

Univerzita Karlova

Přírodovědecká fakulta

Studijní program: Biologie

Studijní obor: Antropologie a genetika člověka



Bc. Tereza Vitnerová

Změny vnějších povrchů koster dolních končetin způsobené tafonomickými faktory:

Pohansko, 2. kostel

Changes in the external surfaces on the lower limb bones caused by taphonomic factors: Pohansko, 2nd church

Diplomová práce

Školitel: doc. Mgr. Vladimír Sládek, Ph.D.

Praha, 2020

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, 10. 8. 2020

Bc. Tereza Vítnerová

Poděkování:

Na tomto místě bych velice ráda poděkovala svému školiteli doc. Mgr. Vladimíru Sládkovi, Ph.D. za vedení práce, trpělivost a čas věnovaný konzultacím. Dále děkuji Mgr. Šárce Salavové za cenné rady a nekonečnou ochotu během zpracování této práce. Děkuji i kolegům z Laboratoře antropologie kostní tkáně za všestrannou pomoc. Poděkování patří též plk. RNDr. Marku Kotrlému za analýzu oranžového zbarvení. Konečně děkuji také své rodině, příteli a blízkým za podporu během celého mého studia.

Abstrakt:

Změny na vnějším povrchu kostí mohou být způsobeny různými tafonomickými faktory. Pro naši práci je důležité, jak se tyto změny projeví. Cílem práce bylo zpracovat a následně vyhodnotit změny na vnějším povrchu kostí dolních končetin. K analýze jsme zvolili soubor dospělých jedinců z druhého kostelního pohřebiště Pohanska u Břeclavi, konkrétně pletenec dolní končetiny (*cingulum membri inferioris*) a volnou dolní končetinu (*pars libera membri inferioris*). Tafonomické změny jsme zaznamenávali do vytvořených protokolů, typově se jednalo o poškození kosti a barevné změny. Obrazová schémata jsme následně převedli do digitální formy a v programech InkScape a AdobePhotoshop zpracovali do výsledné podoby. Výsledkem jsou *heat mapy*, díky kterým jsme byli schopni popsat nejčtenější místa výskytu jednotlivých změn. Nejčastěji jsme na kostech dolních končetin zachytili výskyt oranžového zbarvení, blíže jsme se proto zaměřili na jeho příčinu. V jeho chemickém složení jsme zjistili zvýšený obsah křemíku a hliníku, domníváme se tedy, že by se mohlo jednat o alumosilikátový zvětrávací produkt.

Klíčová slova: Pohansko, tafonomie, tafonomické faktory, povrch kostí, dolní končetina

Abstract:

Changes in the external surfaces on the lower limb bones can be caused by various taphonomic factors. It is important for our work how these changes will affect. The aim of the work was to process and subsequently evaluate the changes in the external surfaces on the lower limb bones. For analyses we chose set of adults from 2nd church burial ground Pohansko near Břeclav, we chose specifically braid of the lower limbs (*cingulum membri inferioris*) and free lower limb (*pars libera membri inferioris*). We wrote down taphonomic changes into prepared protocols, changes were typologically about damages and color changes. We used programs InkScape and AdobePhotoshop to transform paper protocols into digital form. *Heat maps* are outputs from this programmes through them we are able to see incidence rate of individual changes. We most often detected the occurrence of an orange color on the bones of the lower limbs, so we focused on its cause. We found an increased content of silicon and aluminum in its chemical composition, so we assume that it could be an aluminosilicate weathering product.

Key words: Pohansko, taphonomy, taphonomic factors, bone surface, lower limb

Obsah

1	Úvod	1
1.1	Tafonomické procesy.....	1
1.1.1	Skeletonizace.....	2
1.1.2	Disartikulace	2
1.1.3	Fragmentace	3
1.2	Tafonomie pohřbů a pohřebního jednání.....	3
1.2.1	Primární a sekundární pohřby	3
1.2.2	Hromadné pohřby	4
1.3	Druhé kostelní pohřebiště na Pohansku	4
1.3.1	Paleodemografické údaje	5
1.3.2	Pohřební jednání	8
1.3.3	Hrobové nálezy	9
2	Cíle.....	11
3	Materiál.....	12
4	Metody.....	13
4.1	Příprava protokolů a digitální mikroskopie.....	13
4.2	Digitalizace dat.....	13
4.3	Překryv obrazových schémat a tvorba <i>heat map</i>	14
4.4	Rentgenová difrakce a elektronová mikroskopie	15
4.5	Chyba měření	16
4.6	Statistické zpracování.....	17
5	Výsledky	18
5.1	Poškození kosti.....	18
5.1.1	Absence části kosti.....	18
5.1.2	Odhalená spongióza	20
5.1.3	Absence periostu	21

5.1.4	Praskliny a zlomy	22
5.2	Barevné změny	22
5.2.1	Oranžové zbarvení	22
5.2.2	Černé zbarvení	24
5.2.3	Hnědé zbarvení.....	25
5.2.4	Zelené zbarvení	25
6	Diskuze	26
6.1	Poškození kosti.....	26
6.2	Barevné změny	27
6.2.1	Oranžové zbarvení	27
6.2.2	Černé zbarvení	28
6.2.3	Hnědé zbarvení.....	29
6.2.4	Zelené zbarvení	30
6.3	Srovnání výskytu tafonomických změn s výsledky Salavové (2019).....	31
7	Závěr	34
8	Seznam použité literatury	36
9	Přílohy.....	43
9.1	Tabulky	43
9.2	Grafy.....	52
9.3	Obrázky	56

Seznam zkratk

α	hladina významnosti
n	kombinovaná odchylka měření
P	průhlednost jedné vrstvy
px	pixel
SEM	rastrovací elektronový mikroskop
$T_{N \text{ layers}}$	<i>layers transparency</i> (výsledná průhlednost v místě, kde se překrývají vrstvy)

1 ÚVOD

Tafonomie je věda, která se zabývá studiem procesů vedoucích ke vzniku fosílií a jejich zachování. Slovo tafonomie v překladu znamená “zákony pohřbu“, vyplývá to z řeckého *tafo* (pohřeb) a *nomos* (zákony; Efremov, 1940; Nawrocki, 1995). Přesto, že v roce 1940 již byl tento pojem zaveden paleontologem Ivanem Efremovem (Efremov, 1940), tafonomie jako samostatná vědecká disciplína vznikla až v roce 1970. Vznik této disciplíny pomohl návaznosti a pochopení souvislosti několika oborů jako je archeologie nebo fyzická antropologie (Nawrocki, 1995).

Změny na vnějších površích kostí mohou být způsobeny celou řadou tafonomických faktorů (Grupe, 2007). Pro naši práci je důležité, jak se tyto změny na povrchu kostí projeví. Projevit se mohou povrchovým poškozením kostí jako je například praskání, vysoušení či odlupování povrchu (Blau, 2017a) Vlivem některých faktorů (přírodních i kulturních) může docházet k barevným změnám na kostech. Tyto barevné změny mohou být souhrou několika různých tafonomických faktorů stejně tak, jako mnoho různých faktorů samostatně může způsobit stejné zabarvení kosti (Dupras & Schultz, 2013). Může se jednat o takové faktory jako je vliv půdy, slunečního záření či hemolýzy (Huculak & Rogers, 2009; Dupras & Schultz, 2013). Matiegka (1934) například uvádí vznik různých zabarvení působením mikroorganismů a plísní na povrch kostí. Tato práce navazuje na práci Salavové (2019), která se zabývala působením tafonomických faktorů na povrch kostí horních končetin. Výsledky této diplomové práce by měly podat hlubší náhled na problematiku tafonomie druhého kostelního pohřebiště na Pohansku.

1.1 Tafonomické procesy

Tafonomie jako celek se skládá z několika jednotlivých procesů, které probíhají od smrti jedince (Grupe, 2007). Stav jedince (choroby, úrazy) v době smrti a její příčina jsou již prvním faktorem, který následně ovlivňuje celý proces fosilizace (Behrensmeyer et al., 2000). Dále jsou to okolnosti, kterým tělo podléhá po smrti jedince do doby, než je pohřbeno. Za tyto okolnosti jsou považovány například transport, zvětvávání, zdupání nebo ohryz (Grupe, 2007). Záleží také i na tom, jak dlouho po smrti jedince bylo tělo pohřbeno (a zda vůbec pohřbeno bylo; Komar & Buikstra, 2008). Samotný pohřeb jedince je totiž důležitou součástí fosilizace. Značný

vliv má i hloubka hrobu, typ rakve či poloha těla (Prokeš, 2007). Po pohřbení začínají působit na ostatky postdepoziční procesy. Faktory, které jsou za tyto procesy zodpovědné, rozumíme složení půdy (Schultz et al., 2003; Dupras & Schultz, 2013), mikroorganismy v půdě, množství vody v půdě (Dupras & Schultz, 2013), kyslík, pH či koncentrace iontů. Existuje tedy celá řada faktorů, které mohou být pro uchování těla příznivá, avšak souhrn některých faktorů může rozklad těla urychlit. Důležité je brát v potaz i veškeré okolnosti od smrti jedince, jeho pohřbu a pohřebních zvyklostí až po místo, kde byl jedinec uložen. Veškeré z těchto vlivů totiž mohou způsobit změny na vnějších površích kostí (Grupe, 2007).

1.1.1 Skeletonizace

Skeletonizací rozumíme rozklad měkkých tkání z kostí, a to v důsledku fermentativní autolýzy a účasti mikroorganismů a hmyzu (Lyman, 1994c). Měkké tkáně mohou být rozloženy po celém povrchu kostí, nebo pouze v některých částech. (Clark et al., 1996). To, v jaké míře a jak rychle ke skeletonizaci dochází, záleží na množství kyslíku v okolí. Poměr rychlosti rozkladu těla na vzduchu, ve vodě a v zemi takto charakterizuje Casperovo pravidlo (1:2:8). K nejpomalejšímu rozkladu měkkých tkání těla dochází, pokud je tělo pohřbeno v zemi, naopak nejrychleji se rozloží na vzduchu (Prokeš, 2007). Záleží ovšem i na všech už výše zmiňovaných faktorech (hloubka hrobu, poloha těla, vlastnosti půdy atd.; Grupe, 2007).

1.1.2 Disartikulace

Disartikulace je proces, při kterém dochází k rozpojování kloubních spojení kostí následkem rozkladu měkkých tkání (Lyman, 1994c). Kloubní spojení lze klasifikovat několika způsoby, avšak z hlediska tafonomie rozlišujeme dva typy kloubních spojení – kloubní spojení pevné a kloubní spojení slabé (Duday et al., 1990; Černý, 1995). Zpravidla dochází nejprve k disartikulaci v oblastech s tělními otvory (pubické oblasti a oblasti hlavy a krku; Boddington, 1987). To, v jakém pořadí dojde k disartikulaci záleží na několika faktorech jako je oděv nebo typ sedimentu (Boddington, 1987; Černý, 1995). Biologické, fyzikální ani chemické faktory pořadí ovlivnit nemohou, mohou ale ovlivnit rychlost celého rozkladného procesu (Černý, 1995). Lieverse et al. (2005) uvádí, že disartikulace kostí může být ovlivněna různými kulturními zvyklostmi, může mít proto výpovědní hodnotu o pohřebních praktikách minulých populací.

1.1.3 Fragmentace

Kost může být působením vnější síly zlomena, a to v závislosti na vlastnostech kosti (Lyman, 1994b). Vznik kostních fragmentů může mít několik příčin: sešlap půdy, zvětrávání, počasí, záměrné zásahy do hrobu, zlomeniny v průběhu života či v době smrti (Binford, 1978; Lyman, 1994a). K lámání kostí dochází i v důsledku různých pohřebních zvyklostí (Lyman, 1994b). V suchém půdním prostředí je kost křehčí, naopak ve vlhkém prostředí je ke zlomení kosti potřeba větší síly (Turner & Burr, 1993) Dle Shipmana et al. (1981) je možno rozlišit sedm typů zlomenin, osmý typ doplnil Marshall (1989). Dle typu zlomeniny lze odhalit, kdy byla kost zlomena. Intenzitu fragmentace lze posoudit podle velikosti fragmentů nebo tzv. poměrem fragmentace (Lyman, 1994b). Poměr fragmentace udává, kolik fragmentů průměrně z dané kosti vznikne po jejím rozlomení (Richardson, 1980). Maximální počet fragmentů, které se dají určit z jedné kosti je 15, větší počet drobných fragmentů identifikovat nelze (Lyman, 1994b). Také povrch kostí může být v důsledku různých vlivů poškozen. Jedná se například o odlupování povrchu kostí (Blau, 2017a) nebo o praskliny a rýhy. (Ubelaker, 1996).

1.2 Tafonomie pohřbů a pohřebního jednání

Pohřeb je významnou součástí fosilizace, umožňuje totiž přechod ostatků z biosféry do litosféry (Denys, 2002). Záleží ovšem na velikosti jedince, jeho způsobu života, skutečnosti jak hluboko jsou ostatky pohřbeny a na typu sedimentu, který se v lokalitě nachází. Typy jednotlivých sedimentů se liší v textuře a velikosti částic a jelikož mají odlišné vlastnosti, mohou rozdílně působit na povrch kostí (Lyman, 1994a). Důležité je brát v potaz polohu těla i typ hrobu, do kterého je jedinec pohřben. Často v důsledku rituálního jednání byli jedinci v hrobě orientováni podle světových stran (Černý, 1995). Na stav kostí má dále vliv například i kanibalismus nebo sekundární pohřby (Svoboda, 2003).

1.2.1 Primární a sekundární pohřby

Primárním pohřbem rozumíme pohřeb jednoho nebo více jedinců, kteří jsou však pohřbeni v krátkém časovém intervalu od doby smrti a to současně (Černý, 1995). Na druhé straně je pak pohřeb sekundární, kdy je do hrobu později zasahováno

a s ostatky těla je manipulováno (Andrews & Bello, 2006). Sekundární pohřeb může mít několik důvodů. Jedním z důvodů jsou náboženské rituály, při kterých mohou být kosti odstraňovány či jinak symbolicky přemísťovány (Svoboda, 2003). Některé zásahy však nemusí být dobře rozpoznatelné, proto je někdy těžké určit, zda se jednalo o pohřeb primární či sekundární. Pro určení typu pohřbu je důležité, aby kostra byla kompletní (Andrews & Bello, 2006). Určení sekundárního pohřbu je ale mnohem obtížnější, zvláště pokud jiné kosti byly skládány do anatomické polohy (Černý, 1995). Na druhém kostelním pohřebišti na Pohansku bylo rozpoznáno celkem 6 případů, ve kterých se jednalo o sekundární pohřeb jedince k již pohřbenému jedinci. Vzhledem k tomu, že při tomto zásahu došlo k disartikulaci kloubních spojení, kosti se následně nenacházely v anatomické poloze a byly proto označeny jako tzv. sklad kostí (Macháček et al., 2016).

1.2.2 Hromadné pohřby

Hromadné pohřby se mohou řadit k primárním i sekundárním pohřbům, podle toho, v jakém časovém rozmezí byla těla do hrobu vkládána. Může se jednat o úmrtí více osob nedlouho po sobě, nejčastěji v důsledku epidemií či katastrof. Pohřbívání do téhož hrobu může ale probíhat i po řadu několika let (Černý, 1995). V případě, že následuje další pohřeb do hrobu, kde tělo ještě není plně skeletonizováno, dochází k vytváření tzv. sekundárních dutých prostor. Ty mají za následek sesedání půdy, a tím i posunutí některých kostí (Duday et al., 1990; Prokeš, 2007). Na druhém kostelním pohřebišti na Pohansku nebyly identifikovány žádné hromadné pohřby (Macháček et al., 2016).

1.3 Druhé kostelní pohřebiště na Pohansku

Pohansko u Břeclavi se nachází na jižní Moravě nedaleko rakouských hranic, nad soutokem řek Moravy a Dyje (Macháček, 2007) a patřilo k jednomu z důležitých center Velkomoravské říše (Macháček et al., 2014). Na základě některých archeologických artefaktů byla existence tohoto centra datována do období mezi koncem 9. století a polovinou 10. století – jedná se tedy o raně středověké pohřebiště (Macháček, 2007; Macháček et al., 2014). Pohřebiště se rozprostírá na mírně vyvýšené ploše velké 627 m² (2,7 ha) (Macháček et al., 2014; Macháček & Sládek, 2019) a je orientováno směrem od jihozápadu k severovýchodu. Prostor pohřebiště byl zřejmě

ohrazen pomocí palisádových žlabů, ze kterých se část dochovala (Macháček et al., 2016). Do hloubky 10 cm pod povrchem země se vyskytuje humusovitá a hlinitopísčité půda (Macháček & Přichystalová, 2017). V hloubce 15 – 20 cm pod povrchem země se již nacházejí zbytky původního povrchu s početnými nálezy a zbytky stavby včetně kamenů, malty a omítky (Macháček et al., 2014; Macháček & Přichystalová, 2017). Hroby byly nalezeny v hloubce 20 – 50 cm pod původním raně středověkým povrchem země (Macháček & Přichystalová, 2017).

Pohřbívání jedinců na Pohansku bylo lokalizováno v blízkosti kostela. Přímo uvnitř kostela bylo identifikováno 5 jedinců – H 140, H 153, H 166, H 167 a H 176 (Macháček et al., 2014; Sládek, 2016). Jednalo se o dva jedince mužského pohlaví (H 153 a H 166) a tři nedospělé jedince (H 140, H 167, H 176; Sládek, Makajevová & Hora, 2017c; Macháček & Sládek, 2019). Uložení jedinců uvnitř kostela může být odrazem vyššího společenského postavení jedinců. Jedinec H 153 byl pohřben na nejvýznamnějším místě uvnitř kostela, jeho hrobová jáma byla velmi pečlivě uspořádána a jednalo se navíc o staršího jedince (Macháček & Sládek, 2019).

Terénní výzkum na Pohansku u Břeclavi započal již roku 1958 objevem prvního kostela (Macháček, 2007; Sládek et al., 2015), druhé kostelní pohřebiště na severovýchodním předhradí bylo objeveno až roku 2006. Výzkum zde probíhal mezi roky 2008 a 2012. Dle antropologického zkoumání zde bylo nalezeno celkem 155 jedinců ze 152 hrobů (Macháček et al., 2016).

1.3.1 Paleodemografické údaje

Analýze paleodemografických údajů bylo podrobena všech 155 nalezených koster – 58 dospělých jedinců a 97 nedospělých jedinců (Sládek & Makajevová, 2017). Vzhledem k příznivým podmínkám zůstaly kosterní pozůstatky velmi dobře zachovány, obzvláště pak kosterní pozůstatky dospělých jedinců. Kosti dolních končetin dospělých jedinců jsou zachované velmi dobře (cca 80 % případů) – především kosti stehenní, holenní a pánevní. Izolované kosti zpracovány nebyly (Macháček et al., 2016). Veškeré paleodemografické údaje, kromě odhadu věku dospělých jedinců, byly odhadovány pomocí tzv. *hybridního přístupu*. Tento přístup zahrnuje podíl vlivu prostředí na utváření biologických vlastností organismu a pracuje s metodami, které berou v potaz zachovalost kosterních pozůstatků (Ruff et al., 2012; Macháček et al., 2016).

Určení paleodemografických údajů je důležitým nástrojem, díky kterému lze ujasnit sociální a kulturní strukturu minulých populací (Sládek, Makajevová & Hora, 2017a).

1.3.1.1 Odhad věku

Věk u kosterních pozůstatků je odhadován na základě biologického opotřebení organismu, proto se jedná o odhad biologického věku. Ten však nemusí být shodný s věkem chronologickým, záleží na míře biologických změn kostní tkáně (Sládek, Makajevová & Berner, 2017). Aby bylo dosaženo co nejpřesnějšího odhadu, byly použity odlišné metody pro dospělé a nedospělé jedince (Macháček et al., 2016). U nedospělých jedinců se jednalo o metody založené na stupni růstu a vývoje dentice (Ubelaker, 1989), délce kostí a posouzení tvaru a velikosti zachovaných částí lebky a dlouhých kostí (Fazekas & Kósa, 1978). Věk u dospělých jedinců byl odhadován ve většině případů (84,5 %) na základě změn *facies symphysealis* (Brooks & Suchey, 1990), dále pak v 13,8 % na základě míry obrusu dentice (Lovejoy, 1985). Pouze u 1 dospělého jedince nebylo možné věk odhadnout. Všichni jedinci byli následně kategorizováni do věkových skupin – fetus, infans Ia, infans Ib, infans II, juvenis, adultus, maturus a senilis. Největší zastoupení jedinců (34 %) je zahrnuto ve skupině infans Ib, která zahrnuje věk 1 – 6,9 let. Dospělých jedinců je nejvíce zahrnuto (19 %) ve skupině maturus (35 – 49,9 let), jedná se tak o druhou nejpočetnější skupinu. Věkové zastoupení jedinců se příliš neliší od ostatních pohřebišť na Pohansku (Macháček et al., 2016).

1.3.1.2 Odhad pohlaví

Odhad pohlaví je významným paleodemografickým údajem, který vypovídá o životě jedince a umožňuje základní analytické rozřazení souboru. Pohlaví bylo odhadováno pouze u dospělých jedinců, jejichž kostry již plně vykazovaly známky sexuálního dimorfismu (Sládek, Makajevová & Hora, 2017c). V převážné většině (88 %) případů byla použita metoda dle Brůžka (2002) založená na morfoskopických a metrických znacích pánevní kosti, v ostatních případech (10,3 %) byla použita sekundární diskriminační funkce, která vychází z rozměrů postkraniální a kraniální kostry (Sládek & Makajevová, 2017). Odhad pohlaví nebyl možný v 1,7 % případů – tj. pouze u 1 jedince (Macháček et al., 2016). Celkem bylo u druhého kostelního pohřebiště na Pohansku identifikováno 32 mužských a 25 ženských koster (Sládek, Makajevová &

Hora, 2017c). Poměr mužů a žen (1,12) odpovídá běžnému rozpětí (Macháček et al., 2016).

1.3.1.3 Odhad výšky a hmotnosti postavy

Pro stanovení odhadu výšky a hmotnosti postavy bylo hodnoceno všech 58 dospělých jedinců (Sládek, Makajevová & Hora, 2017a, Sládek, Makajevová & Hora, 2017b). Výška postavy byla v 70,7 % případů odhadována metodou, která je založena na anatomické rekonstrukci výšky dle Raxter et al. (2006) a v 19 % případů na výpočtu z regresních rovnic, a to konkrétně na základě délky stehenní kosti. U 6,8 % případů byl výpočet založen na délce holenní nebo pažní kosti. U zbylých jedinců nebylo možné výšku postavy odhadnout (Macháček et al., 2016). Hmotnost byla odhadována v 77,6 % pomocí metody založené na velikosti postavy a šíři pánve dle Ruffa et al. (2005) a v 15,5 % případů na výpočtu z regresních rovnic, konkrétně na průměru hlavice stehenní kosti. Regresní rovnice, které byly použity pro odhad výšky i hmotnosti byly přímo odvozeny pro druhé kostelní pohřebiště na Pohansku. Ve zbylých případech nebylo možné hmotnost odhadnout. Mužští jedinci průměrně měřili 170 cm a vážili 70,5 kg a jedinci ženského pohlaví 154 cm a 56,3 kg. Na průměrných hodnotách výšky i postavy je patrný pohlavní dimorfismus mezi muži a ženami (Macháček et al., 2016).

Jedinec mužského pohlaví z hrobu H 153, který byl pohřben na nejdůležitějším místě uvnitř kostela, byl oproti ostatním dospělým jedincům z druhého kostelního pohřebiště na Pohansku výrazně vysoké postavy – přibližně 185 cm (Macháček et al., 2016; Macháček & Sládek, 2019). Jednalo se pravděpodobně o nejváženějšího jedince vzhledem k jeho velikosti, hmotnosti, pokročilejšímu věku, poloze hrobu i jeho stravě (Sládek, 2016). Vzhledem k těmto okolnostem se mohlo jednat o zakladatele či vlastníka druhého kostela stejně tak jako o některého z velkomoravských knížat (Macháček et al., 2014; Macháček et al., 2016). S jistotou lze konstatovat, že se jednalo o výjimečného jedince společnosti (Sládek, 2016).

1.3.2 Pohřební jednání

1.3.2.1 Morfologie hrobových jam

Hrobová jáma byla celkem zaznamenána u 131 jedinců. Nejčastěji byla tvaru obdélníkovitého se zaoblenými rohy či pouze obdélníkovitého s neckovitým profilem a kolmým sklonem stěn. Výjimečněji (v 9 případech) se hrobová jáma vyskytovala ve tvaru lichoběžníku, a to buď sbíhajícímu se k nohám nebo k hlavě. Jednalo se o hroby H 60, H 61, H 78, H 118, H 135, H 150, H 153, H 166 a H 195 (Macháček et al., 2016). Hrob H 153 byl navíc mimořádný nejen svým tvarem, ale i kamenným obložením stěn a umístěním přímo uvnitř kostela na velice významném místě (Macháček et al., 2014; Macháček & Sládek, 2019). Rozměrově odpovídaly hrobové jámy velikosti těla uložených jedinců. Výjimkou bylo několik hrobových jam, kdy se jednalo o jámy příliš velké či příliš těsné. Vzhledem k tomu, že některé hrobové jámy byly narušeny či zničeny výkopem dalších hrobových jam, lze předpokládat, že hroby patřily do různých časových etap. Většina hrobů byla vyplněna písčitou hlínou nebo pískem. Hrobová jáma byla upravována v 54 případech (35,5 % všech hrobů), jednalo se o obložení hrobů kameny, lidskými kostmi a výskyt dřevěné konstrukce (Macháček et al., 2016).

1.3.2.2 Poloha zemřelých

Z uložení těl, ale i například z polohy pletenců horních i dolních končetin a kostí nohy je patrné, že převládající poloha těl zemřelých byla poloha na zádech, kdy horní končetiny byly podél těla a dolní končetiny natažené (tzv. *decubitus dorsalis*) (Macháček et al., 2014). V této poloze bylo celkem nalezeno 129 jedinců, přičemž 91 jedinců bylo orientováno hlavou směrem k jihozápadu. V odlišné poloze byli nalezeni dva dospělí jedinci – H 84 a H 97, oba leželi na pravém boku. Jedinec H 84 měl pouze nepatrně pokrčené dolní končetiny, na rozdíl od kostry jedince H 97, který byl ve zcela skrčené poloze. U 17 dětských koster se nepodařilo polohu těla určit. Celkem v 6 případech byl rozpoznán sekundární pohřeb jedince k již pohřbenému jedinci, avšak v době, kdy tělo bylo již plně skeletonizováno (Macháček et al., 2016). Identifikovány nebyly žádné známky pohřbení jedinců v rakvi, avšak v některých hrobech byly objeveny pozůstatky dřevěných konstrukcí, které zřejmě sloužily jako pohřební nosítka (Macháček et al., 2014).

1.3.2.3 Pohřební rituály

Na pohřebišti u druhého kostela na Pohansku bylo evidováno několik trendů, které značí záměrné zacházení s mrtvými těly. Pohřební ceremonie z období Velkomoravské říše odpovídají křesťanským ale i pohanským tradicím (Macháček et al., 2016). Dospělí a nedospělí jedinci byli zřejmě pohřbíváni do odlišně upravených hrobových jam, což ale odpovídá zvyklostem objevujícím se i na jiných pohřebištích z tohoto období (Sládek & Kavanová, 2003; Macháček et al., 2014). U 14 jedinců z pohřebiště byl přítomen plochý kámen v blízkosti lebky – nejčastěji však přímo pod ní. Jedinci, u kterých byl tento úkaz zaznamenán patřili do různých věkových skupin a jednalo se o muže i ženy. Jedná se o poměrně starý zvyk, který evidujeme už z dob antického Řecka a byl praktikován zřejmě kvůli fixaci hlavy (obličej tak směřoval k nebesům). Podkládání hlav zemřelých mohla však být mnohem běžnější zvyklost. K podkladu hlavy mohl sloužit i organický materiál (dřevo, tráva), který se pouze nedochoval, což může být patrné z polohy lebek (Macháček et al., 2016). Zajímavostí je, že lebka jedince H 153 byla nalezena v neobvyklé poloze – spodina lebeční byla opřena o dno hrobu. To mohlo být způsobeno přirozenými procesy při dekompozici těla (za předpokladu, že jedinec měl hlavu mírně opřenou o stěnu hrobové jámy), anebo mohla být vložena do hrobu sekundárně (Macháček et al., 2014).

K dalším pohřbívacím zvykům patří vkládání keramických nádob do hrobů zemřelých. Celkem byla keramika nalezena u 5 jedinců, a to vždy v blízkosti dolních končetin. Přestože o tom z tohoto pohřebiště nemáme přímé důkazy, dovnitř nádob byly zřejmě vloženy potravinové milodary (Macháček et al., 2016). Ve dvou hrobech byly také nalezeny zvířecí kosti – v obou případech se ale jedná o kostry nedospělých jedinců (Macháček et al., 2014; Macháček et al., 2016).

1.3.3 Hrobové nálezy

V hrobech byly také objeveny především archeologicky cenné nálezy. Artefakty byly nalezeny celkem v 65 hrobech (Macháček & Přichystalová, 2017; Macháček & Sládek, 2019), avšak v některých případech se jednalo pouze o předměty nalezené v zásypu hrobových jam. V hrobech byly nejčastěji nalezeny různé typy ženských šperků (náušnice, záušnice, náhrdelníky, prsten), méně často pak mužské předměty a zbraně ale i běžné denní předměty typu jehel či keramické nádoby (Macháček et al., 2014;

Macháček et al., 2016). Ženské šperky na tomto pohřebišti tvoří velmi početnou skupinu. Bylo zde nalezeno velké množství náušnic, záušnic (často se v hrobech vyskytovaly po jedné) a gombíků. Prsten zde byl nalezen pouze v jednom případě, a to u nedospělého jedince. Mužská hrobová výbava je oproti tomu velmi málo zastoupena. Pouze ve dvou hrobech (H 60, H 105) byly nalezeny sekery, které tak představují jediné zástupce mužských zbraní na tomto pohřebišti. V obou případech byly nalezeny v blízkosti pravého kolenního kloubu. Dále zde bylo nalezeno 37 nožů v 31 hrobech, tradičně uloženy v blízkosti pánevních a stehenních kostí (Macháček et al., 2016).

U jedince H 153 nebyl evidován žádný artefakt či keramická nádoba, a to i přesto, že se pravděpodobně jednalo o vysoce postaveného jedince (Macháček et al., 2014). Pouze v zásypu tohoto hrobu byl nalezen pozůstatek opaskové přezky (Macháček et al., 2016). Naproti tomu u jedince H 166 byla nalezena bronzová rukojeť s kusem textilu, která je považována za nejpozoruhodnější nalezený artefakt (Macháček et al., 2014).

2 CÍLE

Cílem této diplomové práce je zpracovat a následně vyhodnotit změny na vnějším povrchu kostí dolních končetin dospělých jedinců z druhého kostelního pohřebiště na Pohansku u Břeclavi, a to z hlediska tafonomických faktorů. Pro tuto práci jsme vybrali pletenec dolní končetiny (*cingulum membri inferioris*) a kosti volné dolní končetiny (*pars libera membri inferioris*) bez kostí nohy (*ossa pedis*) a česky (*patella*). Navazujeme tím na práci Salavové (2019), ve které se autorka zabývá působením tafonomických faktorů na kostru horní končetiny.

Salavová (2019) zpracovala pletenec horní končetiny (*cingulum membri superioris*) a kosti volné horní končetiny (*pars libera membri superioris*) bez kostí ruky (*ossa manus*). Zaznamenala na kostech dva typy změn – poškození kostí (odhalenou spogiózu, absenci části kosti, absenci periostálního povrchu, praskliny a zlomy) a barevné změny (oranžové zbarvení, černé zbarvení, hnědé zbarvení a zelené zbarvení). Předpokládáme proto, že se oba typy změn projeví i na kostech dolních končetin, avšak v jiné míře vzhledem k rozdílné stavbě a funkci horních a dolních končetin člověka (Čihák, 2001). Předpokládáme, že části kostí budou chybět především při jejich okrajích a ve stejných místech se bude nejčastěji vyskytovat i odhalená spongióza. Předpokládáme, že pokud se u oranžového zbarvení skutečně jedná o železo ze svalů, jak se domnívá Salavová (2019), bude se toto zbarvení na kostech našeho souboru vyskytovat ve vyšší frekvenci vzhledem k tomu, že na dolních končetinách jsou svaly mohutnější a stabilnější (Krishnamurthi & Gunasegaran, 2013). Očekáváme, že se černé zbarvení na kostech dolních končetin bude vyskytovat ve stejné podobě a četnosti jako na kostech horních končetin, a to vzhledem k jeho původu z okolní půdy. Dále očekáváme, že se zelené zbarvení, projeví i na kostech dolních končetin vzhledem k předpokladu, že jeho vznik je způsoben mědí. Velkou část hrobové výbavy totiž tvoří ženské šperky (náušnice, záušnice, náhrdelníky), avšak vyskytují se zde i mužské předměty a zbraně či předměty denní potřeby. V blízkosti pánevních a stehenních kostí bylo celkem nalezeno 37 nožů (Macháček et al., 2016). Dále bychom chtěli ověřit, jaký vliv bude mít prostředí a obsah hrobu (kamenný překryv, kamenné obložení, hrobová výbava a negativ dřevěné schránky) na kosti dolní končetiny. Přestože Salavová (2019) nezaznamenala žádný signifikantní vliv pohlaví a laterality kostí na výskyt jednotlivých změn, chtěli bychom ověřit, zda tomu tak je i v případě dolních končetin.

3 MATERIÁL

Soubor tvoří 57 koster dospělých jedinců, které byly nalezeny u druhého kostelního pohřebiště na severovýchodním předhradí hradiště na Pohansku u Břeclavi (Macháček et al., 2016). Celkově se v této lokalitě našlo 155 jedinců, avšak pro tuto diplomovou práci jsme zařadili do souboru pouze dospělé jedince. Dospělých jedinců bylo nalezeno celkem 58, z toho 32 jedinců mužského pohlaví, 25 jedinců ženského pohlaví a pouze u 1 jedince nebylo možné pohlaví odhadnout (Sládek, Makajevová & Hora, 2017c). Jedinec H 132, u kterého nebylo možné pohlaví odhadnout, byl z našeho souboru vyřazen. Zpracovány a následně vyhodnoceny byly pletenec dolní končetiny (*cingulum membri inferioris*) a kosti volné dolní končetiny (*pars libera membri inferioris*). Kostí nohy (*ossa pedis*) a česka (*patella*) nebyly zahrnuty. Analýza změn na povrchu kostí byla provedena na všech nalezených kostech dolních končetin (vyjma kostí nohy a česek) a i jejich fragmentů, pokud ovšem bylo možné kost správně orientovat. Celkem bylo zkoumáno 98,3 % dospělých jedinců, což je 36,8 % z celého pohřebiště. Počet zkoumaných kostí z našeho souboru 57 jedinců byl 424, pouze 32 kostí chybí. Celkový počet zkoumaných pravých a levých kostí je uveden v tabulce 2.

Většina koster byla nalezena v poloze na zádech, kdy horní končetiny byly natažené podél těla a dolní končetiny volně natažené – tzv. *decubitus dorsalis*. Kamenné obložení bylo celkem zaznamenáno u 18 % koster našeho souboru. Hrobová výbava byla celkem přítomna ve 42 % hrobů. Ve 45 % hrobů byl zaznamenán negativ dřevěné schránky (Macháček et al., 2016).

Zpracování kosterního materiálu bylo realizováno pod vedením doc. Vladimíra Sládka v Laboratoři antropologie kostní tkáně Katedry antropologie a genetiky člověka Přírodovědecké fakulty Univerzity Karlovy v Praze v rámci grantového projektu.

4 METODY

Při zpracování kosterního materiálu dolních končetin 2. kostelního pohřebiště na Pohansku jsme vycházeli z metodiky Salavové (2019), která pomocí stejných metod hodnotila kosterní materiál horních končetin.

4.1 Příprava protokolů a digitální mikroskopie

Pro zachycení tafonomických změn na povrchu kostí jsme vytvořili protokoly s obrysy kostí, do kterých jsme jednotlivé odchylky zakreslovali (obrázek 1). Pro každou kost dolní končetiny jsme vytvořili samostatné protokoly, výjimkou byly kost holenní (*tibia*) a kost lýtková (*fibula*), které na protokolech byly společně jako kosti bérce (*ossa cruris*). Protokoly jsme vytvořili pro kosti pravé i levé dolní končetiny zvlášť, a to vždy z přední a zadní strany (anteriorní a posteriorní). Na každý protokol jsme uvedli datum zpracování kosti, číslo hrobu, pohlaví jedince a jméno osoby, která protokol zpracovávala. Zaznamenávali jsme různé druhy změn, typově se jednalo o poškození kosti (absence části kosti, absence periostu, odhalená spongióza, praskliny a zlomy) a o barevné změny (oranžové, černé, hnědé, zelené). Všechny změny jsme zaznamenávali pomocí předem určených značek či barev (tabulka 1) do připravených protokolů (obrázek 2).

Jednotlivé kosti jsme detailně analyzovali pomocí binokulární lupy (zvětšení až 40×) a digitálního mikroskopu, který umožňuje vysoké rozlišení obrazu (rozlišení 9.0 megapixelů, zvětšení až 200×). Použili jsme mikroskop značky Q-scope (model QS.90200-P). Data jsme následně pomocí USB kabelu přenesli do počítače, kde jsme mohli kosti detailně pozorovat.

4.2 Digitalizace dat

Všechny protokoly se zakreslenými změnami jsme naskenovali, a tím převedli do digitální podoby ve formátu PDF. Následně jsme obrazová schémata v již digitální formě vložili a upravovali v programu InkScape (verze 0.92.4). Každé obrazové schéma konkrétní kosti jsme v programu zduplikovali na takový počet kopií, který odpovídal počtu různých tafonomických změn na kosti (např. pokud byly na kosti 3 různé změny – odhalená spongióza, oranžové zbarvení a černé zbarvení, zduplikovali jsme obrazové

schéma 3×). Pomocí funkce Beziérovy křivky a přímký jsme pak v každém zduplikovaném schématu vyznačili pouze 1 změnu. Abychom od sebe změny odlišili, pro každou změnu jsme zvolili jinou barvu pomocí RGB kódů (tabulka 3).

4.3 Překryv obrazových schémat a tvorba *heat map*

Všechny vyznačené tafonomické změny na daném typu kosti bylo potřeba na sebe navrstvit (např. všechny oranžové změny na levé stehenní kosti), abychom mohli následně lokalizovat jejich nejčtetnější výskyt. K zjištění výskytu nejčtetnějších změn na kosterních pozůstatcích obou pohlaví, jsme museli zvlášť překrýt všechny změny na daném typu kosti pro kosterní pozůstatky mužského pohlaví a ženského pohlaví. Dále jsme potřebovali změnit průhlednost jednotlivých překryvů, aby se místa s nejčtetnějším výskytem změn zviditelnila (obrázek 3). K výpočtu procenta průhlednosti každé vrstvy jsme použili internetový program Wolfram Alpha, který pracuje na základě výpočetního programu Mathematica. Vycházeli jsme z výpočtu Salavové (2019) dle Porter & Duff (1984):

$$T_{N \text{ layers}} = \sum_{n=2}^N (-1)^{n-1} \times \binom{n}{n} \times p^n = 1 - (1 - P)^N \quad (1),$$

kde $T_{N \text{ layers}}$ je výsledná průhlednost, P je průhlednost jedné vrstvy a N je počet vrstev. Ze vzorce jsme si následně vyjádřili neprůhlednost jedné vrstvy P :

$$P = 1 - \sqrt[N]{1 - T_{N \text{ layers}}} \quad (2)$$

Z tohoto vztahu jsme vypočítali průhlednost jednotlivých vrstev, výsledná neprůhlednost se limitně blížila 1. Neprůhlednost všech vrstev jsme následně změnili na požadovanou hodnotu.

Pro přehledné vyznačení míst s různou četností výskytu jsme exportovali obrazová schémata ve formátu PNG s již změněnou průhledností do grafického editoru Adobe Photoshop (verze CC 2020). V tomto programu bylo možné utvořit výsledné vizualizace v podobě *heat map*. Nejprve jsme potřebovali převést obrazová schémata na stupně šedi. Aby bylo možné aplikovat *heat mapy*, bylo třeba změnit režim na indexované barvy. Následně jsme na obrazová schémata aplikovali vzorník barev

ve variantě *Spektrum* s bílým pozadím. Dále jsme převedli režim do původního RGB režimu. Bílé pozadí jsme následně odstranili pomocí nástroje Kouzelná guma, a tím jsme ponechali pouze obrazová schémata již v podobě *heat* map. Následně jsme *heat* mapy vložili zpět do programu InkScape, kde je bylo možné uzpůsobit obrysu kosti a výsledné obrazové schéma tak využít pro hodnocení jednotlivých změn (obrázek 3). Nejčtetnější místo výskytu dané změny je znázorněné fialovou, popřípadě tmavě modrou barvou. Naopak místo, kde se změna nenachází vůbec, je znázorněno bíle.

4.4 Rentgenová difrakce a elektronová mikroskopie

Z důvodu vysoké četnosti oranžového zbarvení na kosterních pozůstatcích našeho souboru jsme se rozhodli pokusit určit jeho příčinu. Za účelem analýzy oranžového zbarvení jsme oslovili pana plk. RNDr. Marka Kotrlého z Kriminálního ústavu v Praze, jehož specializací je optická a elektronová mikroskopie, mikroanalýza a rentgenová difrakce. Pro účely analýzy jsme vybrali fragment žebra jedince H 79, na kterém se pozorované oranžové zbarvení vyskytovalo.

K identifikaci oranžového zbarvení byla použita metoda SEM (rastrovací elektronová mikroskopie) a rentgenová difrakce. Pomocí rastrovací elektronové mikroskopie lze zkoumat povrchové struktury materiálů, které klasický optický mikroskop není schopný zachytit (Kopecká & Svobodová, 2019). Metod rentgenové difrakce (též Braggova difrakce), které spočívají na principu Braggových rovin, lze pak využít k identifikaci částic v krystalických pevných látkách (Borchardt-Ott, 2012; Guinier, 1994). Rentgenové záření je po dopadu na elektrony atomů rozptýleno a dochází k jeho difrakci. Pomocí přístroje lze změřit úhel a intenzitu paprsků, a tím určit uspořádání částic v krystalické mřížce (Borchardt-Ott, 2012; Židek, 2019).

K analýze byl použit elektronový rastrovací mikroskop Tescan MIRA 3 RISE ve spojení s energiově disperzním mikroanalyzátozem charakteristického záření – analytický systém EDS AZtec fy Oxford, který má urychlovací napětí 10 kV, processtime 6, akvizici spektra 200s. K rentgenové difrakci byl použit rentgenostrukturní difraktograf X-PERT PRO firmy PANALYTICAL a bezdifrakční Si podložka (podmínky – sample stage-reflection, X-ray tube CuKalfa, napětí 40 kV/30 mA, rozsah skenování 5st. – 80 st., Soller slit 0,04 rad., divergence slit-irradiated length

5,00 mm, step size 0,0167 st.). Zpracování záznamu bylo provedeno v programu High Score Plus a BEDE ZDS, s použitím strukturní ICDD databáze (PDF 2, set 1 – 49, vol 2_49).

4.5 Chyba měření

Pro odhad chyby měření, která vzniká při zakreslování jednotlivých změn a následně při jejich digitalizaci jsme potřebovali postup zakreslování i digitalizace provést několikrát. Abychom byli schopni určit chybu, která vzniká při zakreslování změn, zvolili jsme jeden typ změny (v tomto případě se jednalo o odhalenou spongiózu) na pravé stehenní kosti jedince H 164,2, a tu jsme 10× zakreslili. Všechny zakreslené změny jsme následně samostatně zdigitalizovali v programu InkScape a převedli do formátu PNG. Odhad chyby v rámci velikosti zakreslené plochy jsme provedli v programu Adobe Photoshop pomocí funkce Histogram. Změřili jsme celkovou plochu obrázku (px), plochu pozadí kosti na obrázku (px) a plochu, kterou zabírají veškeré barevné změny (px) pomocí RGB kódu barvy. Abychom zjistili velikost plochy (%), kterou změna zabírá vzhledem ke kosti, počítali jsme následovně:

$$\text{velikost plochy [\%]} = \frac{\text{plocha skvrny}}{\text{plocha obrázku} - \text{plocha pozadí kosti}} \quad (3)$$

Z těchto dat jsme vypočítali aritmetický průměr, směrodatnou odchylku, průměrnou odchylku a relativní odchylku, díky čemuž jsme získali hodnotu kombinované odchylky měření n dle Engliche (2006). Výsledné hodnoty jsou uvedeny v tabulce 6. Pro odhad chyby polohy zakreslených změn jsme vycházeli ze stejných obrazových schémat jako pro odhad chyby plochy. Vycházeli jsme z hodnot (px) souřadnic x a y , které procházejí středem skvrny. Následně jsme opět vypočítali aritmetický průměr, směrodatnou odchylku, průměrnou odchylku a relativní odchylku, a tím získali hodnotu kombinované odchylky měření n (Englich, 2006). Získané hodnoty jsou uvedeny v tabulce 8. Dále bylo ještě třeba odhadnout chybu, která vzniká při digitalizaci změn. Vybrali jsme k tomu čtyři pravé stehenní kosti jedinců H 66, H 110, H 164,2 a H 201 a 10× zdigitalizovali jeden typ změny (odhalenou spongiózu). Následně jsme opět použili program Adobe Photoshop ke zjištění velikosti plochy v %. Z výsledných hodnot jsme vypočítali aritmetický průměr, směrodatnou odchylku, průměrnou

odchylku a relativní odchylku a získali tak kombinovanou odchylku n (English, 2006). Výsledné hodnoty jsou uvedeny v tabulce 7.

4.6 Statistické zpracování

Statistické zpracování dat jsme realizovali v tabulkovém procesoru Microsoft Office Excel 2019. Nejprve jsme si vytvořili databázi dat, do které jsme zahrnuli ID jedince, údaje o pohlaví a věkové kategorii jedince, přehled výskytu tafonomických změn na konkrétních kostech, dále výskyt hrobové výbavy, kamenného obložení a negativu dřevěné schránky. Z těchto dat jsme vycházeli pro utvoření kontingenčních tabulek a následně pro výpočet p-hodnoty. Stanovili jsme si hypotézy vztažené k ověření vztahu mezi změnami na kostech a tafonomickými faktory. Jako hladinu významnosti α jsme zvolili hodnotu 0,05. Pokud vypočítaná p-hodnota byla větší než hladina významnosti α (0,05), korelaci jsme považovali za nevýznamnou a hypotézu jsme tak zamítli. Pokud ovšem byla p-hodnota menší či rovna 0,05, zvýšili jsme hladinu významnosti α aplikací Bonferonniho korekce. Hladinu významnosti jsme v takovém případě zvýšili na 0,0125 dle vzorce:

$$\dot{\alpha} = \alpha/m \quad (4),$$

kde α je hladina významnosti 0,05 a m je počet zkoumaných typů kostí (v našem případě 4 – pánevní kost, stehenní kost, holenní kost a lýtková kost; Procházka, 2015).

5 VÝSLEDKY

Na každé kosti dolní končetiny jsme sledovali několik různých tafonomických změn, typově se jednalo o poškození kosti (absence části kosti, odhalená spongióza, absence periostu, praskliny a zlomy) a o barevné změny (oranžové, černé, hnědé a zelené). Celkový počet kostí, na kterých jsme tyto změny pozorovali, je 424 kostí, a to z 57 dospělých jedinců. Zaznamenaný výskyt jednotlivých změn u každé z kostí je uveden v tabulce 4. Nejčastějším typem poškození kosti je odhalená spongióza (409 kostí) a nejčastější barevnou změnu je oranžové zbarvení (423 kostí), naopak nejméně četným poškozením jsou praskliny a zlomy (122 kostí) a nejméně četnou barevnou změnou je zelené zbarvení (1 kost). Zastoupení tafonomických změn s ohledem na pohlaví je uvedeno v tabulce 5. Procentuální poměr zastoupení jednotlivých typů poškození kosti vzhledem k pohlaví jedinců je znázorněn v grafu 1. Procentuální poměr zastoupení jednotlivých barevných změn vzhledem k pohlaví jedinců je znázorněn v grafu 2. Pro hodnocení nejčastějších a nejméně častých míst výskytu na kostech dolních končetin vycházíme z vytvořených *heat map* v programu Adobe Photoshop. Na kostech dolních končetin jsme pomocí *heat map* pozorovali místa, na kterých je tafonomická změna nejčastější (místa s mírou překryvu 100 – 80 %; fialová a tmavě modrá místa) a naopak nejméně častá či nevyskytující se (místa s mírou překryvu pod 10 %; oranžová, červená či bílá místa). *Heat mapy* jsou zaneseny pro každou kost i každou změnu do samostatných obrazových schémat. Výjimkou jsou kosti pánevní, kdy je navíc pro větší přehlednost ještě přední a zadní strana kostí rozdělena do samostatných obrazových schémat. Získaná data jsme dále také statisticky ověřovali, a to u každé změny ve vztahu k pohlaví jedinců, lateralitě kostí, kamennému obložení, kamennému překryvu, hrobovému inventáři a negativu schránky z námi předem utvořené databáze dat.

5.1 Poškození kosti

5.1.1 Absence části kosti

V našem souboru jsme pozorovali absenci části kosti celkem na 297 kostech (na 128 ženských kostech a 169 kostech mužů – tabulka 5), tedy u 70 % všech kostí dolních končetin chybí jejich část. Tuto změnu jsme pozorovali na každém typu kosti, na pravých i levých kostech. Změna byla zaznamenána u všech jedinců ze souboru, a to

vždy na alespoň jedné z kostí. Z tabulky 4 vyplývá, že nejčastěji chyběla část pánevních kostí, naopak nejméně často část kostí holenních. Nejčastěji jsme absenci části kosti pozorovali při okrajích pánevních kostí a na proximálních a distálních koncích kostí dlouhých. Naopak na tělech kostí jsme tuto změnu pozorovali pouze v malé míře či dokonce vůbec. V případě dlouhých kostí chybí část kosti častěji a ve větším rozsahu u jedinců ženského pohlaví než u jedinců mužského pohlaví. U pánevních kostí jsme takový vliv pohlaví nepozorovali. Ze statistického ověření vlivu některých faktorů na absenci části kosti jsme našli korelaci pouze v případě kamenného obložení, a to konkrétně u pravé i levé stehenní kosti a levé lýtkové kosti (tabulka 9). Po aplikaci Bonferonniho korekce jsme ale zjistili statistickou významnost pouze u levé lýtkové kosti (p -hodnota = 0,007), v případě obou stehenních kostí se tedy jedná o falešně pozitivní výsledek. Mezi absencí části kosti a ostatními faktory jsme žádnou korelaci nenašli.

Absence části kosti na pletenci dolních končetin všech jedinců (obrázek 5 a 7) je nejčastější v okrajových částech pánevních kostí. Tento typ poškození se vyskytuje na všech složkách pánevních kostí – na kosti kyčelní, kosti sedací i kosti stydké. Místa se 100% překryvem, která jsou patrná z *heat map*, se nachází především na *spina iliaca posterior superior*, *spina iliaca posterior inferior*, *tuberositas iliaca*, *spina ischiadica*, *facies symphysialis*. Naopak část *corpus ossis ilii* a *acetabula* jsou místy s nulovým překryvem – jedná se tedy o nejzachovalejší oblasti. Výskyt tohoto poškození u pánevních kostí s ohledem na pohlaví jedinců a laterality kostí (obrázek 4 a 6) se významně neliší.

Dlouhé kosti volné dolní končetiny jsou zasaženy obzvláště na proximálních a distálních koncích (obrázek 9, 11 a 13). Těla dlouhých kostí jsou zasažena pouze částečně, avšak výjimku tvoří lýtkové kosti (především levá lýtková kost), kde jsou těla kostí zasažena ve větší míře. Vytvořené *heat mapy* pro stehenní a holenní kosti, zohledňující pohlaví jedinců (obrázek 8 a 10), znázorňují, že u jedinců ženského pohlaví jsou proximální i distální konce zasaženy ve větším rozsahu. Z obrázku 12 vyplývá, že levá lýtková kost je u žen zasažena i po téměř celé délce těla kosti (překryv až 60 %).

5.1.2 Odhalená spongióza

Odhalenou spongiózu jsme pozorovali na 409 kostech (96,5 %) z celého souboru, jedná se tedy o nejčastější změnu z hlediska poškození kosti. Pozorovali jsme ji na každém typu kosti, na pravých a levých kostech ve stejném rozsahu. Odhalenou spongiózu jsme nejčastěji zaznamenali u stehenních kostí, nejméně často u kostí lýtkových (tabulka 4). Tuto změnu jsme pozorovali u každého jedince ze souboru, vždy na alespoň jedné kosti – konkrétně u 171 ženských kostí a 238 mužských kostí (tabulka 5). Odhalená spongióza je nejvíce zastoupena v blízkosti okrajů pánevních kostí a na proximálních a distálních koncích dlouhých kostí. Těla kostí jsou zasažena pouze nepatrně či dokonce vůbec. Z *heat map* vytvořených pro odhalenou spongiózu je zřejmé, že se tato změna lokalizuje především v blízkosti míst, kde část kosti chybí. Statisticky se nám nepodařilo potvrdit žádnou korelaci mezi odhalenou spongiózou a námi ověřovanými faktory.

Na pletenci dolních končetin se odhalená spongióza lokalizuje, podobně jako u absence části kosti, v blízkosti okrajů kostí pánevních. Z *heat map* (obrázek 15 a 17) je ale zřejmé, že místa s největší mírou překryvu (fialová a tmavě modrá místa) se lokalizují od krajů o něco dále na rozdíl od míst s největší mírou překryvu u absence části kosti. Na tělech pánevních kostí (především na těle kosti kyčelní) se odhalená spongióza vyskytuje minimálně, anebo se nevyskytuje vůbec – míra překryvu je zde pod 10 %. Porovnání *heat map* vytvořených pro odhalenou spongiózu u jedinců ženského a mužského pohlaví (obrázek 14 a 16) značí, že lokalizace zasažených míst se příliš neliší, a to dokonce ani z hlediska laterality kostí.

Odhalená spongióza se u dlouhých kostí dolních končetin lokalizuje na proximálních a distálních koncích kostí (obrázek 19, 21 a 23). Podobně jako u kostí pánevních se nejčastější místa výskytu (fialová a tmavě modrá místa) nachází dále od okrajů. Místa s nejmenším překryvem (oranžová a červená místa) a místa s žádným překryvem (bílá místa) se nacházejí na tělech stehenních, holenních a lýtkových kostí. *Heat mapy* znázorňující lokalizaci změny s ohledem na pohlaví jedinců (obrázek 18, 20 a 22) a laterality kostí nevykazují žádný signifikantní rozdíl.

5.1.3 Absence periostu

Absenci periostálního povrchu jsme zaznamenali celkem na 408 kostech, což je 96,2 % kostí z našeho souboru – jedná se tak o druhou nejčastější změnu v rámci poškození kostí na kostech dolní končetiny. Tato změna se vyskytuje na všech typech kostí, na pravých i levých kostech. Nejčastěji však periostální povrch chybí na stehenních kostech, nejméně často pak na kostech lýtkových – vyplývá to z tabulky 4. Absence periostu se vyskytovala u každého jedince ze souboru (vždy na alespoň jedné jeho kosti dolní končetiny). Zastoupení této změny u kostí žen a mužů je uvedeno v tabulce 5. Dle vytvořených *heat map* je zřejmé, že se toto poškození lokalizuje na tělech kostí, v případě dlouhých kostí po celé délce jejich těla. Naopak v místech kloubních spojení se tato změna nevyskytuje, případně do těchto míst zasahuje pouze v malém rozsahu. V případě absence periostálního povrchu kostí se nám nepodařilo statisticky odhalit žádnou korelaci.

U pletence dolní končetiny se absence periostu vyskytuje po téměř celé ploše obou pánevních kostí. Nejčastější je zde však míra překryvu 50 – 30 %. Místa, ve kterých je překryv pod 10 % jsou rozptýlena po celé kosti, jmenovitě se jedná například o *acetabulum*, *facies auricularis*, *symphysis ossis pubis*. Při srovnání *heat map* vytvořených pro všechny jedince je evidentní, že se míra překryvu 100 % vyskytuje pouze nepatrně, a to na přední straně pánevních kostí (obrázek 25). Na zadní straně pánevních kostí (obrázek 27) žádné místo takovou míru překryvu nedosahuje. Z *heat map* pánevních kostí, které zohledňují pohlaví (obrázek 24 a 26), vyplývá, že u jedinců ženského pohlaví vykazuje více míst míru překryvu až 100 % (zvláště levá pánevní kost žen). U jedinců mužského pohlaví se absence periostu vyskytovala ve výrazně menším rozsahu.

Lokalizace tohoto typu poškození na dlouhých kostech dolních končetin je hlavně na tělech kostí (obrázek 29, 31 a 33). Na proximálních a distálních koncích kostí se tato změna nelokalizuje vůbec či v menším rozsahu. Nejvíce vykazuje míru překryvu 100 % tělo lýtkových kostí. Těla stehenních a holenních kostí vykazují v největším rozsahu míru překryvu 90 – 60 %. *Heat mapy* vytvořené pro absenci periostu na stehenních a holenních kostech, které srovnávají jedince mužského a ženského pohlaví (obrázek 28 a 30) nevykazují žádný výrazný rozdíl. *Heat mapy* lýtkových kostí srovnávající

pohlaví (obrázek 32) však značí větší rozsah míry překryvu 100 % u jedinců mužského pohlaví.

5.1.4 Praskliny a zlomy

V našem souboru jsme sledovali výskyt prasklin a/nebo zlomů u 122 kostí, tedy u 28,8 % kostí ze souboru. Jedná se tak o nejméně časté poškození kosti. Nejhojnější výskyt prasklin a/nebo zlomů jsme zaznamenali u pánevních kostí, nejméně často jsme praskliny a/nebo zlomy zaznamenali na kostech holenních (tabulka 4). Tuto změnu jsme sledovali u každého jedince ze souboru, a to alespoň na jedné z kostí. Výskyt prasklin a/nebo zlomů u kostí jedinců ženského a mužského pohlaví je uveden v tabulce 5. Vzhledem k obtížné interpretaci výsledků této změny, *heat mapy* vytvořeny nebyly. Ověřovali jsme vztah mezi přítomností prasklin/zlomů na povrchu kostí a vybranými tafonomickými faktory. Podařilo se nám odhalit korelaci pouze mezi levou holenní kostí a negativem dřevěné schránky (p-hodnota = 0,04). Bonferonniho korekce však významnost tohoto vztahu nepotvrdila – jedná se tak o falešně pozitivní výsledek.

5.2 Barevné změny

5.2.1 Oranžové zbarvení

Celkem jsme oranžové zbarvení zaznamenali na 423 kostech (99,8 %) z našeho souboru, což znamená, že se jedná o nejčastější barevnou změnu na kostech vůbec. Tuto změnu jsme sledovali u každého jedince ze souboru na všech jeho kostech, pouze na 1 kosti z celého souboru (na pravé lýtkové kosti jedince H 151) oranžové zbarvení přítomno nebylo. Oranžové zbarvení je na všech kostech dolních končetin velmi rozsáhlé – míra překryvu 100 – 80 % je po celé délce kostí. Místa s překryvem pod 10 % se vyskytují pouze ojediněle, spíše na proximálních a distálních koncích dlouhých kostí a v případě pánevních kostí při okraji kostí. Ze statistické analýzy dat nevyplývá žádná závislost mezi oranžovým zbarvením a lateralitou kostí, pohlavím jedinců, kamenným obložením, kamenným překryvem, negativem schránky ani hrobovou výbavou.

Z vytvořených *heat map* je patrné, že se oranžové zbarvení na pletenci dolních končetin (obrázek 35 a 37) vyskytuje po celé ploše kostí – není zde místo, kde by se

toto zbarvení vůbec nevyskytovalo. Většina plochy kostí je zasažena mírou překryvu 100 – 60 %. Menší míra překryvu se vyskytuje pouze v některých místech (*spina iliaca posterior superior*, *spina iliaca posterior inferior*, *spina ischiadica* nebo *facies symphysialis*). Přední i zadní strana pánevních kostí vykazuje podobnou míru překryvu oranžového zbarvení. Ze srovnání *heat map* mužských a ženských pánevních kostí (obrázek 34 a 36) vyplývá, že u jedinců mužského pohlaví je intenzita zbarvení na přední i zadní straně kostí vyšší, než u jedinců pohlaví ženského. Z hlediska laterality kostí jsme nezaznamenali žádný výrazný rozdíl.

Oranžové zbarvení se u dlouhých kostí vyskytuje, podobně jako u kostí pánevních, ve vysoké frekvenci. S výjimkou proximálních a distálních konců se toto zbarvení na stehenních a holenních kostech (obrázek 39 a 41) objevuje téměř výhradně s mírou překryvu 100 – 80 %. Na některých místech kostí je oblast nejčastějšího výskytu oranžového zbarvení patrnější – je to především *linea pectinea femoris*, *tuberositas glutea femoris*, *linea aspera femoris* a *linea musculi solei tibiae*. U kostí lýtkových (obrázek 43) se míra překryvu na těle kostí pohybuje v rozmezí 100 – 60 %. Místa s mírou překryvu pod 10 % se na všech dlouhých kostech dolních končetin vyskytují minimálně, a to pouze na proximálních a distálních částech kostí. *Heat mapy* srovnávající pohlaví jedinců (obrázek 38, 40 a 42) značí, že u jedinců mužského pohlaví je výskyt oranžového zbarvení četnější než u jedinců ženského pohlaví. Při porovnání pravých a levých stehenních a holenních kostí není patrný žádný signifikantní rozdíl. V případě lýtkových kostí je však patrný rozdíl u pravé a levé kosti jedinců ženského pohlaví, kdy na pravé kosti je oranžové zbarvení četnější.

Záběr oranžového zbarvení z rastrovacího elektronového mikroskopu je uveden na obrázku 44. V elektronovém mikroskopu je vidět pouze tenký povlak, v jeho chemickém složení se oproti kostnímu podkladu vyskytuje křemík, hliník a mírně zvýšený je obsah hořčíku, železa a draslíku. S pomocí rentgenové difrakce se nepodařilo identifikovat žádnou další fázi (obrázek 45). Oproti kostnímu podkladu byla identifikována pouze fáze křemene, oranžové zbarvení tedy pravděpodobně nemá krystalickou strukturu. Vzhledem k tomu, že nelze vyseparovat pouze zkoumané oranžové zbarvení bez příměsí kostního materiálu, jsou zde zastoupené i prvky hydroxyapatitu. Měření bylo provedeno z více míst kosti, kde se oranžové zbarvení

nacházelo. Pro komparaci byly vybrány 2 výsledky (obrázek 46), které byly srovnávány s povrchem kosti bez zkoumaného zbarvení.

5.2.2 Černé zbarvení

Černé zbarvení jsme sledovali na 316 kostech, což znamená na 74,5 % kostí z celého souboru. Toto zbarvení je druhým nejčtenějším typem zbarvení na kostech. Nejčastěji jsme toto zbarvení zaznamenali na holenních kostech, nejméně často pak na kostech pánevních (tabulka 4). Černé zbarvení jsme pozorovali u všech jedinců ze souboru, vždy na alespoň jedné z kostí. Celkem jsme toto zbarvení zaznamenali u 141 ženských kostí a u 175 mužských kostí (tabulka 5). Zbarvení se vyskytovalo rozptýlené po celé ploše kostí, avšak míra překryvu dosahuje maximálně 90 – 80 %. Statistickou analýzou se nám podařilo odhalit korelaci mezi levou pánevní kostí a hrobovým inventářem (p -hodnota = 0,049). Bonferonniho korekce však tento vztah nepotvrdila jako statisticky významný a jedná se tak o falešně pozitivní výsledek. Jinou korelaci se nám u černého zbarvení zjistit nepodařilo.

Na pletenci dolních končetin se dle utvořených *heat map* (obrázek 48 a 50) vyskytuje černé zbarvení rozptýleně po celé ploše kostí. Velká část plochy pánevních kostí ale vůbec nevykazuje známky tohoto zbarvení (bílé plochy). Míra překryvu v žádné oblasti nedosahuje 100 % (fialové plochy). Nejčastěji se zde toto zbarvení vyskytuje s mírou překryvu 50 – 30 %. Lokalizace černého zbarvení se u předních a zadních stran pánevních kostí významně neliší. Taktéž se významně neliší lokalizace černého zbarvení u jedinců mužského a ženského pohlaví (obrázek 47 a 49). Ovšem zdá se, že se u jedinců ženského pohlaví toto zbarvení vyskytuje o něco intenzivněji.

U dlouhých kostí dolních končetin se černé zbarvení lokalizuje po celé ploše kostí včetně proximálních a distálních konců. Ze srovnání utvořených *heat map* pro výskyt černého zbarvení na stehenních, holenních a lýtkových kostech (obrázek 52, 54 a 56) vyplývá, že se nejvyšší míra překryvu (pouze 90 – 60 %) vyskytuje na těle kostí. Některé oblasti kostí vůbec nevykazují známky černého zbarvení (bílé plochy). V žádné oblasti nevykazuje míra překryvu 100 % (fialové plochy). Výskyt černého zbarvení se z hlediska laterality kostí výrazně neliší. Ze srovnání utvořených *heat map* zohledňující pohlaví jedinců (obrázek 51, 53 a 55) je zřejmé, že se neliší oblasti výskytu zbarvení, intenzita zbarvení je ovšem u jedinců ženského pohlaví vyšší.

5.2.3 Hnědé zbarvení

Na kostech jsme sledovali hnědé zbarvení pouze v 6 případech (tj. 1,4 % kostí z celého souboru), konkrétně u jedinců H 109, H 117 a H 151. Tuto barevnou změnu jsme pozorovali na pravé a levé pánevní kosti, na pravé stehenní kosti a pravé holenní kosti (tabulka 4). V tabulce 5 je uvedené zastoupení změny u jedinců mužského a ženského pohlaví. Hnědé zbarvení je druhým nejméně četným typem zbarvení kosti ale i druhou nejméně četnou změnou celkem. Pro toto zbarvení nebyly vytvořeny *heat mapy* z důvodu nedostatečného množství překryvů této změny. V případě hnědé zbarvení se nám statisticky nepodařilo odhalit žádnou korelaci.

5.2.4 Zelené zbarvení

Zelené zbarvení jsme sledovali pouze na 1 kosti z celého souboru (tj. 0,24 %). Toto zbarvení bylo přítomno pouze na přední straně levé pánevní kosti jedince H 78, a to v blízkosti *incisura ischiadica major*. Lokalizace tohoto zbarvení je znázorněna na obrázku 55. Jedná se o nejméně četné zbarvení kosti, ale i o nejméně četnou změnu souboru. Pro zelené zbarvení, vzhledem k jeho ojedinělému výskytu, *heat mapy* vytvořeny nebyly. Ze statistického zpracování dat se nám nepodařilo odhalit žádnou korelaci mezi zeleným zbarvením a pohlavím jedinců, lateralitou kostí a dalšími faktory.

6 DISKUZE

6.1 Poškození kostí

Na kostech našeho souboru jsme pozorovali několik typů poškození kostí. Jedná se o absenci části kosti, odhalenou spongiózu, absenci periostálního povrchu kostí a praskliny a zlomy. V případě absence části kosti a odhalené spongiózy byly, dle našeho očekávání, nejčastěji zasaženy proximální a distální konce dlouhých kostí a okraje kostí pánevních (obrázek 57). Z výsledných *heat map* je patrné, že odhalená spongióza se navíc lokalizovala v blízkosti míst, kde část kosti chyběla. Při statistickém zkoumání jsme zachytili korelaci mezi kamenným obložením hrobů a pravou i levou stehenní kostí a levou kostí lýtkovou. Po zpřísnění Bonferonniho korekcí jsme korelaci potvrdili pouze u levé lýtkové kosti. V našem souboru se kamenné obložení vyskytovalo v hrobech 11 jedinců (H 63,1, H 79, H 88, H 110, H 117, H 133, H 134, H 153, H 157, H 164,2, H 179), z čehož se v 9 případech jednalo o jedince mužského pohlaví. Souvislost mezi poškozením kostí a kamenným obložením by tak bylo potřeba potvrdit u většího souboru jedinců. Z literatury vyplývá, že k lámání kostí po smrti jedince dochází v důsledku různých pohřebních okolností, vše záleží ale i na prostředí, do kterého je jedinec pohřben (Lyman, 1994a). Náchylnost kostí k lámání závisí na vlhkosti prostředí, přičemž v suchém prostředí je kost křehčí a rozdrtí se i při působení nižší síly (Turner & Burr, 1993). K narušení kosti ve vlhkém prostředí je potřeba větší síly, je ovšem náchylná k odlupování povrchu kosti v blízkosti zlomu (Jordana et al., 2012; Coelho & Cardoso, 2013; Kemp, 2016). Z hlediska přírodního prostředí se Pohansko nachází nedaleko řeky Dyje, jejíž ramena tuto lokalitu obklopují, to by mohlo být příčinou zvýšené půdní vlhkosti (Macháček et al., 2016). K lámání kostí může dále docházet i vlivem nepříznivého podnebí, sešlapem půdy či vlivem okolní fauny a flory (Binford, 1978; Lyman, 1994b; Blau, 2017b).

Periostální povrch kostí nejčastěji chyběl na tělech kostí (obrázek 58). Na proximálních a distálních koncích dlouhých kostí, okrajích pánevních kostí a v místech kloubních spojení jsme tuto změnu nepozorovali, čemuž odpovídá fakt, že se v těchto místech periostální povrch nenachází. Periosteum (okostice) je obal z vaziva, který pokrývá většinu kosti (Čihák, 2001), výjimku tvoří kloubní povrchy a sezamské kůstky (Dwek, 2010). Odlupování povrchu kostí může být zapříčiněno

environmentálními faktory (sluneční záření, zvětrávání; Eickhoff & Herrmann, 1985; Blau, 2017a) ale i masožravci (Eickhoff & Herrmann, 1985; Pickering et al., 2013). Na kostech dolních končetin jsme nezaznamenali stopy po ohryzu šelem či rýhy od nástrojů, stejně jako uvádí Salavová (2019) u kostí horních končetin, nepředpokládáme tedy, že by se jednalo o původ tohoto typu poškození.

Nejméně často jsme na kostech zaznamenali praskliny a zlomy. Vzhledem k tomu, že jsme *heat mapy* pro tuto změnu neutvořili, nelze určit jejich nejčastější lokalizaci na kostech. K prasklinám a zlomům na kostech může docházet jako odpověď na počasí (Behrensmeyer, 1978; Ubelaker, 1996), v důsledku působení tupé síly (Ubelaker, 1996) či po ohryzu šelem (Eickhoff & Herrmann, 1985; Pickering et al., 2013).

6.2 Barevné změny

6.2.1 Oranžové zbarvení

Nejčtenější barevnou změnou pozorovanou na kostech našeho souboru je oranžové zbarvení, které se vyskytovalo v podobě oranžových až oranžovo-hnědých a oranžovo-červených skvrn a krystalků (obrázek 59). U oranžového zbarvení jsme jednak vycházeli z předpokladu, že by se mohlo jednat o železo uvolněné ze svalů během rozkladu (Hamilton & Green, 2017), ke kterému se přiklání Salavová (2019). Na kostech horních končetin se oranžové zbarvení lokalizuje s nejvyšší mírou překryvu právě v místech svalových úponů. V našem případě však nejsou místa svalových úponů jedinými místy, ve kterých je míra překryvu nejvyšší. Vyšší frekvence tohoto zbarvení na kostech dolních končetin by se dala připsat faktu, že na dolních končetinách jsou svaly mohutnější a stabilnější (Krishnamurthi & Gunasegaran, 2013). Nelze však pouze na základě lokalizace zbarvení toto tvrzení potvrdit. Dalším původem tohoto zbarvení by mohl být rozpad červených krvinek (hemolýza), při kterém je také uvolňováno železo (Huculak & Rogers, 2009) či retence lipidů (Dupras & Schultz, 2013). Cronyn (1990) uvádí, že příčinou oranžového zbarvení na kostech mohou být železné předměty, jejichž oxidací ve vlhkém prostředí dochází k tomuto zbarvení. V minulosti se také během některých rituálních obřadů využívalo barvivo k potírání mrtvých těl (Svoboda, 2003). Nejčastěji se využíval právě červený pigment, který obsahoval oxid železitý. Obvykleji to byl hematit (α -Fe₂O₃), který byl lépe dostupný, vzácněji cinabarit, který musel být dovážen z vysokohorských území. V některých případech se mohly míchat

dohromady (Quintana et al., 2014). Prieto et al. (2016) uvádí, že červený pigment mohl být využíván i během slavnostních příležitostí pro potírání těl a oděvů. Červená barva mohla být spojována s životem a plodností a mohla být ochranou před zlými duchy (Prieto et al., 2016). V našem případě se však nedomníváme, že by barvivo bylo zdrojem oranžového zbarvení na kostech, a to vzhledem k jeho frekventovanému výskytu.

Dle provedené analýzy je v místech oranžového zbarvení zvýšený obsah křemíku a hliníku, pouze mírně zvýšený je obsah železa, hořčíku a draslíku. Vzhledem k tomu, že se s pomocí rentgenové difrakce podařilo identifikovat pouze křemen, který je ale běžnou povrchovou kontaminací, oranžové zbarvení pravděpodobně nemá krystalickou strukturu. Na základě provedené analýzy, dle které je železo v oranžovém zbarvení minoritní složkou, lze vyloučit původ zbarvení ze železa ze svalů, hemolýzy, železných předmětů i barviva. Naopak zvýšený obsah křemíku a hliníku napovídá, že by se mohlo jednat o alumosilikátový zvětrávací produkt, který ale nemá krystalickou strukturu. K zjištění exaktního původu tohoto zbarvení by bylo třeba provést v budoucnu další analýzu pomocí odlišných metod.

6.2.2 Černé zbarvení

Černé zbarvení bylo druhým nejčastějším typem zbarvení kostí v našem souboru. Pozorovali jsme ho na třech čtvrtinách všech kostí (74,5 %) a to v podobě malých teček, výjimečně větších skvrn (obrázek 60). Pozorovali jsme ho u kostí ženských i mužských jedinců ve stejném rozsahu (u 44,6 % ženských kostí a 55,4 % mužských kostí). Ze statistické analýzy jsme našli korelaci u černého zbarvení pouze mezi hrobovým inventářem a levou pánevní kostí, což se ale díky Bonferonniho korekci nakonec nepodařilo potvrdit. Z utvořených *heat map* pro lokalizaci černého zbarvení na kostech dolních končetin je patrné, že se zbarvení vyskytuje po celé ploše kostí nejčastěji právě ve formě drobných teček. Salavová (2019) zaznamenala černé zbarvení na kostech horních končetin téhož souboru taktéž v podobě teček, případně větších skvrn. Vzhledem k tomu, že srovnání *heat map* černého zbarvení utvořených pro kosti horních i dolních končetin pocházejících ze stejné lokality vykazuje podobné tendence, lze předpokládat, že původ zbarvení má společnou příčinu. Salavová (2019) provedla analýzu černého zbarvení ve spolupráci s panem prof. Janem Jehličkou a jeho kolegů

z Ústavu geochemie, mineralogie a nerostných zdrojů Přírodovědecké fakulty Univerzity Karlovy. Pomocí Ramanovy spektrometrie se jim podařil odhalit původ černého zbarvení. Černé zbarvení pochází pravděpodobně z minerálu birnesitu, který je sloučeninou manganu. Birnesit se vyskytuje mimo jiné i v půdě a má černou až tmavě hnědou barvu (Lucht & Mendoza-Cortes, 2015; Salavová, 2019). Předpokládáme tedy, že i v našem případě je birnesit původcem černého zbarvení na kostech dolních končetin. Argáez et al. (2011) uvádí, že černé zbarvení není výjimečné, připisuje ho právě sloučeninám manganu ale dále i grafitu, asfaltu nebo bitumenu (Shahack-Gross et al., 1997; Argáez, et al., 2011). Toto zbarvení kostí může být v jiných případech způsobeno i některými šperky či úmyslným potíráním černé barvy na tělo zemřelých během pohřebních rituálů (Papadopoulos, et al., 2007; Argáez, et al., 2011). Černé zbarvení může být způsobeno i přítomností některých železných artefaktů a jejich následnou korozí (Cronyn, 1990; Dupras & Schultz, 2013).

6.2.3 Hnědé zbarvení

Na dolních končetinách jsme pozorovali hnědé zbarvení pouze u 6 kostí ze souboru, a to nejčastěji ve formě malých podlouhlých skvrn, případně teček (obrázek 61). Jedinec H 109, u kterého jsme zaznamenali zbarvení na pravé stehenní kosti, je jedinec ženského pohlaví (Sládek, Makajevová & Hora, 2017c) spadající do věkové skupiny *young adult* (Sládek, Makajevová & Berner, 2017). Tento jedinec byl pohřben přibližně 10 m od středu rotundy, zásyp hrobu tvořil hlinitý písek jemně až středně zrnitý. Žádný hrobový inventář nebyl v hrobě jedince H 109 nalezen (Macháček et al., 2016). Dále jsme zaznamenali hnědé zbarvení na pravé pánevní, stehenní a holenní kosti jedince H 117, který je taktéž ženského pohlaví (Sládek, Makajevová & Hora, 2017c) a spadá do kategorie *young adult* (Sládek, Makajevová & Berner, 2017). Hrob jedince byl nalezen přibližně 7 m od středu rotundy. Zásyp hrobu tvořila černá písčitá hlína a jemně až středně zrnitý písek. V hrobu jedince H 117 byl nalezen železný nůž v blízkosti levé pánevní kosti a u lebky byly nalezeny dvě záušnice (Macháček et al., 2016). U jedince H 151 jsme hnědé zbarvení zaznamenali na pravé pánevní kosti. Jedná se o jedince mužského pohlaví (Sládek, Makajevová & Hora, 2017c) v kategorii *middle adult* (Sládek, Makajevová & Berner, 2017). Hrob tohoto jedince byl nalezen 4,8 m od středu rotundy, zásyp hrobu tvořila písčitá hlína a středně zrnitý písek. Hrobový inventář jedince H 151 tvořil železný tyčinkovitý předmět (u chodidel) a střep (v blízkosti

pánevních kostí; Macháček et al., 2016). Poslední jedinec, u kterého jsme identifikovali hnědé zbarvení, je jedinec mužského pohlaví H 162 (Sládek, Makajevová & Hora, 2017c), který spadá do kategorie *young adult* (Sládek, Makajevová & Berner, 2017). Hnědé zbarvení jsme zaznamenali na jeho pravé pánevní kosti. Jeho hrob byl nalezen 4,4 m od středu rotundy a zásyp hrobu tvořila písčítá hlína a středně zrnitý písek. Žádný hrobový inventář u tohoto jedince nalezen nebyl.

Hnědé zbarvení kostí může být zapříčiněno přítomností humusu v půdě, magnetitem (magnetovec; oxid železnato-železitý; Dupras & Schultz, 2013), jinými sloučeninami železa (Schultz et al., 2003; Dupras & Schultz, 2013) nebo taninů v půdě. Zbarvení na povrchu kostí je ovlivněno přítomností vody v půdě, která přenáší částice a molekuly do kostí. Hnědé zbarvení může mít světlý či tmavší charakter v závislosti na typu půdy (Dupras & Schultz, 2013). Stejně tak jako u černého zbarvení může být původcem zbarvení mangan v půdě (Emsley, 2001; Dupras & Schultz, 2013). V případě hnědého zbarvení by se jednalo například o sloučeninu uhličitan manganatý. Další příčinou hnědého zbarvení může být i koroze železných předmětů, která má za následek různé barevné změny na kostech (Cronyn, 1990). Vzhledem k tomu, že v půdě, ve které byly kostry u druhého kostelního pohřebiště na Pohansku pohřbeny se vyskytovala sloučenina manganu, která zapříčinila černé zbarvení, lze předpokládat, že by i hnědé zbarvení mohlo být zapříčiněno některou ze sloučenin manganu. U dvou jedinců, u kterých se hnědé zbarvení vyskytlo, byl nalezen železný předmět (H 117, H 151). Nelze tedy ani vyloučit příčinu hnědého zbarvení na kostech z důvodu koroze železných předmětů. Pro potvrzení příčiny zbarvení by bylo třeba provést jeho podrobnou analýzu.

6.2.4 Zelené zbarvení

Levá pánevní kost jedince H 78 byla jedinou kostí z celého našeho souboru, na které jsme zachytili výskyt zeleného zbarvení (obrázek 62). Jedná se o jedince ženského pohlaví (Sládek, Makajevová & Hora, 2017c), který patří do věkové kategorie *middle adult* (Sládek, Makajevová & Berner, 2017). Odhadovaná výška postavy jedince je 152,8 cm a odhadovaná hmotnost jedince je 54,7 kg (Sládek, Makajevová & Hora, 2017a, Sládek, Makajevová & Hora, 2017b). Tento jedinec byl pohřben hlavou směrem k západu na severním okraji pohřebiště, kde jsou nejspíše nejmladší hroby z celého pohřebiště. V hrobu jedince H 78 nebylo nalezeno kamenné obležení, kamenný překryv,

stopy po pohřebních nosítkách či negativu schránky. V místě levé pánevní kosti pod *incisura ischiadica major* tohoto jedince byla nalezena rukojeť nože. Jedná se o bronzovou rukojeť se zbytkem železné čepule obdélníkového tvaru dlouhou 8,8 cm, která je zdobena třemi rýhami. Tento nůž byl charakterizován jako skalpel, který je spojován s léčitelstvím, žena z tohoto hrobu tedy mohla být léčitelkou. Dále zde byla nalezena bronzová jehla v blízkosti levé kosti vřetenní (která by taktéž mohla být interpretována ve spojitosti s léčitelstvím) a keramická nádoba v blízkosti pravé lýtkové kosti. V zásypu hrobu pak byly nalezeny některé další artefakty, které se však k hrobové výbavě tohoto jedince nezařadili (Macháček et al., 2016).

Vzhledem k tomu, že bronzová rukojeť nože byla nalezena ve stejném místě levé pánevní kosti, ve kterém jsme pozorovali zelené zbarvení, pravděpodobně by se mohlo jednat o příčinu tohoto zbarvení. Hopkinson et al. (2008) uvádí, že se zelené zbarvení vyskytuje na kostech běžně, a to po kontaktu s mědí nebo bronzem. V této studii bylo zelené zbarvení lokalizováno na zubech a čelistech jedinců, kterým byla po smrti symbolicky vkládána mince do úst (Hopkinson et al., 2008). Salavová (2019) taktéž potvrdila výskyt zeleného zbarvení v oblasti kostí horních končetin, blízko kterých byla nalezena hrobová výbava obsahující bronz či měď. Zelené zbarvení může být také způsobeno sloučeninami oxidů železa a železa (Cronyn, 1990), což potvrzuje fakt, že bronzová rukojeť nože obsahovala i zbytek železné čepule (Macháček et al., 2016).

6.3 Srovnání výskytu tafonomických změn s výsledky Salavové (2019)

Výskyt tafonomických změn na kostech dolních končetin jsme porovnávali mezi naší studií a studií Salavové (2019), ve které se autorka zabývala výskytem tafonomických změn na kostech horních končetin téhož souboru. Typově se jednalo o poškození kosti a barevné změny. Srovnání procentuální četnosti výskytu jednotlivých typů poškození kosti mezi naší studií a studií Salavové (2019) je znázorněno v grafu 3. Pro odhalenou spongiózu, absenci části kosti i absenci periostálního povrchu jsme nenalezli žádný signifikantní rozdíl v lokalizaci jednotlivých změn. Odhalená spongióza a absence části kosti se lokalizují na proximálních a distálních koncích dlouhých kostí, při okrajích lopatek a pánevních kostí, u klíčních kostí na *extremitas acromialis* a *extremitas sternalis*. Výskyt těchto změn se s ohledem na laterality kostí významně neliší, výjimkou je absence části kosti u levých lýtkových kostí, u kterých je tělo kosti

zasaženo po celé délce. V případě dolních končetin jsme objevili statisticky významnou korelaci (p -hodnota $< 0,0125$) pouze mezi absencí části kosti a kamenným obložení u levé lýtkové kosti. Salavová (2019) korelaci v tomto případě nezjistila, statisticky významnou korelaci však zjistila mezi absencí části kosti a pohlavím jedinců. U dlouhých kostí dolních končetin jedinců ženského pohlaví chybí část kosti častěji a ve větším rozsahu než u jedinců mužského pohlaví. V případě horních končetin jsou také více zasažena některá místa na pažních kostech a loketních kostech u žen. Absence periostálního povrchu se lokalizuje zejména na tělech kostí, u pletence horní končetiny však tato změna zasahuje i do okrajových částí. V místech kloubních spojení se absence periostu nevyskytuje, periostální povrch totiž v těchto místech kostí chybí (Dwek, 2010). Vliv pohlaví a laterality kostí není u této změny patrný, pouze tělo lýtkové kosti mužů vykazuje větší rozsah překryvu 100 % než u žen. U horní i dolní končetiny se nepodařilo odhalit žádnou korelaci (po zpřísnění Bonferonniho korekcí) mezi absencí periostálního povrchu a ověřovanými faktory. Praskliny a zlomy se na kostech 2. kostelního pohřebiště na Pohansku objevily na dolních končetinách u všech jedinců, v případě horních končetin u všech žen a u 93,3 % mužů. Vzhledem k tomu, že v obou případech nebyly *heat mapy* pro tuto změnu utvořeny, nelze porovnat jejich nejčastější výskyt.

Srovnání procentuální četnosti výskytu jednotlivých barevných změn mezi naší studií a studií Salavové (2019) je znázorněno v grafu 4. Nejčetnější barevnou změnou na kostech horních i dolních končetin bylo oranžové zbarvení. Oranžové zbarvení se u kostí horních končetin vyskytuje s nejvyšší frekvencí (100 – 80 %) v místech svalových úponů, zbytek kostí takové míry překryvu nedosahuje. V případě dolních končetin je toto zbarvení mnohem rozsáhlejší, vyskytuje se s mírou překryvu 100 – 80 % po celé ploše kostí, avšak některá místa kostí, na které se upínají svaly, jsou z *heat map* zřetelnější. Přestože u kostí horních končetin není patrný rozdíl pohlaví, na kostech dolních končetin je u jedinců mužského pohlaví oranžové zbarvení intenzivnější. Přestože se na pravé lýtkové kosti žen vyskytuje toto zbarvení vy vyšší frekvenci, jiný signifikantní vliv laterality kostí jsme nezaznamenali. Černé zbarvení se lokalizuje po celé ploše kostí, nepozorujeme zde žádné tendence k výskytu tohoto zbarvení. V případě dolních končetin se zdá, že se černé zbarvení u žen vyskytuje v některých místech s vyšší intenzitou než u mužů. Korelaci mezi černým zbarvením a pohlavím jedinců jsme však neprokázali. Salavová (2019) taktéž sledovala na kostech horních

končetin místa, kde bylo černé zbarvení u žen intenzivnější. Přesto se jí podařilo prokázat statisticky významnou korelaci pouze mezi pravou klíční kostí a pohlavím. Dle analýzy, kterou Salavová (2019) provedla ve spolupráci s týmem pana prof. Jehličky, je původem černého zbarvení minerál birnesit. Předpokládáme, že i v našem případě se jedná o stejný zdroj zbarvení. Výskyt hnědého a zeleného zbarvení jsme zaznamenali u menšího počtu jedinců i kostí než Salavová (2019). Pro oba typy barevných změn nebyly z důvodu nízkého výskytu vytvořeny *heat mapy*, díky kterým lze srovnat jejich nejčastější lokalizaci. Na kostech jsme pozorovali hnědé zbarvení ve formě malých skvrn a teček, stejně jako Salavová (2019). Zelené zbarvení se u kostí dolních končetin vyskytlo pouze na jedné levé pánevní kosti jedince, jehož hrobová výbava odpovídala umístění tohoto zbarvení. U horních končetin se zelené zbarvení vyskytlo u čtyř jedinců, u tří z nich byla nalezena hrobová výbava odpovídající místu zbarvení.

7 ZÁVĚR

Cílem této diplomové práce bylo zpracovat a následně vyhodnotit změny na vnějším povrchu kostí dolních končetin dospělých jedinců z druhého kostelního pohřebiště na Pohansku u Břeclavi, a to z hlediska tafonomických faktorů. Konkrétně jsme pro tyto účely vybrali pletenec dolní končetiny (*cingulum membri inferioris*) a dlouhé kosti volné dolní končetiny (*pars libera membri inferioris*). Na kostech dolních končetin jsme zachytili dva druhy změn – poškození kosti (odhalenou spongiózu, absenci části kosti, absenci periostálního povrchu a praskliny a zlomy) a barevné změny (oranžové zbarvení, černé zbarvení, hnědé zbarvení a zelené zbarvení) stejně jako Salavová (2019), na jejíž studii jsme navazovali. Potvrdili jsme předpoklad, že se absence části kosti, stejně jako odhalená spongióza, bude nejčastěji lokalizovat při okrajích kostí. Absence periostálního povrchu se naopak lokalizovala na tělech kostí, u prasklin a zlomů jsme nebyli schopni lokalizovat jejich nejčastější výskyt. Předpokládali jsme, že pokud se u oranžového zbarvení skutečně jedná o železo ze svalů, bude se na kostech dolních končetin vyskytovat ve vyšší frekvenci. Výskyt oranžového zbarvení jsme na kostech dolních končetin ve vyšší frekvenci zachytili, dle provedené analýzy zbarvení jsme ale předpokládaný původ oranžového zbarvení zamítli. Domníváme se, že původcem oranžového zbarvení je alumosilikátový zvětrávací produkt, který nemá krystalickou strukturu. Potvrdili jsme náš další předpoklad, že se bude černé zbarvení na kostech dolních končetin projevovat ve stejné podobě a frekvenci vzhledem k jeho prokázanému původu z půdy. Předpokládali jsme výskyt zeleného zbarvení i na kostech dolních končetin. V našem souboru jsme zelené zbarvení skutečně zaznamenali, avšak pouze u jedné kosti jedince ženského pohlaví. Příčinou tohoto zbarvení pravděpodobně byla bronzová rukojeť nože, který byl v místě zbarvení nalezen.

Ověřovali jsme vliv pohlaví, laterality kostí a obsahu hrobu na výskyt jednotlivých změn. Z výsledných *heat map* znázorňujících lokalizaci tafonomických změn jsme pozorovali některé tendence k vyššímu výskytu vázané na pohlaví jedinců či laterality kostí. Statisticky se nám však vliv pohlaví a laterality kostí na výskyt jednotlivých změn prokázat nepodařil. Jako statisticky významný (po zpřísnění hladiny významnosti pomocí Bonferonniho korekce) se nám potvrdil pouze vliv kamenného obložení na absenci části kosti u levé lýtkové kosti. Přestože náš soubor tvoří 57 jedinců, pravděpodobně by bylo potřeba statisticky ověřit výskyt změn u většího souboru.

Zpracováním vnějších povrchů koster dolních končetin z hlediska tafonomických faktorů jsme prohloubili doposud získané informace k tafonomii druhého kostelního pohřebiště na Pohansku, další výzkumy by však mohly podat ucelenější přehled informací. Během dalšího výzkumu by tak mohly být zpracovány a vyhodnoceny kostry nedospělých jedinců, které tvoří početnější soubor, a mohly by tak vnést nové poznatky do již získaných znalostí.

8 SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- Andrews, P. & Bello, S., 2006. Pattern in Human Burial Practice. In: *The Social Archaeology of Funerary Remains*. Oxford: Oxbow Books.
- Argáez, C., Batta, E., Mansilla, J., Pijoan, C., Bosch, P., 2011. The origin of black pigmentation in a sample of Mexican prehispanic human bones. *Journal of Archaeological Science*, 38(11), 2979–2988.
- Behrensmeyer, A. K., 1978. Taphonomic and ecologic information from bone weathering. *Paleobiology*, 150–162.
- Behrensmeyer, A. K., Kidwell, S. M. & Gastaldo, R. A., 2000. Taphonomy and paleobiology. *Paleobiology*, 103–147.
- Binford, L. R., 1978. Human modes of bones modification. In: *Bones: Ancient Men and Modern Myths*. London: Academic Press, INC., 87–177.
- Blau, S., 2017a. The Effects of Weathering on Bone Preservation. In: *Taphonomy of Human Remains: Forensic Analysis of the Dead and the Depositional Environment*. Chichester: John Wiley & Sons Ltd.
- Blau, S., 2017b. Variables that influence weathering. In: *Taphonomy of human remains: forensic analysis of the dead and the depositional environment..* Chichester: John Wiley & Sons, Ltd.
- Boddington, A., 1987. Chaos, disturbance and decay in an Anglo-Saxon cemetery. In: *Death, Decay, and Reconstruction: Approaches to Archaeology and Forensic Science*. Manchester : Manchester University Press.
- Borchardt-Ott, W., 2012. *Crystallography*. Berlin: Springer.
- Brooks, S. T. & Suchey, J. M., 1990. Skeletal Age Determination Based on the os pubis: A Comparison of the Acsádi-Nemeskéri and Suchey-Brooks Methods. *Human evolution*, 5, 227–238.
- Brůžek, J., 2002. A method for visual determination of sex, using the human hip bone. *American Journal of Physical Anthropology*, 117(2), 157–168.
- Clark, M. A., Worrell, M. B. & Pless, J. E., 1996. Postmortem Changes in Soft Tissues. In: *Forensic Taphonomy: The Postmortem Fate of Human Remains*. Florida: CRC Press.
- Coelho, L. & Cardoso, H. F. V., 2013. Timing of blunt force injuries in long bones: The effects of the environment, PMI length and human surrogate model. *Forensic Science International*, 233(1–3), 230–237.

- Cronyn, J. M., 1990. *The Elements of Archaeological Conservation*. London: Routledge.
- Černý, V., 1995. Význam tafonomických procesů při studiu pohřebního ritu. *Archeologické rozhledy*, 301–313.
- Čihák, R., 2001. *Anatomie 1*. 3rd ed., Praha: Grada.
- Denys, C., 2002. Taphonomy and experimentation. *Archaeometry*, 469–484.
- Duday, H., Courtaud, P., Crubezy, E., Sellier, P., Tillier, A., 1990. L'Anthropologie « de terrain » : reconnaissance et interprétation des gestes funéraires. *Bulletins et Mémoires de la Société d'Anthropologie de Paris*, 2(3–4), 29–50.
- Dupras, T. L. & Schultz, J. J., 2013. Taphonomic Bone Staining and Color Changes in Forensic Context. In: *Manual of Forensic Taphonomy*. Boca Raton: CRC Press.
- Dwek, J. R., 2010. The periosteum: what is it, where is it, and what mimics it in its absence? *Skeletal Radiology*, 39(4), 319–323.
- Efremov, J., 1940. Taphonomy: New branch of paleontology. *Pan American Geologist*, 81–93.
- Eickhoff, S. & Herrmann, B., 1985. Surface marks on bones from a neolithic collective grave (odagsen, lower saxony). A study on differential diagnosis. *Journal of Human Evolution*, 14(3), 263–274.
- Emsley, J., 2001. *Nature's Building Blocks: An A – Z Guide to the Elements*. Oxford: Oxford University Press.
- Englich, J., 2006. *Úvod do praktické fyziky I: zpracování výsledků měření*. 1st ed., Praha : MatfyzPress.
- Fazekas, I. G. & Kósa, F., 1978. *Forensic fetal osteology*. Budapest: Akadémiai Kiadó.
- Grupe, G., 2007. Taphonomic and Diagenetic Processes. In: *Handbook of Paleoanthropology*. New York: Springer, 241–259.
- Guinier, A., 1994. *X-ray Diffraction in Crystals, Imperfect Crystals, and Amorphous Bodies*. New York: Dover Pubn, Inc.
- Hamilton, S. & Green, M., 2017. Gross post-mortem changes in the human body. In: *Taphonomy of human remains: forensic analysis of the dead and the depositional environment*. Chichester: John Wiley & Sons, Ltd.
- Hopkinson, K. A., Yeats, S. Y. & Scott, G. R., 2008. For Whom the Coin Tolls: Green Stained Teeth in Medieval and Post-Medieval Spanish Burials. *Dental anthropology*, 21(1), 12–17.

- Huculak, M. A. & Rogers, T. L., 2009. Reconstructing the Sequence of Events Surrounding Body Disposition Based on Color Staining of Bone. *Journal of Forensic Sciences*, 54(5), 979–984.
- Humphrey, L., Bello, S. M., Turner, E., Bouzouggar, A., Barton, N., 2011. Iberomaurusian funerary behaviour: Evidence from Grotte des Pigeons, Taforalt, Morocco. *Journal of Human Evolution*, 261–273.
- Jordana, F., Colat-Parros, J. & Bénézech, M., 2012. Diagnosis of Skull Fractures According to Postmortem Interval: An Experimental Approach in a Porcine Model. *Journal of Forensic Sciences*, 58, 156–162.
- Kemp, W. L., 2016. Postmortem Change and its Effect on Evaluation of Fractures. *Academic Forensic Pathology*, 6(1), 28–44.
- Komar, D. A. & Buikstra, J. E., 2008. *Forensic anthropology*. New York: Oxford University Press, Inc.
- Kopecká, I. & Svobodová, E., 2019. *Metody průzkumu historických materiálů*, 1st ed., Praha: Grada Publishing, a.s.
- Krishnamurthi, A. & Gunasegaran, J. P., 2013. *Dissection of the Human Body*. 1st ed., New Delhi: Jaypee Brothers Medical Publishers.
- Larsen, C. S.; Knüsel, C. J.; Haddow, S. D.; Pilloud, M. A.; Milella, M.; Sadvari, J. W., ...Glencross, B. (2019). Bioarchaeology of Neolithic Çatalhöyük reveals fundamental transitions in health, mobility, and lifestyle in early farmers. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 12615–12623.
- Lieverse, A. R., Weber, A. W. & Goriunova, O. I., 2005. Human taphonomy at Khuzhir-Nuge XIV, Siberia: a new method for documenting skeletal condition. *Journal of Archaeological Science*, 33(8), 1141–1151.
- Lovejoy, C. O., 1985. Dental wear in the Libben population: its functional pattern and role in the determination of adult skeletal age at death. *American Journal of Physical Anthropology*, 68(1), 47–56.
- Lucht, K. & Mendoza-Cortes, J., 2015. Birnessite: A Layered Manganese Oxide to Capture Sunlight for Water-Splitting Catalysis. *The Journal of Physical Chemistry*, 119(40), 22838–22846.
- Lyman, R. L., 1994a. Burial as a taphonomic process. In: *Vertebrate taphonomy*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Lyman, R. L., 1994b. Butchering, bone fracturing, and bone tools. In: *Vertebrate taphonomy*. Cambridge: Cambridge University Press.

- Lyman, R. L., 1994c. Vertebrate mortality, skeletonization, disarticulation, and scattering. In: *Vertebrate Taphonomy*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Macháček, J., 2007. Early medieval centre in Pohansko near Břeclav/Lundeburg: Munitio, emporium or palatium of the rulers of Moravia? In: *Post-Roman towns, trade and settlement in Europe and Byzantium: the heirs of the Roman west*. Berlin: Walter de Gruyter.
- Macháček, J.; Balcárková, A.; Čáp, P.; Dresler, P.; Přichystal, A.; Přichystalová, R.; Schuplerová, E.; Sládek, V., 2014. Velkomoravská rotunda z Pohanska u Břeclavi. *Památky archeologické*, 105(1), 87–153.
- Macháček, J., Dresler, P., Přichystalová, R. & Vladimír, S., 2016. Břeclav-Pohansko VII. Kostelní pohřebiště na Severovýchodním předhradí. Brno: Filozofická fakulta, Masarykova univerzita.
- Macháček, J. & Přichystalová, R., 2017. The archaeological background of the skeletal remains: the second church at the northeast suburb at Pohansko. In: *At the end of Great Moravia: skeletons from the second church cemetery at Pohansko-Břeclav (9th – 10th century A. D.)*. Oxford: BAR Publishing, 1–12.
- Macháček, J. & Sládek, V., 2019. Portrét muže z hrobu 153: osteobiografický profil elity druhého kostela na Pohansku u Břeclavi. In: *Pád Velké Moravy aneb Kdo byl pohřben v hrobu 153 na Pohansku u Břeclavi?* Praha: Lidové noviny, 54–72.
- Marshall, L., 1989. Bone Modification and "The Laws of Burial". In: *Bone modification*. Orono: University of Maine Center for the Study of the First Americans, 7–26.
- Matiegka, J., 1934. O hnilobě kostí. *Anthropologie*, 12, 20–225.
- Nawrocki, S. P., 1995. Taphonomic Processes in Historic Cemeteries. In: *Bodies of Evidence: Reconstructing History through Skeletal Analysis*. New York: Wiley-Liss, Inc., 49–66.
- Papadopoulos, J. K., Bejko, L. & Morris, S. P., 2007. Excavations at the prehistoric burial tumulus of Lofkënd in Albania: a preliminary report for the 2004 – 2005 seasons. *American Journal of Archaeology*, 111, 105–147.
- Pettitt, P. B., 2002. The Neanderthal dead: exploring mortuary variability in Middle Palaeolithic Eurasia. *Before Farming*, 1–26.
- Pickering, T. R., Domínguez-Rodrigo, M., Heaton, J. L., Yravedra, J., Barba, R., Bunn, H. T. ...Brain, C. K., 2013. Taphonomy of ungulate ribs and the consumption of

- meat and bone by 1.2 million year old hominins at Olduvai Gorge, Tanzania. *Journal of Archaeological Science*, 40(2), 1295–1309.
- Porter, T. & Duff, T., 1984. Compositing digital images. *Computer Graphics*, 18(3), 253–259.
- Prieto, G., Wright, V., Burger, R. L., Cooke, C. A., Zeballos-Velasquez, E. L., Watanave, A., Suchomel, M. R., Suescun, L., 2016. The source, processing and use of red pigment based on hematite and cinnabar at Gramalote, an early Initial Period (1500–1200 cal. B.C.) maritime community, north coast of Peru. *Journal of Archaeological Science, Reports*, 45–60.
- Procházka, B., 2015. *Stručná biostatistika pro lékaře*. Praha: Karolinum.
- Prokeš, L., 2007. *Posmrtné změny a jejich význam při interpretaci pohřebního ritu /ke vztahu mezi archeologií a forenzními vědami/*. 1st ed., Brno: Metoda spol. s r.o.
- Quintana, P., Tiesler, V., Conde, M., Trejo-tzab, R., Bolio, C., Alvarado-gil, J. J. & Aguilar, D., 2014. Spectrochemical characterization of red pigments used in classic period maya funerary practices. *Archaeometry*, 1045–1059.
- Raxter, M. H., Auerbach, B. M. & Ruff, C. B., 2006. Revision of the Fully technique for estimating statures.. *American Journal of Physical Anthropology*, 130(3), 374–384.
- Richardson, P. R. K., 1980. Carnivore damage to antelope bones and its archaeological implications. *Paleontologia Africana*, 23, 109–125.
- Ruff, C. B., Niskanen, M., Junno, J. A. & Jamison, P., 2005. Body mass prediction from stature and bi-iliac breadth in two high latitude populations, with application to earlier higher latitude humans.. *Journal of Human Evolution*, 48(4), 381–392.
- Ruff, C. B., Holt, B. M., Niskanen, M., Sládek, V., Berner, M., Garofalo, E. ...Tompkins, D., 2012. Stature and body mass estimation from skeletal remains in the European Holocene.. *American Journal of Physical Anthropology*, 148(4), 601–617.
- Salavová, Š., 2019. *Tafonomické změny periosteálních povrchů na kostře horních končetin: Pohansko, 2. kostel*, Praha: Univerzita Karlova.
- Shahack-Gross, R., Bar-Yosef, O. & Weiner, S., 1997. Black-Coloured Bones in Hayonim Cave, Israel: Differentiating Between Burning and Oxide Staining. *Journal of Archaeological Science*, 24, 439–446.
- Shipman, P., Bosler, W. & Davis, K. L., 1981. Butchering of Giant Geladas at an Acheulian Site. *Current Anthropology*, 22(3), 257–268.

- Schultz, J. J. A., Williamson M., Nawrocki, S. P., B., Falsetti A., Warren, M. W., 2003. A taphonomic profile to aid in the recognition of human remains from historic and/or cemetery contexts. *Florida Anthropologist*, 56, 141–147.
- Sládek, V., 2016. Portrét muže z hrobu 153: osteobiografický profil elity druhého kostela na Pohansku u Břeclavi. In: *Pád Velké Moravy aneb Kdo byl pohřben v hrobu 153 na Pohansku u Břeclavi?* Praha: Lidové noviny, 54–72.
- Sládek, V. & Kavánová, B., 2003. Statistické hodnocení tafonomických, osteoarcheologických a antropologických parametrů pohřebiště u 12. kostela v Mikulčicích. In: *Mikulčice – pohřebiště u 6. a 12. kostela*. Brno: Archeologický ústav Akademie věd ČR, Brno.
- Sládek, V., Macháček, J., Ruff, C. B., Schuplerová, E., Přichystalová, R., Hora, M., 2015. Population-Specific Stature Estimation From Long Bones in the Early Medieval Pohansko (Czech Republic). *American Journal of Physical Anthropology*, 158(2), 312–324.
- Sládek, V. & Makajevová, E., 2017. The assessment of preservation of a skeletal sample excavated from the Pohansko second church cemetery. In: *At the end of Great Moravia: skeletons from the second church cemetery at Pohansko-Břeclav (9th – 10th century A. D.)*. Oxford: BAR Publishing.
- Sládek, V., Makajevová, E. & Berner, M., 2017. Dental and skeletal age-at-death for non-adult and adult individuals from the Pohansko second church cemetery. In: *At the end of Great Moravia: skeletons from the second church cemetery at Pohansko-Břeclav (9th – 10th century A. D.)*. Oxford: BAR Publishing.
- Sládek, V., Makajevová, E. & Hora, M., 2017a. Body mass estimation for adults from the Pohansko second church cemetery. In: *At the end of Great Moravia: skeletons from the second church cemetery at Pohansko-Břeclav (9th – 10th century A. D.)*. Oxford: BAR Publishing.
- Sládek, V., Makajevová, E. & Hora, M., 2017b. Stature estimation for adults from the Pohansko second church cemetery. In: *At the end of Great Moravia: skeletons from the second church cemetery at Pohansko-Břeclav (9th – 10th century A. D.)*. Oxford: BAR Publishing.
- Sládek, V., Makajevová, E. & Hora, M., 2017c. The assesment of sex for adult individuals from the Pohansko second church cemetery. In: *At the End of Great Moravia: Skeletons from the Second Church Cemetery at Pohansko-Břeclav (9th – 10th Cemetery A.D.)*. Oxford: BAR Publishing.

- Svoboda, J. A., 2003. Paleolit a mezolit: Pohřební ritus. Brno: Nadace Universitas Masarykiana v Brně.
- Turner, C. H. & Burr, D. B., 1993. Basic biomechanical measurements of bone: a tutorial. *Bone*, 14(4), 595–608.
- Ubelaker, D. H., 1989. Human skeletal remains: Excavation, analysis, interpretation. Washington, D.C.: Taraxacum.
- Ubelaker, D., 1996. Taphonomic Applications in Forensic Anthropology. Forensic Taphonomy: the postmortem fate of human remains.
- Žídek, L., 2019. Strukturní biochemie. Brno: Masarykova univerzita.

9 PŘÍLOHY

9.1 Tabulky

Tabulka 1: Přehled zvolených symbolů a barev, které byly využity pro záznam tafonomických změn do protokolů (převzato od Salavové 2019: tab. 2)

typy periosteálních změn	pozorované změny	grafické znázornění
poškození kostí	odhalená spongióza	XXXXXX
	absence části kosti	///////
	praskliny a zlomy	červená barva
	absence periostu	šedá barva
barevné změny	oranžové zbarvení	oranžová barva
	černé zbarvení	černá barva
	hnědé zbarvení	hnědá barva
	zelené zbarvení	zelená barva

Tabulka 2: Přehled celkového počtu zkoumaných pravých a levých kostí našeho souboru

pohlaví	pánevní kost		stehenní kost		holenní kost		lýtková kost	
	pravá	levá	pravá	levá	pravá	levá	pravá	levá
ženy	21	21	24	24	24	25	21	22
muži	31	31	31	31	31	29	30	28
celkem	52	52	55	55	55	54	51	50

Tabulka 3: Přehled použitých barev a RGB kódů k digitalizaci dat v programu InkScape

typ změny	pozorovaná změna	barva	RGB kód
poškození kosti	absence části kosti	červená	(255,0,0)
	odhalená spongióza	modrá	(0,0,255)
	absence periostu	šedá	(128,128,128)
	praskliny a zlomy		
barevné změny	oranžové zbarvení	oranžová	(255,165,0)
	černé zbarvení	černá	(0,0,0)
	hnědé zbarvení	—	—
	zelené zbarvení	—	—

Tabulka 4: Přehled četnosti tafonomických změn na pravých a levých kostech našeho souboru

typ změny	pozorovaná změna	pánevní kost		stehenní kost		holenní kost		lýtková kost		celkový počet kostí
		pravá	levá	pravá	levá	pravá	levá	pravá	levá	
poškození kosti	absence části kosti odhalená	48	51	32	35	28	28	37	38	297
	spongióza	51	52	55	54	54	53	47	43	409
	absence periostu	50	49	55	53	54	53	47	47	408
	praskliny a zlomy	25	18	15	16	7	9	20	12	122
barevné změny	oranžové zbarvení	52	52	55	55	55	54	50	50	423
	černé zbarvení	32	31	45	42	49	42	36	39	316
	hnědé zbarvení	2	1	2	0	1	0	0	0	6
	zelené zbarvení	0	1	0	0	0	0	0	0	1

Tabulka 5: Přehled četnosti tafonomických změn u kostí ženských a mužských jedinců našeho souboru

typ změny	pozorovaná změna	ženy	muži	celkem
poškození kosti	absence části kosti	128	169	297
	odhalená spongióza	171	238	409
	absence periostu	171	237	408
	praskliny a zlomy	53	69	122
barevné změny	oranžové zbarvení	182	241	423
	černé zbarvení	141	175	316
	hnědé zbarvení	5	1	6
	zelené zbarvení	1	0	1

Tabulka 6: Získané hodnoty (%) použité pro výpočet chyby, která vzniká při zakreslování tafonomických změn. Uvedené hodnoty byly získány pomocí opakovaného zakreslování vybraných 4 skvrn na pravé stehenní kosti jedince H 164,2

měření	skvrna 1	skvrna 2	skvrna 3	skvrna 4
	[%]			
1	1,63	1,34	0,5	0,13
2	1,57	1,33	0,58	0,16
3	1,58	1,35	0,54	0,13
4	1,68	1,39	0,53	0,15
5	1,65	1,34	0,49	0,14
6	1,64	1,41	0,51	0,14
7	1,62	1,45	0,43	0,14
8	1,65	1,41	0,45	0,14
9	1,64	1,34	0,6	0,14
10	1,57	1,36	0,48	0,12
průměr	1,62	1,37	0,51	0,14
směrodatná odchylka	0,04	0,04	0,05	0,01
průměrná odchylka	0,03	0,03	0,04	0,01
relativní odchylka	1,87	2,51	8,06	5,32
kombinovaná odchylka	4,44			

Tabulka 7: Získané hodnoty (%) použité pro výpočet chyby, která vzniká při digitalizaci tafonomických změn. Uvedené hodnoty byly získány pomocí opakované digitalizace pravé stehenní kosti 4 jedinců (H 66, H 110, H 164,2, H 201)

měření	H 66	H 110	H 164,2	H 201
	[%]			
1	6,67	4,72	5,76	6,89
2	6,7	4,72	5,77	6,9
3	6,68	4,72	5,77	6,96
4	6,69	4,72	5,77	6,92
5	6,66	4,7	5,73	6,93
6	6,65	4,72	5,72	6,92
7	6,69	4,73	5,73	6,92
8	6,72	4,72	5,78	6,94
9	6,71	4,71	5,78	6,92
10	6,7	4,72	5,76	6,95
průměr	6,69	4,72	5,76	6,93
směrodatná odchylka	0,02	0,01	0,02	0,02
průměrná odchylka	0,02	0,01	0,02	0,02
relativní odchylka	0,26	0,11	0,32	0,23
kombinovaná odchylka	0,23			

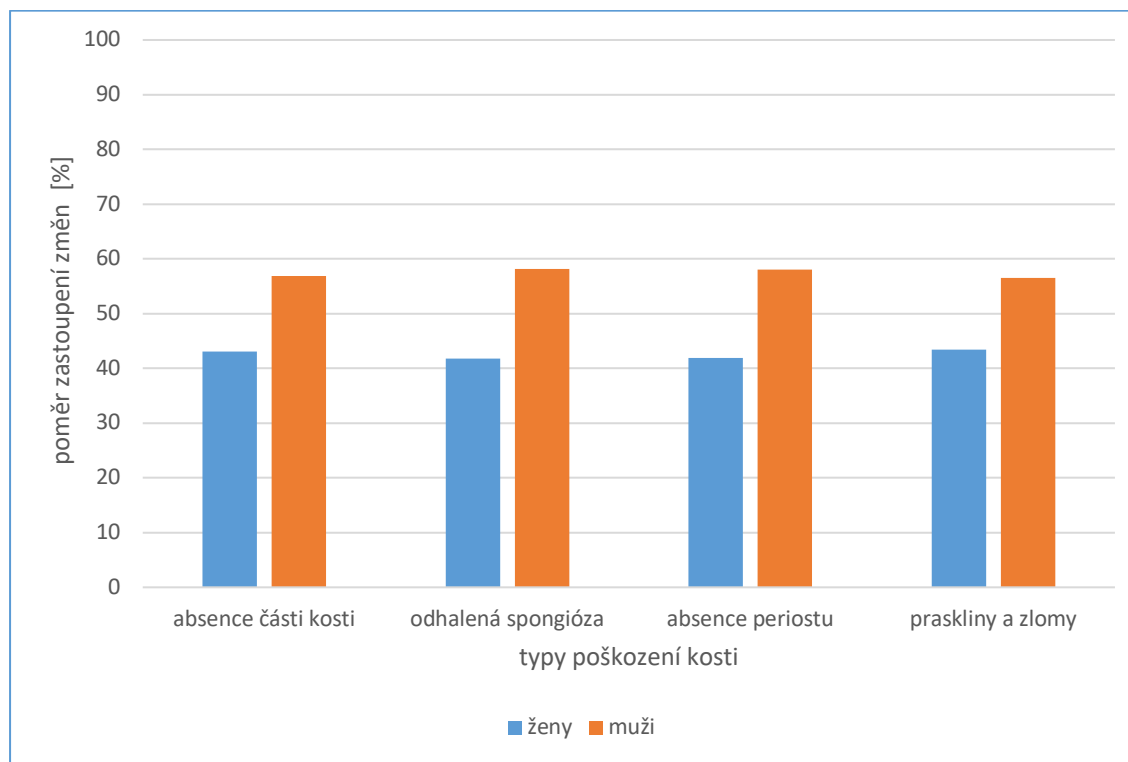
Tabulka 8: Získané hodnoty (px) použité pro výpočet chyby polohy, která vzniká při zakreslování tafonomických změn. Uvedené hodnoty byly získány pomocí souřadnic procházejících středem skvrny. Jedná se o pravou stehenní kost jedince H 164,2

měření	souřadnice	skvrna 1		skvrna 2		skvrna 3		skvrna 4	
		x	y	x	y	x	y	x	y
		[px]							
1		330	977	622	977	576	330	219	284
2		338	983	618	981	575	333	220	287
3		336	985	620	984	582	331	220	285
4		334	981	617	983	572	332	218	284
5		332	983	614	984	574	327	218	282
6		335	984	615	978	574	319	219	281
7		339	986	617	982	579	321	220	283
8		341	985	613	982	581	322	221	284
9		337	983	614	978	578	319	219	282
10		339	987	626	982	576	321	218	283
průměr		336	983	618	981	577	326	219	284
směrodatná odchylka		3,24	2,69	3,88	2,43	3,07	5,37	0,98	1,63
průměrná odchylka		2,7	2	3,12	2,08	2,64	5,1	0,84	1,3
relativní odchylka [%]		0,8	0,2	0,51	0,21	0,46	1,57	0,38	0,46
kombinovaná odchylka [%]		0,57							

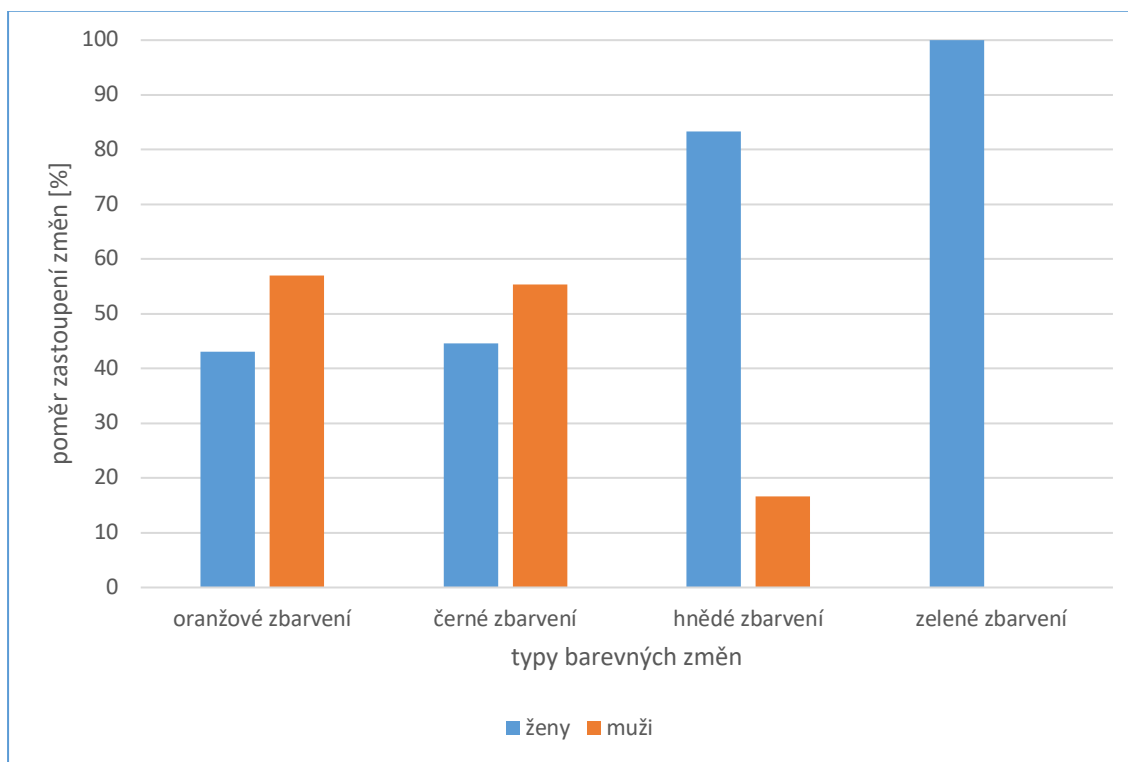
Tabulka 9: Získané p-hodnoty vyjadřující korelaci mezi absencí části kosti a kamenným obložením u každé z kostí. Pouze u levé stehenní kosti se dle Bonferonniho korekce jedná o statisticky významnou hodnotu

kost	p-hodnota	
	pravá	levá
pánevní kost	0,020	0,040
stehenní kost	0,070	0,007
holenní kost	0,600	0,820
lýtková kost	0,070	0,060

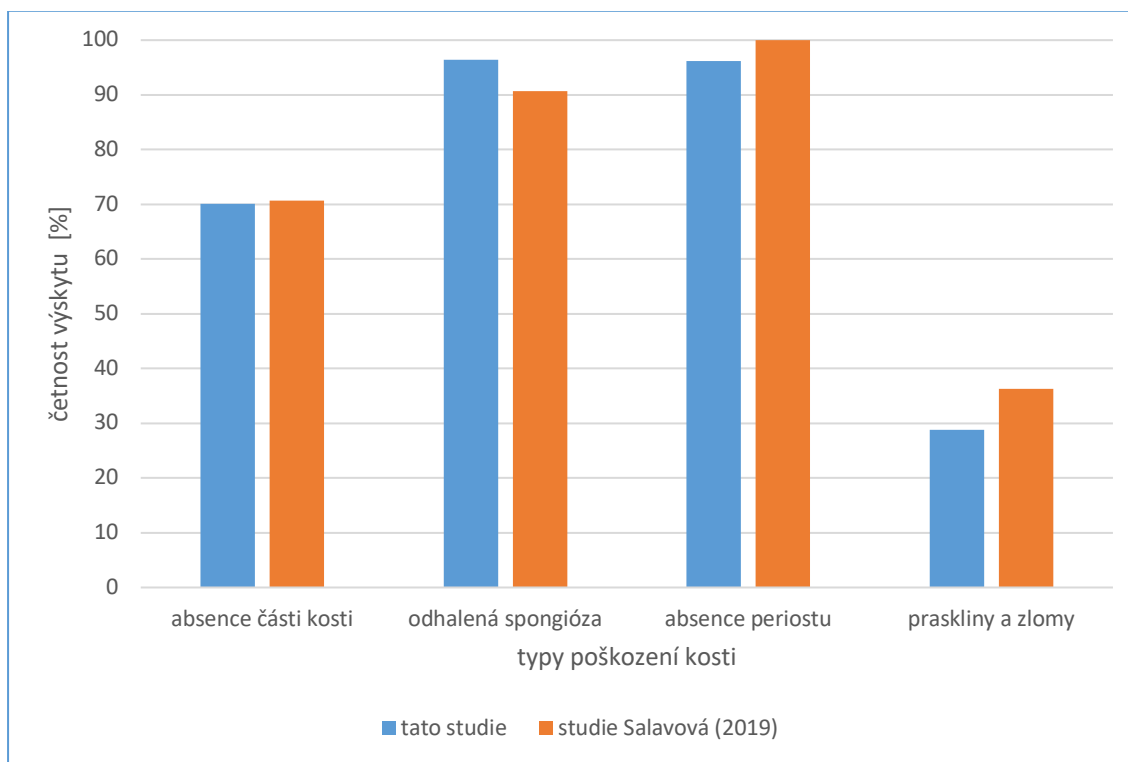
9.2 Grafy



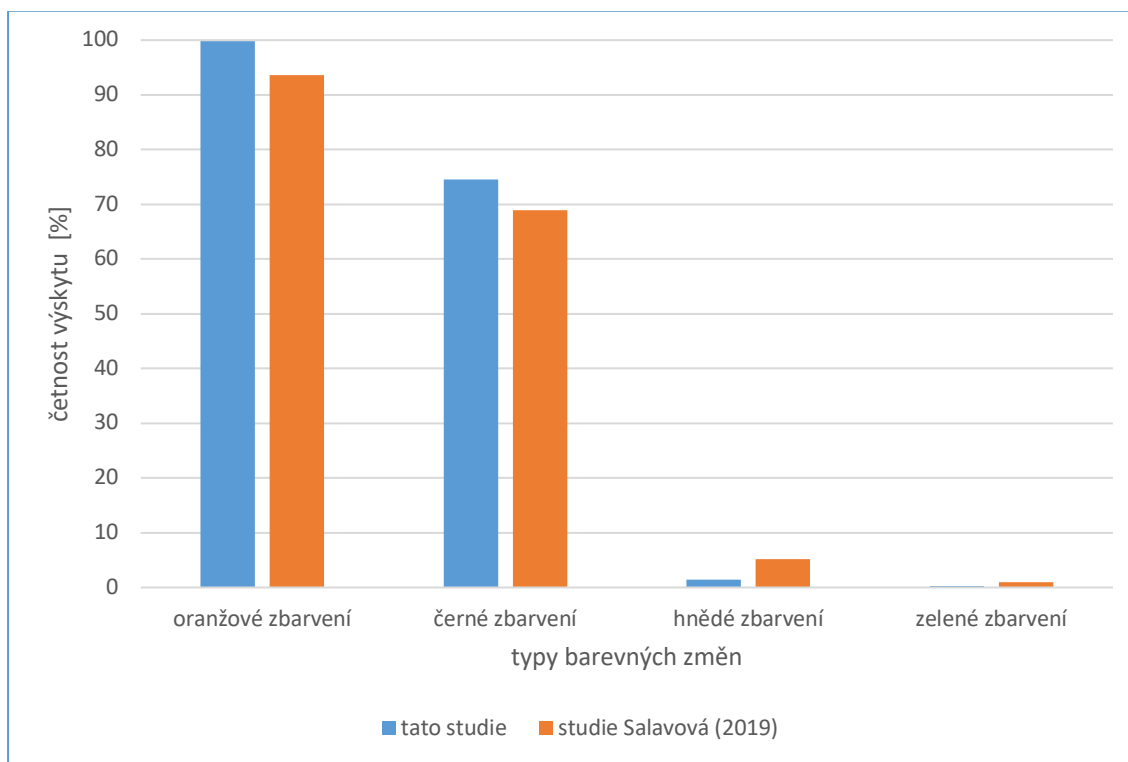
Graf 1: Procentuální poměr zastoupení jednotlivých typů poškození kosti vzhledem k pohlaví jedinců



Graf 2: Procentuální poměr zastoupení jednotlivých barevných změn vzhledem k pohlaví jedinců



Graf 3: Srovnání procentuální četnosti výskytu jednotlivých typů poškození kosti mezi naší studií a studií Salavové (2019). Celkový počet zkoumaných kostí tvoří 100 %

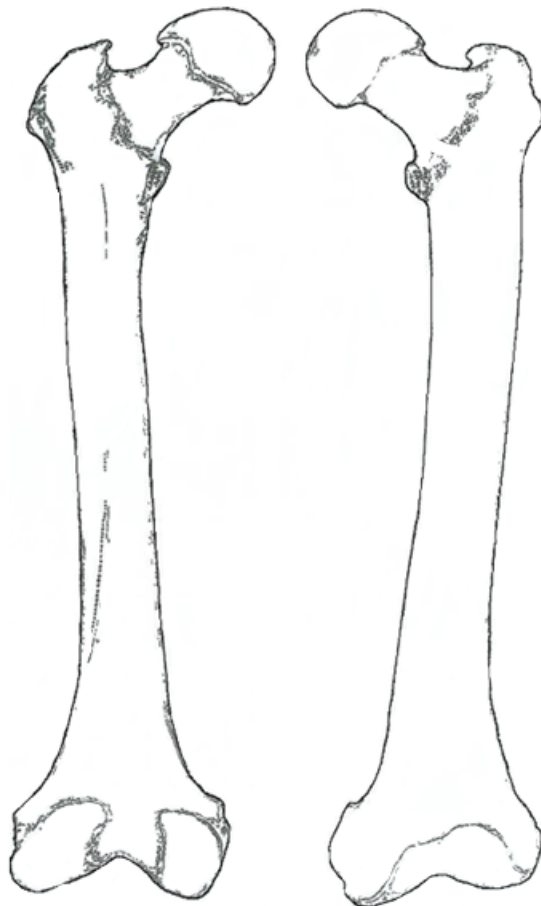


Graf 4: Srovnání procentuální četnosti výskytu jednotlivých barevných změn mezi naší studií a studií Salavové (2019). Celkový počet zkoumaných kostí tvoří 100 %

9.3 Obrázky

Pohansko, 2. kostel, femur (sin)

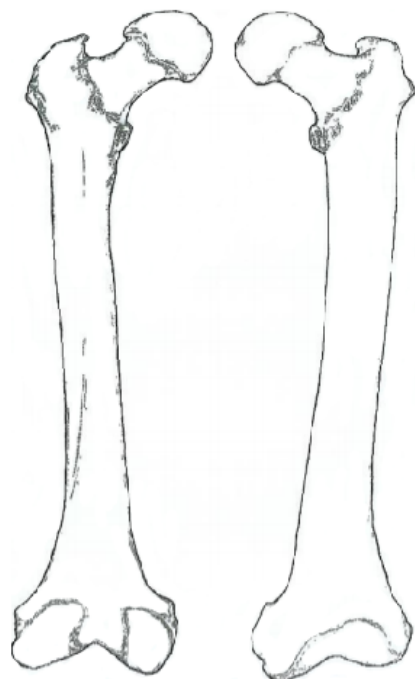
Datum:	
Číslo hrobu:	
Zpracovala:	
Pohlaví:	♀/♂



Obrázek 1: Ukázkový protokol vytvořený pro levou stehenní kost, do kterého byly tafonomické změny zaznamenávány pomocí zvolených značek a barev

Pohansko, 2. kostel, femur (sin)

Datum:	
Číslo hrobu:	
Zpracovala:	
Pohlaví:	♂

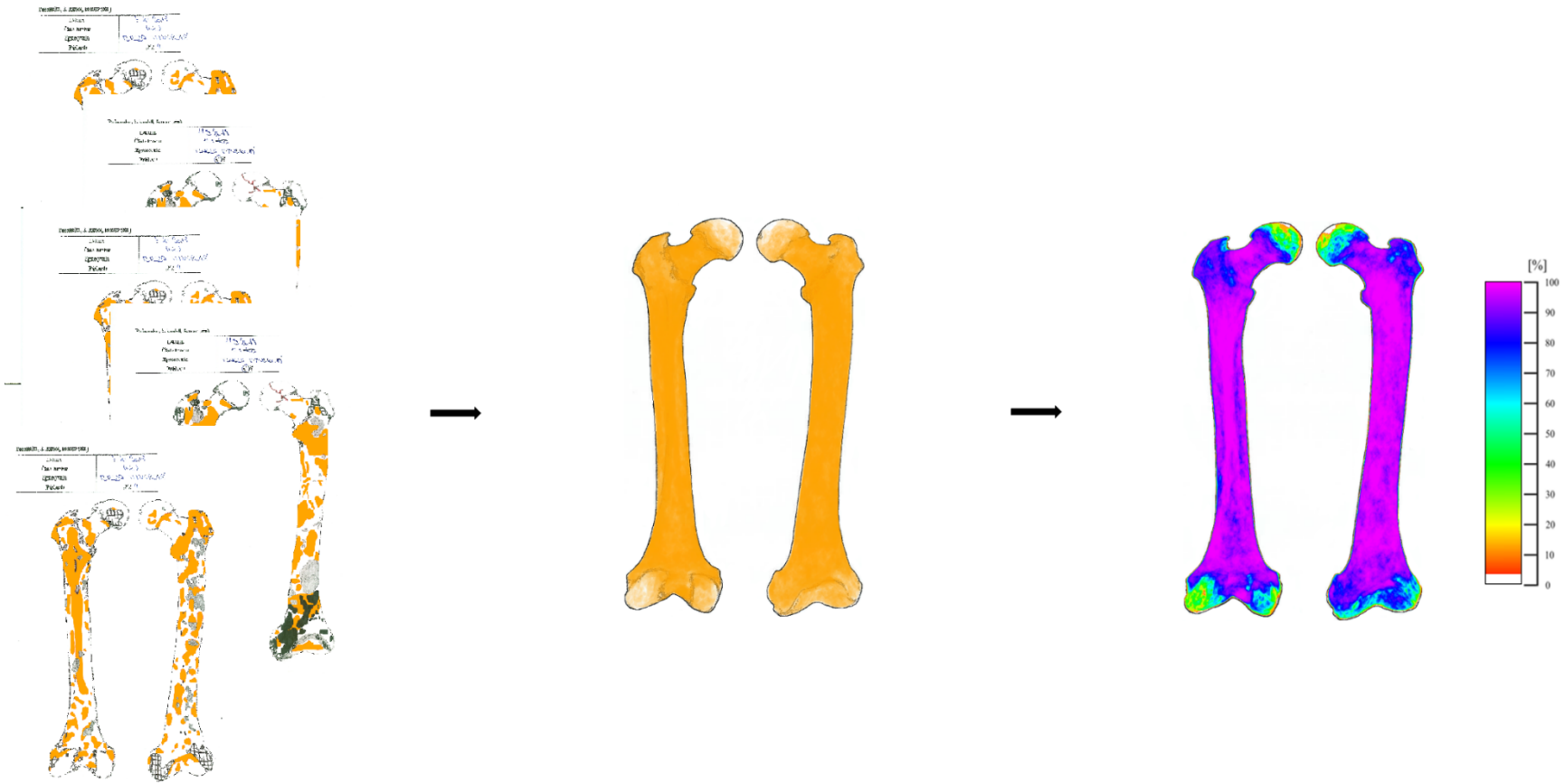


Pohansko, 2. kostel, femur (sin)

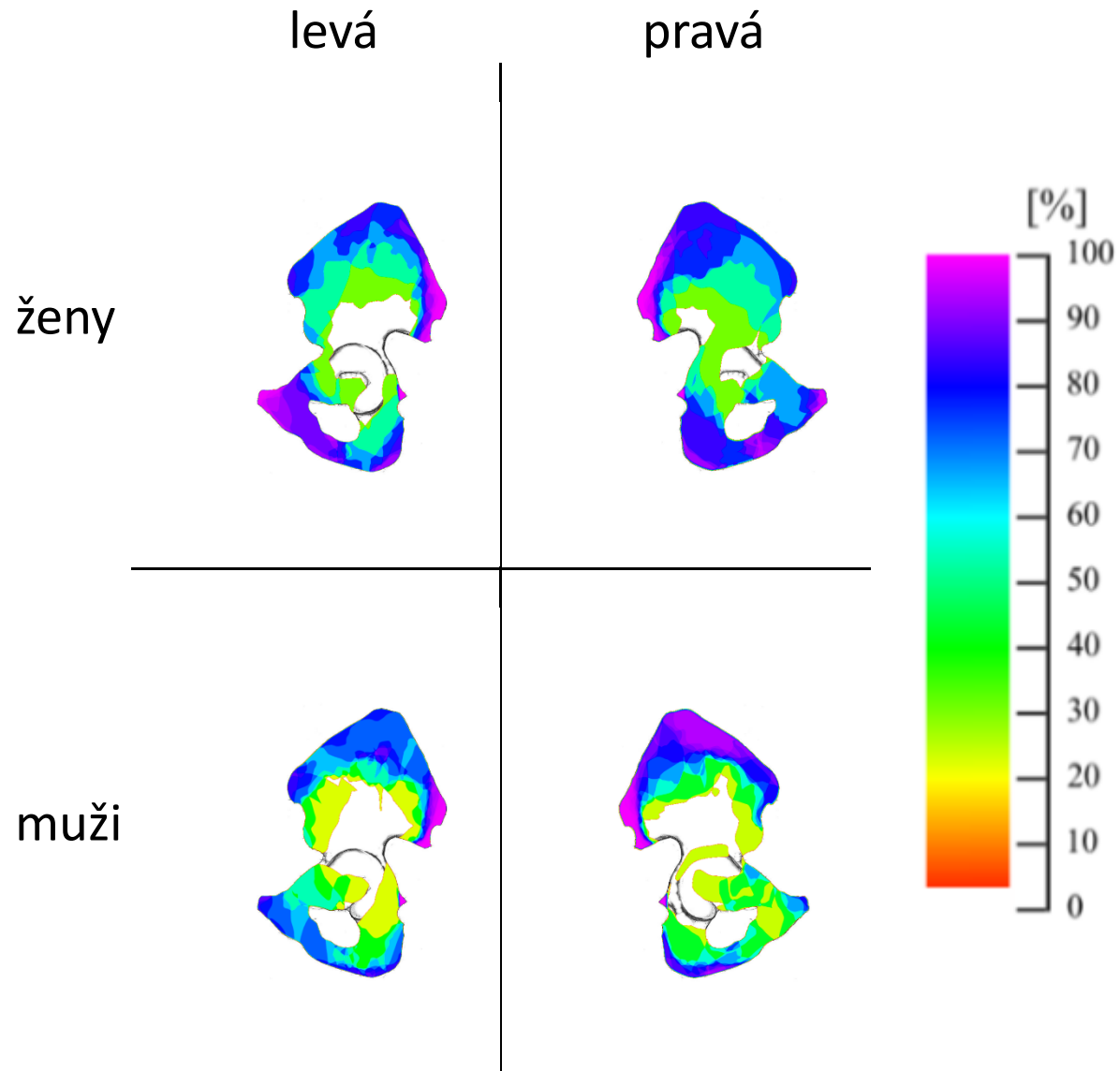
Datum:	7.1. 2019
Číslo hrobu:	112
Zpracovala:	TEREZA VITKALOVÁ
Pohlaví:	♀



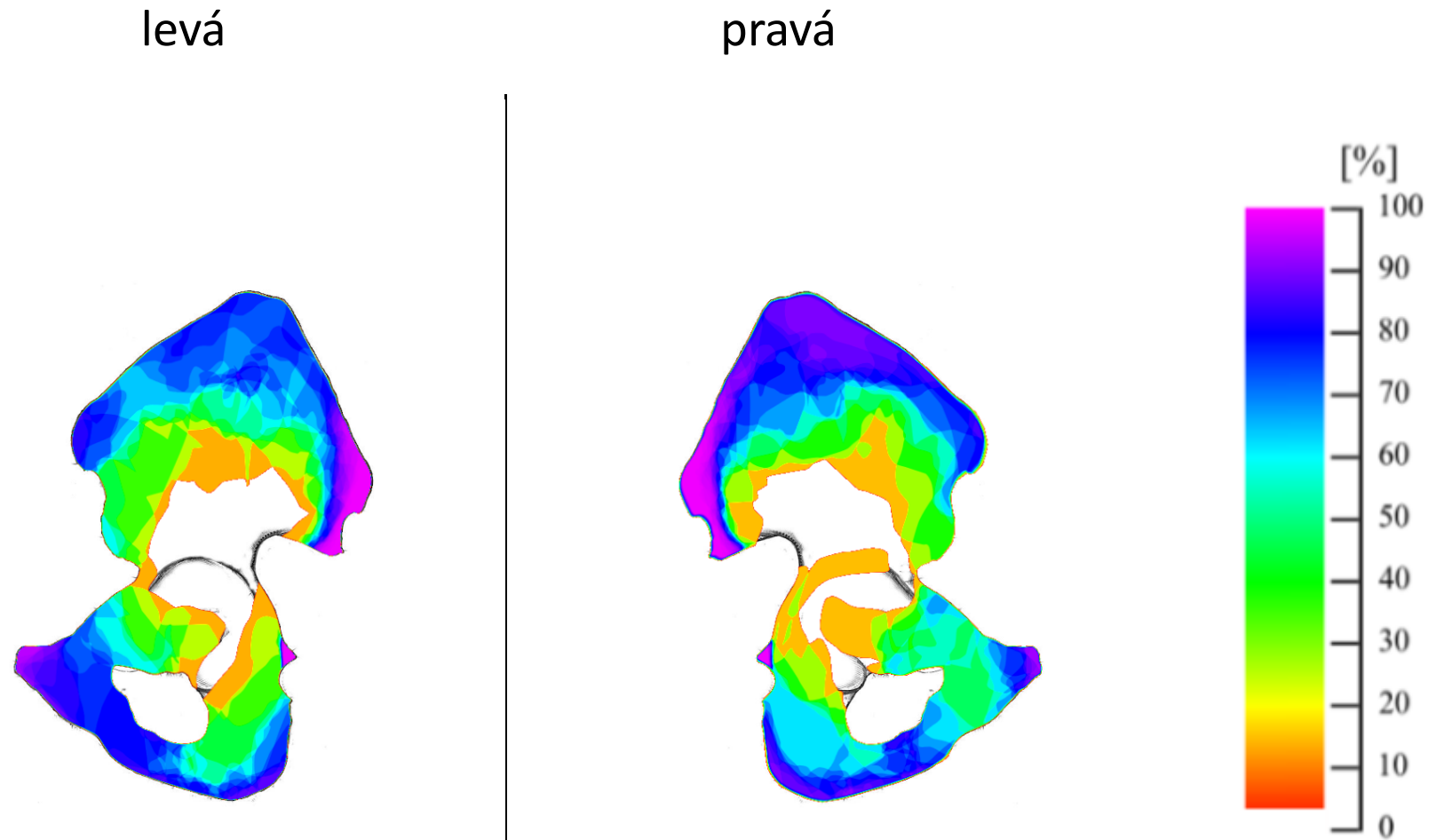
Obrázek 2: Vytvořené schéma zákresu jednotlivých změn do připraveného protokolu



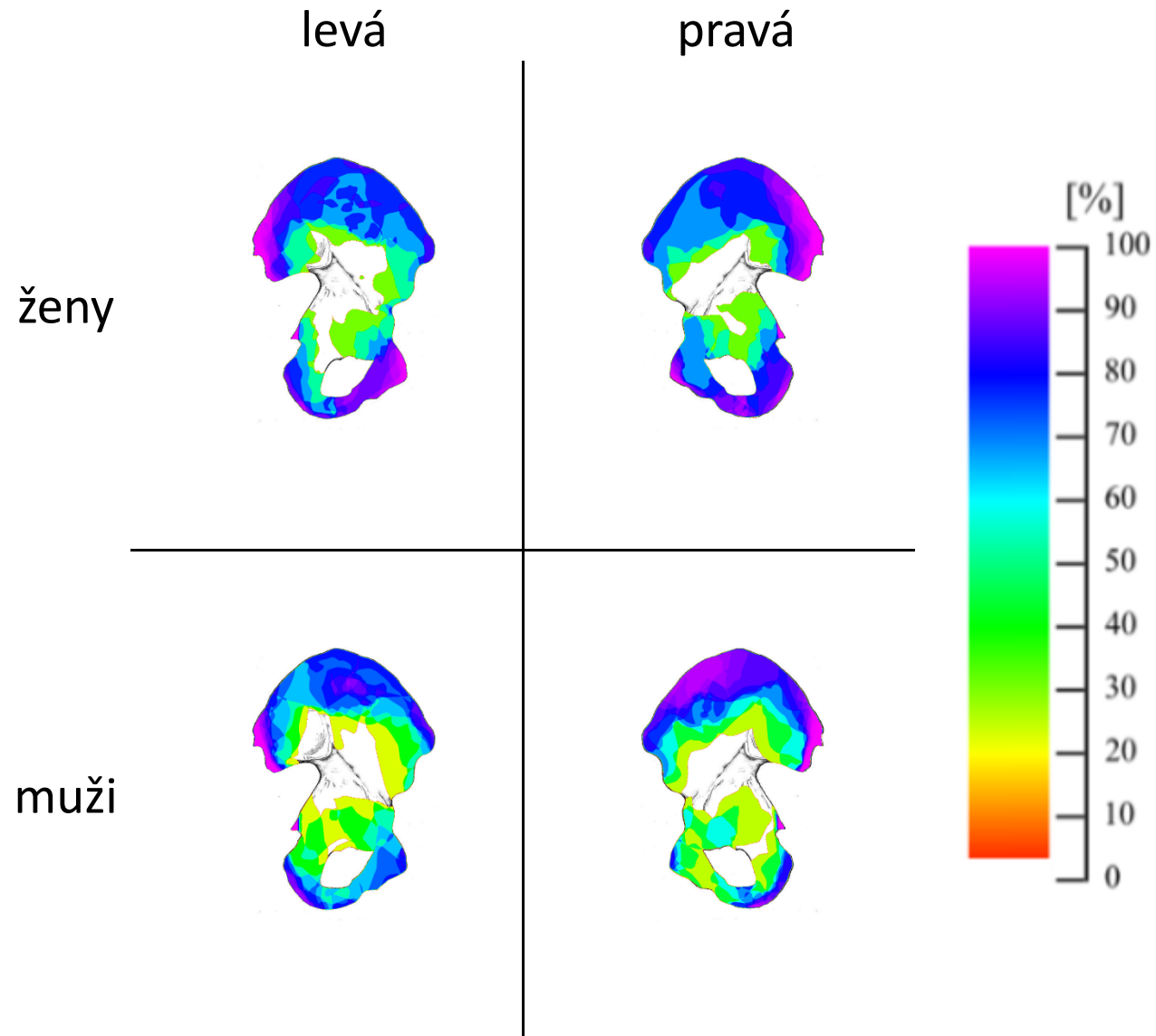
Obrázek 3: Vytvořené schéma, které znázorňuje proces vedoucí ke vzniku výsledných *heat map*. Zdigitalizované změny jsme na sebe navrstvili a následně díky změně průhlednosti jednotlivých vrstev převedli do podoby *heat map*



Obrázek 4: Srovnání *heat map* vytvořených pro absenci části kosti jedinců mužského a ženského pohlaví na přední straně pánevních kostí



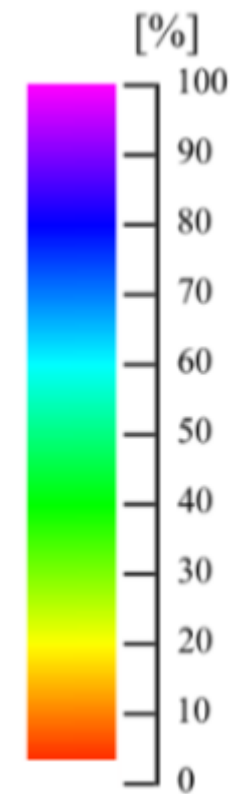
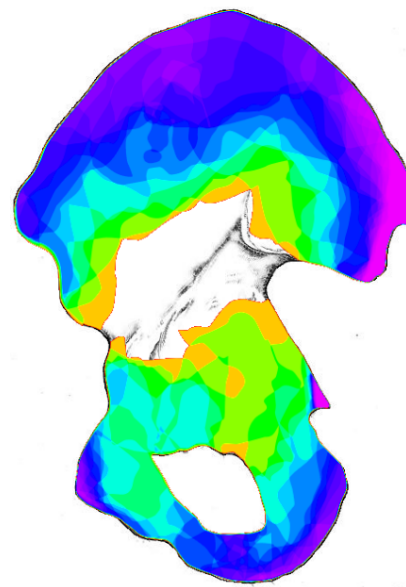
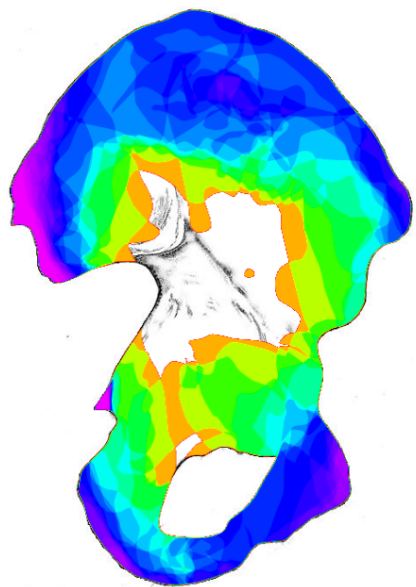
Obrázek 5: Srovnání *heat map* vytvořených pro absenci části kosti na přední straně pravých a levých pánevních kostí všech jedinců



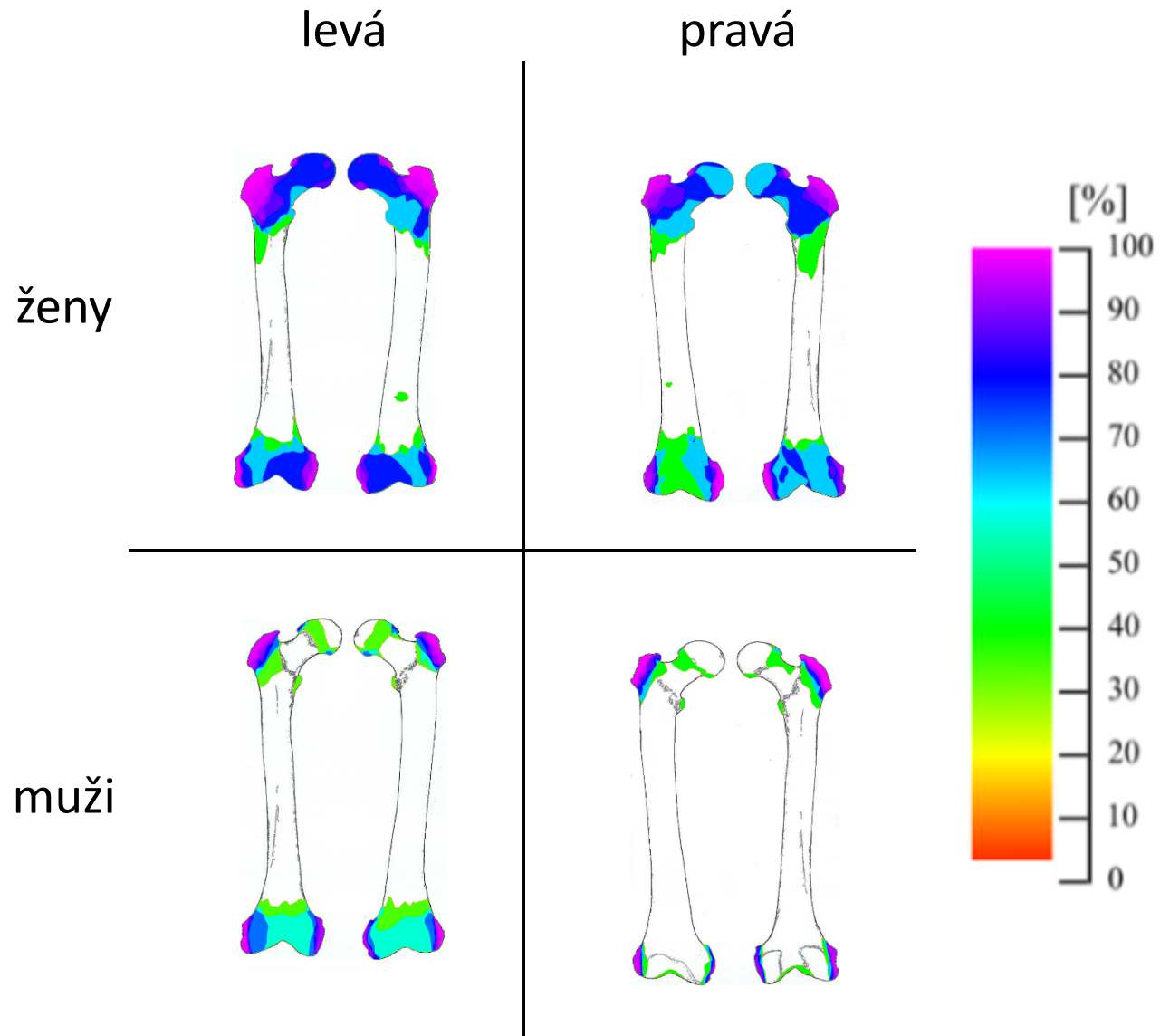
Obrázek 6: Srovnání *heat map* vytvořených pro absenci části kosti jedinců mužského a ženského pohlaví na zadní straně pánevních kostí

levá

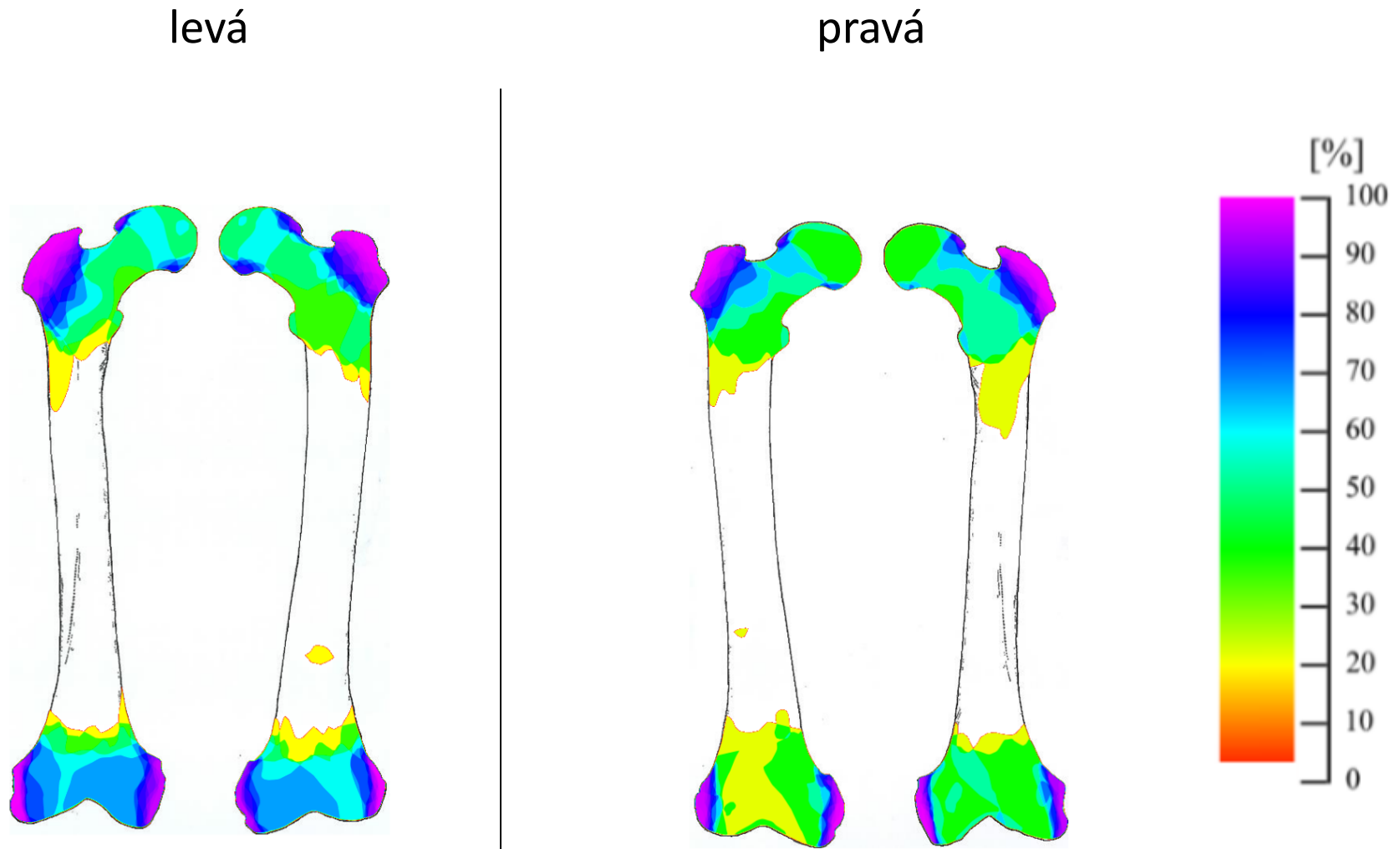
pravá



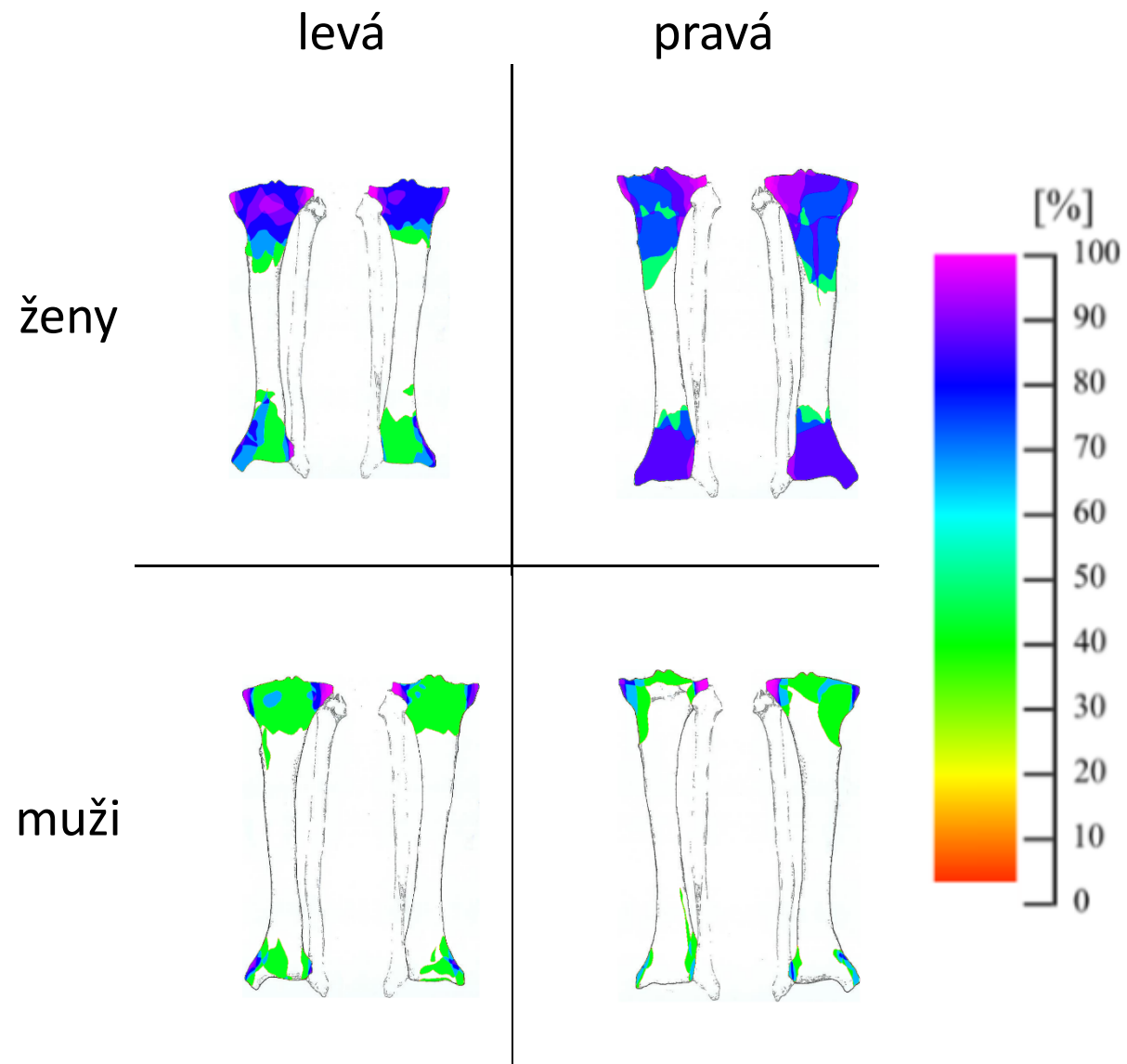
Obrázek 7: Srovnání *heat map* vytvořených pro absenci části kosti na zadní straně pravých a levých pánevních kostí všech jedinců



Obrázek 8: Srovnání *heat map* vytvořených pro absenci části kosti jedinců mužského a ženského pohlaví na stehenních kostech



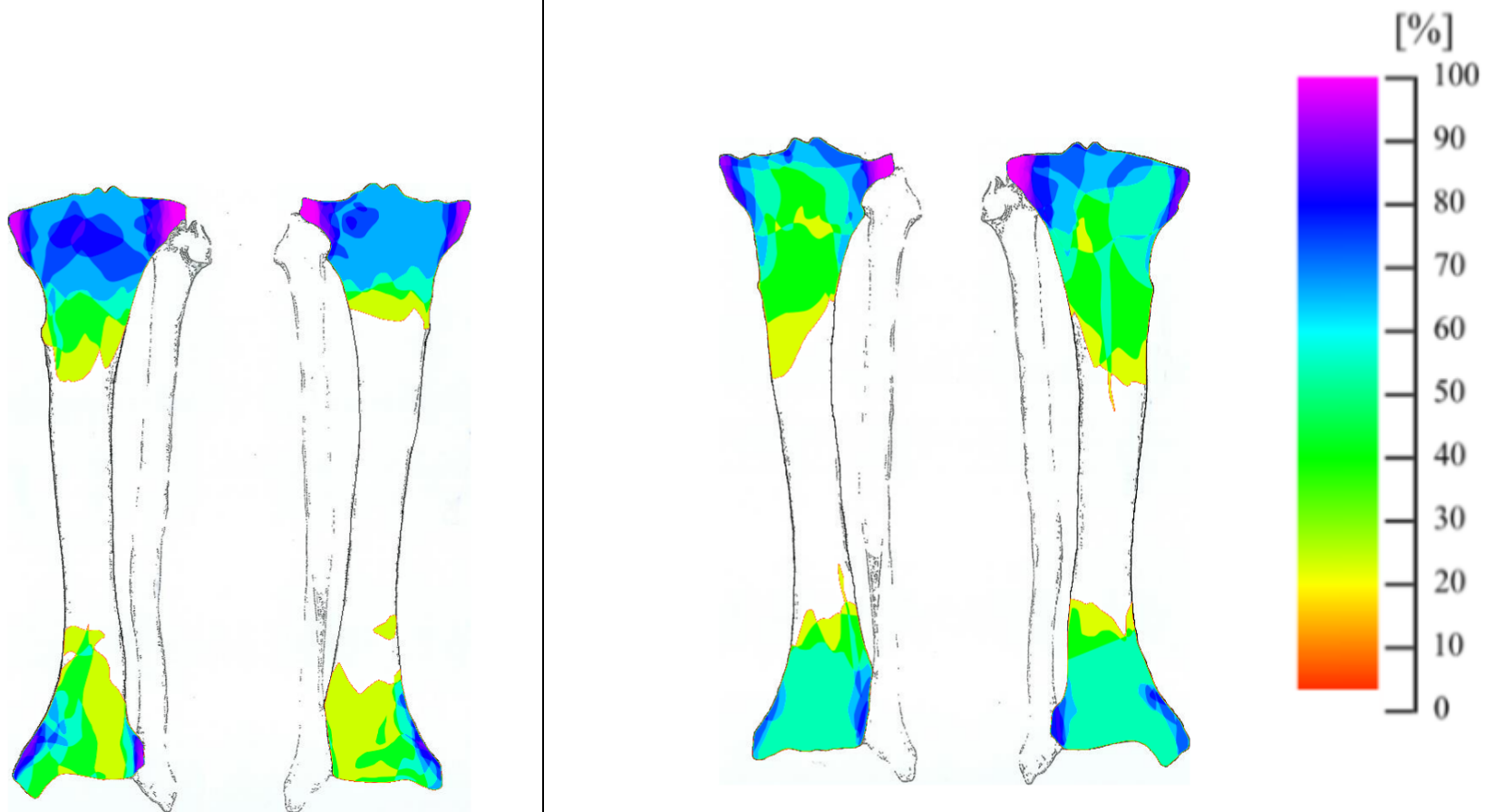
Obrázek 9: Srovnání *heat map* vytvořených pro absenci části kosti na pravých a levých stehenních kostech všech jedinců



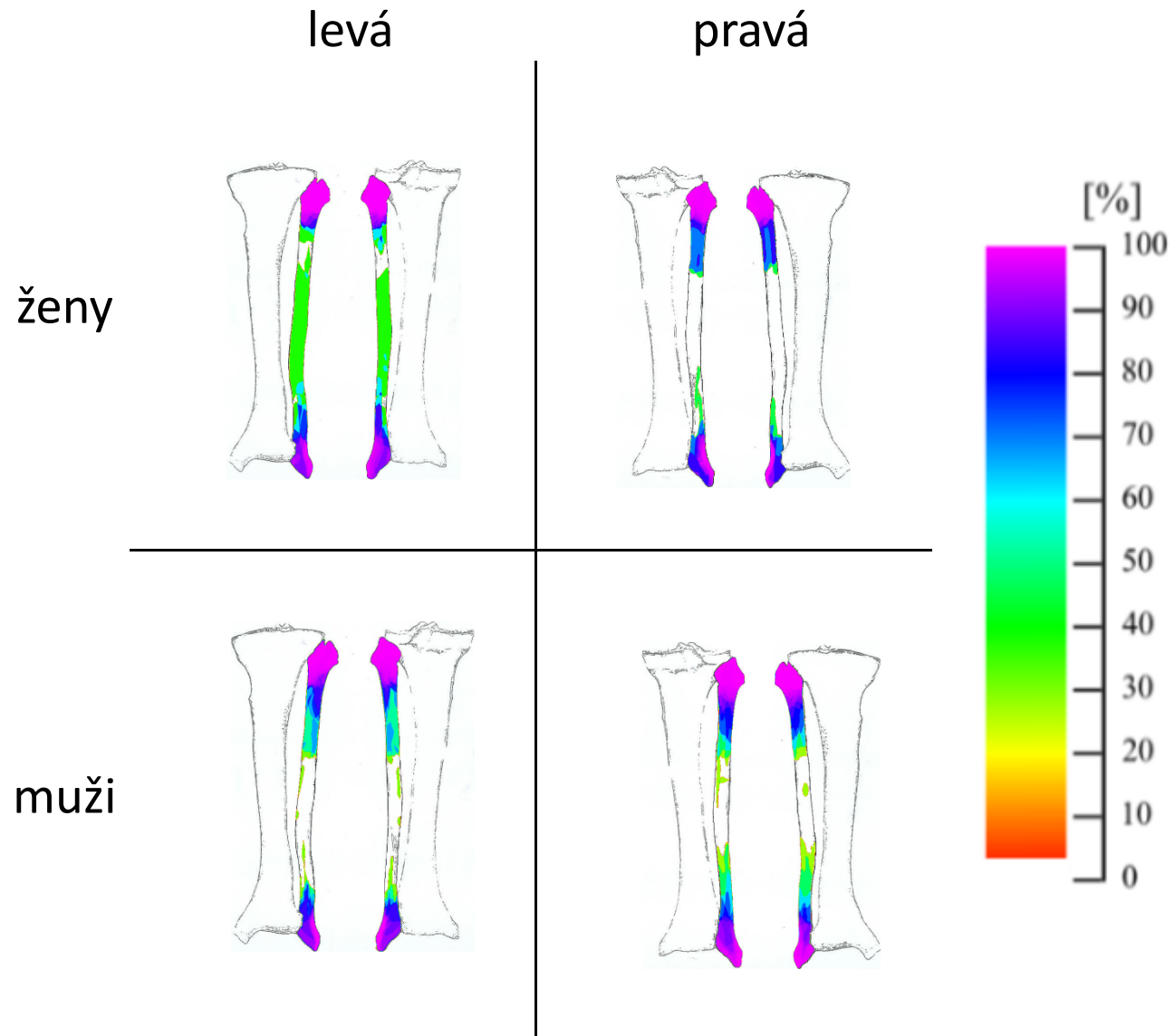
Obrázek 10: Srovnání *heat map* vytvořených pro absenci části kosti jedinců mužského a ženského pohlaví na holenních kostech

levá

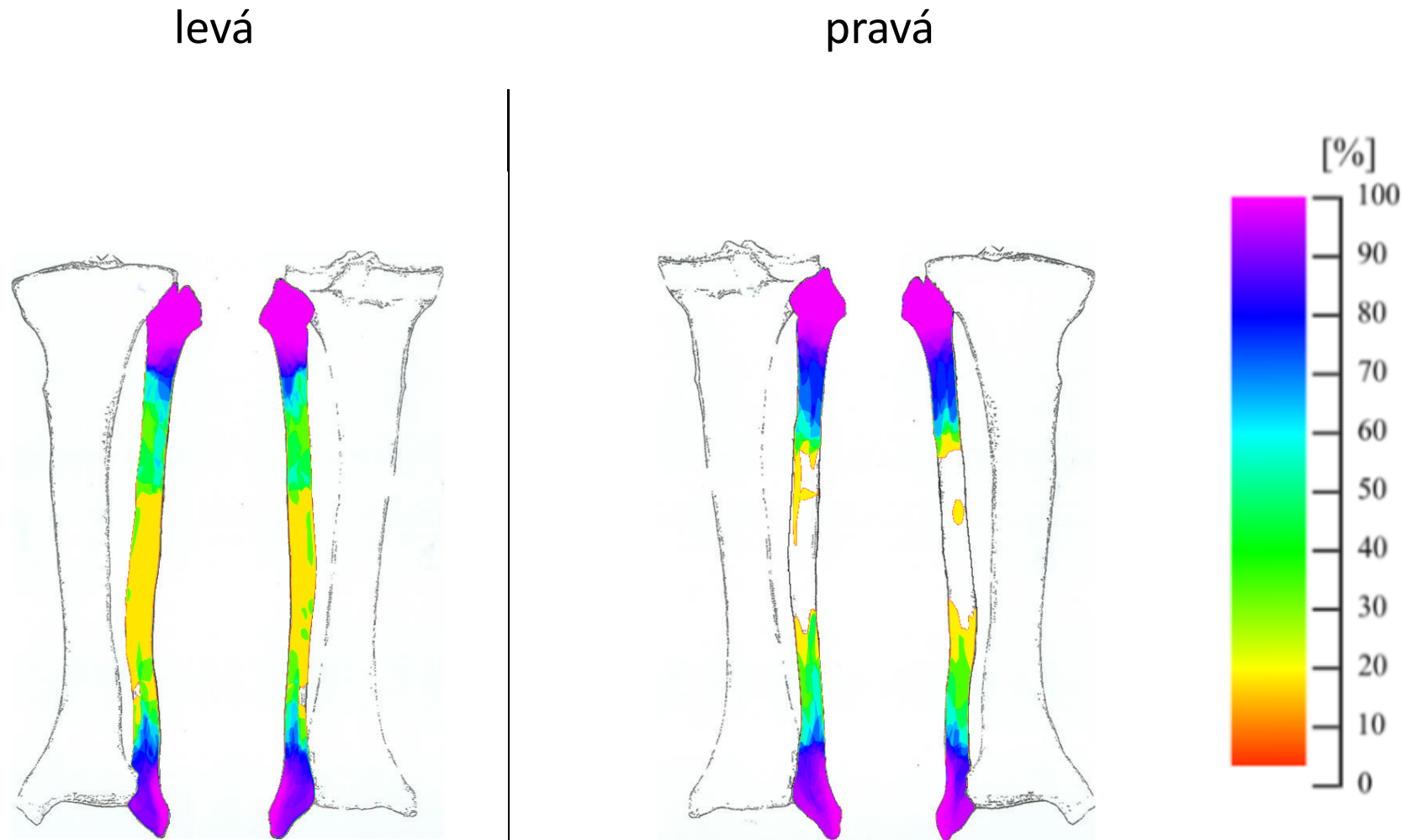
pravá



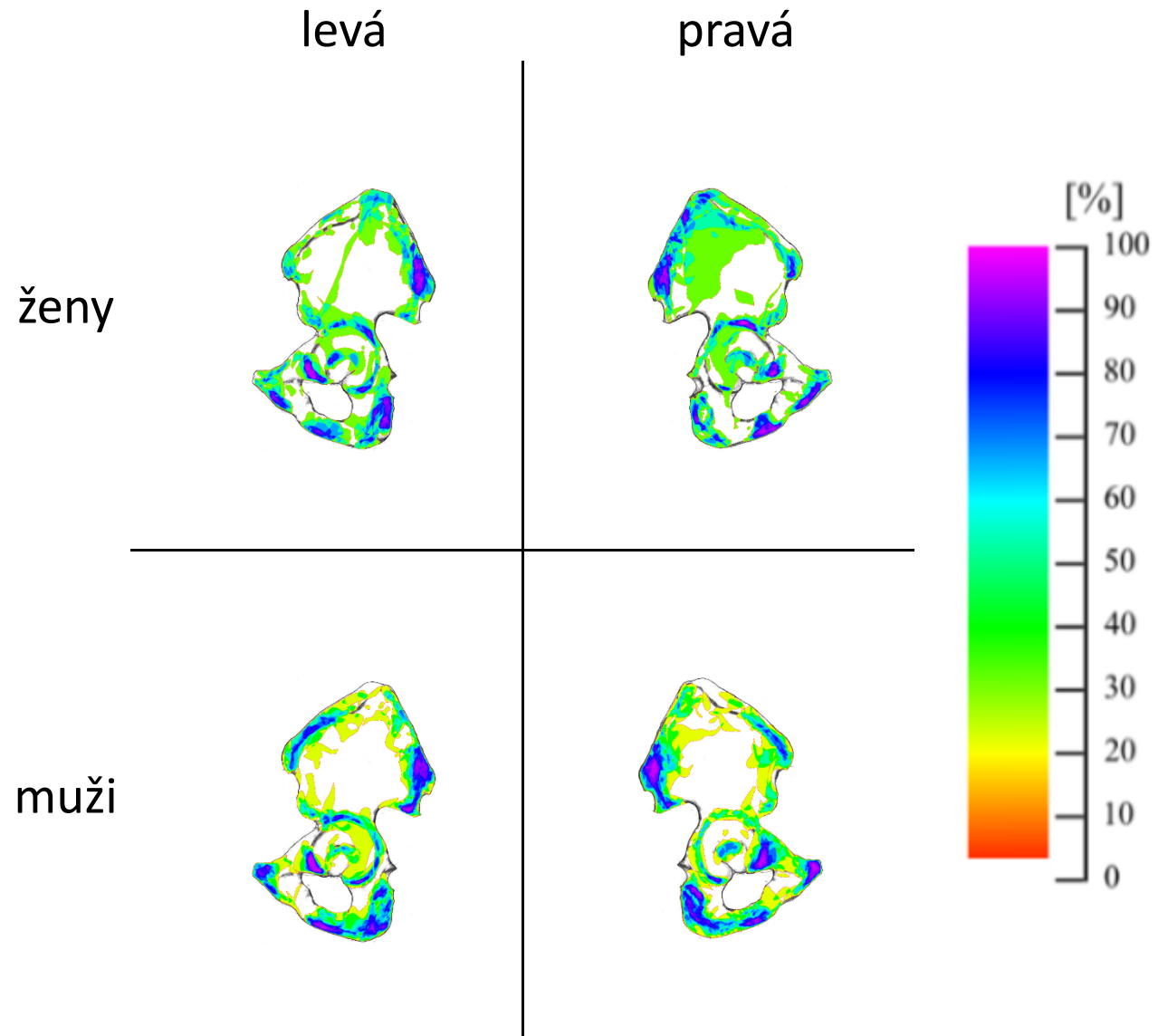
Obrázek 11: Srovnání *heat map* vytvořených pro absenci části kosti na pravých a levých holenních kostech všech jedinců



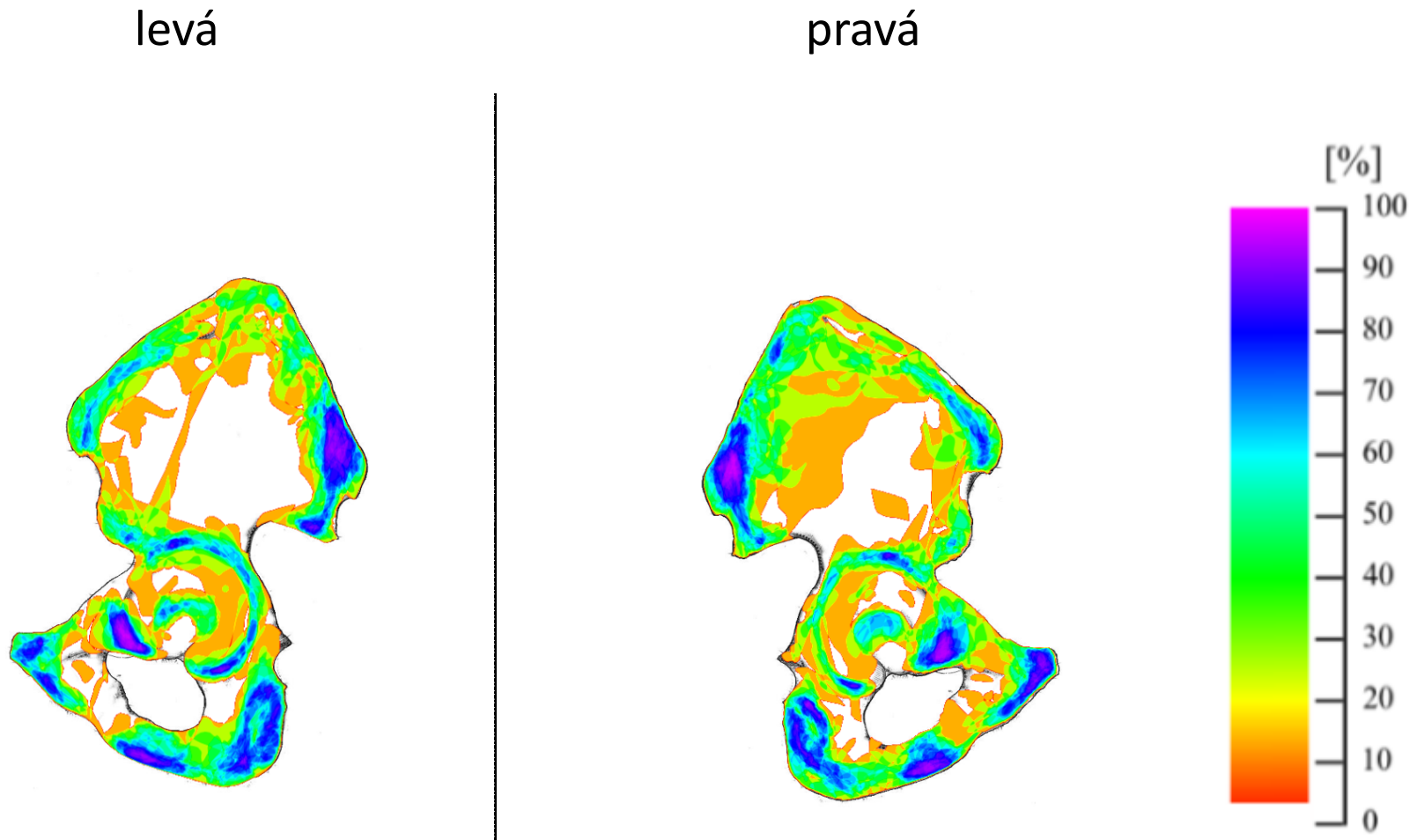
Obrázek 12: Srovnání *heat map* vytvořených pro absenci části kosti jedinců mužského a ženského pohlaví na lýtkových kostech



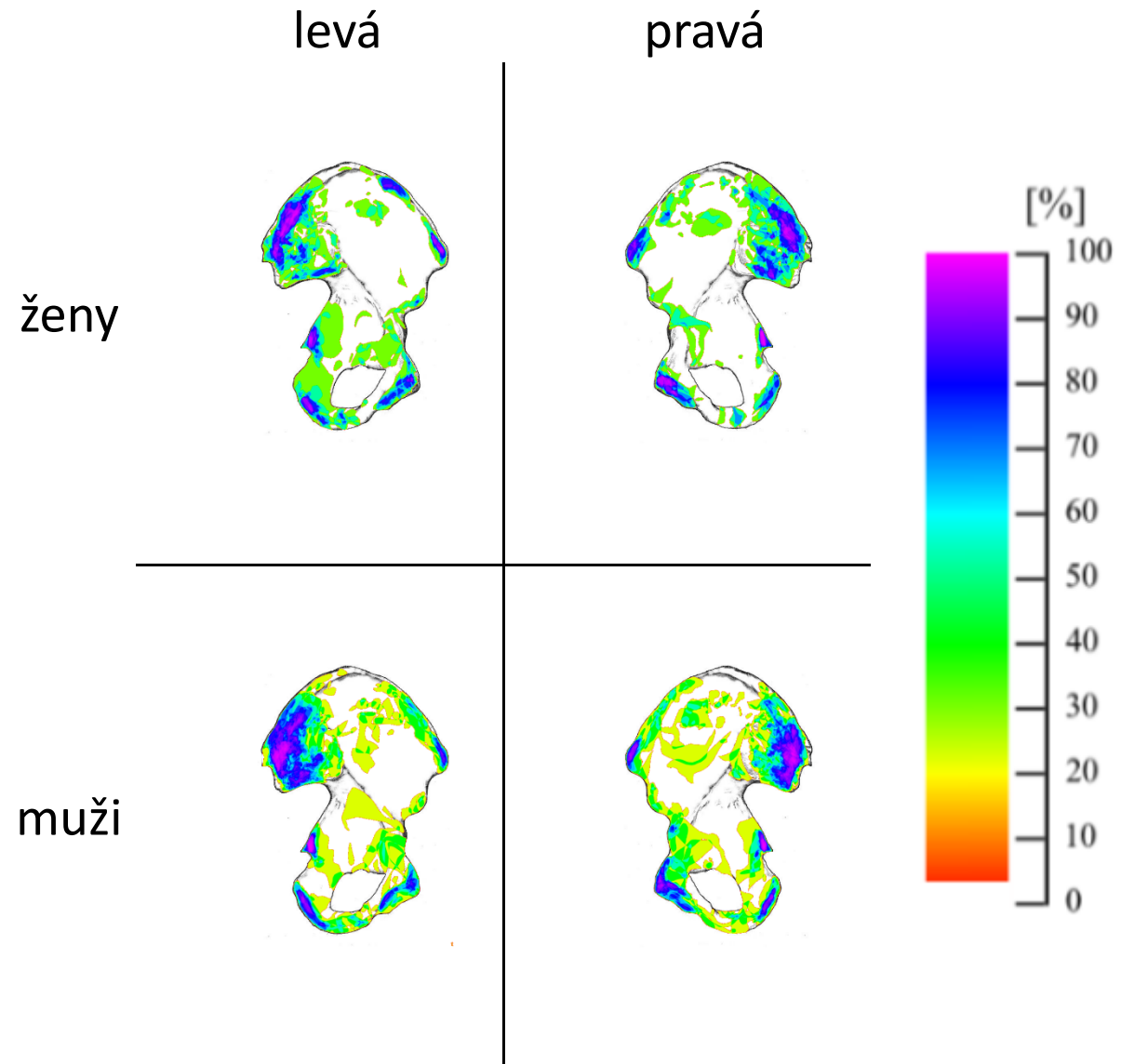
Obrázek 13: Srovnání *heat map* vytvořených pro absenci části kosti na pravých a levých lýtkových kostech všech jedinců



Obrázek 14: Srovnání *heat map* vytvořených pro odhalenou spongiózu jedinců mužského a ženského pohlaví na přední straně pánevních kostí



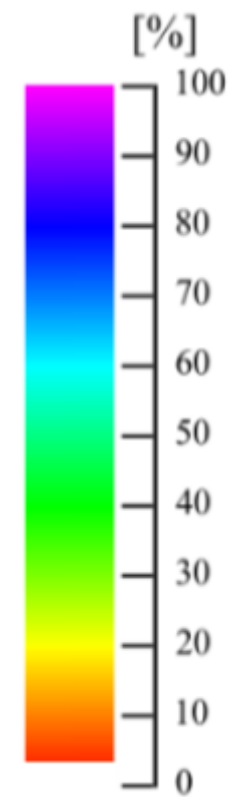
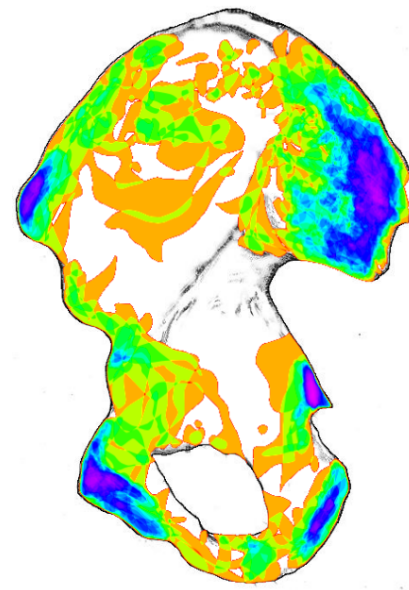
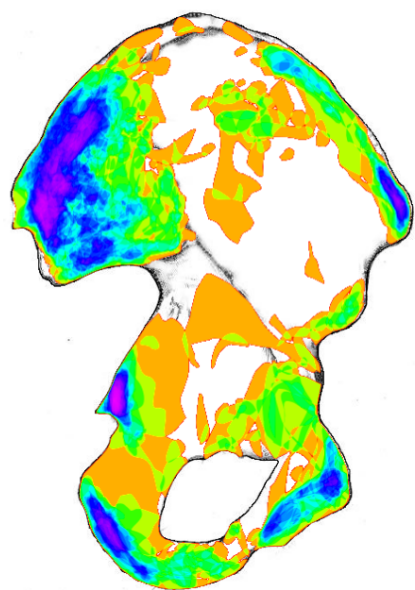
Obrázek 15: Srovnání *heat map* vytvořených pro odhalenou spongiózu na přední straně pravých a levých pánevních kostí všech jedinců



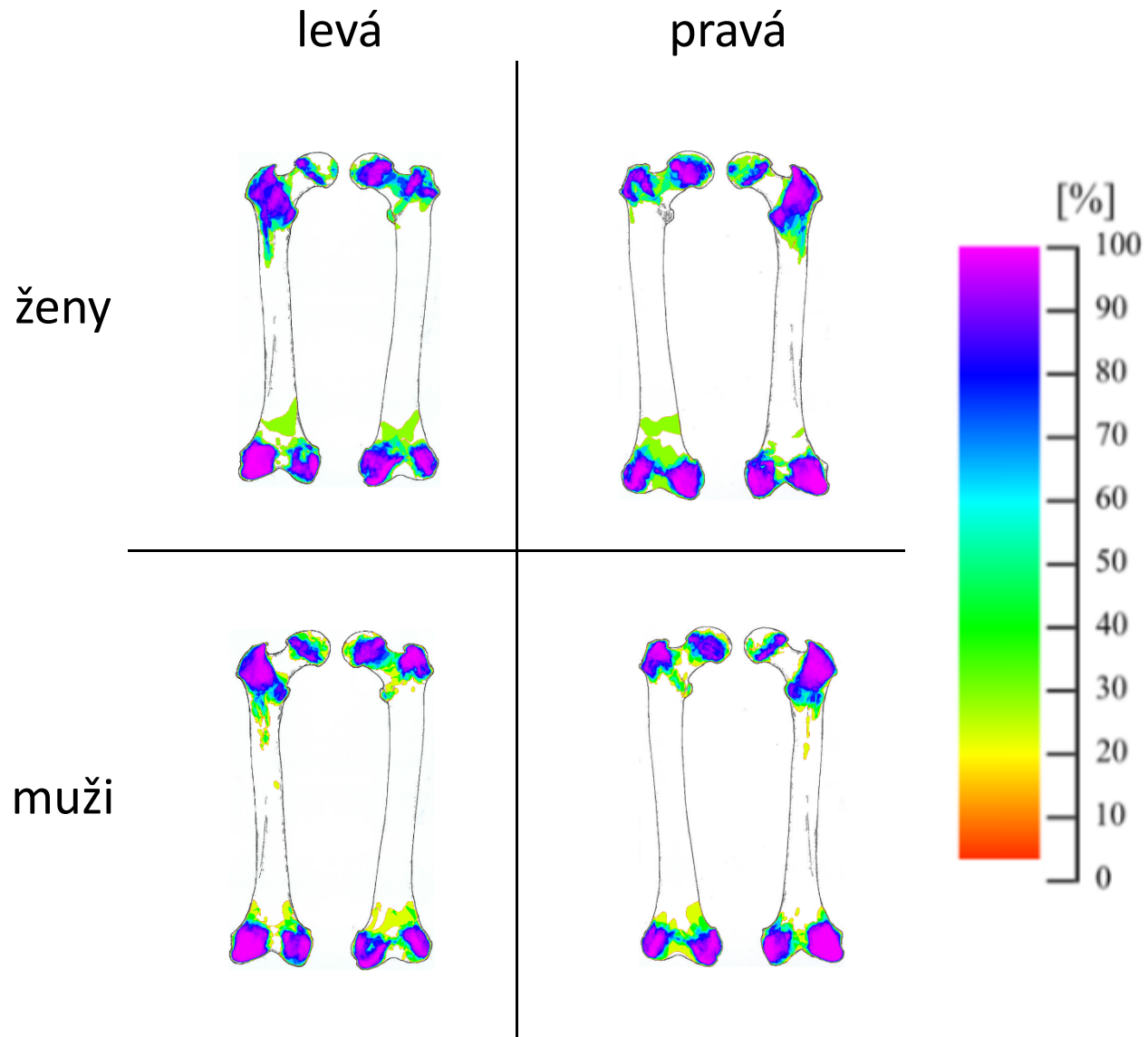
Obrázek 16: Srovnání *heat map* vytvořených pro odhalenou spongiózu jedinců mužského a ženského pohlaví na zadní straně pánevních kostí

levá

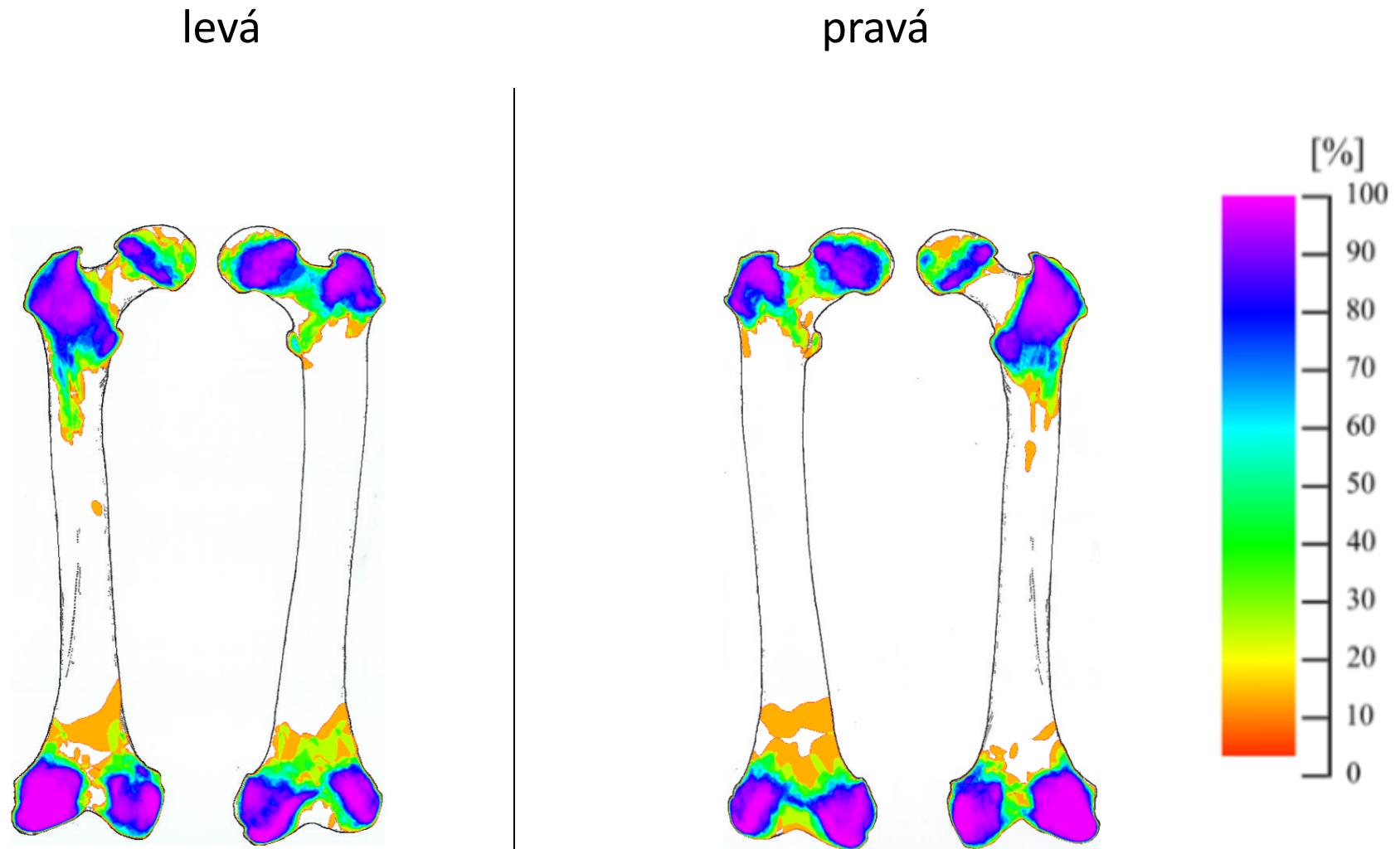
pravá



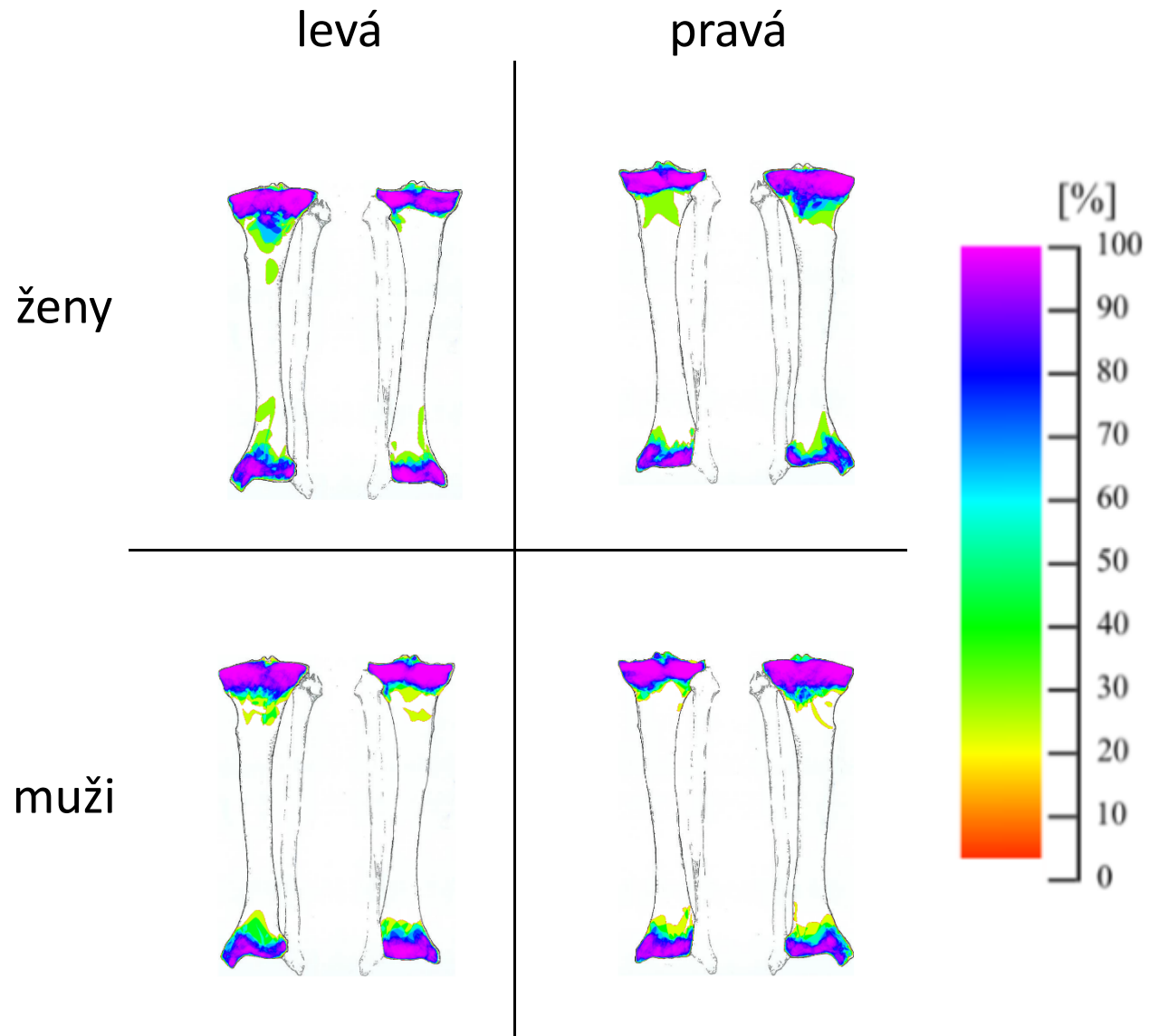
Obrázek 17: Srovnání *heat map* vytvořených pro odhalenou spongiózu na zadní straně pravých a levých pánevních kostí všech jedinců



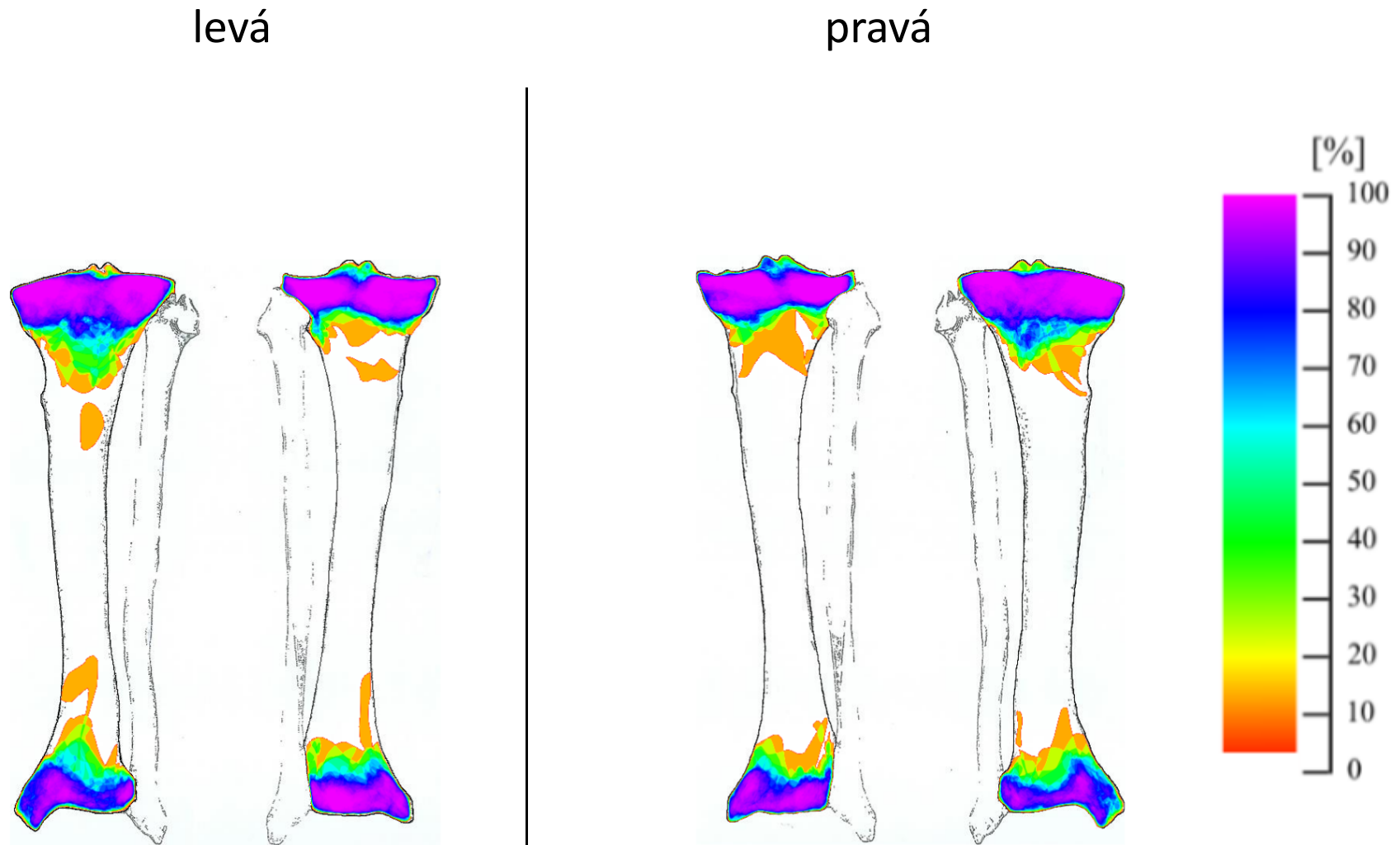
Obrázek 18: Srovnání *heat map* vytvořených pro odhalenou spongiózu jedinců mužského a ženského pohlaví na stehenních kostech



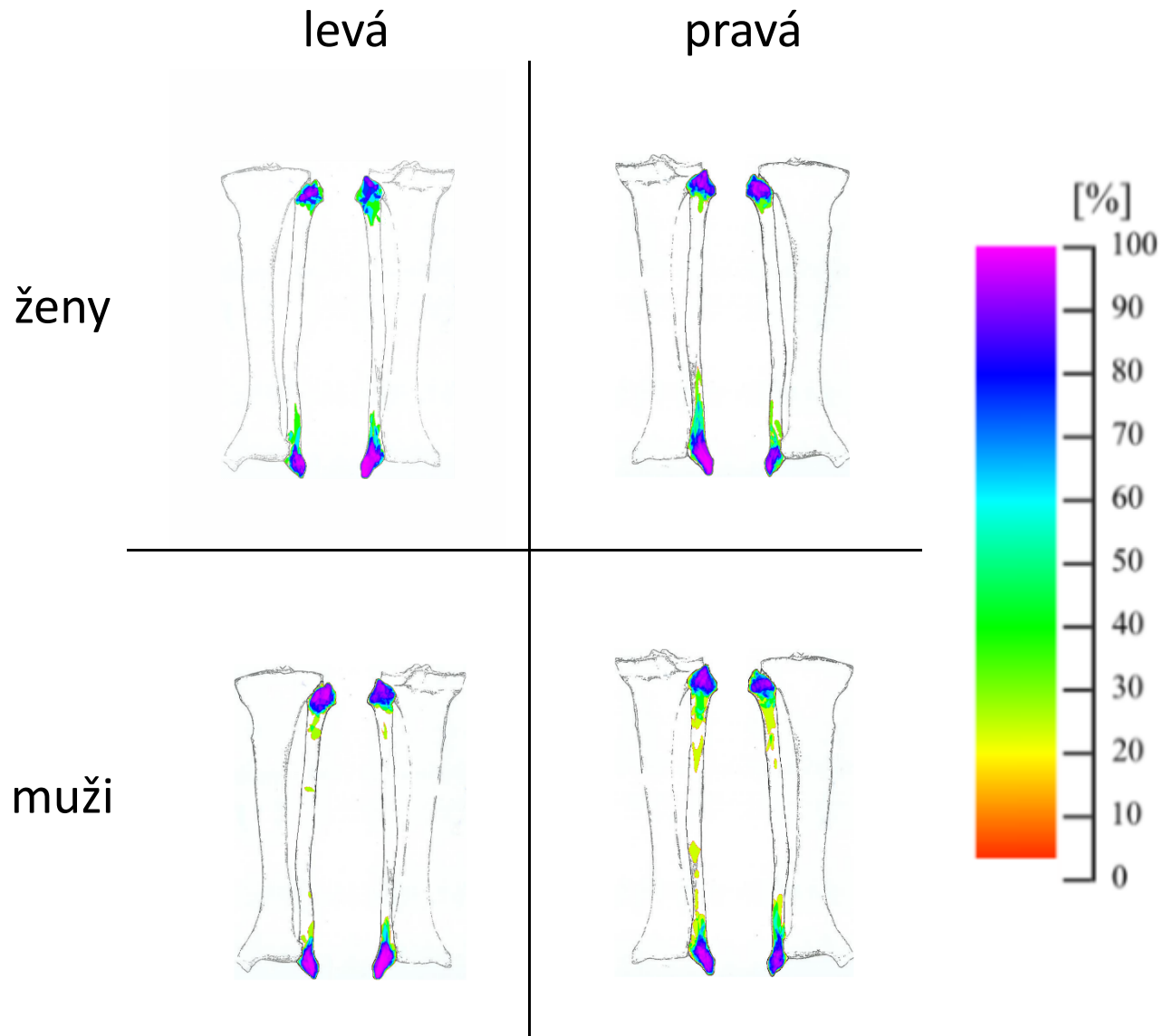
Obrázek 19: Srovnání *heat map* vytvořených pro odhalenou spongiózu na pravých a levých stehenních kostech všech jedinců



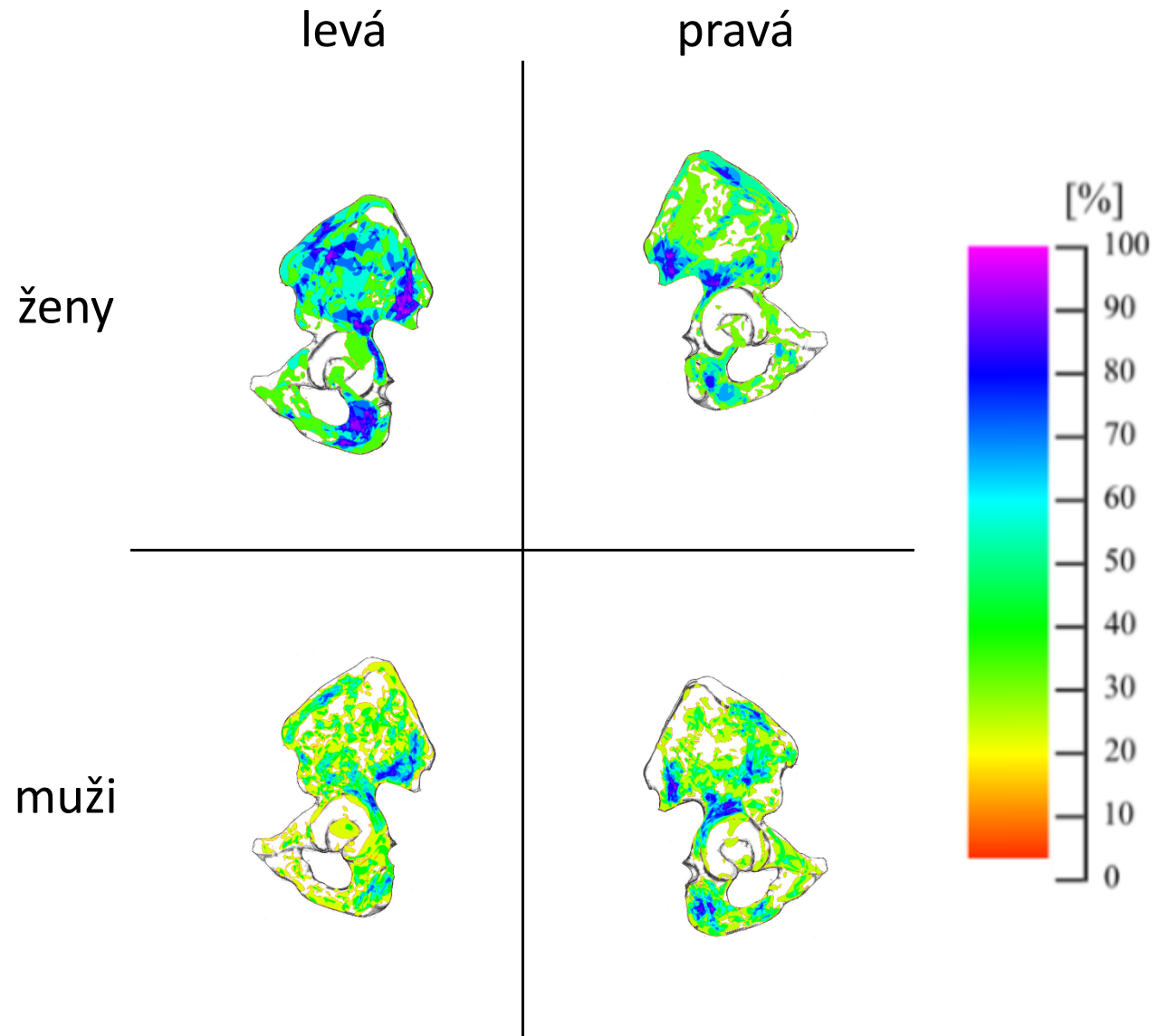
Obrázek 20: Srovnání *heat map* vytvořených pro odhalenou spongiózu jedinců mužského a ženského pohlaví na holenních kostech



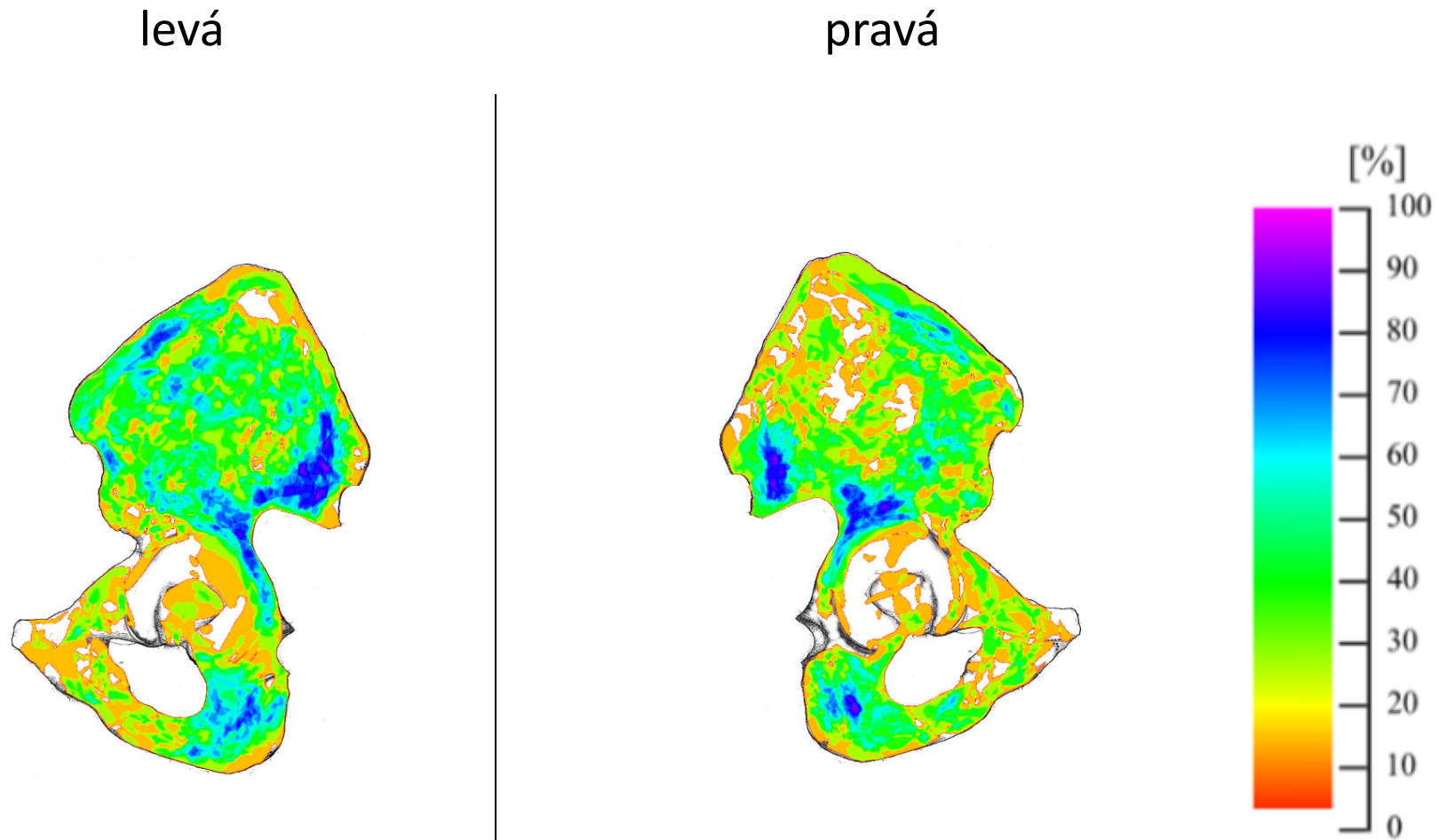
Obrázek 21: Srovnání *heat map* vytvořených pro odhalenou spongiózu na pravých a levých holenních kostech všech jedinců



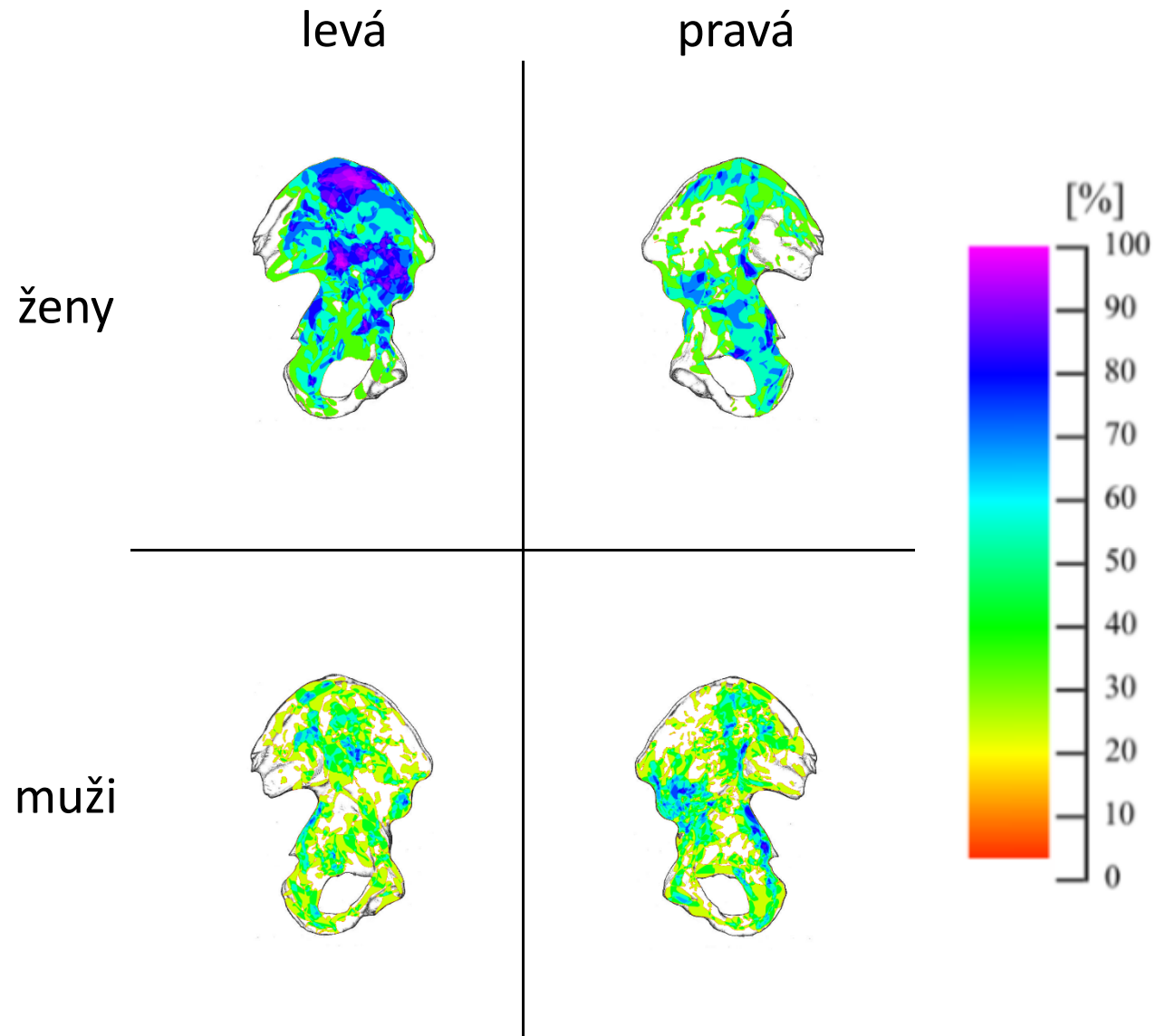
Obrázek 22: Srovnání *heat map* vytvořených pro odhalenou spongiózu jedinců mužského a ženského pohlaví na lýtkových kostech



Obrázek 24: Srovnání *heat map* vytvořených pro absenci periostu jedinců mužského a ženského pohlaví na přední straně pánevních kostí



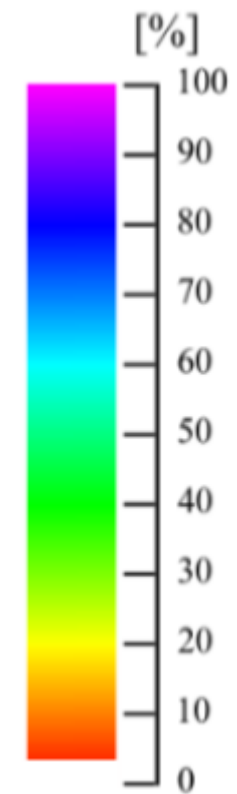
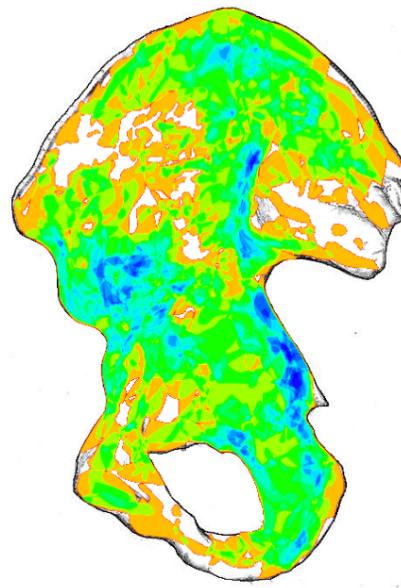
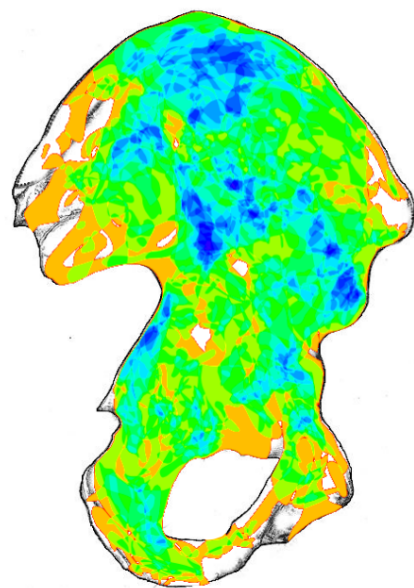
Obrázek 25: Srovnání *heat map* vytvořených pro absenci periostu na přední straně pravých a levých pánevních kostí všech jedinců



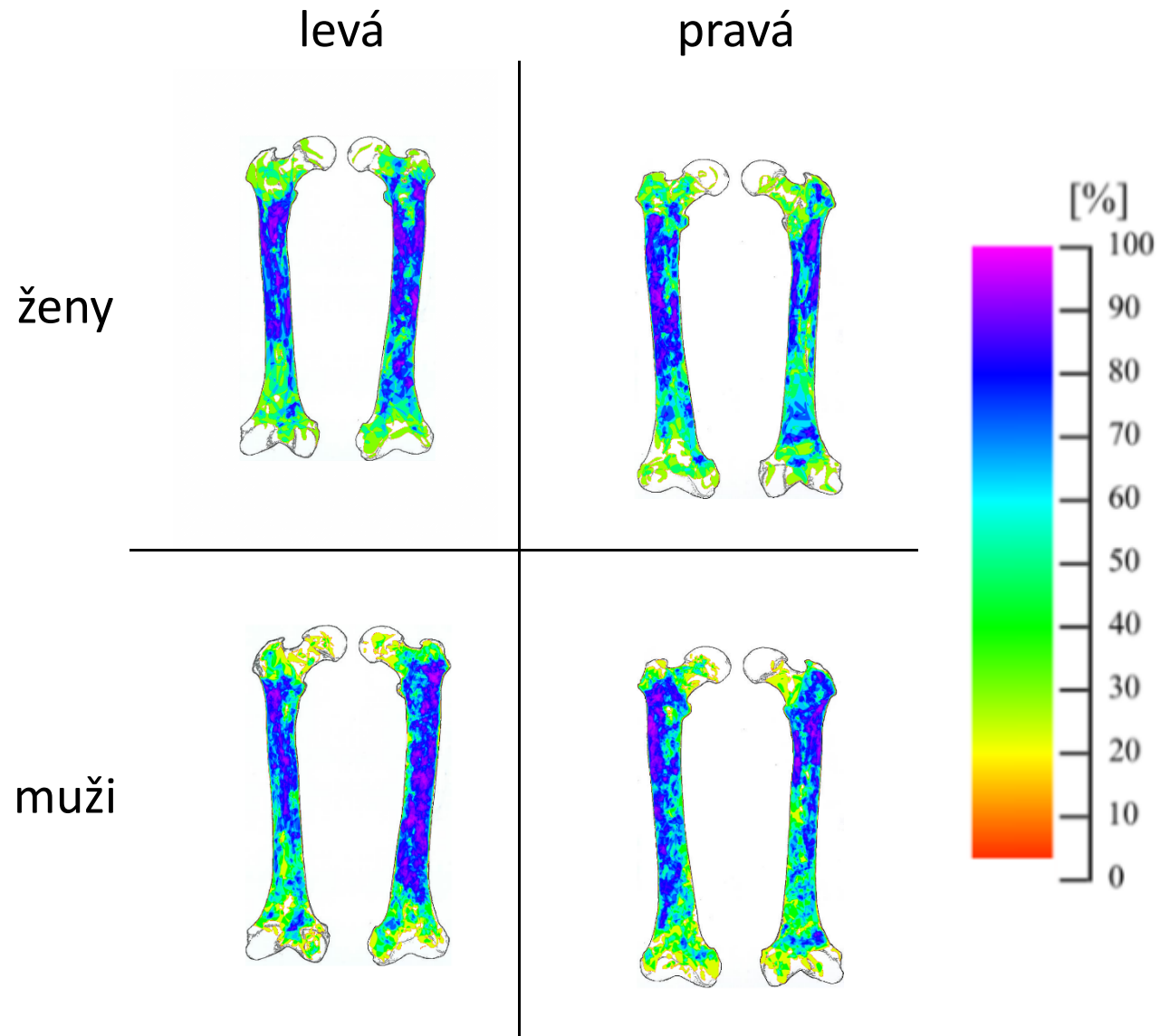
Obrázek 26: Srovnání *heat map* vytvořených pro absenci periostu jedinců mužského a ženského pohlaví na zadní straně pánevních kostí

levá

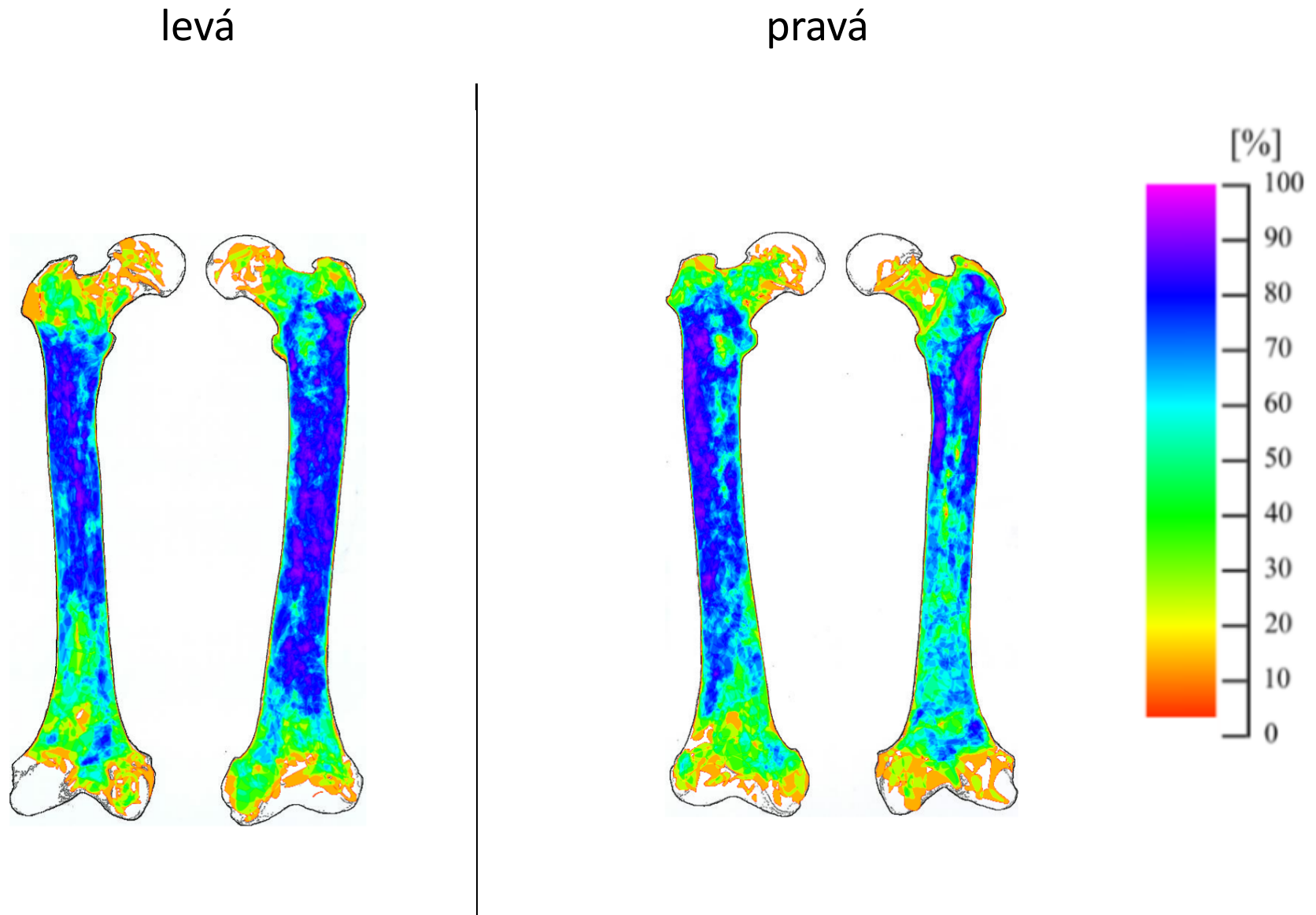
pravá



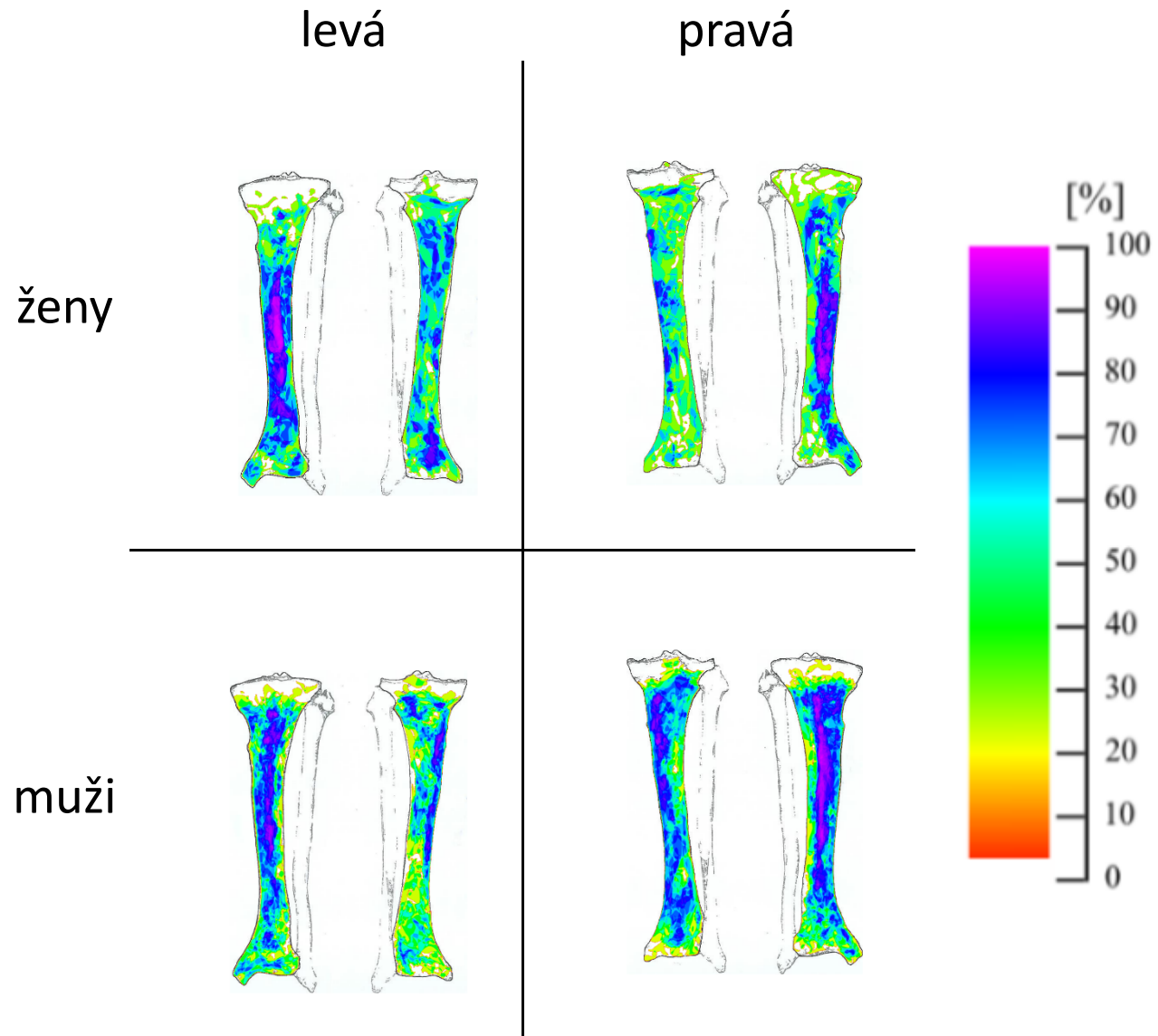
Obrázek 27: Srovnání *heat map* vytvořených pro absenci periostu na zadní straně pravých a levých pánevních kostí všech jedinců



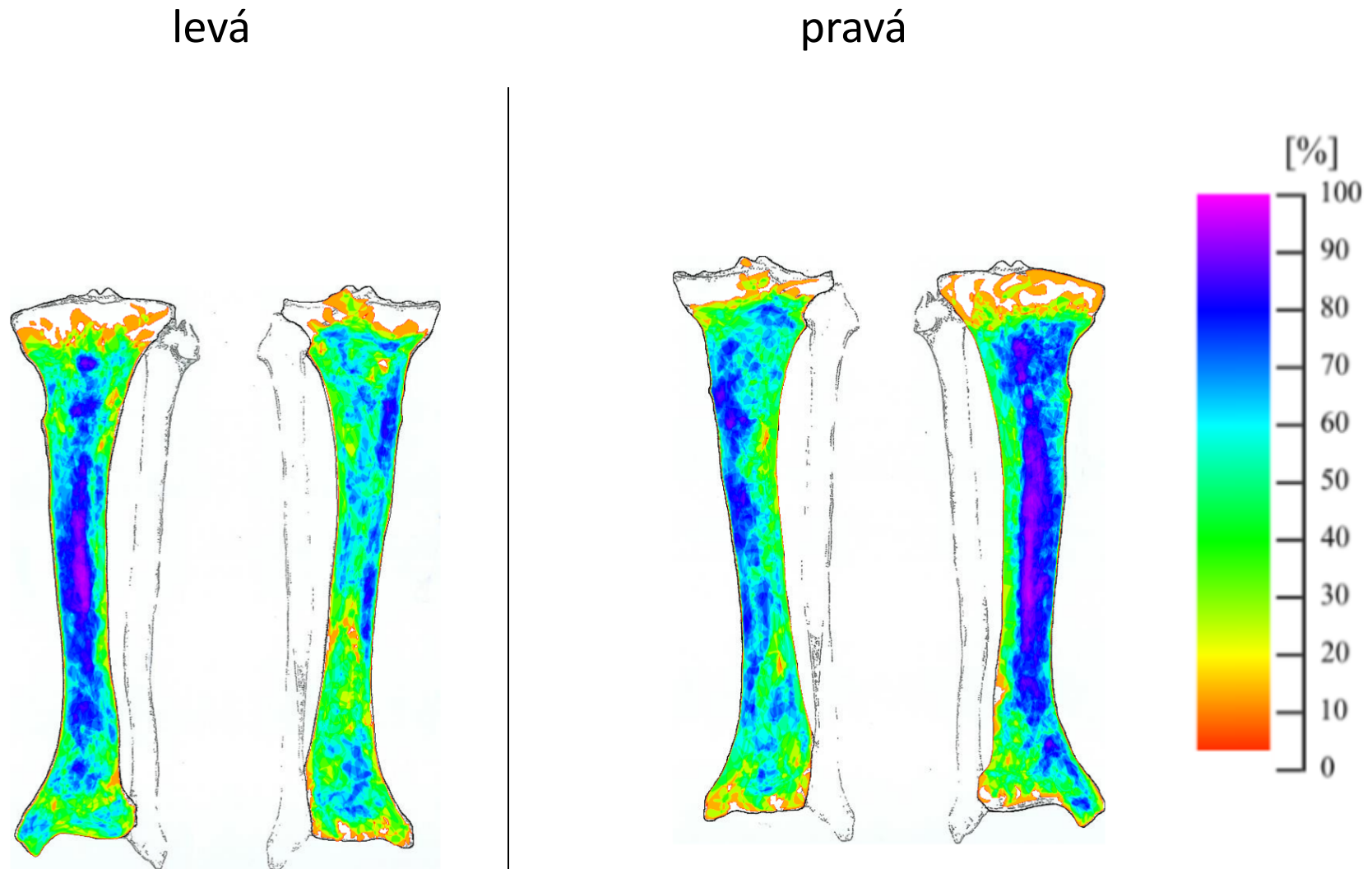
Obrázek 28: Srovnání *heat map* vytvořených pro absenci periostu jedinců mužského a ženského pohlaví na stehenních kostech



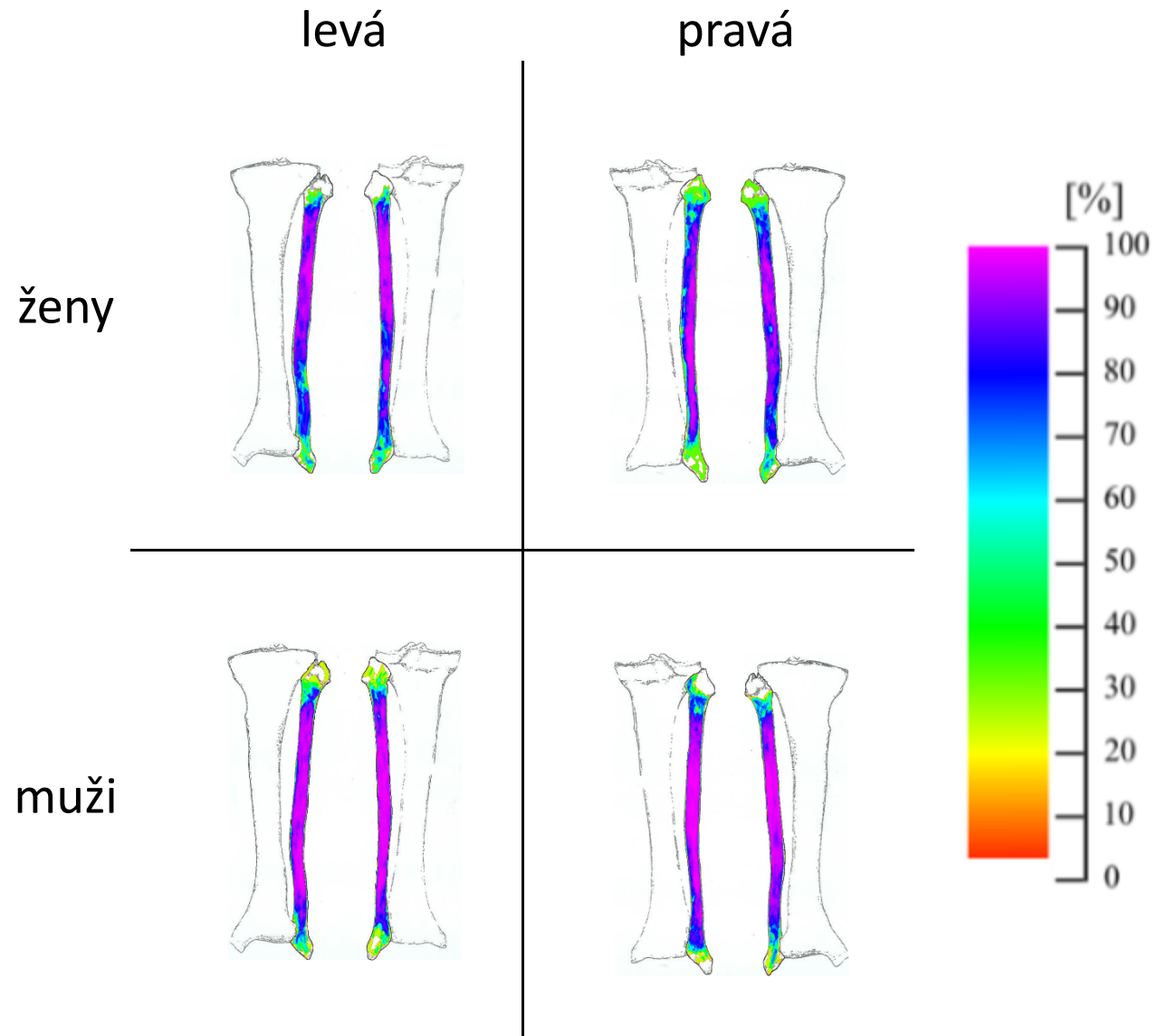
Obrázek 29: Srovnání *heat map* vytvořených pro absenci periostu na stehenních kostech všech jedinců



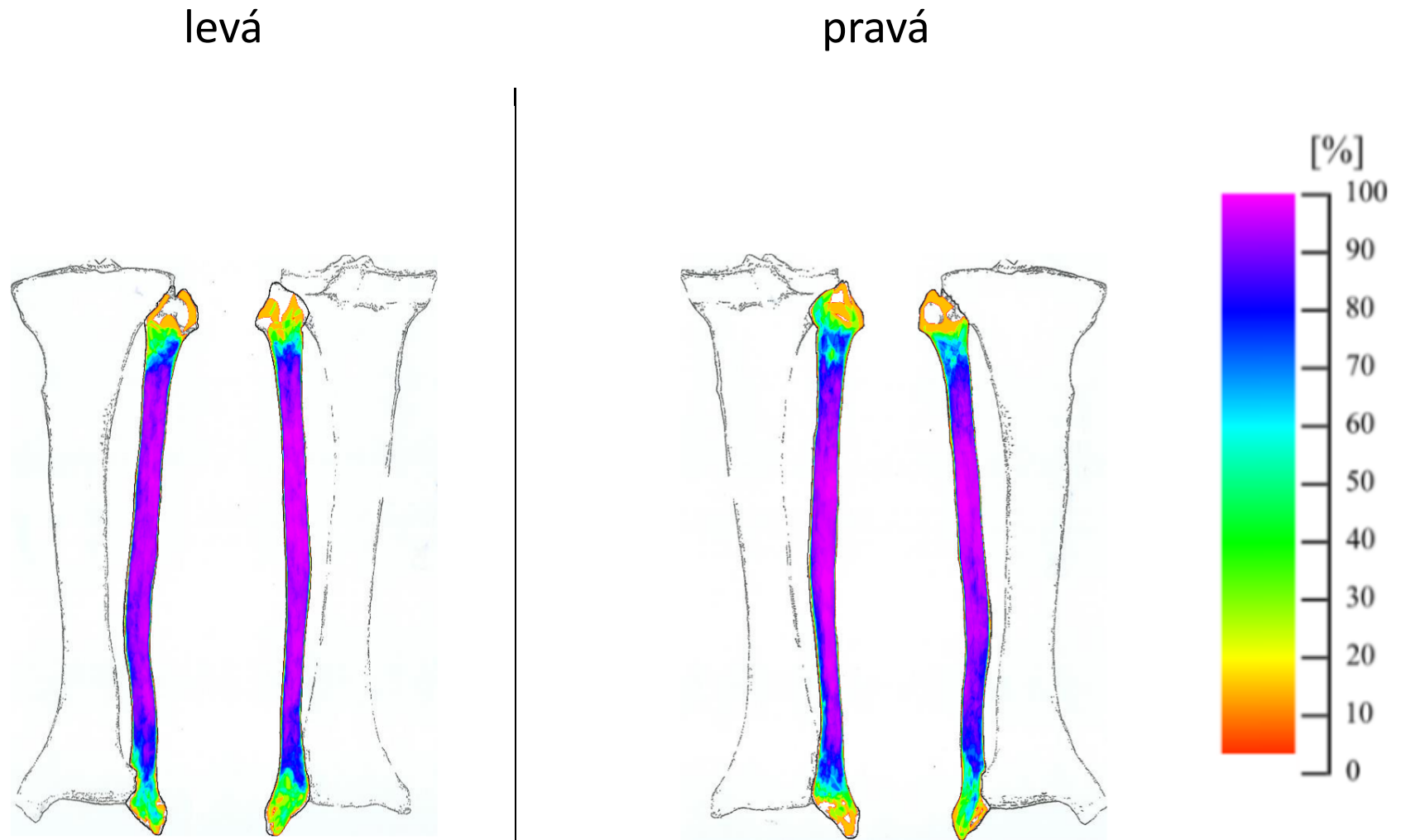
Obrázek 30: Srovnání *heat map* vytvořených pro absenci periostu jedinců mužského a ženského pohlaví na holenních kostech



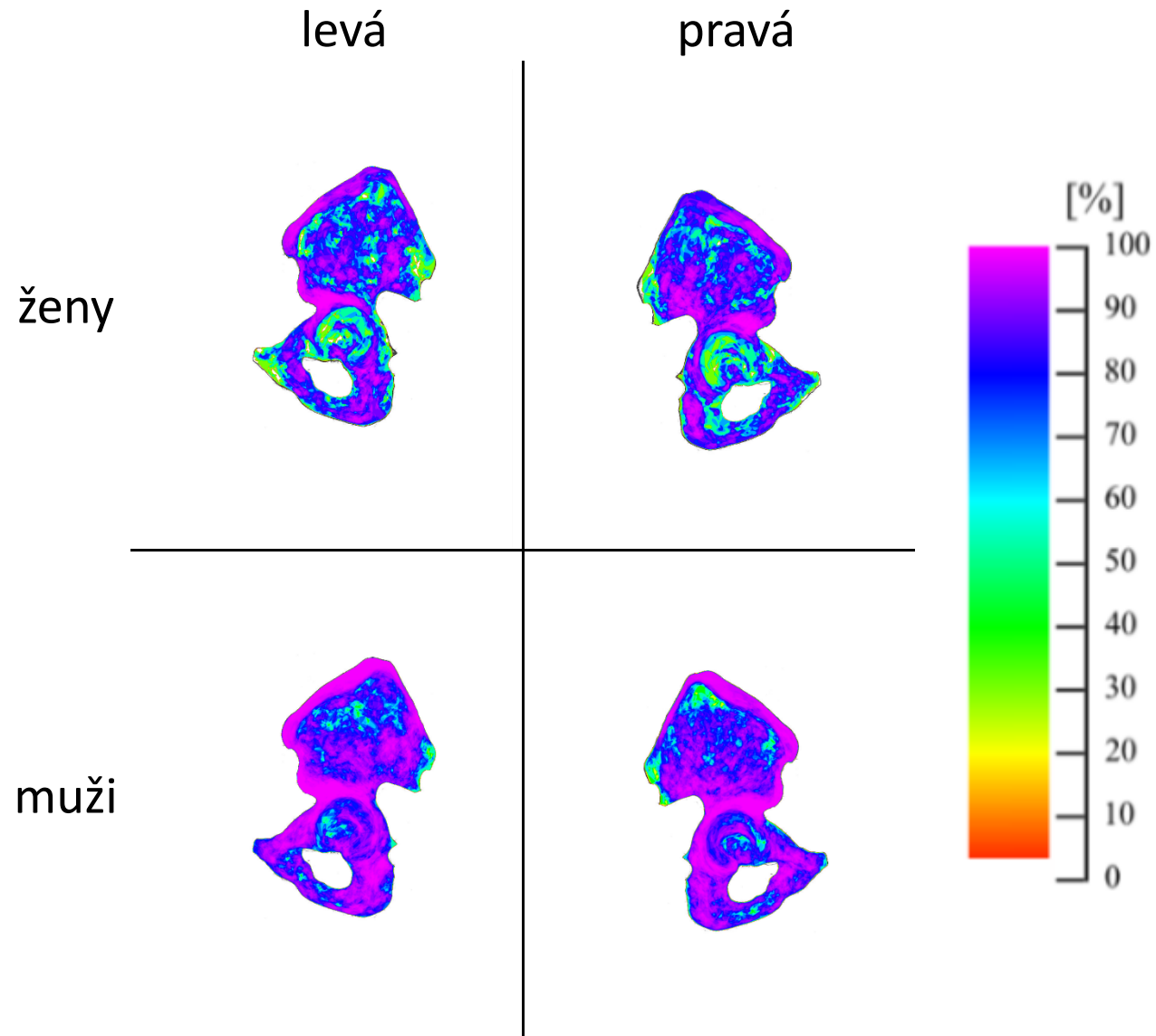
Obrázek 31: Srovnání *heat map* vytvořených pro absenci periostu na holenních kostech všech jedinců



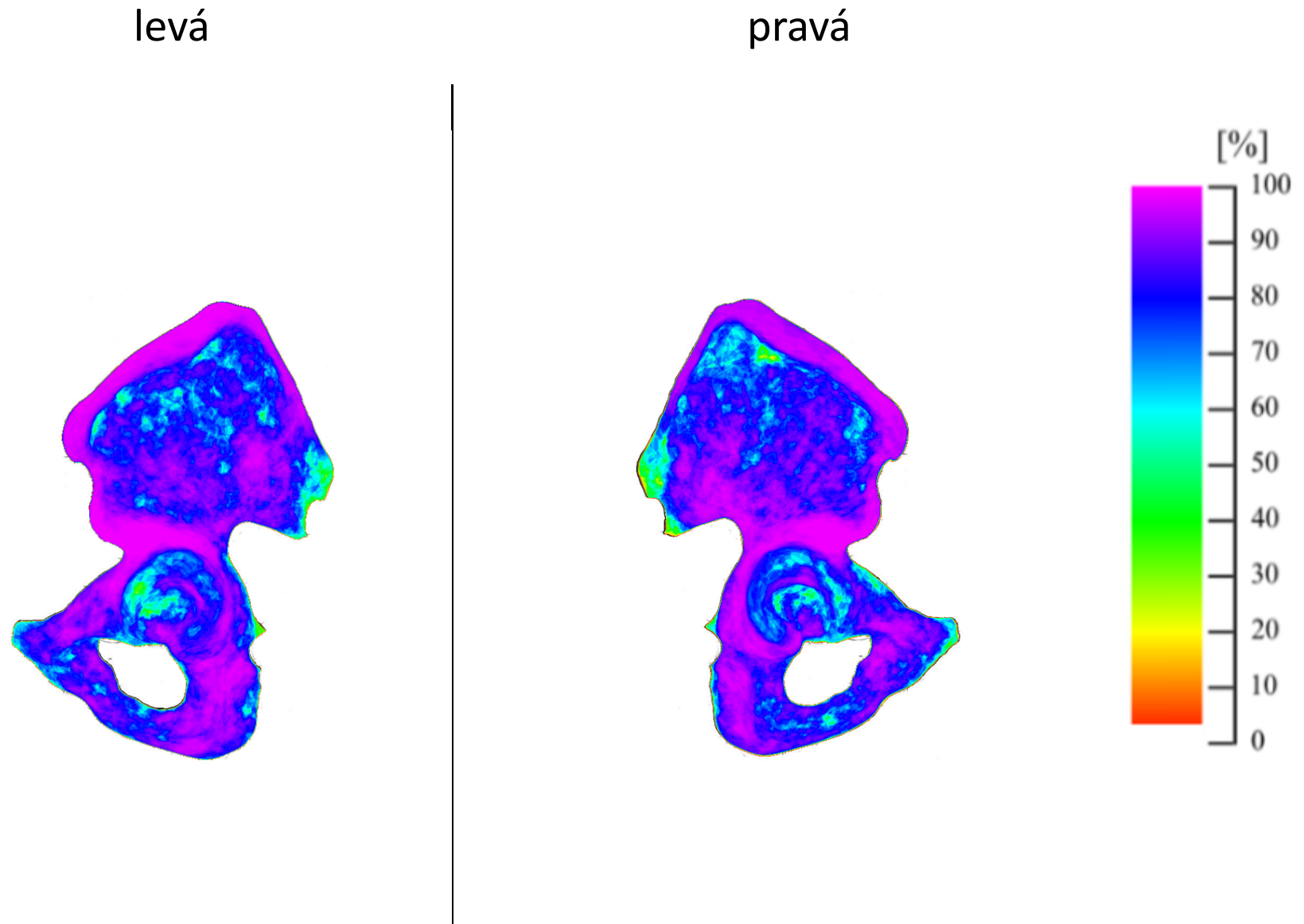
Obrázek 32: Srovnání *heat map* vytvořených pro absenci periostu jedinců mužského a ženského pohlaví na lýtkových kostech



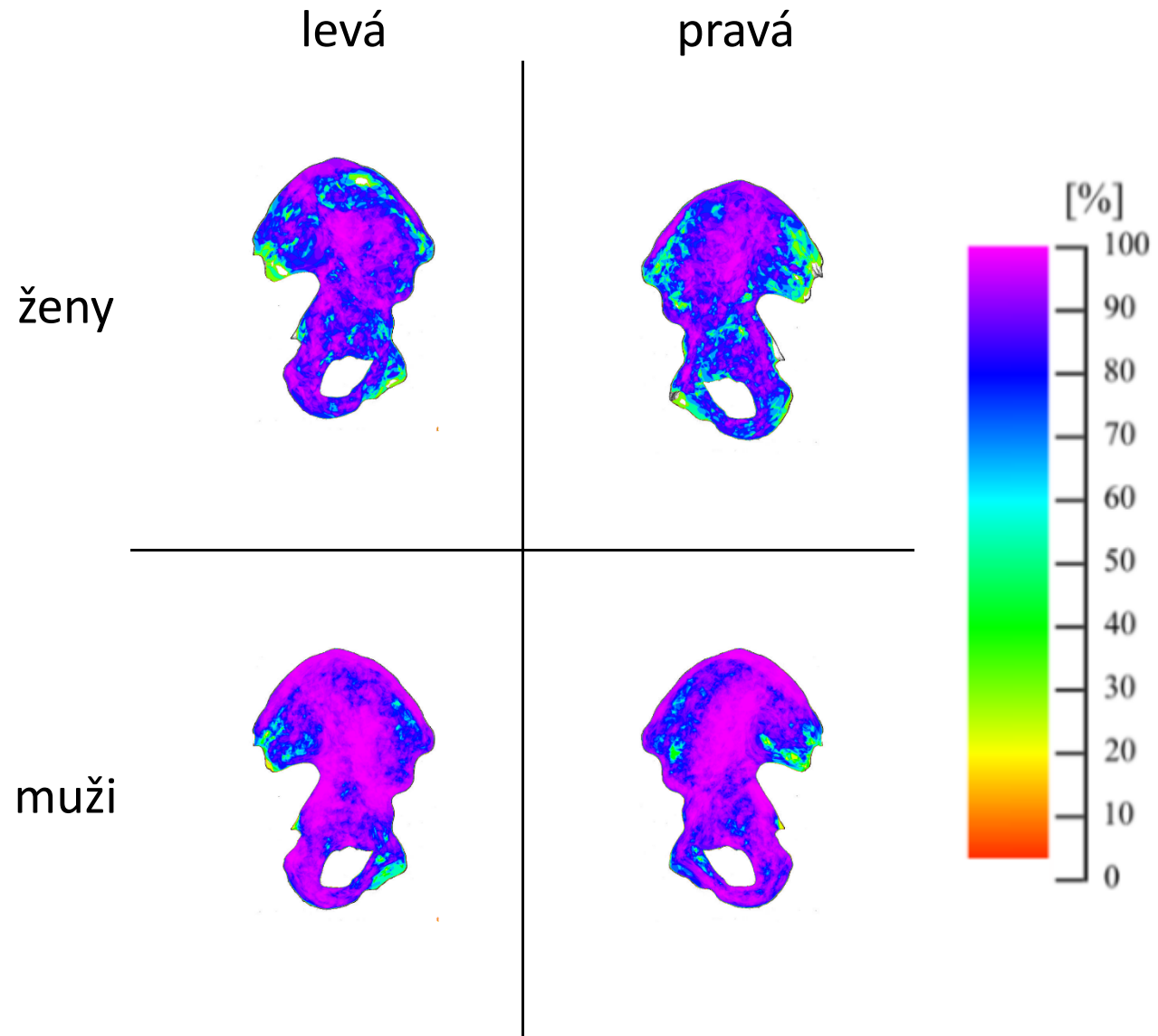
Obrázek 33: Srovnání *heat map* vytvořených pro absenci periostu na lýtkových kostech všech jedinců



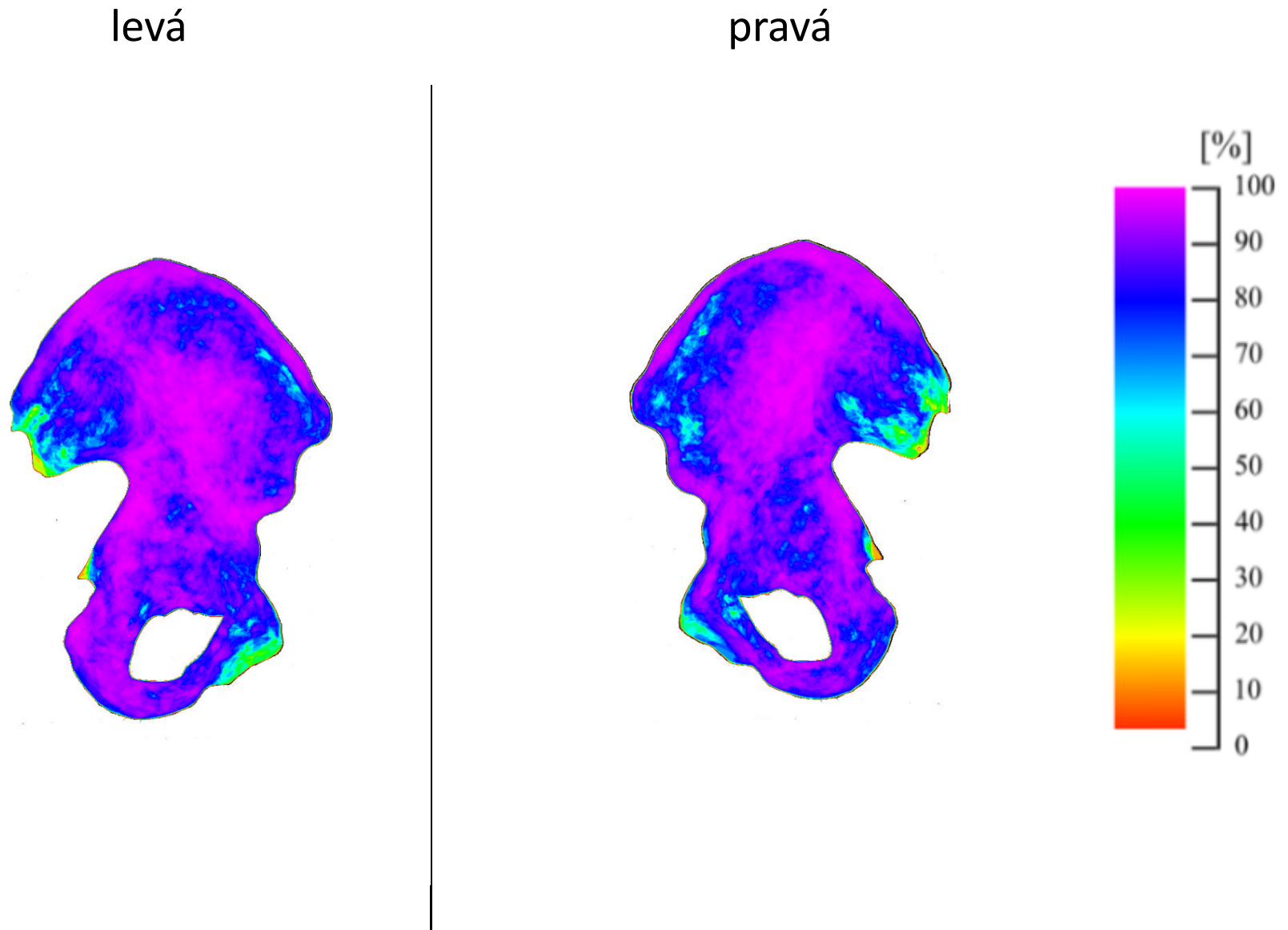
Obrázek 34: Srovnání *heat map* vytvořených pro oranžové zbarvení jedinců mužského a ženského pohlaví na přední straně pánevních kostí



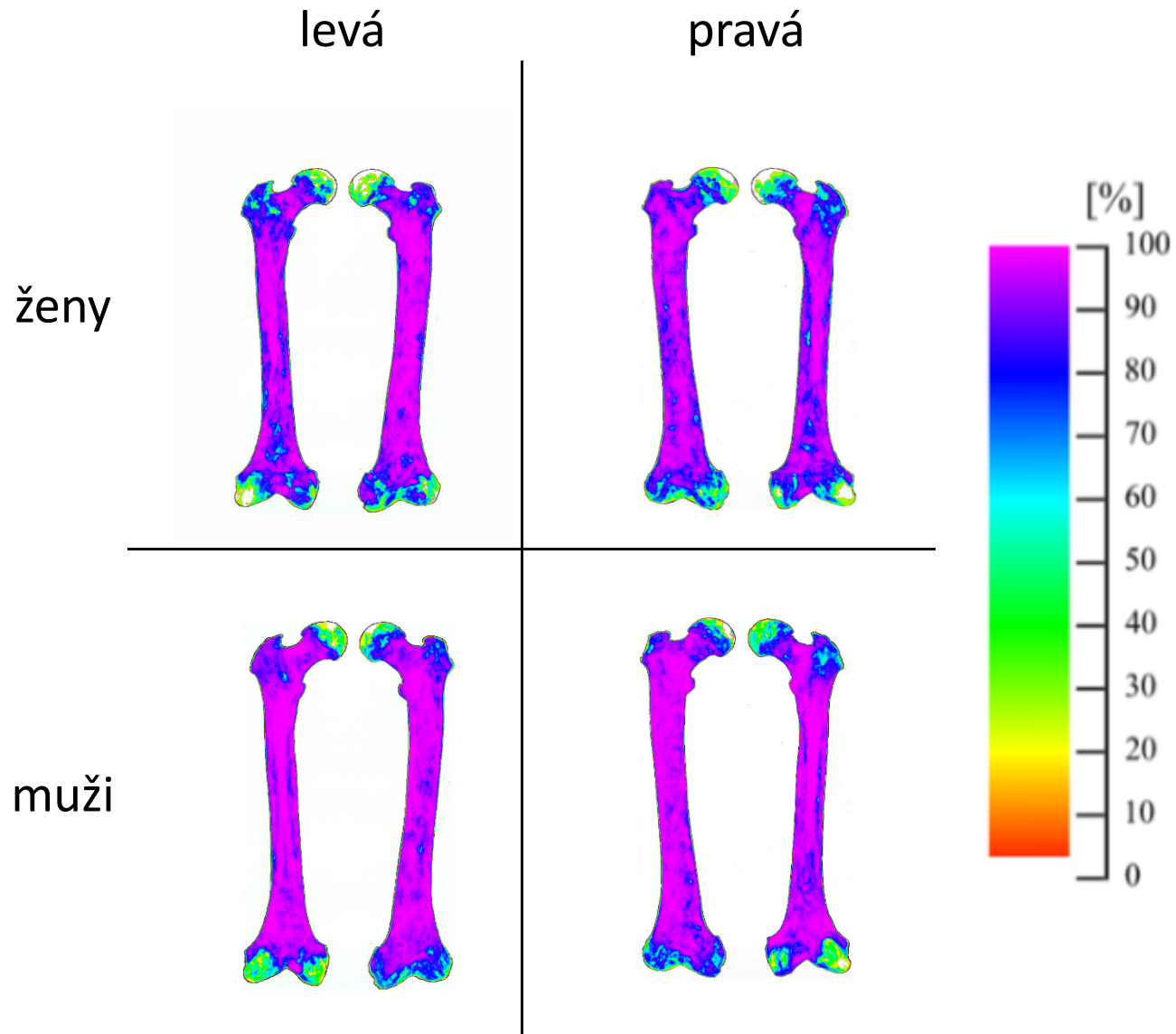
Obrázek 35: Srovnání *heat map* vytvořených pro oranžové zbarvení na přední straně pravých a levých pánevních kostí všech jedinců



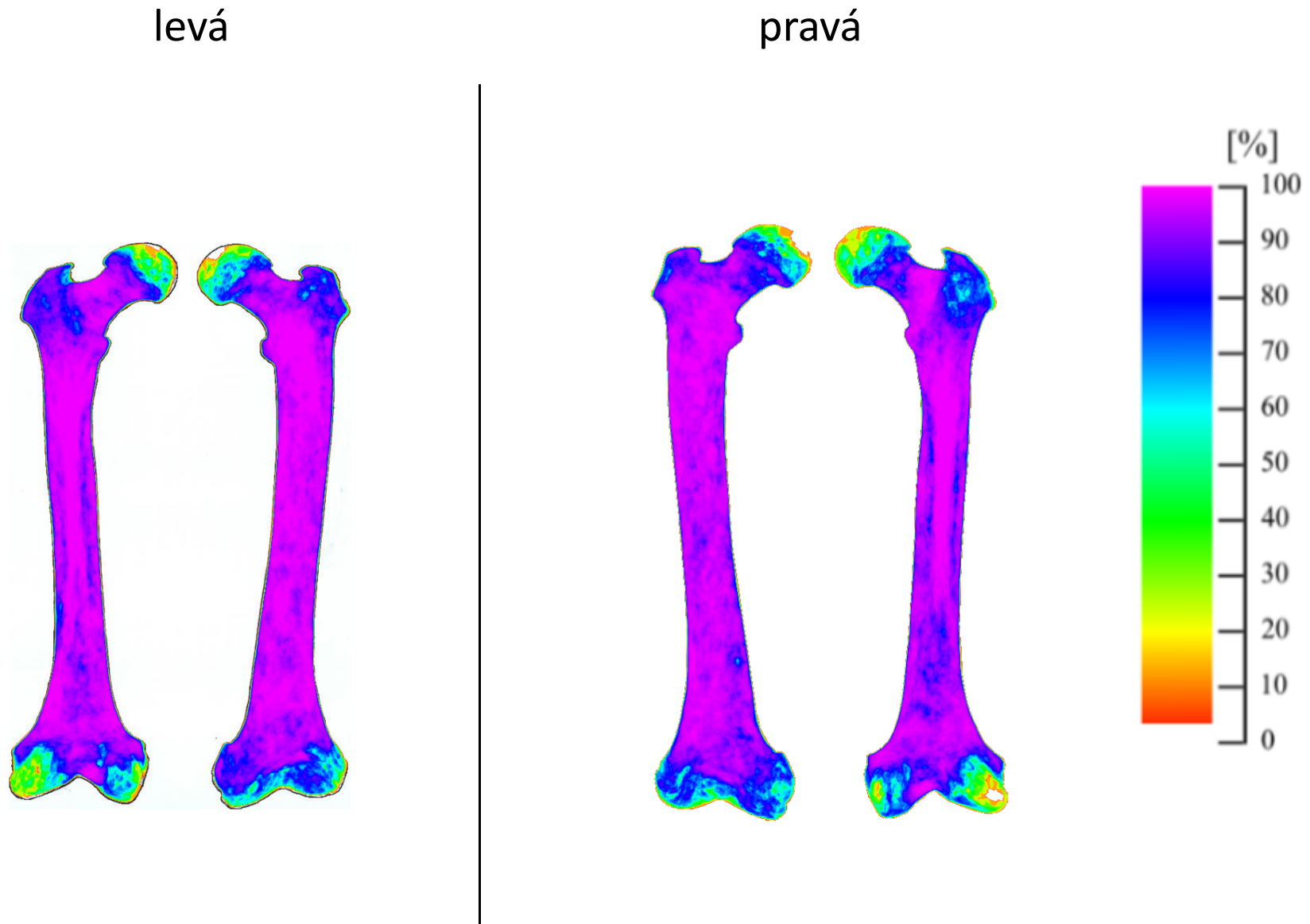
Obrázek 36: Srovnání *heat map* vytvořených pro oranžové zbarvení jedinců mužského a ženského pohlaví na zadní straně pánevních kostí



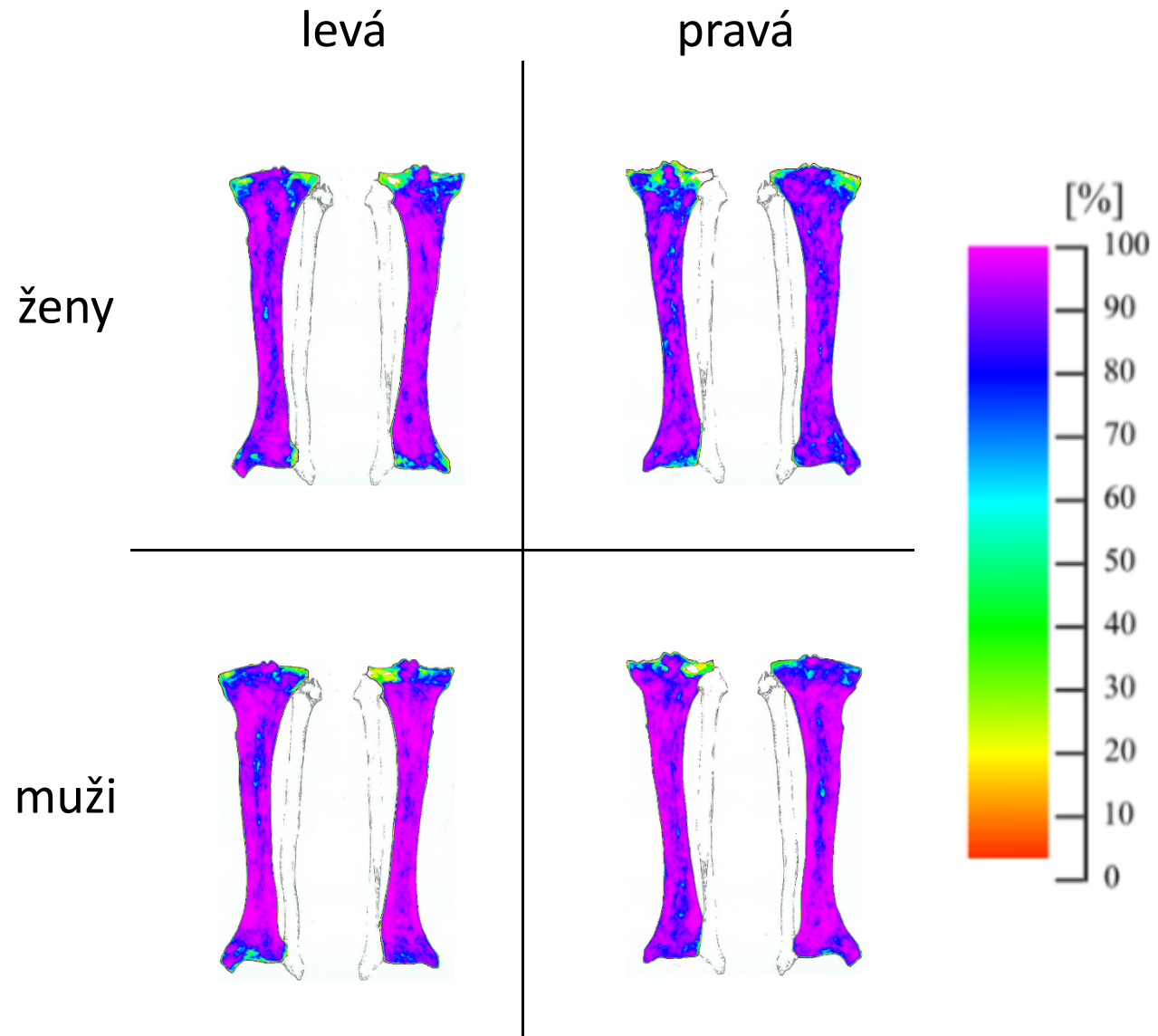
Obrázek 37: Srovnání *heat map* vytvořených pro oranžové zbarvení na zadní straně pravých a levých pánevních kostí všech jedinců



Obrázek 38: Srovnání *heat map* vytvořených pro oranžové zbarvení jedinců mužského a ženského pohlaví na stehenních kostech



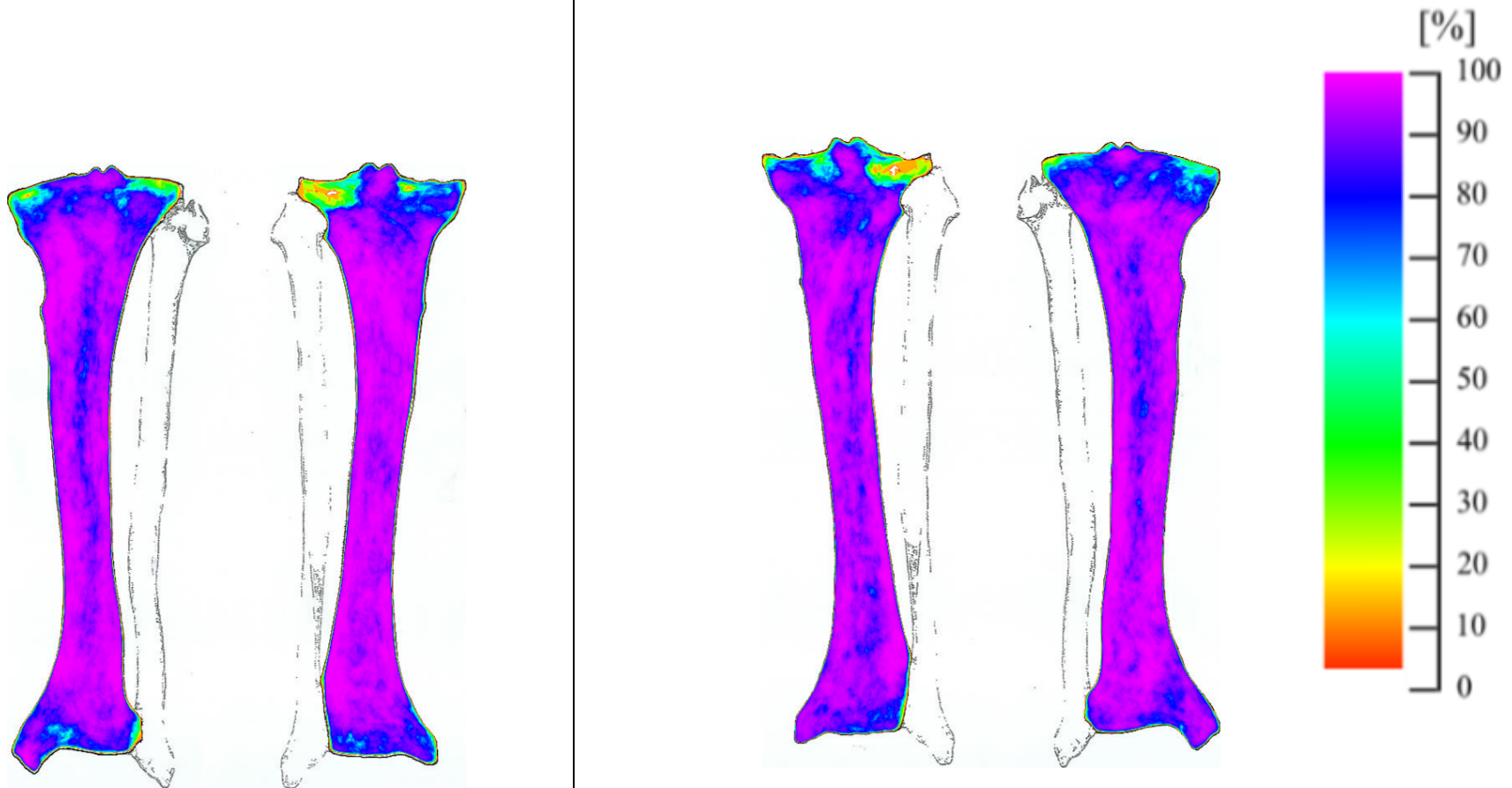
Obrázek 39: Srovnání *heat map* vytvořených pro oranžové zbarvení na stehních kostech všech jedinců



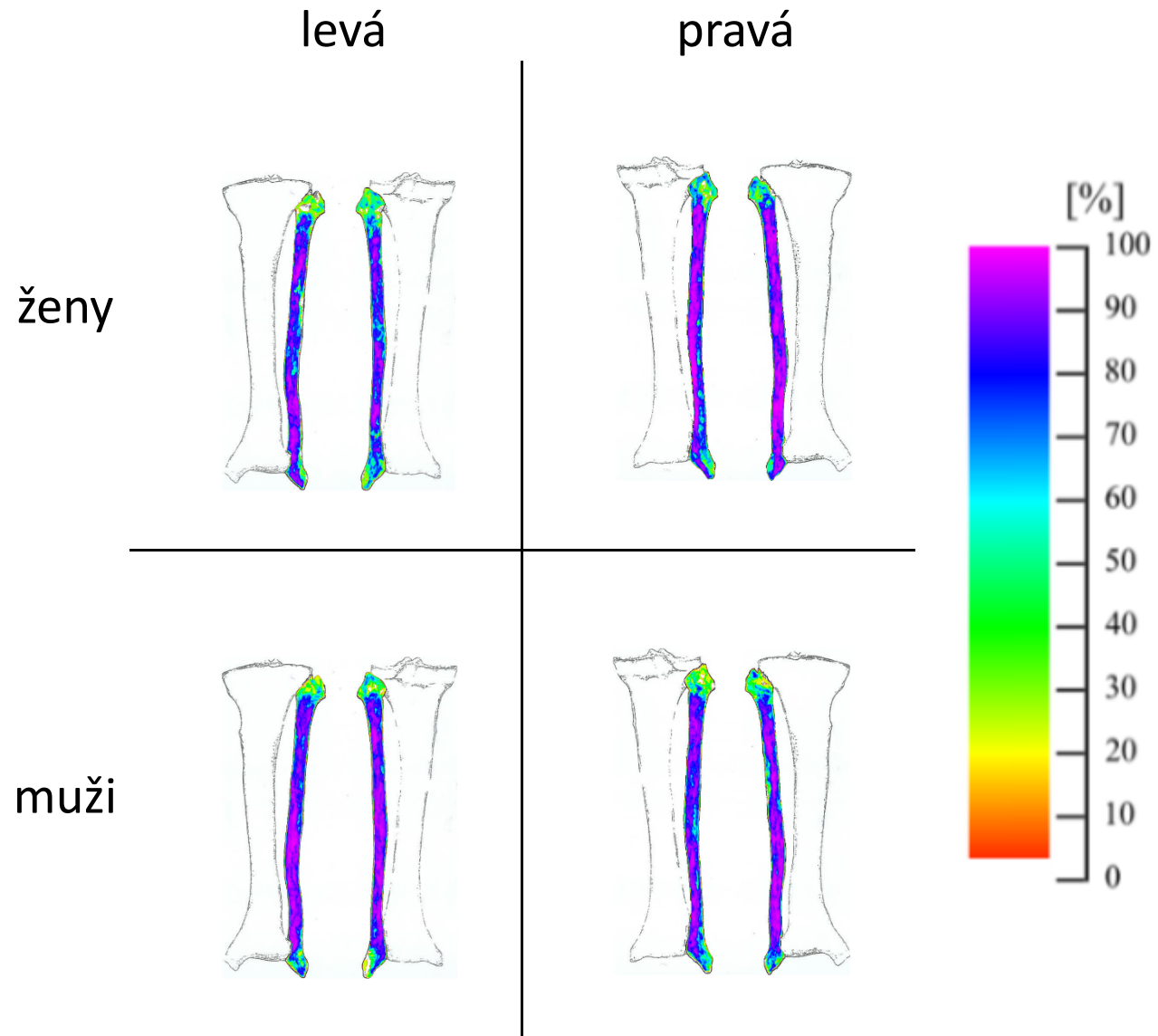
Obrázek 40: Srovnání *heat map* vytvořených pro oranžové zbarvení jedinců mužského a ženského pohlaví na holenních kostech

levá

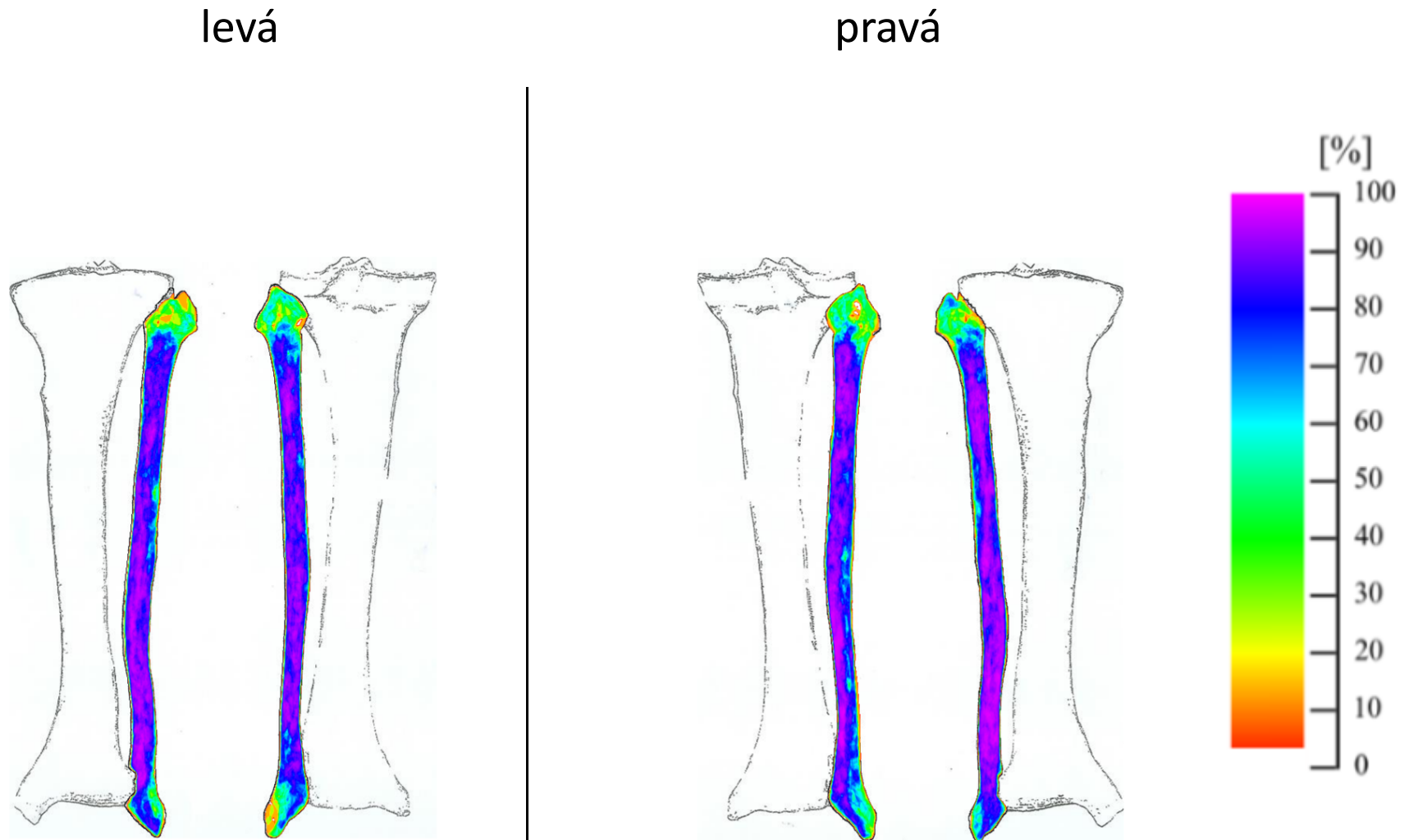
pravá



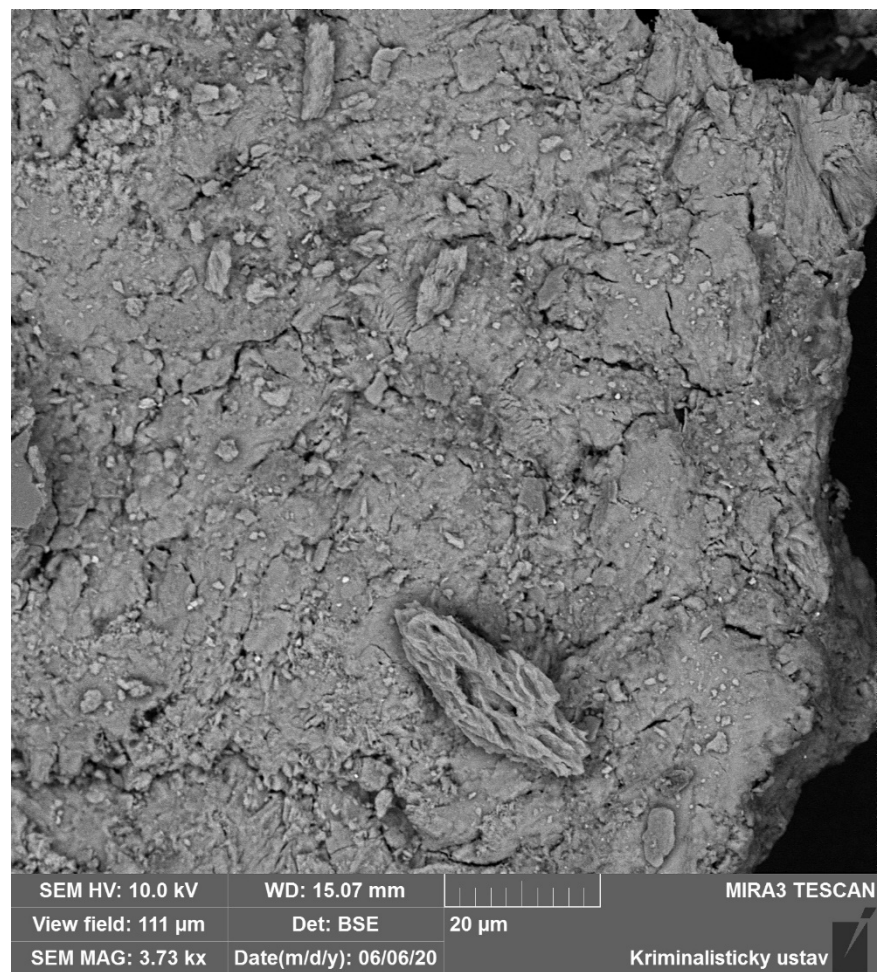
Obrázek 41: Srovnání *heat map* vytvořených pro oranžové zbarvení na holenních kostech všech jedinců



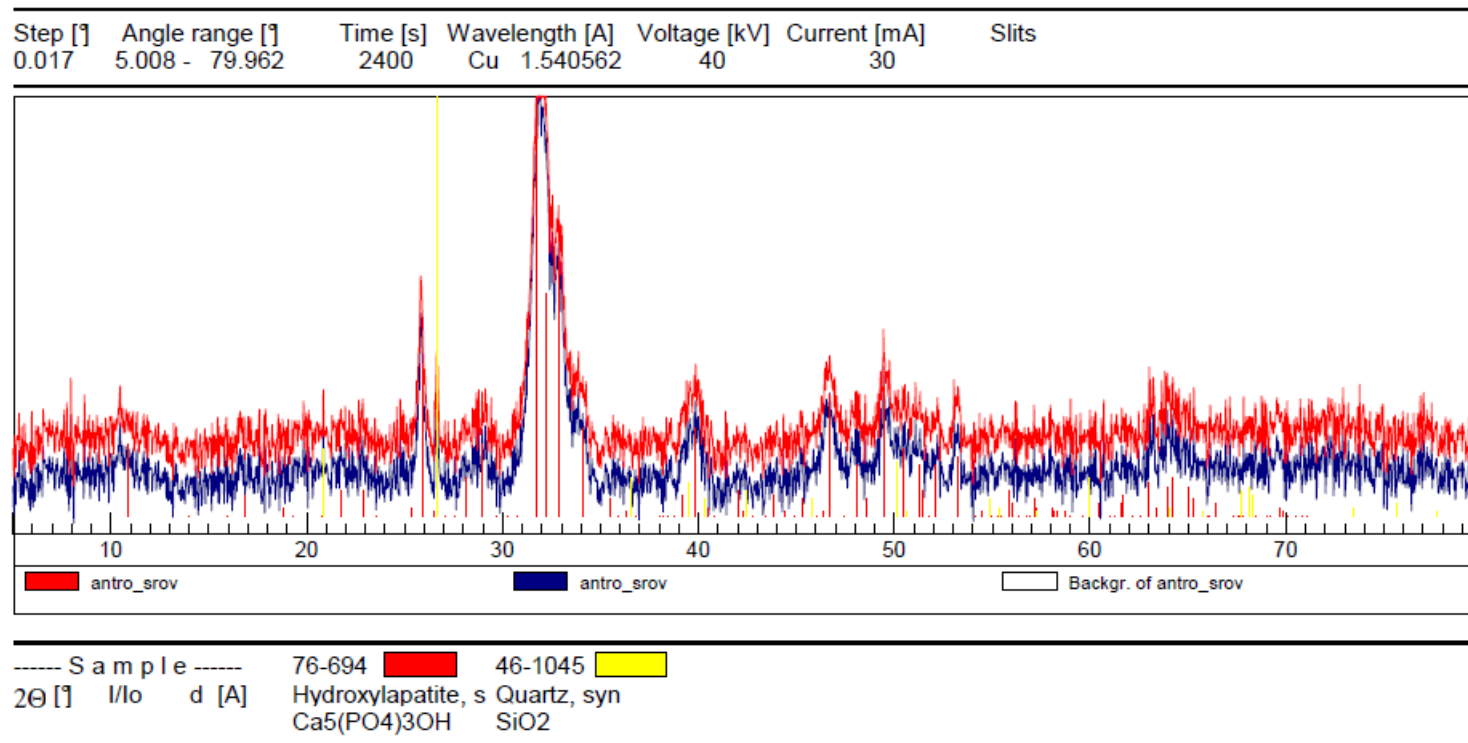
Obrázek 42: Srovnání *heat map* vytvořených pro oranžové zbarvení jedinců mužského a ženského pohlaví na lýtkových kostech



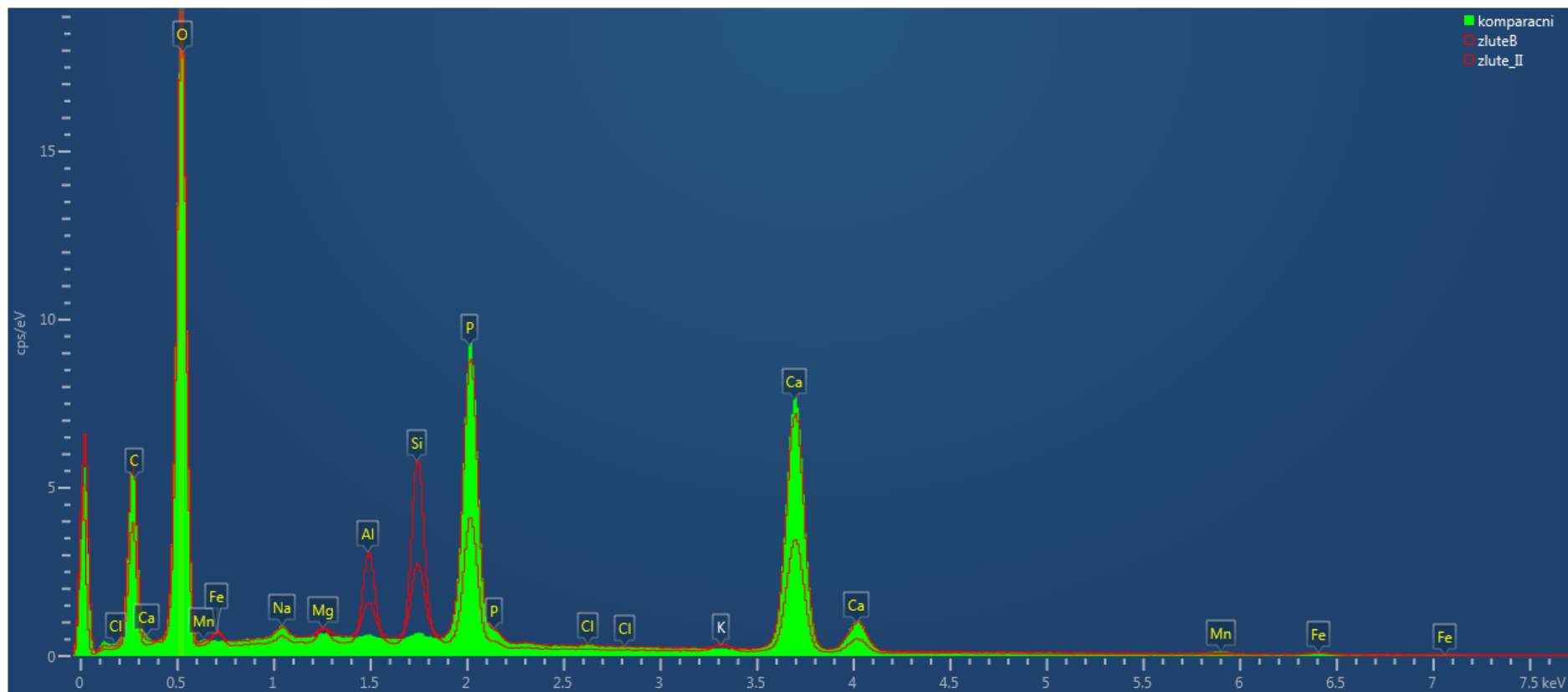
Obrázek 43: Srovnání *heat map* vytvořených pro oranžové zbarvení na lýkových kostech všech jedinců



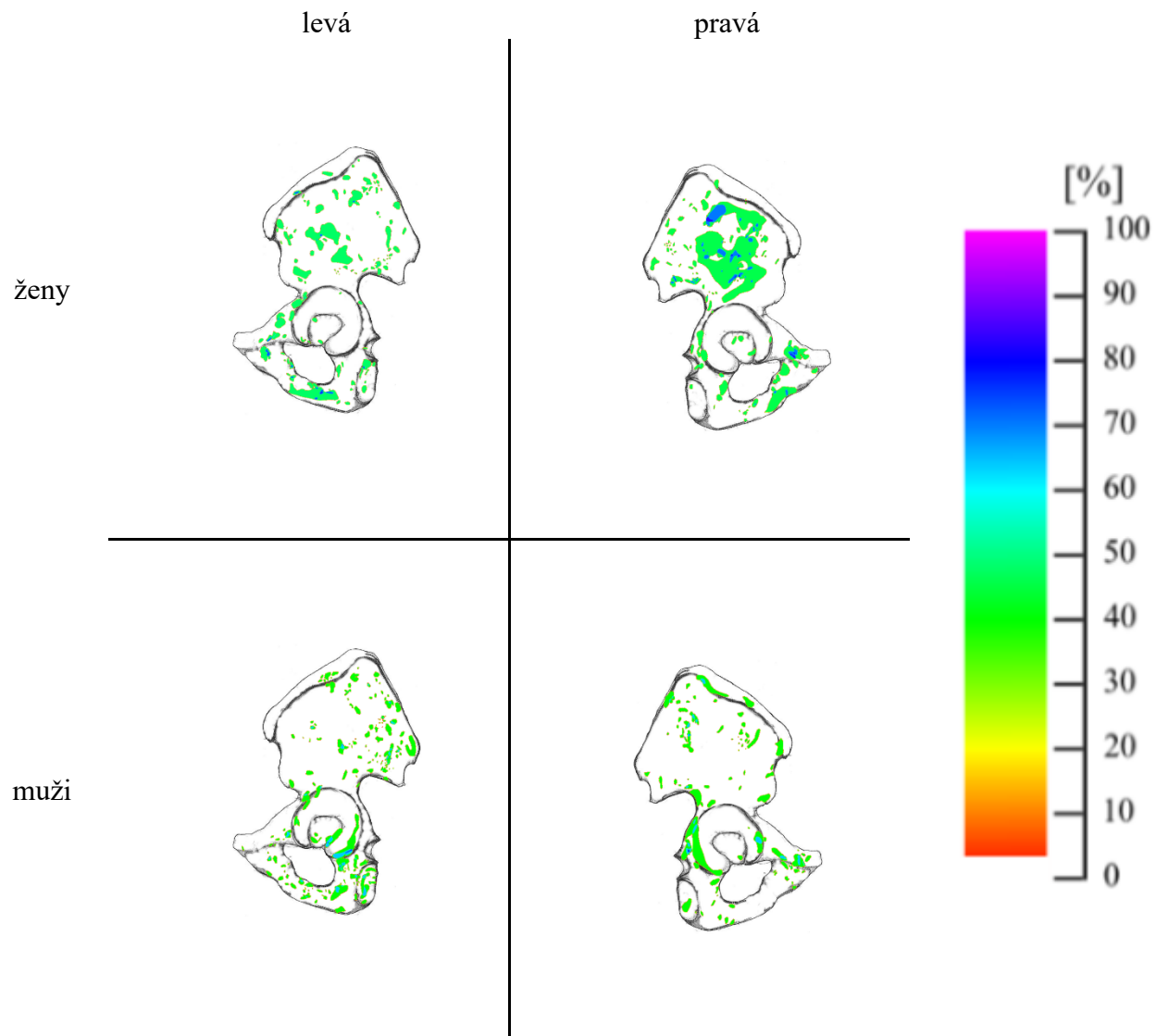
Obrázek 44: Záběr oranžového zbarvení z elektronového rastrovacího mikroskopu



Obrázek 45: Výsledný obrazec z rentgenostrukturního difraktografu identifikující jednotlivé fáze



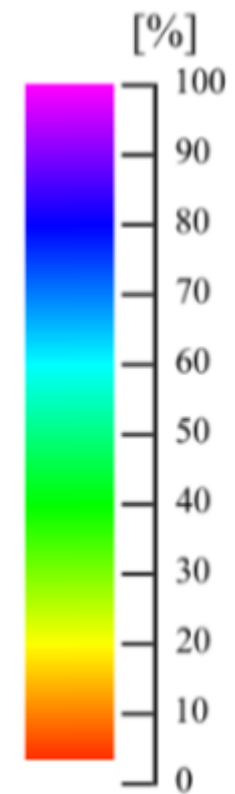
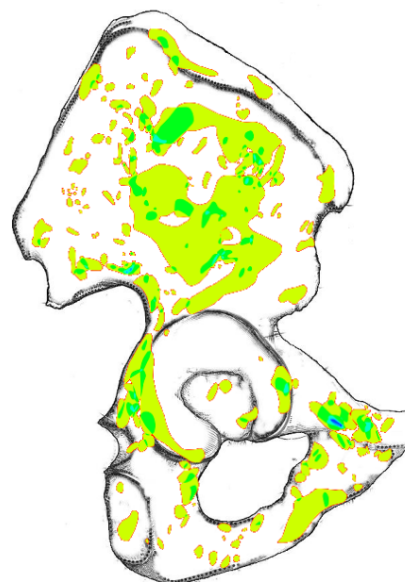
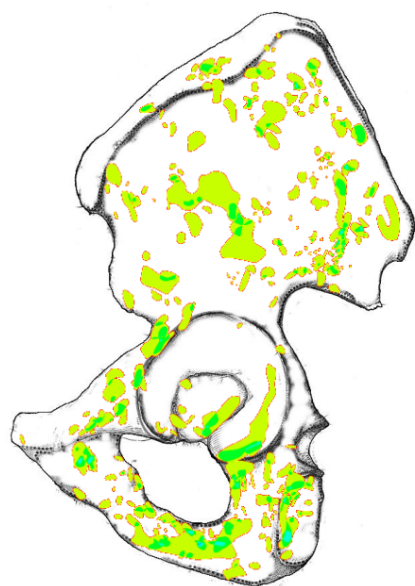
Obrázek 46: Komparace výsledků (2 spektra) s povrchem kosti, na kterém se oranžové zbarvení nenacházelo



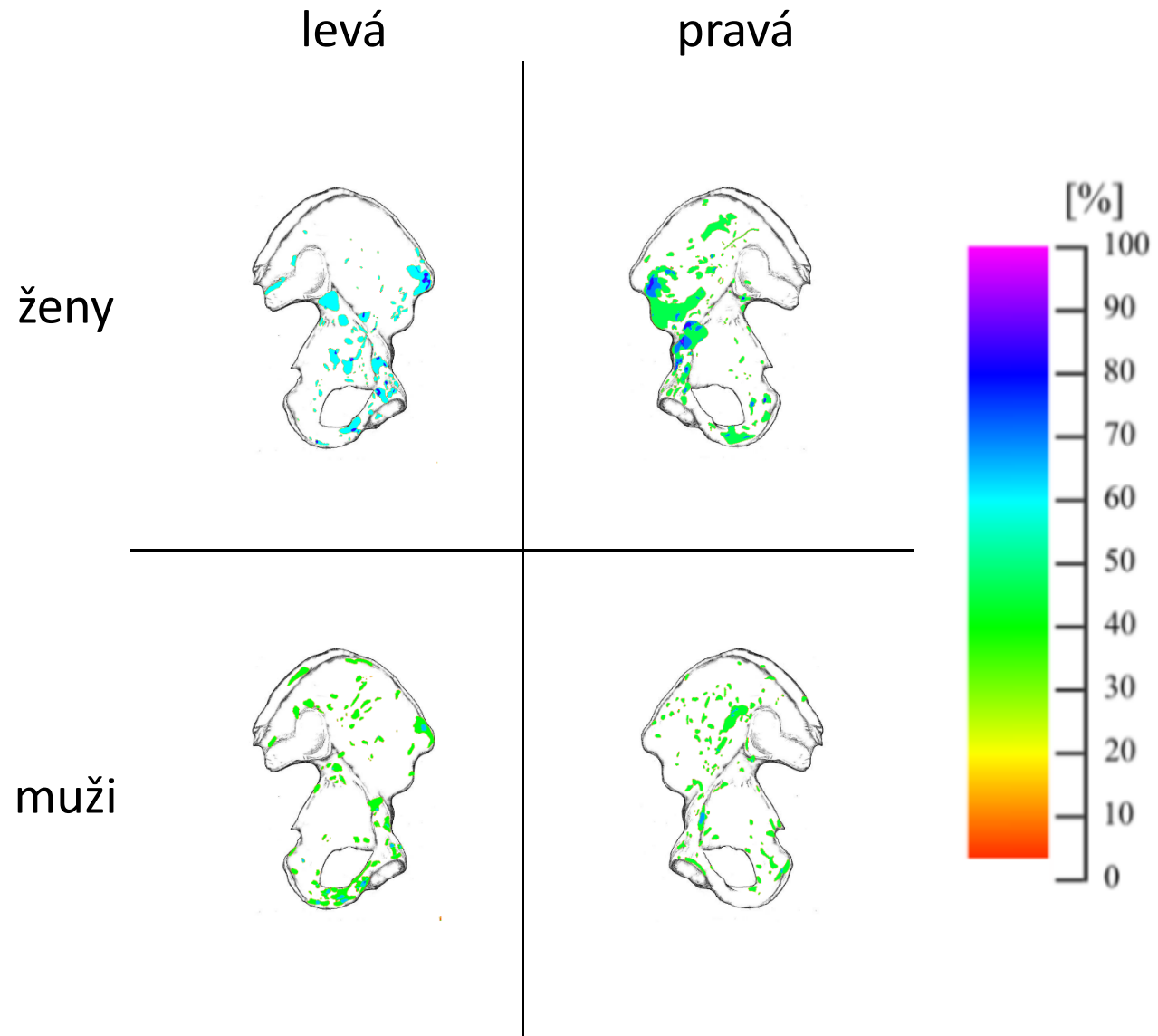
Obrázek 47: Srovnání *heat map* vytvořených pro černé zbarvení jedinců mužského a ženského pohlaví na přední straně pánevních kostí

levá

pravá



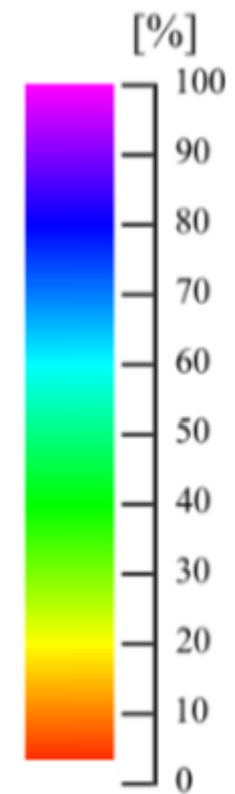
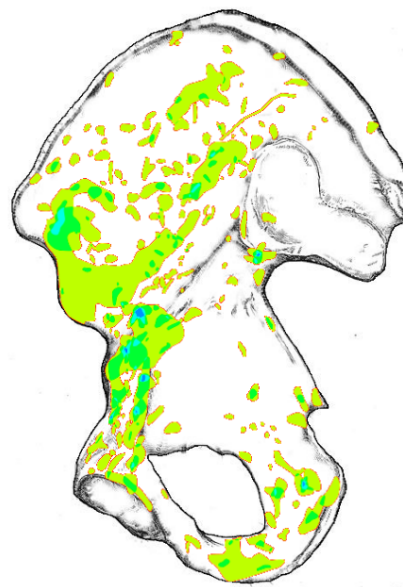
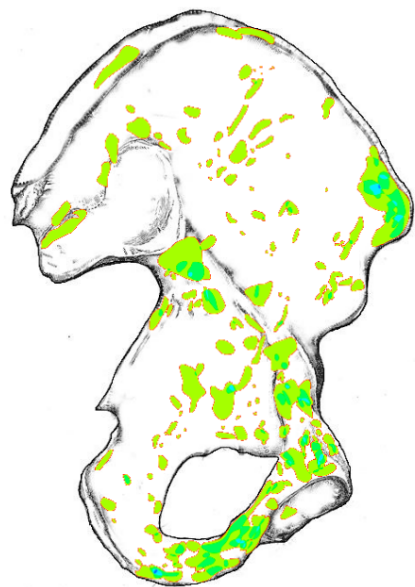
Obrázek 48: Srovnání *heat map* vytvořených pro černé zbarvení na přední straně pravých a levých pánevních kostí všech jedinců



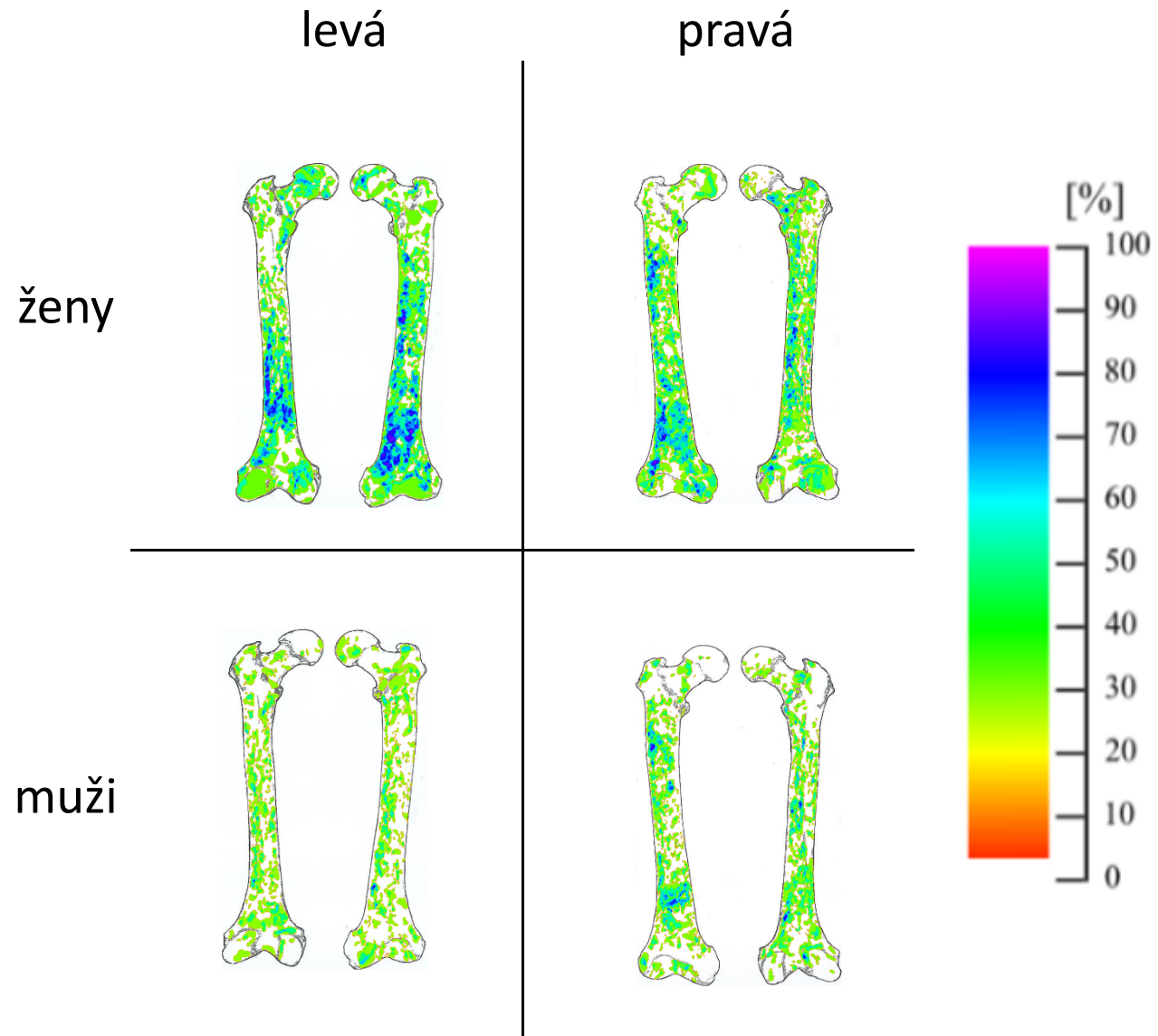
Obrázek 49: Srovnání *heat map* vytvořených pro černé zbarvení jedinců mužského a ženského pohlaví na zadní straně pánevních kostí

levá

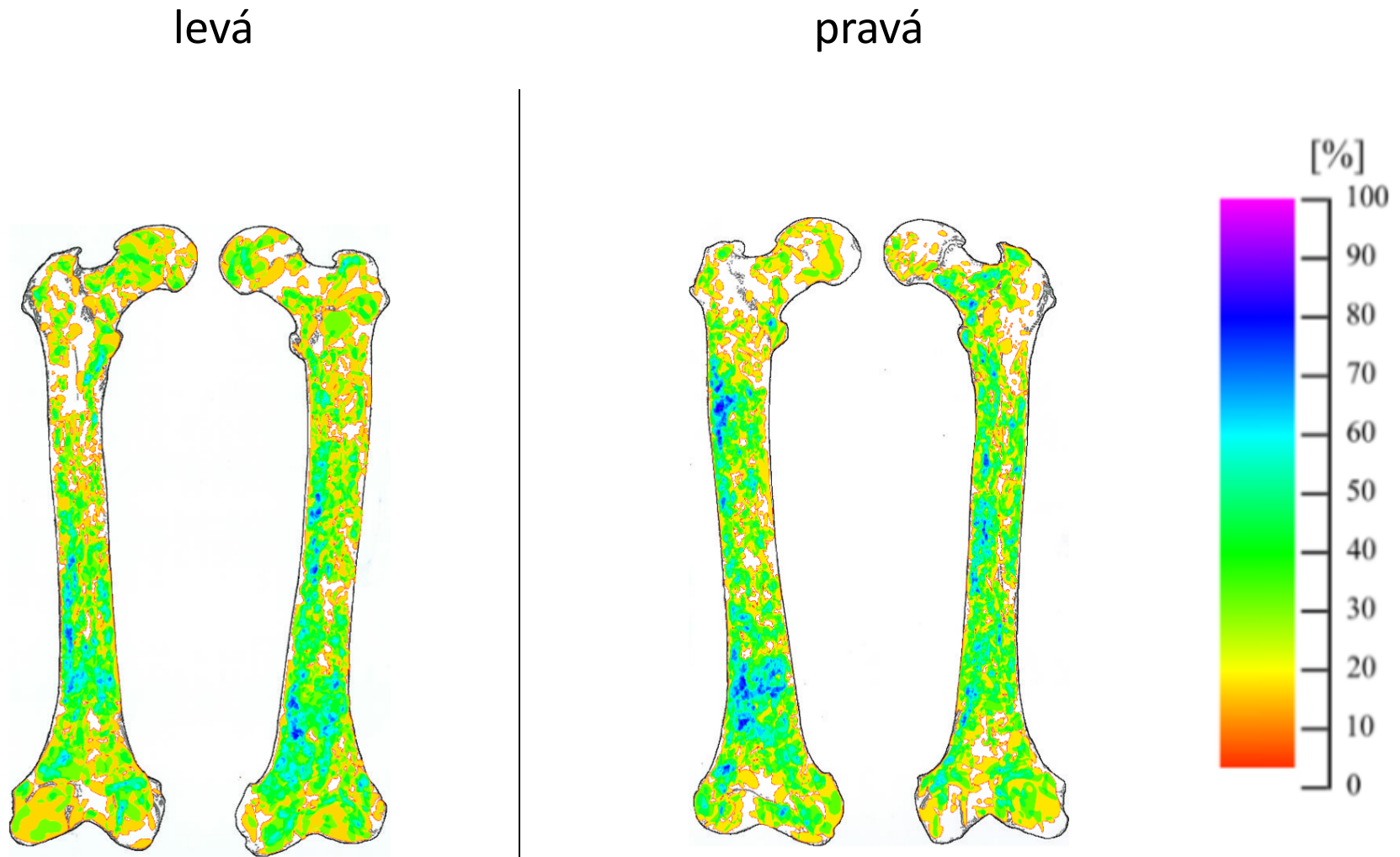
pravá



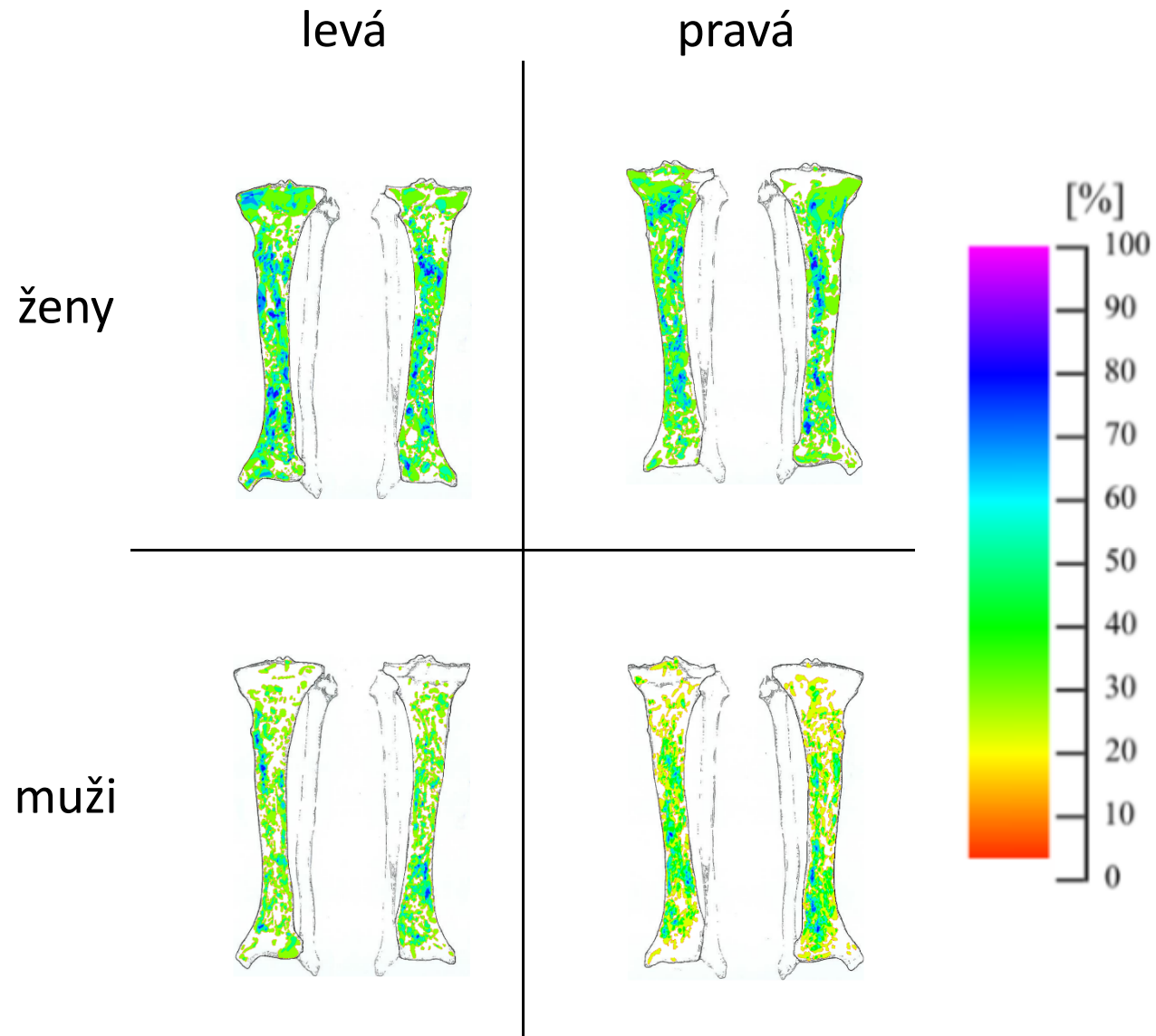
Obrázek 50: Srovnání *heat map* vytvořených pro černé zbarvení na zadní straně pravých a levých pánevních kostí všech jedinců



Obrázek 51: Srovnání *heat map* vytvořených pro černé zbarvení jedinců mužského a ženského pohlaví na stehenních kostech



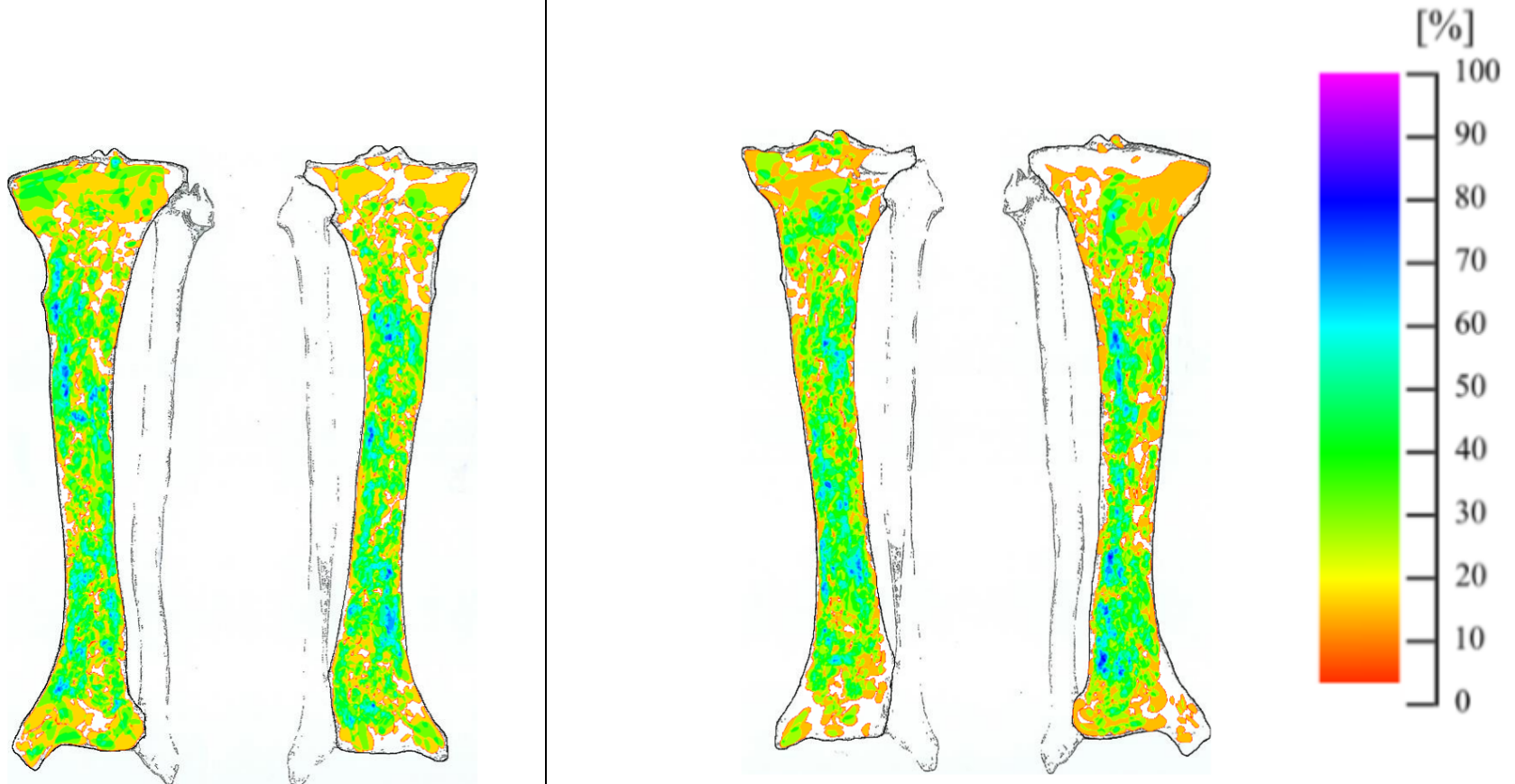
Obrázek 52: Srovnání *heat map* vytvořených pro černé zbarvení na stehenních kostech všech jedinců



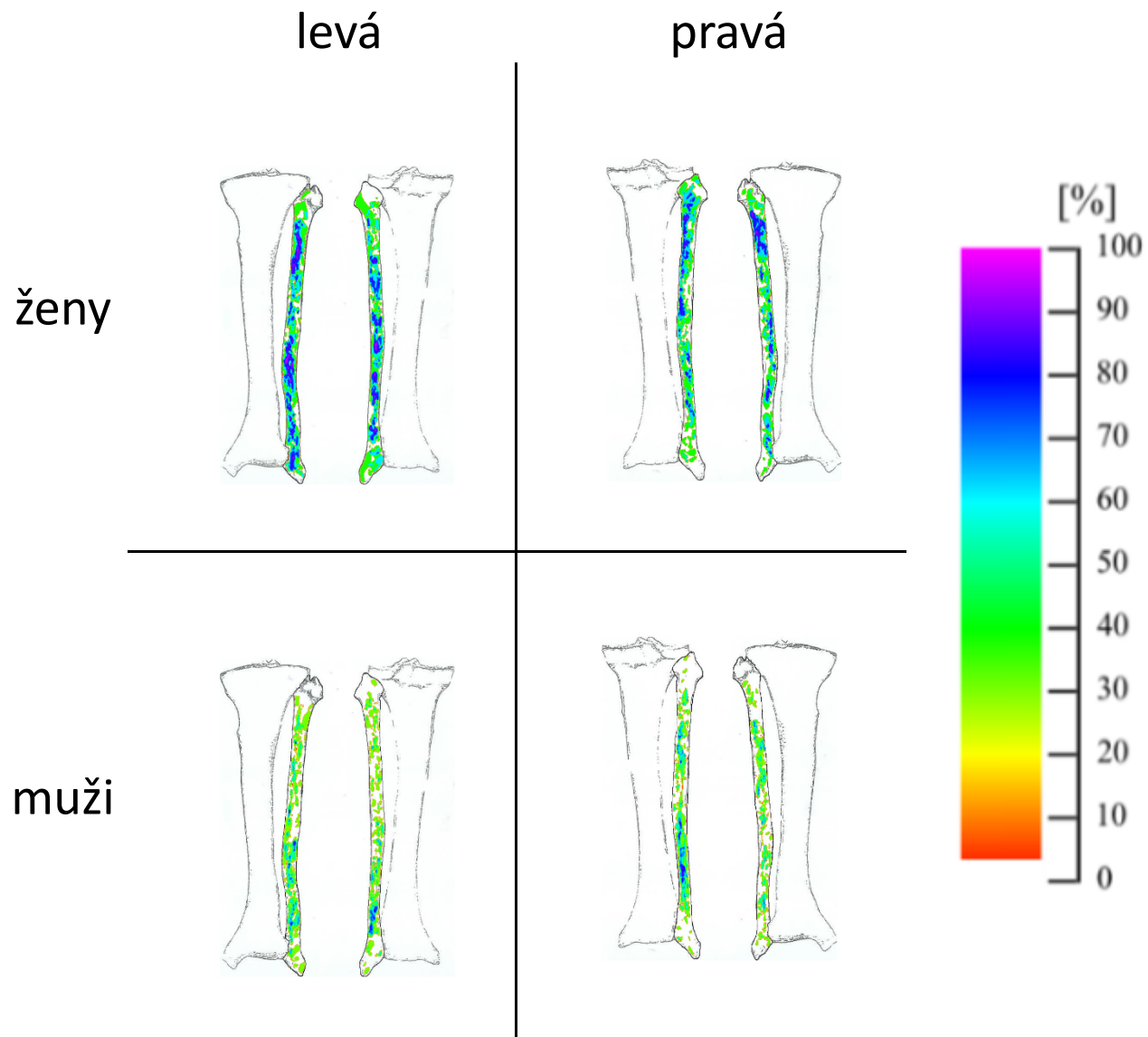
Obrázek 53: Srovnání *heat map* vytvořených pro černé zbarvení jedinců mužského a ženského pohlaví na holenních kostech

levá

pravá



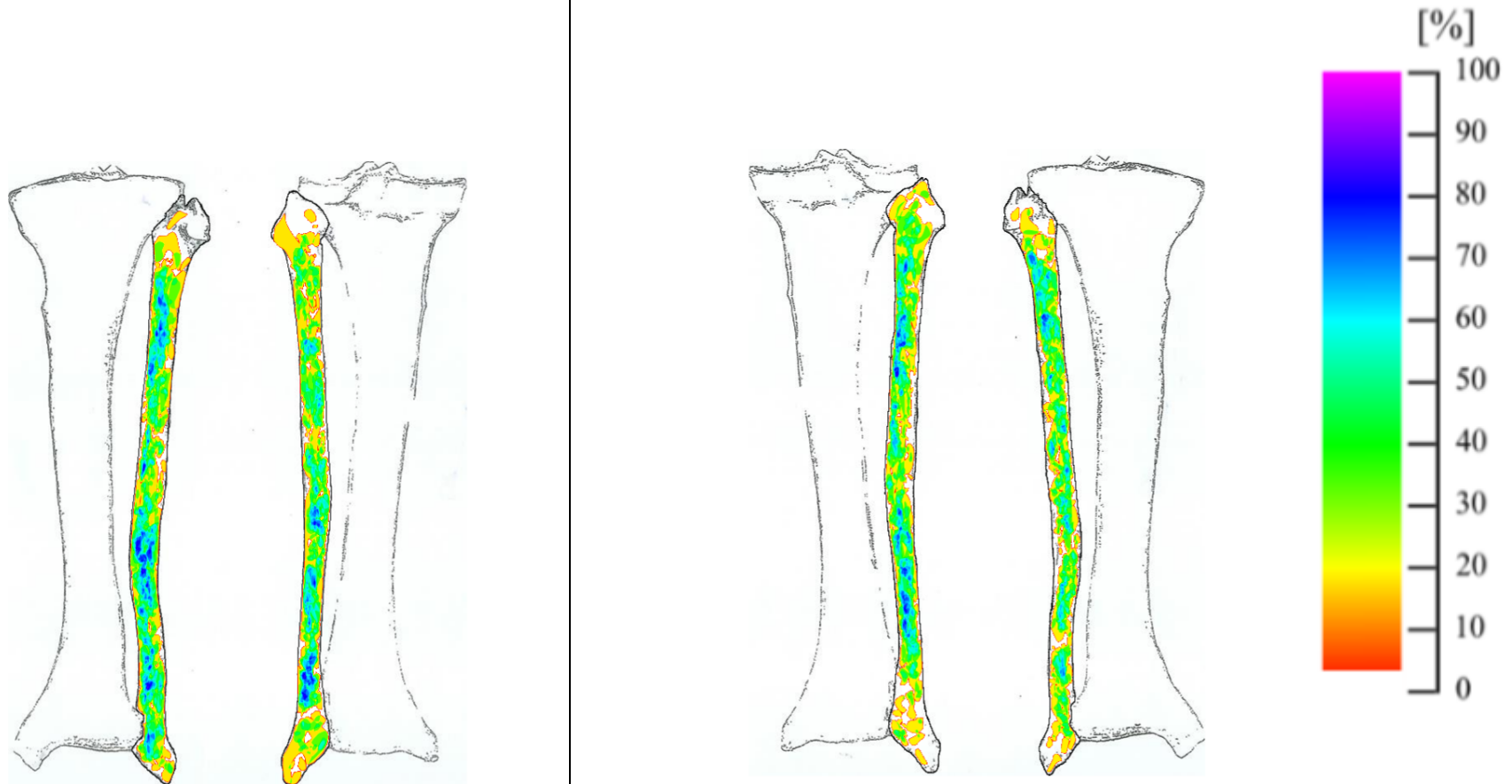
Obrázek 54: Srovnání *heat map* vytvořených pro černé zbarvení na holenních kostech všech jedinců



Obrázek 55: Srovnání *heat map* vytvořených pro černé zbarvení jedinců mužského a ženského pohlaví na lýtkových kostech

levá

pravá



Obrázek 56: Srovnání *heat map* vytvořených pro černé zbarvení na lýtkových kostech všech jedinců



Obrázek 57: Absence části kosti a odhalená spongióza při okrajích pravé pánevní kosti jedince H 157



Obrázek 58: Absence periostálního povrchu, která je patrná na těle levé holenní kosti jedince H 157



Obrázek 59: Ukázka oranžového zbarvení na pravé pánevní kosti jedince H 173



Obrázek 60: Ukázka černého zbarvení na pravé pánevní kosti jedince H 193



Obrázek 61: Ukázka hnědého zbarvení na levé pánevní kosti jedince H 117



Obrázek 62: Ukázka zeleného zbarvení na levé pánevní kosti jedince H 78