

Univerzita Karlova v Praze
Přírodovědecká fakulta
Studijní program: Biologie
Studijní obor: Antropologie a genetika člověka



Bc. Michaela Jílková

Výživa v dětství ve vztahu k utváření sociálních rolí a zdravotnímu stavu
velkomoravské populace
Childhood diet in relation to the determination of social roles and health status
in Great Moravian population

Diplomová práce

Školitel: prof. RNDr. Jaroslav Brůžek, CSc.
Konzultantka: Mgr. Sylva Kaupová, Ph.D.

Praha, 2017

Poděkování

Děkuji Grantové agentuře Univerzity Karlovy za finanční podporu při realizaci výzkumu pro tuto diplomovou práci (grant č. 526216).

Ráda bych poděkovala prof. RNDr. Jaroslavu Brůžkovi, CSc. za cenné rady a pomoc při psaní této diplomové práce. Dále děkuji Mgr. Sylvě Kaupové, Ph.D. za cenné rady, poskytnuté během psaní, za přátelský přístup, pomoc při laboratorních úkonech a za velkou trpělivost. Za pomoc s opatřováním archeologické literatury a konzultaci v této oblasti děkuji RNDr. Lumíru Poláčkovi, CSc.. Dále bych chtěla poděkovat Mgr. Michaele Látkové, Ph.D. za konzultaci v oblasti archeobotaniky a RNDr. Petře Stránské za konzultace k dentálním znakům. Děkuji RNDr. Petru Velemínskému, Ph.D. za cenné rady a připomínky k prezentování diplomové práce. Děkuji také Mgr. Aleně Černíkové, Ph.D. za konzultaci a pomoc se statistickým zpracováním dat.

Také bych chtěla poděkovat své rodině, především Vojtovi, za pomoc při boji s technikou a mamce za obří trpělivost a pomoc při boji s němčinou.

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem závěrečnou práci zpracovala samostatně a že jsem uvedla všechny použité informační zdroje a literaturu. Tato práce ani její podstatná část nebyla předložena k získání jiného nebo stejného akademického titulu.

V Praze, dne:

Podpis:

Abstrakt

Tato práce se věnuje rekonstrukci stravy na základě relativních poměrů stabilních izotopů uhlíku a dusíku v kolagenu z kostních a zubních vzorků. Materiálem využitým v této práci je 46 dospělých jedinců, z kosterního souboru od VI. kostela v Mikulčicích z období Velkomoravské říše (9. - 10. stol.). Izotopové hodnoty jsou zpracovávány v souvislosti s utvářením sociálních rolí a zdravotním stavem. U populačního vzorku byl sledován výskyt, případně míra závažnosti vybraných nespecifických stresových ukazatelů a patologií (*Cribra orbitalia*, zubní kazy, kazivost chrupu, lineární hypoplázie zubní skloviny, opotřebením chrupu, délka stehenních kostí).

Na základě výsledků izotopové analýzy bylo zjištěno, že strava této populace byla založena především na terestrických zdrojích potravy a obsahovala jak živočišné proteiny, tak rostlinné složky, které pocházely jak ze skupiny C3, tak C4 rostlin. Významnou součástí jídelníčku velkomoravských Slovanů tvořilo proso, které bylo ve větší míře konzumováno v období dětství. Získané údaje podporují hypotézu prosa jako „potravinu starých Slovanů“ (Reitsema and Kozłowski, 2013). Byly prokázány významné rozdíly ve složení stravy na základě socio-ekonomické stratifikace obyvatelstva, které se utvářely již v období dětství (vysoce postavení jedinci konzumovali signifikantně více živočišných proteinů, než zbytek populace), rozdíly ve výživě na základě pohlaví či dožitého věku prokázány nebyly.

Byl zjištěn statisticky významný vztah mezi izotopovými poměry jednotlivých prvků a některými ze sledovaných osteologických znaků (výskytem *Cribra orbitalia*, zubních kazů, intenzitou kazivosti zubů a opotřebením chrupu). Zajímavým výsledkem je především souvislost *Cribra orbitalia* a hypoplázií zubní skloviny s izotopovými poměry dusíku - bylo zjištěno, že tyto osteologické znaky se vyskytují především u jedinců s vyššími poměry dusíku.

Klíčová slova: *stabilní izotopy, rekonstrukce stravy, Velká Morava, středověk, dětství, zdravotní stav, socio-ekonomická stratifikace*

Summary

This study is focused on dietary reconstruction according to stable isotope analysis of carbon and nitrogen in bone and tooth collagen. The material used for this study is represented by set of 46 skeletons of adult individuals from 6th church's burial site in Mikulčice, which belong to the Great Moravian era (9th-10th century). Isotopic values are discussed in relation to the formation of social roles and health status. The presence and eventually degree of severity of some non-specific stress indicators and pathologies (*Cribra orbitalia*, presence of tooth caries, caries intensity, linear enamel hypoplasias, dental wear and length of femur) was observed.

The results of isotopic analysis suggest, that diet in this population sample was based on terrestrial sources, both animal and plant protein. Plants in Great Moravian diet belonged to C3 and C4 group. C4 group of plants in Mikulčice was represented by millet (*Panicum miliaceum*), which supports the hypothesis of „Millet - typical crop of old Slavs“ (Reitsema and Kozłowski, 2013). Millet was consumed mainly in childhood. Significant differences between diets of high social class and rest of population was found with people of higher social rank consuming more animal protein. These differences were created in childhood and persisted to adulthood. Differences in diet between sexes and age groups in adult population weren't confirmed statistically.

The relationship between isotopic ratios and some of osteological markers (presence of *Cribra orbitalia*, presence of dental caries, caries intensity and dental wear) was detected. Interesting was the connection between nitrogen isotopic values and *Cribra orbitalia* and enamel hypoplasias – these osteological markers were more commonly found in individuals with higher nitrogen ratios.

Key words: *Stable isotopes, Dietary reconstruction, Great Moravia, Middle Ages, Childhood, Health, Socio-economical stratification*

OBSAH

1. ÚVOD	3
2. CÍLE PRÁCE A HYPOTÉZY	4
3. HISTORICKÝ KONTEXT PRÁCE	8
3. 1. Velkomoravská říše – politická, sociální a náboženská struktura	8
3. 2. Valy u Mikulčic – kulturní a ekonomické centrum Velké Moravy	10
3. 3. Archeologický výzkum lokality.....	11
3. 4. Přírodní podmínky	12
4. HISTORICKÉ PRAMENY A ARCHEOLOGICKÉ POZNATKY TÝKAJÍCÍ SE STRAVY VELKOMORAVSKÉ POPULACE	14
5. STABILNÍ IZOTOPY A REKONSTRUKCE STRAVY MINULÝCH POPULACÍ .	16
5. 1. Stabilní izotopy.....	16
5. 1. 1. Stabilní izotopy v lidském těle.....	17
5. 1. 2. Rekonstrukce stravy pomocí stabilních izotopů	18
5.2. Prvky využívané při izotopových rekonstrukcích stravy	19
5. 2. 1. Uhlík.....	19
5. 2. 2. Dusík	20
5. 3. Teoretický základ rekonstrukcí stravy pomocí stabilních izotopů.....	22
5. 3. 1. Tkáně využívané v izotopové rekonstrukci stravy.....	22
5. 3. 2. Hodnocení zachovalosti kolagenu	24
6. NESPECIFICKÉ UKAZATELE STRESU VE VZTAHU KE STRAVĚ MINULÝCH POPULACÍ	25
6. 1. Hypoplázie zubní skloviny	25
6. 2. Cribra orbitalia	27
6. 3. Výška postavy.....	28
6. 4. Dentální znaky související se stravou	29
6. 4. 1. Zubní kazy	29
6. 4. 2. Opotřebenění chrupu.....	30
7. STRAVA V DĚTSTVÍ A JEJÍ VLIV NA ZDRAVOTNÍ STAV V DOSPĚLOSTI.....	31

8. MATERIÁL	33
8. 1. Pohřebiště u VI. kostela	33
9. METODOLOGIE.....	35
9. 1. OSTEOLOGICKÁ ČÁST.....	35
9. 1. 1. Určení socioekonomického postavení jedince.....	36
9. 2. IZOTOPOVÁ ČÁST	37
9. 2. 1. Příprava vzorků.....	37
9. 2. 2. Extrakce kolagenu	39
9. 2. 3. Izotopová analýza	40
10. STATISTICKÉ ZPRACOVÁNÍ DAT	40
11. VÝSLEDKY.....	42
11. 1. Kvalita dat	42
11. 2. Izotopová data ze vzorků kosti a dentinu	46
11. 3. Osteologická data	52
12. DISKUSE	61
12. 1. Strava velkomoravské populační skupiny od VI. kostela	61
12.1.1. Obecné znaky stravy v dospělosti.....	61
12.1.2. Strava jednotlivých podskupin populace od VI. kostela v období dospělosti	64
12.1.3. Strava velkomoravské populace v dětství	68
12.1.4. Strava populace od VI. kostela v kontextu středověké Evropy	74
12.1.5. Proso – „potravina starých Slovanů“	77
12. 2. Zdravotní stav populace od VI. kostela v souvislosti s výživou	79
13. ZÁVĚR.....	84
14. SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ	86
15. PŘÍLOHY	97

1. Úvod

Období existence Velkomoravské říše (9. století – 10. století) bylo provázeno mnoha kulturními, společenskými a náboženskými změnami (postupnou christianizací obyvatelstva, utvářením státních celků, urbanizací a rozšiřováním sídelních struktur i do dříve zaplavovaných oblastí ...) (Macháček et al., 2007; Poláček et al., 2007; Poláček, 2008). Přestože je výzkumu tohoto období českých dějin věnována poměrně značná pozornost, přímé informace o tehdejší výživě stále nejsou dostatečné, jelikož se týkají pouze některých věkových skupin obyvatelstva (Kaupová et al., 2014; Halffman and Velemínský, 2015).

Izotopové analýzy jsou v současné době jedním z nepostradatelných nástrojů bioarcheologie, umožňujícím rekonstruovat základní složení stravy u minulých populací (Kovačiková and Brůžek, 2008; Reitsema, 2013). Principem těchto analýz je fakt, že těla organismů určitým způsobem reflektují izotopové složení jejich potravy (Vogel and van der Merwe, 1977; van der Merwe and Vogel, 1978; Reitsema, 2013).

V současné době existuje několik studií, zabývajících se výživou velkomoravské populace v dospělosti (Smrčka et al., 2008a; Halffman and Velemínský, 2015; Kaupová et al., 2016), a dále 1 studie, zabývající se výzkumem stravy v raném dětství (Kaupová et al., 2014). Naprosto však postrádáme jakékoli práce, týkající se výživy v období mezi těmito dvěma životními obdobími. Tato práce se tedy bude primárně zabývat složením stravy právě v období pozdějšího dětství, konkrétně věkovým obdobím mezi 8 a 10 rokem života jedince. Současně s rekonstrukcí stravy velkomoravské populace se také zaměří na vztah výživy a zdravotního stavu v dětství i v dospělosti, a také na vliv sociálních rolí na kvalitu stravy jedince v obou studovaných obdobích života.

2. Cíle práce a hypotézy

Tato práce je zaměřena na rekonstrukci stravy za pomoci analýzy poměrů stabilních izotopů v osteologickém materiálu ve vztahu ke zdravotnímu stavu a společenskému postavení zkoumaných jedinců.

Prvotním cílem této práce bylo zrekonstruovat základní složení stravy velkomoravské populace v dětství za pomoci analýzy poměrů stabilních izotopů uhlíku a dusíku, a srovnat jej se složením stravy v dospělosti. Pro tento účel je zde využito intra-individuální vzorkování, což nám umožnilo získat pohled na chronologické změny v jídelníčku zkoumaných jedinců. Vzhledem k tomu, že vybraný kosterní soubor, na kterém probíhal výzkum (pohřebiště u VI. kostela, nacházející se mimo akropoli mikulčického hradiště) ještě nebyl izotopově zpracováván, tato práce poskytuje první přímé informace o stravě této populační skupiny.

Dalším cílem práce bylo zjistit, zda a jak se lišila strava mezi jednotlivými sociálně a biologicky definovanými skupinami populace, která pohřbívala své mrtvé u VI. kostela, a to jak v období dětství, tak v dospělosti. Na základě předešlých výzkumů z oblasti Mikulčic (Smrčka et al., 2008a; b, Kaupová et al., 2014, 2016) víme, že zde určité rozdíly existovaly.

Smrčka et al. (2008a; b) ve své práci uvádí nalezené rozdíly ve složení stravy v závislosti na socioekonomickém postavení dospělých jedinců (bohatší jedinci měli ve výživě oproti chudým větší množství prosa a živočišných produktů). Rozdíly mezi stravou mužů a žen zde objeveny nebyly. Tato studie však pracuje s velmi malým počtem jedinců. Stejně jako v předešlé práci, i Kaupová et al. (2016) během svého výzkumu objevili odlišnosti ve výživě v závislosti na společenském postavení dospělých jedinců. Autoři uvádí, že v případě jedinců, pohřbených v mikulčické akropoli, byl pozorován rozdíl ve výživě nejen na základě socioekonomického postavení, ale také na základě pohlaví. Muži z dobře vybavených hrobů se ve výživě odlišovali jak od hůře postavených mužů, tak od žen z dobře vybavených hrobů, v obou případech vyšším přísunem živočišných proteinů ve stravě, a také větší homogenitou stravy. Vliv socioekonomického postavení na kvalitu stravy dále dokládá celkové srovnání zázemí a centrálních oblastí Velkomoravské říše. Z těchto poznatků vyplývají první 2 hypotézy, kterými se tato práce zabývá:

H1: Složení stravy (především přísun živočišných bílkovin) odráží socioekonomický status jedince, a to jak v dospělosti, tak v dětství.

H2: Složení stravy se liší v závislosti na pohlaví.

Kaupová et. al (2014) se naproti předešlým pracím zabývá výživou velkomoravské populace v raném dětství. Na základě srovnání venkovské a městské části populace bylo zjištěno, že ve venkovské části populace byla větší homogenita v délce kojení, většina dětí byla odstavována po 2. roce života. Naproti tomu děti z městského prostředí byly odstavovány v různém věku – některé již během 2. roku, jiné byly kojeny až do 4-5 let. V této studii je také navržena teorie, že proso sloužilo jako potravina pro malé děti v období, kdy probíhalo odstavení. V podobě kašovitých pokrmů by proso mohlo být ideálním příkrmem.

Specifickou stravu v době po odstavení dítěte navrhuje na základě svého výzkumu anglického pozdně středověkého pohřebiště také Burt (2015). Na základě těchto poznatků tedy předpokládáme:

H3: Strava v pozdním dětství a v dospělosti se u velkomoravské populace lišila.

V návaznosti na předešlé studie se tedy tato práce zaměřuje především na období Infans II (konkrétně 8-10 let), jelikož postrádáme hlubší informace o změnách ve výživě v průběhu života jedinců z velkomoravského období. Jedním z hlavních cílů práce je identifikace věkového období, kdy se rozdíly ve stravě na základě společenského postavení, případně pohlaví utvářely.

Další oblastí, na kterou se tato práce zaměřuje, je spojitost mezi izotopovými hodnotami a výskytem vybraných patologií a nespecifických stresových ukazatelů na kostře (zubní kazy, hypoplázie zubní skloviny, *Cribra orbitalia*, zubní abraze a výška postavy). Dosavadní studie v tomto oboru (Papathanasiou, 2003; Williams and Murphy, 2013; Kaupová, 2017) naznačují, že mezi některými těmito znaky a izotopovým záznamem v kostře spojitost existuje a cílem této práce bylo potvrdit tyto hypotézy na další populaci.

Tato práce se konkrétně zabývá rekonstrukcí stravy v dětství ve spojitosti se zdravotním stavem v dospělosti, jelikož životní podmínky v dětství mohou ovlivnit zdravotní stav v dlouhodobém horizontu, a potažmo také délku života jedince (Stuart-Macadam, 1985; Larsen, 2002).

- **H4:** izotopový záznam v osteologickém materiálu jedince má spojitost s jeho zdravotním stavem (v závislosti na etiologii konkrétní patologie či nespecifického stresového ukazatele, a také v závislosti na době vzniku těchto znaků).

Výsledky Kaupové (2017) jasně ukazují, že složení stravy ovlivňovalo zdravotní stav chrupu – nižší přísun živočišných bílkovin byl především u žen spojen s větší kazivostí zubů a vyšším výskytem periodontitidy. V případě opotřebení chrupu autorka uvádí zjištění, že u mužské části zkoumané populace se opotřebení chrupu zvyšovalo se snižujícím se podílem prosa v potravě. V případě zkoumané souvislosti finální výšky postavy a přítomnosti *Cribra orbitalia* signifikantní spojitost objevena nebyla, nicméně především u mužů se v případě testování závislosti *Cribra orbitalia* na stravě p-hodnota blížila hranici statistické signifikance. Naproti tomu výsledky studie Papatthasiou (2003) naznačují, že spojitost mezi složením stravy jedince a výskytem *Cribra orbitalia* a porotické hyperostomy existuje, a vzhledem k izotopovým hodnotám naznačujícím nízký přísun živočišných proteinů (a železa) nelze jako příčinu těchto znaků vyloučit anémii zapříčiněnou malnutricí. Odlišné výsledky od studie Kaupové (2017) přináší také práce Bondioli et al. (2016), ve které byla zjištěna závislost výšky postavy na stravě u mužské části zkoumaného souboru (muži s vyššími izotopovými poměry dusíku měli také větší finální výšku postavy). Stejní autoři také neobjevili signifikantní spojitost mezi stravou a výskytem *Cribra orbitalia*, nicméně u jedinců s nejvyššími hodnotami poměrů dusíku se tento stresový ukazatel nevyskytoval. Také práce Williams a Murphy (2013) uvádí signifikantní spojitost mezi frekvencí zubních kazů (a dentálních infekcí) a stravou. Jedinci s lepším zdravotním stavem ústní dutiny měli izotopové hodnoty uhlíku obohacené o ^{13}C oproti jedincům, kteří měli ústa v horším stavu. Signifikantní rozdíl mezi stravou jedinců s *Cribra orbitalia* a porotickou hyperostózou autoři neobjevili.

Na základě výše zmíněných poznatků z předešlých studií tedy navrhuje tyto dílčí hypotézy:

- **H4a:** Jedinci, u kterých se vyskytují *Cribra orbitalia*, měli ve stravě menší množství živočišných bílkovin (za předpokladu, že se jedná o projev získané anémie, vzniklé v důsledku deficiencie železa/vitamínu B₁₂ ve stravě).
- **H4b:** Jedinci vykazující vyšší kazivost zubů měli ve stravě menší podíl živočišných bílkovin a větší podíl sacharidů reprezentovaný rostlinnou složkou potravy (obiloviny...).
- **H4c:** Jedinci, kteří mají na zubech přítomné hypoplázie zubní skloviny budou vykazovat izotopový záznam související s nízkým obsahem vápníku ve stravě (nízké hodnoty izotopových poměrů dusíku – za předpokladu, že významným

zdrojem vápníku byly mléčné produkty), a to především u hodnot ujištěných v dentinu, jelikož hypoplázie zubní skloviny vznikají v dětství.

- **H4d:** Jedinci, kteří v dospělosti dosáhli nižší finální výšky, budou vykazovat nižší izotopové hodnoty dusíku v souvislosti se stravou chudou na živočišné proteiny a vápník z mléčných produktů), především pak tyto nižší hodnoty očekáváme u vzorků z dentinu.
- **H4e:** Jedinci, vykazující větší opotřebení chrupu měli ve stravě větší podíl rostlinné složky, a zastoupení prosa v jejich stravě bylo menší, než u jedinců, kteří měli chrup v lepším stavu.

3. Historický kontext práce

3. 1. Velkomoravská říše – politická, sociální a náboženská struktura

Velkomoravská říše byla pravděpodobně proto-státním útvarem západních Slovanů (Macháček, 2009), nacházejícím se v 9. století našeho letopočtu na hranici mezi Byzantskou říší, Římem a říší Franskou. Podle současných předpokladů Velká Morava nedosáhla za dobu své krátké existence úrovně raně středověkého státu, ale její ekonomika a sociální a sídlištní struktury odpovídaly svým charakterem spíše nejrozvinutější formě náčelnictví (Macháček, 2012). Někteří vědci jsou však přesvědčeni o opaku (Štefan, 2014), a problematika státnosti Velké Moravy tak zůstává stále otevřená.

Jádro Velkomoravské říše tvořily dva hlavní útvary, a to Stará Morava a Nitranské knížectví (tedy území dnešní Moravy, severovýchodní části Rakouska a západního Slovenska). V době největšího rozmachu koncem 9. století Velkomoravská říše expandovala z původního území do Čech, Lužice, Malopolska, Pannonie a částečně i do povodí Tisy. Mezi významná hradiště Velké Moravy patřily Staré Město u Uherského Hradiště, Pohansko u Břeclavi, Rajhrad, Staré Zámky u Brna, Děvín a Nitra. Jedním z nejvýznamnějších kulturních a mocenských center pak byly Valy u Mikulčic (Poláček, 2008, 2016; Macháček, 2009; Herold, 2012).



Obrázek č. 1 – Velkomoravská říše v poslední třetině 9. století
(převzato z Kaupová et al., 2014)

V čele Velkomoravské říše stála dynastie Mojmirůvců. Prvním zdokumentovaným vládcem byl Mojmir I. (?-846), který roku 833 přemohl a vyhnal knížete Pribinu z Nitry a jeho knížectví připojil k území Staré Moravy. Tímto činem došlo k založení Velkomoravské říše (Poláček, 2008).

Za vlády knížete Rostislava moc tohoto státu vzrostla, a snahou panovníka se stalo vymanit se z vlivu Franské říše. Proto Rostislav ustanovil nezávislou Moravskou církevní diecézi, a na jeho žádost byli roku 863 na území Velké Moravy byzantským císařem vysláni misionáři Cyril a Metoděj (Poláček, 2008). Křesťanství bylo nejprve přijímáno ve dvorském prostředí, chudší obyvatelstvo si po většinu 9. století ještě do určité míry zachovávalo předkřesťanský pohřební ritus, což dokládají například mohylové či žárové hroby ve Skalici (Stloukal and Vyhnanek, 1976). Křesťanství misionáři Cyril a Metoděj sehráli v christianizaci velkomoravského obyvatelstva velmi významnou roli hlavně díky jejich překladům biblických textů do slovanského jazyka a vytvoření nové abecedy, tzv. hlaholice, čímž zprostředkovaly náboženské texty také chudší části populace. Po smrti Metoděje byli ovšem jeho následovníci z území Velkomoravské říše vyhnáni, a přestože pravoslavná církev sehrála významnou úlohu v rozšíření svého náboženství na území Velké Moravy, pravoslavné křesťanství zde dlouhodobě nezakořenilo (Dvornik, 1964; Poláček, 2008). Je však nutno podotknout, že Cyril a Metoděj nebyli prvními misionáři, kteří na velkomoravské území přišli. Proces christianizace započal již před jejich příchodem, prostřednictvím misí z různých zemí (Franská říše, Itálie, Německo, Řecko), které s sebou také přinášely politické a mocenské vlivy daných zemí. Tento fakt dokládá například i to, že některé z Mikulčických kostelů byly postaveny již v první polovině 9. století (Poulík, 1963; Dvornik, 1964; Poláček, 2016).

Přestože měla Velkomoravská říše hospodářsky silné jádro a poměrně dobrou správní organizaci (systém opevněných sídlišť), nebyla schopná zvládnout rozsáhlá území, získaná během rychlé expanze, což vedlo spolu s vpádem Maďarů k jejímu zániku během 10. století (Štefan, 2011). Vliv vnitřních rozporů a také následky válek s Franky se projevil za vlády Mojmíra II., konečnou ránu Velkomoravské říši však zasadil vpád Maďarů v letech 905-906. Ač došlo k rozpadu správního celku, církevní organizace přetrvala tyto změny víceméně bez následků (Poláček, 2008; Mazuch, 2012). Snaha Mojmirůvců, kteří se pokoušeli obrovskými investicemi do aglomerací typu Pohanska či mikulčických Valů získat ekonomickou kontrolu nad společností, neutralizovat nivelační mechanismy, mobilizovat bohatství a separovat se od zbývající komunity tedy nakonec nevedla ke vzniku státu, podobajícímu se například Dánsku

Haralda Modrozuba nebo Wessexu Alfreda Velikého, ale k úpadku Velkomoravské říše, který nastal v důsledku těžko řešitelné kombinace vnějších a vnitřních problémů (Macháček, 2012).

Socioekonomická struktura velkomoravské společnosti odrážela postupnou diferenciaci společnosti a vliv církve. Od poloviny 9. století se prohlubovaly společenské rozdíly a křesťanství se stávalo nedílnou součástí života místních obyvatel, stejně jako prostředkem k ovládnutí společnosti. Nejvyšší socioekonomický status zastával panovník, dále pak velmoži. Nižší status pak představovali svobodní lidé. Pro tyto privilegované vrstvy společnosti bylo charakteristické soukromé vlastnictví, jež bylo právně ošetřeno textem „Zákon sudnyj ljudem“. Další socioekonomická skupina byla tvořena nevolníky, nesvobodnými osobami bez práv, které mohly být prodávány či směňovány, a to buď samostatně či spolu se statky, na kterých pracovaly. Největší část společnosti tvořili prostí lidé, obyvatelé právně závislí na vládcích, ale jinak politicky a ekonomicky svobodní. Panovník byl obklopen radou velmožů a vojenskou družinou. Armáda Velkomoravské říše byla tvořena převážně svobodnými lidmi. Významnou roli ve společnosti hráli také církevní hodnostáři (Stloukal and Vyhnánek, 1976; Poláček, 2008).

I přes své krátké trvání zanechala za sebou Velkomoravská říše významný kulturní a politický odkaz (model křesťanského proto-státního útvaru, jehož arcibiskupství se zodpovídá papeži) pro raně středověké státy (Čechy, Polsko a Maďarsko). Nejvýznamnější složkou archeologických pozůstatků z období Velké Moravy jsou kostely, obklopené pohřebišti, jejichž obsah je významným zdrojem informací o tehdejší společnosti a jejím fungování (Poláček, 2008; Macháček, 2009).

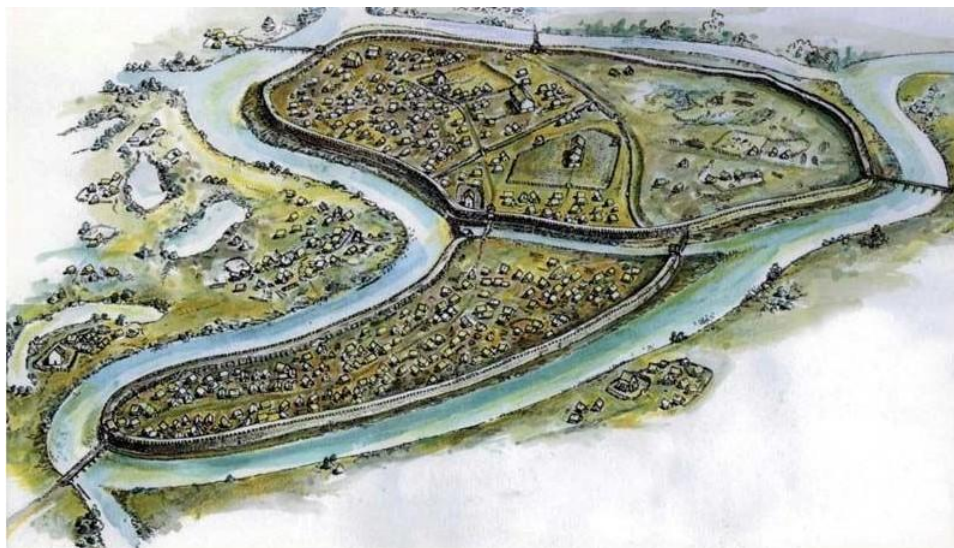
3. 2. Valy u Mikulčic – kulturní a ekonomické centrum Velké Moravy

Hradiště Valy u Mikulčic tvořilo kulturní a mocenské centrum Velkomoravské říše (Poláček, 2008; Mazuch, 2012). Toto významné sídlo se nacházelo v jihovýchodní části dnešní České republiky u hranic se Slovenskem, v blízkosti obce Mikulčice v inundačním terénu řeky Moravy (Poláček, 2008). Jedná se o součást Mikulčicko-kopčanské raně středověké sídelní aglomerace, která se rozkládala na obou březích Moravy (české i slovenské straně) (Poláček, 2016).

Valy u Mikulčic představují příklad jednoho z ostrovních hradišť, která využívala přirozené ochrany mírných vyvýšenin na ostrovech, obklopených rozvětvenými rameny řek, které kromě strategické výhody představovaly také významné komunikační tepny. V 9. století představovaly rozsáhlou a členitou sídelní aglomeraci, jejíž opevněné jádro o ploše 10 ha se

skládalo z akropole a předhradí. Kolem tohoto jádra se rozkládalo zhruba 30 ha nesouvisle osídleného podhradí. Jádro aglomerace se rozkládalo na několika říčních ostrovech mezi rameny řeky Moravy, přes která vedly 3 významné mosty, propojující jednotlivé části mezi sebou (Poláček, 2012).

Mikulčické hradiště zaniklo pravděpodobně násilnou cestou v průběhu 10. století. Tento názor dokládá Mazuch (2012) archeologickými nálezy stop po požárech, zvýšeným množstvím šipek rombického tvaru a dále „provizorními a chvatnými“ pohřby přímo v destrukčním horizontu, případně množstvím seker nalezených v blízkosti pozůstatků mostů.



Obrázek č. 2 – Hradiště Valy u Mikulčic v 9. století
(web1)

Přírodní podmínky, hlavně reliéf krajiny, se v dobách Velké Moravy značně lišily od současného stavu. Mikulčická aglomerace se původně nacházela na dunách navátých písků a valech v údolní nivě řeky Moravy (Hladík, 2014), které vystupovaly nad terén výše než dnes (Poláček, 2012). Tyto vyvýšeniny byly obklopeny mnoha rozvětvenými rameny řeky, kde voda buď protékala, nebo zde periodicky stála, ale nerozlévala se do okolí. Optimální životní podmínky těchto poloh byly důvodem, proč se podobné plochy stávaly místy nejvýraznější koncentrace a kontinuity osídlení. Písečné duny byly rovněž preferovány jako pohřební areály (Poláček et al., 2007; Poláček, 2012).

3.3. Archeologický výzkum lokality

Terénní archeologické výzkumy hradiště Mikulčice-Valy probíhají již od 50. let (Poláček et al., 2007), kdy byla lokalita objevena J. Poulíkem (Poláček, 2001). Během let

1954 až 1992 probíhala první fáze výzkumu, zaměřená především na terénní práce a výkopy stále nových a nových ploch. V současné době probíhá pod vedením PhDr. L. Poláčka, CSc. tzv. druhá fáze výzkumu, orientovaná hlavně na vyhodnocování a revizi dosavadních nálezů a zjištění (Poláček, 2006). Během letošního roku probíhá také nový terénní výzkum oblasti u VI. kostela, zaměřený na hledání dalších možných hrobů a pokračování dřevěné palisády, obklopující pohřebiště (Poláček, 2017 - ústní sdělení).

Dosavadní výzkumy naznačují, že počátky osídlení v této oblasti sahají až do pravěku. Nejdéle osídlené oblasti jsou duny v Kostelisku a Těšickém lese. Pro tyto lokality je charakteristické pravěké osídlení počínaje mezolitem a konče dobou popelnicových polí (případně laténským obdobím), raně slovanské osídlení (starohradištní) začíná nejpozději 8. stoletím. Celá lokalita byla s různou intenzitou osídlena také ve vrcholném a pozdním středověku (Poláček et al., 2007).

Jádro mikulčického hradiště tvořila tzv. akropole, někdy označovaná jako „knížecí hrad“, v níž se nacházely některé kostely a palác. Ostrov, na kterém se akropole a nejvýznamnější stavby a pohřebiště nacházely, byl velmi silně opevněn. Centrální část hradiště (akropoli a předhradí) obklopovalo rozsáhlé opevněné i neopevněné podhradí, u kterého se předpokládá, že se významným způsobem podílelo na zajišťování hospodářských a výrobních potřeb hradiště a obytným účelům (Poláček et al., 2007; Poláček, 2016). Tomuto předpokladu ovšem protirečí výsledky nejnovějších archeobotanických výzkumů (Látková, 2017). Autorka na základě výzkumu rostlinných makrozbytků uvádí, že produkce centrální a periferních oblastí Mikulčic se příliš nelišila, a že základní plodiny se pěstovaly i lokálně v centrální oblasti, což podporují i antropologické výzkumy, které naznačují, že i příslušníci vyšších socioekonomických vrstev (především ženy) byli během života zatěžováni těžkou prací (např. farmažením) (Bigoni et al., 2013).

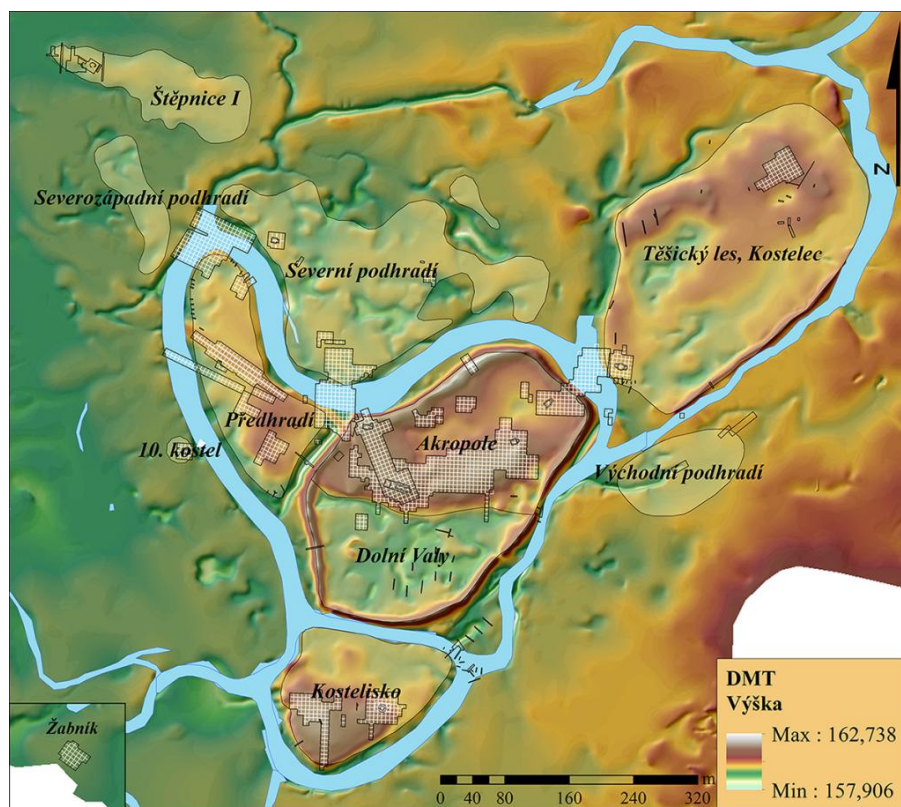
Teorii o Mikulčicích jakožto sídle velkomoravské elity podporují i archeobotanická data, prokazující odlišnost Mikulčického hradiště od dalších soudobých lokalit ve vyšším výskytu luxusních a exotických plodin (vinná réva, broskve, okurky, různé ořechy) (Látková, 2017).

3.4. Přírodní podmínky

Středoevropské klima v době existence Velkomoravské říše ovlivňovaly globální změny, které vedly v období mezi 9. a 13. stoletím k nastolení tzv. středověkého klimatického optima (Lamb, 1965; Hughes and Diaz, 1994), které se vyznačovalo vyššími průměrnými

teplotami a úhrny srážek na mnoha místech planety. Macháček (2013) uvádí, že klima mezi lety 800 – 900 bylo nejteplejší za poslední dvě tisíciletí, počátkem 10. století ovšem došlo k přechodnému ochlazení, které mohlo být jednou z příčin zániku několika významných politických celků – kromě Velké Moravy potkal tento osud například Franskou říši, Mayskou civilizaci nebo čínskou dynastii T'ang. Změny v klimatických a potažmo i hydrologických podmínkách tedy významným způsobem ovlivnily existenci Velkomoravské říše (Macháček et al., 2007).

Co se týká přírodních podmínek studované lokality, hlavním typem vegetace vyskytujícím se v okolí mikulčického hradiště byly jilmo-dubové lesy. V sušších oblastech nivy (písečné duny) se vyskytovaly dubo-habřiny, v okolí slepých ramen řeky Moravy potom olše a vrby. Lesy byly kromě přímého kácení dřeva také intenzivně využívány na lesní pastvu. Křovinná společenstva byla charakterizována především suchomilnými druhy keřů (trnka, dřín, hloh...). Antropogenně ovlivněná krajina pak byla porostlá travinnými společenstvy (Opravil, 2000). Doláková et al. (2010) uvádí, že v období existence Velkomoravské říše docházelo k rozsáhlé deforestaci v přilehlém regionu. Nejbližší okolí mikulčického hradiště potom dle archeobotanických dat tvořila mozaika luk, polí a pastvin (Látková, 2017).



Obrázek č. 3 – Topografie mikulčického hradiště a okolního osídlení (9. – 10. století)
(web2)

4. Historické prameny a archeologické poznatky týkající se stravy velkomoravské populace

Přestože je v českém i mezinárodním prostředí Velkomoravské říši věnována poměrně značná pozornost a v dnešní době již máme mnoho poznatků, které nám osvětlují fungování soudobé společnosti (Stloukal and Vyhnánek, 1976; Profantová and Kavánová, 2003; Macháček et al., 2007; Poláček, 2008; Hladík, 2014; Sládek et al., 2015; Kaupová et al., 2016), informace o podobě stravy velkomoravské populace jsou nedostačující. Prameno víme především o relativním významu rostlinné a živočišné složky jídelníčku. Psané záznamy, týkající se této problematiky v podstatě neexistují, zatímco archeologická data vypovídají o stravě pouze v obecné rovině a neposkytují informace o stravě konkrétních jedinců (Halffman and Velemínský, 2015). Přímé informace o stravě dávných Moravanů, založené na analýzách relativních poměrů stabilních izotopů uhlíku a dusíku, které máme, vypovídají především o podobě stravy v dospělosti (Smrčka et al., 2008a; Halffman and Velemínský, 2015; Kaupová et al., 2016) anebo, o stravě v raném dětství, tedy o průběhu a délce kojení (Kaupová et al., 2014).

Obecný pohled na složení stravy slovanských obyvatel Velké Moravy nám poskytují archeologické nálezy. Na základě vyhodnocení rostlinných makrozbytků z velkomoravského období uvádí Dreslerová et al. (2013) a Látková (2014), že mezi nejčastěji pěstované plodiny patřila pšenice setá (*Triticum aestivum*), proso seté (*Panicum miliaceum*), žito seté (*Secale cereale*) či oves (*Avena sp.*), přičemž nejvýznamnější roli z těchto obilovin hrály především pšenice, jakožto prestižní chlebová plodina, a proso - nechlebová obilnina, jejíž pozůstatky se vyskytovaly ve velkém množství analyzovaných vzorků. Dále bylo konzumováno množství oříšků, luštěnin (čočka – *Lens culinaris*, hrách – *Pisum sp.*) či různého ovoce, například broskví (*Prunus persica*), jablek (*Malus domestica*) či plodů různých druhů slivoní (*Prunus sp.*) nebo lesního ovoce (maliny – *Rubus idaeus*, jahody – *Fragaria moschata*, borůvky – *Vaccinium myrtillus*). Opravil (1998) dokládá přímo v oblasti Mikulčic také nálezy vinné révy (*Vinum vinifera* subsp. *vinifera*), lísky obecné (*Corylus avellana*) či třešně ptačí (*Cerasus avium*).

Co se týká živočišných zdrojů potravy, uvádí Dreslerová et al. (2013) na základě dobových nálezů, že velkomoravská elita konzumovala hlavně prasata (*Sus scrofa* f. *domestica*), což podporují také údaje Chrzanowské a Januszkiewicz-Załęcké (2003), a dále hovězí dobytek (*Bos primigenius* f. *taurus*), ovce (*Ovis sp.*) a kozy (*Capra sp.*). V zázemí bylo zastoupení počtu kostí prasat a skotu vyrovnanější. Zastoupení lovené zvěře bylo dle závěrů autorské dvojice ve velkomoravském období nevýznamné.

Významným domácím zvířetem velkomoravského období byl také kur domácí (Dreslerová et al., 2013). Slepíci vejce měla kromě konzumní role také kultovní význam, což dokládají nálezy slepičích (případně husích) vajec ve slovanských hrobech. Tato tradice přetrvala ještě poměrně dlouhou dobu po přijetí křesťanství (do 12. - 13. století) (Beranová, 2005).

Kromě domácích zvířat byly konzumovány také sladkovodní ryby, což dokládají nálezy pastí a háčků či bodců, které se používaly k rybolovu (Poláček, 2016), a také rybích kostí (Chrzanowska and Januszkiewicz-Zalecka, 2003). Mezi druhy nalezené přímo na mikulčickém hradišti patří kapr obecný (*Cyprinus carpio*), lín obecný (*Tinca tinca*), plotice obecná (*rutilus rutilus*), candát obecný (*Stizostedion lucioperca*), okoun říční (*Perca fluviatilis*) nebo sumec velký (*Silurus glanis*) (Zawada, 2003). Nálezy kostí mořských druhů ryb z mikulčického hradiště doposud neexistují.

Beranová (2005) uvádí, že Slované pěstovali různé obiloviny, které zpracovávali na moučné výrobky (chléb, koláče) a vařené či nevařené kaše, tzv. „brašno“. Proso autorka popisuje jako drahou a prestižní plodinu (muselo se několikrát do roka plít, jelikož se jedná o konkurenčně slabou rostlinu). Protikladem tomuto tvrzení je názor Dreslerové et al. (2013), která uvádí, že proso bylo naopak plodinou, která patřila spolu s žitem mezi potraviny nižších společenských vrstev. Co se živočišných produktů týká, uvádí Beranová (2005), že významným zdrojem živočišných bílkovin bylo pro Slovary mléko a mléčné výrobky.

Dalším, přímějším zdrojem informací o velkomoravské stravě mohou být studie, zabývající se analýzou dentálních mikroabrazí. Jarošová a Drozdová (2007), na základě studia tohoto ukazatele zjistily, že se Slované na Pohansku živilí smíšenou stravou, obsahující fytoity (částice pocházející z rostlinné potravy, způsobující charakteristický obrus sklovin), případně abrazivní částice v moučných pokrmech (kamenný prach z mlýnků). Na základě bukálních mikroabrazí také uvádějí, že strava mužů a žen se na dané lokalitě příliš nelišila, nicméně je možné detekovat zvýšený podíl masité složky u dospělých mužů do 35 let.

Označíme-li množství informací o stravě dospělých Slovanů za nedostačující, pak musíme podotknout, že informace, týkající se přímo složení stravy v dětském období v podstatě neexistují. Postrádáme totiž jakékoli archeologické práce, zabývající se tímto tématem a také izotopové studie v tomto oboru jsou pouze výjimečné. Stránská et al. (2015) na základě studia zubních kazů u raně středověké populace uvádí, že stravovací návyky a životní podmínky slovanských dětí z vyšší a nižší sociální vrstvy se zhruba do 6 let věku nelišily, u starších dětí se pak ve zvýšené kazivosti zubů u nedospělých jedinců z mikulčické akropole pravděpodobně projevil snazší přístup vyšších vrstev společnosti ke sladkým potravinám (med, ovoce, víno...).

5. Stabilní izotopy a rekonstrukce stravy minulých populací

5. 1. Stabilní izotopy

Atomy jednotlivých chemických prvků se v přírodě vyskytují v různých formách, které se nazývají izotopické nuklidy (izotopy). Izotopy jednoho prvku mají stejný počet protonů a elektronů, ale liší se počtem neutronů v jádře. Podle toho, jak se různé izotopy chovají, je můžeme rozdělit do dvou skupin, a to na stabilní a nestabilní izotopy. Nestabilní (radioaktivní) izotopy se vyznačují tím, že se jejich jádra samovolně přeměňují na jádra jiných prvků, naproti tomu stabilní izotopy tuto vlastnost nemají. Příkladem prvku, jehož atomy se v přírodě vyskytují v obou variantách, tedy jako stabilní i nestabilní izotopy je uhlík. Stabilními izotopy tohoto prvku jsou $^{12}_6\text{C}$ a $^{13}_6\text{C}$, nestabilním izotopem a tedy radioaktivní formou uhlíku je $^{14}_6\text{C}$. Různé izotopy jednoho chemického prvku mají stejné chemické vlastnosti, ale jejich fyzikální vlastnosti jsou odlišné (Hoefs, 2009; Schoeninger, 2010). Hmotnostní rozdíly izotopů, způsobené rozdílným počtem neutronů v jádře, vedou k nelineární reakční kinetice a odlišným vazebným energiím (Schoeller, 1999). Tato skutečnost umožňuje využití izotopických nuklidů v různých chemických analýzách.

Změny poměru izotopů jsou natolik malé, že přímé vyjádření poměru lehkého a těžkého izotopu je nepraktické. Z tohoto důvodu jsou izotopové poměry vyjadřovány jako δ hodnota (např. $\delta^{15}\text{N}$) v jednotkách ‰, tedy jako rozdíl mezi izotopovým poměrem uvnitř zkoumaného vzorku a izotopovým poměrem mezinárodně uznávaného standardu (Schoeninger, 2010).

Tabulka č. 3 – Mezinárodní standardy pro izotopové analýzy C a N

Prvek	Standard
uhlík	PDB (fosilní mořský vápenec z PeeDee formace v Jižní Karolíně)
dusík	AIR (atmosférický dusík)

(podle Schoeninger, 2010)

Vzorec pro výpočet δ hodnoty (podle McGlynn, 2007 (upraveno)):

$$\delta^*X = \frac{(*X/X_{\text{vzorek}} - *X/X_{\text{standard}})}{(*X/X_{\text{standard}})} \times 1000$$

Kde $*X$ představuje těžší izotop a X lehčí izotop.

5. 1. 1. Stabilní izotopy v lidském těle

Izotopy různých prvků se účastní mnoha reakcí v přírodě, ale i v živých organismech. Do našich těl se dostávají prostřednictvím potravy, jako součást rozličných živin, které jsou v těle dále metabolizovány. Produkty metabolických reakcí jsou v těle dále distribuovány dle aktuální potřeby - izotopové složení stravy je tedy posléze reflektováno tkáněmi konzumenta. Nejedná se ovšem o přímý vztah, tento proces je ovlivněn konzumentovou fyziologií skrze děj zvaný frakcionace (Reitsema, 2013), což je částečná separace izotopů stejného prvku během fyzikálních nebo chemických procesů (McGlynn, 2007). Množství zachycených těžších izotopů jednotlivých prvků se tedy se vzrůstající trofickou pozicí konzumenta zvyšuje (těžší izotopy se sice méně ochotně váží, když už se ale začlení do nějaké struktury, je také těžší jejich vazbu porušit) (Hoefs, 2009).

Předávání chemických prvků mezi různými organismy je v přírodě umožněno prostřednictvím trofických vztahů. Původ stravy různých jedinců je možné pomocí relativních poměrů stabilních izotopů přisoudit k suchozemským či vodním zdrojům (Schoeninger and DeNiro, 1984), dále je možné zkoumat podíl C3 a C4 rostlin v jídelníčku (Vogel and van der Merwe, 1977; van der Merwe and Vogel, 1978), a také je možné určit pozici zkoumaného jedince v určité trofické hladině (McConnaughey and McRoy, 1979; Post, 2002), a to porovnáním hodnot izotopových poměrů tohoto jedince s hodnotami dalších organismů, vyskytujících se ve stejný čas na stejném místě.

Relativní zastoupení izotopů jednotlivých chemických prvků se u konzumenta a jeho potravy liší (Schoeller, 1999), přičemž je nutné brát v úvahu také typ analyzované tkáně. Tieszen et al. (1983) uvádí rozdíly ve zjištěných izotopových hodnotách u různých typů měkkých tkání stejného jedince (játra, svalovina, tuk...) v závislosti na jejich složení.

V závislosti na období, kdy se jednotlivé tkáně tvoří, a na jejich metabolické aktivitě se mohou lišit také výsledky v případě analýzy dentinu a kostních vzorků téhož jedince (Reitsema and Vercellotti, 2012). Tohoto faktu využívají mnohé studie, zaměřené na intra-individuální vzorkování a výzkum chronologických změn ve stravě jedince (Wright and Schwarcz, 1998; Reitsema and Vercellotti, 2012; Kaupová et al., 2014).

Pomocí analýzy relativních poměrů stabilních izotopů v různých tkáních organismu je možné kromě rekonstrukce potravních vztahů a přibližného složení stravy zkoumat také fyziologické procesy, probíhající v lidském těle (těhotenství) a díky vlivu patofyziologií (choroby jater, diabetes, osteoporóza...) na frakcionaci také lidské zdraví (Reitsema, 2013). Tento typ výzkumů je však zatím pouze na experimentální úrovni a není běžně prováděn. V současné době představují jedinci s metabolickými a dalšími patologiemi spíše problém pro

rekonstrukce stravy. V neposlední řadě lze izotopové poměry využít také při výzkumu rezidenční mobility jedince. K tomuto účelu jsou nejčastěji využívány izotopy stroncia, kyslíku, vodíku či olova (Åberg et al., 1998; Bowen et al., 2005; McGlynn, 2007).

5. 1. 2. Rekonstrukce stravy pomocí stabilních izotopů

Izotopový záznam v lidských tkáních do značné míry reflektuje směs veškerých izotopových hodnot požití potravy či nápojů, a to díky tomu, že jednotlivé typy potravy mají odlišné izotopové složení (Vogel and van der Merwe, 1977; DeNiro and Epstein, 1978; van der Merwe and Vogel, 1978). Tento fakt nám umožňuje na základě analýzy relativních poměrů stabilních izotopů ve tkáních jedince získat informace o jeho stravě. Kromě analýzy stravy žijících jedinců je však možné tuto metodu aplikovat také na fosilní materiál, a tím získat pohled na složení stravy minulých jedinců a populací (DeNiro and Epstein, 1978), a to díky tomu, že se kosterní materiál za určitých podmínek zachovává poměrně dobře po dlouhou dobu od smrti jedince. Přestože nám izotopové analýzy nemohou poskytnout informace o konkrétních pokrmech, které lidé v minulosti jedli, či nedokážou stoprocentně rozlišit jednotlivé živočišné produkty (Minagawa, 1992), jsou jejich výsledky nezanedbatelným přínosem pro současné poznatky o stravě v minulosti.

Průkopnickými studii v tomto oboru jsou práce van der Merwe and Vogel (1977 a 1978), které se zabývají rekonstrukcí stravy historických populací Severní Ameriky, a to hlavně rostlinnou složkou potravy, konkrétně podílem C4 rostlin v jídelníčku.

Stabilní izotopy nám pomáhají přímo určit širší okruh potravních zdrojů, které jedinci v minulosti využívali (Reitsema, 2013). Vzhledem k tomu, že člověk je všežravec (pomineme-li alternativní způsoby výživy, rozšířené především v současnosti) můžeme pomocí stabilních izotopů také odvodit, co bylo hlavním zdrojem bílkovin pro daného jedince či populaci, zda se jednalo o rostlinné či živočišné zdroje, případně z jakého typu živočicha pocházely a také zda živočišné zdroje proteinů pocházely primárně z terestrických či mořských ekosystémů (Müldner and Richards, 2005).

Největší výhodou izotopových studií je to, že nám na rozdíl od tradičních archeologických metod poskytují přímé svědectví o lidské stravě na úrovni jedince, a to z dlouhodobého a obecného hlediska. Archeologické nálezy většinou vypovídají spíše o konkrétních potravinách, u kterých ovšem ve většině případů nelze s jistotou tvrdit, že je lidé skutečně jedli (výjimkou jsou například nálezy z koprolitů (Reinhard and Bryant, 1992) či rostlinné a živočišné pozůstatky získané při rozboru zubního kamene (Hardy et al., 2009).

Pomocí kombinace poznatků tradičních archeologických oborů (archeobotanika, archeozoologie...) a izotopových analýz dnes můžeme získat daleko jasnější obraz subsistenčních praktik člověka, než tomu bylo v minulosti (McGlynn, 2007). Kromě přímého výzkumu složení stravy různých jedinců můžeme také kombinací jejich dat studovat stravovací návyky celé populace. Můžeme se tak například zaměřit na rozdíly ve složení stravy jednotlivých sociálních skupin - odlišnosti v jídelníčku na základě socioekonomického statusu (Müldner et al., 2009), na základě rozdílnosti pohlaví nebo věku (Reitsema and Vercellotti, 2012).

Stejně jako většina vědeckých metod, ani izotopové analýzy nejsou bez rizika. Nebezpečí pro tento typ výzkumů představují post-depoziční procesy, způsobující degradaci či znehodnocení analyzovaných tkání, což je samozřejmě nutné při analýze vzorků zohlednit (Reitsema, 2012).

5.2. Prvky využívané při izotopových rekonstrukcích stravy

5.2.1. Uhlík

Jedním z nejvyužívanějších prvků v izotopových analýzách je uhlík (Reitsema, 2012, McGlynn, 2007, Müldner et al., 2009, Halffman and Velemínský, 2015, Reitsema and Vercellotti, 2012). Při rekonstrukcích stravy se využívají pouze jeho stabilní izotopy, a to ^{12}C a ^{13}C . Hlavním zdrojem těchto izotopů pro živé organismy je atmosférický CO_2 , který je fixován rostlinami v procesu fotosyntézy (Schoeninger, 2010). Atmosférický oxid uhličitý obsahuje přibližně 98,9 % ^{12}C a 1,1 % ^{13}C . Přičemž rostliny během fotosyntézy diskriminují ^{13}C díky jeho nepatrným hmotnostním odlišnostem od druhého stabilního izotopu ^{12}C (O'Leary, 1988). Vzhledem k tomu, že fotosyntetické reakce mohou probíhat několika způsoby, existuje několik typů fotosyntetických drah (C3, C4, CAM), které se liší svými meziprodukty a tedy také množstvím zafixovaného atmosférického uhlíku (O'Leary, 1988). Pro rekonstrukce stravy jsou nejdůležitější C3 a C4 typ fotosyntézy. Většina rostlin, které se vyskytují v mírném podnebném pásu, patří do skupiny s C3 typem fotosyntézy, C4 rostliny jsou převážně druhy adaptované na teplé a suché klima - z kulturních plodin zejména kukuřice, cukrová třtina nebo proso. C4 rostliny mají díky svému typu fotosyntézy vyšší poměr $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ oproti C3 rostlinám, což vede také k vyššímu poměru $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ u jejich konzumentů (Vogel and van der Merwe, 1977). Schoeninger (2010) uvádí, že průměrný relativní poměr stabilních izotopů uhlíku ($\delta^{13}\text{C}$) se u C3 rostlin pohybuje okolo -26 až -28 ‰, u C4 rostlin kolem -12 ‰ a relativní poměry CAM rostlin se velmi podobají těm u C4 rostlin.

Izotopový záznam ve tkáních rostlinných konzumentů závisí na původu potravy, ale také na typu zkoumané tkáně (DeNiro and Epstein, 1981).

Pro moderní bioarcheologii jsou izotopy uhlíku nepostradatelné díky svému přínosu pro výzkum rostlinné složky potravy (je studován poměr C3 a C4 rostlin ve stravě) a také pro výzkum podílu potravin z terestrických a marinních zdrojů, případně ze sladkovodních a marinních zdrojů (marinní zdroje vykazují vyšší izotopové poměry uhlíku oproti suchozemským a sladkovodním, u kterých jsou izotopové poměry uhlíku zároveň variabilnější) (Schoeninger and DeNiro, 1984), dále je předmětem zájmu domestikace a import nových rostlin nebo pozice jedince v trofickém řetězci (Kovačiková and Brůžek, 2008), neboť jednotlivé trofické úrovně se liší zhruba o 0 – 1 ‰ (Post, 2002; McCutchan et al., 2003).

Tabulka č. 2 – Průměrné izotopové hodnoty v různých potravních zdrojích

Organismus/ potravina	Průměrný izotopový poměr	Průměrný izotopový poměr u konzumenta
C3 rostliny	-26,5‰	-21,5‰
Maso herbivora C3 rostlin	-25,5‰	-20,5‰
C4 rostliny	-12,5‰	-7,5‰
Maso herbivora C4 rostlin	-11,5‰	-6,5‰
Mořský plankton	-19,5‰	-14,5‰
Maso mořského herbivora	-18,5‰	-13,5‰
Maso mořského karnivora	-17,5‰	-12,5‰

Podle Chrisholm (1989)

5. 2. 2. Dusík

Druhým nepostradatelným prvkem pro izotopové rekonstrukce stravy je dusík. Tento prvek se v přírodě vyskytuje ve dvou izotopových formách, a to ^{15}N a ^{14}N . Dusík se v přírodě primárně vyskytuje v atmosféře a mořské vodě (McGlynn, 2007). Rostliny mohou dusík získávat více způsoby, které potom ovlivňují jejich výsledný izotopový záznam – jde především o fixaci vzdušného dusíku pomocí symbiotických hlízkových bakterií, nebo o získávání dusíku z půdních nitrátů (Kovačiková and Brůžek, 2008). Schoeninger (2010) uvádí, že izotopové složení rostlin fixujících dusík z atmosféry pomocí hlízkových bakterií je

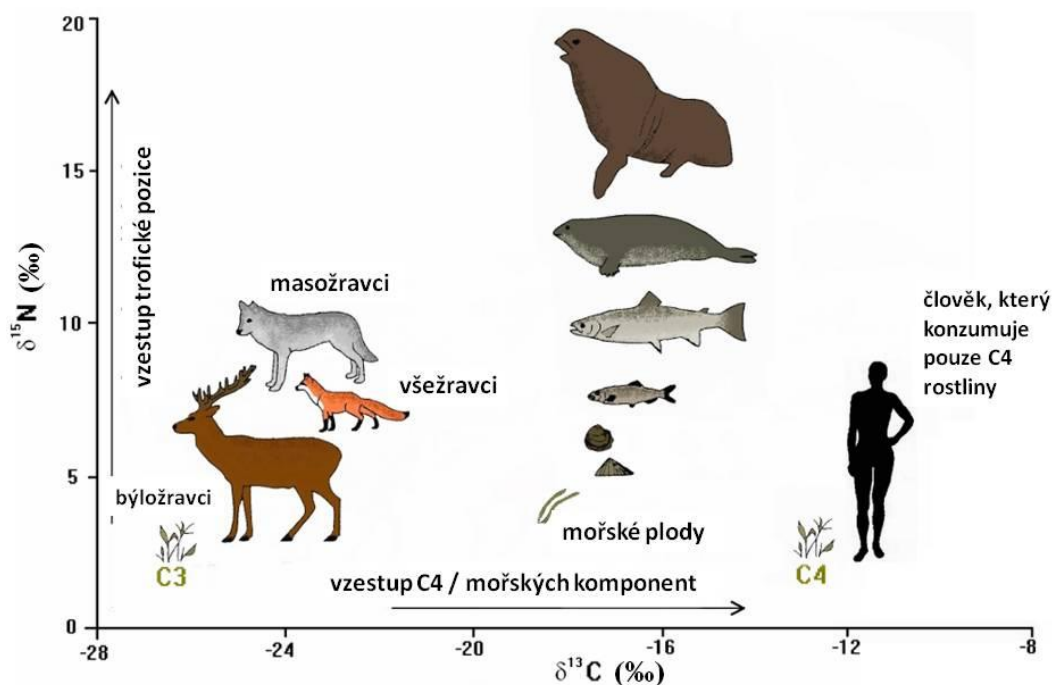
podobné poměru $^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$ v atmosféře ($\delta^{15}\text{N}_{\text{AIR}} = 0,0 \text{ ‰}$). Izotopový záznam rostlin, které vzdušný dusík nefixují, je poté blízký médiu, na kterém rostou (Delwiche and Steyn, 1970).

Jak uvádí DeNiro and Epstein (1981), tkáně konzumentů rostlinné potravy reflektují poměry izotopů dusíku z jejich potravy (ale vykazují vyšší inkorporaci ^{15}N než ^{14}N). Mořští živočichové vykazují vyšší hodnoty $\delta^{15}\text{N}$ než suchozemští, což se projevuje také u jejich konzumentů. Schoeninger a DeNiro (1984) naměřili v průměru o 9 ‰ vyšší hodnoty $\delta^{15}\text{N}$ u živočichů konzumujících výlučně potravu z marinních zdrojů, oproti živočichům, kteří byli krmeni výhradně potravou, pocházející ze suchozemských zdrojů, což je způsobeno obecně větší délkou potravních řetězců v mořském prostředí a také odlišným izotopovým poměrem dusíku u mořských a terestrických rostlin. Velmi variabilní skupinu, co se týká izotopových poměrů dusíku, představují sladkovodní ryby. Izotopové poměry dusíku u této skupiny stejně jako v mořském prostředí ovlivňuje délka potravního řetězce, a dále také velikost jedince, související se schopností lovu větší a větší kořisti (Schoeninger and DeNiro, 1984; Sweeting et al., 2007).

Schoeninger et al. (1983) uvádí, že $\delta^{15}\text{N}$ hodnoty v kostním kolagenu byly u historických populací závislých na mořských zdrojích o 4 - 6 ‰ vyšší než u zemědělských populací, živičích se potravou ze suchozemských zdrojů.

Na zastoupení jednotlivých izotopů dusíku v potravních zdrojích má vliv také klima. Potravní řetězce v teplém, aridním prostředí mívají vyšší izotopové poměry než ty v chladnějším a vlhčím prostředí. Také rozdíly mezi jednotlivými trofickými úrovněmi bývají vyšší v teplém a suchém prostředí. Stejně tak živočichové adaptovaní na nedostatek vody mají vyšší izotopové poměry v těle, než ti, kteří jsou závislí na větším množství vody. Izotopové poměry dusíku, získané z lidského kolagenu jsou tedy ovlivněny klimatem a fyziologií, a tedy data získaná z různých typů ekosystémů nemohou být porovnáována bez prvotní determinace izotopové kompozice lokálních potravních řetězců a specifických posunů mezi trofickými hladinami (Ambrose, 1990; Schwarcz et al., 1999).

Pomocí relativních poměrů stabilních izotopů v různých tkáních můžeme studovat také potravní vztahy v ekosystémech, jelikož jednotlivé trofické úrovně se mezi sebou liší přibližně o 3 - 4 ‰ (Minagawa and Wada, 1984; Schoeninger and DeNiro, 1984). U člověka nám tento fakt umožňuje zkoumat například postupy při kojení (délka kojení, věk, kdy docházelo k odstavení dětí) (Richards et al., 2002), jelikož kojené dítě je v potravním řetězci výše, než jeho matka.



Graf č. 1 – Interpretace izotopových poměrů ve tkáních organismů

Podle Schulting (1998) a web3, (upraveno)

5. 3. Teoretický základ rekonstrukcí stravy pomocí stabilních izotopů

5. 3. 1. Tkáně využívané v izotopové rekonstrukci stravy

V archeologickém kontextu se při izotopových analýzách využívá nejčastěji kostní a zubní tkáň (Reitsema and Vercellotti, 2012, Halffman and Velemínský, 2015, Kaupová et al., 2014, Kaupová et al., 2016, Richards et al., 2002, Lightfoot et al., 2012).

V případě kosti může být analyzována jak minerální, tak organická složka kosti – kolagen a bioapatit. Pomocí izotopového složení kolagenu je možné zkoumat proteinovou složku potravy (Ambrose and Norr, 1993), a jeho hlavní výhodou je, že máme jasná kritéria pro hodnocení zachovalosti této tkáňové složky (van Klinken, 1999). Naproti tomu pomocí izotopové analýzy apatitu můžeme získat informace nejen o proteinové složce potravy, ale také o původu sacharidů a tuků ve stravě (Ambrose and Norr, 1993). Práce z posledních let ovšem naznačují, že potenciál pro využití při rekonstrukcích stravy může mít také kostní cholesterol (Jim et al., 2004; Schoeninger, 2010).

Co se týká zubní tkáň, je možné analyzovat jak kolagen, tak minerální složku dentinu, a také minerální složku zubní skloviny. Pomocí analýzy dentinu je nejčastěji zkoumána strava v nedospělém věku (Reitsema and Vercellotti, 2012, Kaupová et al., 2014, Kaupová et al., 2016), prostřednictvím izotopové analýzy zubní skloviny se pak

bioarcheologové zaměřují především na studium migrace, a to hlavně skrze izotopové poměry stroncia, vodíku a kyslíku (Richards et al., 2008; Schoeninger, 2010; Scheeres et al., 2014).

Kolagen, je jakožto protein struktura, kterou tvoří aminokyseliny (tedy látky bohaté na uhlík a dusík), které vznikají jako produkty metabolických reakcí, do kterých vstupují složité komponenty z potravy, látkou vhodnou pro izotopovou analýzu poměrů jak izotopů uhlíku, tak dusíku (Schoeninger, 2010).

V současnosti se v bioarcheologii objevují také pokusy o využití izotopové analýzy keratinu z pozůstatků vlasů (O'Connell and Hedges, 1999), tyto analýzy se však zatím jeví jako problematické.

V této práci jsme se zaměřili na analýzu izotopových poměrů v kostním kolagenu a v kolagenu obsaženém v dentinu.

Jak již bylo zmíněno, k izotopovým analýzám, které by měly sloužit k osvětlení výživy u minulých populací, se nejčastěji využívají tvrdé tkáně, které se až na výjimky (mumifikované ostatky) oproti měkkým tkáním lépe a po delší dobu po smrti jedince zachovávají (Reitsema and Vercellotti, 2012, Reitsema, 2012, McGlynn, 2007). Kostní tkáň však není statickým rezervoárem izotopových podpisů prostředí, a to díky procesu remodelace, při kterém dochází k průběžné obměně ve složení kosti (především u spongiózní tkáň v souvislosti se směrovým působením zatížení kosti (Čihák, 2001) a kolagen, který byl zformován v minulosti je časem nahrazen novým. Izotopový záznam v kostní tkáni se tedy během života jedince mění (Reitsema and Vercellotti, 2012).

Rychlost obměny kolagenu v kostech závisí na typu kosti a také na věku a pohlaví jedince. V období adolescentního růstu je obrat kolagenu mnohem rychlejší než v pokročilejším věku. V období adolescence mají muži rychlejší obměnu kolagenu v kostech oproti ženám, zatímco v pozdějším věku se situace obrací (Hedges et al., 2007). Wild et al. (2000) uvádí jako dobu obměny kolagenu v lidských kostech 20 let, naproti tomu McGlynn (2007) zmiňuje, že kost dospělého člověka nese izotopový záznam z posledních zhruba 10 let života jedince. Parfitt (2002) udává dobu obměny kolagenu v kortikální části kosti pánevní 13 let. Hedges et al. (2007) uvádí, že doba obměny kolagenu ve střední části těla kosti stehenní je mnohem delší, než předpokládaných 10 let.

Naproti tomu v zubním dentinu a sklovině k remodelaci nedochází, a tyto struktury tedy nesou izotopový záznam z doby svého vzniku, tedy z doby, kdy se jednotlivé části zubu utvářely. Izotopový záznam v zubním kolagenu nás tedy informuje o stravě jedince v dětství (výjimkou jsou sekundární a terciální dentin, které vznikají až po zapojení zubů do okluze) (Reitsema and Vercellotti, 2012).

Nejvíce využívanou kostí v izotopových analýzách je žebro, případně dlouhé kosti ruky a nohy (Hakenbeck et al., 2010; Lightfoot et al., 2012; Halffman and Velemínský, 2015). Nejčastěji využívanými zuby jsou potom moláry (Reitsema and Vercellotti, 2012, Richards et al., 2002).

5. 3. 2. Hodnocení zachovalosti kolagenu

Kostní materiál je na pohřebištích často po velmi dlouhou dobu vystaven okolnímu prostředí, je tedy nutné vyloučit kontaminaci kolagenu izotopy z okolního substrátu. Pro tento účel existují jasná kritéria zachovalosti kolagenu (DeNiro, 1985; Ambrose, 1990; van Klinken, 1999):

- procentuální obsah dusíku (%N) ve vzorku musí být v rozmezí 5-17 %
- procentuální obsah uhlíku (%C) ve vzorku musí být v rozmezí 13-47 %
- poměr C:N ($\%C/\%N \times 1,16$) musí být v rozmezí 2,9 – 3,6
- výtěžek extrakce kolagenu by neměl být nižší než 1 %

Stejně jako jiné metody, i rekonstrukce stravy pomocí relativních poměrů stabilních izotopů v kolagenu má své limity. Za prvé, pomocí této metody se dovidáme informace pouze o proteinové složce potravy. Pokud bychom se chtěli zaměřit na celkové složení stravy, tedy také na zdroje cukrů a tuků v jídelníčku, je možné využít k tomuto účelu izotopové analýzy kostního bioapatitu (Jim et al., 2004) Nicméně tato metoda je limitována nedostatečnými kritérii pro hodnocení zachovalosti apatitu, jelikož v současnosti stále plně nerozumíme diagenetickým změnám, probíhajícím v minerální složce kosti (Zazzo et al., 2004).

Další nevýhodou této metody, především v případě izotopových poměrů dusíku je fakt, že na základě získaných výsledných hodnot sice můžeme říci, zda daný jedinec požíval živočišné proteiny, ale již nerozlišíme, v jaké formě (tedy, zda jedl maso, vejce, mléčné výrobky...) (Minagawa, 1992).

6. Nespecifické ukazatele stresu ve vztahu ke stravě minulých populací

Zdravotní poruchy a stresová zátěž organismu prodělané během růstu a vývoje mohou zanechat na kostře jedince trvalé markery, nazývané nespecifické ukazatele stresu (Watts, 2011). „Nespecifické“, jelikož jejich výskyt není vázán pouze na jednu konkrétní příčinu (konkrétní typ zatížení či nemoci), ale k vytvoření těchto znaků může vést mnoho různých důvodů.

6.1. Hypoplázie zubní skloviny

Jedním z mnoha nespecifických stresových ukazatelů na kostře člověka jsou hypoplázie zubní skloviny. Jedná se o třídu kvantitativních vývojových defektů zubní skloviny, charakteristických úbytkem její síly, který se může projevat s různou intenzitou a rozsahem (od drobných jamek či prohlubní přes vodorovné rýhy po celém obvodu zubu či větší okrsky zeslabené skloviny, až po úplnou absenci skloviny (Goodman and Rose, 1990).

Hillson a Bond (1997) na základě původního Bertanova třídění z roku 1895 uvádějí 3 typy hypoplázií zubní skloviny: *rýhovitě defekty* (jednotlivé či mnohočetné, vyskytující se samostatně nebo s asociací s dalšími defekty, vznikající vlivem přerušení tvorby matrix u většího množství ameloblastů), *jamkovitě defekty* (bodová zeslabení skloviny, vzniklé tak, že tvorbu matrix přerušila ze zatím neúplně pochopeného důvodu skupina desítek až stovek ameloblastů) a *defekty ve formě plošného zeslabení* (zde se nejedná o izolované okrsky zeslabení skloviny, ale o „velkoplošné“ defekty). Goodman a Rose (1990) uvádějí dělení na *jamkovitě defekty*, *horizontální žlábký (lineární hypoplázie zubní skloviny)*, *vertikální žlábký* a *úplně chybějící sklovinu*.

Lineární hypoplázie zubní skloviny jsou považovány za nespecifický indikátor systémového stresu utrpěného během vývojové periody zubní korunky (Goodman and Rose, 1990), tedy v období dětství, případě dočasných zubů také během intrauterinního vývoje.

Vznik hypoplázií skloviny může zapříčinit mnoho různých faktorů, např.:

- nutriční stres a avitaminózy v období formování korunky příslušných zubů (v možné spojitosti s nedostatečnou mateřskou péčí v dětství)
- lokální zvyklosti působící na dětský organismus stresově (tetování, pozdní obřízka, způsob odstavení dítěte)
- pozření toxických látek v době tvorby zubní korunky
- poranění dočasného zubu či jeho okolí (může způsobit hypoplázie u trvalého zubu)

- poškození vyvíjejícího se trvalého zubu
- závažná horečnatá onemocnění a onemocnění gastrointestinálního traktu v dětství
- infekční choroby (kongenitální syfilis, tuberkulóza)
- metabolické a endokrinní poruchy v dětství
- dědičné stavy

(Neiburger, 1990; Moggi-Cecchi et al., 1994; Hillson and Bond, 1997; Ortner, 2003).

Zároveň se zde může projevit také nepřímý vliv kvality stravy na vznik hypoplázií zubní skloviny. Výživové nedostatky mohou vést ke vzniku různých onemocnění, v jejichž důsledku se hypoplázie také mohou vytvořit – např. křivice (Ortner, 2003).

Konkrétní příčinou hypoplastických defektů je pravděpodobně hypokalcémie (nízká hladina vápníku v krvi) (Nikiforuk and Fraser, 1979), která může být důsledkem výše zmíněných stresových stavů.

Zaměříme-li se hlavně na souvislost vzniku lineárních hypoplázií zubní skloviny s výživou, můžeme předpokládat, že strava jedince postiženého tímto znakem mohla být chudá na vápník – tedy obsahovala malé množství mléčných produktů, ryb (mořských či sladkovodních), košťálové zeleniny či ořechů. V izotopovém záznamu jedince by se tento deficit mohl projevit především sníženým izotopovým poměrem dusíku, který by naznačoval sníženou konzumaci živočišných proteinů (tedy např. mléčných produktů nebo masa).



Obrázek č. 5 – Lineární hypoplázie zubní skloviny (kostra č. 85, Mikulčice, VI. kostel)
(vlastní foto)

6. 2. *Cribra orbitalia*

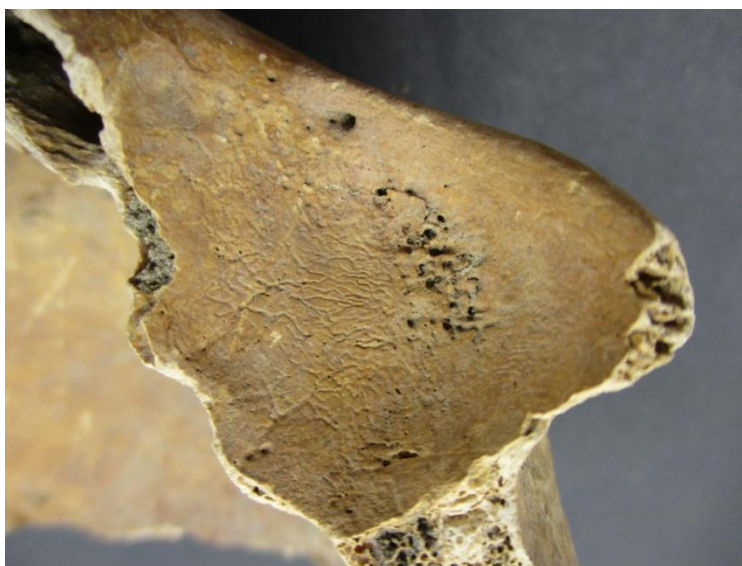
Další stresovou změnou s doposud ne zcela vyřešenou etiologií jsou *Cribra orbitalia*. Tento termín použil jako první Welcker v roce 1888 (Horáčková et al., 2004). Jedná se o nespecifický stresový ukazatel, projevující se kostní destrukcí a novotvorbou v přední části stropu očnice ve formě malých okrsků v pórovitou, případně houbovitou strukturou, která může zůstat buď v úrovni okolí, nebo nad okolí prominuje. Tato síť otvůrků a žlábků pravděpodobně odpovídá průchodům jemných cév, vycházejících z diploe skrz lamina externa stropu očnice. Vyskytují se většinou symetricky, a to jak u nedospělých, tak u dospělých jedinců. (Stloukal, 1999; Horáčková et al., 2004).

V současnosti se předpokládá, že tento stav je projevem anémie, tedy snížené koncentrace hemoglobinu v krvi. Někteří autoři se domnívají, že může jít jak o důsledek vrozených poruch, tak o důsledek anémie vzniklé jako reakce na nedostatek železa ve stravě (Cybulski, 1977) – tedy nutriční stres. Dalšími faktory, které je nutno zvážit při výzkumu příčin vzniku *Cribra orbitalia* jsou parazitární a bakteriální infekce (Papathanasiou, 2003). Stuart-Macadamová (1985) uvádí, že většina autorů uznává získanou anémii (tedy anémii vzniklou v důsledku nedostatku železa v potravě) za významnou příčinu vzniku této patologie, přestože vliv geneticky podmíněné anémie nelze zanedbat. Stejná autorka dále uvádí, že změny na kostře spojené s anémií (*Cribra orbitalia* a *Porotic hyperostosis*), které lze pozorovat na kostrách dospělých jedinců jsou důsledkem anémie získané v dětství. Recentnější práce (Wapler et al., 2004; Walker et al., 2009) však naznačují, že hypotéza anémie v důsledku deficiencie železa ve stravě jako příčiny *Cribra orbitalia* nemusí být správná. Dle výzkumu Walker et al., (2009) tělo člověka reaguje na nedostatek železa omezením produkce erytrocytů, a ne jejím zvýšením a tudíž nedochází k hypertrofii kostní dřevě pozorované u kribrotických stavů. Jako alternativní hypotézu navrhuji jako příčinu *Cribra orbitalia* megaloblastickou anémii, vzniklou v důsledku nízkého přísunu vitamínu B₁₂ během kojení a v dětství, spojeného s nehygienickými životními podmínkami, podporujícími infekční choroby spojené se ztrátou živin z gastrointestinálního traktu. Také práce Wapler et al. (2004) naznačuje, že anémie z nedostatku železa není převažující příčinou kribrotických stavů. Autoři uvádějí, že nadpoloviční většina případů *Cribra orbitalia* byla v jimi studovaném vzorku jedinců způsobena jinou příčinou – parazitární či bakteriální infekcí nebo postmortálními změnami.

Přestože nelze říci, že by přítomnost *Cribra orbitalia* přímo odkazovala na anemický stav vzniklý díky nutričnímu stresu, jelikož při jejich vzniku může působit vícero různých

faktorů, zůstává anémie získaná v důsledku deficiencie železa či vitamínu B₁₂ ve straně významným faktorem, který se může podílet na vzniku tohoto stresového markeru.

Vzhledem k tomu, že nejvýznamnějším zdrojem železa či vitamínu B₁₂ ve stravě minulých populací byly živočišné produkty, tedy maso, vejce a vnitřnosti, případně krev, je možné předpokládat, že se nedostatek těchto potravin projeví nejen jako přítomnost *Cribra orbitalia*, ale měl by se také odrazit v izotopovém záznamu v kostech, a to především v poměru stabilních izotopů dusíku.



Obrázek č. 6 – *Cribra orbitalia* (kostra 105, Mikulčice, VI. kostel)
(vlastní foto)

6. 3. Výška postavy

Mezi znaky poskytující informace o nepříznivých podmínkách, působících na lidský organismus patří také finální výška postavy. Také tento ukazatel odkazuje na environmentální stres prodělaný v juvenilním období (Larsen, 2002). Oproti předešlým ukazatelům je však možné výšku postavy v souvislosti s vývojovým zatížením hodnotit pouze ve srovnání se zbytkem populace (Humphrey, 2000).

Přestože finální výška postavy je do značné míry determinována genetickými faktory, významnou roli při realizaci genetického růstového potenciálu hrají také faktory prostředí, ve kterém jedinec žije (Lebl and Krásničanová, 1996). Rostoucí kost reaguje podobně jako tvořící se zubní sklovina na zátěž typu malnutrice, závažných chorob, nadměrného pohybového zatížení organismu, psychické zátěže či parazitárních infekcí zpomalením své tvorby. Finální výška jedince je tedy vlivem zatížení organismu nižší, než udává genetický

růstový potenciál. (Fogel et al., 1983; Lebl and Krásničanová, 1996). Při výzkumu růstové deprivace u dospělých jedinců v minulých populacích je využíván odhad výšky postavy pomocí různých metod, využívajících metrických charakteristik vybraných kostí, umožňujících vypočítat pravděpodobný interval, ve kterém se výška zkoumaného jedince pohybovala (podrobný přehled v Polcerová, 2016).

Co se stravy týká, pro správný růst kostí je třeba vyvážená strava s dostatečným přísunem energie, bílkovin a vápníku (Lebl and Krásničanová, 1996). V izotopovém záznamu jedince tedy můžeme očekávat u jedinců nižšího vzrůstu náznaky stravy chudé na živočišné bílkoviny, reprezentované nízkými hodnotami poměru dusíkových izotopů.

6. 4. Dentální znaky související se stravou

6. 4. 1. Zubní kazy

Také některé dentální znaky je možné spojit se složením stravy - jedním z těchto znaků jsou zubní kazy. Zubní kaz je definován jako lokalizovaná destrukce tvrdé zubní tkáně, vznikající následkem demineralizace skloviny zubu vlivem produkce kyselých metabolických produktů bakteriální fermentace karbohydrátů z potravy, projevující se jako kariézní léze na korunce či kořenu zubu (Ortner, 2003; Selwitz et al, 2007; Fejerskov and Kidd, 2008). V etiologii zubního kazu tedy hraje roli jak složení orální mikroflóry, tak složení stravy, avšak kromě těchto faktorů se na vzniku této patologie podílí také behaviorální faktory. Práce Ismail (1998) naznačuje, že v současnosti má na kazivost zubů v dětské populaci mnohem větší vliv socioekonomický status rodiny a s ním spojená dostupnost stomatologické péče, poradenství v oblasti zubní hygieny a také ústní hygiena samotná. Stav ústní dutiny tedy reflektuje jak složení stravy, tak hygienické návyky jedince. Kromě exogenních faktorů mohou kazivost zubů ovlivňovat i faktory genetické (Wang et al., 2010).

V porovnání obou pohlaví vykazují u většiny populací vyšší kazivost zubů ženy, což může být způsobeno několika důvody. Zaprvé dřívější erupcí zubů u děvčat, což vede k delšímu vystavení zubů environmentálním faktorům, zadruhé snazším přístupem k potravinám při přípravě pokrmů a s tím spojeným častým ochutnáváním jídla, dalším možným důvodem je „ženská“ strava bohatší na sacharidy, případně se může jednat o důsledek těhotenství či hormonálních odlišností ženského organismu (Lukacs and Largaespada, 2006; Lukacs, 2011).

V souvislosti se stravou jedince je tedy možné předpokládat, že jedinci vykazující vyšší kazivost zubů budou mít pravděpodobně také ve stravě větší podíl rostlinné složky, a to hlavně obilovin. Izotopově se pak tento rozdíl projeví nižšími izotopovými hodnotami dusíku.



Obrázek č. 7 – Zubní kaz a intravitální ztráta zubu (kostra 115, Mikulčice, VI. kostel)
(vlastní foto)

6. 4. 2. Opotřebení chrupu

Dalším z dentálních znaků alespoň částečně souvisejícím se stravou je opotřebení chrupu. Tento stav je charakteristický úbytkem skloviny a expozicí dentinu, v závislosti na původu a působení abraziva či cizího předmětu v ústní dutině. Potenciálně může studium opotřebení chrupu poskytnout informace o složení stravy či způsobu přípravy pokrmů. (Freeth, 2000). K opotřebovávání zubů dochází od chvíle, kdy se proříznou dásně, a to kontaktem mezi jednotlivými zuby, kontaktem s potravou, s jazykem a tvářemi například při žvýkání (Hillson, 2005). Rozlišujeme 3 typy opotřebení zubů: atrici, abrazi a erozi.

K atrici dochází kontaktem zubu s dalším zubem (Powell, 1985), k čemuž může docházet během klasického žvýkání či např. při bruxismu – stresovému „skřípání zubů“ (Freeth, 2000).

K abrazi dochází kontaktem zubu s cizím předmětem (Powell, 1985), například s abrazivou ve stravě (např. kamenným prachem v mouce, žvýkáním tabáku...), nebo jde o následek využívání chrupu jako tzv. „třetí ruky“ či nástroje pro různé činnosti (nošení předmětů v ústech, překusování vláken...), případně se může jednat o stav vytvořený záměrně, v souvislosti s kosmetickými či rituálními zvyklostmi populace (Freeth, 2000).

Dentální eroze je pak způsobena kontaktem s chemikáliemi, nejčastěji kyselé povahy (Smith and Knight, 1984). Tyto látky se mohou do ústní dutiny dostat prostřednictvím stravy (limonády, citrusy...), z vnějšího prostředí např. v nevhodném pracovním prostředí v industriálních provozech, případně se může jednat o látky, které jsou součástí trávicích šťáv, jež se do častého kontaktu se zuby dostávají např. u postižených bulimií či alkoholiků (Freeth, 2000, Smith and Knight, 1984).

Omezíme-li se pouze na opotřebenění chrupu, ve vztahu k výživě, můžeme předpokládat, že strava jedinců s vyšším opotřebením byla pravděpodobně bohatší na rostlinnou složku potravy, obsahující větší množství abrazivních škrobových zrn, a vzhledem k tomu, že mouka se v období raného středověku připravovala na kamenných mlýncích (Beranová, 2005), také kamenného prachu. V izotopovém záznamu takových jedinců by tedy měla převažovat rostlinná složka potravy, živočišná složka, charakterizovaná zvýšenými izotopovými hodnotami dusíku by měla být zastoupena méně.



Obrázek č. 8 – Opotřebenění chrupu (kostra 105, Mikulčice, VI. kostel)
(vlastní foto)

7. Strava v dětství a její vliv na zdravotní stav v dospělosti

Růst a vývoj dítěte jsou výsledkem interakce genetických a environmentálních faktorů, mezi které patří také výživa (Lebl and Krásničanová, 1996). Různé typy malnutrice a poruchy stravovacích návyků tedy mohou mít na vývoj organismu negativní vliv, který může v závislosti na svém načasování a délce trvání ovlivnit také zdravotní stav organismu v dospělosti. Některé z následků nutričního stresu prodělaného v juvenilním období můžeme detekovat také na kosterním materiálu, dochovaném po minulých populacích. Mezi osteologické znaky, v jejichž vytvoření může hrát roli nutriční stres, patří například

hypoplázie zubní skloviny (Neiburger, 1990), Cribra orbitalia (Cybulski, 1977) či růstová retardace (Lebl and Krásničanová, 1996).

Kromě znaků, které můžeme pozorovat na kostře, však výživové nedostatky ovlivňují organismus také na úrovni měkkých tkání a fyziologie. Nevhodná strava může být např. jednou z příčin dětské obezity, se kterou je spojeno množství dalších rizik (vyšší riziko vzniku kardiovaskulárních onemocnění, gastrointestinálních potíží, diabetes II. typu...) (Aldhoon Hainerová and Zamrazilová, 2015).

Biologický stres prodělaný v dětství, může mít kromě přímého vlivu na formování „viditelných“ znaků na těle jedince také vliv na dobu dožití – v některých případech může být vlivem stresu prožitého v dětství celoživotně zvýšená náchylnost k infekcím a zvýšené riziko mortality (Watts, 2015). Extrémní případy malnutrice, tedy dlouhodobé hladovění mohou také vést k úmrtí jedince.

8. Materiál

8. 1. Pohřebiště u VI. kostela

V této práci byl využit kosterní soubor nalezený na pohřebišti u VI. kostela v Mikulčicích. VI. kostel se nachází mimo území akropole, v severovýchodní části podhradí, nazývané „Těšický les“.

Jedná se o dvouapsidovou rotundu, která se původně nacházela poblíž cesty k severní bráně akropole, na písčitém návrší u břehu jednoho ze slepých ramen řeky Moravy. Původně byla tato stavba obklopena dřevěnou palisádou, vymežující oblast pohřebiště. Tato stavba je jednou ze tří objevených mikulčických rotund (Poulik, 1963; Poláček, 2016). VI. kostel je unikátní nejen svou architekturou, ale také výjimečnou zachovalostí původního zdiva. Tento fakt byl způsoben použitím velmi kvalitních stavebních materiálů (kameny, malta, omítka). Vnitřní stěny rotundy byly dle archeologických dokladů bohatě zdobeny barevnými freskami (Poulik, 1963). Díky těmto faktům, a také v souvislosti s hodnotnou hrobovou výbavou přilehlého pohřebiště se soudí, že tato stavba byla původně součástí velmožského dvorce, jehož pozůstatky se však dodnes nepodařilo objevit (Poláček, 2016) a někteří archeologové se k tomuto předpokladu staví skepticky (Mazuch, 2017 – ústní sdělení).

Z hlediska architektoniky, ale i kvalitou použitého materiálu a výzdoby, představuje VI. kostel jednu z nejvyspělejších sakrálních architektur velkomoravského období (Poláček, 2016).

Na pohřebišti obklopujícím tuto stavbu pohřbívala své mrtvé skupina zhruba 50 lidí a to v době od 9. století do první poloviny 12. století. V porovnání s ostatními pohřebními plochami na mikulčickém hradišti se zde nachází poměrně velké množství hrobů bojovníků (vyznačujících se ostruhami v hrobové výbavě), a od zbylých pohřebišť se odlišuje také větším projevem christianizace obyvatelstva (absence mečů a potravinových milodarů v hrobové výbavě) (Profantová and Kavánová, 2003).

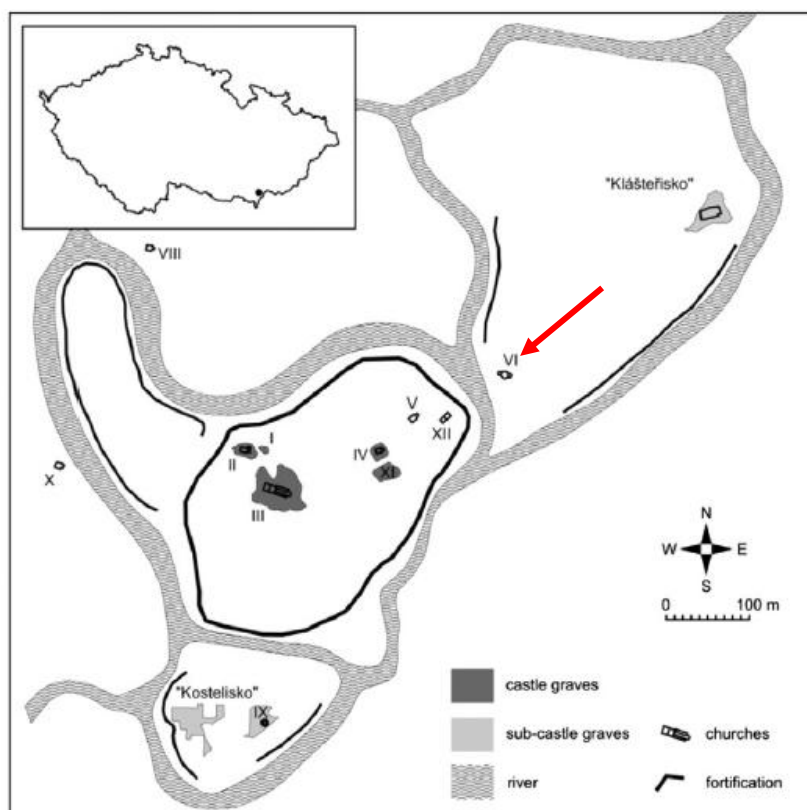
Kosterní soubor od VI. kostela se skládá z více než dvou set koster jak dospělých, tak nedospělých jedinců. V této práci byly využity pouze kostry dospělých jedinců, které byly dostatečně zachovalé, jejich identifikace byla bezproblémová a byly datovány do velkomoravského období. Celková velikost použitého souboru koster byla 91 dospělých jedinců. Demografické složení tohoto vzorku populace je uvedeno v následující tabulce.

Tabulka č. 1 – Demografické složení vybraných jedinců z kosterního souboru od VI. kostela (dospělí)

Pohlaví (Brůžek, 2016)	Věk (Brůžek, 2016)	Socioekonomický status
F= 35	Do 30 let = 8	A (nejvyšší) = 19
M= 39	30-50 let = 27	B (střední) = 20
F?= 4	Nad 50 let = 44	C (nejnižší) = 51
M?= 4	Dospělý = 11	? = 1
? = 9	Dospělý? = 1	

(Socioekonomický status byl určen dle metody Unzeitigová, 2000)

Během roku 2016 byla také provedena revize odhadu věku a pohlaví u daného kosterního souboru, kterou vypracoval Brůžek (2016), takže tento výzkum již pracuje s revidovanými daty.



Obrázek č. 4 – Mikulčické hradiště
(poloha VI. kostela je vyznačena červenou šipkou)
převzato z Halfman and Velemínský (2015)

9. Metodologie

Vlastní výzkum byl rozdělen na dvě části, a to na osteologickou část, ve které byla získána data o výskytu či absenci jednotlivých nespecifických stresových ukazatelů či patologií. K analýze byly vybrány pouze kostry dospělých jedinců, dětské kostry z pohřebiště u VI. kostela zpracovávány nebyly. Další částí výzkumu byla analýza stabilních izotopů u vybraných jedinců.

9. 1. OSTEOLOGICKÁ ČÁST

- **Hodnocení hypoplázií zubní skloviny**

Hypoplázie zubní skloviny byly hodnoceny přímým makroskopickým pozorováním za pomoci zvětšovací lupy a osvětlení. Hodnocena byla pouze přítomnost či absence této patologie na horních i dolních řezácích a špičácích. Jako „přítomnost hypoplázií“ byl označován pouze stav, při kterém měl jedinec hypoplázie přítomné alespoň na 2 hodnotitelných zubech (Goodman and Rose, 1990).

- **Hodnocení zubních kazů**

Chrup každého jedince byl dále posouzen z hlediska přítomnosti či absence zubních kazů a intravitálních ztrát zubů. Jako zuby s kazem jsme označovali pouze takové, u kterých byl jasně prokazatelný kaz (Turner, 1979), primární fáze kazů v podobě nejasných skvrn na sklovině nebyly vzaty v úvahu. Kromě základního hodnocení výskytu kazů a intravitálních ztrát jsme dále pro každého jedince vypočítali index intenzity kazivosti chrupu (*I-CE*) dle Stloukala a Vyhnánka (1976), tedy procentuální vyjádření výskytu zubního kazu a antemortální ztráty zubu:

$$I-CE = \frac{\text{počet zubů s kazem}}{\text{počet hodnocených zubů}} * 100 + \frac{\text{počet alveolů s intravitální ztrátou zubu}}{\text{počet hodnocených alveolů}} * 100$$

Tento index nás informuje o počtu kazivých zubů z celkového počtu hodnocených zubů, respektive o počtu alveolů zhojených po intravitální ztrátě zubu z celkového počtu zachovalých alveolů (Stránská, 2013).

- **Hodnocení opotřebení chrupu**

Také opotřebení chrupu bylo hodnoceno makroskopicky, a to pouze na prvních a druhých molárech. Třetí stoličky byly pro zjednodušení z hodnocení vypuštěny,

jelikož erupce těchto zubů je mezi různými jedinci značně variabilní. Posuzování intenzity opotřebení bylo prováděno dle schématu Scotta (1979) – každý zub byl rozdělen na 4 kvadranty a míra abraze byla hodnocena u každého kvadrantu zvlášť a to bodovou hodnotou od 0 – 10, přičemž 0 byly označeny zuby nehodnotitelné (ztracené nebo neprořezané), hodnotitelné kvadranty zubů pak mohly být označeny hodnotami 1-10, kdy 1 vyjadřuje nejmenší a 10 největší opotřebení. Bodové hodnoty jednotlivých kvadrantů příslušného zuby byly poté sečteny, čímž jsme získaly konkrétní hodnoty, vyjadřující míru opotřebení pro jednotlivé zuby. Následně jsme u každého jedince vypočítali průměrnou hodnotu abraze jeho stoliček.

- **Hodnocení Cribra orbitalia**

Přítomnost Cribra orbitalia byla posuzována přímou aspekcí, přičemž hodnoceny byly pouze jedinci, u kterých byl zachován alespoň jeden celý strop očnice. Kromě přítomnosti či absence byla dále posuzována také progresse této patologie a to podle kritérií Nathana a Haase (1966):

- *porotický typ*: přítomnost izolovaných malých pórů ve stropě očnice
- *kribrotický typ*: větší póry s tendencí splývat
- *trabeculární typ*: otvůrky splývají do sítí nepravidelných útvarů, často radiálně uspořádaných

- **Měření délky stehenní kosti**

Na stehenní kosti byly pomocí osteometrické desky měřeny 2 délkové rozměry, a to F1 (Největší délka) a F2 (Délka v přirozeném postavení) (Martin, 1914).

9. 1. 1. Určení socioekonomického postavení jedince

Přestože v 9. – 10. století došlo k postupnému pokřesťanštění obyvatelstva Velkomoravské říše, hrobová výbava v této době stále odrážela společenské postavení jedince. Ke změnám (unifikaci) pohřebního ritu s minimem milodarů docházelo až v 11. – 12. století (Unger, 2006). Socioekonomický status jedinců byl tedy určován na základě hrobové výbavy, a to metodou dle Unzeitigové (2000):

- **status A** (nejvyšší) = jedinci, v jejichž hrobě byly nalezeny zlaté, stříbrné či bronzové předměty a šperky, ostruhy a zbraně (meče, sekery)

- **status B** (střední) = jedinci s hrobovou výbavou typu keramických předmětů, korálků, nožů či dalších předmětů denní potřeby
- **status C** (nejnižší) = jedinci, v jejichž hrobě se nenašla žádná výbava

Tabulka (č. P3) s určením socioekonomického statusu jednotlivých jedinců se nachází v příloze této práce.

9. 2. IZOTOPOVÁ ČÁST

Pro analýzu izotopových poměrů uhlíku a dusíku v tvrdých tkáních bylo vybráno celkem 46 dospělých jedinců, kteří splňovali následující kritéria: zachovalost žeber pro izotopovou analýzu kolagenu v kosti, zachovalost alespoň jednoho trvalého druhého moláru pro analýzu izotopových poměrů kolagenu v dentinu a dále byli tito jedinci vybráni tak, aby výsledný soubor obsahoval přibližně stejný počet jedinců ženského a mužského pohlaví, a tito jedinci spadali do 3 věkových kategorií (věk pod 30 let, mezi 30-50 lety a věk nad 50 let). Složení výsledného souboru analyzovaných jedinců je ale do značné míry ovlivněné horší zachovalostí materiálu a věkovým složením celého souboru koster, nalezených u mikulčického VI. kostela.

Příprava a extrakce vzorků probíhaly dle metody Longina (1971) s modifikacemi dle Bocherense (1992).

Tabulka č. 4 – Demografické složení populačního vzorku využitého na izotopovou analýzu

Pohlaví (Brůžek, 2016)	Věk (Brůžek, 2016)	Socioekonomický status
F= 21	Do 30 let = 8	A (nejvyšší) = 11
M= 20	30-50 let = 16	B (střední) = 11
F?= 2	Nad 50 let = 20	C (nejnižší) = 23
M?= 2	Dospělý = 2	? = 1
? = 1		

9. 2. 1. Příprava vzorků

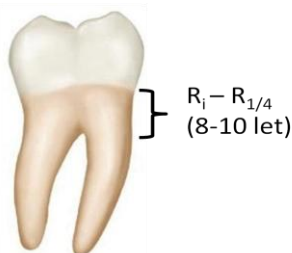
Pro analýzu poměrů stabilních izotopů v tvrdých tkáních byly využity dva druhy tkání, a to kost (žebro, kosti ruky) a zub (zpravidla druhý dolní molár).

Před přípravou vzorků z kostní tkáně bylo nejprve každému jedinci odejmuto žebro (případně metacarpus), ze kterého byl následně odříznut přibližně 3 cm dlouhý kousek, který byl dále podélně rozříznut na dvě poloviny, které byly následně dále využity. Řezání kostí probíhalo za pomoci kotoučové brusky s keramickým kotoučkem. Takto připravený kus žebra byl následně očištěn pomocí korundového brusného nástavce, přičemž odstraněny byly nejen nečistoty z povrchu kostí, ale také spongiózní kost, která by zkreslovala výsledek analýzy, jelikož izotopové složení houbovitě kostní tkáně se obměňuje rychleji, než izotopové složení kompaktní kosti (Ortner, 2003). Řezání a čištění jednotlivých kostí od různých jedinců probíhalo vždy na nové hliníkové podložce, a veškeré nástroje i stůl byly před každým vzorkem omyty etanolem, aby se zamezilo kontaminaci.

Takto očištěné kosti byly vloženy do 50ml kádinek, zality přiměřeným množstvím demineralizované vody a následně přečištěny v ultrazvukové čističce. Čisticí cykly v tomto stroji byly standardně 280 sekund dlouhé, a byly podle potřeby opakovány, dokud voda v kádince, která byla po každém cyklu vyměněna za čistou, nezůstala naprosto čirá. Takto očištěné vzorky kostí byly vloženy do universální sušárny, kde byly sušeny přibližně 24 hodin při teplotě 40,0°C. Poté, co kosti vyschly, byly všechny vzorky manuálně nadrceny v třecí misce a prosáté sítkem s velikostí pórů 0,701 mm.

Veškeré pomůcky využitě při tomto kroku byly buď jednorázové, nebo pokud se jednalo o opakovaně využitelný předmět, byly tyto pomůcky před vložením každého dalšího vzorku důkladně očištěny etanolem. Nadrcené vzorky kostí byly uloženy v plastových uzavíratelných zkumavkách, které byly umístěny do skříňového eksykátoru.

Vzorky kolagenu ze zubní tkáně byly připravovány z kořene druhých dolních stoliček, pokud tyto zuby nebyly zachovány, byly použity druhé horní moláry. Pro extrakci kolagenu byla odříznuta první zhruba čtvrtina kořene, nacházející se pod korunkou zubu. Tato část zubu odpovídá oblasti mezi stádii $R_i - R_{1/4}$, která se vyvíjí zhruba mezi 8-10 rokem života jedince (Moorrees et al., 1963).



Obrázek č. 9 – Použitá oblast kořene stoliček
(web4)

Stejně jako u kosti byl povrch zubu nejprve očištěn brusným tělískem. Dále byla z mesiální části kořene vyříznuta požadovaná část, která byla následně ultrazvukově očištěna a vysušena v sušárně. Vyschlé vzorky dentinu byly následně nadrceny pomocí vibračního mikromlýnku „pulvisette 0“ a také prosátý přes sítko. Takto získaný prášek byl uchováván stejným způsobem, jako vzorky kosti.

9. 2. 2. Extrakce kolagenu

Z každého vzorku nadrcené kosti či zubu bylo následně odváženo přibližně 250mg do 50ml kádinky (u vzorků dentinu bylo množství obvykle menší v závislosti na velikosti vybrané oblasti u konkrétního zubu). K takto připraveným vzorkům bylo přidáno 40ml 1M kyseliny chlorovodíkové, ve které se kost 20 minut demineralizovala za stálého míchání pomocí magnetického míchadla. Po uplynutí této doby byly vzorky přefiltrovány vakuovou filtrací ve filtrační jednotce.

Zbytky po filtraci byly vloženy do kádinky se 40 ml 0,125M hydroxidu sodného, ve kterém zůstaly po dobu 18-20 hodin při pokojové teplotě. Hydroxidová lázeň z kostní a zubní tkáně odstranila poslední zbytky nečistot (tuků a organických nečistot), které by mohly zkreslit výsledky izotopové analýzy (Ambrose, 1990). Po 20 hodinách byly vzorky opět přefiltrovány, a následně vloženy do uzavíratelných skleněných zkumavek, naplněných 0,01M HCl. Takto připravené vzorky byly poté 17 hodin zahřívány v sušárně při teplotě 100°C, čímž došlo k želatinizaci kolagenu, který se uvolnil do roztoku kyseliny.

Po vychladnutí vzorků byla veškerá tekutina ze zkumavek přepipetována do jednorázových plastových zkumavek a přefiltrována pomocí plastového zkumavkového filtru. Filtrát byl následně nalit do předem zvážených 20ml skleněných vialek, které byly uzavřeny pomocí Parafilu a poté zmrazeny. Posledním krokem extrakce kolagenu pak byla lyofilizace. Zlyofilizované vzorky byly poté zváženy a ze získaných hodnot byl vypočítán výtěžek extrakce kolagenu, dle vzorce:

$$\% \text{ coll} = \frac{\text{váha vialky se zlyofilizovaným vzorkem} - \text{váha prázdné vialky}}{\text{váha kostního (zubního) prášku}}$$

Vzorky od všech zkoumaných jedinců nebyly zpracovávány najednou, ale po částech, přičemž ke každé skupině vzorků byl při extrakci kolagenu přidán kontrolní vzorek ovčí kosti, který sloužil jako ukazatel správnosti průběhu extrakce. Veškeré přebytky po vážení na

extrakci kolagenu byly uschovány pro případ, že by bylo z nějakého důvodu nutné extrakci kolagenu zopakovat.

9. 2. 3. Izotopová analýza

Vlastní izotopová analýza probíhala v britské laboratoři Iso-Analytical Limited (Crewe), a to metodou EA-IRMS (Elemental Analysis – Isotope Ratio Mass Spectrometry) na přístroji Europa Scientific EA.

Referenčním standardem, využitým pro analýzu vzorků kolagenu byl sójový protein (IA-R068), jako kontrolní vzorky byly dále využity standardy: IA-R038, IA-R069 a směs IAEA-C7 a IA-R046.

10. Statistické zpracování dat

Statistické zpracovávání dat probíhalo v programu R. Pro kontrolu korelace izotopových dat a zachovalosti kolagenu byl využit Spearmanův rank-order oboustranný korelační test.

Následně byla spojitá data otestována na normalitu rozložení pomocí Shapiro-Wilkova testu. Pro porovnání různých dat a určení vlivu vybraných faktorů bylo využito několik statistických testů. Pro testování vzájemného vlivu kategoriálních dat (pohlaví, věk, osteologická data) byl využit Fisherův exaktní test. Pro porovnávání kategoriálních dat (pohlaví, věk, socioekonomický status, přítomnost osteologického znaku...) s kontinuálními daty (číselné hodnoty izotopových poměrů, indexu intenzity kazivosti, průměrné hodnoty zubní abraze...) byl využit Mann-Whitneyův test (pro kategoriální data nabývající 2 možných kategorií) nebo Kruskal-Wallisův test (pro data nabývající 3 možných kategorií) pro data s nenormálním rozdělením, pro normální data byl použit t-test a ANOVA. Pro srovnání stravy v dětství a v dospělosti u různých jedinců (2 sady kontinuálních dat) byl využit párový t-test, případně jeho neparametrická varianta párový Wilcoxonův test.

Následně byla testována závislost jednotlivých osteologických znaků a izotopových dat. Pro každý stresový faktor či patologii byl hledán vhodný model, vysvětlující vztah mezi výskytem/závažností znaku a izotopovými hodnotami, a zároveň byly do modelů zahrnuty také další faktory s možným vlivem na daný znak (věk, pohlaví jedince). Modely byly hledány pro každý osteologický znak zvlášť, stejně jako pro izotopové poměry uhlíku a dusíku.

Pro hledání souvislosti kategoriálních dat (výskytu *Cribra orbitalia*, zubních kazů a hypoplázií zubní skloviny) s izotopovými hodnotami byly využity zobecněné lineární modely (GLM) s použitím logistické regrese. Do každého modelu byly zahrnuty všechny dostupné proměnné (osteologický znak, izotopy, věk, pohlaví). Nejvhodnější model byl vyselektován na základě nejnižší hodnoty Aikaikého kritéria (AIC).

Pro modelování závislosti spojitých dat (průměrné opotřebení chrupu, I-CE) a izotopových hodnot byly využity lineární modely, do kterých byly opět zahrnuty všechny dostupné proměnné. Nejvhodnější model, vysvětlující závislost těchto proměnných byl vybírán na základě procenta vysvětlené variability, jednotlivých p-hodnot, získaných pro zahrnuté proměnné a celkové p-hodnoty F-testu.

11. Výsledky

Celý soubor izotopových dat je uveden v tabulkách č. P1 a č. P2 v kapitole přílohy.

11.1. Kvalita dat

Vizuálně byla zachovalost kostní a zubní tkáně u různých jedinců variabilní. Kostí některých jedinců byly zachovalé velmi dobře, jejich povrch byl kompaktní a při drcení kladly značný odpor, v jiných případech byly kosti tenké, křehké a snadno se rozpadaly. Zubní tkáň byla ve většině případů zachována velmi dobře, nicméně u několika málo jedinců se zubovina drolila. Všechny vzorky kolagenu a následně také izotopová data, obdržena z laboratoře Iso-Analytical byly podrobeny srovnání s indikátory kvality dle Ambrose (1990), van Klinkena (1999) a DeNira (1985).

V případě vzorků kostního kolagenu MVI 09, MVI 26, MVI 31, MVI 42 a MVI 45 a vzorků kolagenu z dentinu MVI 02(z), MVI 31(z) a MVI 46(z) byl výtěžek kolagenu ze vzorku kosti (respektive zubu) nedostačující (pod 1 % či vizuálně nedostačující množství) a nesplňoval tedy požadavky na kvalitu vzorku. Tyto vzorky nebyly odeslány k izotopové analýze. Všechny ostatní vzorky limitní výtěžek překročily a byly dále zpracovávány.

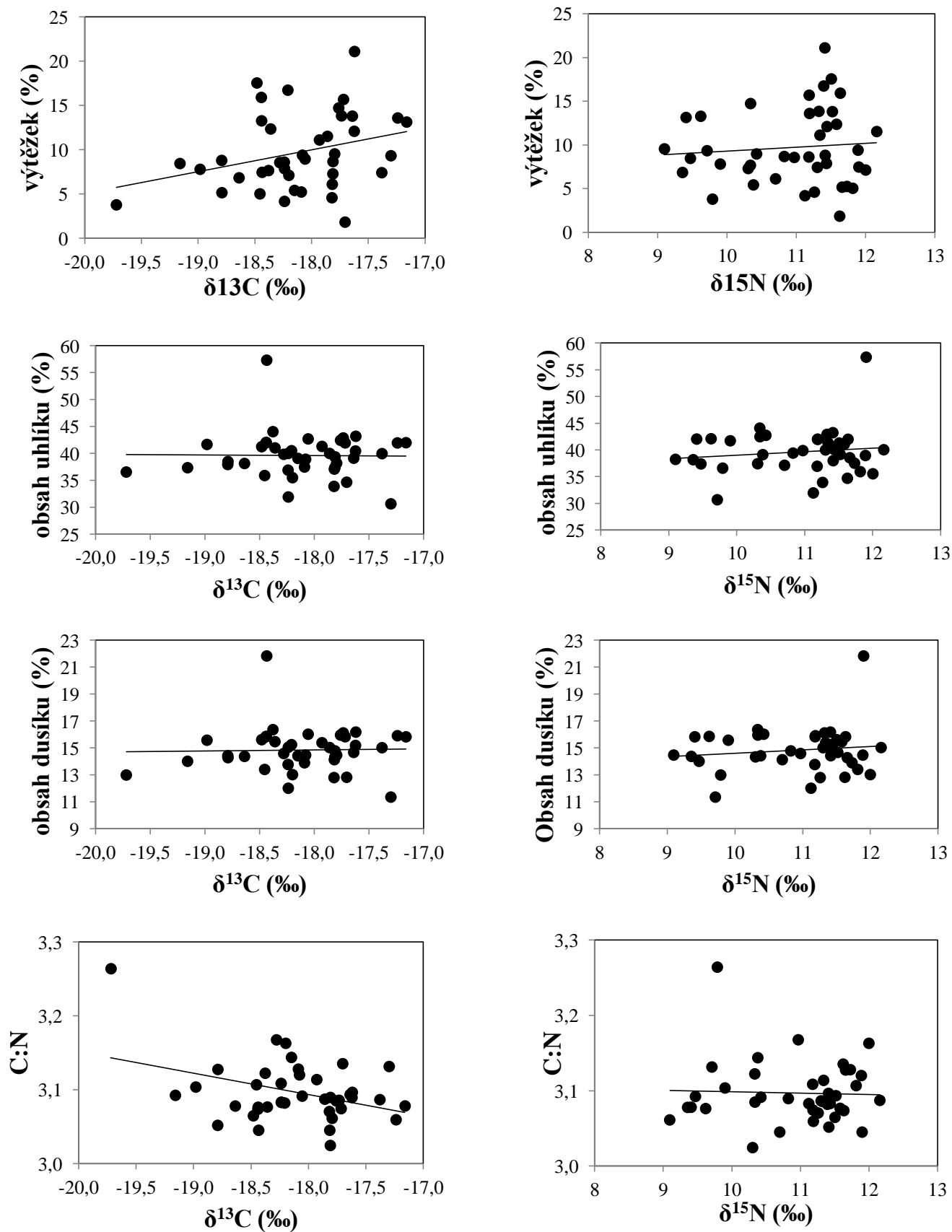
Co se týká obdržných izotopových dat, požadavky indikující dostatečnou zachovalost kolagenu nesplňoval vzorek kosti MVI 16, u kterého byla překročena hranice procentuálního obsahu uhlíku i dusíku v kolagenu, a dále vzorky dentinu MVI 03(z) a MVI 06(z), u kterých byla překročena hranice procentuálního obsahu dusíku v kolagenu, nicméně u těchto vzorků byl poměr C:N v mezích přijatelnosti (2,9 – 3,6), a tyto vzorky tedy nebyly vyřazeny z dalšího zpracování, jelikož někteří autoři nepovažují překročení horní hranice „použitelného intervalu“ za indikátor zachovalosti kolagenu, a takovéto vzorky jsou v podobných studiích běžně zpracovávány (Halffman and Velemínský, 2015; McGlynn, 2007). Poměr C:N se u všech vzorků pohyboval mezi 3,0 – 3,3. Slabá, nicméně statisticky signifikantní korelace byla pozorována pouze v případě $\delta^{13}\text{C}$ a výtěžku kolagenu u vzorků z kosti. Tento jev byl pravděpodobně způsoben výše uvedenými vzorky, které nebyly dále zpracovávány díky nedostatečnému výtěžku.

Tabulka č. 5 - P-hodnoty Spearmanova testu korelace izotopových hodnot a kritérií zachovalosti pro vzorky kostního kolagenu (signifikantní při p-hodnota = 0,05, oboustranný)

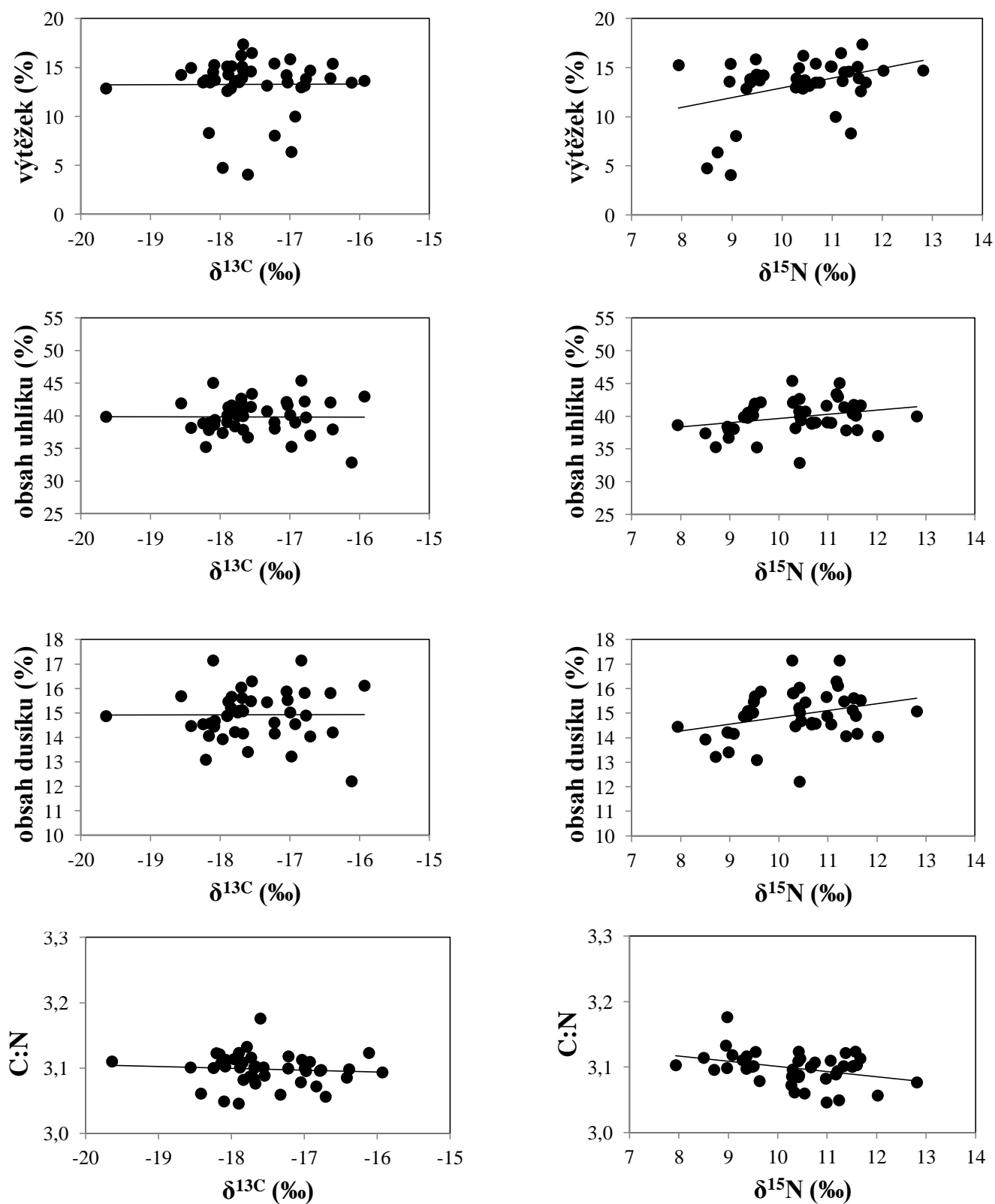
	Výtěžek (%)	%C	%N	C:N
$\delta^{13}\text{C}$	0,04652	0,482	0,4128	0,2837
$\delta^{15}\text{N}$	0,5969	0,4217	0,4227	0,6127

Tabulka č. 6 - P-hodnoty Spearmanova testu korelace izotopových hodnot a kritérií zachovalosti pro vzorky zubního kolagenu (signifikantní při p-hodnota = 0,05, oboustranný)

	Výtěžek (%)	%C	%N	C:N
$\delta^{13}\text{C}$	0,9108	0,4641	0,4240	0,2228
$\delta^{15}\text{N}$	0,1138	0,1077	0,07768	0,0978



Graf č. 2 - Závislost izotopových hodnot uhlíku a dusíku ($\delta^{13}\text{C}$ a $\delta^{15}\text{N}$) na indikátorech kvality kolagenu u kostních vzorků



Graf č. 3 - Závislost izotopových hodnot uhlíku a dusíku ($\delta^{13}\text{C}$ a $\delta^{15}\text{N}$) na indikátorech kvality kolagenu u vzorků z dentinu

11.2. Izotopová data ze vzorků kostí a dentinu

V případě vzorků z kostního kolagenu se rozpětí $\delta^{13}\text{C}$ pohybuje od -19,7 ‰ do -17,2 ‰, rozpětí $\delta^{15}\text{N}$ od 9,1 ‰ do 12,2 ‰. Průměrná hodnota $\delta^{13}\text{C}$ pro celý soubor jedinců je -18,1 ‰ (SD = 0,5), průměrná hodnota $\delta^{15}\text{N}$ je 10,9 ‰ (SD = 0,8). Medián $\delta^{13}\text{C}$ je -18,1, medián $\delta^{15}\text{N}$ je 11,3. Bližší informace o základních statistických údajích pro vzorky z kostí podává tabulka č. 7.

Tabulka č. 7 – Základní popisná statistika izotopových dat (vzorky kosti)

	Celkem (kost)		muži		ženy	
	$\delta^{13}\text{C}$	$\delta^{15}\text{N}$	$\delta^{13}\text{C}$	$\delta^{15}\text{N}$	$\delta^{13}\text{C}$	$\delta^{15}\text{N}$
n	41	41	19	19	19	19
min.	-19,7	9,1	-19,0	9,4	-19,2	9,1
1. kvartil	-18,4	10,3	-18,5	10,4	-18,2	10,4
průměr	-18,1	10,9	-18,2	11,0	-17,9	10,9
SD	0,5	0,8	0,5	0,9	0,4	0,8
medián	-18,1	11,3	-18,4	11,4	-17,8	11,1
3. kvartil	-17,8	11,5	-17,9	11,6	-17,7	11,5
max.	-17,2	12,2	-17,2	12,2	-17,2	12,0

V případě vzorků zubního kolagenu se rozpětí $\delta^{13}\text{C}$ pohybovalo od -19,6 ‰ do -15,9 ‰, rozpětí $\delta^{15}\text{N}$ od 7,9 do 12,8 ‰. Průměrná hodnota $\delta^{13}\text{C}$ pro celý soubor jedinců je -17,5 ‰ (SD = 0,7), průměrná hodnota $\delta^{15}\text{N}$ je 10,3 ‰ (SD = 1,1). Medián $\delta^{13}\text{C}$ je -17,7, medián $\delta^{15}\text{N}$ je 10,4. Bližší informace o základních statistických údajích pro vzorky z dentinu podává tabulka č. 8.

Tabulka č. 8 – Základní popisná statistika izotopových dat (vzorky dentinu)

	Celkem (zub)		muži		ženy	
	$\delta^{13}\text{C}$	$\delta^{15}\text{N}$	$\delta^{13}\text{C}$	$\delta^{15}\text{N}$	$\delta^{13}\text{C}$	$\delta^{15}\text{N}$
n	43	43	19	19	20	20
min.	-19,6	7,9	-18,6	7,9	-19,6	8,7
1. kvartil	-17,9	9,5	-18,1	9,4	-17,9	9,6
průměr	-17,5	10,3	-17,6	10,1	-17,4	10,6
SD	0,7	1,1	0,6	1,1	0,8	1,1
medián	-17,7	10,4	-17,8	10,4	-17,4	10,8
3. kvartil	-17,0	11,2	-17,4	10,9	-17,0	11,4
max.	-15,9	12,8	-16,1	12,0	-15,9	12,8

Hodnoty izotopových poměrů lidských vzorků byly vyneseny do grafu č. 4, společně s izotopovými poměry živočichů ze zkoumaného regionu, získanými z prací: Halffman and Velemínský, 2015 a Kaupová, 2017 (tabulka č. 9).

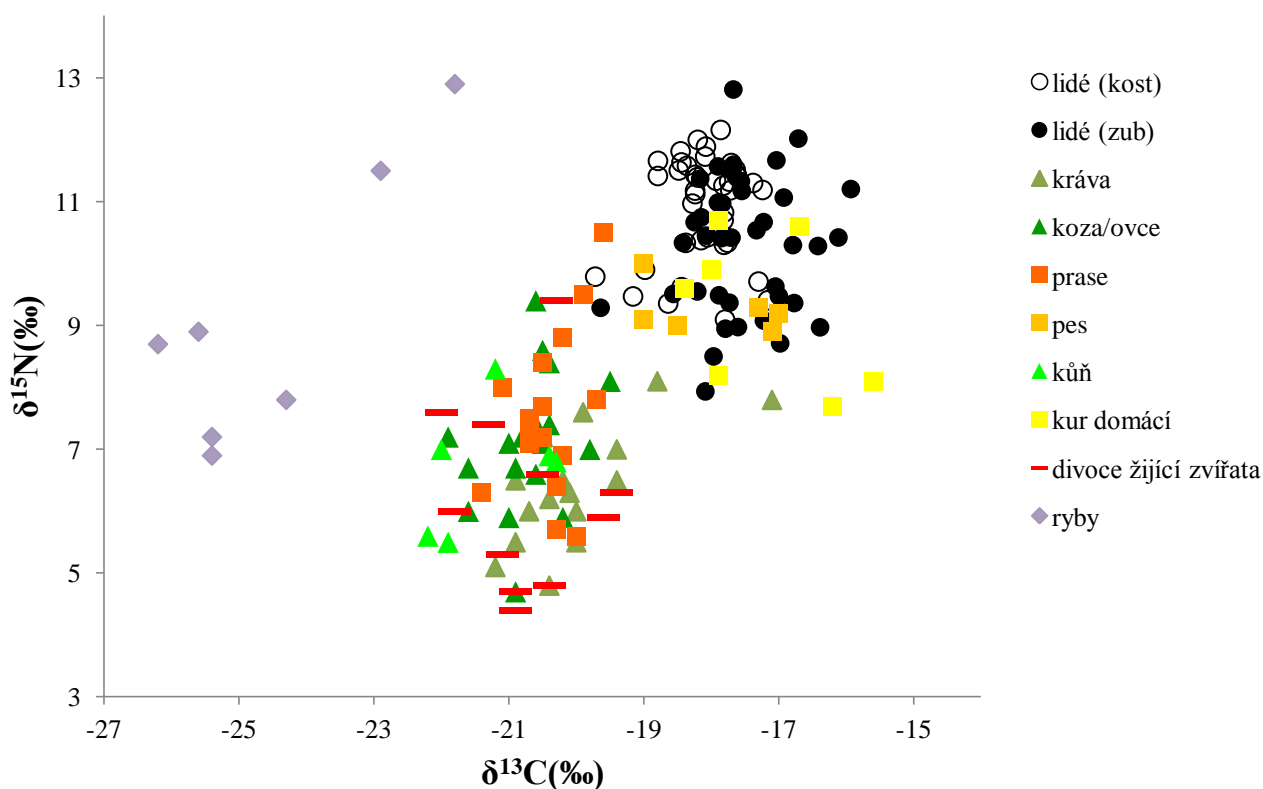
Tabulka č. 9 – Izotopová data živočichů z mikulčického regionu

Práce	Lokalita + datování	Druh (n)
Halffman and Velemínský, 2015	Mikulčice – Kostelisko (9. – poč. 10. st.)	<i>Bos taurus</i> (4)
		<i>Ovis aries</i> (5)
		<i>Sus domesticus</i> (5)
		<i>Equus caballus</i> (2)
		<i>Canis familiaris</i> (2)
Kaupová, 2017	Mikulčice, Pohansko, Josefov, Mutěnice, Kostice (9. – 11. st.)	<i>Bos taurus</i> (13)
		<i>Ovis / Capra</i> (14)
		<i>Equus caballus</i> (4)
		<i>Sus domesticus</i> (14)
		<i>Canis familiaris</i> (4)
		<i>Gallus domestica</i> (7)
		ryby (7)
Divoce žijící fauna (11)		

Průměrné izotopové poměry regionální fauny včetně směrodatných odchylek jsou uvedeny v tabulce č. 10, spolu s průměrnými hodnotami lidských vzorků z této studie.

Tabulka č. 10 – Průměrné izotopové poměry pro faunu z mikulčického regionu spolu s lidskými průměrnými hodnotami z této studie

Druh, n	Průměr $\delta^{13}\text{C}$ (‰) (SD)	Průměr $\delta^{15}\text{N}$ (‰) (SD)
Tur domácí (<i>Bos taurus</i>), n = 17	-20,02 (0,7)	6,46 (0,7)
Koza/ovce (<i>Capra/Ovis</i>), n = 19	-20,71 (0,4)	7,08 (0,8)
Kůň domácí (<i>Equus caballus</i>), n = 6	-21,33 (0,7)	6,68 (0,8)
Býložravci celkově, n = 42	-20,52 (0,6)	6,76 (0,8)
Prase domácí (<i>Sus domesticus</i>), n = 19	-20,39 (0,4)	7,54 (1,0)
Pes domácí (<i>Canis familiaris</i>), n = 6	-17,98 (0,9)	9,25 (0,3)
Kur domácí (<i>Gallus domestica</i>), n = 7	-17,24 (0,9)	9,26 (1,1)
Všežravci celkově, n = 32	-19,13 (1,4)	8,31 (1,2)
Divoce žijící zvěř, n = 11	-20,74 (0,6)	6,22 (1,1)
Ryby, n = 7	-24,51 (1,3)	9,13 (1,8)
Lidé (kost)	-18,1 (0,5)	10,9 (0,8)
Lidé (zub)	-17,5 (0,7)	10,3 (0,1)



Graf č. 4 – Srovnání izotopových hodnot ze vzorků fauny a lidských kostí/zubů
(izotopová data pro faunu převzata z Halffman and Velemínský (2015) a Kaupová (2017))

Průměrná hodnota $\delta^{13}\text{C}$ v kostních vzorcích lidí je o 2,4 ‰ vyšší, než průměrná hodnota domácích býložravců (skotu, ovcí a koz a koní), a o 1,0 ‰ vyšší, než průměr domácích všežravců (prasat, psů a kurů). Při bližším pohledu na domácí všežravce se lidé v průměru $\delta^{13}\text{C}$ liší od samotných prasat o 2,3 ‰, a od psů a slepic dohromady o 0,5 ‰. Srovnáním průměrného izotopového poměru uhlíku lidských kostí a volně žijících zvířat bylo zjištěno, že lidské hodnoty jsou o 2,6 ‰ vyšší, než u divokých zvířat. Průměr $\delta^{13}\text{C}$ v kostech lidí se liší také o 6,4 ‰ (je vyšší) od průměrné hodnoty u sladkovodních ryb. Při porovnání průměrné hodnoty $\delta^{13}\text{C}$ z lidských zubů a průměrů pro jednotlivé živočišné skupiny, se v naprosté většině lidský průměr v zubech liší více než průměr v kostech (jelikož průměr v kostech je zápornější), až na případ srovnání průměrného $\delta^{13}\text{C}$ mezi lidskými zuby a (psi a kury), v tomto případě se průměr lidských zubů liší méně, než průměr z kostí (cca o 0,5 ‰).

Průměrná hodnota $\delta^{15}\text{N}$ v lidských kostech se od domácích býložravců liší o 4,1 ‰ (u lidských vzorků je vyšší). Stejně tak je o 2,6 ‰ vyšší než u domácích všežravců dohromady, o 1,7 ‰ vyšší než u kurů a psů dohromady a o 3,4 ‰ vyšší než u prasat. Při porovnání s průměrným $\delta^{15}\text{N}$ u ryb je průměr v lidských kostech o 1,8 ‰ vyšší. Největší rozdíl byl

nalezen u průměru $\delta^{15}\text{N}$ v lidských kostech a u divoce žijících zvířat (4,7 ‰), také v tomto případě je lidský průměr vyšší. U všech živočišných průměrných hodnot $\delta^{15}\text{N}$ byl nalezen v případě srovnání s průměrem pro lidské zuby menší rozdíl než v případě lidských kostí. Přehled rozdílů mezi jednotlivými skupinami je uveden v tabulce č. 11.

Tabulka č. 11 – Rozdíly průměrných izotopových hodnot lidí a regionálních živočichů

	$\Delta^{13}\text{C}_{(\text{lidé-fauna})}$ (‰)	$\Delta^{15}\text{N}_{(\text{lidé-fauna})}$ (‰)
Lidé (kost) x býložravci	2,42	4,14
Lidé (zub) x býložravci	3,02	3,54
Lidé (kost) x všežravci	1,03	2,59
Lidé (zub) x všežravci	1,63	1,99
Lidé (kost) x (kur + pes)	0,52	1,65
Lidé (zub) x (kur + pes)	0,08	1,05
Lidé (kost) x prase	2,29	3,36
Lidé (zub) x prase	2,89	2,76
Lidé (kost) x divoká zvěř	2,64	4,68
Lidé (zub) x divoká zvěř	3,24	4,08
Lidé (kost) x ryby	6,41	1,77
Lidé (zub) x ryby	7,01	1,17

Výsledky testování normálního rozložení dat jsou uvedeny v tabulce č. 12. Jako data s normálním rozložením se jeví $\delta^{13}\text{C}$ (kost), $\delta^{13}\text{C}$ (zub), $\delta^{15}\text{N}$ (zub). Nenormální rozložení bylo zjištěno u pouze $\delta^{15}\text{N}$ (kost).

Tabulka č. 12 – Výsledky testování normality dat (Shapiro-Wilkův test)

Testovaná proměnná	p-hodnota
$\delta^{13}\text{C}$ (kost)	0,2248
$\delta^{15}\text{N}$ (kost)	0,0024
$\delta^{13}\text{C}$ (zub)	0,1927
$\delta^{15}\text{N}$ (zub)	0,5608

Izotopové hodnoty byly dále otestovány na vliv pohlaví, věku a socioekonomického postavení jedince. Výsledky statistické analýzy jsou uvedeny v tabulkách 13 a 14.

Tabulka č. 13 – Výsledky statistického testování vlivu pohlaví, věku a sociálního postavení na izotopové hodnoty kostních vzorků

	n				p-hodnoty		
	muži	ženy	ND		celkem	muži	ženy
pohlaví	20	21	5	$\delta^{13}\text{C}^t$	0,0635	-	-
				$\delta^{15}\text{N}^{\text{M-W}}$	0,4477	-	-
věk do 30/30-50/nad 50	4/8/8	5/7/9	2	$\delta^{13}\text{C}^{\text{A}}$	0,0947	0,0914	0,844
				$\delta^{15}\text{N}^{\text{K-W}}$	0,6385	0,3930	0,7348
socioekonomický status A/B/C*	7/6/6	4/4/13	1	$\delta^{13}\text{C}^{\text{A}}$	0,904	0,573	0,563
				$\delta^{15}\text{N}^{\text{K-W}}$	0,0022	0,0109	0,1746

*A = nejvyšší, hrobová výbava: zlaté/stříbrné předměty, šperky, ostruhy, zbraně (meč, sekera)

B = střední, hrobová výbava: keramika, korálky, nože, předměty denní potřeby

C = nejnižší, hrobová výbava: žádná

t = t-test (Welch two sample t-test), M-W = Mann-Whitneyův test, A = ANOVA, K-W = Kruskal-Wallisův test
signifikantní při p-hodnota <0,05 (zvýrazněno tučně)

Tabulka č. 14 - Výsledky statistického testování vlivu pohlaví a sociálního postavení na izotopové hodnoty zubních vzorků

	n				p-hodnoty		
	muži	ženy	ND		celkem	muži	ženy
pohlaví	20	21	5	$\delta^{13}\text{C}^t$	0,3216	-	-
				$\delta^{15}\text{N}^{\text{M-W}}$	0,2324	-	-
socioekonomický status A/B/C*	7/6/6	4/4/13	1	$\delta^{13}\text{C}^{\text{A}}$	0,649	0,499	0,363
				$\delta^{15}\text{N}^{\text{K-W}}$	0,0037	0,0116	0,114

*A = nejvyšší, hrobová výbava: zlaté/stříbrné předměty, šperky, ostruhy, zbraně (meč, sekera)

B = střední, hrobová výbava: keramika, korálky, nože, předměty denní potřeby

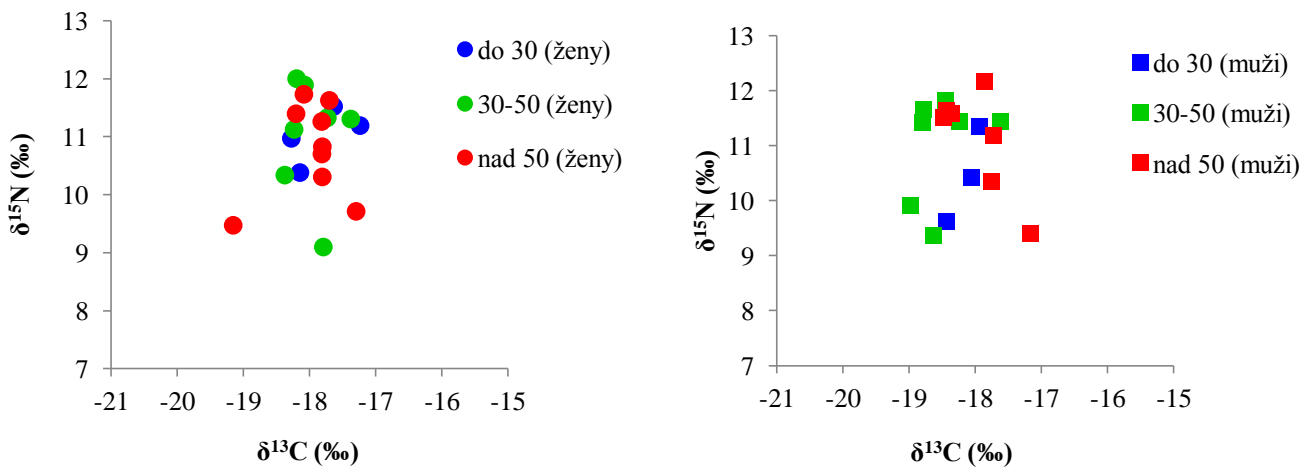
C = nejnižší, hrobová výbava: žádná

t = t-test (Welch two sample t-test), M-W = Mann-Whitneyův test, A = ANOVA, K-W = Kruskal-Wallisův test
signifikantní při p-hodnota <0,05 (zvýrazněno tučně)

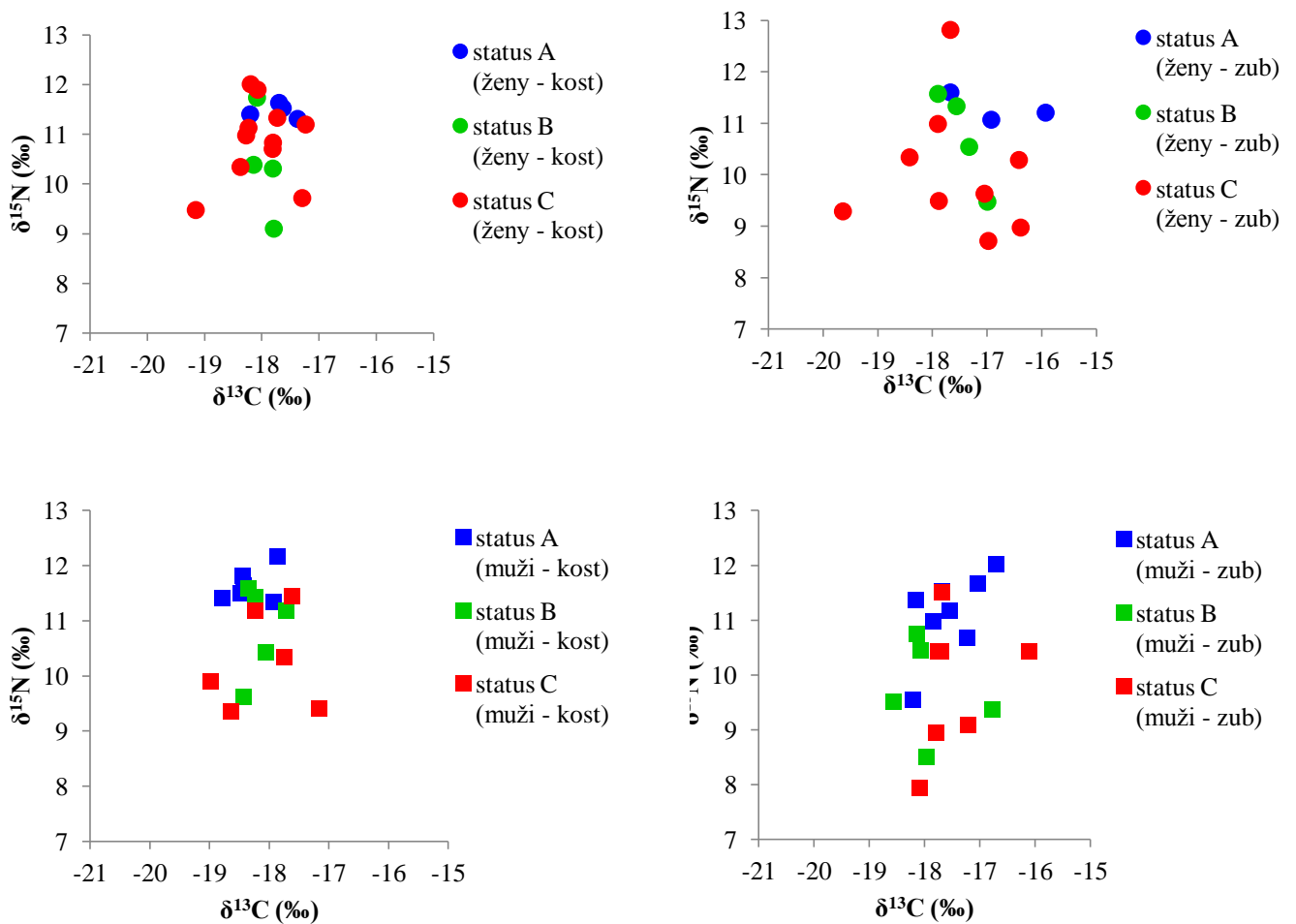
Vztahy mezi biologickými (věk, pohlaví) a socioekonomickými faktory a izotopovými hodnotami lidských vzorků jsou znázorněny grafy č. 5 až č. 7.



Graf č. 5 – Izotopové poměry v kostech a zubech v závislosti na pohlaví



Graf č. 6 – Izotopové hodnoty v kostech v závislosti na věkových skupinách a pohlaví



Graf č. 7 - Izotopové hodnoty v kostech a zubech v závislosti na společenském postavení a pohlaví (status A = nejvyšší, status B = střední, status C = nejnižší)

Výsledky statistického testování rozdílnosti izotopových poměrů získaných ze vzorků kostí a zubů jsou uvedeny v tabulce č. 15.

Tabulka č. 15 – Výsledky statistického testování rozdílu izotopových poměrů v kosti a zubu

Porovnávané proměnné	p-hodnota
$\delta^{13}\text{C}(\text{kost}) \times \delta^{13}\text{C}(\text{zub})^t$	1,209e-05
$\delta^{15}\text{N}(\text{kost}) \times \delta^{15}\text{N}(\text{zub})^W$	0,0002

t = párový t-test (oboustranná varianta)

W = párový Wilcoxonův test (oboustranná a exaktní varianta)

Jak v případě izotopového poměru uhlíku, tak dusíku byl zjištěn statisticky významný rozdíl v těchto poměrech. V případě $\delta^{13}\text{C}$ je průměrná hodnota získaná pro zubní vzorky vyšší než průměr pro vzorky kostí (liší se o 0,6 ‰). V případě $\delta^{15}\text{N}$ je průměr zubních vzorků nižší než průměr vzorků z kostí (také o 0,6 ‰).

Nejmenší rozdíl mezi izotopovým záznamem v kosti a zubu byl pozorován pro uhlík u jedinců z hrobů č. 183 (0,03 ‰), č. 171 (0,06 ‰), č. 104 (0,07 ‰), č. 102 (0,1 ‰) a č. 199 (0,14 ‰) a pro dusík z hrobů č. 126 (0,04 ‰), č. 85 a č. 141 (0,05 ‰), a dále č. 183 (0,08 ‰).

Největší rozdíly mezi izotopovými poměry uhlíku byly naopak u jedinců z hrobů č. 1481 (2,28 ‰), č. 141 (1,96 ‰), č. 53 (1,5 ‰) a č. 14 (1,42 ‰). Největší rozdíly mezi $\delta^{15}\text{N}$ v kosti a zubu pak byly zaznamenány u jedinců z hrobů č. 135 (2,41 ‰), č. 8 (2,40 ‰), č. 50 (2,35 ‰), č. 3 (2,29 ‰), č. 30 (1,62) a č. 104 (1,48 ‰).

V naprosté většině případů byl izotopový poměr uhlíku zjištěný v zubním vzorku jedince vyšší, než v případě jeho kostního vzorku. Výjimky tvoří jedinci z hrobů 8, 72, 82, 87, 119, 145, 171 a 183, kteří měli $\delta^{13}\text{C}$ vyšší ve vzorcích kostního kolagenu. V případě $\delta^{15}\text{N}$ byl v naprosté většině případu vyšší poměr izotopů dusíku u vzorků z kostí, jedinců s vyšším $\delta^{15}\text{N}$ v zubním vzorku je osm - jedinci z hrobů č. 15, 34, 35, 104, 126, 165, 183 a 184.

11.3. Osteologická data

Nejprve byla osteologická data testována na normalitu rozložení. Normální rozložení jeví Průměrné opotřebení chrupu, Indexy intenzity kazivosti naopak vykazují nenormální rozložení (viz tabulka č. 16).

Tabulka č. 16 – Výsledky testování normality dat (Shapiro-Wilkův test)

Testovaná proměnná	p-hodnota
Průměrné opotřebení chrupu	0,355
I-CE	6,732e-06

U všech osteologických dat byl dále otestován vliv věku a pohlaví (výsledky jsou uvedeny v tabulce č. 17). Dále pak byla testována souvislost jednotlivých stresových ukazatelů či patologií s izotopovými daty a dalšími faktory. Osteologické znaky byly hodnoceny na celém souboru vyhovujících dospělých jedinců z pohřebiště u VI. kostela, tedy na 91 jedincích, v této práci jsou využita data od jedinců, u kterých byla provedena izotopová analýza, zbylá data však budou dále využita, a to v dalších srovnáních, která nejsou předmětem této práce.

Přítomnost *Cribra orbitalia* byla zaznamenána u 32 % hodnocených jedinců (z toho 41,7% u žen a 58,3% u mužů). Statistické testování neodhalilo signifikantní závislost výskytu tohoto znaku na pohlaví ani věku jedince.

Přítomnost alespoň jednoho zubního kazu byla zaznamenána u 76 % jedinců (z toho 49,1 % u žen a 50,9 % u mužů), vliv pohlaví na výskyt zubního kazu u zkoumané populace statisticky prokázán nebyl. Co se týká věkového rozložení kazů, 8,8 % případů bylo zaznamenáno u věkové skupiny do 30 let, 35,1 % u skupiny 30-50 let a nejvíce případů postižených jedinců spadalo do nejstarší skupiny (nad 50 let) 56,1 %. Vliv věku na incidenci zubního kazu se však nepodařilo prokázat statisticky (p-hodnota = 0,2226).

Pro zubní kazy byl dále vypočítán index intenzity kazivosti I-CE, jehož hodnoty se ukázaly jako nezávislé na pohlaví i věku, nicméně p-hodnota získaná pro závislost na věku se velmi blíží hranici signifikance (p = 0,057). Nejstarší jedinci (nad 50 let) mají index intenzity kazivosti nejvyšší (medián = 30,77), nižší I-CE mají jedinci středního věku (medián (18,18) a nejnižší kazivost vykazují mladí jedinci do 30 let (medián 5,95).

V případě lineárních hypoplázií zubní skloviny nebyl ve studovaném souboru prokázán signifikantní vliv pohlaví ani věku na výskyt tohoto stresového ukazatele.

Poslední hodnocenou dentální charakteristikou byla průměrná míra opotřebení chrupu jedince. V případě tohoto znaku byla objevena signifikantní závislost míry abraze na pohlaví jedince (průměrná abraze u mužů byla 12,5, u žen 6,7). V případě věkových skupin

signifikantní rozdíly objeveny nebyly, ve všech věkových skupinách byla průměrná abraze vyšší u mužské části populace.

V případě délky stehenní kosti byl záměr testovat rozměr F1 (pravé stehenní kosti) vzhledem k většímu množství změřených kostí z této strany. Množství získaných dat bylo ovšem limitováno špatnou zachovalostí stehenních kostí v souboru od VI. kostela, a ve výsledku jsme shromáždily data pouze k méně než polovině izotopově zpracovávaných jedinců (a to i po náhradě chybějících rozměrů pravých stehenních kostí rozměry z levé strany) a tento osteologický ukazatel byl tedy z další analýzy vypuštěn, pro nedostatečné množství srovnatelných dat.

Tabulka č. 17 – P-hodnoty statistického testování

Osteologický znak	Pohlaví	Věk
<i>Cribra orbitalia</i>	1 ^F	0,6582 ^F
Přítomnost kazů	1 ^F	0,2226 ^F
I-CE	0,6972 ^{M-W}	0,0570^{K-W}
Hypoplázie zub. skloviny	1 ^F	0,7534 ^F
Opotřebenění chrupu	<0,001^t	0,914 ^A

F = Fisherův exaktní test, M-W = Mann-Whitneyův test, K-W = Kruskal-Wallisův test, t = t-test nezávislosti dat, A = ANOVA

tučně zvýrazněné hodnoty jsou signifikantní nebo se hranici signifikance blíží (signifikantní při p<0,05)

Následně byly pro každý ze zpracovávaných osteologických markerů vyhledány statistické modely, sloužící k vysvětlení variability pozorované u těchto znaků. Přítomnost či míra závažnosti daných osteologických znaků byla hodnocena u 21 žen a 20 mužů, u kterých byla zároveň provedena izotopová analýza relativních poměrů izotopů uhlíku a dusíku.

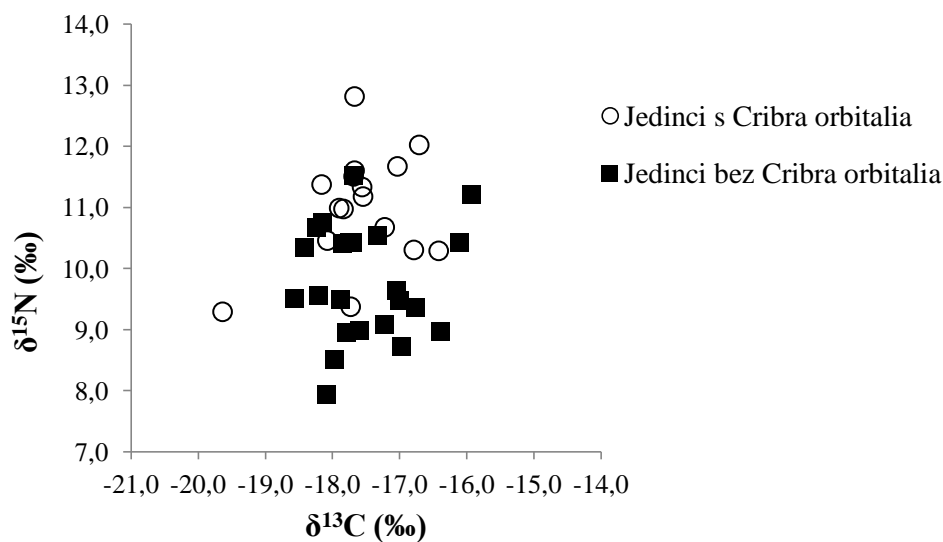
Pro model, vysvětlující variabilitu ve výskytu *Cribra orbitalia* byla hledána spojitost mezi věkem a pohlavím jedince s výskytem tohoto stresového ukazatele a izotopovými hodnotami, získanými ze vzorků dentinu, jelikož utvoření daného znaku je vázané především na biologický stres prodělaný v období dětství (Stuart-Macadam, 1985).

Tabulka č. 18 – Výsledky GLM pro závislost výskytu *Cribra orbitalia* na vybraných biologických faktorech (pohlaví, věku, izotopových poměrech v dentinu).

n = 43 jedinců	$\delta^{13}\text{C}$ (p-hodnota)	$\delta^{15}\text{N}$ (p-hodnota)
Pohlaví	0,474	0,856
Věk	0,657	0,991
Izotopové hodnoty	0,493	0,005

tučně: signifikantní hodnoty

Pro výskyt *Cribra orbitalia* byla získána signifikantní závislost pouze na izotopových poměrech dusíku (p-hodnota = 0,005). AIC pro GLM zahrnující uhlík bylo 56,36, pro GLM zahrnující dusík 45,29. Vztah mezi izotopovými hodnotami a výskytem *Cribra orbitalia* u souboru od VI. kostela znázorňuje graf č. 8.



Graf č. 8 – Výskyt *Cribra orbitalia* v souvislosti s izotopovými poměry v zubech

Přítomnost zubních kazů byla zkoumána v souvislosti s izotopovými hodnotami získanými z kostní tkáně, jelikož tato patologie nesouvisí pouze se stravou v dětství, ale je provázána s celoživotním stravováním.

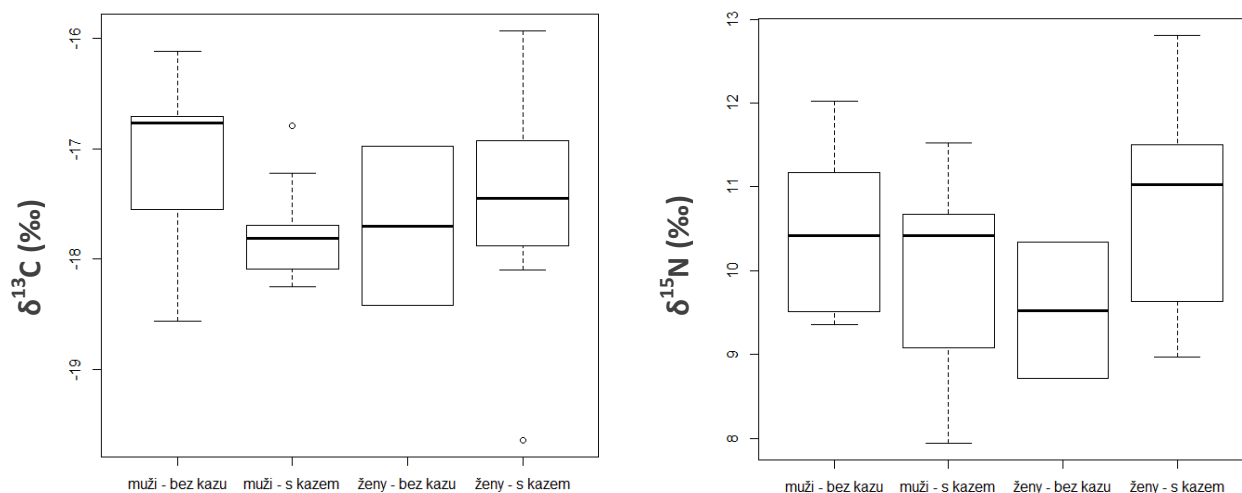
Tabulka č. 19 – Výsledky GLM pro závislost výskytu zubních kazů na vybraných biologických faktorech (pohlaví, věku, izotopových hodnotách v kostním kolagenu), případně jejich interakcích.

n = 41 jedinců	$\delta^{13}\text{C}$ (p-hodnota)	$\delta^{15}\text{N}$ (p-hodnota)
Pohlaví	0,021	0,134
Věk	0,542	0,042
Izotopové hodnoty	0,790	0,172
Pohlaví:izotopové hodnoty	0,021	x
Věk:izotopové hodnoty	0,587	x

tučně: signifikantní hodnoty

x = nezahrnuto do daného modelu

Jako faktory se signifikantním vlivem na variabilitu ve výskytu zubních kazů se v případě GLM zahrnující $\delta^{13}\text{C}$ u zkoumané populace ukázalo pohlaví, a dále interakce pohlaví a izotopových hodnot. AIC tohoto modelu bylo rovno 33,97. Ve zobecněném lineárním modelu, ve kterém byl využit izotopový poměr dusíku, se jako faktor se signifikantním vlivem na výskyt zubního kazu ukázal pouze věk jedince. AIC tohoto modelu je také 35,22. Vztah mezi pohlavím, izotopy a výskytem zubních kazů je znázorněn v grafu č. 9.



Graf č. 9 – Vztah pohlaví, izotopových poměrů z kostí a výskytu zubního kazu

Stejně jako *Cribra orbitalia*, i lineární hypoplázie zubní skloviny jsou spojené především s biologickým stresem, prodělaným v dětství (Stuart-Macadam, 1985). Tudiž i

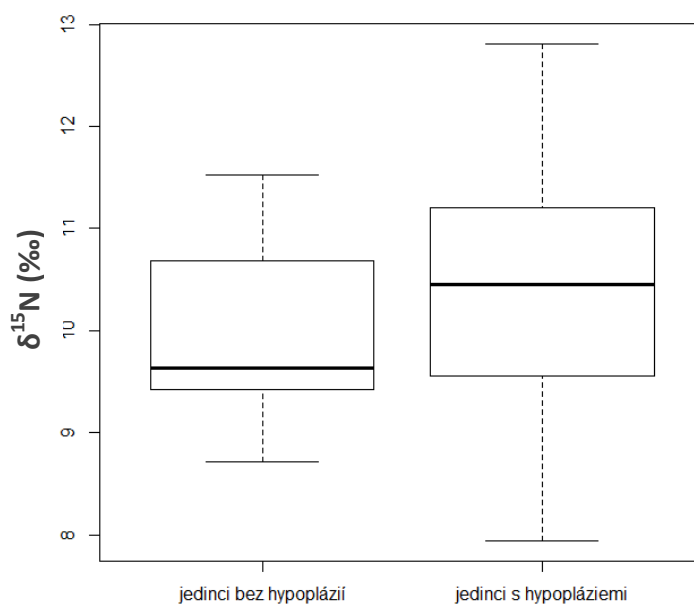
tento stresový faktor byl studován v souvislosti s izotopovými hodnotami, týkajícími se dětské výživy (vzorky ze zubů).

Tabulka č. 20 - Výsledky GLM pro závislost výskytu hypoplázií zubní skloviny na vybraných biologických faktorech (pohlaví, věku, izotopových hodnotách v dentinu) a jejich interakcích.

n = 43 jedinců	$\delta^{13}\text{C}$ (p-hodnota)	$\delta^{15}\text{N}$ (p-hodnota)
Pohlaví	0,546	0,119
Věk	0,525	0,150
Izotopové hodnoty	0,332	0,081*
Pohlaví:izotopové hodnoty	x	0,131
Věk:izotopové hodnoty	x	0,147

tučně: signifikantní hodnoty, * = hodnoty blíží se hranici signifikance, x = nezahrnuto do daného modelu

V případě modelu GLM pro $\delta^{13}\text{C}$ se nepodařilo prokázat signifikantní vliv žádné ze studovaných proměnných na výskyt hypoplázií zubní skloviny (AIC modelu je 38,43). Stejná situace nastala i v případě GLM pro $\delta^{15}\text{N}$, nicméně v tomto případě se p-hodnota, získaná pro izotopové hodnoty dusíku blíží hranici signifikance ($p = 0,081$). AIC tohoto modelu je 37,63. Vztah mezi výskytem hypoplázií zubní skloviny a izotopovými poměry dusíku znázorňuje graf č. 10.



Graf č. 10 – Výskyt hypoplázií zubní skloviny ve vztahu s izotopovým poměrem dusíku z dentinu

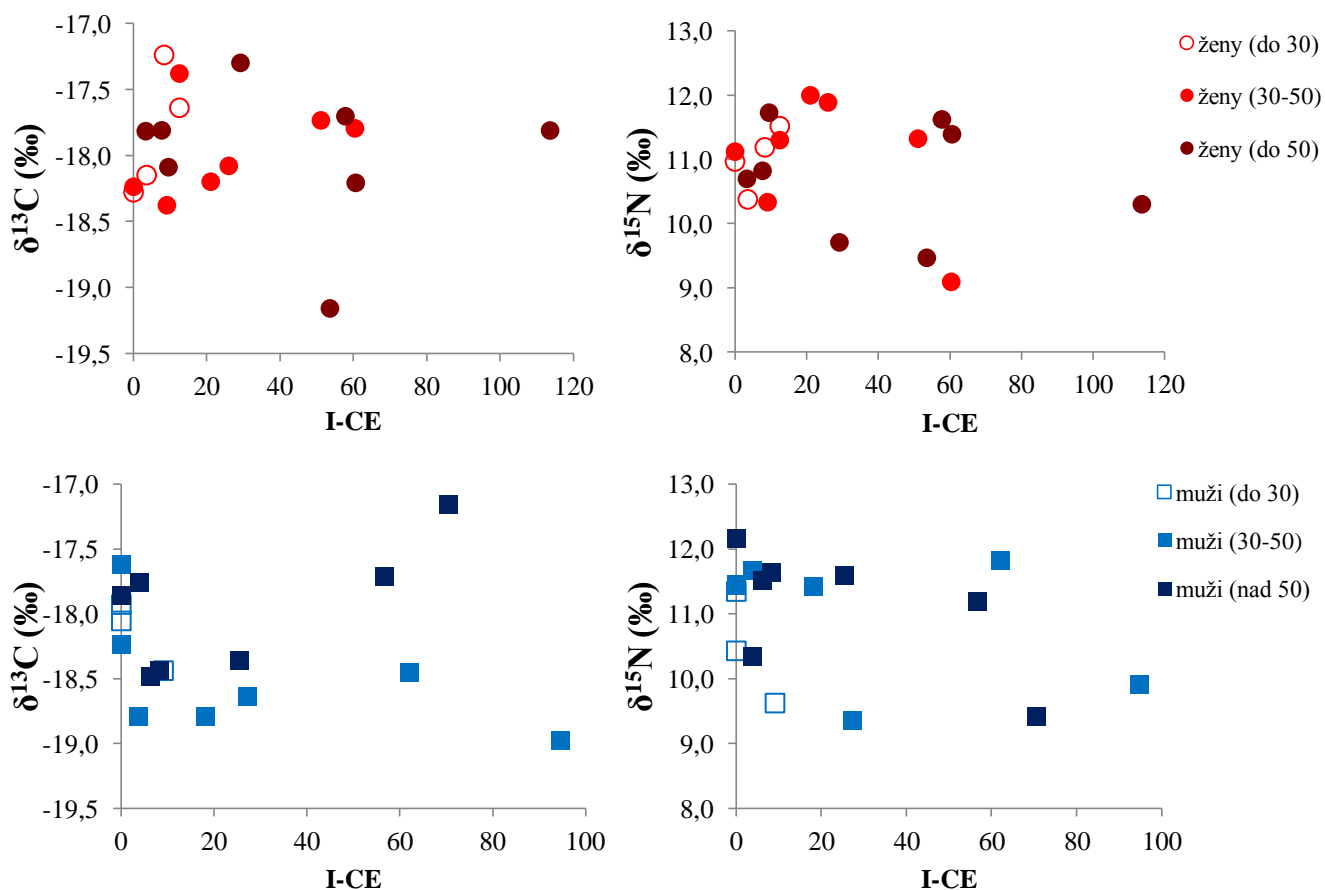
Dále byl studován vztah intenzity kazivosti s dalšími biologickými charakteristikami jedince. Izotopové poměry zde využitě pocházely z kostních vzorků, jelikož kazivost zubů v dospělosti je ovlivněna především aktuální výživou (tedy stravou v dospělosti).

Tabulka č. 21 – Výsledky lineárního modelu pro závislost I-CE na vybraných biologických faktorech (pohlaví, věku, izotopových hodnotách v kostním kolagenu).

n = 41 jedinců	$\delta^{13}\text{C}$ (p-hodnota)	$\delta^{15}\text{N}$ (p-hodnota)
Pohlaví	0,429	0,545
Věk	0,041	0,027
Izotopové hodnoty	0,700	0,030

tučně: signifikantní hodnoty

Jako faktor signifikantně vysvětlující největší podíl variability v I-CE se v případě modelu pro $\delta^{13}\text{C}$ ukázal věk jedince, v případě modelu pro $\delta^{15}\text{N}$ mají signifikantní vliv na míru kazivosti věk a izotopový poměr dusíku.



Graf č. 11 – Rozložení I-CE v závislosti na věku a pohlaví (v souvislosti s izotopovými hodnotami z kostí)

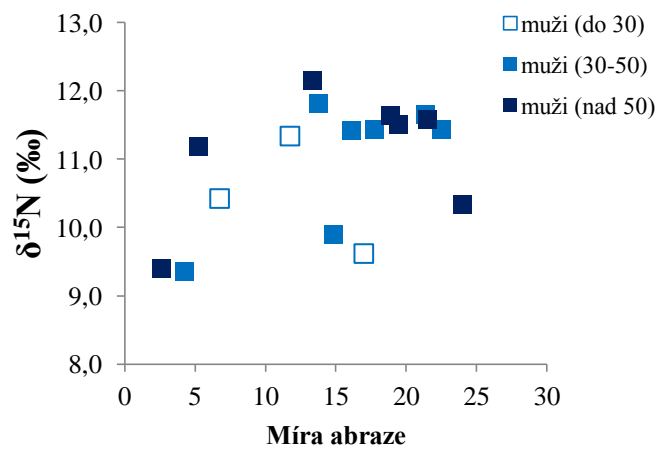
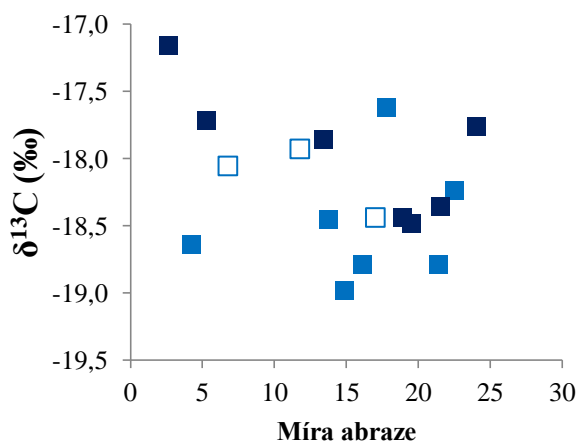
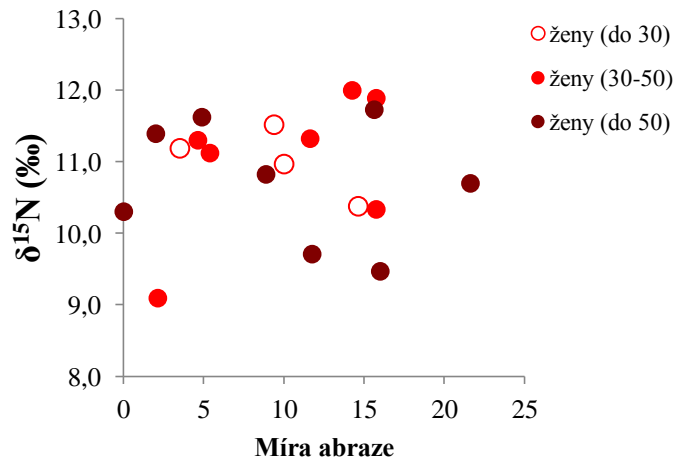
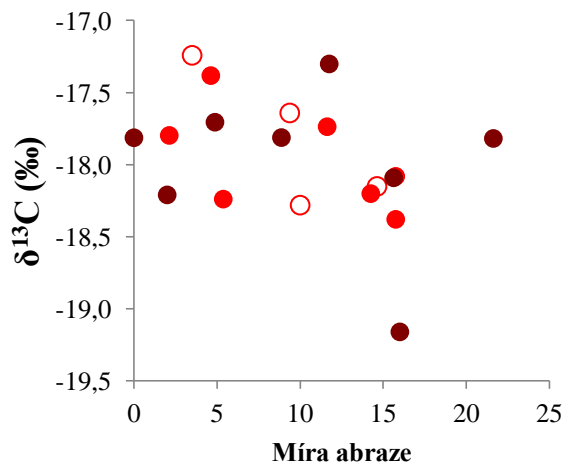
Posledním ze sledovaných dentálních znaků byla míra opotřebení chrupu, sledovaná na všech M1 a M2. Izotopové poměry využitě v tomto případě byly získané opět z kostního kolagenu, a tedy odpovídající stravě v dospělosti.

Tabulka č. 22 – Výsledky lineárního modelu pro závislost míry dentální abraze na vybraných biologických faktorech (pohlaví, věku, izotopových hodnotách z kosti).

n = 41 jedinců	$\delta^{13}\text{C}$ (p-hodnota)	$\delta^{15}\text{N}$ (p-hodnota)
Pohlaví	0,115	0,035
Věk	0,495	0,625
Izotopové hodnoty	0,032	0,154

tučně: signifikantní hodnoty, * hodnoty blíží se hranici signifikance

Na základě lineárního modelu vytvořeného pro $\delta^{13}\text{C}$ byl zjištěn signifikantní vliv izotopového poměru uhlíku na variabilitu v míře dentálního opotřebení. V případě lineárního modelu zahrnujícího $\delta^{15}\text{N}$ byl objeven pouze signifikantní vliv pohlaví (viz. tabulka č. 22).



Graf č. 12 – Závislost míry opotřebení chrupu na věku, pohlaví a izotopových hodnotách z kostí

12. Diskuse

12.1. Strava velkomoravské populační skupiny od VI. kostela

12.1.1. Obecné znaky stravy v dospělosti

Strava zkoumaných jedinců byla založena hlavně na terestrických zdrojích potravy, zastoupených jak C3 tak C4 rostlinami, tak živočišnými proteiny. Toto zjištění je v souladu s archeologickými nálezy možných potravních zdrojů ze zkoumané lokality a předešlými výzkumy, zabývajícími se rekonstrukcí stravy v daném regionu (Jarošová and Drozdová, 2007).

Archeobotanické studie uvádějí jako nejvýznamnější potraviny proso a pšenici, následované žitem či ovsem. Konzumovány měly být také luštěniny (čočka a hrách), ořechy a různé ovoce (Dreslerová et al., 2013; Látková, 2014). Získané izotopové hodnoty tato zjištění podporují, neboť ukazují významný podíl prosa ve stravě – hodnotou $\delta^{13}\text{C}$, která je považována za indikační pro výskyt prosa ve stravě je -18 ‰ (Lightfoot et al., 2013), průměrnou hodnotou $\delta^{13}\text{C}$ u VI. kostela pro vzorky z kostí (vypovídající o stravě v dospělosti) je -18,1 ‰, pro vzorky ze zubů (strava v dětství) je to -17,5 ‰. Lidé od VI. kostela tedy proso konzumovali ve významné míře.

Co se týká archeozoologických poznatků, předpokládá se, že zdejší populace hospodářsky využívala prasata, hovězí dobytek, ovce a kozy (Dreslerová et al., 2013). Dalším zdrojem potravy byly sladkovodní ryby (Zawada, 2003). Srovnáním průměrných hodnot $\delta^{13}\text{C}$ a $\delta^{15}\text{N}$ pro vzorky z lidské kosti a průměrných hodnot získaných ze vzorků hlavních hospodářsky využívaných druhů (prasat, skotu, koz/ovcí) byl získán $\Delta^{13}\text{C}_{(\text{lidé} - \text{hospodářská zvířata})}$ 2,3 ‰ a $\Delta^{15}\text{N}_{(\text{lidé} - \text{hospodářská zvířata})}$ 3,9 ‰, což odpovídá hodnotám, uváděným jako charakteristické obohacení mezi jednotlivými trofickými úrovněmi (zhruba 3 ‰ - 5 ‰ pro dusík (Hedges and Reynard, 2007). V případě uhlíkového poměru izotopů je rozdíl mezi lidmi a hlavními hospodářsky využívanými druhy větší, než předpokládá udaná hodnota 0 - 1 ‰ (Post, 2002, McCutchan et al., 2003), což je pravděpodobně způsobeno konzumací prosa v případě lidské populace, zatímco domácí zvířata prosem krmena nebyla.

Složení stravy jednotlivých jedinců se ve zkoumané populaci lišilo. Různí jedinci vykazují jak odlišný podíl živočišných proteinů ve stravě, tak odlišnou míru konzumace prosa, případně také dalších potravních zdrojů.

Nejnižší izotopové hodnoty dusíku v kostech vykazují jedinci z hrobů č. 35 ($\delta^{15}\text{N} = 9,10 \text{ ‰}$), č. 14 ($\delta^{15}\text{N} = 9,36 \text{ ‰}$), č. 87 ($\delta^{15}\text{N} = 9,41 \text{ ‰}$) a č. 145 ($\delta^{15}\text{N} = 9,47 \text{ ‰}$). Tito jedinci měli pravděpodobně ve stravě menší podíl živočišných proteinů než zbytek zkoumané populace. Rozdíl mezi nejnižším zjištěným poměrem dusíku u člověka a průměrným poměrem u hlavních domácích zvířat je 2,1 ‰. Jiným možným vysvětlením pro takto nízké hodnoty izotopového poměru dusíku může být zvýšená konzumace luštěnin. Konzumace luštěnin snižuje izotopové poměry dusíky vlivem faktu, že tyto rostliny fixují vzdušný dusík pomocí symbiotických bakterií, což vede k vyššímu obsahu ^{14}N , a tedy nižšímu $\delta^{15}\text{N}$ u těchto rostlin (Virginia and Delwiche, 1982; Devincenzi et al., 2014). Tuto variantu stravování podporují také archeologické nálezy semen luštěnin – hrachu a čočky z mikulčického hradiště (Látková, 2017). Naopak nejvyšší relativní izotopové poměry dusíku vykazují jedinci z hrobů č. 114 ($\delta^{15}\text{N} = 12,16 \text{ ‰}$), č. 102 ($\delta^{15}\text{N} = 12,00 \text{ ‰}$), č. 30 ($\delta^{15}\text{N} = 11,89 \text{ ‰}$) a č. 122 ($\delta^{15}\text{N} = 11,81 \text{ ‰}$). Tito jedinci měli tedy ve stravě největší podíl živočišných proteinů. Rozdíl mezi nejvyšší získanou hodnotou $\delta^{15}\text{N}$ u člověka a průměrem domácích býložravců (skotu, ovcí a koz, koní) je 5,4 ‰, mezi nejvyšší získanou hodnotou $\delta^{15}\text{N}$ u člověka a průměrem domácích všežravců a masožravců (prase, kur, pes) je 3,9 ‰. Jedinci s takto vysokými poměry dusíku tedy konzumovali jak produkty pocházející od domácích býložravců (maso, mléko, mléčné výrobky), tak produkty, pocházející od všežravců. Součástí jejich stravy mohly být též sladkovodní ryby.

Co se týká izotopových poměrů uhlíku, nejvíce negativní hodnoty vykazují jedinci z hrobů č. 24 ($\delta^{13}\text{C} = -19,72 \text{ ‰}$), č. 145 ($\delta^{13}\text{C} = -19,16 \text{ ‰}$) a č. 3 a 85 ($\delta^{13}\text{C} = -18,79 \text{ ‰}$). Tito jedinci měli pravděpodobně oproti zbytku populace v jídelníčku menší podíl C4 rostlin (prosa), nicméně jeho občasnou konzumaci nelze vyloučit. Nejméně negativní hodnoty byly zjištěny u jedinců z hrobů č. 87 ($\delta^{13}\text{C} = -17,16 \text{ ‰}$), č. 82 ($\delta^{13}\text{C} = -17,24 \text{ ‰}$) a č. 37 ($\delta^{13}\text{C} = -17,30 \text{ ‰}$). U těchto jedinců můžeme předpokládat největší podíl prosa ve stravě.

Dalším možným faktorem, který mohl ovlivnit získané izotopové hodnoty jak uhlíku, tak dusíku je příměs potravin z akvatických potravních zdrojů. Na základě izotopového záznamu konzumenta je možné odvodit především jeho zaměření na terestrické či mořské zdroje potravy, jelikož konzumenti závislí na potravě z mořských zdrojů mají vyšší $\delta^{15}\text{N}$ a zároveň méně negativní $\delta^{13}\text{C}$. Schoeninger a DeNiro (1984) uvádí, že jedinci, jejichž potrava pochází výhradně z terestrického prostředí, mají $\delta^{15}\text{N}$ nižší než 9 ‰, jedinci vázaní na marinní potravu mají $\delta^{15}\text{N}$ vyšší než 15 ‰. Uvedená data je však nutné brát pouze orientačně, vždy je

nutné vycházet z rozdílu oproti lokální fauně. Populace výrazně závislé na vodních zdrojích mají rozdíl oproti domácím zvířatům větší než 5 ‰ (Rutgers et al., 2009).

Co se týká poměru uhlíkových izotopů, situace je komplikována faktem, že izotopový záznam konzumenta mořských plodů je velmi podobný záznamu konzumenta C4 rostlin. V případě velkomoravské populace je tedy při interpretaci izotopových hodnot nutno vzít v úvahu relativní dostupnost mořských produktů a C4 rostlin. Z mikulčické aglomerace doposud nemáme archeozoologické nálezy kostí mořských ryb (Zawada, 2003), což naznačuje, že v období Velké Moravy nebyly na naše území importovány (obchod s mořskými rybami nabyt na významu až během 11. století, kdy byly ryby intenzivněji využívány ve spojitosti s křesťanskými pústy (Hoffmann, 2001). Další možností, jak by se mohly ryby s „mořským“ izotopovým záznamem dostat na naše území je migrace anadromních druhů ryb (losos, jeseter...) (Schoeninger and DeNiro, 1984), vzhledem k absenci archeologických nálezů těchto druhů z dané lokality je však jejich kulinářské využívání nepravděpodobné, a vysoké hodnoty izotopových poměrů uhlíku je možné vysvětlit spíše konzumací prosa, jehož pozůstatky byly na mikulčickém hradišti objeveny v hojném množství (Látková, 2017).

Jako mnohem pravděpodobnější se jeví využití sladkovodních ryb, jejichž pozůstatky byly v Mikulčicích objeveny v poměrně hojném počtu. Především se jedná o kapra, plotici, okouna, štika, sumce či karasa (Zawada, 2003). Potravní řetězce ve vodním prostředí bývají delší (Schoeninger and DeNiro, 1984), což může mít za následek obohacení vyšších trofických úrovní o ^{15}N a tedy i vyšší $\delta^{15}\text{N}$, a to především u vodních dravců, u kterých se dále projevuje také korelace $\delta^{15}\text{N}$ s velikostí a stářím – starší ryby jsou většinou větší, a mohou lovit větší sortiment kořisti (včetně menších dravců), což zvyšuje jejich $\delta^{15}\text{N}$ (Sweeting et al., 2007). V případě $\delta^{13}\text{C}$ je situace komplikovanější, jelikož izotopové poměry uhlíku se u sladkovodních ryb odvíjí od konkrétních podmínek prostředí (teplota vody, pH...), odlišných zdrojů uhlíku, a dále od konkrétního typu niky, kterou daný druh využívá (bentické, litorální a pelagické druhy) (Hecky and Hesslein, 1995). Izotopové poměry uhlíku se tedy mohou mezi jednotlivými sladkovodními druhy ryb značně lišit.

Průměrný izotopový poměr pro lidskou populaci byl v dospělosti $\delta^{13}\text{C}$ -18,1 ‰ a $\delta^{15}\text{N}$ 10,9 ‰, pro rybí vzorky $\delta^{13}\text{C}$ -24,5 ‰ a $\delta^{15}\text{N}$ 9,1 ‰, uvedenou hodnotu průměru dusíku ovlivnily především 2 jedinci s vysokým izotopovým záznamem pro tuto proměnnou. V jednom případě šlo o štika obecnou (Kaupová, 2017), další jedinec nebyl druhově identifikován, nicméně pravděpodobně šlo také o dravce. Rozdíl mezi průměrným izotopovým poměrem lidské populace a ryb, nalezených v daném regionu byl pro $\delta^{13}\text{C}$

6,41 ‰, pro $\delta^{15}\text{N}$ 1,77 ‰. Po odselektování dvou jedinců s velmi vysokými $\delta^{15}\text{N}$ z výpočtu je rozdíl mezi průměrným izotopovým poměrem dusíku u lidí a zbytku rybího vzorku roven 3‰. Vzhledem k výše zmíněným informacím, k archeologickým nálezům háčeků, pastí a dalších pomůcek, sloužících patrně k rybolovu (Poláček, 2016) a vzhledem k tomu, že se Mikulčice-Valy nacházely na břehu řeky Moravy, se tedy můžeme domnívat, že sladkovodní ryby byly součástí jídelníčku zkoumané populace, alespoň co se týká býložravých či všežravých druhů. Za konzumenty těchto ryb můžeme v souvislosti s velmi negativními izotopovými poměry uhlíku u ryb pokládat především jedince s více negativními $\delta^{13}\text{C}$ a vyššími $\delta^{15}\text{N}$. Nicméně větší význam sladkovodních ryb pro velkomoravskou populaci na základě izotopových hodnot předpokládat nemůžeme, jelikož konzumace ryb se považuje za významnou při rozdílu mezi izotopovými hodnotami dusíku u lidí a domácích zvířat 5 ‰ a více (Rutgers et al., 2009; Ottalagano and Loponte, 2016).

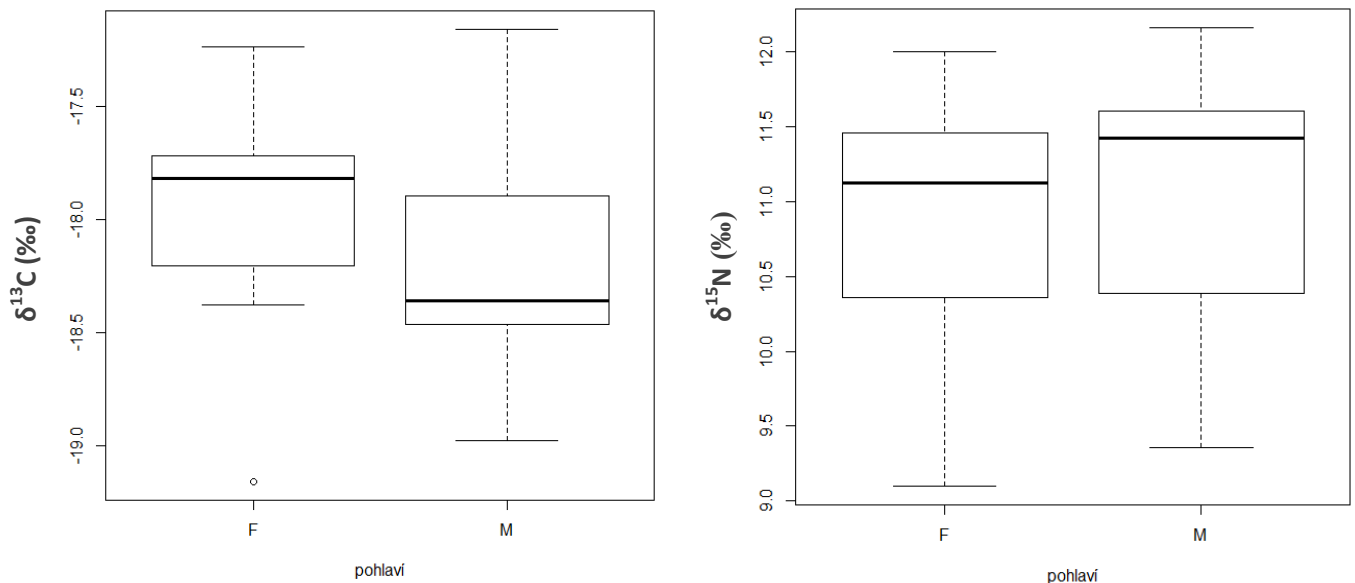
Dalším možným zdrojem potravy velkomoravské populace byla divoká zvířata, která mohla být lovena v okolí hradiště. Dreslerová et al. (2013) uvádí na základě archeozoologického vyhodnocení nálezů podíl lovené zvěře u velkomoravské populace jako nevýznamný, nicméně rozdíl v průměrných $\delta^{13}\text{C}$ a $\delta^{15}\text{N}$ mezi lidmi a vzorkem divoce žijících druhů zvířat (divoké prase, srnec, jelen, bobr...) ($\Delta^{13}\text{C}_{(\text{lidé-zvěř})} = 2,64 \text{ ‰}$ a $\Delta^{15}\text{N}_{(\text{lidé-zvěř})} = 4,68 \text{ ‰}$) občasnou konzumaci těchto druhů nevyklučují.

12.1.2. Strava jednotlivých podskupin populace od VI. kostela v období dospělosti

Stejně jako v případech mnoha jiných populací (Reitsema end Vercellotti, 2012, Hakenbeck et al., 2010, DeWitte, 2010, Müldner et al., 2009) také strava populace, pohřbívaní své mrtvé u VI. kostela, nebyla uniformní pro všechny jedince, ale různí lidé se ve složení stravy lišili v závislosti na příslušnosti k určitým biologickým a sociálním skupinám.

V případě testování vlivu pohlaví na izotopové hodnoty získané z kostí nebyl objeven statisticky významný rozdíl v izotopových poměrech uhlíku a dusíku mezi muži a ženami, což znamená, že strava těchto dvou skupin se v dospělosti významně nelišila. Nicméně p-hodnota získaná při testování vlivu pohlaví na $\delta^{13}\text{C}$ (podíl C3/C4 rostlin ve stravě) je velmi blízká hranici signifikance. $\delta^{13}\text{C}$ pro ženskou část populace vykazuje menší variabilitu a zároveň jeho průměrná hodnota je o 0,24 ‰ méně negativní, než průměrná hodnota pro mužskou část

populace. Ženy tedy pravděpodobně měly ve stravě o něco větší podíl prosa a jejich jídelníček byl více uniformní, nicméně tento rozdíl oproti mužům nebyl velký.



Graf č. 14 – Vliv pohlaví na izotopové poměry uhlíku a dusíku v kostním kolagenu

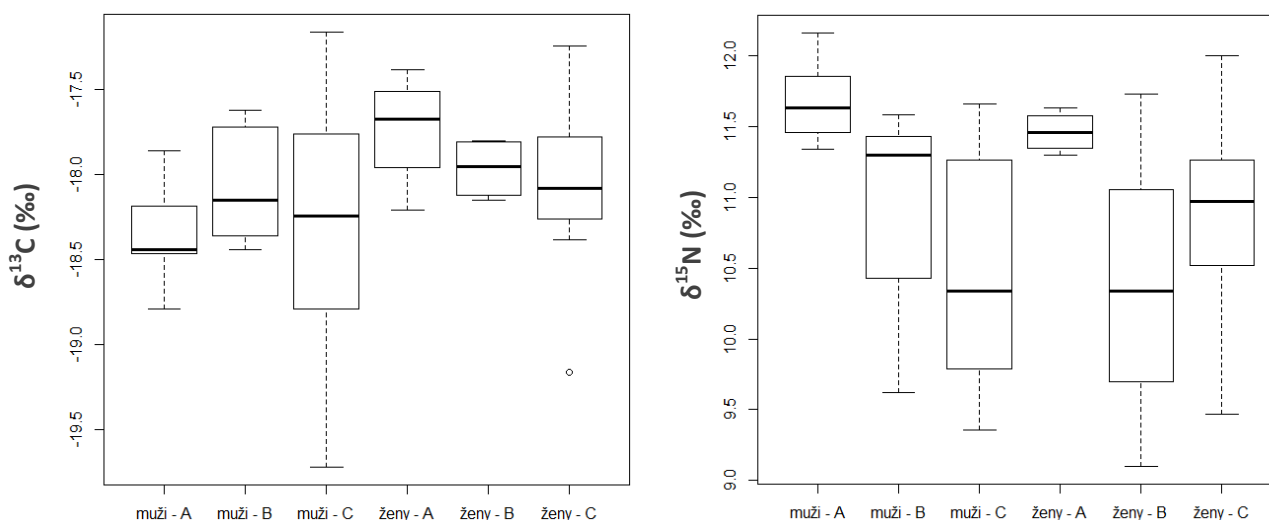
F = ženy, M = muži

Tyto výsledky jsou v souladu s výsledky předešlých velkomoravských studií (Smrčka et al., 2008a, Halffman and Velemínský, 2015; Kaupová et al., 2016), jejichž autoři významné rozdíly ve stravě mužů a žen na základě izotopových poměrů v Mikulčicích také neobjevili.

Mnohem zajímavější výsledky dostaneme, zaměříme-li se na podobu stravy v souvislosti se společenským postavením jedinců. Při testování vlivu socioekonomického postavení na izotopové poměry byl zjištěn signifikantní rozdíl v $\delta^{15}\text{N}$ (přísunu živočišných proteinů) – jedinci s vyšším socioekonomickým statusem měli také vyšší izotopové poměry dusíku. Tento rozdíl byl signifikantní pro celou populaci, což znamená, že vyšší vrstvy společnosti měly obecně ve stravě větší podíl živočišných proteinů. Dalším možným faktorem, který by mohl vysvětlit vyšší izotopové poměry dusíku u vyšších vrstev je možná konzumace luxusních živočišných produktů (Beranová, 2005) se zvýšeným obsahem ^{15}N , v tomto případě především konzumace masa mláďat domácích savců (Hedges and Reynard, 2007), která mají v období, kdy jsou krmena mateřským mlékem vyšší izotopové poměry dusíku, než jejich matky. Tuto variantu podporují také hojné nálezy pozůstatků juvenilních domácích zvířat z mikulčického centra (Chrzanowska and Januszkiewicz-Załęcka, 2003).

Při srovnání stravy jednotlivých pohlaví v souvislosti se společenským postavením byl objeven signifikantní rozdíl v $\delta^{15}\text{N}$ u mužské části populace, což znamená, že vyšší přísun živočišných proteinů se týkal především mužské části vyšších vrstev společnosti.

Subpopulační vzorek žen s vysokým společ. postavením byl však velmi malý, a neobjevení signifikantního rozdílu ve stravě mezi ženskou částí populace tedy mohlo být způsobeno tímto faktem, případně se může jednat o důsledek postupující christianizace obyvatelstva – některé ženy s vysokým socioekonomickým statusem mohly být na základě zvolené metody určení společenského postavení mylně zařazeny do kategorie s nejnižším postavením díky absenci hrobové výbavy, která však mohla být způsobena křesťanským pohřebním ritem bez milodarů, a ne předpokládanou chudobou jedince. Tomuto závěru nahrává také vysoká variabilita $\delta^{15}\text{N}$ u vzorku žen s nejnižším socioekonomickým statusem (ženy C – graf č. 15). V případě izotopových poměrů uhlíku významný rozdíl mezi jednotlivými sociálními skupinami objeven nebyl, a přísun C4 rostlin (prosa) byl tedy přibližně stejný u všech vrstev.



Graf č. 15 – Rozdíly v izotopových poměrech v souvislosti se společenským postavením

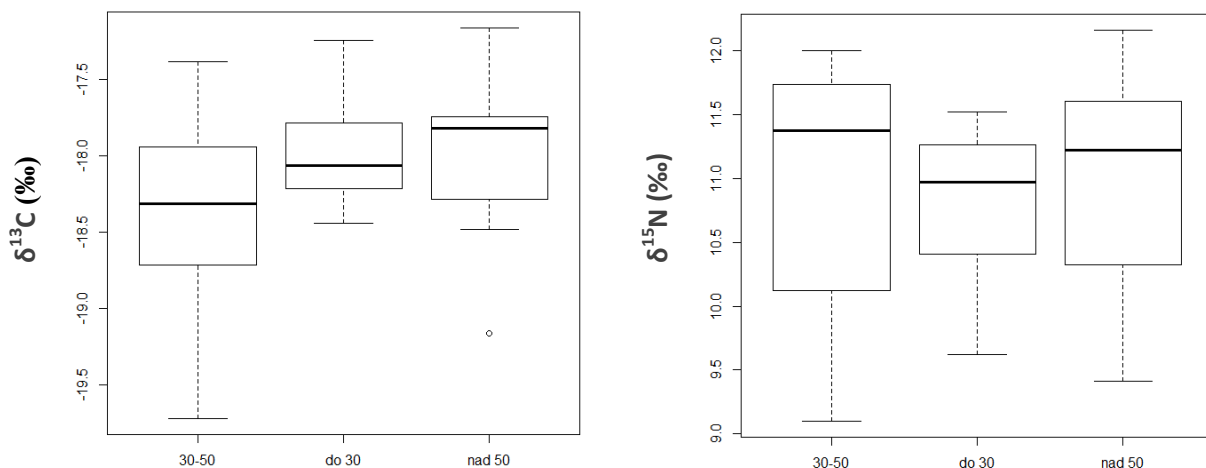
A = nejvyšší socioekonomické postavení, B = střední postavení, C = nejnižší postavení

Uvedené výsledky, týkající se rozdílů ve složení stravy na základě socioekonomického postavení jsou v souladu s výsledky předchozích studií, provedených na mikulčickém hradišti (Smrčka et al., 2008a, Smrčka et al., 2008b, Kaupová et al., 2016, Jarošová and Drozdová, 2007). Kaupová et al. (2016) navrhuje jako možné vysvětlení rozdílu ve stravě vysoce postavených mužů a žen (tedy jevu, kdy se vysoce postavení muži ve stravě odlišují od nižších vrstev, kdežto vysoce postavené ženy mají stravu podobnou jako ženy s nižším postavením) teoretickou patrilokalitu u vyšších společenských vrstev. Ženy, které se přivdaly

do rodin vysoce postavených mužů, se tedy pravděpodobně stěhovaly za svými manžely. Výsledný izotopový záznam těchto žen by pak mohl být ovlivněn původním prostředím s odlišnými potravními zdroji, původními stravovacími návyky či izotopově odlišným ekosystémem (Kjellström et al., 2009). Dalším možným vysvětlením zmíněného jevu by mohla být teorie Reitseimové a Vercellottiho (2012), předpokládající sociální zvýhodnění jednoho z pohlaví, spojené s lepšími a stabilnějšími životními podmínkami, které zahrnují i přednostní přístup k určitým potravinám. V případě velkomoravské populace je však pravděpodobnějším důvodem odlišnosti ve stravování jednotlivých ekonomických skupin právě patrilokalita, jelikož tuto teorii podporují také výsledky studie Bigoni et al. (2013), zaměřené na studium asymetrie kostry.

Pozornost byla v této práci věnována také možným rozdílům ve výživě jednotlivých věkových skupin dospělé populace. Na základě statistického testování závislosti izotopových poměrů na věku nebyl prokázán signifikantní rozdíl v těchto poměrech mezi jednotlivými skupinami ani v celé populaci, ani u jednotlivých pohlaví. Na základě zjištěných izotopových hodnot však můžeme prohlásit, že strava jedinců spadajících do střední věkové skupiny (30-50 let) byla nejvíce variabilní, a to jak v případě podílu prosa, tak živočišných proteinů. Nejméně variabilní stravu vykazuje nejmladší část populace (do 30 let), nejstarší skupina jedinců (nad 50 let) potom spadá doprostřed variability.

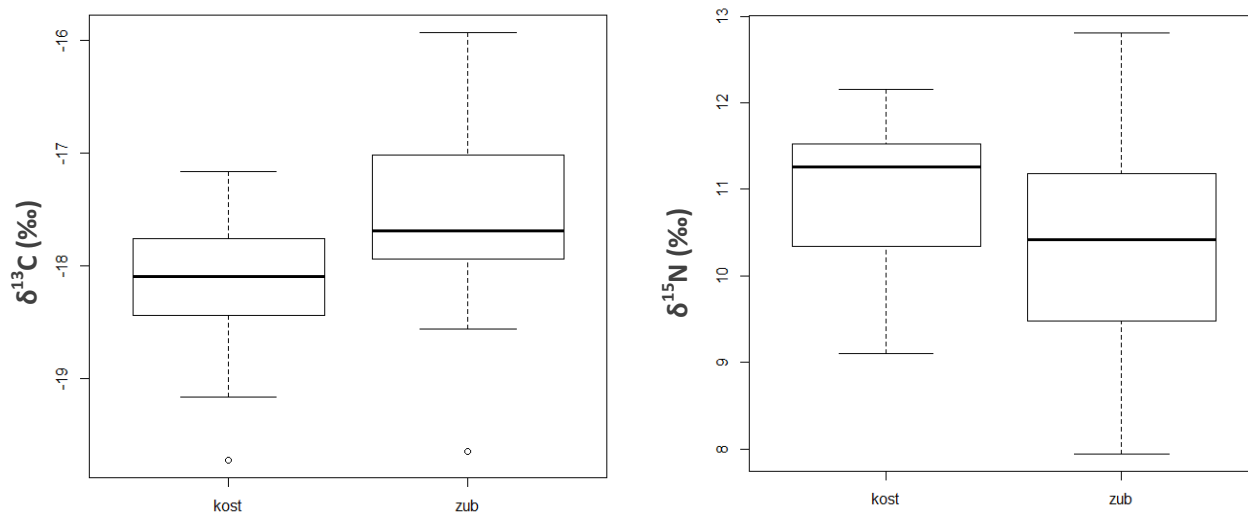
Přestože signifikantní rozdíl v izotopových poměrech uhlíku prokázán nebyl, v grafu č. 16 můžeme vidět, že průměrná hodnota $\delta^{13}\text{C}$ byla nejvyšší pro nejstarší část populace, což znamená, že tato věková skupina měla ve stravě největší podíl prosa ze zkoumaných kategorií. Důvodem pro tento jev mohlo být to, že proso bylo zpracováváno především na různé kaše (Beranová, 2005, Dreslerová et al., 2013), které mohly být pro starší jedince lépe požitelné v závislosti na zdravotním stavu jejich chrupu, a případně také lépe stravitelné (do kaší, které se vařily z prosa (jáhel) se vlivem výrobního postupu nedostával kamenný prach z mlýnků, který byl běžnou příměsí mouky z jiných obilovin (Beranová, 2005)).



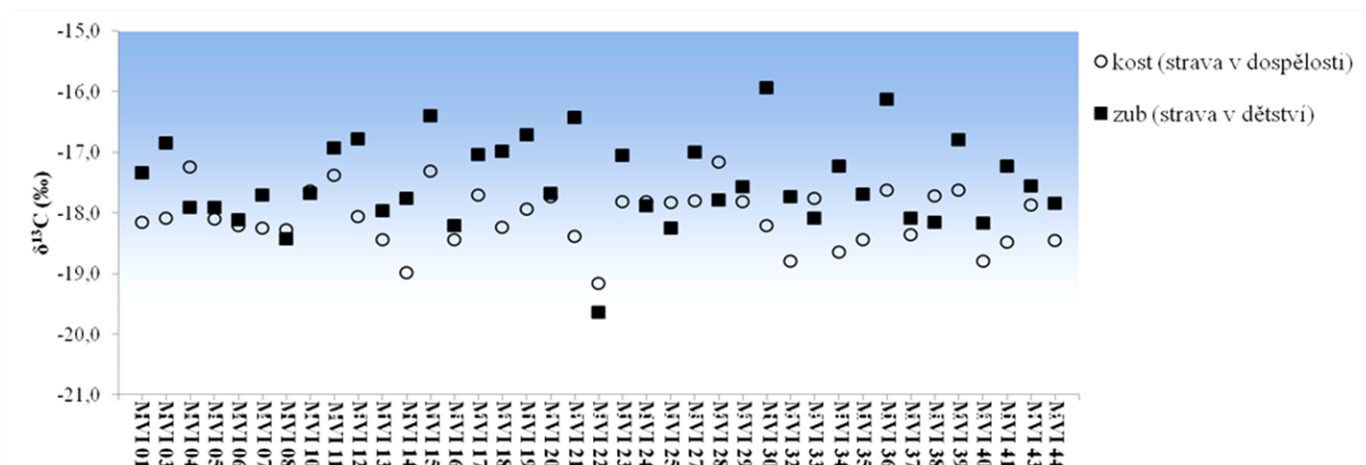
Graf č. 16 – Rozdíly izotopových poměrů v kostech v závislosti na věku populace
(věk na ose x uveden v letech)

12.1.3. Strava velkomoravské populace v dětství

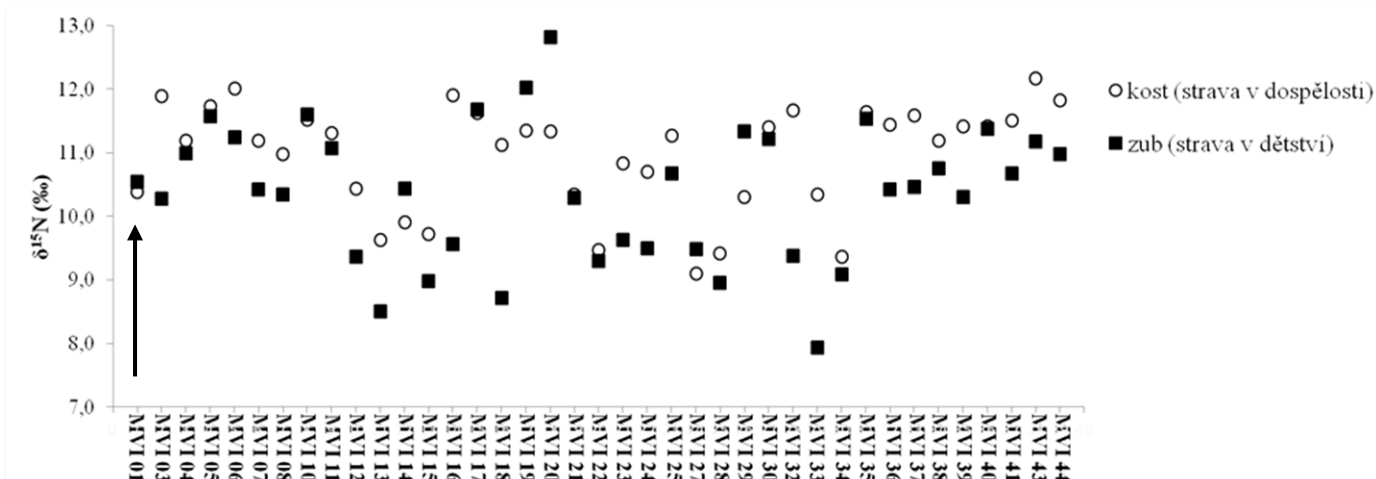
Hlavním cílem této práce bylo osvětlit stravu dětské části populace Velkomoravské říše, a to v období Infans II (konkrétně v rozmezí 8-10 let). Jak v případě izotopových poměrů uhlíku, tak dusíku byl objeven statisticky významný rozdíl mezi těmito hodnotami u vzorků zubů a kostí, což znamená, že strava v dětství (reprezentovaná izotopovým záznamem v zubech) a strava v dospělosti (reprezentovaná izotopovým záznamem v kostech) se lišila ve svém složení. Srovnání izotopových poměrů jednotlivých prvků v závislosti na věku ukazuje graf č. 17, konkrétní rozdíly mezi jednotlivými jedinci jsou vyneseny v grafech č. 18 a 19.



Graf č. 17 – Rozdíly v izotopových záznamech z dětství (zub) a dospělosti (kost)



Graf č. 18 – Rozdíl ve stravě velkomoravské populace v dětství a v dospělosti (uhlík)
gradient modré barvy znázorňuje zvyšující se podíl C4 rostlin (prosa) ve stravě



Graf č. 19 – Rozdíl ve stravě velkomoravské populace v dětství a v dospělosti (dusík)
šipka znázorňuje zvyšující se podíl živočišných proteinů ve stravě

V případě izotopového poměru uhlíku můžeme pozorovat statisticky významný posun do méně negativních hodnot u vzorků, pocházejících ze zubů, a tedy reprezentujících složení dětské stravy. Ve srovnání se stravou, kterou zkoumaní jedinci konzumovali v dospělosti, měli tedy v dětství větší podíl pšenice v jídelníčku. Z tohoto vzorce se vymykají jedinci z hrobů č. 8, 72, 82, 87, 119, 145, 171 a 183, kteří měli naopak větší podíl C4 rostlin ve stravě v dospělosti. V případě jedince 183 (vzorek MVI 10) se jedná o ženu z nejvyšší společenské vrstvy, což, vezmeme-li v úvahu teorii o patrilokalitě, může znamenat, že tato žena nebyla místní, a v dětství vyrůstala ve společnosti, která měla jiné stravovací návyky, týkající se dětské části společnosti. Stejně vysvětlení by mohlo pokrýt také jedince 82 (MVI 04), 119 (MVI 08) a 171 (MVI 24), což jsou opět ženy, tentokrát ovšem z nejnižší socioekonomické

skupiny. Zde se opět může jednat o nesprávné zařazení do společenské vrstvy, neboť tito jedinci v dospělosti vykazují vyšší izotopové poměry dusíku, což by mohlo podpořit teorii, že se jedná o jedince s vysokým socioekonomickým statutem, kteří již přijali křesťanský pohřební ritus bez milodarů. Jedinec 145 (MVI 22) byla žena s nízkým společenským postavením, jedinec 87 (MVI 28) muž, také s nízkým postavením – tito jedinci teoreticky nemuseli pocházet z mikulčického hradiště, ale mohlo se jednat o přistěhovalce, kteří v dětství vyrůstali ve společnosti, která proso využívala méně. Jedinec z hrobu č. 8 (MVI 33) byl muž z nejnižší společenské vrstvy, ale vykazující vyšší izotopový poměr dusíku a jedinec 72 (MVI 38) byl muž ze střední socioekonomické třídy, u těchto jedinců je důvod pro nižší konzumaci prosa v dětství nejasný.

Zbytek jedinců v dospělosti konzumoval stravu bohatší na C3 rostlinnou složku, mohlo se jednat například o pšeničné pečivo a další obilné produkty, považované za luxusnější potraviny (Dreslerová et al., 2013). V dětství pak tvořilo velký podíl jídelníčku proso, ze kterého se připravovaly především kaše, které mohly být slazené medem či dochucované různým ovocem a ořechy (Beranová, 2005), a tedy dětmi oblíbené. Uvedené zjištění je v souladu s předpokladem Kaupové a kolegů (2014), že proso bylo také přidáváno do jídelníčku dětí z Mikulčic a okolí v průběhu odstavení, pravděpodobně právě ve formě kaší. Vzhledem k tomu, že podle zjištění tohoto autorského kolektivu byly některé děti z velkomoravských center kojene až do věku čtyř či pěti let a odstavení probíhalo postupně, kašovitá strava byla pravděpodobně významnou součástí jejich jídelníčku po velmi dlouhou dobu. Dalším důvodem pro konzumaci prosa v dětství může být předpoklad větší šetrnosti prosných pokrmů k dentici, vzhledem k absenci kamenného prachu z mlýnů (Beranová, 2005) v těchto nemoučných pokrmech.

Izotopové poměry dusíku byly u naprosté většiny jedinců vyšší v kostních vzorcích, reprezentujících stravu v dospělosti. To znamená, že většina populace v dospělém věku konzumovala větší podíl živočišných proteinů než v dětství. Tento jev pravděpodobně souvisí s obecně nižším společenským postavením dětí ve velkomoravské společnosti. Výjimkami z tohoto trendu jsou jedinci z hrobů 15, 34, 35, 104, 126, 165, 183 a 184. Tito jedinci měli naopak v dětství podíl živočišných proteinů ve stravě vyšší než v dospělosti. V případě jedinců 126 (MVI 17) a 183 (MVI 10), kdy se jedná o ženy z vyšší společnosti je opět pravděpodobným vysvětlením odlišný původ, a tedy to, že vyrůstaly ve společnosti s jinými stravovacími návyky. Toto vysvětlení je pravděpodobné především pro ženy z hrobu 183, neboť se odlišovala od zbytku mikulčické populace také v případě podílu prosa v dětské

stravě. Stejně vysvětlení (odlišný geografický původ) je pravděpodobný také pro ženu z hrobu 104 (MVI 20), která, přestože byla zařazena do nejnižší vrstvy společnosti (na základě absence hrobové výbavy), mohla být z již výše zmíněných důvodů do této kategorie zahrnuta mylně. V případě jedince 34 (MVI 14) se jedná o muže z nejnižší společenské skupiny, v jehož případě se může jednat také o důsledek rezidenční mobility. U jedinců 15 (MVI 01), 35 (MVI 27) a 184 (MVI 29) jde o ženy ze střední vrstvy, u kterých je vysvětlení daného jevu problematické. Teoreticky u nich mohlo během života dojít ke změně socioekonomického statusu, což bohužel nelze na základě archeologických dat zjistit, nebo se také mohlo jednat o ženy, které se do mikulčického centra přivdaly. Překvapivý je také pokles podílu živočišných proteinů ve stravě muže 165 (MVI 19), jenž byl zařazen do nejvyšší společenské vrstvy zkoumané populace. Konkrétní rozdíl mezi $\delta^{15}\text{N}$ v dětství a v dospělosti je 0,68 ‰. Zde se nabízí vysvětlení, že tento jedinec byl v mládí díky svému vysokému postavení zvýhodněn oproti zbytku populace, co se týká přístupu k luxusnější stravě (větší množství masa...), a v dospělosti se stravoval podobně jako zbytek příslušníků nejvyššího socioekonomického okruhu.

Nejmenší rozdíl mezi příměsí prosa ve stravě v dětství a v dospělosti byl u jedinců 183, 171, 104, 102 a 199. Tito jedinci tedy měli stravu, co se týká podílu C4 rostlin po celý život stejnou. V konzumaci živočišných proteinů se v dětství a v dospělosti nejméně lišili jedinci 126 (MVI 17), 85 (MVI 40), 141 (MVI 21) a 183 (MVI 10). Naopak nejvyšší rozdíly mezi stravou v dětství byly pozorovány u jedinců 1481 (MVI 30), 141 (MVI 21), 53 (MVI 36) a 14 (MVI 34), u kterých nejvíce poklesl podíl prosa ve stravě mezi obdobími dětství a dospělosti, u jedinců 135 (MVI 18), 8 (MVI 33), 3 (MVI 32), 30 (MVI 03) a 50 (MVI 16), u kterých se nejvíce zvedl podíl živočišných proteinů v adultní stravě a u jedince 104 (MVI 20), kde byl pozorován největší pokles podílu živočišných proteinů ve stravě.

Zvláštní případ v souvislosti se stravováním představuje především jedinec 183 – žena s vysokým společenským postavením, vykazující minimální rozdíl v podílu C4 rostlin a živočišných proteinů ve stravě v dětství a v dospělosti. Hrobová výbava (dvě zlaté náušnice, dvě stříbrné náušnice a stříbrný gombík) naznačuje, že se jednalo o ženu, náležející opravdu k nejvyšší vrstvě mikulčické společnosti. Na základě již výše zmíněných údajů se tedy domníváme, že tato žena opravdu velmi pravděpodobně podléhala trendu elitní patrilokality, a původně pocházela z jiné populace. Nicméně na základě dostupných údajů nelze tuto teorii potvrdit, a pro osvětlení tohoto konkrétního případu by bylo třeba dalšího výzkumu,

založeného například na analýze stronciových izotopů v kostře, která by poskytla informace o rezidenční mobilitě této ženy (Schoeninger, 2010).

Dalším jedincem, který vykazuje zvláštní charakter výživy je žena z hrobu 104 (nejnižší socioekonomický status), která vykazuje jeden z nejmenších rozdílů v konzumaci prosa (která byla významná) mezi dětskou a adultní stravou, a zároveň u ní došlo k relativně velkému snížení podílu živočišných proteinů ve stravě v dospělosti (přesto však vykazuje jedny z nejvyšších hodnot $\delta^{15}\text{N}$ jak v dětství, tak v dospělosti). I zde se mohlo jednat o ženu, která byla do Mikulčic přivádána, a bylo by dobré tuto teorii dále ověřit.

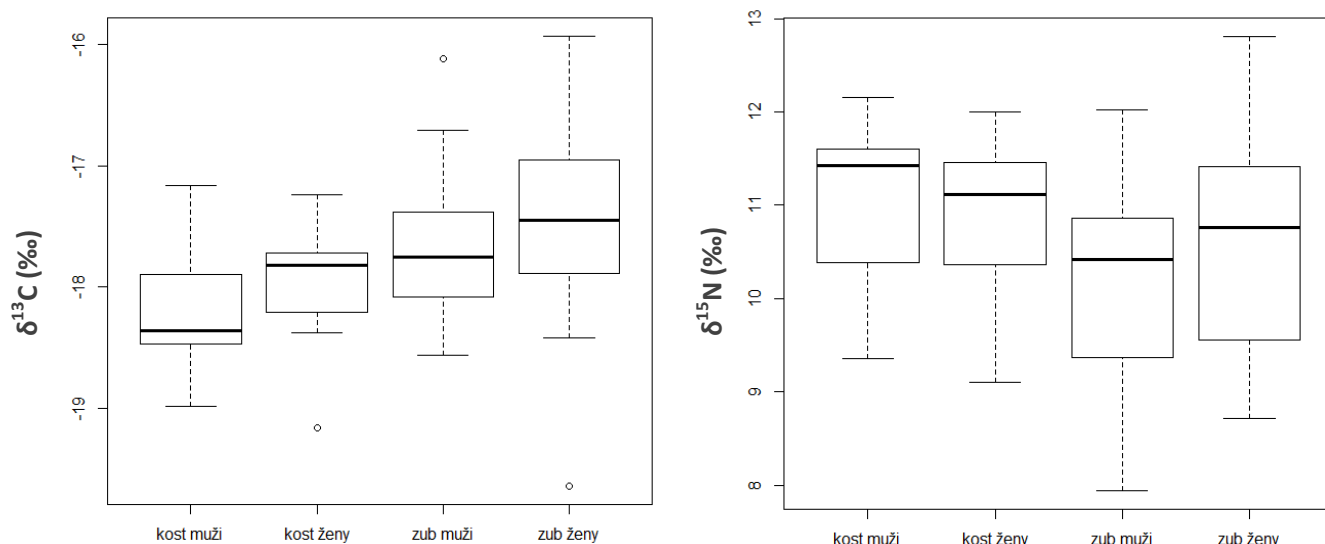
Dalším zajímavým jedincem je žena 141 (nejnižší postavení), která vykazuje nejmenší změnu v příjmu živočišných proteinů během života (došlo k minimálnímu nárůstu, hodnoty se pohybují kolem průměru pro celou populaci) a dále největší rozdíl v konzumaci prosa v dětství a v dospělosti (podíl prosa ve stravě této ženy významně poklesl). U tohoto jedince je vysvětlení uvedených jevů nejasné.

Posledním jedincem, kterému zde bude věnována větší pozornost, je muž pohřbený v hrobě číslo 50. Tento jedinec je řazen do skupiny osob s nejvyšším socioekonomickým statutem, které byly na mikulčických pohřebištích objeveny (Profantová and Kavánová, 2003; Poláček, 2016). Izotopová data, získaná ze vzorků kosti a zubu tohoto jedince nasvědčují, že tento muž konzumoval pouze malé množství prosa, a to jak v dětství, tak v dospělosti. Co se týká podílu živočišných proteinů v jeho stravě, izotopový poměr dusíku reprezentující stravu v dětství spadá do skupiny jedinců s nižšími poměry (do spodní třetiny), a tedy s nižší konzumací živočišných proteinů. Zatímco v dospělosti vykazuje tento jedinec třetí nejvyšší hodnotu dusíku. To znamená, že se u tohoto jedince během života významně zvýšila konzumace živočišných proteinů. Získaná izotopová data podporují archeologické předpoklady o vysokém postavení tohoto muže.

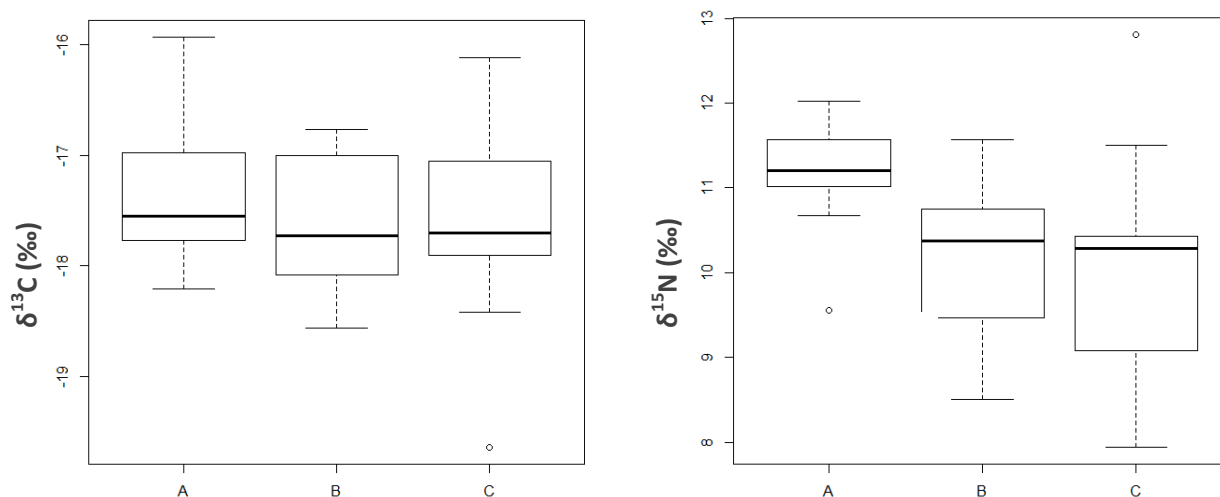
Co se týká rozdílů ve stravování dětí v závislosti na jejich pohlaví, nebyly objeveny statisticky významné rozdíly mezi stravou chlapců a dívek ani v případě konzumace prosa, ani v případě podílu živočišných proteinů.

Signifikantní odlišnosti ve výživě však byly detekovány v případě souvislosti složení stravy se společenským postavením. Stejně jako v případě dospělé populace byl zjištěn statisticky významný rozdíl pro celou populaci a v rámci pohlaví především u chlapců, kteří měli ve výživě vyšší podíl živočišných proteinů. Tyto výsledky doplňují recentně nabyté poznatky o rozdílech stravy mezi velkomoravskými dětmi po šestém roce života na základě společenského postavení v souvislosti s dentálními patologiemi ve studii Stránská et al.

(2015), předpokládající snazší přístup dětí z vyšší sociální vrstvy k luxusním potravinám (med, cukernaté ovoce, víno...).



Graf č. 20 - Strava mužů a žen v dětství (zub) a v dospělosti (kost)



Graf č. 21 – Strava v dětství v závislosti na společenském postavení

A = nejvyšší postavení, B= střední postavení, C = nejnižší postavení

Sociální stratifikace populace se tedy ve způsobu stravování u velkomoravské populace projevovala již v dětství, a dětská část populace jako celek nepodléhala žádnému kulturně podmíněnému zvýhodnění. Poněkud odlišné výsledky v tomto ohledu uvádí Reitsema and Vercellotti (2012). Tito autoři při izotopovém zpracování obyvatel středověkého Trino Vercellese (8. – 13. století, Itálie) rovněž objevili rozdíly mezi stravou mužů s nízkým socioekonomickým statusem a zbytkem populace (vysoce postavení muži a

ženy nezávisle na jejich postavení), kdy bohatší muži a ženy konzumovaly větší množství živočišných proteinů oproti nízké postaveným mužům, ale tyto rozdíly se utvářely až v dospělosti. Ženy (především v plodném věku) a děti byly v této společnosti tedy pravděpodobně zvýhodněny, a dostávalo se jim lepší stravy, což mělo zvyšovat jejich šanci na přežití.

Co se týká reprezentativnosti dentálních vzorků, zahrnují námi použité oblasti zubního kořene plochu, která se vyvíjela v období přibližně 2 let života jedinců (Moorrees et al., 1963). To znamená, že izotopové hodnoty nebyly ovlivněny krátkodobými změnami ve výživě či zdravotním stavu, ani významným růstovým spurtem (Lebl and Krásničanová, 1996). Získané izotopové hodnoty tedy pravděpodobně odráží skutečně změnu ve složení stravy jedinců.

12.1.4. Strava populace od VI. kostela v kontextu středověké Evropy

Zjištěné izotopové hodnoty odpovídají údajům, získaných z předešlých izotopových studií, zaměřených na mikulčickou aglomeraci (Kaupová, 2017, Halffman and Velemínský, 2015, Smrčka et al., 2008a – tabulka č. 24, spolu s ostatními srovnávacími lokalitami). Stejně jako u ostatních studií se průměr $\delta^{13}\text{C}$ v kostech pohybuje okolo -18 ‰, což značí příměs prosa v jídelníčku u všech zkoumaných kosterních souborů. Získaná průměrná hodnota $\delta^{15}\text{N}$ je nejvyšší z uvedených, nicméně pouze o pár desetin promile. Tento jev může souviset s faktem, že pohřebiště u VI. kostela je považováno za místo, kam své mrtvé pohřbívali příslušníci velkomoravské elity (Poláček, 2016). Zaměříme-li se na srovnání jednotlivých velkomoravských pohřebišť z Mikulčic a okolí (tabulka č. 23), lze říci, že soubor od VI. kostela vykazuje izotopové hodnoty srovnatelné s těmi, které byly zjištěny v centrální části hradiště (Mikulčice hrad), především se to týká izotopových poměrů dusíku. Také na Pohansku, další z centrálních oblastí Velkomoravské říše (Poláček, 2008), můžeme vidět izotopový poměr dusíku jen o málo nižší. Stejně tak rozdíl průměrných izotopových poměrů dusíku oproti fauně je u všech centrálních oblastí podobný. Obyvatelé těchto lokalit tedy konzumovali velmi podobné množství živočišných produktů (vyšší oproti lokalitám ze zázemí). Zjištěné hodnoty jsou tedy v souladu s předpokladem o elitním postavení populace, která pohřbívala své mrtvé u VI. kostela. Naopak Josefov I, „chudší“ pohřebiště nacházejí se v mikulčickém zázemí (Poláček, 2008), vykazuje oproti VI. kostelu nižší izotopový poměr dusíku, stejně jako Mikulčice-Kostelisko. Obyvatelé Josefova a Mikulčic-Kosteliska tedy konzumovali menší množství živočišných proteinů než obyvatelé centrálních oblastí, a

zároveň také více prosa. Tento fakt je zajímavý především z hlediska socioekonomické stratifikace mikulčického podhradí.

Tabulka č. 23 – Srovnání velkomoravských lokalit.

(průměrná hodnota δ^{X} (SD))

lokality	$\delta^{13}\text{C}$ (‰)	$\delta^{15}\text{N}$ (‰)	$\Delta^{13}\text{C}$ lidé-fauna	$\Delta^{15}\text{N}$ lidé-fauna	zdroj
Mikulčice VI. kostel	-18,1 (0,5)	10,9 (0,8)	2,3-2,3	3,4-4,1	tato práce
Mikulčice hrad	-17,9 (0,6)	10,9 (0,9)	2,3-2,5	3,5-3,9	Kaupová, 2017
Pohansko	-18,0 (0,6)	10,7 (1,1)	2,2-2,5	3,4-3,7	
Josefov I	-17,9 (0,7)	9,7 (0,7)	2,3-2,6	2,3-2,6	
Mikulčice-Kostelisko	-17,8 (0,6)	10,0 (1,0)	2,7-2,8	2,1-4,3	Halfman and Velemínský, 2015

Zmíněné údaje podporují teorii „*prosa jakožto potraviny starých Slovanů*“, navrženou Reitsemovou a Kozlowskim (2013), což je podtrženo také výsledkem studie Novotné (2017), která se zabývala rekonstrukcí stravy Langobardů v období stěhování národů z blízkého Kyjova – u zkoumané populace Langobardů, která v oblasti žila dříve než Slovanské kmeny, významná konzumace prosa prokázána nebyla. Konzumaci prosa u slovanských národů se podrobněji věnuje kapitola 12.1.5.

Tabulka č. 24 – Srovnávací izotopové hodnoty z vybraných lokalit ve střední Evropě
(průměrná hodnota δ^X (SD))

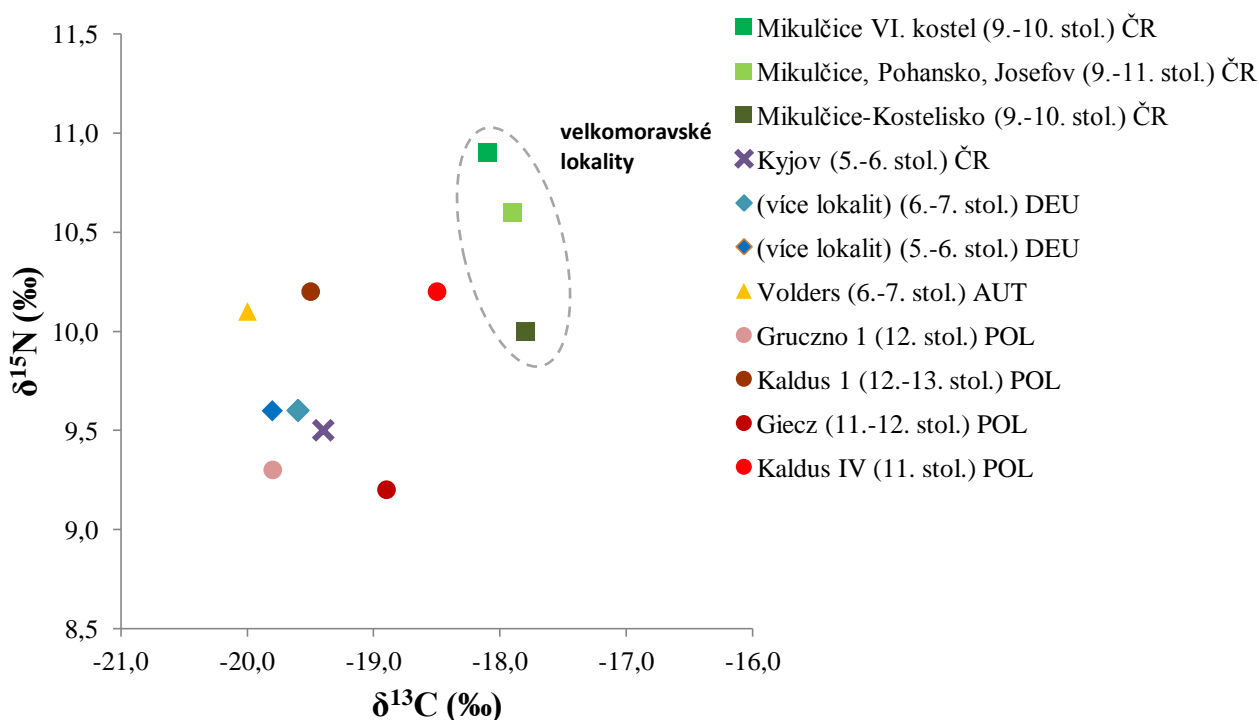
stát	lokalita	datování	$\delta^{13}\text{C}$ (‰)	$\delta^{15}\text{N}$ (‰)	$\Delta^{13}\text{C}$	$\Delta^{15}\text{N}$	zdroj
					lidé-fauna	lidé-fauna	
Česká republika	Mikulčice VI. kostel	9. – 10. stol.	-18,1 (0,5)	10,9 (0,8)	2,3-2,3	3,4-4,1	Tato práce
	Mikulčice, Pohansko, Josefov	9. – 11. stol.	-17,9 (0,6)	10,6 (1,0)	2,3-2,5	3,2-3,6	Kaupová, 2017
	Mikulčice - Kostelisko	9. – 10. stol.	-17,8 (0,6)	10,0 (1,0)	2,7-2,8	2,1-4,3	Halfman and Velemínský, 2015
	Kyjov	5. – 6. stol.	-19,4 (0,7)	9,5 (0,7)	1,1-1,4	2,6-4,1	Novotná, 2017
Německo	více lokalit	6. – 7. stol.	-19,6 (-)	9,6 (-)	1,4-1,7	1,8-3,7	Hakenbeck et al., 2010
	více lokalit	5. – 6. stol.	-19,8 (0,3)	9,6 (0,9)	1,1-1,9	3,3-3,9	Knipper et al., 2013
Rakousko	Volders	6. – 7. stol.	-20,0 (0,4)	10,1 (0,8)	1,8-2,0	3,0-5,1	McGlynn, 2007
Polsko	Kaldus IV	11. stol.	-18,5 (1,0)	10,2 (0,8)	2,6-3,2	3,0-3,9	Reitsema, 2012
	Gruczno 1	12. stol.	-19,8 (0,4)	9,3 (0,6)	1,3-1,9	2,1-3,0	
	Kaldus 1	12. – 13. stol.	-19,5 (0,4)	10,2 (0,7)	1,6-2,2	3,0-3,9	
	Giecz	11. – 12. stol.	-18,9 (0,4)	9,2 (0,5)	2,2-2,8	2,4-2,9	Reitsema et al., 2010

(průměrné rozdíly mezi lidmi a faunou převzaty z Kaupová, 2017 (kromě dat pro Kyjov))
rozdíl mezi faunou a lidmi je počítán s hodnotami běžných hospodářských druhů (skotu, ovci/koz, prasat)

Zaměříme-li se na srovnání stravy velkomoravské populace od VI. kostela v Mikulčicích s dalšími středověkými středoevropskými lokalitami, zjistíme, že izotopový záznam se od zbytku střední Evropy příliš neliší. Co se týká poměru dusíku (souvisejícího s podílem živočišných proteinů ve stravě), u VI. kostela byla zjištěna jedna z nejvyšších hodnot mezi srovnávanými lokalitami, což patrně souvisí s faktem, že pohřebiště u VI. kostela sloužilo převážně elitním vrstvám velkomoravské společnosti.

V případě uhlíku patří průměrný izotopový poměr u VI. kostela spolu s ostatními mikulčickými lokalitami (a dále jednou lokalitou v Polsku – Kaldus IV) k nejvyšším (což naznačuje již zmíněný značný podíl prosa ve stravě u těchto populačních vzorků).

Při pohledu na jednotlivé velkomoravské lokality je vidět, že se příliš neliší ani průměrné rozdíly mezi izotopovými hodnotami lidí a fauny. Oproti Kyjovskému souboru se velkomoravské lokality liší v rozdílu mezi izotopovými hodnotami lidí a fauny v případě uhlíku (lidé z velkomoravských lokalit se od hospodářských zvířat liší více), což je pravděpodobně způsobeno vyšší konzumací prosa u velkomoravské populace lidí. Ostatní středověké evropské lokality vykazují také nižší rozdíl mezi stravou lidí a zvířat v případě uhlíkových izotopů, kromě polského Kaldus IV, kde je $\Delta^{13}\text{C}_{\text{lidé-fauna}}$ vyšší než u velkomoravských nalezišť. Tento jev je opět způsoben vyšší konzumací prosa na velkomoravských lokalitách a v polském Kaldusu. $\Delta^{15}\text{N}_{\text{lidé-fauna}}$ spadá pro VI. kostel mezi nejvyšší zjištěné mezi srovnávacími lokalitami, což značí značný přísun živočišných proteinů ve stravě této populace.



Graf č. 13 – Srovnání průměrných izotopových hodnot střeoevropských lokalit

12.1.5. Proso – „potravina starých Slovanů“

Z údajů zmíněných v předchozích kapitolách je patrný značný význam prosa (*Panicum milliaceum*) pro slovanskou populaci.

Proso seté pochází z JV Asie a již v neolitu se s prvními zemědělci dostalo do Evropy, kde se rychle rozšířilo. Jedná se o velmi odolnou rostlinou, co se týká náročnosti na ekologické podmínky. Je schopné přežít extrémní horka a dlouhodobá sucha a dobře snáší také půdy chudé na živiny. Z běžně pěstovaných obilovin snáší nepříznivé podmínky nejlépe

(Hajnalová, 1993). Co se týká požadavků na zemědělské obhospodařování je však proso plodinou poměrně náročnou, zvláště v období klíčení, kdy potřebuje časté pletí, jelikož v raných fázích vývoje jde o konkurenčně slabou rostlinu (Látková, 2017).

V mikulčicko-kopčanském areálu je proso nejčastěji nalézanou obilovinou v rámci archeologických průzkumů, jeho zastoupení je stejně dominantní v centrálních i periferních oblastech aglomerace, na rozdíl od dalších obilnin, především pšenice, jejíž pozůstatky se nacházejí především v centrálních oblastech (akropole, Předhradí (Látková, 2017). Pšenice tedy představovala prestižní plodinu s vysokou nutriční hodnotou, která sloužila na výrobu kvalitní mouky a následně nejrůznějšího pečiva, zatímco proso představovalo plodinu využívanou univerzálně celou populací bez rozdílu postavení (Látková, 2017, Látková, 2014, Dreslerová et al., 2013).

Již na základě předešlých izotopových výzkumů velkomoravské populace bylo proso na základě svého značného významu pro tuto populaci navrženo jako „potravina starých Slovanů“ (Halffman and Velemínský, 2015). Tuto teorii podporují dále výsledky Kaupové a kolegů (2016) a také výsledky této práce, významnější konzumaci prosa naznačují také izotopové hodnoty některých jedinců ze studie Smrčka et al. (2008a). Významná konzumace prosa byla detekována také na dalších středověkých slovanských lokalitách, například v Polsku (Reitsema, 2012), s příchodem Slovanů se konzumace prosa zvýšila také ve středověkém Chorvatsku (Lightfoot et al., 2012). V některých případech jsou dostupná data ze zmíněných lokalit před a po příchodu Slovanů do těchto regionů (Morava, Chorvatsko) – při srovnání těchto údajů zjistíme, že před příchodem Slovanů proso nehrálo v jídelníčku místních obyvatel významnou roli (Novotná, 2017, Lightfoot et al., 2012), ale po osídlení slovanskými kmeny se konzumace prosa v těchto lokalitách zvedla (Halffman and Velemínský, 2015, Kaupová et al., 2016, Lightfoot et al., 2012, tato práce).

Oblibu prosa u slovanských národů by teoreticky mohla vysvětlit jeho odolnost vůči extrémním podmínkám, které během středověkých změn klimatu na území Evropy panovaly (Lamb, 1965, Hughes and Diaz, 1994, Macháček et al., 2007). Slované si také mohli proso přinést jako „původní“ plodinu ze své domoviny, která je podle některých autorů situována do oblasti dnešní Ukrajiny (Buko, 2007), odkud existují archeobotanické doklady konzumace prosa již ze šestého tisíciletí před Kristem (Motuzaitė-Matuzevičiute et al., 2013). Nicméně původ Slovanů je dodnes obestřen mnoha nejasnostmi (Buko, 2007), a tak zatím není možné tuto teorii nijak prokázat.

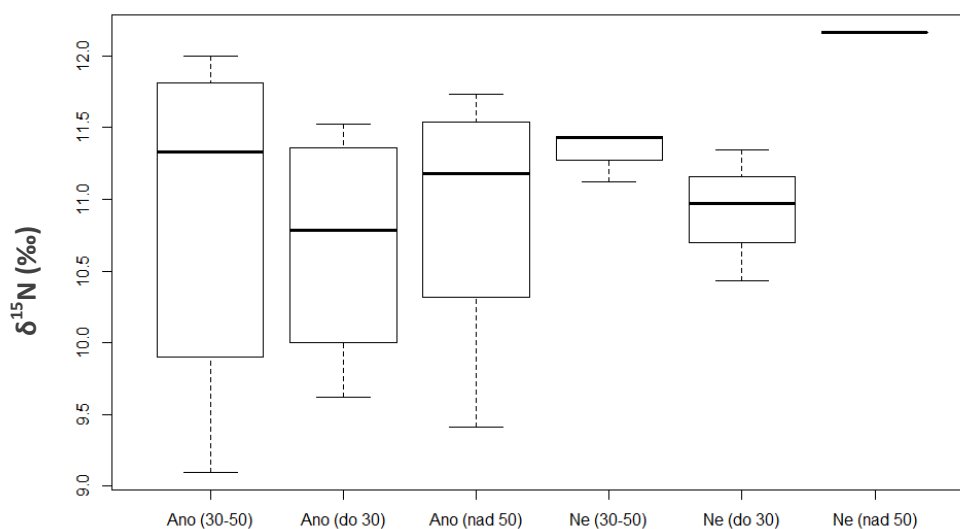
12.2. Zdravotní stav populace od VI. kostela v souvislosti s výživou

Na základě statistických modelů bylo zjištěno, že výskyt či závažnost některých nespecifických stresových ukazatelů či patologií u velkomoravského kosterního souboru od VI. mikulčického kostela významně ovlivňuje charakter výživy.

V případě výskytu *Cribra orbitalia* byl tento nespecifický stresový ukazatel významně ovlivněn izotopovým poměrem dusíku v zubních vzorcích. Oproti očekávání byly však u jedinců, kteří nesli tento znak, objeveny vyšší hodnoty $\delta^{15}\text{N}$ než u jedinců, kteří *Cribra* neměli. V úvodu navrhovaná hypotéza o nižší konzumaci živočišných proteinů, a tedy nedostatku železa či některých vitamínů ve stravě jedinců s *Cribra orbitalia* tedy nebyla našimi daty podpořena. Jako mnohem pravděpodobnější vysvětlení tohoto jevu se jeví tzv. osteologický paradox (Wood et al., 1992). V souladu s jeho předpoklady mají jedinci s lepší stravou větší pravděpodobnost, že se dožijí toho, aby se u nich vytvořil daný patologický/stresový znak, zatímco jedinci, jejichž strava je nekvalitní, stresovému zatížení nedokáží odolat dostatečně dlouho, aby se u nich znak vytvořil. „Zdravější“ část populace se poté jeví jako „nemocnější“. Další možné vysvětlení získaných výsledků je to, že *Cribra orbitalia* jsou znakem, který nemusí souviset výhradně s nutričním stresem. Dalšími možnými příčinami tohoto stavu mohla být u některých z jedinců anémie v důsledku genetického postižení či parazitární infekce (Stuart-Macadam, 1985; Papathanasiou, 2003). Případně se může jednat o důsledek jednoho z limitů izotopové analýzy dusíku, tedy faktu, že pomocí $\delta^{15}\text{N}$ nedokážeme rozlišit, zda zkoumaný jedinec konzumoval maso, či jiné živočišné produkty (mléko, vejce, mléčné produkty, tuk...).

Tyto výsledky jsou v rozporu s výsledky Kaupové (2017), které se vliv izotopových hodnot na výskyt *Cribra orbitalia* statisticky prokázat nepodařilo, prokázána však byla souvislost výskytu tohoto znaku s věkem. Závislost výskytu *Cribra orbitalia* na věku byla objevena také v případě studie Obertové a Thurza (2004). V této práci bylo zároveň zjištěno větší procento výskytu tohoto znaku u zkoumané slovanské populace (pohřebiště ze slovenského Borovce, 8. – 12. století) – autoři uvádí, že kribrotické léze byly zaznamenány u 48,8% zkoumaných jedinců, zatímco v námi studovaném souboru to bylo pouze u 32%. Tento jev je pravděpodobně způsoben obecně vyšším socioekonomickým statutem mikulčické populace (vzhledem k tomu, že se jedná o centrální sídlo Velkomoravské říše), a tedy obecně nižší úrovní biologického stresu, působícího na zdejší obyvatele.

Co se týká přítomnosti zubních kazů, byl zjištěn vztah mezi izotopovými hodnotami z kostních vzorků, pohlavím a věkem. Ženy, u kterých byl nalezen alespoň jeden zubní kaz či intravitální ztráta zubu měly průměrně vyšší izotopové poměry uhlíku, než ženy bez kazů, což znamená, že měly ve stravě značný podíl prosa, naopak muži s kazem/intravitální ztrátou zubu měli izotopové poměry uhlíku průměrně negativnější než muži bez kazů, a také než ženy s kazem. To znamená, že jejich strava obsahovala méně prosa, než strava mužů, kteří chrup postižený kazem neměli, a současně také méně prosa, než strava žen s kazem i bez kazů. Častější přítomnost kazů u mužů s nízkými izotopovými poměry uhlíku může souviset s konzumací většího množství C3 rostlin, například pšenice, žita či ječmene, což jsou obiloviny s vyšší kalorickou hodnotou, než má proso (Látková, 2017). Energeticky bohatší strava pak mohla u této části populace zvýšit incidenci zubního kazu. Vysvětlení vztahu izotopových poměrů z žen je v případě výskytu zubního kazu problematické, výsledek statistického modelu mohl být ovlivněn malým zastoupením žen, u kterých nebyl zubní kaz zaznamenán, ve zkoumaném vzorku populace. Dále, jedinci, u kterých byl zaznamenán kaz, mají ve všech věkových skupinách nižší průměrný izotopový poměr dusíku, nejmarkantnější je tento rozdíl potom ve skupině nad 50 let. Tento jev souvisí s poměrem konzumovaných živočišných bílkovin oproti rostlinným. Jedinci s vyššími izotopovými poměry dusíku konzumovali více živočišných proteinů, tedy stravu chudší na sacharidy (oproti rostlinné stravě). Tento rozdíl v zastoupení rostlinné složky potravy tedy pravděpodobně vedl k většímu rozšíření zubních kazů u té části populace, která konzumovala méně živočišných proteinů (graf č. 22). Získané výsledky se opět rozcházejí s výsledky Kaupové (2017), které se vliv izotopových hodnot, věku ani pohlaví na výskyt zubních kazů prokázat nepodařilo.



Graf č. 22 – Vliv věku a výživy na výskyt zubních kazů

Ano = jedinci se zubním kazem/intravitální ztrátou zubu, Ne = jedinci bez kazů a ztrát zubů

V souvislosti s zubními kazami byl dále modelován vztah s izotopovými hodnotami a indexem intenzity kazivosti zubů (I-CE). Jako faktor se signifikantním vlivem na intenzitu kazivosti se ukázal především věk, kdy jedinci nižšího věku měli signifikantně nižší kazivost zubů, což je přirozeně očekávaný jev (Kaupová, 2017). Co se týká izotopových hodnot získaných pro dusík (z kostních vzorků), jedinci s vyšším I-CE měli překvapivě také vyšší podíl živočišných bílkovin v jídelníčku. Tyto výsledky jsou v rozporu s dosavadními předpoklady a výsledky získanými v obdobných studiích (Kaupová, 2017, Novotná, 2017). Při bližším zkoumání tohoto jevu nebyl objeven žádný vztah mezi kazivostí zubů a socioekonomickým statutem, který by umožnil lepší vysvětlení (tedy že jedinci s vyšším $\delta^{15}\text{N}$ měli snazší přístup k moučným produktům a tedy vyšší abrazivitou, vedoucí k vyšší kazivosti (Hillson, 2005)). Vysvětlení získaného vztahu tedy zůstává nejasné.

V případě výskytu lineárních hypoplázií zubní skloviny se nepodařilo statisticky prokázat spojitost s žádným z testovaných faktorů, nicméně v případě závislosti na izotopových poměrech dusíku v zubech se výsledek modelu velice blížil hranici signifikance. Průměrná hodnota izotopového poměru dusíku pro jedince s hypopláziemi byla nepatrně vyšší (o 0,41 ‰), než průměrná hodnota jedinců bez hypoplázií. Tento výsledek je opět překvapivý, jelikož napovídá, že jedinci s tímto stresovým znakem měli ve stravě větší podíl živočišných proteinů. Nicméně vyšší spotřeba živočišných proteinů nemusí nutně znamenat, že byly tyto jedinci nutričně méně stresováni, alespoň co se týká příčin vzniku lineárních hypoplázií zubní skloviny. Již v úvodu bylo zmíněno, že příčinou hypoplázií je hypokalcémie, která vede k poruše tvorby zubní skloviny (Nikiforuk and Fraser, 1979). Hypotézou, která byla pro tento znak navržena bylo, že jedinci s hypopláziemi budou mít nižší poměry dusíku, které by znamenaly nižší přísun živočišných bílkovin (masa, mléka...) ve stravě. Tato hypotéza našimi výsledky podpořena nebyla, nicméně vyšší izotopové poměry dusíku nás z již výše zmíněných důvodů neinformují o tom, zda jedinec konzumoval maso či jiný produkt, pocházející z živočichů (v tomto konkrétním případě se jedná především o mléko a mléčné výrobky). To, že jedinci s hypopláziemi mají vyšší $\delta^{15}\text{N}$ tedy ještě neznamena, že skutečně pili více mléka, či konzumovali více mléčných produktů. Získané výsledky jsou v rozporu s výsledky Novotné (2017), která u langobardské populace z nedalekého Kyjova uvádí, že část populace nesoucí hypoplázie měla také nižší izotopové poměry dusíku, nicméně v případě této studie byl výskyt hypoplázií zubní skloviny srovnáván s izotopovým záznamem z kostní tkáně (tedy stravou v dospělosti). Složení tamější stravy se mohlo během života jedinců měnit, a vzhledem k tomu, že autorka neposkytuje srovnání s dentinovými vzorky,

není možné s jistotou tvrdit, že strava těchto jedinců a jejich zdravotní stav vykazovaly stejný vztah i v dětství.

Posledním ze sledovaných dentálních znaků byla míra abraze u M1 a M2. V souvislosti se signifikantním vlivem izotopových hodnot uhlíku (v kostech) na míry opotřebenění chrupu lze říci, že jedinci s větší mírou dentální abraze konzumovali menší podíl prosa oproti jedincům, kteří měli chrup méně opotřebený. V případě tohoto výsledku je zřejmě stěžejní styl přípravy pokrmů, které byly vařeny z prosa a z ostatních obilovin. Z prosa se vařily jáhelné kaše, které neprošly při své přípravě zpracováním na kamenných mlýncích, tudíž neobsahovaly příměs kamenného prachu, jako tomu bylo u moučných pokrmů z ostatních obilovin (pšenice, žito, ječmen...) (Beranová, 2005). Jedinci, kteří konzumovali více prosa, požívali tedy šetrnější stravu, a jejich chrup tedy jeví menší opotřebenění. Dále byl objeven statisticky významný rozdíl v abrazi mezi pohlavími. Muži vykazovali větší míru obrusu, což patrně souvisí s obecně nižším podílem prosa v jejich stravě (a tedy i vyšší abrazivitou stravy). Tyto výsledky jsou v souladu s výsledky Kaupové (2017), která uvádí u mužské části velkomoravské populace závislost opotřebenění chrupu na izotopovém poměru uhlíku (muži konzumující méně prosa měli silnější obrus zubů), což dává do souvislosti s texturou stravy (prosné kaše/moučné pečivo). Naproti tomu u kyjevských Langobardů byla objevena závislost na izotopovém poměru dusíku, kdy jedinci konzumující více živočišných proteinů vykazovaly také větší dentální opotřebenění (Novotná, 2017). Autorka v souvislosti se srovnáním langobardské a velkomoravské populace navrhuje jako možné vysvětlení odlišný vliv jednotlivých složek stravy na zdravotní stav dentice, který mohl být podmíněn kulturně – odlišný způsob přípravy pokrmů u srovnávaných populací.

O vztahu výšky postavy s charakterem výživy nelze pro tuto populaci utvořit žádné závěry, z důvodu špatné zachovalosti měřených kostí v „izotopovém souboru“.

Tabulka č. 25 – Srovnání vztahu jednotlivých osteologických znaků a jejich vztahu k výživě na jednotlivých lokalitách.

Osteologický znak	Vysvětlující faktory	VI. kostel (VM) (tato práce)	Mikulčice, Prušánky, Josefov (VM) (Kaupová, 2017)	Kyjov (Langobardi) (Novotná, 2017)
Přítomnost <i>Cribrra orbitalia</i>	Pohlaví	x	x	Ano
	Věk	x	Ano	x
	Izotopy	Ano ($\delta^{15}\text{N}$)	x	x
Přítomnost zubních kazů/intravitálních ztrát zubů	Pohlaví	Ano	x	x
	Věk	Ano	x	Ano
	Izotopy	x	x	x
Přítomnost lineárních hypoplázií zubní skloviny	Pohlaví	x	-	x
	Věk	x	-	x
	Izotopy	x	-	Ano ($\delta^{15}\text{N}$)
I-CE	Pohlaví	x	Ano	x
	Věk	Ano	Ano	Ano
	Izotopy	Ano ($\delta^{15}\text{N}$)	Ano (u mužů, $\delta^{13}\text{C}$)	Ano ($\delta^{13}\text{C}$)
Opotřebenění chrupu	Pohlaví	Ano	x	Ano
	Věk	x	Ano	Ano
	Izotopy	Ano ($\delta^{13}\text{C}$)	Ano (u mužů, $\delta^{13}\text{C}$)	Ano ($\delta^{15}\text{N}$)

VM = Velkomoravská říše

x = daný faktor variabilitu v osteologickém znaku nevysvětluje, - = daný znak nebyl v práci hodnocen

Zdánlivě protichůdné výsledky jednotlivých prací mohou být ovlivněny malou velikostí souborů, které byly při výzkumech využity. Tento možný problém by měl být odstraněn v plánované souhrnné práci, která by měla statisticky analyzovat všechna uvedená data jako celek. Dalším záměrem je také rozšíření stávajících dat o další vzorky.

13. Závěr

Na základě analýzy relativních poměrů stabilních izotopů uhlíku a dusíku u kosterního souboru od VI. mikulčického kostela bylo zjištěno, že strava této velkomoravské populace byla založena především na terestrických zdrojích. Výživa byla tvořena jak živočišnými, tak rostlinnými proteiny, které pocházely z různých potravních zdrojů (hospodářská zvířata, pěstované plodiny, nelze vyloučit ani určitý podíl lovených živočichů).

Co se týká podílu C4 rostlin, byla u zkoumané populace prokázána významná příměs této složky ve stravě. V případě této konkrétní populace byla C4 skupina rostlin reprezentována prosem setým, které je považováno za typickou plodinu starých Slovanů, což výsledky této práce potvrzují. Největší podíl prosa v jídelníčku byl identifikován u vzorků, odpovídajících stravě v dětství, v dospělosti pak místní obyvatelé proso konzumovali v menší míře.

U zkoumané populace nebyl objeven signifikantní rozdíl ve stravě mužů a žen, nicméně především v případě izotopového poměru uhlíku se výsledek testu blížil hranici signifikance, což naznačuje nevelký rozdíl v množství konzumovaného prosa (u ženské populace byla průměrná hodnota $\delta^{13}\text{C}$ méně negativní). V souvislosti se socioekonomickým postavením jedince byly prokázány rozdíly v míře konzumace živočišných proteinů jak v dospělosti, tak v dětství. Vysoce postavení jedinci konzumovali signifikantně více živočišných proteinů než jedinci z nižších tříd, a tento rozdíl na základě společenského postavení se utvářel již v raném věku. Rozdíly ve stravě mezi jednotlivými věkovými skupinami dospělé populace objeveny nebyly.

V souvislosti s odlišnostmi v izotopovém záznamu bylo objeveno několik jedinců, u kterých je možné předpokládat odlišný geografický původ, především se jedná o ženy, což podporuje již dříve navrženou hypotézu o patrilokalitě žen v mikulčické populaci (především v případě elitních vrstev společnosti) (Bigoni et al., 2013).

Dále bylo zjištěno, že u zkoumané populace existuje statisticky prokazatelný vztah mezi charakterem výživy a výskytem některých nespecifických stresových ukazatelů či dentálních patologií. *Cribra orbitalia* se překvapivě ukázala jako pozitivně závislá na izotopovém poměru dusíku, stejně jako výskyt lineárních hypoplázií zubní skloviny, u kterých však tento vztah byl mnohem méně prokazatelný. V obou případech však mohlo při vzniku

daných stresových indikátorů hrát roli ještě mnoho jiných faktorů. Zdravotní stav ústní dutiny byl signifikantně ovlivněn jak izotopovými hodnotami uhlíku, tak dusíku, a dále také pohlavím a věkem zkoumaných jedinců. Souvislost výšky postavy s izotopovými hodnotami nebylo možné z důvodu nedostatečné zachovalosti dlouhých kostí blíže prozkoumat.

Výsledky této práce naznačují směr, kterým by se mohly ubírat další výzkumy, zaměřené na tuto lokalitu. Především by bylo vhodné na daném kosterním souboru provést analýzu relativních poměrů izotopů stroncia, která by mohla podpořit předpoklady o odlišném geografickém původu některých jedinců. Dalším krokem v souvislosti s výživou by pak mohla být analýza minerální složky kosti, která by poskytla lepší přehled o jednotlivých složkách jídelníčku. V nejbližší době je také plánována studie, která by měla analyzovat vztah mezi stabilními izotopy a osteologickými znaky u českých raně středověkých lokalit, která bude pracovat s větším souborem dat, do něhož bude mimo jiné patřit také datový soubor z této práce.

14. Seznam použitých zdrojů

- Åberg G, Fosse G, Stray H. 1998. Man, nutrition and mobility: A comparison of teeth and bone from the Medieval era and the present from Pb and Sr isotopes. *Sci Total Environ* 224:109–119.
- Aldhoon Hainerová I, Zamrazilová H. 2015. Zdravotní a psychosociální komplikace obezity u dětí a dospívajících. *Pediatric pro praxi* 16:150–153.
- Ambrose SH. 1990. Preparation and characterization of bone and tooth collagen for stable carbon and nitrogen isotope analysis. *J Archaeol Sci* 17:431–451.
- Ambrose SH, Norr L. 1993. Given the isotopic composition of a specific tissue, that of the diet or of other tissues may be calculated if the. In: Lambert JB, Grupe G, editors. *Prehistoric human bone*. Berlin, Heidelberg: Springer. p 1–37.
- Beranová M. 2005. *Jídlo a pití v pravěku a ve středověku*. Praha: Academia.
- Bigoni L, Krajčiček V, Sládek V, Velemínský P, Velemínská J. 2013. Skull shape asymmetry and the socioeconomic structure of an early medieval central european society. *Am J Phys Anthropol* 150:349–364.
- Bocherens H. 1992. *Biogéochimie isotopique (^{13}C , ^{15}N , ^{18}O) et paléontologie des vertébrés: applications à l'étude des réseaux trophiques révolus et des paléoenvironnements*. Nepublikovaná dizertační práce. Paris: Université Paris VI.
- Bondioli L, Nava A, Rossi PF, Sperduti A. 2016. Diet and health in Central-Southern Italy during the Roman Imperial time. *Acta Imeko* 5:19.
- Bowen GJ, Wassenaar LI, Hobson K. 2005. Global application of stable hydrogen and oxygen isotopes to wildlife forensics. *Oecologia* 143:337–348.
- Brůžek J. 2016. Odhad demografických ukazatelů u VI. kostela z Mikulčic. *Archiv Antropologického oddělení Národního muzea v Praze*. Nepublikovaná zpráva.
- Buko A. 2007. *The archaeology of early medieval Poland: discoveries–hypotheses–interpretations*. Leiden-Boston: BRILL.
- Burt NM. 2015. Individual dietary patterns during childhood: An archaeological application of a stable isotope microsampling method for tooth dentin. *J Archaeol Sci* 53:277–290.
- Cybulski JS. 1977. Cribra orbitalia, a possible sign of anemia in early historic native populations of the British Columbia coast. *Am J Phys Anthropol* 47:31–39.
- Čihák R. 2001. *Anatomie 1*. Praha: Grada.
- Delwiche CC, Steyn PL. 1970. Nitrogen Isotope Fractionation in Soils and Microbial Reactions. *Environ Sci Technol* 4:929–935.

- DeNiro M, Epstein S. 1981. Influence of diet on the distribution of nitrogen isotopes in animals. *Geochim Cosmochim Acta* 45:341–351.
- DeNiro MJ. 1985. Postmortem preservation and alteration of in vivo bone collagen isotope ratios in relation to palaeodietary reconstruction. *Nature* 317:806–809.
- DeNiro MJ, Epstein S. 1978. Influence of diet on the distribution of carbon isotopes in animals. *Geochim Cosmochim Acta* 42:495–506.
- Devincenzi T, Delfosse O, Andueza D, Nabinger C, Prache S. 2014. Dose-dependent response of nitrogen stable isotope ratio to proportion of legumes in diet to authenticate lamb meat produced from legume-rich diets. *Food Chem* 152:456–461.
- DeWitte SN. 2010. Sex differentials in frailty in medieval England. *Am J Phys Anthropol* 143:285–297.
- Doláková N, Roszková A, Přichystal A. 2010. Palynology and natural environment in the Pannonian to Holocene sediments of the Early Medieval centre Pohansko near Břeclav (Czech Republic). *J Archaeol Sci* 37:2538–2550.
- Dreslerová G, Hajnalová M, Macháček J. 2013. Subsistenční strategie raně středověkých populací v dolním Podyjí Archeozoologické a archeobotanické vyhodnocení nálezů z výzkumu Kostice – Zadní hrúd (2009 – 2011) The subsistence strategies of the early medieval population in the lower Dyje River regi. *Archeologické Rozhledy* 65:825–850.
- Dvornik F. 1964. The Significance of the Mission of Cyril and Methodius. *Slavic Review* 23:195–211.
- Fejerskov O, Kidd E. 2008. *Dental Caries, The Disease and its Clinical Management*. Oxford: Blackwell Munksgaard Ltd.
- Fogel RW, Engerman SL, Floud R, Friedman G, Margo RA, Sokoloff K, Steckel RH, Trussell TJ, Villaflor G, Wachter KW. 1983. Secular Changes in American and British Stature and Nutrition. *J Interdiscip Hist* 14:445–481.
- Freeth C. 2000. Dental health in British antiquity. In: Cox M, Mays S, editors. *Human Osteology in Archeology and Forensic Science*. London: GMM. p 227–238.
- Goodman AH, Rose JC. 1990. Assessment of systemic physiological perturbations from dental enamel hypoplasias and associated histological structures. *Am J Phys Anthropol* 33:59–110.
- Hajnalová M. 1993. *Obilie v archeobotanických nálezoch na Slovensku*. Archeologický ústav Slovenskej Akadémie vied. Nitra.

- Hakenbeck S, McManus E, Geisler H, Grupe G, O'Connell T. 2010. Diet and Mobility in Early Medieval Bavaria: A Study of Carbon and Nitrogen Stable Isotopes. *Am J Phys Anthropol* 143:235–249.
- Halffman CM, Velemínský P. 2015. Stable isotope evidence for diet in early medieval Great Moravia (Czech Republic). *J Archaeol Sci Reports* 2:1–8.
- Hardy K, Blakeney T, Copeland L, Kirkham J, Wrangham R, Collins M. 2009. Starch granules, dental calculus and new perspectives on ancient diet. *J Archaeol Sci* 36:248–255.
- Hecky RE, Hesslein RH. 1995. Contributions of benthic algae to lake food webs as revealed by stable isotope analysis. *J North Am Benthol Soc* 14:631–653.
- Hedges RE, Clement JG, Thomas CDL, O'Connell TC. 2007. Collagen turnover in the adult femoral mid-shaft: Modeled from anthropogenic radiocarbon tracer measurements. *Am J Phys Anthropol* 133:808–816.
- Herold H. 2012. Fortified Settlements of the 9th and 10th Centuries ad in Central Europe: Structure, Function and Symbolism. *Mediev Archaeol* 56:60–84.
- Hillson S. 2005. *Teeth*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Hillson S, Bond S. 1997. Relationship of enamel hypoplasia to the pattern of tooth crown growth: A discussion. *Am J Phys Anthropol* 104:89–103.
- Hladík M. 2014. *Hospodárske zázemie Mikulčíc*. Brno: Archeologický ústav AV ČR.
- Hoefs J. 2009. *Stable Isotope Geochemistry*. 6th ed. Berlin, Heidelberg: Springer.
- Hoffmann RC. 2001. Frontier Foods for Late Medieval Consumers: Culture, Economy, Ecology. *Environ Hist Camb* 7:131–167.
- Horáčková L, Strouhal E, Vargová L. 2004. *Základy paleopatologie*. Brno: Akademické nakladatelství CERM.
- Hughes MK, Diaz HF. 1994. Was there a “medieval warm period”, and if so, where and when? *Clim Change* 26:109–142.
- Humphrey L. 2000. Growth studies of past populations: an overview and an example. In: Cox M, Mays S, editors. *Human Osteology in Archeology and Forensic Science*. London: GMM. p 23–38.
- Chrisolm BS. 1989. Variation in Diet Reconstructions Based on Stable Carbon Isotopic Evidence. In: Price TD, editor. *The Chemistry of Prehistoric Human Bone*. Cambridge University Press. p 10–37.

- Chrzanowska W, Januszkiewicz-Zalecka D. 2003. Tierknochenfunde aus der Vor-und Hauptburg des Burgwalls von Mikulčice. In: Poláček L, editor. Studien zum Burgwall von Mikulčice V. Brno: Archeologický ústav AV ČR. p 121–149.
- Ismail AI. 1998. The role of early dietary habits in dental caries development. *Spec Care Dent* 18:40–45.
- Jarošová I, Drozdová E. 2007. Rekonstrukce stravy pomocí dentálních mikroabrazí u obyvatel z Pohanska - jižního Předhradí. *Ve službách Archeologie* 2:84–93.
- Jim S, Ambrose SH, Evershed RP. 2004. Stable carbon isotopic evidence for differences in the dietary origin of bone cholesterol, collagen and apatite: implications for their use in palaeodietary reconstruction. *Geochim Cosmochim Acta* 68:61–72.
- Kaupová S. 2017. Bioarchaeology of the medieval population of central Europe: Relationship among health status, social context and nutrition. Dizertační práce. Praha: Univerzita Karlova v Praze
- Kaupová S, Herrscher E, Velemínský P, Cabut S, Poláček L, Brůžek J. 2014. Urban and rural infant-feeding practices and health in early medieval Central Europe (9th-10th Century, Czech Republic). *Am J Phys Anthropol* 155:635–651.
- Kaupová S, Velemínský P, Herrscher E, Sládek V, Macháček J, Poláček L, Brůžek J. 2016. Diet in transitory society: isotopic analysis of medieval population of Central Europe (ninth–eleventh century AD, Czech Republic). *Archaeol Anthropol Sci*: V tisku. Available from: <http://link.springer.com/10.1007/s12520-016-0427-8>
- Kjellström A, Storå J, Possnert G, Linderholm A. 2009. Dietary patterns and social structures in medieval Sigtuna, Sweden, as reflected in stable isotope values in human skeletal remains. *J Archaeol Sci* 36:2689–2699.
- van Klinken GJ. 1999. Bone Collagen Quality Indicators for Palaeodietary and Radiocarbon Measurements. *J Archaeol Sci* 26:687–695.
- Knipper C, Peters D, Meyer C, Maurer AF, Muhl A, Schöne BR, Alt KW. 2013. Dietary reconstruction in Migration Period Central Germany: A carbon and nitrogen isotope study. *Archaeol Anthropol Sci* 5:17–35.
- Kovačiková L, Brůžek J. 2008. Stabilní izotopy a bioarcheologie – výživa a sledování migrací v populacích minulosti (1). *Živa* 1:42–45.
- Lamb HH. 1965. The early medieval warm epoch and its sequel. *Palaeogeogr Palaeoclimatol Palaeoecol* 1:13–37.
- Larsen CS. 2002. Bioarchaeology: The lives and lifestyles of past people. *J Archaeol Res* 10:119–166.

- Látková M. 2014. Archeobotanika Kopčianskeho sídelného komplexu. Študijné zvesti Archeol ústavu SAV 55:113–129.
- Látková M. 2017. The Archaeobotany of Mikulčice Food Supply to the Early Medieval Stronghold. Brno: Archeologický ústav AV ČR.
- Lebl J, Krásničanová H. 1996. Růst dětí a jeho poruchy. Praha: Galén.
- Lightfoot E, Liu X, Jones MK. 2013. Why move starchy cereals? A review of the isotopic evidence for prehistoric millet consumption across Eurasia. *World Archaeol* 45:574–623.
- Lightfoot E, Šlaus M, O'Connell TC. 2012. Changing Cultures, Changing Cuisines: Cultural Transitions and Dietary Change in Iron Age, Roman, and Early Medieval Croatia. *Am J Phys Anthropol* 148:543–556.
- Longin R. 1971. New Method of Collagen Extraction for Radiocarbon Dating. *Nature* 230:267–268.
- Lukacs JR. 2011. Sex differences in dental caries experience: Clinical evidence, complex etiology. *Clin Oral Investig* 15:649–656.
- Lukacs JR, Largaespada LL. 2006. Explaining sex differences in dental caries prevalence: Saliva, hormones, and “life-history” etiologies. *Am J Hum Biol* 18:540–555.
- Macháček J. 2009. Disputes over Great Moravia: Chiefdom or state? the Morava or the Tisza River? *Early Medieval Europe* 17:248–267.
- Macháček J. 2012. „Velkomoravský stát“ – kontroverze středoevropské medievistiky. *Archeologické Rozhledy* 64:775–787.
- Macháček J. 2013. U kolébky dnešních civilizací (600-1000). In: Bárta M, Kovář M, editors. *Civilizace a dějiny*. Praha: Academia. p 231–257.
- Macháček J, Doláková N, Dresler P, Havlíček P, Hladilová Š, Přichystal A, Roszková A, Smolíková L. 2007. Raně středověké centrum na Pohansku u Břeclavi a jeho přírodní prostředí. *Archeologické Rozhledy* 59:278–314.
- Martin R. 1914. *Lehrvuch der Anthropologie—in systematischer Darstellung*. Jena.
- Mazuch M. 2012. Výzkumy severního podhradí hradiště Valy u Mikulčic: k otázce násilného zániku velkomoravských mocenských center na počátku 10. věku. In: Mezi raným a vrcholným středověkem (Pavlu Kouřilovi k šedesátým narozeninám přátelé, kolegové, žáci). Brno: Archeologický ústav AV ČR. p 137–159.
- McConnaughey T, McRoy CP. 1979. Food-Web Structure and Fractionation of Carbon Isotopes in the Bering Sea. *Mar Biol* 53:257–262.
- McCutchan JH, Lewis WM, Kendall C, McGrath CC. 2003. Variation in trophic shift for stable isotope ratios of carbon, nitrogen, and sulfur. *Oikos* 102:378–390.

- McGlynn G. 2007. Using ^{13}C -, ^{15}N - and ^{18}O stable isotope analysis of human bone tissue to identify transhumance, high altitude habitation and reconstruct palaeodiet for the early medieval Alpine population at Volders, Austria. Dizertační práce. Mnichov: Ludwig-Maximilians-Universität München.
- van der Merwe NJ, Vogel JC. 1978. ^{13}C Content of human collagen as a measure of prehistoric diet in woodland North America. *Nature* 276:815–816.
- Minagawa M. 1992. Reconstruction of human diet from $\delta^{13}\text{C}$ and $\delta^{15}\text{N}$ in contemporary Japanese hair: a stochastic method for estimating multi-source contribution by double isotopic tracers. *Appl Geochemistry* 7:145–158.
- Minagawa M, Wada E. 1984. Stepwise enrichment of ^{15}N along food chains: Further evidence and the relation between $\delta^{15}\text{N}$ and animal age. *Geochim Cosmochim Acta* 48:1135–1140.
- Moggi-Cecchi J, Pacciani E, Pinto-Cisternas J. 1994. Enamel hypoplasia and age at weaning in 19th-century Florence, Italy. *Am J Phys Anthropol* 93:299–306.
- Moorrees CF, Fanning EA, Hunt Jr EE. 1963. Age variation of formation stages for ten permanent teeth. *J Dent Res* 42:1490–1502.
- Motuzaitė-Matuzevičiūtė G, Staff RA, Hunt H V, Liu X, Jones MK. 2013. The early chronology of broomcorn millet (*Panicum miliaceum*) in Europe. *Antiquity* 87:1073–1085.
- Müldner G, Montgomery J, Cook G, Ellam R, Gledhill A, Lowe C. 2009. Isotopes and individuals: diet and mobility among the medieval Bishops of Whithorn. *Antiquity* 83:1119–1133.
- Müldner G, Richards MP. 2005. Fast or feast: Reconstructing diet in later medieval England by stable isotope analysis. *J Archaeol Sci* 32:39–48.
- Nathan H, Haas N. 1966. “Cribra orbitalia”. A bone condition of the orbit of unknown nature. Anatomical study with etiological considerations. *Isr J Med Sci* 2:171–191.
- Neiburger EJ. 1990. Enamel Hypoplasias: Poor Indicators of Dietary Stress. *Am J Phys Anthropol* 82:231–233.
- Nikiforuk G, Fraser D. 1979. Etiology of Enamel Hypoplasia and Interglobular Dentin: The Roles of Hypocalcemia and Hypophosphatemia. *Metab Bone Dis Relat Res* 2:17–23.
- Novotná A. 2017. Využití analýzy stabilních izotopů uhlíku a dusíku k rekonstrukci výživy ve vztahu ke zdravotnímu stavu langobardské populace. Diplomová práce. Praha: Univerzita Karlova v Praze.

- O'Connell TC, Hedges REM. 1999. Isotopic Comparison of Hair and Bone: Archaeological Analyses. *J Archaeol Sci* 26:661–665.
- O'Leary MH. 1988. Carbon Isotopes in Photosynthesis. *Bioscience* 38:328–336.
- Obertová Z, Thurzo M. 2004. Relationship between cribra orbitalia and enamel hypoplasia in the early medieval Slavic population at Borovce, Slovakia. *Anthropologie* 42:189–194.
- Opravil E. 2000. Zum Umwelt des Burgwalls von Mikulčice und zur pflanzlichen Ernährung seiner Bewohner. In: Poláček L, editor. *Studien zum Burgwall von Mikulčice IV*. Brno: Archeologický ústav AV ČR. p 9–169.
- Ortner DJ. 2003. Identification of pathological conditions in human skeletal remains. San Diego: Academic Press.
- Ottalagano F, Loponte D. 2016. Stable isotopes and diet in complex hunter-gatherers of Paraná River Basin, South America. *Archaeol Anthropol Sci*: 1–13.
- Papathanasiou A. 2003. Stable isotope analysis in Neolithic Greece and possible implications on human health. *Int J Osteoarchaeol* 13:314–324.
- Parfitt AM. 2002. Misconceptions (2): Turnover is always higher in cancellous than in cortical bone. *Bone* 30:807–809.
- Poláček L. 2001. Mikulčice a mikulčický výzkum v roce 2001. *Archeologické Rozhledy* 58:361–428.
- Poláček L. 2006. Terénní výzkum v Mikulčicích. Brno: Archeologický ústav AV ČR.
- Poláček L. 2008. Great Moravia, the Power Centre at Mikulčice and the Issue of the Socioeconomic Structure. In: Poláček L, Velemínský P, editors. *Studien zum Burgwall von Mikulčice VIII*. Brno: Archeologický ústav AV ČR. p 11–44.
- Poláček L. 2012. Mosty a říční archeologie v Mikulčicích (Teze). *Přehled výzkumů* 53:23–38.
- Poláček L. 2016. Hradiště Mikulčice-Valy a Velká Morava. Brno: Archeologický ústav AV ČR.
- Poláček L, Mazuch M, Hladík M, Bartošková A. 2007. Stav a perspektivy výzkumu podhradí mikulčického hradiště. *Přehled výzkumů* 48:119–142.
- Polcerová L. 2016. Odhad výšky postavy na základě skeletu: Srovnání různých metod. Diplomová práce. Brno: Masarykova univerzita.
- Post DM. 2002. Using stable isotopes to estimate trophic position: models, methods, and assumptions. *Ecology* 83:703–718.
- Poulik J. 1963. Dvě velkomoravské rotundy v Mikulčicích. Praha: Československá Akademie věd.

- Powell ML. 1985. Analysis of dental wear and caries for dietary reconstruction. In: Gilbert RI, Mielke JH, editors. *The analysis of prehistoric diets*. Orlando: Academic Press. p 307–338.
- Profantová N, Kavánová B. 2003. *Mikulčice - pohřebiště u 6. a 12. kostela*. Brno: Archeologický ústav AV ČR.
- Reinhard KJ, Bryant VM. 1992. Coprolite Analysis: A Biological Perspective on Archaeology. *Archaeol Method Theory* 4:245–288.
- Reitsema LJ. 2012. *Stable Carbon and Nitrogen Isotope Analysis of Human Diet Change in Prehistoric and Historic Poland*. Dizertační práce. Columbus: The Ohio State University.
- Reitsema LJ. 2013. Beyond diet reconstruction: Stable isotope applications to human physiology, health, and nutrition. *Am J Hum Biol* 25:445–456.
- Reitsema LJ, Crews DE, Polcyn M. 2010. Preliminary evidence for medieval Polish diet from carbon and nitrogen stable isotopes. *J Archaeol Sci* 37:1413–1423.
- Reitsema LJ, Kozłowski T. 2013. Diet and society in Poland before the state: stable isotope evidence from a Wielbark population (2nd c . AD). *Anthropol Rev* 76:1–22.
- Reitsema LJ, Vercellotti G. 2012. Stable Isotope Evidence for Sex- and Status-Based Variations in Diet and Life History at Medieval Trino Vercellese, Italy. *Am J Phys Anthropol* 148:589–600.
- Richards MP, Mays S, Fuller BT. 2002. Stable Carbon and Nitrogen Isotope Values of Bone and Teeth Reflect Weaning Age at the Medieval Wharram Percy Site, Yorkshire, UK. *Am J Phys Anthropol* 119:205–210.
- Richards MP, Montgomery J, Nehlich O, Grimes V. 2008. Isotopic analysis of humans and animals from Vedrovice. *Anthropologie* 46:185–194.
- Rutgers L V., van Strydonck M, Boudin M, van der Linde C. 2009. Stable isotope data from the early Christian catacombs of ancient Rome: new insights into the dietary habits of Rome's early Christians. *J Archaeol Sci* 36:1127–1134.
- Scott EC. 1979. Dental wear scoring technique. *Am J Phys Anthropol* 51:213–217.
- Selwitz et al RH. 2007. Dental caries. *Lancet* 369:51–59.
- Scheeres M, Knipper C, Hauschild M, Schönfelder M, Siebel W, Pare C, Alt KW. 2014. “Celtic migrations”: Fact or fiction? Strontium and oxygen isotope analysis of the Czech cemeteries of Radovesice and Kutná Hora in Bohemia. *Am J Phys Anthropol* 155:496–512.
- Schoeller DA. 1999. Isotope Fractionation: Why Aren't We What We Eat? *J Archaeol Sci* 26:667–673.

- Schoeninger MJ. 2010. Diet Reconstruction and Ecology Using Stable Isotope Ratios. In: Larsen CS, editor. *A Companion to Biological Anthropology*. Wiley-Blackwell. p 397–408.
- Schoeninger MJ, DeNiro MJ. 1984. Nitrogen and carbon isotopic composition of bone collagen from marine and terrestrial animals. *Geochim Cosmochim Acta* 48:625–639.
- Schoeninger MJ, DeNiro MJ, Tauber H. 1983. Stable Nitrogen Isotope Ratios of Bone Collagen Reflect Marine and Terrestrial Components of Prehistoric Human Diet
Published by: American Association for the Advancement of Science 220:1381–1383.
- Schulting RJ. 1998. Slighting the sea : stable isotope evidence for the transition to farming in northwestern Europe. *Doc Praehist* 25:203–218.
- Schwarcz HP, Dupras TL, Fairgrieve SI. 1999. ^{15}N Enrichment in the Sahara: In Search of a Global Relationship. *J Archaeol Sci* 26:629–636.
- Sládek V, Macháček J, Ruff CB, Schuplerová E, Přichystalová R, Hora M. 2015. Population-specific stature estimation from long bones in the early medieval Pohansko (Czech Republic). *Am J Phys Anthropol* 158:312–324.
- Smith BG, Knight JK. 1984. A comparison of patterns of tooth wear with aetiological factors. *Br Dent J* 157:16–19.
- Smrčka V, Velemínský P, Bůzek F, Zocová J. 2008a. Stable C, N Isotopes in Human Skeletal Material in the Great Moravian Burial Site in Mikulčice-Kostelisko. In: Poláček L, Velemínský P, editors. *Studien zum Burgwall von Mikulčice VIII*. Brno. p 169–176.
- Smrčka V, Velemínský P, Mihaljevič M, Zocová J. 2008b. Trace Elements in Human Skeletal Material from the Great Moravian Burial Site in Mikulčice-Kostelisko. In: Poláček L, Velemínský P, editors. *Studien zum Burgwall von Mikulčice VIII*. Brno. p 151–168.
- Stloukal M ed. 1999. *Antropologie, Příručka pro studium kostry*. Praha: Národní muzeum.
- Stloukal M, Vyhnánek L. 1976. *Slované z velkomoravských Mikulčic*. Praha: Academia.
- Stránská P. 2013. Možnosti hodnocení dentální patologie na archeologickém kostrovém materiálu: prevalence zubního kazu od pravěku po novověk. *Časopis Lékařů Českých* 152:196–205.
- Stránská P, Velemínský P, Poláček L. 2015. The prevalence and distribution of dental caries in four early medieval non-adult populations of different socioeconomic status from Central Europe. *Arch Oral Biol* 60:62–76.
- Stuart-Macadam P. 1985. Porotic Hypertostosis: Representative of a Childhood Condition. *Am J Phys* 66:391–398.

- Sweeting CJ, Barry J, Barnes C, Polunin NVC, Jennings S. 2007. Effects of body size and environment on diet-tissue $\delta^{15}\text{N}$ fractionation in fishes. *J Exp Mar Bio Ecol* 340:1–10.
- Štefan I. 2011. Great Moravia, Statehood and Archeology. The “Decline and Fall” of One Early Medieval Polity. In: Henning J, Leube A, Biermann F, editors. *Praktische Function, gesellschaftliche Bedeutung und symbolischer Sinn der frühgeschichtlichen Zentralorte in Mitteleuropa, Studien zur Archäologie Europas*. Bonn. p 1–28.
- Štefan I. 2014. Mocní náčelníci od řeky Moravy? Poznámky ke struktuře raných států. *Archeologické Rozhledy* 66:141–176.
- Tieszen LL, Boutton TW, Tesdahl KG, Slade N a. 1983. Fractionation and turnover of stable carbon isotopes in animal tissues: Implications for $\delta^{13}\text{C}$ analysis of diet. *Oecologia* 57:32–37.
- Turner CG. 1979. Dental anthropological indications of agriculture among the Jomon people of central Japan. *Am J Phys Anthropol* 51:619–635.
- Unger J. 2006. Pohřební ritus 1. až 20. století v Evropě z antropologicko-archeologické perspektivy. Brno: Akademické nakladatelství CERM.
- Unzeitigová V. 2000. Morfologické znaky na postkraniálním skeletu z pohřebiště Josefov. Diplomová práce. Praha: Univerzita Karlova v Praze.
- Virginia RA, Delwiche CC. 1982. Natural ^{15}N abundance of presumed N_2 -fixing and non- N_2 -fixing plants from selected ecosystems. *Oecologia* 54:317–325.
- Vogel JC, van der Merwe NJ. 1977. Isotopic Evidence for Early Maize Cultivation in New York State. *Am Antiq* 42:238–242.
- Walker PL, Bathurst RR, Richman R, Gjerdrum T, Andrushko VA. 2009. The causes of porotic hyperostosis and cribra orbitalia: A reappraisal of the iron-deficiency-anemia hypothesis. *Am J Phys Anthropol* 139:109–125.
- Wang X, Shaffer JR, Weyant RJ, Cuenco KT, Desensi RS, Crout R, McNeil DW, Marazita ML. 2010. Genes and their effects on dental caries may differ between primary and permanent dentitions. *Caries Res* 44:277–284.
- Wapler U, Crubézy E, Schultz M. 2004. Is Cribra Orbitalia Synonymous with Anemia? Analysis and Interpretation of Cranial Pathology in Sudan. *Am J Phys Anthropol* 123:333–339.

- Watts R. 2011. Non-specific indicators of stress and their association with age at death in Medieval York: Using stature and vertebral neural canal size to examine the effects of stress occurring during different periods of development. *Int J Osteoarchaeol* 21:568–576.
- Watts R. 2015. The long-term impact of developmental stress. Evidence from later medieval and post-medieval London (AD 1117-1853). *Am J Phys Anthropol* 158:569–580.
- Wild E., Arlamovsky K., Golser R, Kutschera W, Priller A, Puchegger S, Rom W, Steier P, Vycudilik W. 2000. 14C dating with the bomb peak: An application to forensic medicine. *Nucl Instruments Methods Phys Res Sect B Beam Interact with Mater Atoms* 172:944–950.
- Williams JS, Murphy MS. 2013. Living and dying as subjects of the Inca Empire: Adult diet and health at Puruchuco-Huaquerones, Peru. *J Anthropol Archaeol* 32:165–179.
- Wood JW, Milner GR, Harpending HC, Weiss KM. 1992. The osteological paradox: problems of inferring prehistoric health from skeletal samples [and comments and reply]. *Curr Anthropol* 33:343–370.
- Wright LE, Schwarcz HP. 1998. Stable Carbon and Oxygen Isotopes in Human Tooth Enamel: Identifying Breastfeeding and Weaning in Prehistory. *Am J Phys Anthropol* 106:1–18.
- Zawada Z. 2003. Fischreste aus Mikulčice. In: Poláček L, editor. *Studien zum Burgwall von Mikulčice V*. Brno: Archeologický ústav AV ČR. p 339–354.

Internetové zdroje:

web 1:

<http://files.dejinyarchitektury.cz/2000001974dd414ecd3/700/hradi%C5%A1t%C4%9B%20v%20mikul%C4%8Dic%C3%ADch.jpg>

web 2:

http://pohansko.muni.cz/wp-content/uploads/2015/09/mikulcice_plochy_apr-1024x912.png

web 3:

<http://www.chrono.qub.ac.uk/Publications/IRMS/Fig.1.png>

web 4:

https://classconnection.s3.amazonaws.com/50/flashcards/3569050/jpg/tmp5730_thumb22_thumb-140EE51A857360469E3.jpg

15. Přílohy

Tabulka č. P1 – Izotopová data (kostní vzorky)

#	Lab. #	P	Věk	S	kost	δ 13C (‰)	δ 15N (‰)	C:N	% C	%N	výtěžek (%)
15	MVI 01	F	do 30	B	žebro	-18,15	10,38	3,1	39,11	14,43	5,43
24	MVI 02	?	30-50	C	žebro	-19,72	9,79	3,3	36,58	13,00	3,80
30	MVI 03	F	30-50	C	žebro	-18,08	11,89	3,1	38,95	14,48	9,40
82	MVI 04	F	do 30	C	žebro	-17,24	11,19	3,1	41,99	15,92	13,60
92	MVI 05	F	nad 50	B	žebro	-18,09	11,73	3,1	37,51	13,91	5,25
102	MVI 06	F	30-50	C	žebro	-18,20	12,00	3,2	35,53	13,03	7,13
115	MVI 07	M	dospělý	C	žebro	-18,24	11,18	3,1	36,93	13,78	8,62
119	MVI 08	F	do 30	C	žebro	-18,28	10,97	3,2	39,87	14,60	8,57
127	MVI 09	F	do 30	C	žebro	N	N	N	N	N	0,24
183	MVI 10	F	do 30	A	žebro	-17,64	11,52	3,1	39,15	14,68	13,81
6	MVI 11	F	30-50	A	žebro	-17,38	11,30	3,1	40,00	15,03	7,43
9	MVI 12	M	do 30	B	žebro	-18,06	10,43	3,1	42,73	16,03	8,97
25	MVI 13	M	do 30	B	žebro	-18,44	9,62	3,1	42,09	15,87	13,28
34	MVI 14	M	30-50	C	žebro	-18,98	9,90	3,1	41,71	15,59	7,81
37	MVI 15	F	nad 50	C	žebro	-17,30	9,71	3,1	30,67	11,36	9,34
50	MVI 16	M	30-50	A	žebro	-18,44	11,90	3,0	57,36	21,85	7,47
126	MVI 17	F	nad 50	A	žebro	-17,70	11,63	3,1	34,69	12,83	1,85
135	MVI 18	F	30-50	C	žebro	-18,24	11,12	3,1	31,94	12,02	4,19
165	MVI 19	M	do 30	A	žebro	-17,93	11,34	3,1	41,34	15,40	11,12
104	MVI 20	F	30-50	C	žebro	-17,74	11,33	3,1	42,91	16,13	13,84
141	MVI 21	F	30-50	C	žebro	-18,38	10,34	3,1	44,08	16,37	7,67
145	MVI 22	F	nad 50	C	žebro	-19,16	9,47	3,1	37,38	14,02	8,46
158	MVI 23	F	nad 50	C	žebro	-17,81	10,83	3,1	39,40	14,79	8,68
171	MVI 24	F	nad 50	C	žebro	-17,82	10,70	3,0	37,12	14,14	6,12
175	MVI 25	F?	nad 50	C	žebro	-17,82	11,26	3,1	33,91	12,81	4,60
176	MVI 26	F?	nad 50	C	žebro	N	N	N	N	N	0,76
35	MVI 27	F	30-50	B	žebro	-17,80	9,10	3,1	38,23	14,48	9,55
87	MVI 28	M	nad 50	C	žebro	-17,16	9,41	3,1	42,03	15,84	13,14
184	MVI 29	F	nad 50	B	žebro	-17,81	10,30	3,0	37,41	14,35	7,30
1481	MVI 30	F	nad 50	A	žebro	-18,21	11,39	3,1	40,54	15,26	16,74
134	MVI 31	F	nad 50	C	žebro	N	N	N	N	N	0,24
3	MVI 32	M	30-50	N	žebro	-18,79	11,66	3,1	38,53	14,29	5,17
8	MVI 33	M	nad 50	C	žebro	-17,76	10,34	3,1	42,47	15,97	14,73
14	MVI 34	M	30-50	C	žebro	-18,64	9,36	3,1	38,17	14,38	6,85
32	MVI 35	M	nad 50	A	žebro	-18,44	11,63	3,1	41,99	15,85	15,92
53	MVI 36	M	30-50	C	žebro	-17,62	11,44	3,1	40,48	15,20	12,10
71	MVI 37	M	nad 50	B	žebro	-18,36	11,58	3,1	41,06	15,48	12,36
72	MVI 38	M	nad 50	B	žebro	-17,72	11,18	3,1	42,00	15,84	15,69

79	MVI 39	M?	dospělý	B	metakarp	-17,62	11,41	3,1	43,22	16,19	21,10
85	MVI 40	M	30-50	A	žebro	-18,79	11,42	3,1	37,98	14,43	8,81
105	MVI 41	M	nad 50	A	žebro	-18,48	11,50	3,1	41,28	15,63	17,55
112	MVI 42	M?	nad 50	C	žebro	N	N	N	N	N	0,36
114	MVI 43	M	nad 50	A	žebro	-17,86	12,16	3,1	40,03	15,04	11,53
122	MVI 44	M	30-50	A	žebro	-18,45	11,81	3,1	35,93	13,41	5,04
125	MVI 45	M	nad 50	B	žebro	N	N	N	N	N	0,72
143	MVI 46	M	30-50	B	žebro	-18,24	11,43	3,1	40,04	15,06	7,88

= číslo hrobu

Lab. # = laboratorní číslo vzorku kosti

P = pohlaví

S = Socioekonomický status

N = chybějící data (vzorky neodeslané k analýze)

M = muž, M? = pravděpodobně muž, F = žena, F? = pravděpodobně žena, ? = neurčitelné pohlaví (Brůžek, 2016)

A = nejvyšší socioekonomický status, B = střední, C = nejnižší

Tabulka č. P2 – Izotopová data (zubní vzorky)

#	Lab. #	P	Věk	S	zub	δ 13C (‰)	δ 15N (‰)	C:N	% C	%N	výtěžek (%)
15	MVI 01	F	do 30	B	M ₂	-17,33	10,54	3,1	40,72	15,44	13,17
24	MVI 02	?	30-50	C	M ₂	N	N	N	N	N	5,77
30	MVI 03	F	30-50	C	M ₂	-16,84	10,27	3,1	45,41	17,15	13,00
82	MVI 04	F	do 30	C	M ₂	-17,90	10,99	3,0	39,06	14,88	15,13
92	MVI 05	F	nad 50	B	M ₂	-17,90	11,57	3,1	40,09	14,89	12,62
102	MVI 06	F	30-50	C	M ₂	-18,10	11,24	3,0	45,07	17,15	14,57
115	MVI 07	M	dospělý	C	M ₂	-17,70	10,42	3,1	42,65	16,04	16,24
119	MVI 08	F	do 30	C	M ₂	-18,42	10,34	3,1	38,17	14,47	14,98
127	MVI 09	F	do 30	C	M ₂	-17,69	11,50	3,1	40,40	15,12	15,11
183	MVI 10	F	do 30	A	M ₂	-17,67	11,60	3,1	37,88	14,16	17,39
6	MVI 11	F	30-50	A	M ²	-16,93	11,07	3,1	38,99	14,55	10,01
9	MVI 12	M	do 30	B	M ₂	-16,77	9,36	3,1	39,77	14,89	13,86
25	MVI 13	M	do 30	B	M ₂	-17,97	8,50	3,1	37,39	13,93	4,77
34	MVI 14	M	30-50	C	M ₂	-17,75	10,43	3,1	39,97	15,02	13,69
37	MVI 15	F	nad 50	C	M ₂	-16,39	8,97	3,1	37,94	14,20	15,41
50	MVI 16	M	30-50	A	M ₂	-18,21	9,55	3,1	35,24	13,09	13,72
126	MVI 17	F	nad 50	A	M ₂	-17,03	11,67	3,1	41,66	15,53	13,50
135	MVI 18	F	30-50	C	M ²	-16,98	8,71	3,1	35,28	13,22	6,39
165	MVI 19	M	do 30	A	M ₂	-16,71	12,02	3,1	36,99	14,04	14,71
104	MVI 20	F	30-50	C	M ₂	-17,67	12,81	3,1	39,97	15,07	14,73
141	MVI 21	F	30-50	C	M ₂	-16,42	10,29	3,1	42,06	15,82	13,92
145	MVI 22	F	nad 50	C	M ₂	-19,64	9,29	3,1	39,87	14,87	12,88
158	MVI 23	F	nad 50	C	M ₂	-17,05	9,63	3,1	42,14	15,88	14,24
171	MVI 24	F	nad 50	C	M ₂	-17,88	9,49	3,1	41,34	15,46	14,31
175	MVI 25	F?	nad 50	C	M ₂	-18,25	10,67	3,1	38,86	14,54	13,50
176	MVI 26	F?	nad 50	C	M ₂	-17,85	10,41	3,1	40,76	15,21	12,89
35	MVI 27	F	30-50	B	M ₂	-17,00	9,47	3,1	40,14	15,02	15,87
87	MVI 28	M	nad 50	C	M ²	-17,79	8,95	3,1	38,40	14,22	13,60
184	MVI 29	F	nad 50	B	M ²	-17,56	11,33	3,1	41,39	15,48	14,62
1481	MVI 30	F	nad 50	A	M ²	-15,93	11,20	3,1	42,98	16,12	13,66
134	MVI 31	F	nad 50	C	M ₂	N	N	N	N	N	6,58
3	MVI 32	M	30-50	N	M ₂	-17,73	9,37	3,1	40,53	15,09	13,53
8	MVI 33	M	nad 50	C	M ₂	-18,09	7,94	3,1	38,64	14,45	15,28
14	MVI 34	M	30-50	C	M ₂	-17,22	9,08	3,1	38,06	14,16	8,06
32	MVI 35	M	nad 50	A	M ₂	-17,69	11,53	3,1	41,74	15,61	13,95
53	MVI 36	M	30-50	C	M ₂	-16,12	10,42	3,1	32,86	12,21	13,48
71	MVI 37	M	nad 50	B	M ₂	-18,08	10,45	3,1	39,38	14,68	13,74
72	MVI 38	M	nad 50	B	M ₂	-18,15	10,75	3,1	39,02	14,57	13,50
79	MVI 39	M?	dospělý	B	M ₂	-16,79	10,30	3,1	42,22	15,82	13,16
85	MVI 40	M	30-50	A	M ₂	-18,16	11,37	3,1	37,84	14,06	8,33
105	MVI 41	M	nad 50	A	M ²	-17,22	10,67	3,1	39,02	14,61	15,43
112	MVI 42	M?	nad 50	C	M ₂	-17,60	8,98	3,2	36,71	13,41	4,08
114	MVI 43	M	nad 50	A	M ₂	-17,55	11,17	3,1	43,39	16,30	16,51
122	MVI 44	M	30-50	A	M ₂	-17,84	10,97	3,1	41,61	15,66	15,15

125	MVI 45	M	nad 50	B	M ²	-18,56	9,51	3,1	41,93	15,69	14,27
143	MVI 46	M	30-50	B	M ₂	N	N	N	N	N	14,36*

= číslo hrobu

Lab. # = laboratorní číslo vzorku kosti

P = pohlaví

S = Socioekonomický status

N = chybějící data (vzorky neodeslané k analýze)

M = muž, M? = pravděpodobně muž, F = žena, F? = pravděpodobně žena, ? = neurčitelné pohlaví (Brůžek, 2016)

A = nejvyšší socioekonomický status, B = střední, C = nejnižší

* = vzorek sice jeví dostatečný výtěžek pro odeslání k analýze, ale jeho množství bylo vizuálně nedostačující, již na počátku extrakce kolagenu bylo množství prášku, získaného nadrcením zubu malé, výtěžek tedy sice byl relativně velký, ale fakticky nedostačující.

Tabulka č. P3 – Socioekonomický status

číslo hrobu	výbava	status
2	BN (bez nálezů)	C
3	železná šípka (<i>vypadá jako hrot šípu, byla pod levou kyčlí, možná nebyla výbavou, ale zaseklá v ráně?</i>)	N
6	zlaté náušnice	A
8	BN	C
9	železná přezka	B
12	BN	C
14	BN	C
15	zdobený kostěný přeslen	B
16	BN	C
18	železný předmět	B
22	BN	C
24	BN	C
25	železný nůž	B
27	BN	C
30	BN	C
32	ostruhy, nůž, 3x přezka	A
33	železný nůž	B
34	BN	C
35	nůž	B
36	BN	C
37	BN	C
41	BN	C
46	BN	C
50	ostruhy, zlacená průvlečka, zlacené záponky, bronzové nákončí, pozlacené předměty a přezka	A
53	BN	C
54	BN	C
65	BN	C
71	železný nůž	B
72	železný nůž	B
74	BN	C
78	BN	C
79	železný nůž	B
81	železný nůž	B
82	BN	C
85	ostruhy, nůž	A
86	2x záušnice se stříbrem	A
87	BN	C
89	ostruhy, železné přezky, průvlečka, nákončí	A
90	železná šípka, ostruhy, železný hrot, kování, tyčinkový předmět	A
91	BN	C

92	železný nůž	B
93	BN	C
101	železný nůž	B
102	BN	C
104	BN	C
105	ostruhy, nůž	A
112	BN	C
114	ostruhy, nákončí	A
115	BN	C
117	BN	C
119	BN	C
122	ostruhy	A
123	BN	C
124	BN	C
125	železný nůž	B
126	3 zlaté náušnice	A
127	BN	C
131	BN	C
132	BN	C
133	BN	C
134	BN	C
135A	BN	C
136	BN	C
139	BN	C
141	BN	C
143	železný nůž	B
145	BN	C
148	železný nůž	B
150	nůž, ostruhy, 3 železné přezky, průvlečky, 3x nákončí	A
151	sekera, nůž	A
154	BN	C
157	nůž, ostruhy, přezka, průvlečky, nákončí	A
158	BN	C
162	BN	C
165	ostruhy, průvlečka, nůž	A
169	BN	C
170	BN	C
171	BN	C
173	BN	C
175	BN	C
176	BN	C
179	ostruhy, železný nůž	A
182	železné šídlo	B
183	zlaté a stříbrné náušnice, gombík	A

184	železný nůž	B
185	ostruhy, železný nůž	A
188	nádoba	B
1474	BN	C
1477	železná hřívna	B
1480	železný nůž	B
1481	2 zlaté náušnice	A
1495	kostěné šídlo, železná ocilka, železná hřívna	B

N = nehodnoceno

A = nejvyšší socioekonomický status, B = střední, C = nejnižší (Unzeitigová, 2000)