

Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích
Přírodovědecká fakulta

**Fytolitová analýza materiálu ze záchranného archeologického
výzkumu v Radčicích, okr. Strakonice.**

Bakalářská práce

Kristýna Budilová

Školitelka: Mgr. Michaela Ptáková

České Budějovice 2018

Budilová, K., 2018: Fytolitová analýza materiálu ze záchranného archeologického výzkumu v Radčicích, okr. Strakonice. [Phytolith analysis of a material obtained by rescue archaeological excavation in Radčice, Strakonice district. Bc. Thesis, in Czech.] – 39 p., Faculty of Science, University of South Bohemia, České Budějovice, Czech Republic.

Annotation:

This thesis deals with a phytolith analysis of dark soil and artefact residues from neolithic exploitation pits at Radčice archeological site in south Bohemia. Thesis contains a literary research part about phytoliths and their use in archaeology, stone tool residue analyses, neolithic environment, farming and archaeobotany of central Europe. Several samples from sediment and chipped industry (blades) were processed and analyzed by polarizing microscope. Results are discussed in attempt to answer questions about genesis of the infill as well as about usage of stone tools and cereal processing activities on site.

Prohlašuji, že svoji bakalářskou práci jsem vypracovala samostatně pouze s použitím pramenů a literatury uvedených v seznamu citované literatury.

Prohlašuji, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění souhlasím se zveřejněním své bakalářské práce, a to v nezkrácené podobě elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejích internetových stránkách, a to se zachováním mého autorského práva k odevzdanému textu této kvalifikační práce. Souhlasím dále s tím, aby toutéž elektronickou cestou byly v souladu s uvedeným ustanovením zákona č. 111/1998 Sb. zveřejněny posudky školitele a oponentů práce i záznam o průběhu a výsledku obhajoby kvalifikační práce. Rovněž souhlasím s porovnáním textu mé kvalifikační práce s databází kvalifikačních prací Theses.cz provozovanou Národním registrem vysokoškolských kvalifikačních prací a systémem na odhalování plagiátů.

V Českých Budějovicích, dne 11.12.2018

Podpis:.....

Kristýna Budilová

Poděkování:

Především děkuji své školitelce Michaele Ptákové, za věčnou trpělivost a cenné rady při psaní rešerše. Své konzultantce Kristýně Hoškové děkuji za ochotu a pomoc se vším, co se fytolitů týče. Děkuji i Jaromíru Benešovi za to, že mi dal možnost, věnovat se vysněnému oboru. Obrovský dík také patří celé mojí rodině.

Obsah

1. Úvod:.....	1
2. Cíle práce:	3
3. Teoretická část:	3
3.1. Fytolity	3
3.2. Fytolitová analýza v archeologii	5
3.3. Analýzy štípané industrie	7
3.4. Neolit.....	9
3.5. První zemědělci a jejich subsistenční strategie v kontextu přírodního prostředí.....	10
3.6. Zemědělství a archeobotanika neolitu	12
3.7. Radčice.....	14
4. Praktická část:	15
4.1. Materiály a metody:	15
4.1.1. Příprava půdních vzorků	16
4.1.2. Příprava vzorků ze štípané industrie	17
4.1.3. Tvorba fytolitové sbírky.....	19
4.1.4. Metody kvantifikace.....	19
4.2. Výsledky	20
4.2.1. Výpočet koncentrací fytolitů ve vzorcích ze sedimentu.....	20
4.2.2. Kvalitativní popis zastoupených morfotypů.....	21
4.2.3. Porovnání fytolitových spekter z různých částí výplně.....	22
4.2.4. Výsledky analýzy vzorků z profilu C.....	23
4.2.5. Výsledky analýzy reziduí ze štípané industrie	25
4.2.6. Výsledky pozorování fytolitů v druzích vybraných pro referenční sbírku	25
5. Diskuze:	26
6. Závěr:	29
Literatura:.....	33

1.Úvod:

Neolitická sídlištní archeologie je založena na studiu výplně zahloubených objektů nacházejících se v blízkosti půdorysů dochovaných staveb. Předpokládá se, že artefakty, především keramika s charakteristickou chronologicky citlivou výzdobou, z výplně těchto jam jsou odrazem období stavby, aktivního užívání a zániku domu. Na základě tohoto předpokladu vznikla relativní chronologie nejstarší zemědělské populace na našem území, kultury s lineární keramikou (Květina, 2005; Pavlů & Zápotocká, 2007). Problém ale nastává, zaměříme-li se na tzv. archeologizaci těchto objektů, jelikož dosud nebylo uspokojivě vyřešeno, jakými procesy byla formována výplň zkoumaných jam, přičemž intencionalita a obzvláště rychlost zaplňování těchto zahloubených objektů může mít nemalý vliv na chronologii neolitických sídlišť (Květina, 2002; 2005; Pavlů, 2010; Vencel, 2001). Řešení znesnadňuje i častá sídelní kontinuita v prostředí neolitických sídelních areálů, jejíž následkem jsou objekty často postiženy intruzemi z mladších období. Je tedy nezbytné řešit rozměr prostorový (zacházení s odpadem) a rozměr časový (doba otevření jam a problematika intruzí)(Květina, 2002). Tato problematika byla v modelově řešena prostřednictvím mikroprostorové analýzy artefaktů, nicméně studie ukázaly, že pro uspokojivé řešení formativních procesů je nezbytné provedení více analýz výplní sídlištních archeologických objektů (Květina, 2002; Květina, 2005; Vostrovská et al., 2013). Základní otázkou tedy zůstává, jak dlouho zůstávaly objekty otevřené a zda byly zaplňovány intencionálně sídlištním odpadem nebo přirozeně splachy z okolí.

Tato práce se pokouší otázku formování výplně neolitických zahloubených objektů řešit prostřednictvím studia ekofaktů, a to pomocí fytolitové analýzy na příkladu sídlištního objektu neolitického stáří 1/15 v Radčicích (okr. Strakonice, viz Materiály a metody). Pro uspokojivé zodpovězení této otázky je výzkum doplněn o 4 radiokarbonová data ze zuhelnatělých obílek získaných z různých částí soujámí, vždy z horní a spodní části výplně (Tab. I).

Tab.I: Radčice. AMS radiokarbonová data z objektu 1. Kalibrováno v programu OxCal 4.3.(Vondrovský et al., 2018).

#	ozn	obj	sekt	úroveň	zdroj	BP	95,4 %	68,2 %	medián
Poz-78060	Radčice1	1A	E3	0-5	<i>Triticum dicoccum</i>	6170 ± 40	5221–5000	5208–5062	5124
Poz-78061	Radčice2	1A	E3	35-40	<i>Triticum dicoccum</i>	6210 ± 50	5305–5037	5286–5064	5162
Poz-78062	Radčice3	1B	S2	15-20	Cerealia	6080 ± 40	5079–4847	5050–4939	5001
Poz-78064	Radčice4	1B	S2	40-45	<i>Triticum monococcum/dicoccum</i>	6110 ± 50	5213–4931	5205–4946	5055

Liší se množství a druhové složení fytolitů v různých částech objektu? Zodpovězení této otázky může přinést cenné informace ohledně charakteru výplně. Předpokládáme, že odrazem intencionálního zaplnění jámy odpadem by byla odlišná struktura fytolitů, odrážející jednotlivé „události“ a vrstvy odpadu. Naopak homogenní struktura by mohla nasvědčovat pomalému zaplňování přirozenými procesy, předpokládáme splachy z okolí objektu.

Nachází se ve zkoumaném objektu fytolity z obilovin? Významným omezením fytolitové analýzy je obtížnost determinace fytolitů a spolehlivé určení rostlin, ze kterých pochází. Výjimkou jsou obiloviny, jejichž fytolity byly v literatuře dostatečně popsány (Ball et. al., 1993; Ball et al., 1999; Lu et al., 2009). Přítomnost obilovin z fytolitů může pomoci rekonstruovat paleoekonomické aktivity v rámci konkrétní zóny neolitického sídliště v Radčicích. Jejich absence pak předpokládá aktivity zpracování obilovin v jiné části areálu.

Nachází se na funkčních plochách vybraných nástrojů fytolity, případně jiné látky? Ve výplni objektu 1/15 v Radčicích byl nalezen soubor kamenné štípané industrie. Rezidua na těchto nástrojích mohou obsahovat mikroskopický materiál, který umožňuje rekonstruovat jejich funkci (viz Analýzy štípané industrie).

2.Cíle práce:

Jedním z cílů této práce je vytvořit literární rešerši o možnostech využití fytolitové analýzy v archeologii, a to zejména v kontextu prostředí období neolitu ve střední Evropě. Získané poznatky se uplatňují v samotné fytolitové analýze materiálu z archeologického výzkumu v Radčicích. Analýza spočívá v determinaci fytolitů, určení taxonů jejich možného původu a zhodnocení rozdílů fytolitových spekter vzorků z různých částí výplně, součástí práce je i tvorba referenční sbírky rostlin vybraných druhů. Práce by měla řešit formulované otázky o způsobu utváření výplně objektu, výskytu obilovin na lokalitě a souvislosti mezi funkcí pravěkých nástrojů a fytolitů na nich nalezených.

3.Teoretická část:

3.1. Fytolity

Fytolity jsou mikroskopické částice amorfního oxidu křemičitého (hydratovaný SiO_2 , biogenní opál-A), které se vytvářejí v buňkách, buněčných stěnách a mezibuněčných prostorách rostlin z kyseliny křemičité (H_3SiO_4), jež je v rozpustné formě obsažena v půdním roztoku, přičemž jejich tvorba je závislá na množství faktorů, včetně klimatických podmínek prostředí růstu, typu půdy a dostupnosti vody, stáří rostliny a především její taxonomické příslušnosti (Piperno, 2006). Výzkum jejich chemického složení pomocí metody instrumentální neutronové aktivační analýzy ukázal, že například fytolity z ječmene (*Hordeum vulgare*) obsahují kromě 85-98 wt% (procent hmotnosti) SiO_2 i rozličné terrigenní prvky (Al, Sc, Ti, V, Cs, a Fe), některé vzácnější prvky a anorganické prvky běžně obsažené v rostlinách (K, Ca, Mg, Mn, Cl a Br)(Kameník et al., 2013). Obsah uhlíku ve fytolitech se pohybuje mezi 1 – 5 wt% a díky izolovanosti od okolního prostředí může být použit pro radiokarbonové datování i analýzu stabilních izotopů ^{13}C (Kelly et al., 1991). Díky vysoké chemické odolnosti fytolitů je jejich zachování možné v širokém spektru typů prostředí, jejich rozpouštění započíná až při velmi alkalickém pH (10), přičemž některé fytolity z moderních rostlin se rozpouští rychleji než fosilní fytolity, což naznačuje, že jejich chemická stabilita se různí (Cabanés et al., 2011).

Z evolučního a fylogenetického hlediska se otázkou vzniku fytolitů u rostlin zabývalo několik studií (Prasad et. al., 2005; Katz, 2015; Strömberg et. al., 2016), k nejzajímavějším výzkumným otázkám patří nahlížení geneze fytolitů jako na adaptaci na herbivorii, pokles CO₂ v atmosféře v období Karbonu nebo aridifikaci Pangey. Přestože přítomnost fytolitů v rostlinách naplňuje některé znaky adaptací (akumulace křemíku je dědičná, řeší problém, zvyšuje fitness rostlin a vyskytuje se u široké škály tříd napříč suchozemskými rostlinami), práce Strömberg et. al. (2016) prokazuje, že konkrétně u trav (Poaceae) značná akumulace křemíku není adaptací na velké herbivory, nicméně, k jejímu vzniku mohl přispět selekční tlak herbivorie hmyzem nebo malými savci v období pozdní Křídý až Kenozoika (Strömberg et. al., 2016).

Rozsáhlý přehled čeledí, jejichž rostliny v určité míře fytolity produkují, přinesla ve své knize Piperno (2006). Mezi čeledi středoevropské flóry, u kterých je tvorba obvykle vysoká a produkované fytolity jsou pro onu čeleď specifické, s občasným výskytem morfotypů charakteristických i pro podčeledi a rody, patří: Equisetaceae, Hymenophyllaceae, Selaginellaceae, Cyperaceae, Orchidaceae, Poaceae, Aceraceae, Asteraceae, Boraginaceae, Ulmaceae, Urticaceae; z čeledí, u nichž produkce nemusí být vysoká, ale fytolity jsou často specifické pro čeledi či rody, jmenujme: Polypodiaceae, Cupressaceae, Pinaceae, Taxaceae, Euphorbiaceae a Fagaceae. Loranthaceae a Verbenaceae patří do skupiny čeledí, u nichž může být produkce běžná, ale taxonomická vypovídající hodnota fytolitů značně limitovaná; k čeledím, jejichž produkce se v rámci druhů velmi různí a vypovídající hodnota se taktéž jeví jako limitovaná, řadíme Fabaceae a Malvaceae. Všechny ostatní běžné čeledi se při současném stavu poznání řadí do skupiny, u které fytolity nebyly pozorovány nebo je jejich produkce často neobvyklá až vzácná a zpravidla bez taxonomické významnosti (Piperno, 2006).

K rozpoznávání fytolitů se používají charakteristiky popisující 1) tvar, 2) strukturu povrchu či 3) anatomický původ podle tzv. mezinárodního fytolitového kódu (Madella et al. 2005). V jedné rostlině se vyskytuje více fytolitových morfotypů (tzv. multiplicita) a stejný fytolitový morfotyp můžeme nalézt u více druhů (tzv. redundance) (Rovner 1976). Identifikace taxonů ve fosilním záznamu tedy není zcela přímočará a v záznamu je nejčastěji interpretováno tzv. fytolitové spektrum, složené ze směsi morfotypů, kterými jednotlivé rostliny přispěly (Piperno 2006).

Jedinečných vlastností fytolitů se nejčastěji využívá v paleoekologii, kde fytolitová analýza doplňuje ostatní paleoenviromentální metody (např. pylovou analýzu, viz Bush et al., 1992),

či přímo hraje při rekonstrukcích vývoje vegetace v čase hlavní roli. Například v severní Americe se ukázala být vhodným nástrojem pro rekonstrukce rostlinných společenstev pleistocénních stepí (viz Blinnikov, 2002), aplikaci v mokřadním prostředí ilustruje práce Bobrov (2007), která se zabývala holocénním vývojem aluviální vegetace kolem řeky Dněpr v Rusku. Ve střední Evropě se fytolitovou analýzou s paleoekologickým zaměřením dlouhodobě zabývá Á. Petó (viz například práce o vztazích mezi typy půd a fytolity v nich obsažených, Petó, 2013), téma zabývající se tvarovou variabilitou fytolitového spektra trav zpracovává pro svou dizertaci Kristýna Hošková z Přírodovědecké fakulty Univerzity Karlovy.

3.2. Fytolitová analýza v archeologii

Kromě aplikace v paleoekologii se fytolitová analýza v posledních desetiletích hojně uplatňuje i v archeologii (Ryan, P. 2014). Právě v archeologickém výzkumu došlo k největšímu posunu při identifikaci taxonů a to především použitím morfometrických metod (Ball et al. 1999; Lu et al. 2009). Nicméně obzvláště v evropském fytolitovém výzkumu stále narážíme na nedostatek referenčního materiálu, jež brání širokému uplatnění metody; v posledních letech ale zájem o aplikaci metody markantně vzrostl (Zurro & Hodson, 2018). Fytolity ale také nabízí zajímavou alternativu k běžné identifikaci taxonů. Vzhledem k tomu, že fytolity jsou v zásadě otiskem rostlinného pletiva, je možné rozlišit různé části rostliny, které mají odlišnou anatomickou stavbu. Odlišení fytolitů z listů a z plev u trav a obilovin, od dalších fytolitů, může na archeologickém nalezišti vypovídat o funkci jeho jednotlivých částí (např. Harvey & Fuller, 2005) nebo také indikovat lidské osídlení v souvrstvích v jeskyních (Cabanes, 2010).

Široké uplatnění našla fytolitová analýza ve výzkumu potravních zvyků hominidů a další možnosti využití jsou prakticky neomezené. Nepřímo fytolity vstupují do analýz strií na zubní sklovině, přičemž závislosti mezi množstvím rostlinné stravy konzumované různými druhy hominidů včetně člověka a délkou, orientací či intenzitou strií byla již mnohokrát ověřována (např. Jarošová, 2008; Fox et al. 1996) a experimentálně byly zkoumány i vztahy mezi variabilitou strií a abrazí specifickými typy fytolitů (Gügel et al., 2001; Buchet et al., 2001). Metoda extrakce fytolitů ze zubního cementu může být užitečná především při současné separaci a analýze rostlinných škrobových zrn (viz např. Henry & Piperno, 2008).

Další aplikací fytolitové analýzy je využití k identifikaci reziduí rostlinné stravy na keramickém materiálu. V evropském kontextu je průlomová práce Saul et al. (2013), která přináší přesvědčivé důkazy o používání česnáčku lékařského (*Alliaria petiolata*) jako koření v baltském regionu minimálně od 6. tisíciletí BC (Saul et al., 2013). Fytolity a škrobová zrna je dokonce možné úspěšně extrahovat z povrchů střepů nalezených například povrchovým sběrem na polích. K vyloučení či určení míry pravděpodobnosti kontaminace artefaktů z otevřených nálezových situací je vhodné použít systém několika subvzorků, odebraných z různých úrovní blízkosti artefaktu a soubor statistických metod, testující jejich podobnost (Hart, 2011).

Klíčové a nejčastěji pomocí fytolitové analýzy řešené jsou otázky ohledně domestikace rostlin. V současné době je k dispozici referenční materiál kulturních plodin i jejich divokých předků pro kukuřici (*Zea mays*), rýži (*Oryza sativa*), banán (*Musa spp.*), tykev (*Cucurbita spp.*), proso (*Panicum milliaceum*) a spolehlivě lze rozlišit i fytolity z pěstovaných druhů obilí rodů pšenice (*Triticum*) a ječmen (*Hordeum*) od planě rostoucích divokých trav (Ball et al., 2016). Dalším aspektem ve výzkumu minulých zemědělských praktik je zkoumání vztahu mezi dostupností vody a mírou silicifikace fytolitů z obilí v archeologických kontextech (Rosen & Weiner, 1994).

Výzkum paleoekonomických aktivit na sídlištích pomocí fytolitové analýzy se často soustředí na nakládání s odpady a pohyb a ustájení zvířat, přičemž exkrementy hospodářských zvířat obsahují kromě fytolitů z pasených rostlin i tzv. sferulity, což jsou agregáty krystalů uhličitanu vápenatého, které se tvoří ve střevech zvířat a jsou pomocí polarizační mikroskopie dobře rozeznatelné (Lancelotti & Madella, 2012). Inspirativní kombinaci fytolitové analýzy, analýzy sferulitů a zvířecích kostí přináší například práce Portillo et al. (2012). V neposlední řadě lze fytolitovou analýzu uplatnit i při zkoumání typů užívaného paliva - ačkoliv koncentrace fytolitů v kůře a dřevě stromů nedosahuje zdaleka takových hodnot, jako např. u trav, jsou často přítomny a jejich budoucí výzkum má i diagnostický potenciál (Albert et al., 1999); případě zatápění vyschlými zvířecími exkrementy se i po spálení materiálu zachovává v velké množství spojených fytolitů, tzv. skeletů, které mohou nést tafonomické znaky jak hoření, tak i natrávení v těle živočicha (Portillo et al. 2017; Madella, 2007). Další zajímavé atributy vnesl do aplikace fytolitové analýzy v archeologii výzkum neolitického sídliště v řeckém Makri, kde fytolity z kulturních vrstev byly porovnávány s recentními vzorky z etnograficky shodných kontextů a vzorky z širšího okolí sídliště (Tsartsidou et al. 2009). Na analýzu rozsahu užívání

prostoru kolem sídliště a zároveň i tafonomii fytolitů v souvislosti s kontextem jejich uložení byl zaměřen výzkum sídliště doby železné v Izraeli (Cabanés et al. 2012).

Výplně zásobnic, příkopů, odpadních jam a dalších zahloubených objektů bývají často podrobovány přírodovědným analýzám ve snaze získat co možná nejvíce informací o minulém hospodaření člověka. V tomto odvětví je fytolitová analýza nejčastěji kombinována spolu s analýzou půdní mikromorfologie, přičemž tyto dvě metody se příhodně doplňují – zatímco mikromorfologie poskytuje informace především o způsobu uložení fytolitů ve výplni, samotná analýza tvarů a kvantifikace fytolitů ze stratigraficky odpovídajících půdních vzorků nám přináší více informací o jejich kvalitě (Shillito, L. M. (2011); Shillito, L. M., & Ryan, P. (2013). V České republice je podobně řešená zatím ojedinělá studie Dejmal et al. (2014).

3.3. Analýzy štípané industrie

V analýzách funkčních vlastností štípané kamenné industrie dominuje *use-wear* analýza, která dokáže s určitými limity rozlišit mezi zpracováváním různých materiálů na základě optické či elektronové skenovací mikroskopie povrchů kamene. Různé materiály zanechávají na kamenném povrchu artefaktů různé typy residuí a často tvoří tzv. *polish*, jehož tvorba závisí na typu opracovávaného materiálu, ale i obsahu vody v něm - bylo zaznamenáno, že utvořený *polish* se jeví světlejší a vyvinutější, když je materiál (živočišného i rostlinného původu) čerstvý a obsahuje větší množství vody, na rozdíl od zpracovávání materiálu starého či vyschlého (Anderson, 1980).

V souvislosti s fytolity je nejčastěji diskutována existence tzv. křemičitého lesku (*sickle gloss*) na čepelích, u kterých se věří, že byly používány na sečení obilovin. Experimentální studie však neprokázaly, že by v tvorbě křemičitého lesku hrála významnější roli abraze fytolity či jejich chemické složení, naopak je zdůrazňováno, že vyvinutí specifického povrchu kamene závisí na množství různých faktorů, hlavně typu kamenné suroviny, kvalitě (tvrdost, vlhkost) a typu opracovávaného materiálu, způsobu opracovávání (pracovní úhel, kinematika), intenzitě používání nástroje a molekulárním složení tekutin, které vstupují do procesu jako interfaciální médium (Ollé & Vergès, 2008).

Na testování limitů a spolehlivost *use-wear* analýzy a mikroskopické analýzy residuí na základě slepých pokusů, při kterých má analyzátor určit funkci artefaktu použitého vedoucími pokusu na zpracování určitého materiálu, se zaměřuje experimentální výzkum Rots et al.

(2016). Stejná práce také uplatňuje barvení (*staining*) reziduí pomocí barviv, která se specificky vážou na molekuly celulózy nebo kolagenu (Rots et al., 2016). Možnosti kombinace *use-wear* analýzy a mikroskopické analýzy dobře ilustruje práce Rots et al. (2015) na paleolitických štípaných kamenných nástrojích ze Saské lokality Schöningen, kde se podařilo identifikovat rezidua kolagenu, kostí, fragmentů chlupů a červeného barviva, dále pak rostlinných vláken a tkání, dřeva, pryskyřice a podařilo se izolovat i jedno škrobové zrnko (Rots et al., 2015). Zajímavé výsledky přinesla i práce Högberg et al. (2009) zaměřená na nástroje z raně neolitické Skandinávie, která integruje *use-wear* analýzu s analýzou proteinů specifických pro určité druhy živočichů, založené na reakci antigen-protilátka (Högberg et al., 2009).

Kromě typů zpracovávaného materiálu lze na kamenné industrii sledovat i stopy po organických pojivech a zbytcích držadel. Pomocí *use-wear* analýzy v kombinaci se SEM mikroskopií a metodou EDX (energy dispersive X-ray microprobe analysis) byla na paleolitických artefaktech identifikována rezidua dehtu vyráběného z březové kůry (Pawlik & Thissen, 2011; Dinnis et al., 2009). Zbytky rostlinných vláken, pryskyřice a jeden fytolit se podařilo zachytit v pojivovém materiálu kostěných harpun z přelomu pleistocénu a holocénu na Borneu (Barton et al., 2009).

Problémem kontaminace artefaktů škrobovými zrny z okolní půdy v archeologických kontextech se zabývali Barton et al. (1998), kteří porovnávali frekvence škrobových zrn získaných z artefaktů a z okolní půdy a následně konfrontovali tyto výsledky s interpretacemi *use-wear* analýzy (Barton et al., 1998). Jedinou studií, která se detailněji zabývala integrací fytolitové analýzy s *use-wear* analýzou je práce Kealhofer et al. (1999), která taktéž kladla důraz na odebrání kontrolních vzorků ze stejného archeologického kontextu a půdy volně přichycené k artefaktu a výsledky byly zpracovány mimo jiné podobou korespondenční analýzy (Kealhofer et al., 1999).

V evropském výzkumu užívání štípané kamenné industrie holocenními populacemi se většinou spoléhá na možnosti traseologie a *use-wear* analýzy, která je ovšem hlouběji zasazená do celkového kontextu daných období. Neolitické srpové čepelky jsou intenzivně zkoumány ve vztahu k archeobotanickým souborům a pomáhají rekonstruovat procesy neolitizace ve středomoří skrze rozdíly v raně zemědělských technologiích, které mohou být identifikovány například na základě míry abraze kamenného povrchu půdními částicemi, což naznačuje výšku, ve které bylo obilí sklízeno (Mazzucchi et al., 2016).

3.4. Neolit

Neolitem (mladší doba kamenná) rozumíme období charakteristické komplexním stylem života, jež se vyvinul na různých kontinentech nezávisle na sobě a jehož potravní strategie je založena na zemědělství. S obdobím neolitu je v archeologické literatuře pevně spjat tzv. neolitický balíček (*neolithic package*) zahrnující kromě chovu domestikovaných zvířat a pěstování kulturních plodin soubor inovací jako je výroba kamenných broušených nástrojů, tkaní, výroba keramiky, budování stálých sídel a stavba domů (Pavlů & Zápotocká, 2007). Byť většina z těchto technologií byla známa již v období paleolitu, je s mladší dobou kamennou spojeno jejich masové využívání k praktickým účelům (Popelka, 2007).

V Levantě ve východním Středomoří došlo k přechodu od sběračství k pěstování kulturních plodin a chovu zvířat v krátkém časovém období mezi předneolitickým natufienem a předkeramickým neolitem, jehož starší stupeň představuje před rokem 8000 př. Kr. kulturní období s prvními neolitickými znaky jako výsledek souhry klimatických změn, dostupnosti zdrojů potravin, populačního tlaku i násobícího efektu technologických inovací (Bar-Yosef, 1991 in Pavlů & Zápotocká, 2007, str. 9). Do Evropy se neolit rozšířil v 7. tisíciletí př. Kr. z Předního východu přes Anatolii a Balkán (Price, 2000; Beneš, 2018) a různými cestami se zemědělství postupně etablovalo na většině kontinentu. V širší oblasti střední Evropy neolit představuje období necelých dvou tisíc let v 6. a 5. tisíciletí před Kristem (Pavlů & Zápotocká, 2007, str. 10). Ve střední Evropě je pro nejstarší období neolitu charakteristická přítomnost kultury s lineární keramikou (LnK, *Linienbandkeramik* – LBK). Ta vyplňuje v Čechách časový interval cca 5500 – 5000 BC cal., zatímco následující vývojový úsek je reprezentován kulturou s keramikou vypíchanou (StK, *Stichtbandkeramik* – SBK) a na Moravě je toto období spojeno s lengyelským kulturním komplexem (cca 4800 – 3800 BC cal.). Pro nejstarší zemědělce ve střední Evropě je typické osídlení teplejších oblastí s úrodnými půdami převážně na sprašových návějích (Beneš 2003; Pavlů & Zápotocká, 2007).

Mechanismus procesu neolitizace, tedy šíření neolitického balíčku, je dlouhodobě diskutované téma napříč mnoha obory a dle současných poznatků proběhl kombinací migrace a akulturace, což dokládá i možná koexistence lovecko-sběračských a zemědělských populací v některých oblastech (Zvelebil & Rowley-Conwy, 1986; Šída, 2011; Divišová, 2012). Vzhledem k doloženému mezolitickému i neolitickému osídlení jsou jednou z těchto oblastí i jižní Čechy, zvláště oblast severní části Třeboňské pánve (Pokorný et al., 2010), odkud máme doklady mezolitického osídlení v okolí postglaciálních jezer i neolitického osídlení

zaujímající pouze několik kilometrů vzdálené sprašové ostrůvky. K uspokojivému řešení této otázky je však potřebný další výzkum a absolutní datování obou komponent (Vondrovský et al., 2018).

V jižních Čechách bylo neolitické osídlení dlouho reprezentováno pouze ojedinělými nálezy kamenných nástrojů, později doplněnými o doklady sídleních areálů v Žimuticích, Dehtářích, Radčicích a nejnověji například také v Mažicích a Horusicích. Přestože intenzita neolitického osídlení na jihu Čech nedosahuje rozsahu úrodnějších oblastí Čech, bylo podle nejnovějších poznatků pomocí říční sítě vymezeno pět pravděpodobných sídelních mikroregionů: horní tok Blanice, levobřežní přítoky Lužnice, soutok Otavy a Vltavy, Dehtářský potok a zcela mimo tyto oblasti leží lokalita Český Krumlov (Vondrovský et al., 2018). V jihočeském regionu prozatím zcela chybí doklady osídlení starého stupně LnK, zemědělství sem dle současného stavu poznání dospělo přibližně po 200 až 300 letech své existence ve střední Evropě (Vondrovský et al., 2018). Z nálezů kamenné industrie lze vyvodit, že prvotní osídlení se rozšířilo od severu z oblasti středních Čech, ale v pozdějších obdobích jsou patrné vazby na oblast bavorského Podunají, odkud byly do jižních Čech importovány rohovce ortenburské jury, a v podobě výzdobných prvků na keramice byly zaznamenány i vlivy Želizeovské skupiny, které se do jižních Čech mohly dostat průchodem přes povodí Dyje a Lužnice. (Vondrovský et al., 2018).

3.5. První zemědělci a jejich subsistenční strategie v kontextu přírodního prostředí

Neolit v Evropě zaujímá ve Firbasově členění holocénu období Atlantiku (cca 6000 – 4000 B.C.), které se oproti předchozímu Boreálu vyznačuje výrazným oteplováním a zvlhčováním klimatu a představuje tzv. holocénní klimatické optimum. Teploty a srážky v severní a střední Evropě byly zřejmě mírně vyšší než dnešní (cca. o 1-5°C). Dochází k ústupu staroholocénních borovo březových lesů s porosty lísky a uplatňuje se nová garnitura teplomilných dřevin, tzv. *Quercetum mixtum* s dominantním dubem (*Quercus*) a příměsí jilmu (*Ulmus*), lípy (*Tilia*), javoru (*Acer*), jasanu (*Fraxinus*) a později habru (*Carpinus*), zatímco v polohách nad 500. m. n. se postupně etabloval buk lesní (*Fagus sylvatica*), který byl koncem atlantiku ve vyšších polohách doplňován jedlí (*Abies alba*) (Dreslerová et al., 2007).

Otázka otevřenosti krajiny, vztahu lesa a bezlesí, ve střední Evropě představuje komplexní problém, který je stále v centru badatelského zájmu (Vera 2000; Sádlo et al., 2005; Dreslerová et al., 2007; Kreuz, 2008; Pokorný et al., 2015). V prostoru nížin, kam vstupovali první

zemědělci, si lze představit přirozenou vegetaci jako mozaiku travinných ploch, keřů, stromů a hájů, ve které mají velcí herbivoři důležitou roli v procesu regenerace stromů a také mají přímý vliv na sukcesi jejich určitých druhů (Vera, 2000) a klíčovou roli hraje pastva i v otázce možného přetrvání staroholocénního (primárního) bezlesí po čas období atlantiku ve střední Evropě (Sádlo et al., 2005). Velcí herbivoři, pratuři (*Bos primigenus*), tarpani (*Equus ferus ferus*) a v sušších oblastech i divocí osli (*Equus hydruntinus*) během této epochy buď vymřeli následky lovu (osli) nebo se jejich stavy snižovaly vlivem kompetice s domestikanty (Bartosiewicz, 2005). Kreuz (2008) uvádí, že již přítomnost kostí lovené zvěře spásající trávu na neolitických sídlištích je důkazem o existenci travnatých ploch v okolí a jejich množství může sloužit k modelování rozlohy bezlesí kolem sídlišť (Kreuz, 2008).

Pro stepní vegetaci, ať už primární nebo druhotně zavlečenou s neolitem, jsou dle Pracha et al. (2009) typické druhy rodů kavyl (*Stipa*), kostřava (*Festuca*), smělek (*Koeleria*), šalvěj (*Salvia*), šanta (*Nepeta*), křivatec (*Gagea*), kosatec (*Iris*), tulipán (*Tulipa*), s ubývajícími srážkami přibývají zástupci merlíkovitých (Chenopodiaceae) a pelyňky (*Artemisia*). Pelyňky v mnoha druzích jsou velmi charakteristické pro sušší, krátkostébelné euroasijské stepi (včetně těch na mělkých půdách na svazích), zatímco pro sprašové stepi na hlubokých půdách jsou charakteristické kavyly (Prach et al., 2009).

Ve střední Evropě se největší hustota neolitického osídlení koncentruje právě v oblasti sprašového pásma (*loess belt*) (Ložek, 1973). Jako adaptaci na nový typ přírodního prostředí v kulturě s lineární keramikou můžeme chápat přechod z chovu ovcí a koz směrem k intenzivnějšímu využívání hovězího dobytka, novinkou je i hloubení studen a stavění dlouhých domů ze dřeva a mazanice oproti konstrukcím ze sušených hliněných cihel (Pavúk, 1990).

Spraš, pocházející z vyhloubených objektů kolem domů, byla na neolitických sídlištích důležitým stavebním materiálem. Smíchaná se zbytky po zpracování obilí či jinou organickou surovinou sloužila pro výrobu mazanice (Pavlů & Zápotocká, 2007), stejný materiál se používal i pro výrobu jemné keramiky (Szakmány & Starnini, 2007). Tentýž rostlinný odpad byl pravděpodobně používán i jako krmivo pro domestikovaná zvířata a smíchaný s trusem se v neolitu používal (a v aridních oblastech stále používá) jako palivo (Portillo et al., 2017).

3.6. Zemědělství a archeobotanika neolitu

Podobám neolitického krajinného managementu ve střední Evropě, konkrétně oblasti Porýní (Bodensee) se věnoval Rösch (2014). S využitím off-site palynologických dat došel k závěru, že v neolitu bylo hospodaření charakterizováno kopaničářským zemědělstvím (hoe-farming) pouze na velmi úrodných půdách a s omezeným množstvím plodin, (Rösch, 2014).

Rozsáhlou archeobotanickou studií neolitických způsobů hospodaření ve střední Evropě zpracovala A. Bogaard (2004). Výsledky analýzy přesvědčivě indikují, že způsob hospodaření s rostlinami v období kultury s lineární keramikou byl povětšinou založen na intenzivní zahradní kultivaci (horticulture) trvalých a chráněných polí, která byla osévána již na podzim (Bogaard, 2004, str. 160). Polnosti se soustředily spíše v blízkém okolí domů a byly obdělávány dlouhodobě, což umožnilo tvorbu a udržení kvalitního substrátu i na méně úrodných půdách. V souladu s tímto poznáním mohly být hypotézy o žárovém (slash-and-burn) či střídavém (shifting) typu zemědělství v období LBK zamítnuty (Bogaard, 2004). Teorie o šíření neolitického způsobu zemědělství na sprašových půdách se zdá spíše nepravděpodobná, jelikož vyhledávání nových úrodných ploch nebylo vzhledem k dlouhodobým investicím do již obdělávaných polí potřeba Bogaard, 2004, str. 161).

Lidé kultury s lineární keramikou pěstovali na polích pšenici dvouzrnku (*Triticum dicoccon*), jednozrnku (*Triticum monococcum*) a částečně i její dvou-zrnnou variantu, na jedné raně neolitické lokalitě byly nalezeny i báze pluch dosud nezařazeného druhu pšenice, zvaného „new glume wheat type“; z luštěnin se pěstoval hrách setý (*Pisum sativum*) a čočka kuchyňská (*Lens culinaris*), z olejnin len setý (*Linum usitatissimum*) a mák setý (*Papaver somniferum*), který se však v souborech vyskytuje až od pozdější fáze LBK a mimo jiné jeho absence na všech balkánských neolitických sídlištích nasvědčuje tomu, že byl domestikován v západním mediteránu (Kreuz et al. 2005) Studie Kreuz et al. (2005), primárně zaměřená na porovnání souborů makrozbytků LBK a bulharského neolitu, přinesla zjištění, že v Bulharsku se navíc pěstoval i ječmen (*Hordeum sp.*), pšenice setá (*Triticum aestivum s.l./durum/turgidum*) a tři dodatečně luštěniny - cizrna beraní (*Cicer arietinum*), hrachor setý (*Lathyrus sativus*) a vikev čočková (*Vicia ervilia*) (Kreutz et al., 2005).

Základní přehled kulturních rostlin pěstovaných v pravěku na území České republiky předkládá práce Dreslerové a Kočára (2010). Nejstarší nálezy na našem území spadají do období LnK a jedinými spolehlivě pěstovanými druhy obilnin jsou *Triticum dicoccon* a *T.*

monococcum, která se nachází vždy v souboru s dvouzrnkou (Kočár & Dreslerová, 2010). Pšenice setá (*Triticum aestivum*), ječmen obecný (*Hordeum vulgare*) a proso seté (*Panicum milliaceum*) jsou v neolitických souborech přítomné, ale kvůli absenci radiokarbonových datací nelze vyloučit jejich původ v mladších vrstvách vzorkovaných archeologických lokalit. *Pisum sativum* byl v ČR zjištěn již na 15 lokalitách, z toho na 5 s větším množstvím semen, *Lens culinaris* byla prokázána zatím na 3 lokalitách a pouze na jediné byla zastoupena výrazněji (Kočár & Dreslerová, 2010). O pěstování olejnin máme prozatím sporé důkazy, *Linum usitatissimum* je přítomen na 3 lokalitách, z toho na 2 v západních a SZ Čechách. Hromadný nálezy semen lnu pochází z hlínku z neolitického sídliště v Libkovicích (Čulíková NZ č. j. 1667/93, výzkum M. Dobeš in Kočár & Dreslerová, 2010). Nálezy *Papaver somniferum*, známé ze západního území kultury s lineární keramikou, v Čechách prozatím chybí (Pavlů & Zápotocká, 2007).

Jediná publikovaná archeobotanická data náležící k jihočeskému neolitu poskytl archeologický výzkum sídliště s lineární keramikou v Žimuticích, uskutečněný v roce 1971. Ve třech vzorcích zde byly determinovány zuhelnatělé obilky a báze klásků *Triticum dicoccon* a *Triticum monococcum*, přičemž semena *T.dicoccon* ve skladbě dvou vzorků výrazně převažovala (87,4% a 83,7%), (Tempír, 1973). Kromě několika dalších blíže neurčených zuhelnatělých semen se v Žimuticích zachovala jedna černá, lesklá neúplná nažka merlíku mnohosemenného *Chenopodium (polyspermum?) / L.* a jedno značně povrchově poškozené (tudiž nejisté) zuhel. semeno *Papaver sp.* (Tempír, 1973).

Využívání konkrétních druhů dřeva prvními zemědělci je zkoumáno pomocí xylotomické a antrakologické analýzy. Soubory uhlíků z různých lokalit se pochopitelně liší, ale obecně se dá říci, že v českém pravěku v užitnosti jako paliva a konstrukčního materiálu naprosto dominoval dub (*Quercus sp.*)(Beneš, 2008). Pěknou představu o šíři spektra dřevin, vstupujících do antrakologických souborů, si můžeme udělat ze složení analyzovaných uhlíků z neolitického sídliště Bylany u Kutné hory: téměř 80% souboru tvoří *Quercus*, následují *Ulmus* a javor (*Acer*)(oba 2,5% souboru), v minoritních počtech jsou dále zastoupeni vrba (*Salix*), jeřáb (*Sorbus*), lípa (*Tilia*), jedle (*Abies*), olše (*Alnus*), bříza (*Betula*), habr (*Carpinus*), dřín/svída (*Cornus*), líska (*Corylus*), brslen (*Euonymus*), buk (*Fagus*), jasan (*Fraxinus*), jalovec (*Juniperus*), jablonoň (*Malus*), borovice (*Pinus*), topol (*Populus*), slivoň (*Prunus*) a hrušeň (*Pyrus*)(Beneš, 2008).

Kromě záměrně pěstovaných rostlin se v archeobotanických souborech z neolitu uchovává i široké spektrum planých rostlin, tzv. synantropní vegetace, přičemž druhy, jejichž šíření v pravěku a středověku bylo prokazatelně spjato s člověkem, označujeme jako archeofyty (viz Pokorná et al., 2018).

3.7.Radčice

Neolitické sídliště na katastru obce Radčice bylo objeveno v roce 1995 v souvislosti se stavbou obchvatu města Vodňany. Nachází se v trati U Silnice při úpatí Radčického vrchu (466 m n. m.) na mírném a převážně východně orientovaném svahu. Terén se směrem na východ dále svažuje až k nivě řeky Blanice, která v současnosti protéká přibližně 700 m východně od naleziště. Průměrná nadmořská výška činí 410 m n. m. při převýšení kolem 30 m nad současnou úroveň nivy Blanice (Vondrovský et al., 2018).

O přírodním prostředí Českobudějovické pánve v období Atlantiku nemáme příliš mnoho informací. Pylové profily pokrývající většinu období holocénu (včetně absolutních ¹⁴C dat) byly vypracovány v 70. a 80. letech pro dvě lokality vzdálené cca 10 km od Radčic, jimiž jsou Zbudovská Blata (Rybníčková et. al., 1975; Rybníčková, 1982) a rybník Řežabinec (Rybníčková & Rybníček, 1985). Oba profily vykazují velmi podobnou stratigrafii, pro období středního holocénu se však v obou souborech vyskytuje výrazná anomálie, tzv. hiát nebo zpomalení sedimentace, což znemožňuje rekonstrukci vegetačního pokryvu přítomného ve zkoumaném období středního holocénu, potažmo neolitu. Zmíněná anomálie mohla být v případě Řežabince i Zbudovských blat způsobena přemístěním středoholocénních sedimentů vodním proudem, pokud byly vůbec přítomny, nebo intenzivní fyzickou a biologickou humifikací sedimentu pod později vyvinutou olšinou. Není bez zajímavosti, že první *Cerealia* a další antropogenní indikátory se v záznamu z Řežabince objevují až kolem roku 800 A.D., na rozdíl od Zbudovských blat, kde kontinuální křivka *Cerealia* začíná již kolem roku 100 A.D. (Rybníčková & Rybníček, 1985). V případě šíření teplomilných dřevin do jižních Čech si naštěstí můžeme vypomoci výsledky palynologické analýzy z nedalekého rybníka Švarcenberk, který se nachází na severu Třeboňské pánve a v jehož jezerním sedimentu se přítomnost pylových zrn dubu, lípy, jilmu a jasanu ustálila kolem roku 5012 cal. BC (Pokorný et. al, 2008). Holocénní rekolonizaci okolí Českobudějovické pánve bukem lesním můžeme

nejlépe pozorovat v pylových profilech ze Šumavy, které datují počátek jeho expanze do období kolem 7000 cal. BP a k největšímu nárůstu jeho pylových křivek došlo v období mezi 6800 a 6000 cal. BP, přičemž ve středních polohách je tento nárůst patrný asi o 500 let dříve, než v polohách vyšších (Carter et al., 2017).

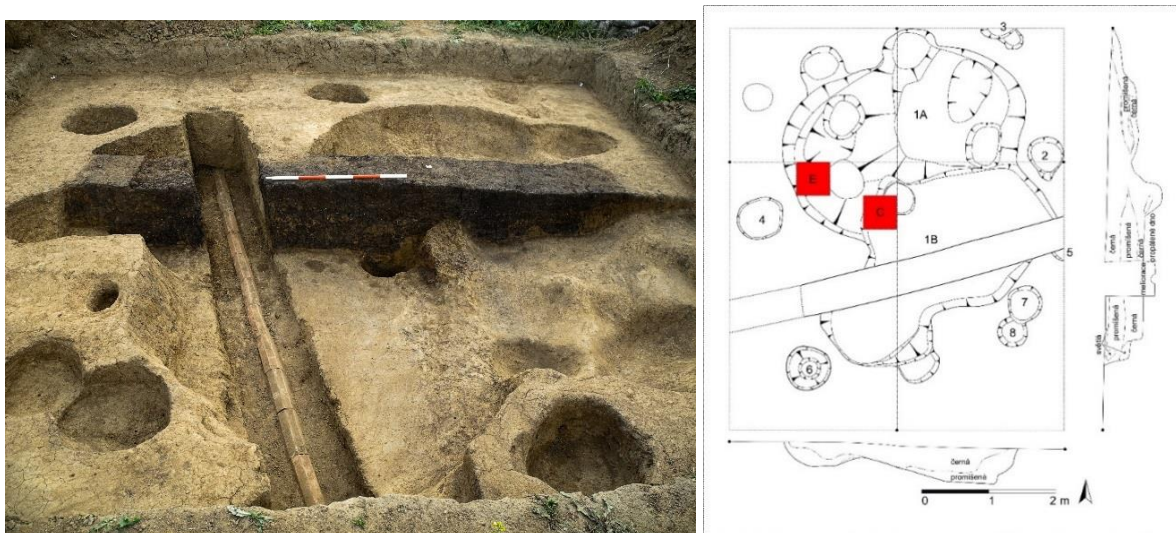
Potenciální přirozená vegetace na lokalitě Radčice by dle Neuhäuslové (2001) náležela ke svazu *Genisto germanicae-Quercion*, konkrétně ke společenstvu *Luzulo albidae-Quercetum petraeae*, *Abieti-Quercetum* (biková a/nebo jedlová doubrava). Toto společenstvo je charakteristické dominancí *Quercus petraea* a slabší příměsí až absencí méně či více náročných listnáčů druhů *Betula pendula*, *Carpinus betulus*, *Fagus sylvatica*, *Sorbus aucuparia*, *Tilia cordata*, na sušších stanovištích i s přirozenou příměsí *Pinus sylvestris*, zatímco na relativně vlhčích místech, zejména v jižní polovině Čech, se objevuje i *Quercus robur*. V keřovém patře se kromě zmlazených dřevin patra stromového často vyskytuje *Frangula alnus* a *Juniperus communis*, bylinné patro určují (sub)acidofilní a mesofilní lesní druhy jako *Poa nemoralis*, *Luzula luzuloides*, *Vaccinium myrtillus*, *Convallaria majalis*, *Festuca ovina*, *Deschampsia flexuosa*, *Calamagrostis arundinacea*, *Melampyrum pratense* aj., v obvykle druhově bohatém mechovém patře se můžeme setkat s druhy *Polytrichum formosum*, *Pleurozium schreberi*, *Dicranum scoparium*, *Leucobryum glaucum*, *Pohlia nutans* aj. ((Neuhäuslová, 2001). Dle Neuhäuslové (2001), biková a jedlová doubrava představují edafický klimax na živinami chudých substrátech (ruly, žuly, svory, kyselá břidlice aj.) a půdy pod nimi odpovídají zpravidla mezooligotrofním až oligotrofním kambizemím typickým nebo luvizemím (parahnědozemím), pod jedlovými doubravami místy pseudooglejeným, a jejich reakce je kyselá až velmi silně kyselá (Neuhäuslová, 2001).

4. Praktická část:

4.1. Materiály a metody:

Zkoumaný objekt byl vyplněn mocnou charakteristickou tmavou hlinitojílovitou výplní, která neumožňuje další stratigrafické členění pouhým okem. Při dně objektu byl pak pozorovatelný složitější sled různě promíšených světlejších vrstev, jež lze s opatrností interpretovat jako následek destrukce stěn objektu (Vondrovský et al., 2018). Za účelem studia archeologizace byla výplň detailně navzorkována v celém svém objemu. Pro fytoolitovou analýzu byly pak

vybrány vzorky z několika úrovní ze sektorů E3 a C, které vykazovaly dostatečnou hloubku a nacházejí se v různých částech zkoumaného soujámí (Obr.1,2).



Obr. 1.: Radčice, objekt 2/15. Profil S-J od V, celkový pohled. Foto: M. Pták.

Obr. 2.: Radčice, objekt 2/15 s vyznačením míst odběru vzorků. Kresba M. Pták.

4.1.1. Příprava půdních vzorků

Příprava vzorků následovala protokoly z prací Miller & Rosen (1999) a Albert & Weiner (2001), postupy byly částečně přizpůsobeny na dostupné laboratorní podmínky.

Vzorky půdy byly rozdraceny v třecí misce, vysušeny v laboratorní sušičce, prosátý na sítu o velikosti ok 0,25mm, zváženy na laboratorních vahách a přemístěny do polypropylenových zkumavek o objemu 50 ml. Ke každému vzorku bylo přidáno 5 ml 6M HCl pro přibližné stanovení množství uhličitanu vápenatého (CaCO_3), šumění bylo zaznamenáno na škále 0–5. Posléze byly vzorky promyty destilovanou vodou (H_2O). Jíl byl odstraněn opakovaným přidáváním roztoku hexametafosfátu sodného (NaPO_3)₆ o koncentraci 50g/l 1 roztoku, centrifugací na 2500 rpm po dobu 3 minut a sléváním supernatantu až do úplné absence matného zakalení. Mezi všemi kroky (před centrifugací) byly vzorky průběžně promíchávány pomocí laboratorní míchačky (vortexu). Složka organického původu byla nejprve rozpouštěna pomocí 15 ml 30% peroxidu vodíku (H_2O_2) a po opakovaném promytí destilovanou vodou bylo ke vzorkům přidáno 15 ml 65% kyseliny dusičné (HNO_3). Vzniklá frakce se dle použité

metodiky nazývá AIF (acid insoluble fraction). Poté byly vzorky opět vysušeny a zváženy na laboratorních vahách. Oddělení fytolitů od ostatních minerálních částic bylo provedeno za pomoci těžké kapaliny SPT (sodium polytungstate) nakalibrované na (2,35g/ml). Po důkladném promíchání všech složek byly vzorky odstředovány na 800 rpm po dobu 5 minut. Supernatant, nyní s obsahem fytolitů, byl přemístěn do čistých zkumavek a 3x promyt destilovanou H₂O. Díky naředění koncentrace SPT fytolity opět klesly ke dnu zkumavky a po promytí byly ve vodě přeneseny do skleněných kádinek o objemu 50 ml, které byly předtím zváženy. Finální sušení vzorků proběhlo v těchto kádinkách procesem odpařování na varné desce při 70°C. Celková váha čistých fytolitů ve vzorcích byla získána opětovným zvážením.

Vysušené fytolity byly pomocí očištěné kovové špachtle přeneseny do skladovacích zkumavek, část každého vzorku byla navážena na sklíčko na analytických vahách. K fytolitům na sklíčku bylo přidáno několik kapek pryskyřice pro vytváření trvalých preparátů Euparal, pomocí špičky mikropipety byly fytolity v pryskyřici rovnoměrně rozmístěny po celém sklíčku, následně přikryty sklíčkem krycím. Hotové preparáty byly po několik dní ponechány v digestoři k schnutí.

4.1.2. Příprava vzorků ze štípané industrie

Pro analýzu residuí byly vybrány tři čepele z bavorského rohovce typu Obermühle (148, 353, 400) a jedna čepel (313) z bavorského rohovce typu Münster-Buchberg (Vondrovský et al., 2018)(Obr. 3).



Obr. 3.: Štípaná industrie, jejíž rezidua byla použita na analýzu.

Odběr vzorků v principu následoval návod Piperno (2006, str. 98) na získávání fytolitů a škrobových zrn z artefaktů. Nejprve byla malá část čepele každého artefaktu pod binolupou mechanicky očištěna, odloupnutá povrchová rezidua a hlína přimknutá k artefaktu byla sbírána jakožto kontrolní vzorky. Rezidua z bezprostředního kontaktu s čepelí nástrojů pak byla získávána pomocí mikropipety s cca 100-200 μ l lihu (C_2H_5OH), opakovaným namáčením a „vysáváním“ reziduí přímo z povrchu kamene tak, aby byla namočena (tudíž biochemicky znehodnocena) pouze minimální plocha nástroje a rezidua na většině povrchů artefaktů zůstala zachována pro případné budoucí analýzy. Ze všech vzorků byl posléze odstraněn jíl a karbonáty metodami popsány výše, separace anorganické minerální části od fytolitů, škrobových, pylových zrn a dalších potenciálně zůstanuvších složek stejné hmotnostní frakce (lehčích než křemen) byla opět provedena pomocí SPT. Kontrolní vzorky byly po propláchnutí ponechány ve skladovacích zkumavkách, vzorky získané pomocí mikropipety byly převedeny do lihu a v něm poté pomocí mikropipety přeneseny na sklíčko, po odpaření kapaliny zality Euparalem, překryty krycím sklíčkem a ponechány k schnutí.

4.1.3. Tvorba fytolitové sbírky

Pro tvorbu referenční sbírky bylo vybráno několik druhů jednoděložných i dvouděložných rostlin, jejichž výskyt v neolitu ve střední Evropě předpokládáme, s důrazem na druhy, které dosud nebyly zpracovány v jiné dostupné referenční sbírce:

Fagus sylvatica

Urtica dioica

Linum usitatissimum

Stipa capillata

Pro extrakci fytolitů z rostlin vybraných pro referenční sbírku byla zvolena dostupná metoda tzv. mokré oxidace (Piperno, 2006). Suché části rostlin byly ve vroucí vodní lázni vařeny v 65% kys. dusičné, pro urychlení reakce dekompozice organické složky byla v průběhu vaření po malých množstvích přidávána zrna chlorečnanu draselného (KClO₃). Extrakce je hotová, jakmile všechn materiál ve zkumavce klesne ke dnu nebo když se již po přidání zrn neobjevuje žádná reakce (Piperno, 2006). Po skončení přípravy byly fytolity za pomoci centrifugv několikrát promyty v destilované vodě, aby se před mikroskopováním účinně odstranily veškeré zbytky kyseliny dusičné.

4.1.4. Metody kvantifikace

Všechny vzorky byly mikroskopovány polarizačním mikroskopem Nikon Eclipse 80i. Polarizace umožňuje téměř dokonalé rozlišení fytolitů z amorfního oxidu křemičitého od ostatních minerálních částic stejné velikostní frakce. V archeologických vzorcích je pro reprezentativní výsledky vhodné napočítat minimálně 250-300 fytolitů (Zurro, 2017). Zaznamenáván byl i počet větších fytolitových úlomků či fytolitů, jejichž tvar nemohl být spolehlivě popsán, například kvůli nedostačujícímu zvětšení. U vzorků ze sedimentu bylo na sklíčku napočítáno minimálně 250 fytolitů (kromě vz..8), zaznamenáván byl počet analyzovaných polí, který taktéž hraje roli při výpočtu koncentrací fytolitů na 1g AIF (*acid insoluble fraction*)(Albert & Weiner, 2001). Pro správný výpočet koncentrace je třeba, aby fytolity byly na sklíčku rozmístěny zcela rovnoměrně, což se ne vždy technicky zcela zdařilo - počítaná pole tedy byla vybírána z ohledem na to, aby reprezentovala průměrné rozmístění

fytolitů, případně byla počítána pole z více oblastí sklíčka. Fytolity byly pojmenovávány převážně podle mezinárodního klíče pro fytolitovou nomenklaturu (Madella et al., 2005), případně podle zavedených názvů, používaných v mezinárodní literatuře (Twiss 1969; Fredlund & Tiezen, 1994; Carnelli et al., 2004). Některé popisné charakteristiky byly přidány ve snaze o co nejpřesnější definici pozorovaných tvarů.

4.2. Výsledky

Fotografie fytolitových souborů a různých morfotypů typu bilobate s diagnostickým potenciálem jsou přiloženy na obrázku 4 v příloze.

4.2.1. Výpočet koncentrací fytolitů ve vzorcích ze sedimentu








































Koncentrace n-počtu fytolitů na 1g AIF ze všech mikroskopovaných vzorků, vypočtené dle metodiky popsané výše, jsou spolu se zaznamenaným obsahem karbonátů shrnuty v tab. II. Nejvyšší koncentrace byla zjištěna ve vzorku č. 1 (E3 0-5), nejnižší v nejspodnějším vzorku č. 8 z druhého profilu (C 60-65), ve kterém však byla zaznamenáno nejvýraznější šumění po přidání HCl, což značí vysoký obsah karbonátů. Ten vysvětlujeme optickou shodu dotyčného vzorku s místním geologickým podložím (spraší).

Tab. II: Koncentrace fytolitů analyzovaných vzorků z výplně (počet fytolitů/ 1 g AIF).

	Vzorek	Fytolitů na 1g AIF	Obsah karbonátů (0-5)
1	E3 0-5	1 002 150	1
3	E3 30-35	171 020	0
4	C 0-5	418 360	1
5	C 15-20	363 303	1
6	C 30-35	188 497	1
8	C 60-65	99 256	3

4.2.2. Kvalitativní popis zastoupených morfotypů

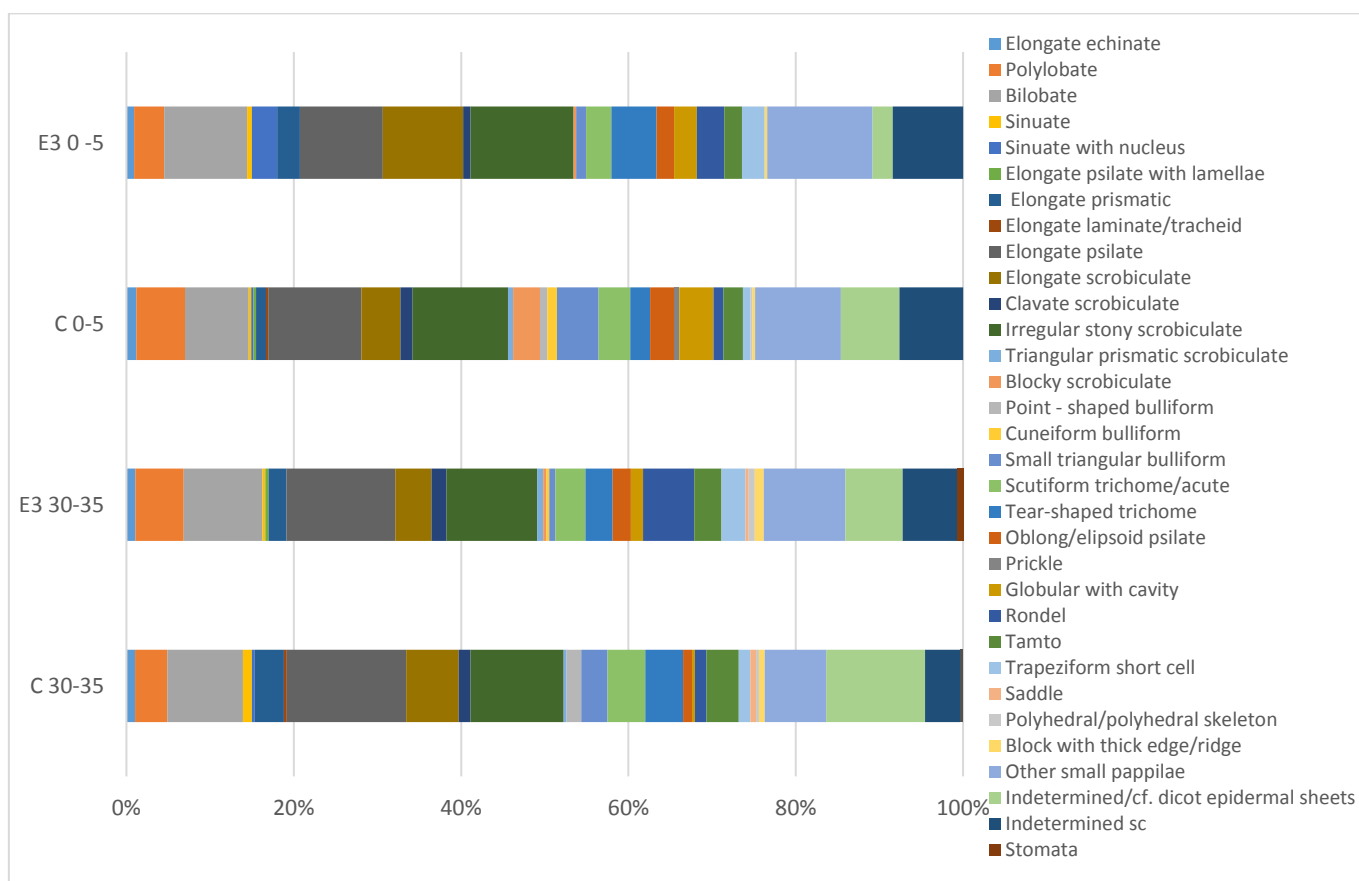
Níže (Obr. 5) jsou zaznamenány kresby a popis morfotypů fytolitů obsažených ve výplni. Zobrazené fytolity nejsou stoprocentně shodné s výše uvedenými daty, neboť kresby byly zhotoveny prohlížením více vzorků za účelem tvorby zaznamenávacího archu a některé morfotypy se při ostrém počítání vzorku již neobjevily, nebo se naopak vyskytly až později v průběhu analýzy.

	Elongate echinate		Elongate/rectangular scrobiculate
	Elongate castellate/sinuate		Elongate clavate scrobiculate
	Polylobates and irregular lobates		Globular/bulliform scrobiculate
	Elongate sinuate		Triangular prismatic scrobiculate
	Irregular polylobate		Point-shaped bulliform
	Irregular echinate		Triangular bulliform
	Trilobate		Scutiform/shield-shaped trichome
	Bilobate1		Half-oblong spherical psilate with one incision
	Bilobate2		Vessel-shaped type
	Trapeziform bilobate		Prickle
	Trapeziform sinuate		Very small papillae
	Elongate psilate with lamellae		Short cells of conical shapes
	Elongate angled spherical psilate		Rectangular short cell
	Keel shaped long cell		Globular psilate with small cavity
	Burned elongate psilate		Rondel
	Elongate lamellate/tracheid		Trapezoidal short cells
	Elongate psilate		Pyramidal/trapezoidal short cells
			Dicotyledonous epidermal sheets
			Different types of rondels
			Oblong/ellipsoid psilate
			Large brown epidermal sheets
			Transparent epidermal sheets

Obr 5.: Kresby morfotypů zaznamenaných ve vzorcích z výplně objektu (zvýrazněno pomocí softwaru ImageJ).

4.2.3. Porovnání fytolitových spekter z různých částí výplně

Výsledky fytolitové analýzy čtyř vzorků ze dvou různých částí výplně jsou zpracovány do grafu četností jednotlivých morfotypů (Obr. 6). V grafu můžeme pozorovat, že mezi porovnávanými fytolitovými spektry není v hloubce (0-5 x 30-35) ani prostoru (C x E3) příliš mnoho rozdílů a procentuální zastoupení morfotypů je ve všech vzorcích přibližně stejné. Z pohledu fytolitové analýzy se tedy tmavá část výplně jeví jako poměrně homogenní.

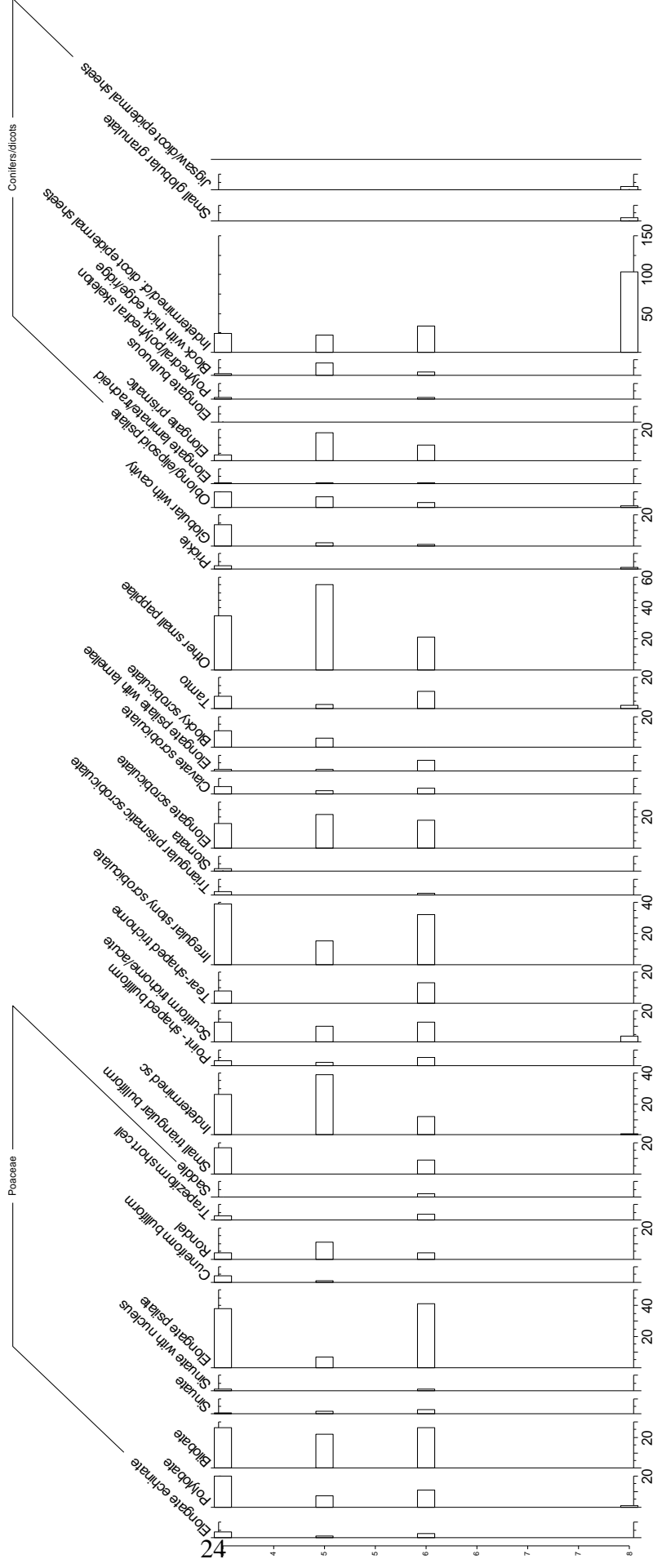


Obr. 6.: Výsledný procentuální graf porovnávající vzorky z profilů C a E3 v jednotlivých úrovních.

4.2.4. Výsledky analýzy vzorků z profilu C

Profil C byl z důvodu snahy o zpřesnění výsledků ohledně zaplňování analyzován podrobněji (vzorky č. 4, 5, 6, 8). Distribuce vzorků po vertikální ose bohužel není úplně rovnoměrná, protože ne všechny původně zpracovávané vzorky se podařilo úspěšně bez chyby dovést do konce separace. V procentuálním grafu na obrázku 7 zpracovaném v programu Tilia (graf je analogický k pylovým diagramům) můžeme pozorovat kvalitativního složení fytolitových spekter v různé hloubce a příslušnost jednotlivých morfotypů k rozpoznatelným taxonomickým skupinám (Poaceae, jehličnany/dvouděložné). I v tomto případě můžeme konstatovat, že tmavá vrchní část výplně je z hlediska obsahu fytolitů víceméně shodná. Výrazně menší variabilita morfotypů byla zjištěna ve vzorku č. 8.

Na protější straně: Obr 7.: Procentuální diagram morfotypů zastoupených ve vzorcích profilu C a jejich taxonomická příslušnost (hodnoty 4, 5, 6, 8 na ose y odpovídají hloubkám 0-5, 15-20, 30-35 a 60-65cm).



4.2.5. Výsledky analýzy reziduí ze štípané industrie

Ve třech vzorcích odebraných z předpokládaného funkčního povrchu štípané industrie byly nalezeny specifické fytolity morfotypu bilobate (obr. 8, příloha, b, e, g), epidermální fytolit (Obr. 8. d), a škrobová zrna čeledí Fabaceae (Obr. 8, a) a Poaceae (Obr. 8, h, i) a blíže nespécifikovatelné dlouhé buňky (LC – *long cells*) (Obr. 8, c, g). Pouze z ŠI 313 výsledky chybí, neboť chybnou přípravou nedošlo k dokonalému převedení rezidua do lihu, tudíž ani k vyschnutí preparátu na sklíčku a vzniklý roztok reakcí s pryskyřicí téměř úplně znemožnil mikroskopické pozorování. Škrobová zrna byla určena podle dostupného klíče (Reichert, 1913) a ústní konzultace s Ing. Jaromírem Kovárníkem. Odebrané a zpracované kontrolní vzorky byly uchovány, ale prozatím nedošlo k jejich detailní fytolitové analýze, neboť zde vyvstávají další metodické problémy a kvantitativní řešení možné kontaminace artefaktů fytolity a škrobovými zrny z okolí je v současné době bohužel nad možností této práce.

4.2.6. Výsledky pozorování fytolitů v druzích vybraných pro referenční sbírku

Fytolity pozorované v rostlinách vybraných pro referenční sbírku můžeme pozorovat na obr. 9, příloha). U druhu *Fagus sylvatica* (Obr. 9, a–f) byly v listech pozorovány silicifikované epidermální fytolity, jigsaw buňky, stomata a ojediněle zužující se dlouhé buňky typu echinate. Ve dřevě byly popsány jemně perforované dlouhé buňky různých délek a plod obsahoval ve velkém množství různě tvarované fytolity typu polyhedral; žádný z těchto morfotypů však pravděpodobně není specifický přímo pro daný druh a rozdíly totožných morfotypů v rámci čeledi by měly být předmětem výzkumu do budoucna.

Fytolity z kopřivy dvoudomé (*Urtica dioica*) (Obr. 9, g, h) mají formu dlouhých trichomů se zachovalou kulatou bazí, různých velikostí, ale poměrně stabilního tvaru. Byly pozorovány trichomy jak hladké, tak zdrsňené velkým počtem malých ostrých výběžků.

Fytolity ze stonku *Linum usitatissimum* mají podobu subtilních hranatých bloků, které se běžně vyskytují ve velkém počtu dvouděložných rostlin, určitou vypovídající hodnotu by však mohl mít způsob jejich propojení do skeletů (Obr. 9, i–j).

U druhu *Stipa capillata* (kavyl vláskovitý) můžeme pozorovat specifický Stipa-type bilobate (Mulholland, 1989; Silantjeva et al., 2018)(Obr. 9, k), dále několik druhů rondelů (Obr. 9, l-n), spojené dlouhé buňky typu echinate (Obr. 9, o) a několik různých morfotypů typu scrobiculate (hranaté, oválné, kulaté až beztvaré, taktéž tvary podobné neostrým trichomům typu scutiform)(Obr. 9, p-s). Pozorovány byly i velmi úzké dlouhé buňky s drážkou uprostřed, někdy na koncích zašpičatělé.

5. Diskuze:

Z výsledků je patrné, že struktura fytolitů se v rámci objektu 1 výrazně neliší, což může naznačovat spíše pomalé zaplňování přirozenou cestou, a to z jednoho zdroje. To mohlo probíhat prostřednictvím eroze okolní kulturní vrstvy a reflektuje tak její obsah, respektive činnosti v bezprostředním okolí objektu. Ve smyslu formativních procesů definovaných M. B. Schifferem je pak výplň zkoumaného objektu výsledkem tzv. N-transformací, kdy artefakty a ekofakty opouští živou kulturu a stávají se součástí archeologického záznamu prostřednictvím přirozených depozičních a postdepozičních procesů (Schiffer, 1987).

Zaměříme-li se na časový rozměr (Tab I), pak tento předpoklad indikují i výsledky radiokarbonového datování. Přestože dochází k překryvu hodnot ze spodních a vrchních vrstev a zvolená metoda neumožňuje přesnější výsledky, je patrné, že obilky blíže ke dnu vykazují vyšší stáří, přičemž rozdíl může být i několik desítek let.

Koncentrace fytolitů se různí a směrem ke dnu objektu klesá. Tento jev lze vysvětlit přítomností světlejších vrstev při dně objektu, které interpretujeme jako destrukci stěn objektu. Stejný trend lze pozorovat i v množství artefaktů (Václav Vondrovský – ústní sdělení). Logicky tak v těchto úrovních klesá množství „dodané“ výplně nesoucí artefakty a ekofakty.

Ve studovaných vzorcích výplně objektu nebyly identifikovány fytolity obilí. Lze usuzovat, že obilí nebylo zpracováváno v bezprostředním okolí zkoumaného objektu. Právě různé části obilovin bývají často příměsí omazu stěn domů, jejichž destrukce se na neolitických sídlišťích předpokládají a vyskytují ve formě tzv. mazanice (Pavlů & Zápotocká, 2007), absence fytolitů obilí tedy může naznačovat, že zkoumaný objekt části destruovaného domu neobsahuje.

Přítomnost a složení fytolitů v mazanici na lokalitě můžeme ověřit analýzou samotné mazanice (z Radčic), kterou by bylo vhodné doplnit analýzou sedimentologickou (viz např. Love, 2017). Analýza velikostí částic přítomných v sedimentu v určitém poměru (jíl - prach - písek) by mohla být užitečná i v otázce diskutovaného zaplňování splachy z okolí, uvážíme-li, že nejspíše vodou erodovatelným materiálem je jíl, oproti tomu prach se často transportuje eolicky a písek je kvůli kulatému tvaru částic náchylný ke všem typům eroze.

Při pokusu o podrobnější klasifikaci nalezených fytolitů trav čeledi Poaceae do detailnějších taxonomických kategorií narážíme na nedostatek publikovaných výzkumů a referenčního materiálu z prostoru střední Evropy. Ve fytolitovém výzkumu běžně používané dělení fytolitů do kategorií festucoidní, panicoidní, pooidní a chloridoidní, jež odpovídá podčeledím trav dominujících ve stepích severní Ameriky (Twiss & Suess, 1969, Pearsall, 1989), nemůže být zcela přejato v podmínkách střední Evropy, kde převažuje podčeď Pooideae. Mezi druhy antropogenně ovlivněných stanovišť najdeme zástupce i dalších podčeledí, např. ježatka kuří noha (*Echinochloa crus-galli*) a bér sivý (*Setaria pumila*) z podčeledi Panicoideae, troskut prstnatý (*Cynodon dactylon*) z podčeledi Chloridoideae, v archeologickém kontextu se tedy potenciálně nabízí možnost klasifikace fytolitů z těchto druhů pomocí přejaté kategorizace. Nicméně vznikající práce na referenčním materiálu trav dominujících ve střední Evropě ukazuje, že použitím stávající kategorizace nelze tyto druhy odlišit od některých trav podčeledi Pooideae (Kristýna Hošková, ústní sdělení). Vzhledem k současnému stavu výzkumu tedy můžeme nalezené fytolity spolehlivě přiřadit pouze k čeledi Poaceae; není však bez zajímavosti, že v porovnání s druhy zpracovanými doposud pro referenční sbírku zmíněného doktorandského výzkumu na Univerzitě Karlově existuje určitá vizuální shoda travních fytolitů z analyzovaného sedimentu a štípané industrie s fytolity bezkolence modrého (*Molinia caerulea*, morfotypy bilobate, polylobate a LC) a vousatky prstnaté (*Botriochloa ischaemum*, bilobate a polylobate) (Kristýna Hošková, ústní sdělení). Z vlastního pozorování fytolitů *Stipa capillata* můžeme pozorovat shodu u různých morfotypů typu scrobiculate (scutiform, round, rectangular, indetermined), jejichž umístění v rostlinné tkáni můžeme pozorovat v referenční sbírce (Obr. 9, p). nebo u dalších zástupců rodu *Stipa* v dostupném referenčním materiálu Solomonova & Silantyeva (2014). Pro určení je však nutné lépe prozkoumat a zdokumentovat hlavně krátké buňky morfotypů rondel a různé trapezoidní krátké buňky včetně těch označovaných jako *Stipa*-type bilobate (Silantyeva et al., 2018). Potenciální přítomnost těchto druhů by mohla naznačovat jak stepní vegetaci (*Stipa* a *Botriochloa*), tak možné využívání planě rostoucích trav k nejrůznějším

účelům (*Stipa* a *Molinia*) (Hejzman et al., 2013). To může souviset i s jejich vysokou odolností proti spásání dobyt看em.

K čeledi Poaceae mohou náležet i některé morfotypy trichomů, silicifikované mikroskopické trichomy však produkuje celá škála jednoděložných i dvouděložných rostlin, takže určit jejich taxonomické zařazení je při současném stavu výzkumu ve střední Evropě takřka nemožné. Specifické trichomy podobné fytolitům druhu *Urtica dioica*, v objektu zaznamenány nebyly, což vylučuje jeho zarůstání tímto ruderálním druhem. Rovněž obdélníkové dlouhé buňky (LC) různých specifických tvarů a tafonomií nelze zatím zařadit ani k trávám, ani k jehličnanům či dvouděložným, s postupující zkušeností a referenční sbírkou je však vysoce pravděpodobné, že tyto kategorie v budoucnu budeme schopní spolehlivě rozlišit.

Tlusté bloky s rýhou uprostřed či ztlustělými stěnami, morfotyp oblong psilate/ellipsoid, některé dlouhé buňky se specifickými perforacemi a bloky s kulatou hranou a „retuší“ by dle několika zdrojů (Carnelli et al., 2004; Silantyeva et al., 2018; vlastní pozorování) mohly náležet k čeledi Pinaceae, konkrétně druhu *Pinus sylvestris*, který na lokalitě předpokládáme, stejně jako jeho využívání na většině neolitických sídlišť ve střední Evropě; proto by bylo vhodné, vytvořit si pro tento druh vlastní detailní referenční materiál.

K dvouděložným rostlinám by měly náležet malé kulaté fytolity (globular psilate, Piperno, 2006). a slibný diagnostický potenciál mají i nejmenší pozorované fytolity velmi specifických tvarů a pravděpodobně i různého chemického složení. Bohužel tyto částice jsou většinou příliš malé na to, aby mohly být kvalitně popsány na 400x zvětšení, je tedy potřeba použít silnější optiku a do budoucna by bylo velmi vhodné vzorky před kvantifikací prohlížet a dokumentovat i v silikonovém oleji či glycerolu, který umožní jejich rotaci.

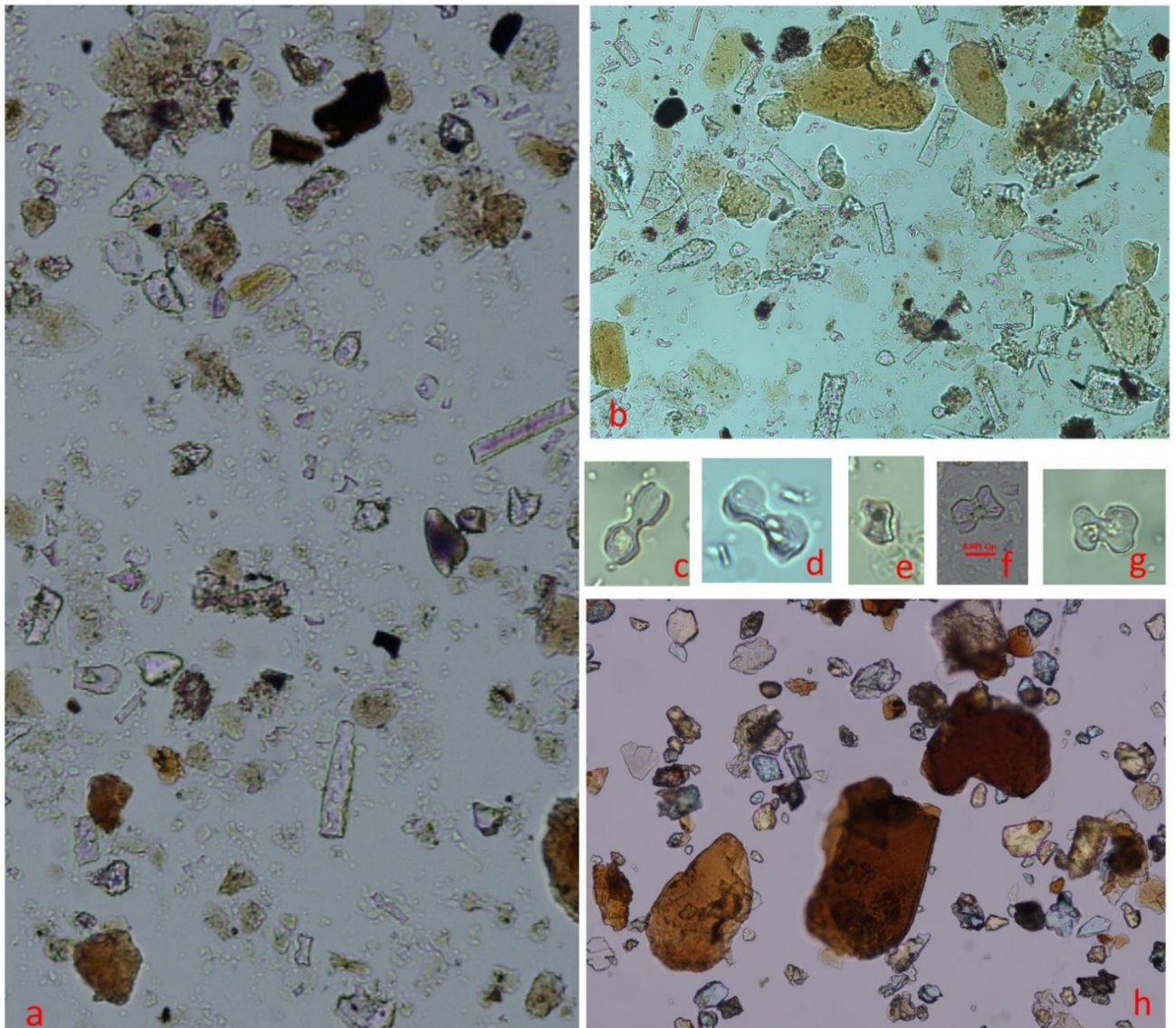
Analýzy funkčních ploch vybraných nalezených industrií přinesly pouze velmi malé množství bližší neurčitelných fytolitů. Zajímavý je výskyt morfotypů bilobate, značící čeleď Poaceae a taktéž přítomnost škrobových zrn Poaceae a Fabaceae (cf. *Pisum sativum*), nasvědčují využívání nástrojů na zpracování rostlin, včetně kulturních. Pro potvrzení této hypotézy je však nezbytné pokusit se z kamenných nástrojů získat více fytolitů a šrobových zrn pro potřebnou kvantifikaci a doprovodit výzkum analýzou zeminy z bezprostřední

blízkosti artefaktů. Ideální by bylo zkombinovat mikroskopickou analýzu reziduí s *use-wear* analýzou, nabízí se i použití v dnešní době v archeologii hojně používaných metod optické spektroskopie (Croft et al., 2018; Smith & Clark, 2004).

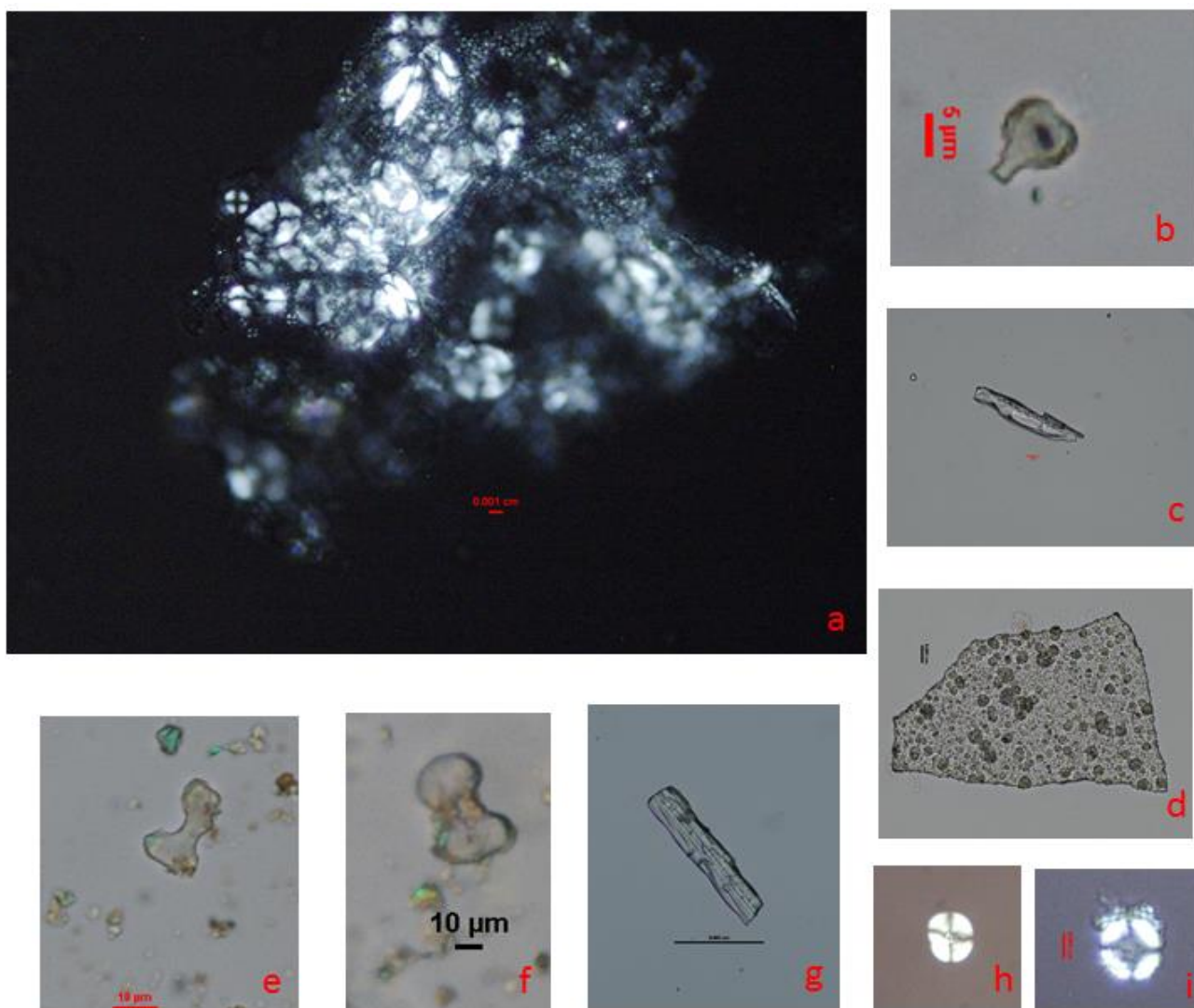
6.Závěr:

Tato práce přináší nové cenné poznatky o charakteru výplně neolitického soujámí v Radčicích. Spolu s dalšími budoucími přírodovědnými analýzami téhož sedimentu by fytolitová analýza mohla výrazně přispět k řešení otázek ohledně způsobu zaplňování daného objektu.

Zajímavým zjištěním hodným dalšího výzkumu jsou náznaky přítomnosti určitých druhů trav ve zkoumaném sedimentu, které by mohly odrážet jak jejich využívání, tak charakteristiku přírodního prostředí.



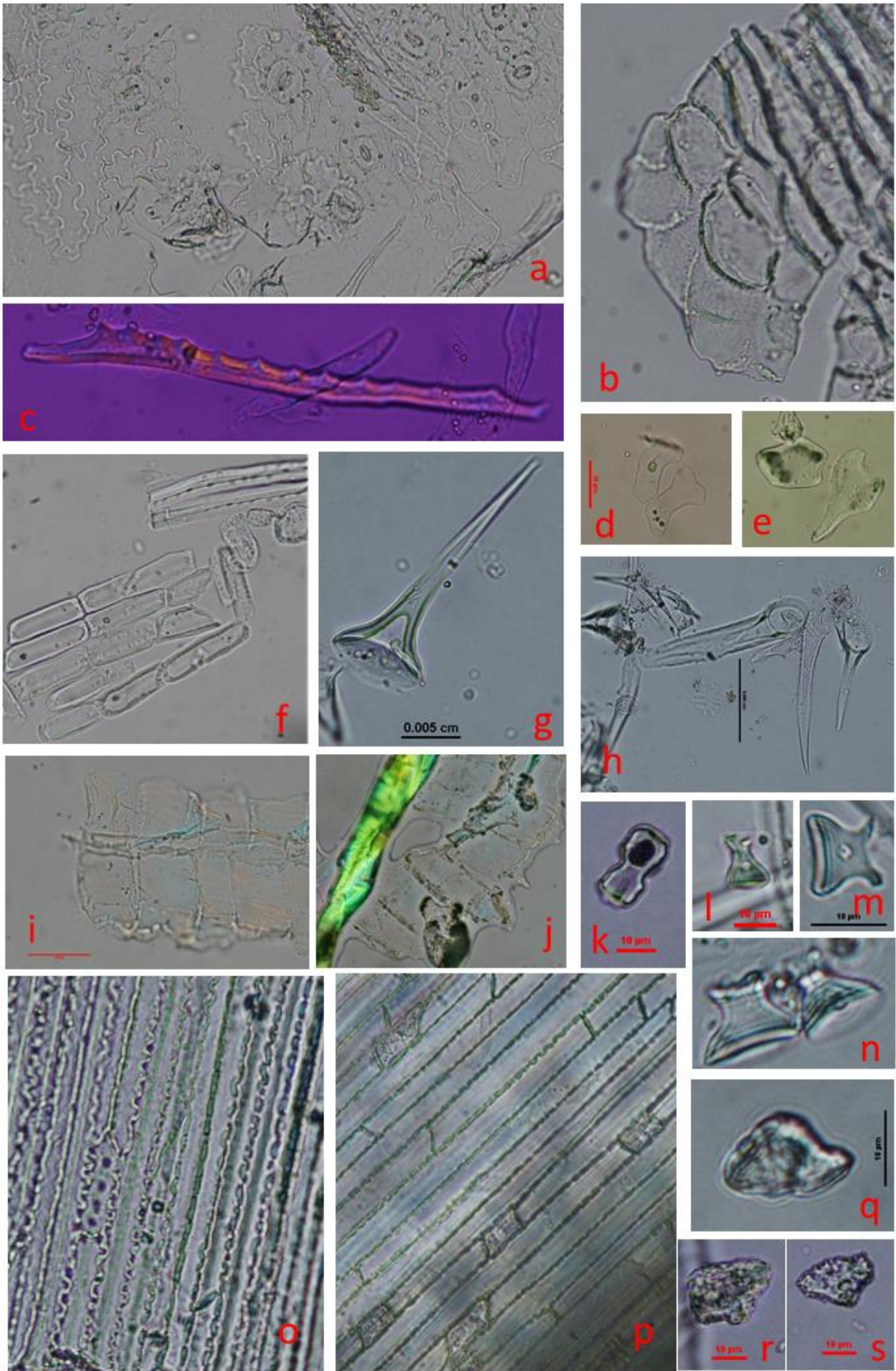
Příloha 1: Obr. 4.: Fytolitová spektra vzorků z výplně objektu: (a) - vz. 5 (C 15-20) zvětšení 200x; (b) – vz. 3 (E3 0-5) zv. 200x; (c-g) – diagnostické morfotypy bilobate čeledi Poaceae z různých kontextů (400x); (h) – minerální částice velikosti prachu s hnědými epidermálními fytolity (200x).



Příloha 2: Obr. 8.: Fytolity a škrobová zrna z artefaktů: (a-d) – ŠI 353, (e-g) – ŠI 148, (h, i) – ŠI 400; (a) - shluk škrobových zrn, cf. *Pisum sativum*; (b, e, f) – bilobate, čeled' Poaceae, (d) – velký epidermální fytolit; (c, g) – dlouhé buňky typu facetate, (h, i) – škrobová zrna Poaceae. Vše zvětšení 400x.

Na další straně

Příloha 3: Obr. 9.: Referenční sbírka: (a-f) – *Fagus sylvatica*; (g, h) – *Urtica dioica*; (i, j) *Linum usitatissimum*; (k-s) – *Stipa capillata*. Popis viz text. Různá zvětšení.



Literatura:

Albert, R. M., & Weiner, S. (2001). Study of phytoliths in prehistoric ash layers from Kebara and Tabun caves using a quantitative approach. *Phytoliths: applications in earth sciences and human history*, 251-266.

Anderson, P. C. (1980). A testimony of prehistoric tasks: diagnostic residues on stone tool working edges. *World Archaeology*, 12(2), 181-194.

Ball, T. B., Brotherson, J. D., & Gardner, J. S. (1993). A typologic and morphometric study of variation in phytoliths from einkorn wheat (*Triticum monococcum*). *Canadian Journal of Botany*, 71(9), 1182-1192.

Ball, T. B., Gardner, J. S., & Anderson, N. (1999). Identifying inflorescence phytoliths from selected species of wheat (*Triticum monococcum*, *T. dicoccon*, *T. dicoccoides*, and *T. aestivum*) and barley (*Hordeum vulgare* and *H. spontaneum*)(Gramineae). *American Journal of Botany*, 86(11), 1615-1623.

Ball, T., Chandler-Ezell, K., Dickau, R., Duncan, N., Hart, T. C., Iriarte, J., Lentfer, C., Logan, A., Houyuan, L., Madella, M., Piperno, D., Rosen, A.M. Vrydaghs, L., Weisskopf, A., Zhang, J. & Pearsall, D. M. (2016). Phytoliths as a tool for investigations of agricultural origins and dispersals around the world. *Journal of Archaeological Science*, 68, 32-45.

Barton, H., Torrence, R., & Fullagar, R. (1998). Clues to stone tool function re-examined: comparing starch grain frequencies on used and unused obsidian artefacts. *Journal of Archaeological Science*, 25(12), 1231-1238.

Barton, H., Piper, P. J., Rabett, R., & Reeds, I. (2009). Composite hunting technologies from the terminal Pleistocene and early Holocene, Niah Cave, Borneo. *Journal of Archaeological Science*, 36(8), 1708-1714.

Bartosiewicz, L. (2005). Plain talk: animals, environment and culture in the Neolithic of the Carpathian Basin and adjacent areas. *Un) settling the Neolithic*. Oxbow, Oxford, 51-63.

Beneš, J. (2003). Environmentální archeologie a kultura s lineární keramikou v Čechách. *Archeologické výzkumy v severozápadních Čechách v letech, 2007*, 33-51.

Beneš, J. (2008). Antrakologické analýzy v archeologii a paleoekologii. *Archeologické rozhledy*, 59(4).

Beneš, J. (2018). *Počátky zemědělství*. České Budějovice: Epistéme.

- Blinnikov, M., Busacca, A., & Whitlock, C. (2002). Reconstruction of the late Pleistocene grassland of the Columbia basin, Washington, USA, based on phytolith records in loess. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 177(1-2), 77-101.
- Bogaard, A. (2004). *Neolithic farming in central Europe: an archaeobotanical study of crop husbandry practices*. Routledge.
- Buchet, L., Cremonesi, N., Rucker, C., & Verdin, P. (2001). Comparison between the distribution of dental micro-striations and plant material included in the calculus of human teeth. *Phytoliths: applications in earth sciences and human history*. Rotterdam: AA Balkema. p, 107-117.
- Bush, M. B., Piperno, D. R., Colinvaux, P. A., De Oliveira, P. E., Krissek, L. A., Miller, M. C., & Rowe, W. E. (1992). A 14 300-Yr Paleoecological Profile of a Lowland Tropical Lake in Panama. *Ecological*
- Cabanes, D., Mallol, C., Expósito, I., Baena, J. (2010). Phytolith Evidence for Hearths and Beds in the Late Mousterian Occupations of Esquilleu Cave (Cantabria, Spain). *Journal of Archaeological Science*, 37(11), 2947-2957.
- Cabanes, D., Weiner, S., & Shahack-Gross, R. (2011). Stability of phytoliths in the archaeological record: a dissolution study of modern and fossil phytoliths. *Journal of Archaeological Science*, 38(9), 2480-2490.
- Cabanes, D., Gadot, Y., Cabanes, M., Finkelstein, I., Weiner, S., & Shahack-Gross, R. (2012). Human impact around settlement sites: a phytolith and mineralogical study for assessing site boundaries, phytolith preservation, and implications for spatial reconstructions using plant remains. *Journal of Archaeological Science*, 39(8), 2697-2705.
- Carnelli, A. L., Theurillat, J. P., & Madella, M. (2004). Phytolith types and type-frequencies in subalpine–alpine plant species of the European Alps. *Review of palaeobotany and palynology*, 129(1-2), 39-65.
- Carter, V. A., Chiverrell, R. C., Clear, J. L., Kuosmanen, N., Moravcová, A., Svoboda, M., Svobodová-Svitavská, H., van Leeuwen, J.F.N., van der Knaap, W.O. & Kuneš, P. (2017). Quantitative palynology informing conservation ecology in the Bohemian/Bavarian Forests of Central Europe. *Frontiers in plant science*, 8, 2268.
- Croft, S., Chatzipanagis, K., Kröger, R., & Milner, N. (2018). Misleading residues on lithics from Star Carr: Identification with Raman microspectroscopy. *Journal of Archaeological Science: Reports*, 19, 430-438.
- Dejmal, M., Lisá, L., Nývltová, M. F., Bajer, A., Petr, L., Kočár, P., Kočárová, R., Nejman, L., Rybníček, M., Sůvová, Z., Vavrčík, H. & Culp, R. (2014). Medieval horse stable; the results of multi proxy interdisciplinary research. *PloS one*, 9(3), e89273.

- Dinnis, R., Pawlik, A., & Gaillard, C. (2009). Bladelet cores as weapon tips? Hafting residue identification and micro-wear analysis of three carinated burins from the late Aurignacian of Les Vachons, France. *Journal of Archaeological Science*, 36(9), 1922-1934.
- Dreslerová, D., Horáček, I., & Pokorný, P. (2007). Přírodní prostředí Čech a jeho vývoj. *Archeologie pravěkých Čech*, 1, 23-50.
- Fredlund, G. G., & Tieszen, L. T. (1994). Modern phytolith assemblages from the North American great plains. *Journal of Biogeography*, 321-335.
- Gügel, I. L., Grupe, G., & Kunzelmann, K. H. (2001). Simulation of dental microwear: characteristic traces by opal phytoliths give clues to ancient human dietary behavior. *American Journal of Physical Anthropology*, 114(2), 124-138. *Monographs*, 62(2), 251-275.
- Haase, D., Fink, J., Haase, G., Ruske, R., Pécsi, M., Richter, H., M. Altermann & Jäger, K. D. (2007). Loess in Europe—its spatial distribution based on a European Loess Map, scale 1: 2,500,000. *Quaternary Science Reviews*, 26(9-10), 1301-1312.
- Harvey, E. L., & Fuller, D. Q. (2005). Investigating crop processing using phytolith analysis: the example of rice and millets. *Journal of Archaeological Science*, 32(5), 739-752.
- Hejcman, M., Hejcmanová, P., Pavlů, V., & Beneš, J. (2013). Origin and history of grasslands in Central Europe—a review. *Grass and Forage Science*, 68(3), 345-363.
- Kameník, J., Mizera, J., & Řanda, Z. (2013). Chemical composition of plant silica phytoliths. *Environmental chemistry letters*, 11(2), 189-195.
- Kelly, E. F., Amundson, R. G., Marino, B. D., & Deniro, M. J. (1991). Stable isotope ratios of carbon in phytoliths as a quantitative method of monitoring vegetation and climate change. *Quaternary Research*, 35(2), 222-233.
- Kočár, P., & Dreslerová, D. (2010). Archeobotanické nálezy pěstovaných rostlin v pravěku České republiky. *Památky archeologické*, 101.
- Kočár, P., Kočárová, R. (2012): A o rostlinách. In R. Šumberová: *Cesta napříč časem a krajinou. Katalog k výstavě nálezů ze záchranného archeologického výzkumu v trase obchvatu Kolína 2008–2010*.
- Kreuz, A., Marinova, E., Schäfer, E., & Wiethold, J. (2005). A comparison of early Neolithic crop and weed assemblages from the Linearbandkeramik and the Bulgarian Neolithic cultures: differences and similarities. *Vegetation History and Archaeobotany*, 14(4), 237-258.
- Kreuz, A. (2008). Closed forest or open woodland as natural vegetation in the surroundings of Linearbandkeramik settlements? *Vegetation History and Archaeobotany*, 17(1), 51-64.
- Kuna, M. (Ed.). (2007). *Archeologie pravěkých Čech. 1. Pravěký svět a jeho poznání*. Archeologický ústav AV ČR. Praha.

- Květina, P. (2002). Příspěvek k otázce formativních procesů archeologického materiálu. *Bylany Varia* 2, 21-38.
- Květina, P. (2005). Možnosti mikroprostorové analýzy artefaktů v archeologických objektech. *Bylany varia* 3, 9-16.
- Love, S. (2017). Field Methods for the Analysis of Mud Brick Architecture. *Journal of Field Archaeology*, 42(4), 351-363.
- Ložek, V. (1973). *Příroda ve čtvrtohorách*. Academia.
- Lu, H., Zhang, J., Wu, N., Liu, K. B., Xu, D., & Li, Q. (2009). Phytoliths analysis for the discrimination of foxtail millet (*Setaria italica*) and common millet (*Panicum miliaceum*). *PLoS One*, 4(2), e4448.
- Madella, M., Alexandré, A., & Ball, T. (2005). International code for phytolith nomenclature 1.0. *Annals of botany*, 96(2), 253-260
- Martínez, R., D. Beyond chaves: functional analysis of Neolithic blades from the Ebro valley, in Marreiros, J., & Bicho, N. (Eds.). (2015). *International Conference on Use-wear Analysis: Use-wear 2012*. Cambridge Scholars Publishing.
- Mazzucco, N., Gibaja, J. F., Pessina, A., & Ibáñez, J. J. (2016). Reconstructing harvesting technologies through the analysis of sickle blades: a case-study from Early-Middle Neolithic sites in northeastern Italy. *Lithic Technology*, 41(1), 75-92.
- Mulholland, S. C. (1989). Phytolith shape frequencies in North Dakota grasses: a comparison to general patterns. *Journal of Archaeological Science*, 16(5), 489-511.
- Neuhäuslová, Z. a kol. (2001): *Mapa potenciální přirozené vegetace České republiky*. Praha: Academia.
- Ollé, A., & Vergès, J. M. (2008). SEM functional analysis and the mechanism of microwear formation. *Prehistoric technology*, 40, 39-49.
- Pavlu, I. & Zápotocká, M. (2007). *Archeologie Pravěkých Čech: Neolit*. Archeologický Ústav AV ČR. Praha.
- Pavlu, I. (2010). *Činnosti na neolitickém sídlišti Bylany*. Archeologický ústav AV ČR. Praha.
- Pavúk, J. (1990). Adaptácia neolitického osídlenia na prírodné podmienky. *Študijné zvesti*, 26, 63-70.
- Pawlik, A. F., & Thissen, J. P. (2011). Hafted armatures and multi-component tool design at the Micoquian site of Inden-Altdorf, Germany. *Journal of Archaeological Science*, 38(7),
- Pearsall, D. M. (1989). *Paleoethnobotany. A handbook of procedures. 1699-1708*.

Pető, Á. (2013). Studying modern soil profiles of different landscape zones in Hungary: An attempt to establish a soil-phytolith identification key. *Quaternary international*, 287, 149-161.

Piperno, D. R. (2006). *Phytoliths: a comprehensive guide for archaeologists and paleoecologists*.

Pokorný, P., Šída, P., Chvojka, O., Žáčková, P., Kuneš, P., Světlík, I., Veselý, J. (2010). Palaeoenvironmental research of the Schwarzenberg Lake, southern Bohemia, and exploratory excavations of this key Mesolithic archaeological area. *Památky archeologické* 101, 5–38.

Pokorný, P., Šída, P., Kuneš, P., & Chvojka, O. (2008). Mezolitické osídlení bývalého jezera Švarcenberk (ji ní Čechy) v kontextu vývoje přírodního prostředí. *Human-driven and natural vegetation changes of the last glacial and early Holocene*, 91.

Portillo, M., Valenzuela, S., & Albert, R. M. (2012). Domestic patterns in the Numidian site of Althiburos (northern Tunisia): the results from a combined study of animal bones, dung and plant remains. *Quaternary international*, 275, 84-96. Rowman Altamira.

Pokorná, A., Kočár, P., Novák, J., Šálková, T., Žáčková, P., Komárková, V., Vaněček, Z. & Sádlo, J. (2018). Ancient and Early Medieval man-made habitats in the Czech Republic: colonization history and vegetation changes. *Preslia*, 90(3), 171-193.

Popelka, M. (2007). Beware of the pick neolithic packet: poznámky k problému neolitizace. In: Tichý, R. (ed.): *Otázky neolitu a eneolitu našich zemí. Archeologické studie Univerzity Hradec Králové I*. Hradec Králové, 99–103.

Portillo, M., Belarte, M. C., Ramon, J., Kallala, N., Sanmartí, J., & Albert, R. M. (2017). An ethnoarchaeological study of livestock dung fuels from cooking installations in northern Tunisia. *Quaternary International*, 431, 131-144.

Prach, K., Štech, M., & Říha, P. (2009). *Ekologie a rozšíření biomů na Zemi*. Scientia.

Price, T. D. (2000). *Europe's First Farmers*. Cambridge University Press.

Reichert, E.T. (1913). *The Differentiation and Specificity of Starches in Relation, to Genera, Species*. London.

Rosen, A. M., & Weiner, S. (1994). Identifying ancient irrigation: a new method using opaline phytoliths from emmer wheat. *Journal of archaeological Science*, 21(1), 125-132.

Rosen, A. M. (1999). *Phytolith analysis in Near Eastern Archaeology*. Archetype Press.

Rots, V., Hardy, B. L., Serangeli, J., & Conard, N. J. (2015). Residue and microwear analyses of the stone artifacts from Schöningen. *Journal of human evolution*, 89, 298-308.

- Rots, V., Hayes, E., Cnats, D., Lepers, C., & Fullagar, R. (2016). Making sense of residues on flaked stone artefacts: learning from blind tests. *PloS one*, *11*(3), e0150437.
- Rover, I., (1976). Darwin and design in phytolith systematics: morphometric methods for mitigating redundancy. In *Phytolith systematics*. Volume 1 of the series *Advances in Archaeological and Museum Science*, 253-276
- Ryan, P. (2014). Phytolith studies in archaeology. In *Encyclopedia of global archaeology*, ed. C. Smith. New York: Springer.
- Rybničková, E., Rybniček, K. and Jankovská, V., (1975). Palaeoecological Investigations of Buried Peat Profiles from the Zbudovská blata Marshes, Southern Bohemia. *Folia Geobotanica & Phytotaxonomica*, *10*: 157-178.
- Rybničková, E. (1982). Absolute C14 dates of the profiles from the Zbudovska Blata marshes (southern Bohemia). *Folia Geobotanica and Phytotaxonomica* *17*:99-100.
- Rybničková, E., & Rybniček, K. (1985). Palaeogeobotanical evaluation of the Holocene profile from the Řežabinec fish-pond. *Folia Geobotanica*, *20*(4), 419-437.
- Saul, H., Madella, M., Fischer, A., Glykou, A., Hartz, S., & Craig, O. E. (2013). Phytoliths in pottery reveal the use of spice in European prehistoric cuisine. *PloS one*, *8*(8), e70583.
- Schiffer, M. B. (1987). *Formation processes of the archaeological record*. University of New Mexico Press. Albuquerque.
- Shillito, L. M. (2011). Simultaneous thin section and phytolith observations of finely stratified deposits from Neolithic Çatalhöyük, Turkey: implications for paleoeconomy and Early Holocene paleoenvironment. *Journal of Quaternary Science*, *26*(6), 576-588.
- Shillito, L. M., & Ryan, P. (2013). Surfaces and streets: Phytoliths, micromorphology and changing use of space at neolithic Çatalhöyük (Turkey). *Antiquity*, *87*(337), 684-700.
- Smith, G. D., & Clark, R. J. (2004). Raman microscopy in archaeological science. *Journal of Archaeological Science*, *31*(8), 1137-1160.
- Stadler, P., & Kotova, N. (2010). Early Neolithic settlement from Brunn Wolfholz in Lower Austria and the problem of the origin of (Western) LBK. *Neolithization of the Carpathian basin: northernmost distribution of the Starčevo/Körös culture (Kraków/Budapest 2010)*, 325-348.
- Szákmany, G., & Starnini, E. (2007). Archaeometric research on the first pottery production in the Carpathian Basin: manufacturing traditions of the Early Neolithic, Körös Culture ceramics. *Archeometriai Műhely*, *2*, 5-19.

Šída, P. (2011). Přejchod mezolit–neolit. Existuje kulturní kontinuita či diskontinuita? A klademe si vůbec správné otázky?. In: M. Popelka – R. Šmidtová eds., *Praehistorica XXXIX. Otázky neolitu a eneolitu našich zemí: sborník referátů z 28. zasedání badatelů pro výzkum neolitu a eneolitu (nejen) Čech, Moravy a Slovenska*, Mělník 28. 9. – 1. 10. 2009, Praha: Karolinum, 359–367.

Tempír, Z. (1973). Nálezky pravěkých a středověkých zbytků pěstovaných a užitkových rostlin a plevelů na některých lokalitách v Čechách a na Moravě. *Vědecké práce Československého zemědělského muzea 13*: 19-47.

Tsartsidou, G., Lev-Yadun, S., Efstratiou, N., & Weiner, S. (2009). Use of space in a Neolithic village in Greece (Makri): phytolith analysis and comparison of phytolith assemblages from an ethnographic setting in the same area. *Journal of Archaeological Science*, 36(10), 2342-2352.

Twiss, P. C., Suess, E., & Smith, R. M. (1969). Morphological Classification of Grass Phytoliths 1. *Soil Science Society of America Journal*, 33(1), 109-115.

Vencl, S. (2001). Souvislosti chápání pojmu „nálezový celek“ v české archeologii. *Archeologické rozhledy 53*, 592-614.

Vera, F. W. M. (2000). *Grazing ecology and forest history*. CABI publishing.

Vondrovský, V., Bumerl, J., Šída, P., Ptáková, M., Pták, M., Chvojka, O. (2018). Nové poznatky o neolitickém osídlení jižních Čech. *Archeologické Rozhledy 70*, 147-194.

Vostrovská, I., Stříšková, J., Hlavica, M. (2013). Metodika mikroprostorové evidence polohy nálezů v sídlištních objektech. *Studia Archaeologica Brunensia 18*, 137-158.

Zurro, D. (2017). One, two, three phytoliths: assessing the minimum phytolith sum for archaeological studies. *Archaeological and Anthropological Sciences*, 1-19.

Zurro Hernández, D., & Hodson, M. J. (2018). Phytoliths in European Archaeological Research.

Zvelebil, M., and P. Rowley-Conwy. (1986). Mesolithic societies and the transition to farming: problems of time, scale and organisation. In *Hunters in transition. Mesolithic societies of temperate Euroasia and their transition to farming*, ed. M. Zvelebil, 167–188. *New Directions in Archaeology*. Cambridge: Cambridge University Press.



