostliny a tzv. CAM rostliny
- každá z těchto skupin dosahuje jiných hodnot $\delta^{13}\text{C}$ a tím umožňuje rozlišit nejen mezi dvěma odlišnými skupinami rostlin, ale zároveň i mezi dvěma odlišnými skupinami jejich konzumentů, neboť C_3 rostliny vykazují výrazně nižší hodnoty $\delta^{13}\text{C}$ než C_4 rostliny



Belemnitella americana

Izotopové analýzy:

C₃ rostliny:

- využívají Calvinův cyklus patří stromy, keře a trávy chladného klimatického pásu, rovněž zahrnují většinu zeleniny, ječmen, pšenici a žito, C₃ rostliny mají hodnoty $\delta^{13}\text{C}$ v rozmezí **od – 21 ‰ do – 35 ‰ s průměrem okolo – 27 ‰ ± 3 ‰**

C₄ rostliny:

- využívají Hatch-Slackův cyklus zahrnují především ostřice, proso, kukuřice některé bylinky, zřídka keře a většinu trav z mírných a tropických klimatických pásem, C₄ rostliny mají hodnoty $\delta^{13}\text{C}$ v rozmezí **od – 9 ‰ do – 19 ‰ s průměrem okolo – 13 ‰ ± 2 ‰**

CAM rostliny (crassulacean acid metabolism):

- nejsou běžné a vyskytují se především u sukulentů, které jsou adaptovány na aridní podmínky a pravděpodobně nebyly významným zdrojem potravy pro herbivory



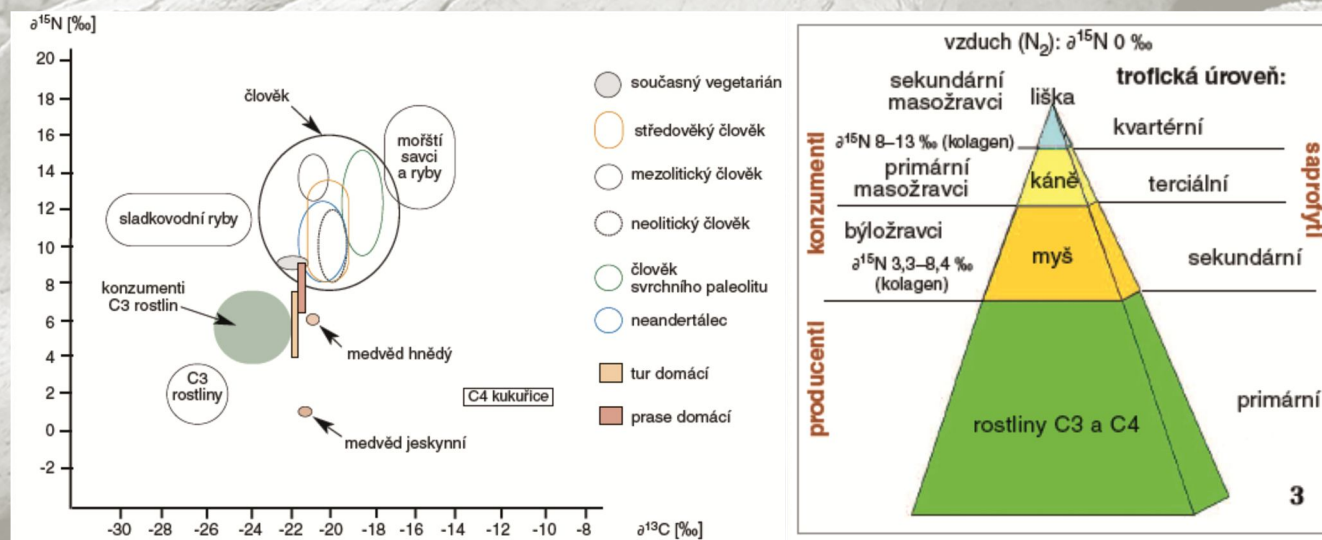
Izotopové analýzy:

- určení rozdílů mezi stravou založenou na mořských zdrojích a stravou omezující se na suchozemské organismy
- mořské organismy vykazují vyšší hodnoty $\delta^{13}\text{C}$ než C_3 rostliny
- hodnoty $\delta^{13}\text{C}$ u stravy založené na mořských organismech spadají do intervalu mezi hodnoty obou skupin suchozemských rostlin, a proto problém nastává v situaci, kde lze očekávat i přítomnost C_4 i C_3 rostlin
- poté danou metodou nelze spolehlivě stanovit signifikantní rozdíly, a proto lze využít analýzy stabilních izotopů dusíku a poměru, vyjádřeným $\delta^{15}\text{N}$
- hlavním zdrojem uhlíku **mořských ekosystémů** je anorganický uhlík, včetně kyseliny uhličitě a CO_2
- dalším zdrojem uhlíku jsou organické částice jako řasy a detrit, které dosahují hodnot $\delta^{13}\text{C}$ v rozmezí od -18,5 do -22,0 ‰
- mořské rostliny a živočichové se pohybují mezi hodnotami $\delta^{13}\text{C}$ -10 až -19 ‰
- hodnoty nad $\delta^{13}\text{C}$ -20 ‰ ukazují na dominanci mořské potravy v lidské stravě, zatímco nižší na konzumaci suchozemských rostlin a živočichů
- sladkovodní ryby následně vykazují širokou škálu $\delta^{13}\text{C}$ hodnot
- mnohé studie uvádějí velmi nízké hodnoty $\delta^{13}\text{C}$ pro sladkovodní ryby, z důvodu nízkých hodnot $\delta^{13}\text{C}$ sladkovodních rostlin
- několik studií uvádí hodnoty sladkovodních ryb, které se podobají rybám mořským

Izotopové analýzy:

Izotopy dusíku $^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$:

- dusík se vyskytuje ve dvou formách stabilních izotopů: ^{14}N a ^{15}N , jejichž poměr v kosterních vzorcích ($\delta^{15}\text{N} = [({}^{15}\text{N}/{}^{14}\text{N}_{\text{vzorek}}/{}^{15}\text{N}/{}^{14}\text{N}_{\text{AIR}}) - 1] \times 1000\text{‰}$) je vyjádřen v promile (‰) a vztažen k mezinárodnímu standardu, za který je považován atmosférický dusík
- hodnoty $\delta^{15}\text{N}$ se pohybují v rozsahu zhruba od + 12 ‰ do - 8 ‰ v závislosti na původu přijímaného dusíku rostlinami
- pomocí hodnot $\delta^{15}\text{N}$ lze stanovit trofickou úroveň organismu, tj. postavení jedince v potravním řetězci
- obecně platí, že se hodnoty $\delta^{15}\text{N}$ zvyšují o 2–3 ‰ na každém stupni potravní pyramidy
- jestliže rostliny obsahují kolem 3 ‰ ^{15}N , pak býložravci, kteří se jimi živí, se dostávají na 6 ‰ a šelmy na rozpětí od + 9 do + 10 ‰
- vyšší hodnoty $\delta^{15}\text{N}$ (mezi + 15 až + 20 ‰) poukazují na konzumenty, jejichž zdrojem proteinů byly sladkovodní nebo mořské ryby, zatímco hodnoty $\delta^{15}\text{N} + 6$ až + 12 na stravu rostlinnou



Izotopové analýzy:

- vyšší obsah $\delta^{15}\text{N}$ má mateřské mléko, kdy se vysoké hodnoty dusíku kojeného novorozence snižují z důvodu přechodu na jinou stravu a je možné stanovit dobu odstavení mláděte
- na základě analýzy izotopů dusíku lze stanovit výskyt některých onemocnění jako je např. osteoporóza
- vynesáním hodnot proměnných izotopů uhlíku $\delta^{13}\text{C}$ a dusíku $\delta^{15}\text{N}$ proti sobě lze odlišit jinak těžko rozlišitelný poměr stravy založené na mořských plodech a kukuřičných produktech
- vyšší obsah $\delta^{15}\text{N}$ může být také způsoben hnojením polí, pálením nebo vyšším obsahem v rostlině

Izotopové analýzy:

Metodika:

- **vzorky** - ze zubní korunky byl odebrán 1 cm, z dlouhé kosti blíž k proximální nebo distální epifýze - 2 cm



Izotopové analýzy:

Laboratoř:

- Center for Applied Isotope Studies (CAIS), University of Georgia - <http://www.cais.uga.edu>

Center for Applied Isotope Studies at the University of Georgia

Programs and Applications | Analytical Services | Facilities and Resources | Personnel

CONTACT | UGA | SAS

SEARCH

Welcome to The Center for Applied Isotope Studies.

A multidisciplinary organization dedicated to research and d

Important Information on Submitting Soils

Radioisotope Analysis

The CAIS performs the following analyses:

- Radiocarbon (C-14) for Age Dating by Accelerator Mass Spectrometry
- Radiocarbon (C-14) for Age Dating by Liquid Scintillation Counting
- Radiocarbon (C-14) for Natural Products Authenticity Testing
- Radiocarbon (C-14) for Biomass Products Testing
- Tritium (H-3) Low-Level Measurement
- Radon (Rn-222) in Water
- Alpha or Beta Screening
- Gamma Spectroscopy
- Cesium-137 for Poultry and other Food Product Certifications

Analytical Costs > Sample Submission

Stable Isotope Analysis

The CAIS performs the following analyses:

- $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ ($\delta^{13}\text{C}$)
- Deuterium/Hydrogen (D/H, or δD)
- $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$ ($\delta^{18}\text{O}$)
- $^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$ ($\delta^{15}\text{N}$)

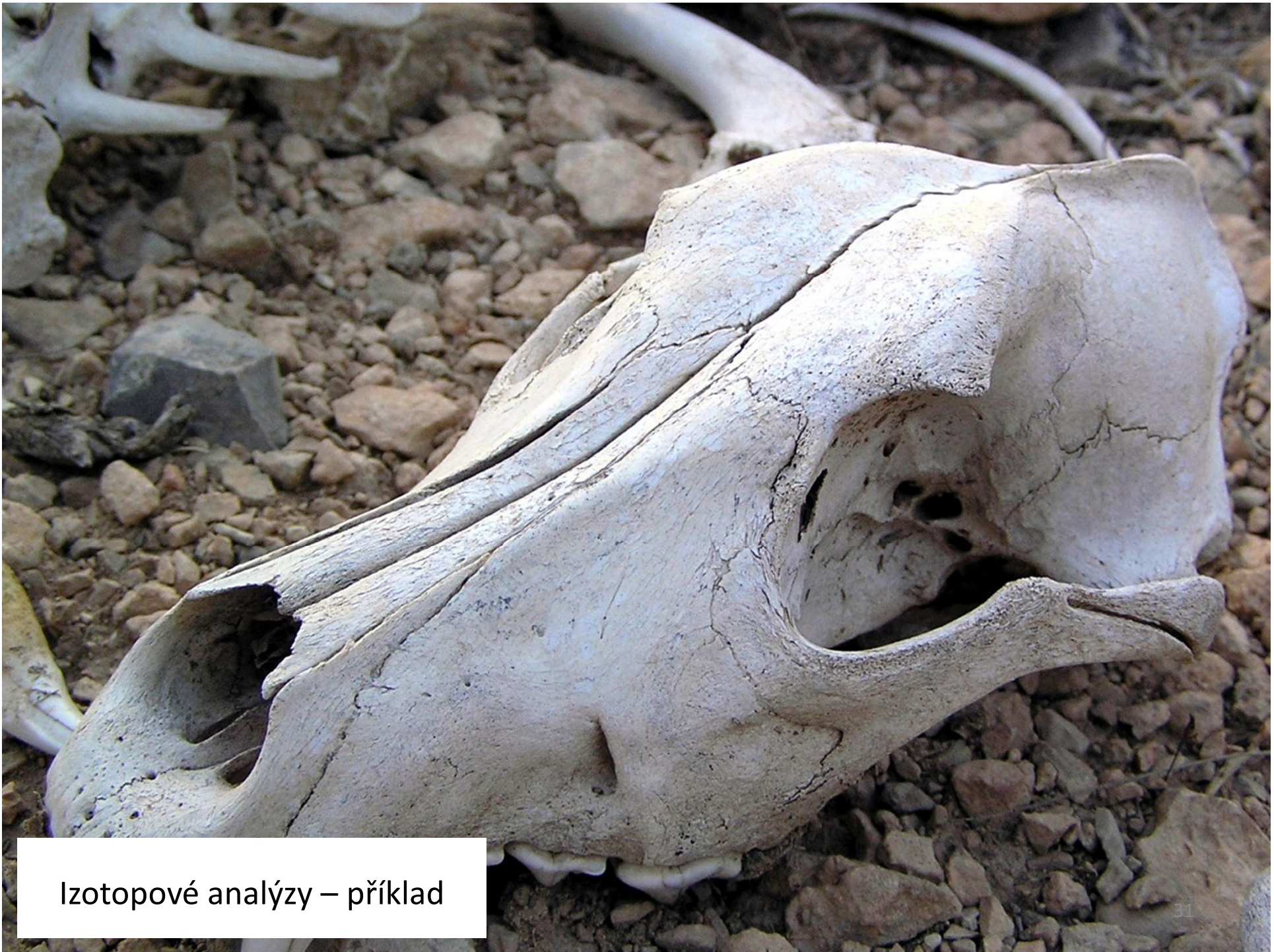
Analytical Costs > Sample Submission Form

For further information contact Dr. Randy Culp (706) 542-6122

For further information on radiocarbon analyses, contact Dr. Doug Dvoracek (706) 542-6136 or Dr. Alex Cherkinsky (706) 542-6111.

For further information on all other analyses, contact Dr. John Noakes at 706 542-1395

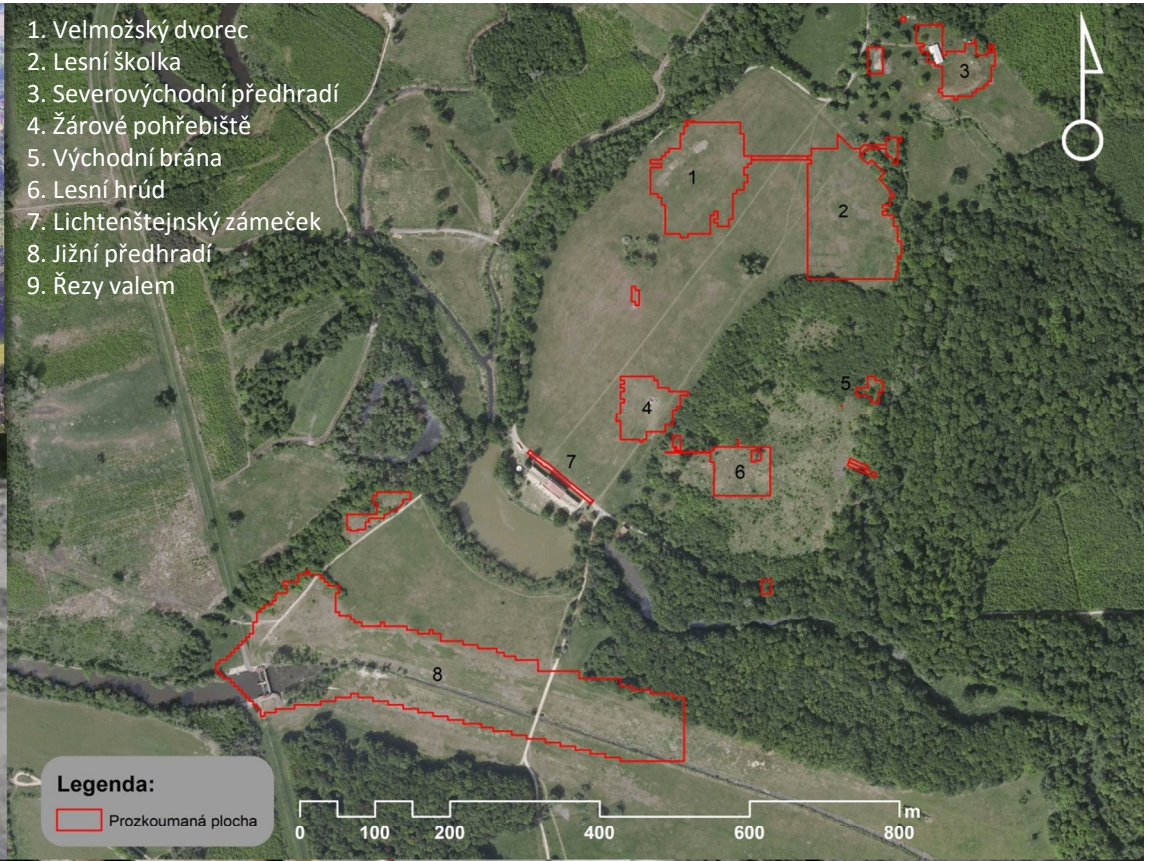
Center for Applied Isotope Studies - 120 Riverbend Rd. - Athens, GA 30602
Telephone 706 542-1395 - Fax 706 542-6106 - cais@uga.edu




Izotopové analýzy – příklad



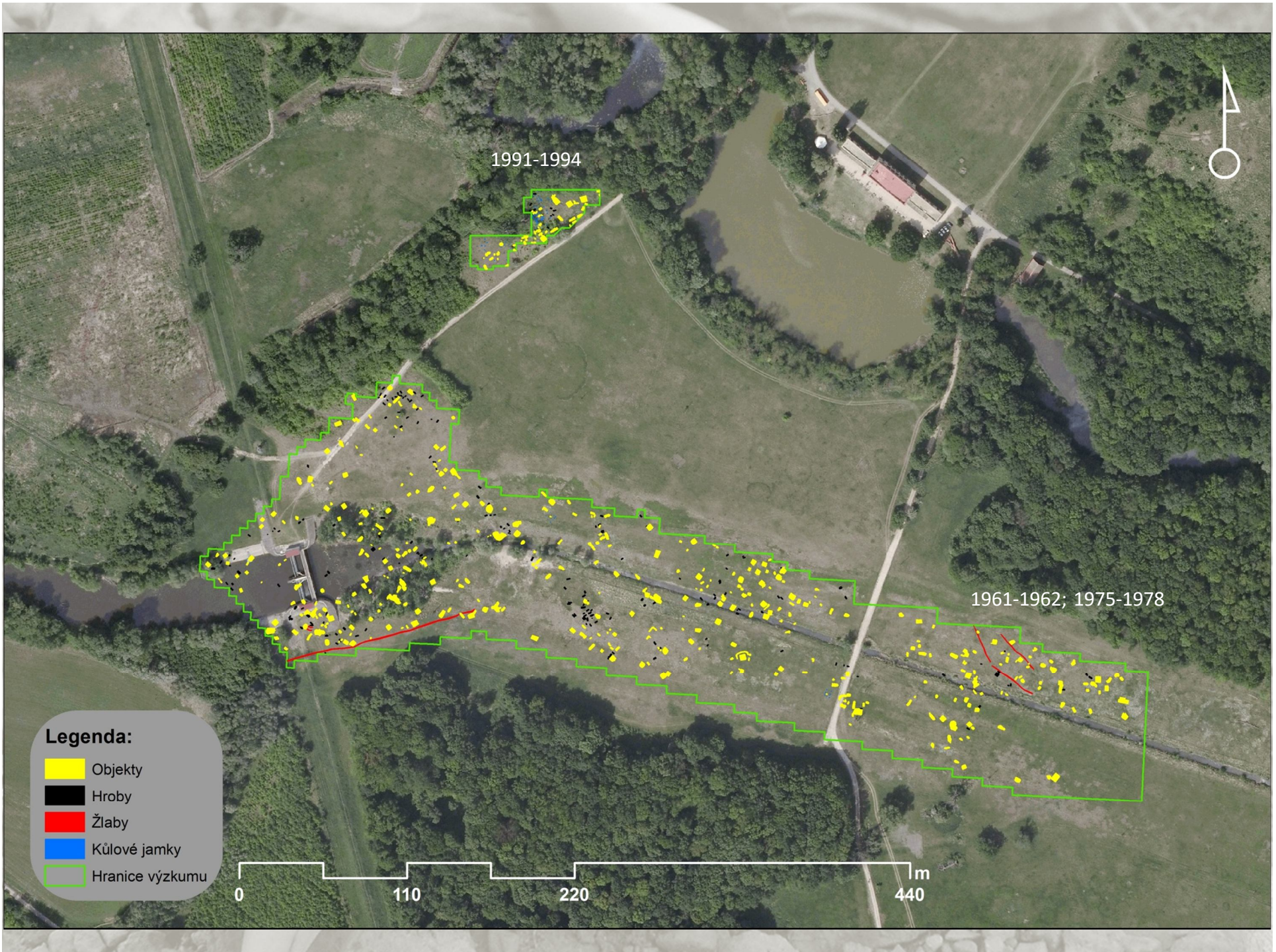
1. Velmožský dvorec
2. Lesní školka
3. Severovýchodní předhradí
4. Žárové pohřebiště
5. Východní brána
6. Lesní hrád
7. Lichtenštejnský zámek
8. Jižní předhradí
9. Řezy valem



Legenda:

 Prozkoumaná plocha





Pohansko – Jižní předhradí

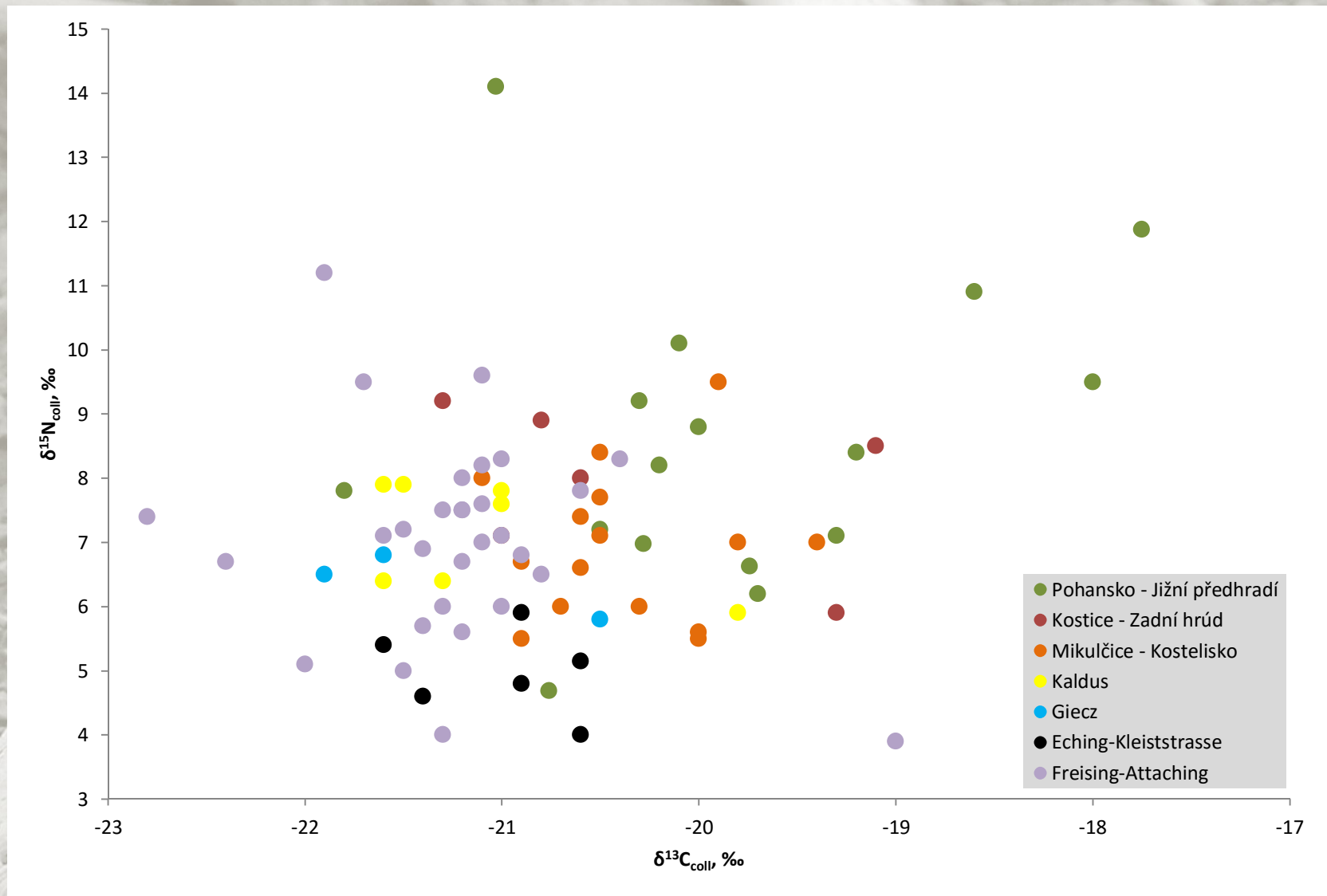
- $\delta^{13}\text{C}_{\text{coll}}$ -21,8‰ až -17,75‰, s průměrem $-19,8 \pm 1,07\text{‰}$ (n = 16)
- $\delta^{15}\text{N}_{\text{coll}}$ 4,69‰ až 11,87‰, s průměrem $8,6 \pm 2,34\text{‰}$ (n = 16)

Kostice – Zadní hrúd

- $\delta^{13}\text{C}_{\text{coll}}$ -21,3‰ až -19,1‰, s průměrem $-20,3 \pm 0,92\text{‰}$ (n = 6)
- $\delta^{15}\text{N}_{\text{coll}}$ 5,9‰ až 8,9‰, s průměrem $7,9 \pm 1,24\text{‰}$ (n = 6)

C3: od – 21 ‰ do – 35 ‰
C4: od – 9 ‰ do – 19 ‰

Pohansko - Jižní předhradí				Kostice - Zadní hrúd			
		<i>Bos taurus</i>	<i>Sus domestica</i>	<i>Ovis aries/ Capra hircus</i>	<i>Bos taurus</i>	<i>Sus domestica</i>	<i>Ovis aries/ Capra hircus</i>
n		9	3	4	1	3	2
$\delta^{13}\text{C}$	Mean (‰)	-19,7	-19,9	-21,0		-20,1	-21,0
	1 σ (‰)	1,1	1,6	0,2		0,9	0,3
	Min (‰)	-21,8	-21,03	-19,74		-20,8	-21,3
	Max (‰)	-17,75	-18,0	-20,3	-19,3	-19,1	-20,8
	Range (‰)	4,0	3,0	0,5		1,7	0,5
$\delta^{15}\text{N}$	Mean (‰)	8,3	9,4	8,6		8,4	9,0
	1 σ (‰)	1,8	4,7	1,4		0,4	0,2
	Min (‰)	6,2	4,69	6,63	5,9	8,0	8,9
	Max (‰)	11,87	14,1	10,1		8,9	9,2
	Range (‰)	5,6	9,4	3,4		0,9	0,3



Izotopové analýzy – příklad:

Pohansko – Jižní předhradí a Kostice – Zadní hrúd:

- méně nabožené hodnoty $\delta^{13}\text{C}_{\text{coll}}$ - volný pohyb domácích zvířat a pasení v okolí lokality, nebyla krmena žádným typem C4 rostlin
- více nabožené hodnoty $\delta^{13}\text{C}_{\text{coll}}$ – konzumace C4 rostlin (proso) – běžně na raně středověkých lokalitách (Kostice – Zadní hrúd, Mikulčice)
- vyšší hodnoty $\delta^{15}\text{N}_{\text{coll}}$ – vyloučena konzumace mateřského mléka (jedinci byli dospělí)
- variabilní hodnoty $\delta^{15}\text{N}_{\text{coll}}$ u prasat jsou tyto hodnoty způsobeny odlišnými chovatelskými praktikami (volně se pasoucí jedinci vs. jedinci chovaní v blízkosti lidských sídel s přístupem ke zbytkům lidské potravy)
- vyšší hodnoty $\delta^{15}\text{N}_{\text{coll}}$ – vyšší obsah dusíku v rostlinách vlivem hnojení a pálení polí (plodiny na hnojených polích mají $\delta^{15}\text{N}_{\text{coll}}$ nad 7 ‰, nehnojené méně jak 1 ‰)
- nízké hodnoty $\delta^{15}\text{N}_{\text{coll}}$ – nemusejí nezbytně znamenat, že půda nebyla hnojena, spíše se zvířata pásala volně mimo pole
- spotřeba sladkovodních ryb může navýšit hodnoty $\delta^{15}\text{N}_{\text{coll}}$ – nelze doložit konzumaci zbytků ryb prasaty
- mořské ryby navyšují obsah $\delta^{13}\text{C}_{\text{coll}}$

Izotopové analýzy – příklad:

Pohansko – Jižní předhradí a Kostice – Zadní hrúd – závěr:

- izotopové analýzy $\delta^{13}\text{C}_{\text{coll}}$ a $\delta^{15}\text{N}_{\text{coll}}$ z kostí domácích zvířat z lokality Pohansko - Jižní předhradí a Kostice - Zadní hrúd poukázaly na konzumaci C_3 a C_4 rostlin
- z C_4 rostlin jde především o proso, kterým byly některé druhy přikrmovány
- více nabohacené hodnoty $\delta^{13}\text{C}_{\text{coll}}$ se přibližují volně žijícím druhům, a proto lze uvažovat i o volném pohybu a pasení domácí fauny v okolí lokality
- vyšší obsah $\delta^{15}\text{N}_{\text{coll}}$ není způsoben konzumací mateřského mléka, jelikož do studia byli zahrnuti již odstavení jedinci
- pravděpodobným vysvětlením tohoto jevu je způsob hospodaření s půdou
- u domácích prasat lze také předpokládat konzumaci živočišného proteinu ze zbytků lidské stravy
- zda byly zkrmovány i zbytky sladkovodních ryb nelze jednoznačně potvrdit, protože na obou lokalitách chybějí výrazné doklady kosterního materiálu



Děkuji za pozornost