

STŘEDOŠKOLSKÁ ODBORNÁ ČINNOST

Obor č. 4: Biologie, geografie a geologie

Biologické příměsi v nejstarší středoevropské keramice

Mariana Řezníčková
Jihomoravský kraj

Brno 2025

STŘEDOŠKOLSKÁ ODBORNÁ ČINNOST

Obor č. 4: Biologie, geografie a geologie

**Biologické příměsi v nejstarší středoevropské
keramice**

**Biological admixtures in the oldest Central
European ceramics**

Autoři: Mariana Řezníčková

Škola: Gymnázium Brno, Křenová, příspěvková organizace, Křenová
36, 602 00

Kraj: Jihomoravský kraj

Konzultant: Mgr. Jan Petřík, Ph.D.

Brno 2025

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem svou práci SOČ vypracovala samostatně a použila jsem pouze prameny a literaturu uvedené v seznamu bibliografických záznamů.

Prohlašuji, že tištěná verze a elektronická verze soutěžní práce SOČ jsou shodné.

Nemám závažný důvod proti zpřístupňování této práce v souladu se zákonem č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších předpisů.

V Brně dne 17. 1. 2025

Poděkování

Chtěla bych poděkovat panu Mgr. Janu Petříkovi, Ph.D. za odborné vedení a cenné rady při zpracování mé práce. Jeho poskytnuté informace a zpětná vazba pro mě byly přínosné a pomohly mi k dokončení tohoto projektu.

Anotace

Cílem tohoto výzkumu bylo srovnání experimentálních vzorků keramiky s plevovým a hnojivovým ostřivem, stanovení rozdílů mezi nimi a aplikace získaných poznatků na originální neolitickou keramiku. V rámci experimentu byla vytvořena keramika s přídavkem obilných plev a kravského hnoje, byly zhotoveny výbrusové preparáty a ty byly následně srovnány s výbrusovými preparáty pocházejícími z neolitické keramiky ze tří lokalit. Zjistili jsme, že, keramika z lokality Santovka a Turolď byla pravděpodobně vypálena při teplotě kolem 600 °C anebo o něco méně, protože obsahovala organické příměsi, které by při vyšší teplotě shořely. U keramiky z lokality Těšetice-Kyjovice se nám nepodařilo identifikovat žádné konkrétní organické ostřivo, které bylo do keramiky přidáno, ale přítomnost zuhelnatělých organických inkluzí může nasvědčovat tomu, že bylo při výrobě do keramické hmoty přidáno. Teplota výpalu byla tedy zřejmě vyšší než u keramiky z lokalit Santovka a Turolď.

Klíčová slova

Keramika; neolit; výbrusové preparáty; organické ostřivo

Annotation

The aim of this research was to compare experimental ceramic samples with chaff and manure temper, identify differences between them, and apply the acquired knowledge to original Neolithic pottery. As part of the experiment, ceramics were created with the addition of grain chaff and cow manure, thin sections were prepared, and these were subsequently compared with thin sections from Neolithic pottery from three sites. We found that the ceramics from the Santovka and Turolď sites were likely fired at a temperature around or slightly below 600 °C, as they contained organic inclusions that would have burned out at higher temperatures. For the ceramics from the Těšetice-Kyjovice site, we were unable to identify any specific organic temper added to the clay. However, the presence of carbonized organic inclusions suggests that some form of organic material may have been added during production. The firing temperature for these ceramics was therefore likely higher than that of the pottery from Santovka and Turolď.

Keywords

Ceramics; Neolithic; thin sections; organic temper

Obsah

1	Úvod.....	7
2	Identifikace plev a hnoje ve výbrusových preparátech.....	9
2.1	Plevy.....	9
2.2	Hnůj.....	9
3	Charakteristika vybraných archeologických lokalit	12
3.1	Santovka.....	12
3.2	Těšetice-Kyjovice.....	14
3.3	Tuold.....	15
4	Metodika	17
4.1	Charakteristika použitých typů organického ostřiva	17
4.2	Příprava organického ostřiva.....	18
4.3	Výroba hliněných cihlíček	20
4.4	Mikroskopie	22
4.5	Fluorescence.....	23
5	Výsledky	25
5.1	Výbrusové preparáty s příměsí plev	26
5.2	Výbrusové preparáty s příměsí hnoje.....	31
5.3	Srovnání s neolitickou keramikou.....	36
5.3.1	Santovka.....	36
5.3.2	Těšetice-Kyjovice.....	37
5.3.3	Tuold.....	38
5.4	Fluorescence.....	39
5.4.1	Fluorescence vzorků s příměsí plev	39
5.4.2	Fluorescence vzorků s příměsí hnoje	42
5.4.3	Fluorescence vzorků u neolitické keramiky (Santovka)	45
5.4.4	Fluorescence vzorků u neolitické keramiky (Těšetice-Kyjovice).....	47
5.4.5	Fluorescence vzorků u neolitické keramiky (Tuold)	49
6	Závěr	52
7	Seznam literatury/zdrojů	54
8	Seznam obrázků	57

1 ÚVOD

V 6. tisíciletí před Kristem se rozšířil do střední Evropy zemědělský způsob života. Ten byl spjat s tzv. neolitickým balíčkem, který zahrnoval mimo zemědělské plodiny také zakládání trvalých sídlišť a výrobu keramiky. Podle výzdobného stylu je nejstarší keramika nazývána Lineární keramikou (anglicky Linear Band Pottery – LBK). Studium technologie výroby této keramiky nám poskytuje cenné informace nejen o samotném řemeslu, ale i o životním způsobu prvních zemědělců v Evropě [1].

Jedním z klíčových aspektů při výrobě keramiky bylo používání organického ostřiva. Jako organické ostřivo označujeme nějakou příměs přidanou do hlíny, ze které se keramika vyráběla. Výběr materiálu pro ostřivo byl ovlivňován mnoha aspekty. Patří mezi ně například dostupnost materiálů v daném regionu nebo období, ve kterém se keramika vyráběla. Přidávání ostřiva do keramiky mělo jak praktický, tak symbolický význam. Z praktického hlediska zajišťovala příměs ostřiva lepší odolnost keramických výrobků proti teplotním šokům při vypalování a zlepšovala jeho tvarovatelnost. Zároveň snižovala i hmotnost hotových nádob. Někdy však mohly být do keramiky přidávány i neužitkové příměsi z osobních a možná i duchovních důvodů [1, 2].

Obecně se dle literatury předpokládá, že se jako organické ostřivo ve starém neolitu používaly plevy [3], které byly v mladším neolitu postupně nahrazovány minerálním ostřivem. Ovšem v nedávných studiích bylo zjištěno, že ostřivo bylo jak regionálně, tak chronologicky velmi variabilní. Mezi použité organické materiály se řadí rovněž například traviny [2], mechy [4], nebo dokonce hnojivo [5, 6].

Původ přidávaných plev je dobře vysvětlitelný [1], jelikož se jednalo o odpadní látku jinak nevyužitelnou a jejich identifikace je poměrně jasná. Oproti tomu je ale celkem obtížné určit, zda byl v keramice přimíšen i hnůj. Tímto tématem se ve své studii zabývala např. Amicone et al. 2021 [5]. Zjistila, že identifikace hnoje v keramice není jednoznačná. Mezi hlavní faktory, které hrají roli při identifikaci hnoje, patří přítomnost/nepřítomnost markrů hnoje ve výkalech používaných k temperování hliněné pasty, množství přidaného hnoje, způsob jeho zpracování a především podmínky, za kterých se keramika vyrábí, jako je teplota.

Mezi tzv. markry hnoje patří zejména fekální sférolity a částečně rovněž fytolity. Jak Amicone et al. 2021 [5] uvádí, sférolity, většinou produkované ve střevě herbivorů, jsou jedinečné pro trus, a proto jsou jednoznačným přímým důkazem jeho přítomnosti, spolu se žlučovými kyselinami a fekálními organickými sloučeninami. Sférolity mohou přežít vypalovací teploty až 700 °C, vyšší teploty je ale zničí. Dále ovšem autorka uvádí, že sférolity nejsou v hnoji přítomny vždy nebo nemusí být v koncentracích, které jsou dostatečně vysoké, aby byly detekovány, a proto jejich nepřítomnost nemusí znamenat, že v keramice hnůj nebyl obsažen. Navíc mohou sférolity pocházet i z přídavku popela z hnoje, spíše než ze samotného hnoje.

Naproti tomu fytolity oproti sférolitům snesou i vyšší teploty při vypalování, ale bohužel jejich identifikace sama o sobě není dostatečným důkazem toho, že byl do keramiky přidán hnůj, protože jsou primárně obsažené i v travách a obilí. Vzhledem k tomu, že fytolity

zachovávají tvar rostlinných buněk, ze kterých pocházejí, lze jejich přítomnost v trusu využít k tomu, aby se do určité míry vyvozovaly závěry o stravě zvířat a flóře v okolním prostředí. Fytolity jsou přítomny ve zvířecím trusu v různých koncentracích v závislosti na jejich stravě, ale protože mohou pocházet rovněž např. z rostlinného popela, nelze je brát samostatně jako přímý ukazatel pro použití hnoje [5].

Dalším důležitým faktorem, který hraje roli při identifikaci příměsí přidaných do keramiky, jsou změny způsobené výpalem keramiky. V oxidačních podmínkách, kdy je k dispozici dostatek kyslíku, dochází k úplnému vyhoření organiky, zatímco v podmínkách redukčních k jejímu zuhelnatění, a to v závislosti na metodě výpalu [7].

Stále tedy existují nejasnosti o rozšíření přidávání hnoje do keramiky v neolitu a rovněž není metodicky robustně vyřešeno, jak odlišit plevy od hnoje. Dosud nevíme, jaké organické ostřívo bylo konkrétně použito, případně jestli vedle sebe existovalo více tradic organického ostřiva.

Cílem tohoto výzkumu proto bude srovnání experimentálních vzorků keramiky s plevovým a hnojivovým ostřivem, stanovení rozdílů mezi nimi a aplikace získaných poznatků na originální neolitickou keramiku, abychom zjistily, z čeho byla zhotovena. V rámci experimentu vytvoříme keramiku s přídavkem obilných plev a kravského hnoje, zhotovíme výbrusové preparáty a ty následně srovnáme s výbrusovými preparáty pocházejícími z neolitické keramiky. Tato analýza pomůže nejen objasnit technologické postupy při výrobě keramiky, ale také přispěje lépe porozumět životním podmínkám a zemědělským strategiím prvních zemědělců v této oblasti.

2 IDENTIFIKACE PLEV A HNOJE VE VÝBRUSOVÝCH PREPARÁTECH

2.1 Plevy

Archeobotanické studie prokázaly, že fragmenty divokých a domestikovaných rostlin byly do hlíny přidávány, aby se zabránilo jejímu praskání během sušení, aby se snížil tepelný šok během vypalování a zvýšila se její pevnost. V keramické hmotě jsou často nalézány zbytky obilovin. Ty jsou zastoupeny zejména plevami a stébly, které byly vedlejšími produkty při zpracování obilí [1].

Taxonomické určení rostlinných zbytků v keramice se obvykle opírá o morfologii rostlin, neboť jsou často zastoupeny více či méně kompletními částmi náležejícími k listenům květenství, zrn, listů nebo jejich otisky. V jihozápadním Polsku bylo například v keramické hmotě potvrzeno použití dvou druhů pšenice – *Triticum dicoccon* a *T. monococcum* (pšenice dvouzrnka a pšenice jednozrnka) [1].

U námi vyrobených výbrusových preparátů nám s identifikací rostlinných částí pomohl archeobotanik Mgr. Libor Petr Ph.D.

2.2 Hnůj

Hnůj se do keramiky přidával proto, aby zlepšoval plasticitu jílové pasty a rovněž urychloval proces sušení a vypalování. Kromě toho se díky němu snižovala hmotnost nádob po vypálení, protože velká část organického materiálu během výpalu shořela [8].

Přítomnost hnoje ve výbrusových preparátech je možné identifikovat pomocí tzv. markrů hnoje. Patří mezi ně fekální sférolity, pseudomorfózy popela, fytolity a koprofilní spóry hub [5].

Sférolity jsou to radiálně tvořené vápnité koule o velikosti od 5 do 20 μm , které lze identifikovat pomocí polarizovaného světelného mikroskopu. Při hoření při teplotách mezi 500 °C a 700 °C, a zejména v redukčních podmínkách, mohou sférolity ztmavnout, rozšířit se a změnit svůj vzhled, přičemž se stávají lépe rozeznatelnými pod rovinně polarizovaným světlem [5]. Příklad toho, jak mohou sférolity vypadat na výbrusových preparátech je obrázek 1, který pochází z článku Amicone et al. 2021 [5]. Jak autorka uvádí, nejlépe bylo možné sférolity pozorovat při teplotách 500 °C a 600 °C (obrázek 1, c–d), což bylo pravděpodobně proto, že pouze při 500 °C je teplota spalování dostatečně vysoká na to, aby zcela odstranila organický materiál, ve kterém jsou sférolity ukryty. Při 700 °C je pak počet sférolitů obecně snížen v důsledku jejich tepelné degradace a mají tendenci se vyskytovat v menších skupinách (3–4 prvky; Obrázek 1 (e)), i když lokálně lze pozorovat i větší seskupení. Při 800 °C, i když neexistují žádné jednoznačné důkazy o jejich přítomnosti, mohou některé mikročástice představovat vysoce degradované sférolity. Petrograficky pozorovaná situace je v souladu se

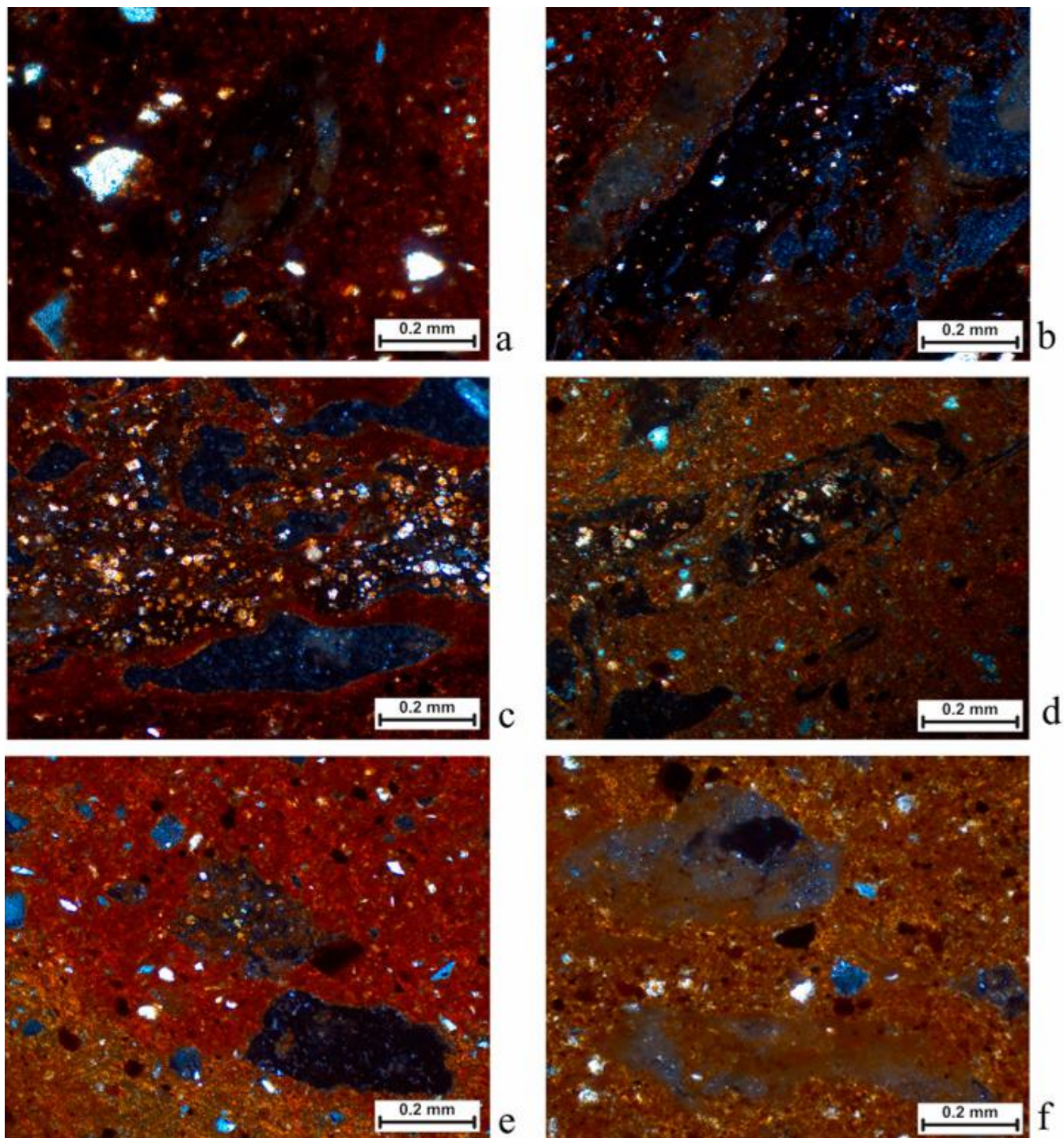
zjištěními uvedenými Shahack-Grossem 2011 [9] a Canti a Nikosií 2018 [10], kteří zaznamenali rozklad ferulitu kolem 700 °C.

Pseudomorfózy popela pocházejí z krystalů šťavelanu vápenatého (dále jen CaOx), které se běžně vyskytují ve vyšších rostlinách. Velikost krystalů se pohybuje od 10 do 50 µm [11].

Fytolity jsou hydratované mikrofosilie oxidu křemičitého (opál-SiO₂·nH₂O), které se tvoří intracelulárně a extracelulárně v živých rostlinách [12]. Běžně se vyskytují u jednoděložných rostlin, u trav jsou dokonce velmi časté, zatímco pseudomorfózy popela jsou zde vzácné nebo chybí. Opačně je tomu u dvouděložných rostlin (např. většiny dřevin), kde jsou hojné pseudomorfózy, zatímco křemičité fytolity se vyskytují méně často. [5]

Kromě toho existuje čtvrtá kategorie mikrozbytků, které se v trusu nenacházejí, ale jsou s ním stále spojovány, tj. spory koprofilních hub. Trus býložravců tvoří vynikající substrát pro kolonizaci hnojnými houbami, jejichž životní cyklus se točí kolem požití/vdechnutí spor zvířaty a následného klíčení na čerstvých výkalech. Řada rodů produkuje spory, které jsou dostatečně odolné, aby mohly být zachovány ve čtvrtohorních a prekvartérních usazeninách, a dostatečně morfologicky odlišné, aby umožnily rozpoznání jejich původu z koprofilních taxonů. Stěny houbových spor se většinou skládají z různého procenta chitinu, což umožňuje dobré fosilní a subfosilní uchování. Nedávný výzkum naznačuje, že spory koprofilních hub vydrží vypalování při nízkých teplotách (<350 °C) a lze je úspěšně extrahovat z nízko spotřebovaných střepů (Dumpe a Stivrins 2015) [5]

V mojí práci budeme na našich preparátech sledovat pouze výskyt sférolitů a fytolitů.



Obrázek 1: Mikrofotografie briket s příměsí hnoje: a) 300 °C; b) 400 °C; c) 500 °C; d) 600 °C; e) 700 °C; f) 800 °C. Obrázek převzat z [5].

3 CHARAKTERISTIKA VYBRANÝCH ARCHEOLOGICKÝCH LOKALIT

Výbrusové preparáty neolitické keramiky pocházely ze tří archeologických lokalit – Santovka, Těšetice-Kyjovice a Turoid.

3.1 Santovka

Lokalita Santovka se nachází na Slovensku na rozhraní mezi Panonskou pánví a Západními Karpaty. Vědci [2] zde objevili keramiku temperovanou trávou datovanou kolem roku 5800 př. n. l (obr. 2). Keramika byla nalezena v úseku jezerních karbonátových sedimentů vytěžených v letech 2011–2014 v blízkosti jedné z travertinových akumulací.

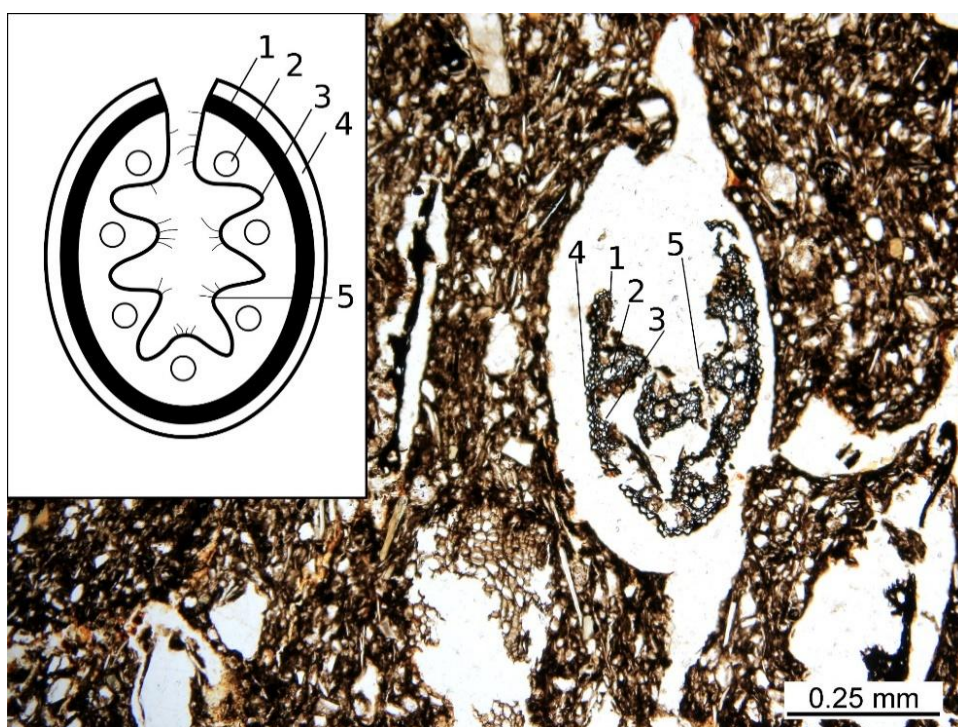


Obrázek 2: Sedimentární sekce se zobrazením polohy keramiky LBK spolu s přibližnými výsledky radiokarbonového datování (A). Stratigrafická poloha keramiky temperované trávou (B). Zlomky keramiky temperované trávou (C). Obrázek převzat z [2].

Jak bylo zjištěno, nalezené keramické střepy byly vypáleny při nízkých teplotách, kolem 600 °C zřejmě na otevřeném ohni a nikoli v peci. Pece na vypalování keramiky se objevily až o několik století později a keramika se v nich vypalovala při vyšších teplotách – 800 až 1000 °C. Právě použití nižší teploty při výpalu umožnilo v keramických střepích ze Santovky zachovat organické ostřívo. Konkrétně zde byly ve výbrusových preparátech nalezeny zbytky

trav rodu *Festuca* – kostřava (obr. 3). Přidání této příměsi do keramické hmoty mimo jiné způsobilo, že vyrobené nádoby měly menší hmotnost, což mohla být pro lovce žijící kočovným způsobem výhoda [2].

Právě nízká teplota výpalu a přimíšení organického ostřiva vedla vědce k domněnce, že byla tato keramika vyrobena místními lovci-sběrači, a ne usazenými zemědělci, jak se dříve předpokládalo. Tuto teorii potvrdila i lipidová analýza, která zkoumá zbytky tuku v keramice. Pomocí ní se podařilo zjistit, že v keramických nádobách byly pravděpodobně připravovány pokrmy z masa divokých přežvýkavců, např. jelenů a srnců. Rovněž bylo zjištěno, že keramika musela být vyrobena v oblasti vzdálenější než 10 kilometrů od místa nálezů, což svědčí o rozsáhlém teritoriu, které tyto komunity využívaly [2].



Obrázek 3: Schéma průřezu listů kostřavy ve srovnání s mikrofotografiemi dochovaných listů v keramice: sklerenchym (1), cévní svazky (2), adaxiální (3) a abaxiální (4) epidermální buňky a žebra s trichomy (5). Obrázek převzat z [2].

3.2 Těšetice-Kyjovice

Těšetice-Kyjovice je významná archeologická pravěká lokalita na území dnešní Moravy. Nachází se několik kilometrů severovýchodně od Znojma na pomezí katastrálního území obcí Těšetice a Kyjovice. Mezi vědeckou komunitou se proslavila zejména kvůli nálezu rondelu – kruhového sociokultovního příkopového areálu (obr. 4). Právě tento rondel byl prvním komplexně prozkoumaným objektem tohoto typu ve střední Evropě [13, 14].



Obrázek 4: Lokalita Těšetice-Kyjovice. Ukázka rondelu – kruhového sociokultovního příkopového areálu. Obrázek převzat z [13].

Kromě tohoto objevu je lokalita významná také například nálezem více jak 800 dalších zahloubených objektů, několika desítek půdorysů staveb a 26 hrobů [14]. Mezi nalezené předměty patří rovněž keramika, a to včetně té, z které máme jeden výbrusový preparát pro naši práci. V této lokalitě se však našla mnohem významnější a unikátnější keramika, než je náš vzorek, jedná se o tři zachovalé nádoby (obr. 5) z dob prvních zemědělců.



Obrázek 5: Lokalita Těšetice-Kyjovice. Ukázka tří keramických nádob pocházejících z dané lokality [14]

3.3 Turolď

Turolď, kopec na jižním okraji Pavlovských vrchů severně od Mikulova, je lokalitou s mimořádným archeologickým a krasovým významem. Jeho historie je úzce spjata s těžbou kvalitního vápence a s objevem významných archeologických nálezů, které poskytují vhled do pravěkého osídlení této oblasti. Ovšem právě těžba vápence vedla k zániku několika krasových útvarů a archeologických nalezišť, což ztěžuje rekonstrukci původního stavu [15].

V oblasti Turolďu se nacházely čtyři jeskyně, které byly postupně zničeny. Pravděpodobně největší z nich byla Turolďova jeskyně (obr. 6), známá také jako „Unterirdischer Flusslauf“ neboli „Podzemní řečiště“, která byla zřejmě pozůstatkem mohutného krasového tunelu. Jeskyně ovšem zanikla v letech 1925–1926. Další jeskyní byla Heinrichova jeskyně, popsána v 19. století, která byla labyrintem s obtížně přístupnými vchody a propastmi. Jeskyně pod závrtem se nacházela pod vrcholem skály a zanikla po roce 1925. A Jüttnerova jeskyně byla objevena při těžbě v roce 1913 a obsahovala mnoho archeologických nálezů [15].

V tomto unikátním prostředí byl nalezen soubor keramiky, který se vymyká běžným sídelním nálezům, především s ohledem na četnou přítomnost železovské výzdoby, které se zde nachází společně se šareckou a notovou keramikou. Ovšem mimo keramické vzorky, zde byly nalezené i broušené kamenné nástroje a jak lidské, tak i zvířecí kosti. Lidské kosti objevené v Jüttnerově jeskyni nasvědčují tomu, že Turolď sloužil nejen jako obydlí, ale i jako pohřebiště. Všechny tyto nálezy byly objeveny zejména v jeskyních, ale archeologické artefakty se nacházely například i na jihovýchodním svahu kopce, kde se našly artefakty kultury zvoncovitých pohárů, jako například kostěný knoflík a kamenné destičky [15, 26, 27, 28, 29, 30].



Obrázek 6: Vnitřní část Turolďovy jeskyně ze severu [15].

Mimo sporadické doklady z paleolitu byly v jeskyni a blízkém okolí nalezeny početné doklady přítomnosti člověka od starého neolitu po vrcholný středověk, přičemž je zastoupena většina hlavních období pravěku. Nálezy byly publikovány především s ohledem na deskripci materiálu [15, 26, 27, 28, 29, 30].

S ohledem na absenci profesionální archeologie v regionu, byly archeologické nálezy pouze sbírány místními dělníky a amatérskými archeology a postupně předávány do muzea. Právě proto jsou historické záznamy o Turolďu nekompletní a mnoho informací bylo zkresleno nebo ztraceno. Nálezy z různých lokalit byly smíchány, což vedlo k mylnému představě o mnohonásobném osídlení jediné, legendární Turolďovy jeskyně. Tento mýtus ovlivnil pozdější výzkumy a interpretace lokality. Ohledně lokální jeskynní morfologie bylo dochováno velmi málo informací, podle souhrnu Olivy (2020) [15] se jednalo o systém menších propojených jeskyní. Artefakty byly nacházeny nejen v jeskyni, ale i na vrcholu kopce a na jeho svazích. Dokumentace nálezových okolností je buď omezena na samotnou lokalitu, nebo v lepším případě na specifickou část kopce [15, 26, 27, 28, 29, 30].

4 METODIKA

4.1 Charakteristika použitých typů organického ostřiva

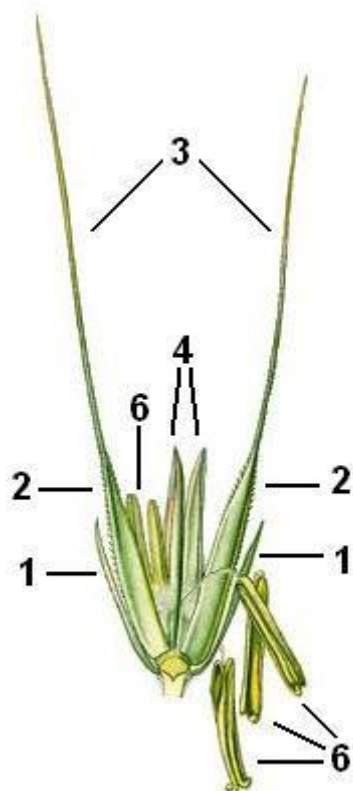
Pro náš experiment jsme potřebovali získat organické ostřivo, které se používalo k výrobě keramiky v neolitu. Vybrali jsme dva druhy ostřiva. Prvním byl kravský hnůj, který jsme získali z volné pastvy na podhorské louce v Hrubém Jeseníku, a druhým plevy z původních odrůd pšenice jednozrnky a dvouzrnky.

Hnůj byl vysušený a obsahoval natrávené zbytky rostlin.

Pšenice jednozrnka je druh původní v jihovýchodní Evropě a jihozápadní Asii, pěstovaný od mladší doby kamenné. Jedná se o jednoletou žlutozelená travu o výšce 80–150 cm. Stébla jsou tenká, pevná, na kolínkách chlupatá, listy úzké, světle až žlutozelené, do 10 mm široké, jazýček se 2 malými oušky. Paklas zploštělý, dvouřadý, hustý, větveno rozpadavé. V kláscích jsou 2 květy avšak pouze jeden je plodný, plevy jsou ostře kýlnaté, trojzubé, pluchy člunkovité s osinou až 10 cm dlouhou. Využívala se jako prastará kulturní plodina. V současnosti se sporadicky hospodářsky využívá pravděpodobně jen v Rumunsku a v několika státech bývalého Sovětského svazu (např. Ukrajina), v mnoha zemích Evropy se však pěstuje v zemědělských muzeích a skanzenech [16].

Pšenice dvouzrnka se v zemědělské kultuře objevuje již před 9,5 tisíci lety, staří Římané z ní připravovali kaši, kroupy a pekli chléb. Na našem území se pěstovala od mladší doby kamenné až do středověku, pak dvouzrnka postupně ustupovala pšenici seté a v pozdním středověku úspěšnějšímu žitu. U nás se tradičně pěstovala v Bílých a Malých Karpatech, kde ji místně nazývali “rýž” a používali ji jako kroupy do polévek, jelit nebo jako přílohu či samostatné jídlo. Ve světě se v současnosti pěstuje v podhorských a horských oblastech Zakavkazska, na Balkánském poloostrově, ve Španělsku, Turecku, Íránu, Jemenu, Indii a severní Africe [17].

Z botanického hlediska patří rod pšenice do čeledi lipnicovité, obecně jsou zástupci této čeledi často označovány jako trávy. Lipnicovité jsou charakterizovány hlavně kolénkatými stébly, štíhlými listy, jejichž báze obepíná stéblo jako pochva, a hlavně jedinečným typem květenství, jehož základem jsou tzv. klásky. Klásky jsou jedno- nebo vícekvěté jednotky podepřené dvěma listeny (plevami), každý z nenápadných kvítků v klásku je podepřen ještě pluchou a pluškou. Plodem lipnicovitých je obilka [18]. Stavba květu je znázorněna na obr. 7.



Obrázek 7: Příklad dvoukvětého klásku trav, 1-plevy, 2-pluchy, 3-osiny, 4-plušky, 6-tyčinky. Obrázek převzat z [19].

4.2 Příprava organického ostřiva

Poté co se nám podařilo získat vzorky jak pšenice jednozrnky, tak pšenice dvouzrnky (poskytl nám je archeobotanik Petr Kočár), bylo potřeba oddělit obilky od plev a ostatních obalů, protože právě tento materiál byl používán jako příměs při výrobě keramiky v neolitu. Postup oddělování obilek je vidět na obrázku 8. Písmena a, c, e, g, ch, j zobrazují pšenici jednozrnku, písmena b, d, f, h, i, k pšenici dvouzrnku. Na obrázcích a, c, b, d je obilka uzavřená v obalech, na obrázcích e, f, ch, i jsou volné obilky, na obrázcích g, h jsou obaly zbylé po vytažení obilky zahrnující převážně plevy a pluchy s osinami (pro zjednodušení dále používáme pro všechny obaly pouze termín plevy) a na obr. j, k jsou jednotlivé obaly s měřítkem.

Pro náš experiment byly použity právě obaly vyfotografované na obrázcích g, h. Ty byly následně přidány do hliněných cihlíček.



Obrázek 8: Typy použitých pšeníc: (a, c, e, g, ch, j) – jednoznrka; (b, d, f, h, i, k) – dvouzrnka.

4.3 Výroba hliněných cihliček

Dalším krokem práce bylo vyrobit dvě hliněné cihličky, jednu s příměsí plev a druhou s příměsí hnoje (obr. 9). K tomu jsem použila 3 základní suroviny, a to jílovou hlínu (pocházela od OSVČ Rudolfova hlína z Prahy Kbely), dále již zmíněné plevy starobylých odrůd pšenice jednozrnky a dvouzrnky a poslední složkou byl vysušený kravský hnůj.

Nejprve bylo potřeba zpracovat hlínu hnětením. K tomu mi posloužila pevná, hladká a čistá podložka. S hlínou jsem pracovala do té doby, než se stala dostatečně poddajnou na to, abych do ní mohla něco přimísit. Pak jsem ji rozdělila do dvou stejných částí a ty jsem vypracovala v rovnoměrně tlustou placku.

Do části hlíny, která byla použita k výrobě první cihličky, jsem přidala plevy pšenice jednozrnky smíchané s plevami pšenice dvouzrnky (zhruba 30 ml). Do druhé části hlíny, použité k výrobě druhé cihličky, jsem přidala sušený hnůj (rovněž zhruba 30 ml). Pak bylo nutné cihličky zformovat. To jsem udělala pomocí dřevěné formy o rozměrech 10 x 5,5 x 2,5 cm. Do ní jsem vložila směs hlíny s oštrivem a vytvarovala jsem směs tak, aby odpovídala formě. Následně jsem ji z formy jen opatrně vytáhla a rukama dotvořila detaily (uhlazení hran, stran atd.).

Když byly cihličky vytvořeny, nechala jsem je sušit čtyři dny na vzduchu při pokojové teplotě. Poté byly vloženy na 24 hodin do sušičky na 90°C. Z vysušených cihliček byly v laboratoři vytvořeny výbrusové preparáty o šířce 35 µm a o rozměrech 4,5 x 2,5 cm, které jsme pro naše účely označili jako P0 (plevy nevypálené) a H0 (hnůj nevypálený).



a



b



c



d



e



f

Obrázek 9: Výroba cihlíček pro budoucí mikroskopování: (a, c, e) – s přidavkem plev; (b, d, f) – s přidavkem hnoje.

Následně byly cihličky vloženy do pece (obr. 10) a vypáleny. Výpal probíhal na 600 °C po dobu 30 minut. Z vypálených vzorků byly rovněž zhotoveny výbrusové preparáty o šířce 35 μm a o rozměrech 4,5 x 2,5 cm.

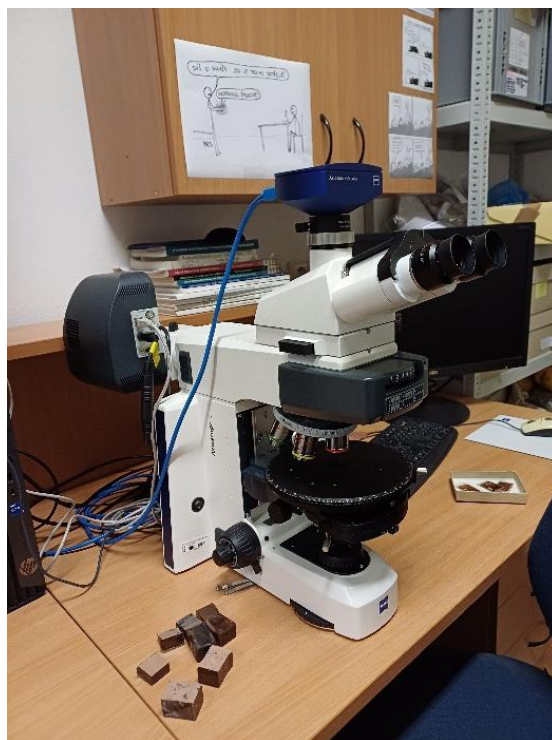


Obrázek 10: Pec použitá k výpalu výbrusových preparátů.

4.4 Mikroskopie

Zhotovené výbrusy byly studovány metodou optické mikroskopie polarizačním mikroskopem Zeiss Axiscope 5 (obr. 11), pomocí kterého jsme pořídili i mikrofotodokumentaci.

Mikrofotodokumentace byla vytvořena díky schopnosti softwaru mikroskopu zachytit pohled z mikroskopu jako fotografii a uložit ji. Těchto fotografií bylo vytvořeno více na jednom výbrusovém preparátu, a to buď posunutím zkoumaného preparátu tak, aby byla vidět jeho jiná oblast, případně změnou objektivu nebo dalším nastavením parametrů.



Obrázek 11: Polarizační mikroskop Zeiss Axiscope 5.

Nejprve jsme preparáty pozorovali pod procházejícím a odraženým světlem. Následně jsme využili i fluorescenčního světla mikroskopu, kdy jsme jednotlivé výbrusy zkoumali na přítomnost fluorescence.

4.5 Fluorescence

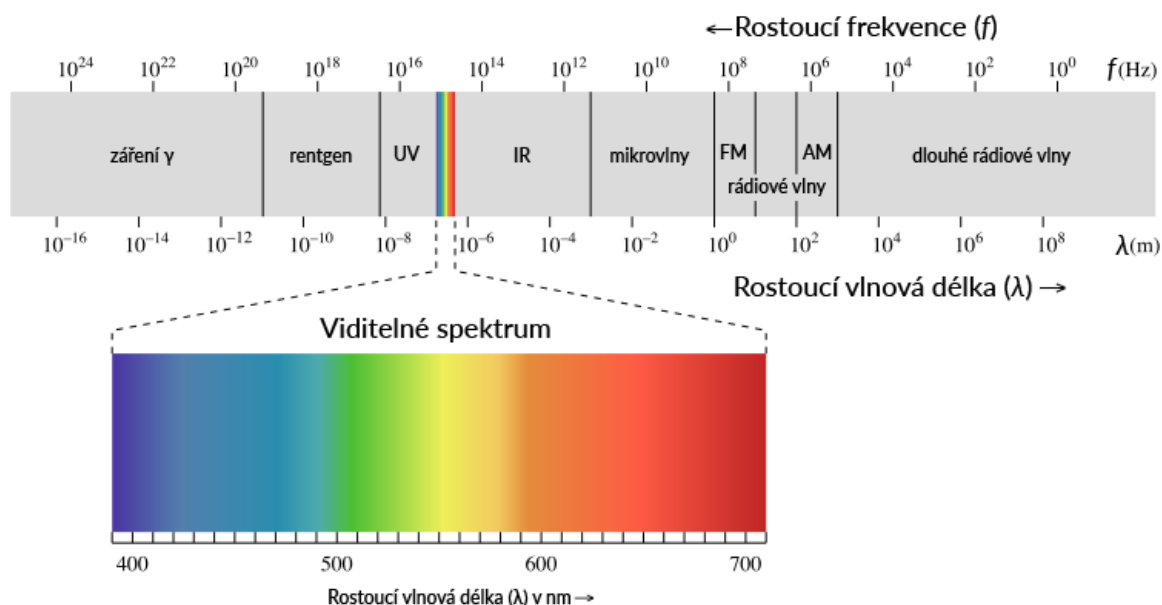
Fluorescenční mikroskopie je klíčovou metodou pro analýzu organických materiálů, fytolitů a popela v archeologickém kontextu. Lignifikované tkáně vykazují při UV excitaci hnědou fluorescenci, zatímco kutinizované a suberizované buňky mají bělavý odstín. Parenchymatické tkáně při modré excitaci fluoreskují hnědavě nebo červeně, přičemž mladé buňky, například kořenové špičky, vykazují modrou fluorescenci pod UV světlem. Proces humifikace postupně mění fluorescenční barvu lignifikovaných tkání na bělavou, až fluorescence zcela zmizí. Tento efekt mohou maskovat humusové sloučeniny, ale jejich vliv lze částečně eliminovat chlornanem sodným [20, 21]. Fytolity, především kalcitické, fluoreskují za určitých podmínek, například v půdách typu podzol a sopečném popelu [22]. Fluorescenční mikroskopie rovněž pomáhá detekovat rostlinné zbytky a exkrementy býložravců. Dále bylo zjištěno, že vlastnosti fluorescence u některých materiálů, například ulit, se mohou měnit vlivem hoření, což vyžaduje další výzkum [23].

Na našich preparátech jsme sledovali, zda použité vzorky obsahují látky, které mají schopnost po ozáření světlem o kratší vlnové délce (excitační záření) emitovat světlo o delší vlnové délce [24]. Toto zkoumání proběhlo na nezakrytých částech našich výbrusů, protože

mikroskopická sklíčka obvykle kryjící povrch zkoumaného objektu by fluorescenční světlo rozptýlila, a tím by zhoršila nebo znemožnila pozorování fluorescence u našich vzorků.

Preparáty jsme zkoumali pod dvěma různými vlnovými délkami světla (obr. 12). Prvním bylo světlo o vlnové délce 385 nm. To spadá do kategorie ultrafialového světla, konkrétně do kategorie UVA o vlnové délce 315 až 400 nm a pro lidské oko je neviditelné.

Druhým světlem bylo světlo s vlnovou délkou 475 nm, které řadíme do viditelného spektra, konkrétně se jedná o světlo modré. Toto světlo je součástí běžného bílého světla.

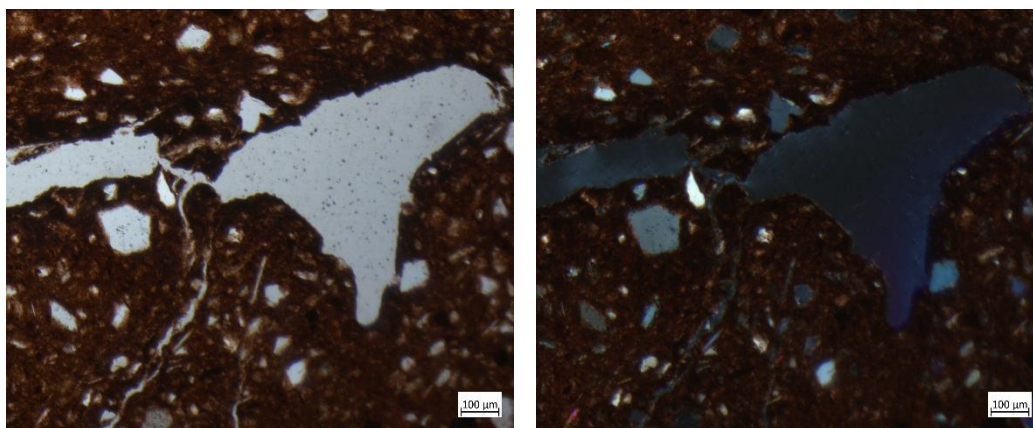


Obrázek 12: Barevné spektrum. Obrázek převzat z [25].

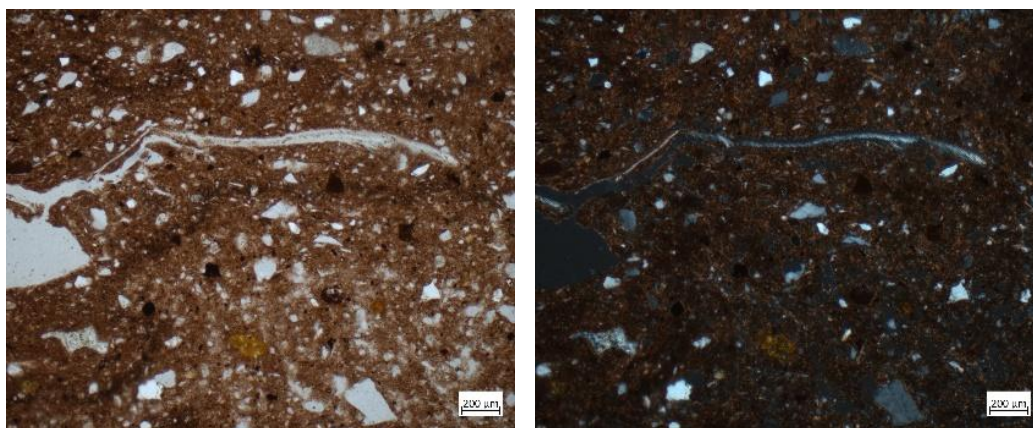
5 VÝSLEDKY

U všech výbrusových preparátů jsme pozorovali rozdíly mezi dvěma typy organického ostřiva – plevami a hnojem. Rovněž jsme pozorovali rozdíly ve vzhledu hmoty způsobené výpalem, tzn. srovnávali jsme výbrusy, které byly pořízeny před výpalem a těmi, které byly vypáleny na 600 °C.

Jak u výbrusů s plevami, tak u výbrusů s hnojem vidíme, že u obou převládá základní hmota neboli matrix (obr. 14), zde se konkrétně jedná o červenohnědou jílovou hlínu, která byla na výrobu cihliček použita. Dále jsou ve vzorcích patrné anorganické inkluze (= úlomky) hornin a minerálů, které byly již předtím pravděpodobně součástí hlíny. Rovněž je zde přítomno větší množství pórů (obr. 13). Póry neboli prázdná nevyplněná místa mohla vzniknout např. tam, kde se původně nacházely vzduchové kapsy nebo například tím, že organické ostřivo z místa vypadlo při procesu výroby výbrusového preparátu. Rovněž, pokud se jednalo o vzorek vypálený, mohla organická hmota buď částečně nebo zcela vyhořet.



Obrázek 13: Výbrusové preparáty s příměsí plev, vypálené (P600). Patrné jsou zejména komůrkovité póry bez organického ostřiva. Vlevo je snímek v procházejícím polarizovaném světle (ppl) a vpravo ve zkřížených nikolech (xpl).



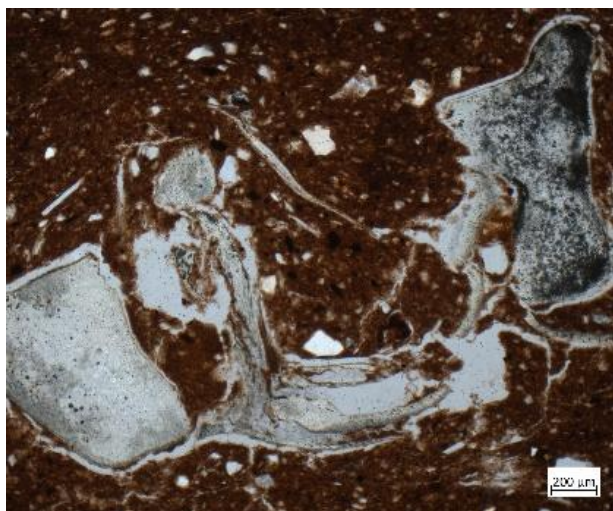
Obrázek 14: Výbrusové preparáty s příměsí plev, nevypálené (P0). Vzorek je tvořen většinou z matrixu spolu s anorganickými inkluzemi. Vlevo je snímek v procházejícím polarizovaném světle (ppl) a vpravo ve zkřížených nikolech (xpl).

5.1 Výbrusové preparáty s příměsí plev

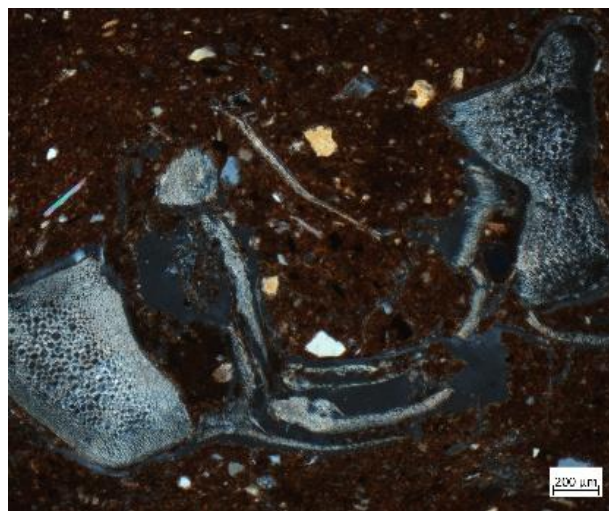
Výbrusové preparáty, ve kterých jako organické ostřívo byly použity plevy, vznikly dva. První, který byl pouze vysušen a nebyl vypálen, s označením P0 (obr. 15, 16). Druhý, který byl vypálen při teplotě 600 °C, a byl označen P600 (obr. 17, 18).

U vzorku, při kterém neproběhl výpal, je možné dobře sledovat organické inkluze (obr. 15, 16). V tomto případě se jedná o plevy, které byly do hmoty přidány. Právě u nich lze velmi zřetelně spatřit jejich buněčnou strukturu, která je například na první dvojici obrázku 15 (a, b) tvořená sklerenchymem. A na stejné dvojici můžeme vidět i bazální část pluchy pšenice. Zatímco na druhé dvojici snímků z obrázku 15 (c, d) lze pozorovat podélný řez pluchou. Na některých obrazech je možné spatřit i fytolity. Ty jsou vidět nejlépe na poslední dvojici snímků obrázku 15 (e, f), kde se jedná o takzvané fytolity dendritické.

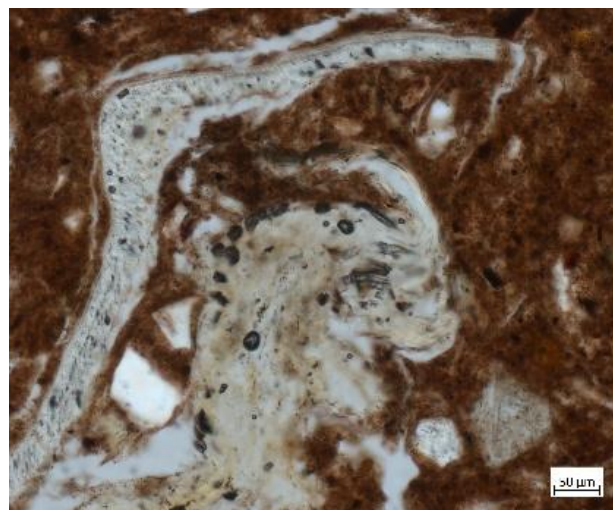
Po výpalu, ale většina organické hmoty vyhořela, a to, co zbylo, pak zdegradovalo vlivem vysoké teploty, částečně vyhořelo, částečně zuhelnatělo. To mělo za následek úbytek organické hmoty, její zkompaktnění a vznik nebo rozšíření pórů. Na výbrusech (obr. 17, 18) vidíme tedy převážně prázdné póry, ale je možné spatřit i póry obsahující cosi menšího uvnitř, zde se pravděpodobně jedná o ohořelou organickou hmotu.



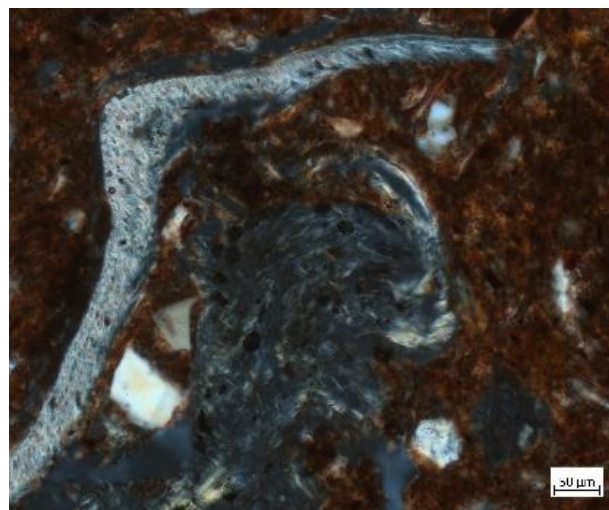
a



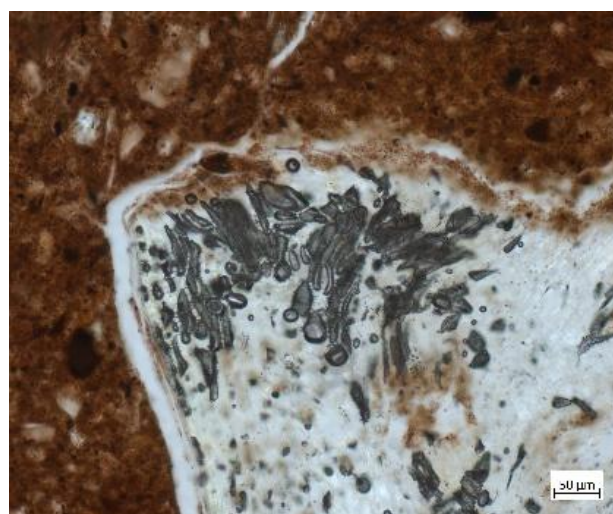
b



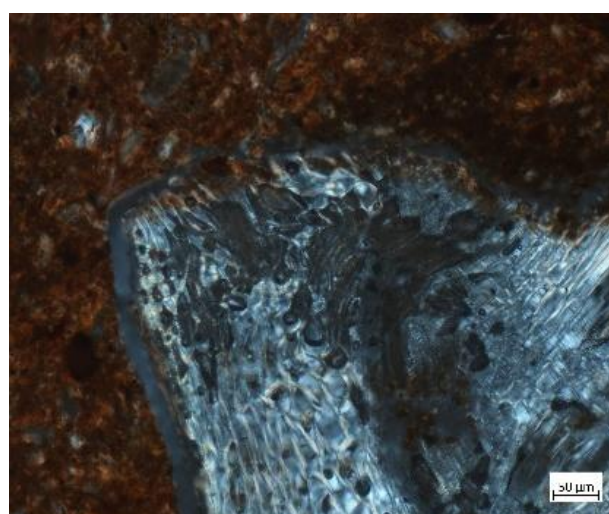
c



d

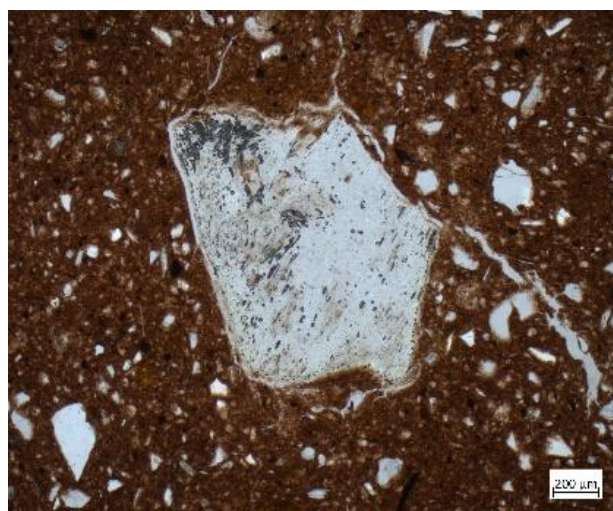


e

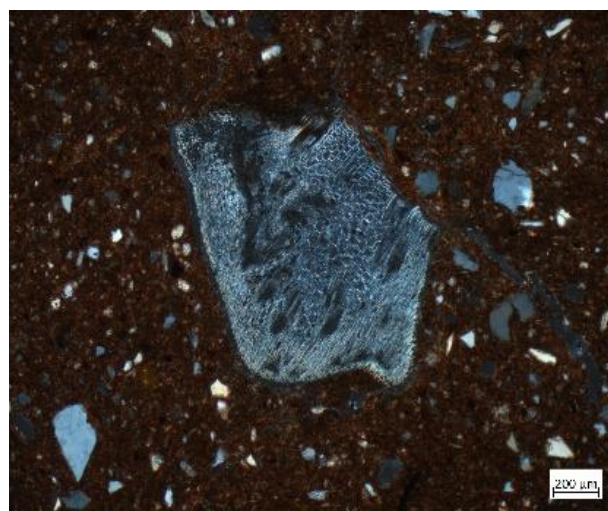


f

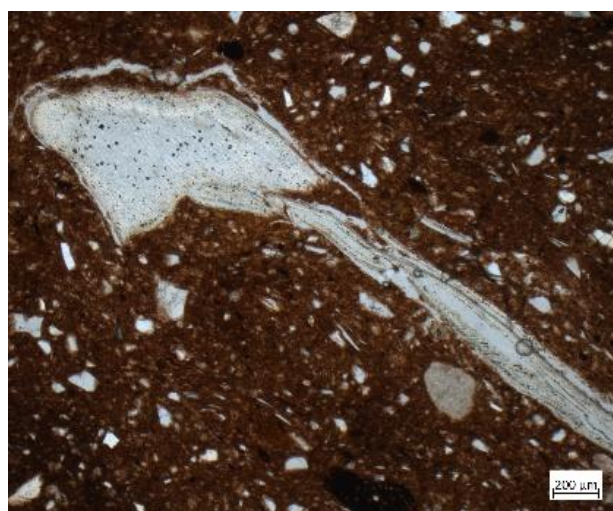
Obrázek 15: Výbrusové preparáty s příměsí plev, nevypálené (P0), část 1. Vlevo jsou snímky v procházejícím polarizovaném světle (ppl) a vpravo ve zkřížených nikolech (xpl).



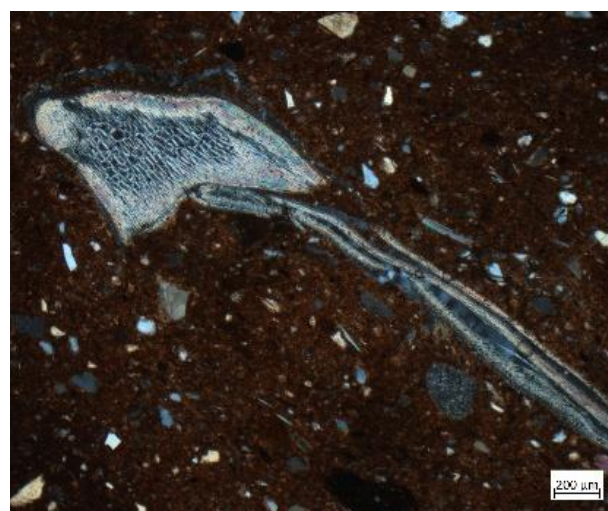
a



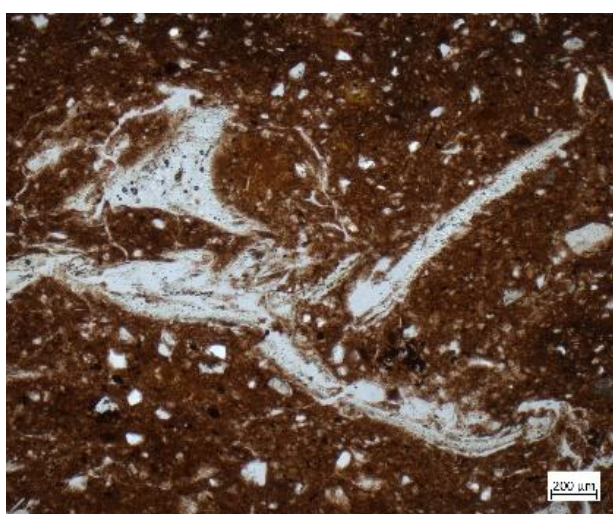
b



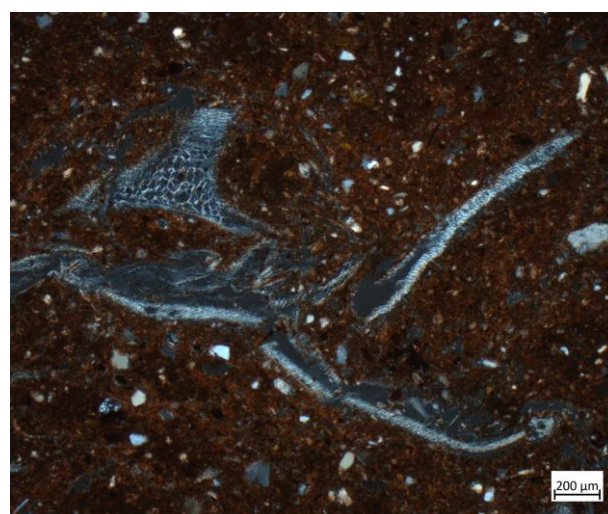
c



d

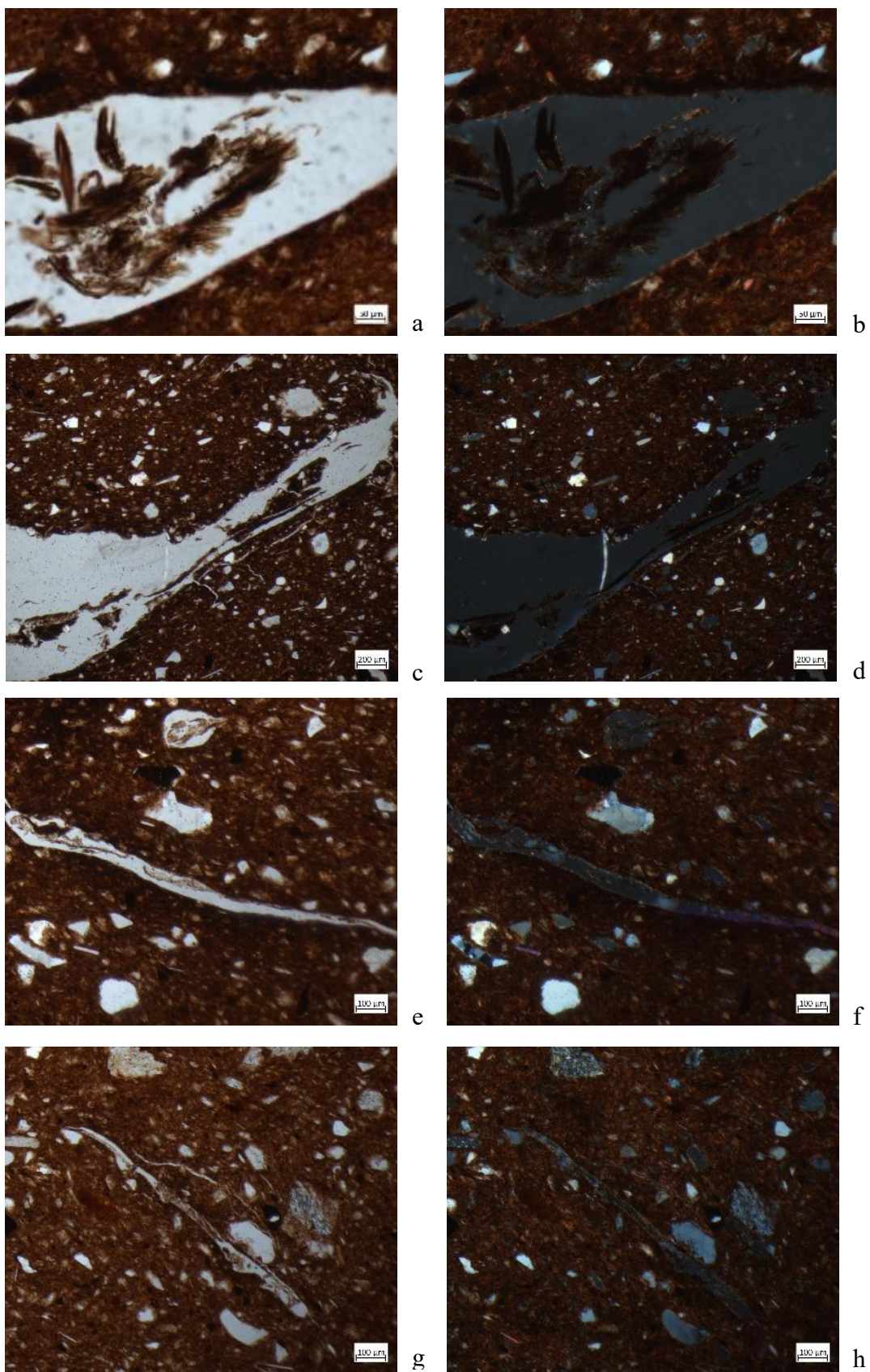


e

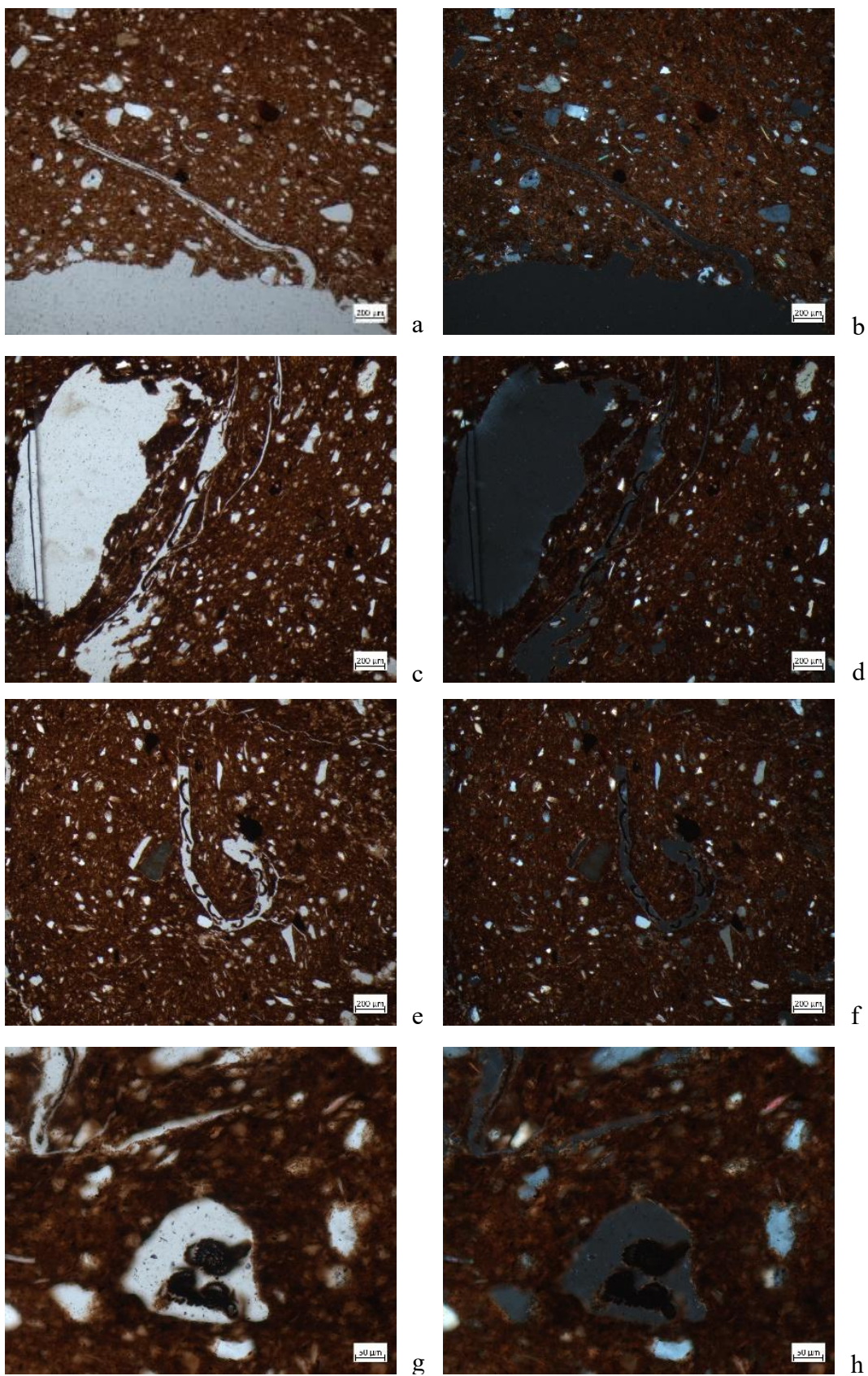


f

Obrázek 16: Výbrusové preparáty s příměsí plev, nevypálené (P0), část 2. Vlevo jsou snímky v procházejícím polarizovaném světle (ppl) a vpravo ve zkřížených nikolech (xpl).



Obrázek 17: Výbrusové preparáty s příměsí plev, vypálené (P600), část 1. Vlevo jsou snímky v procházejícím polarizovaném světle (ppl) a vpravo ve zkřížených nikolech (xpl).



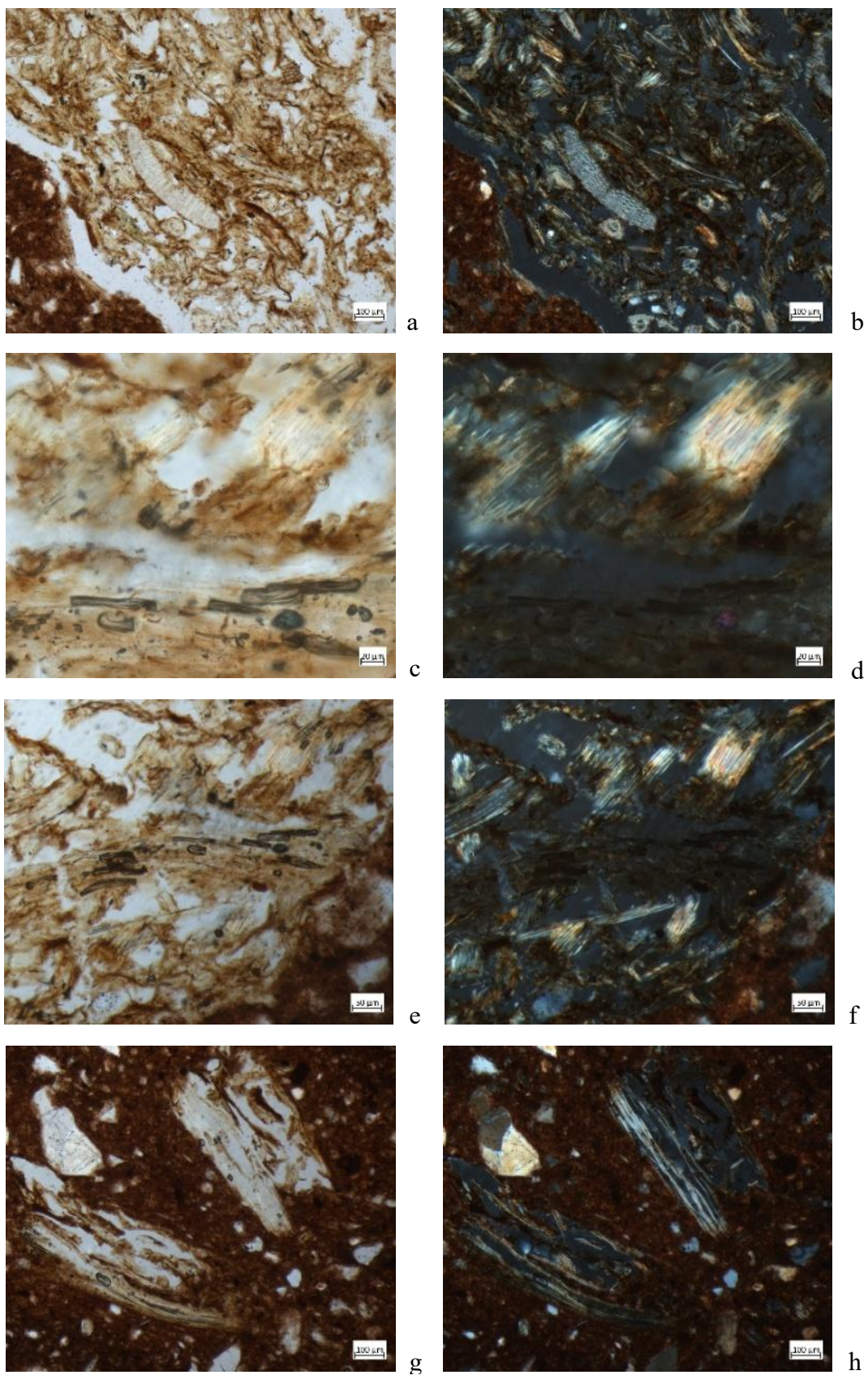
Obrázek 18: Výbrusové preparáty s příměsí plev, vypálené (P600), část 2. Vlevo jsou snímky v procházejícím polarizovaném světle (ppl) a vpravo ve zkřížených nikolech (xpl).

5.2 Výbrusové preparáty s příměsí hnoje

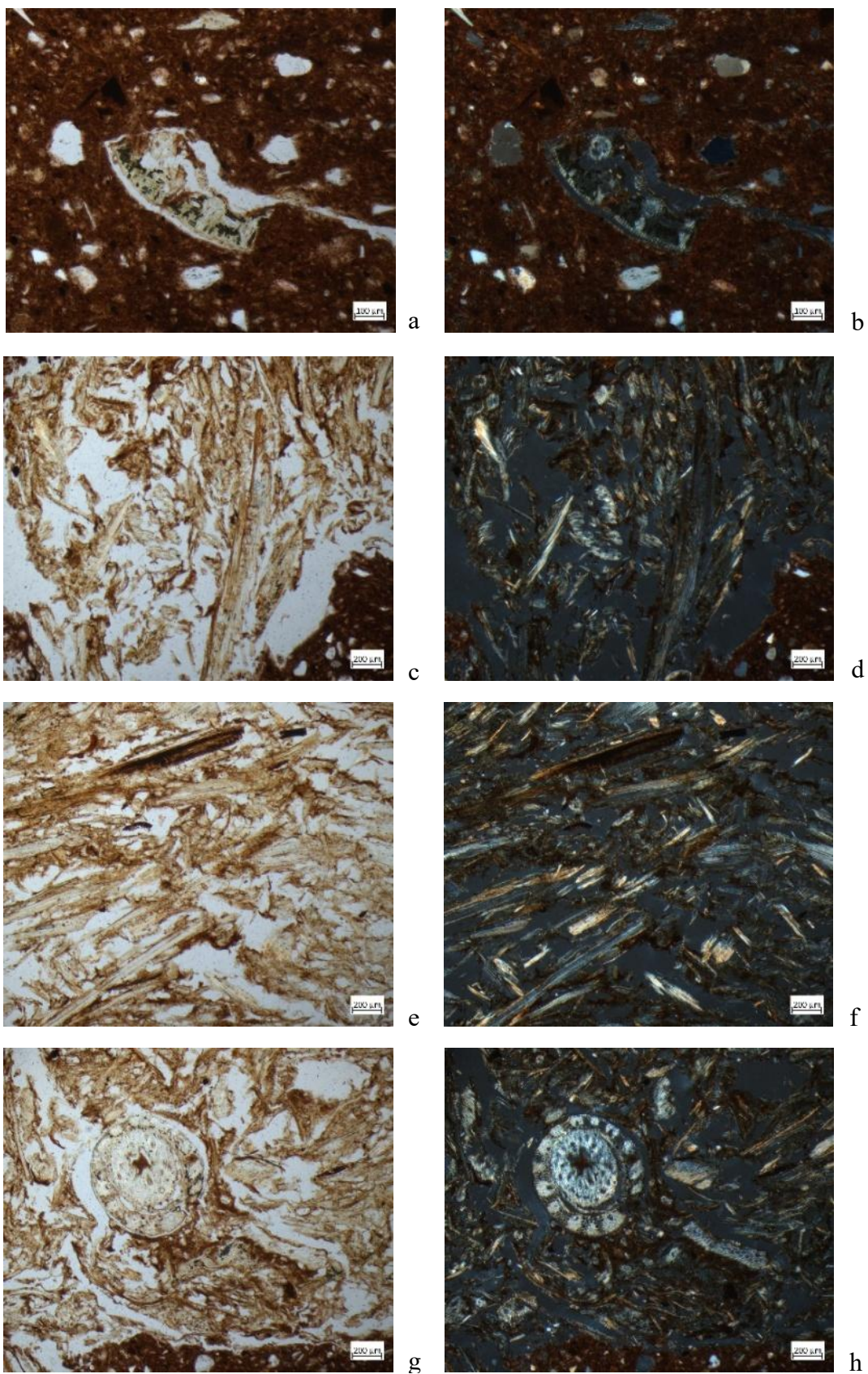
Výbrusové preparáty, ve kterých jako organické ostrivo byl použit hnůj, vznikly dva. První, který byl pouze vysušen a nebyl vypálen, s označením H0 (obr. 19, 20). Druhý, který byl vypálen při teplotě 600 °C, a byl označen H600 (obr. 21, 22).

Ve vzorku H0 můžeme dobře pozorovat organické inkluze (obr. 19, 20). Ty jsou zde tvořeny hnojem, který byl do keramiky přimíchán jako organické ostrivo. Ovšem na rozdíl od P0 (nevypálený vzorek s plevami) (obr. 15, 16) se zde buněčné struktury sledují hůř. Je to proto, že po průchodu rostlin trávícím traktem, došlo k určitým změnám ve struktuře jejich pletiv. Na snímcích tedy vidíme převážně zbytky natrávené a vysušené organické hmoty. Je však možné spatřit i větší kusy, na kterých se dá pozorovat i buněčná struktura. Takové lze nalézt například na obrázku 19 (a, b) a 20 (a, b, g, h). Na obrázku 20 (g, h) je velmi zřetelně vidět dokonce i průřez stéblem dvouděložné rostliny neznámého druhu (podle fytolitů se nejedná o obilí).

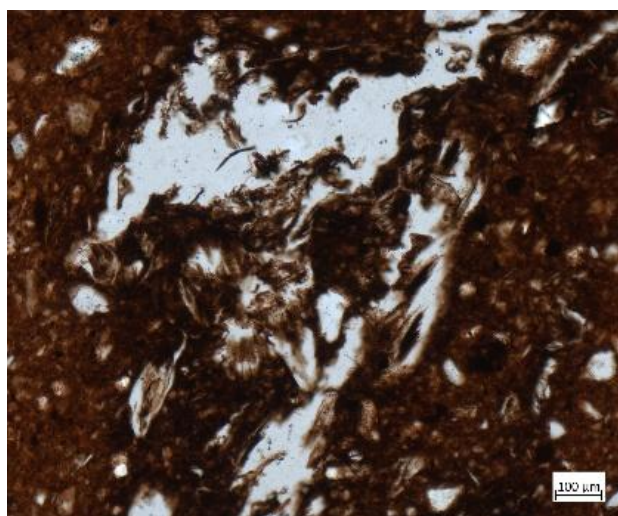
U vypálených vzorků H600 (obr. 21, 22) organika většinou vyhořela a zbylé části zdegradovaly, zkompatněly a zuhelnatěly, také se kolem nich vytvořily větší póry (podíl organické hmoty se zmenšil, a tím vzniklo více místa).



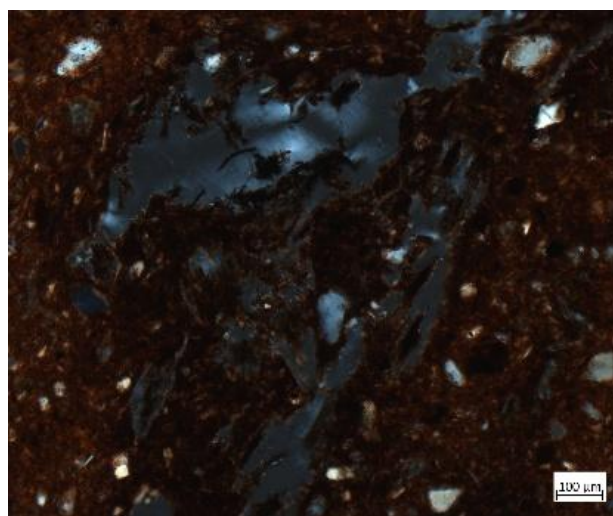
Obrázek 19: Výbrusové preparáty s příměsí hnoje, nevypálené (H0), část 1. Vlevo jsou snímky v procházejícím polarizovaném světle (pp) a vpravo ve zkřížených nikolech (xp).



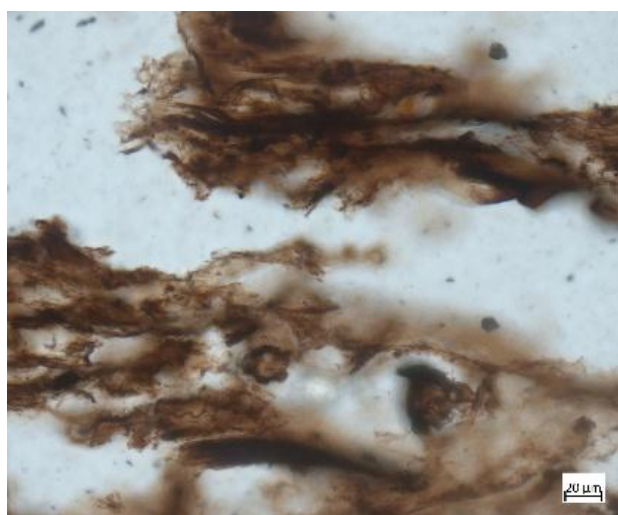
Obrázek 20: Výbrusové preparáty s příměsí hnoje, nevypálené (H0), část 2. Vlevo jsou snímky v procházejícím polarizovaném světle (ppl) a vpravo ve zkřížených nikolech (xpl).



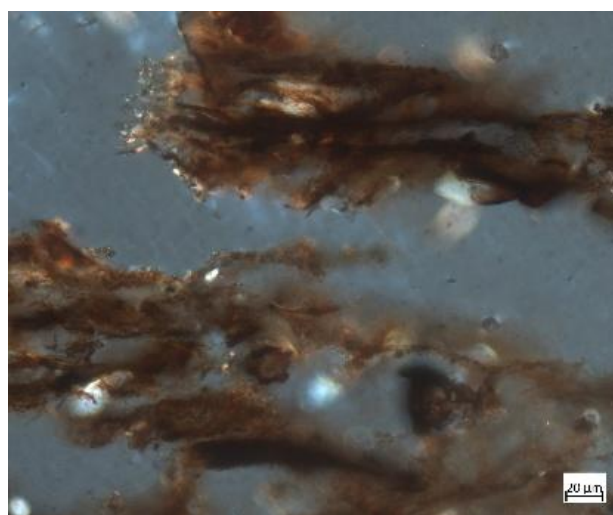
a



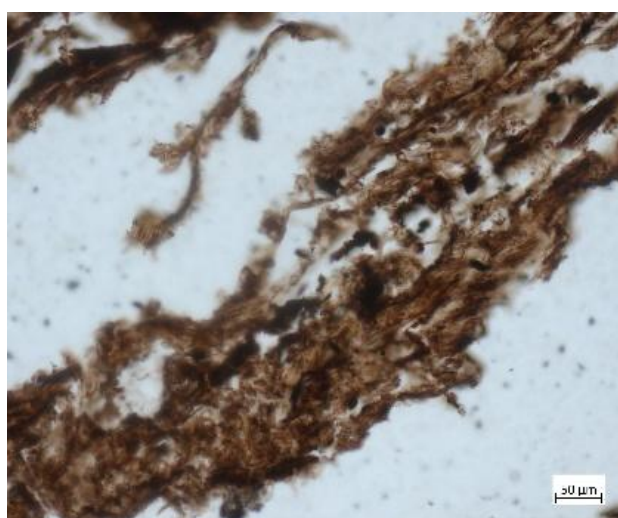
b



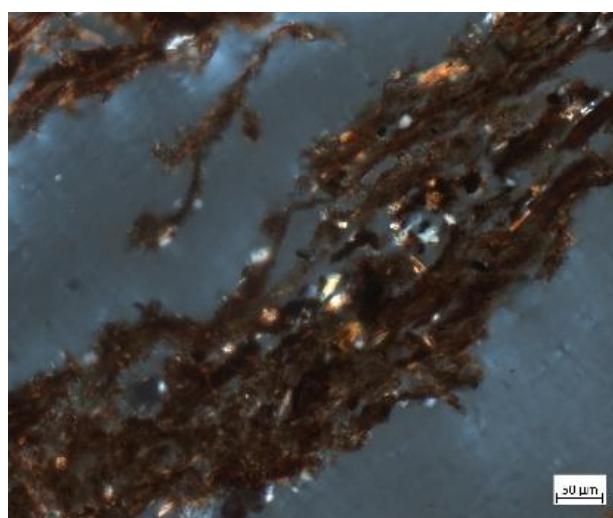
c



d

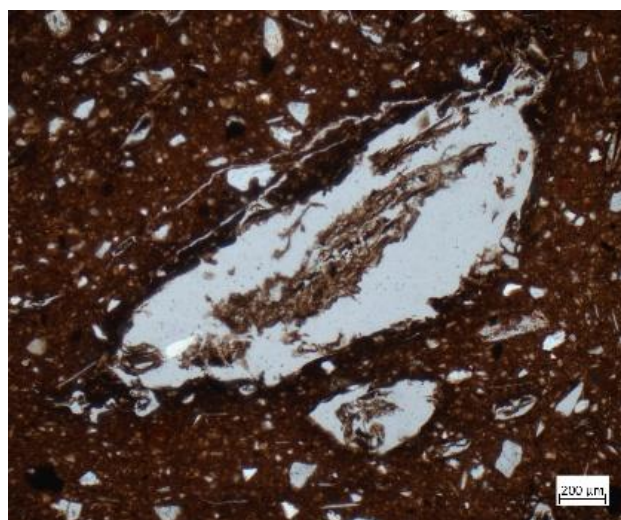


e

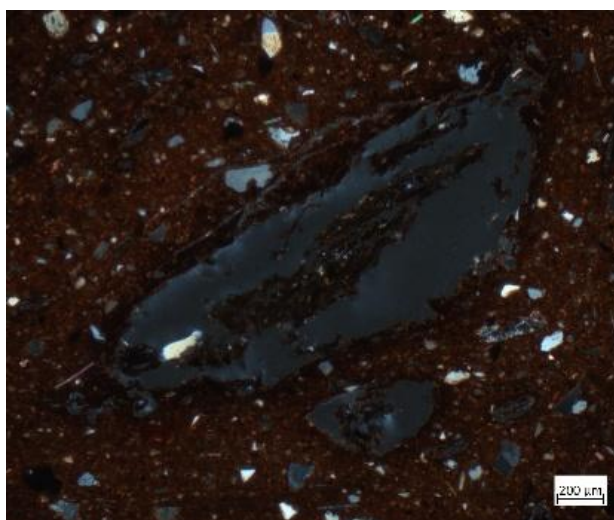


f

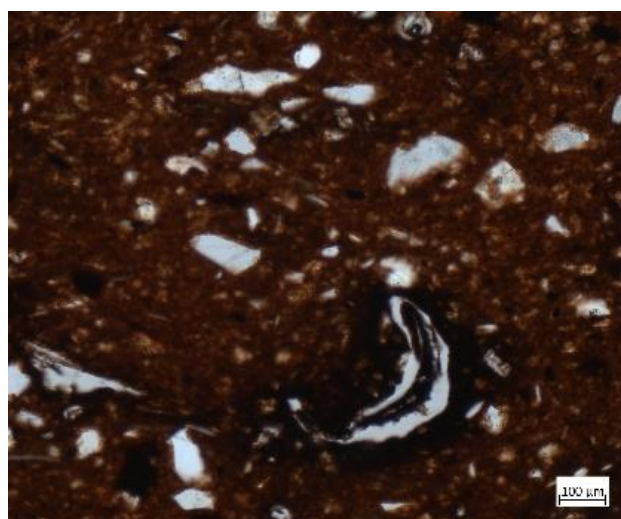
Obrázek 21: Výbrusové preparáty s příměsí hnoje, vypálené (H600), část 1. Vlevo jsou snímky v procházejícím polarizovaném světle (ppl) a vpravo ve zkřížených nikolech (xpl).



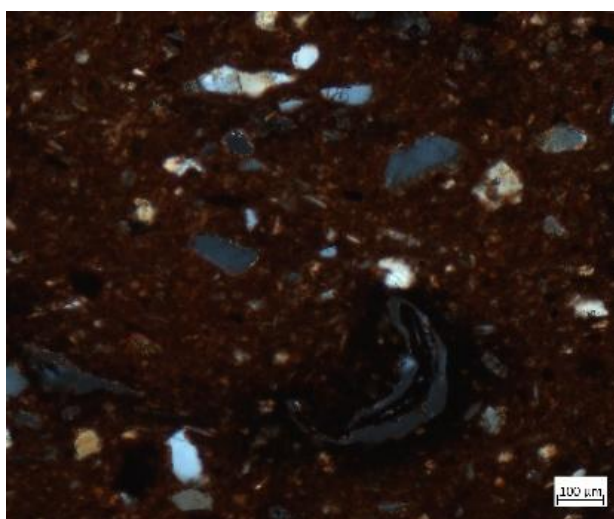
a



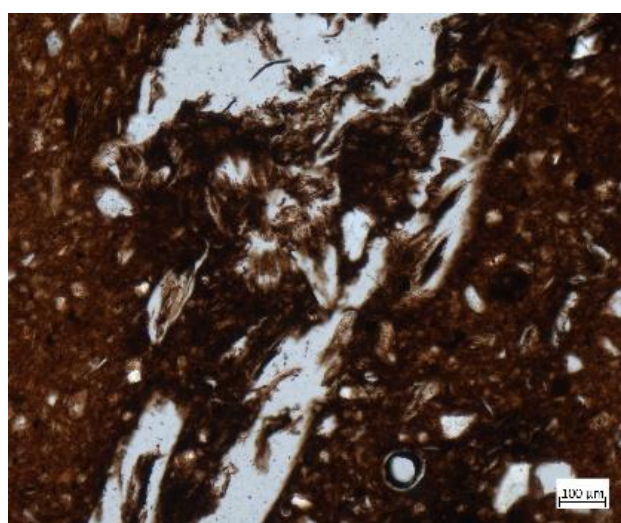
b



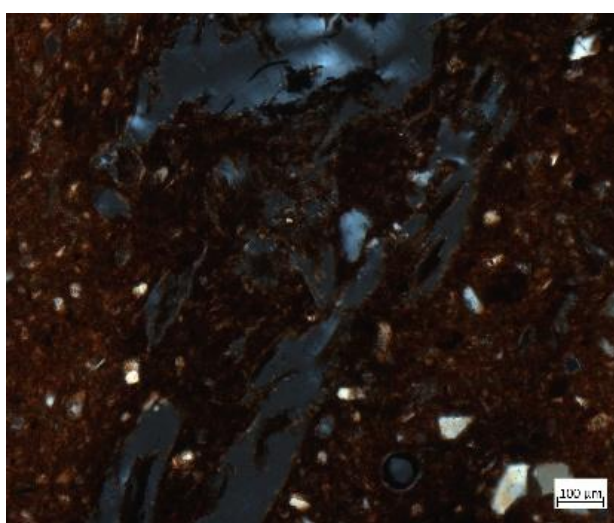
c



d



e



f

Obrázek 22: Výbrusové preparáty s příměsí hnoje, vypálené (H600), část 2. Vlevo jsou snímky v procházejícím polarizovaném světle (ppl) a vpravo ve zkřížených nikolech (xpl).

5.3 Srovnání s neolitickou keramikou

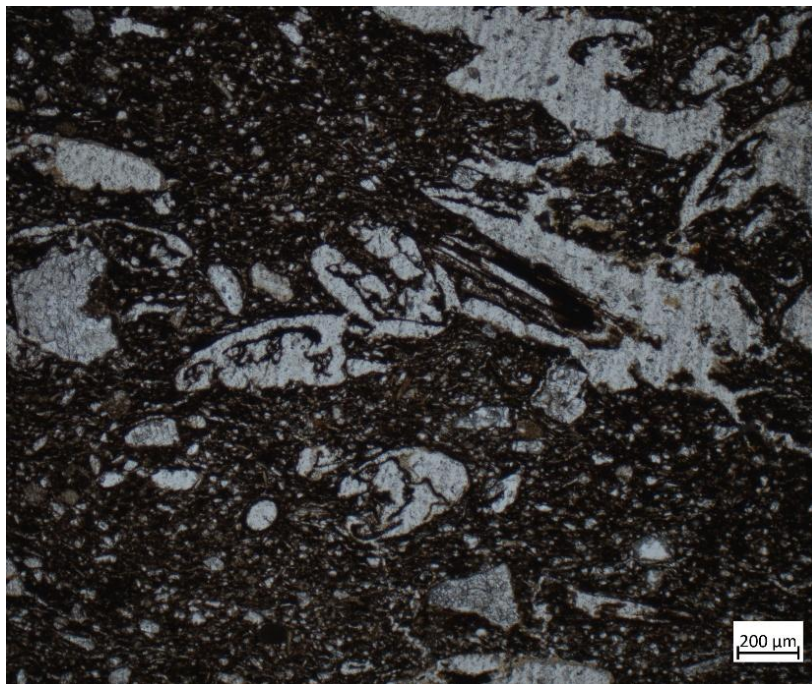
Naše výsledky, konkrétně naši mikrofotodokumentaci výbrusových preparátů cihliček s plevami a hnojem, jsme porovnali s mikrofotodokumentací, kterou jsme si vytvořili z několika výbrusových preparátů vzorků neolitické keramiky. Měli jsme k dispozici jeden výbrusový preparát na každou lokalitu. Ty byly celkem tři, tudíž byly i tři vzorky. Jeden byl z lokality Santovka (vzorek K8), další byl vzorek MH10 z lokality Těšetice-Kyjovice a posledním byl vzorek Turolď 10989 ze skupiny A.

Vzorky neolitické keramiky jsme pozorovali stejným polarizačním mikroskopem (obr. 11) jako jsme použili na zkoumání předešlých vzorků. Stejně tak jsme vzorky sledovali pod stejným světlem, ovšem zde jsme více využívali možnosti zkoumat vzorky pomocí fluorescenčního světla.

5.3.1 Santovka

Výbrusový preparát z této lokality (obr. 23) je z největší části tvořen samotnou matrix, tedy základní hmotou. Nejpravděpodobněji se jednalo o jílovo-prachovitou hlínu, která ovšem oproti hlíně, kterou jsme použili v našem experimentu, obsahuje na první pohled anorganické inkluze většinou výrazně menších rozměrů, než bylo možné vidět u námi vyrobených preparátů. Vedle toho jsou zastoupeny úlomky hornin (andezity), křemen, slídy a živce.

Dále zde můžeme pozorovat póry, které zřejmě zbyly po nějaké organické inkluzi, či vznikly během mísení hlíny s použitým ostřivem nebo při formování samotného tvaru keramiky.



Obrázek 23: Neolitická keramika ze Santovky se zbytky organické hmoty.

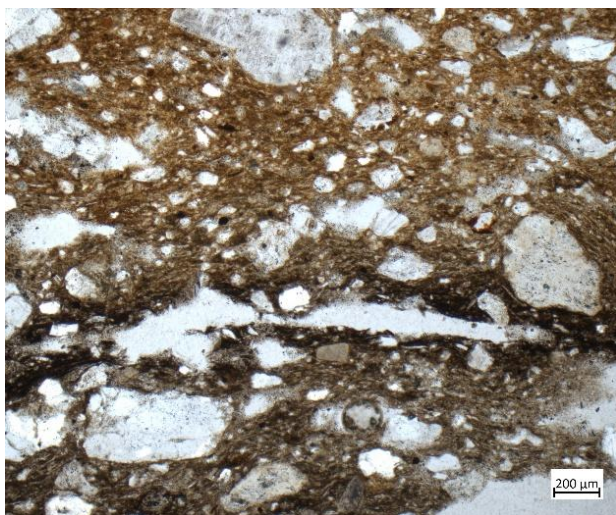
Třetí a podstatou součástí výbrusu jsou organické příměsi, které se nachází v některých pórech. Zde se jedná o příměsi rostlinného původu, velmi dobře zde můžeme pozorovat průřezy listem trávy *Festuca* (kostřava). Organické ostřívo ve vzorku tedy odpovídá stonkům a listům trav a v tomto ohledu se neliší žádnému z experimentálních vzorků. Samotné zuhelnatělé organické zbytky jsou morfologicky dobře identifikovatelné a úbytek vyhořením se zdá být relativně nižší než v případě experimentálních cihlíček s příměsí plev a hnoje vypálených na 600 °C.

5.3.2 Těšetice-Kyjovice

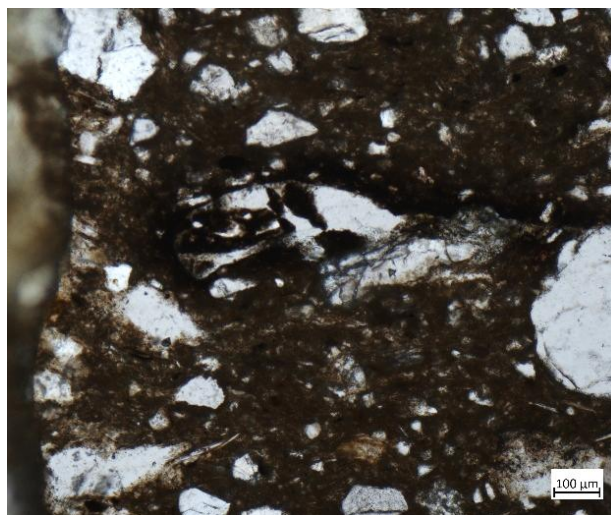
Ve výbrusovém preparátu keramiky z Těšetic-Kyjovic (obr. 24, 25), který máme k dispozici, vidíme, že hlína použitá k výrobě tohoto objektu, byla pravděpodobně též jílovo-prachovitá. Ovšem oproti vzorkům z našeho experimentu obsahuje více anorganických inkluzí (úlomků hornin či minerálů) a to o rozměrech prachu až písku.

Na výbrusu z obrázku 24 vidíme kromě matrixu také pór, který je zřejmě pozůstatkem po nějaké organické hmotě, která zmizela buď v důsledku výpalu nebo došlo k její ztrátě během procesu vytváření výbrusového preparátu.

Zatímco na obrázku 24 vidíme protáhlý prázdný pór, na obrázku 25 pór obsahuje zdegradované, zkompatnělé a zuhelnatělé zbytky organického materiálu.



Obrázek 24: Neolitická keramika z Těšetic-Kyjovic s pórem po neznámé organické hmotě po výpalu.



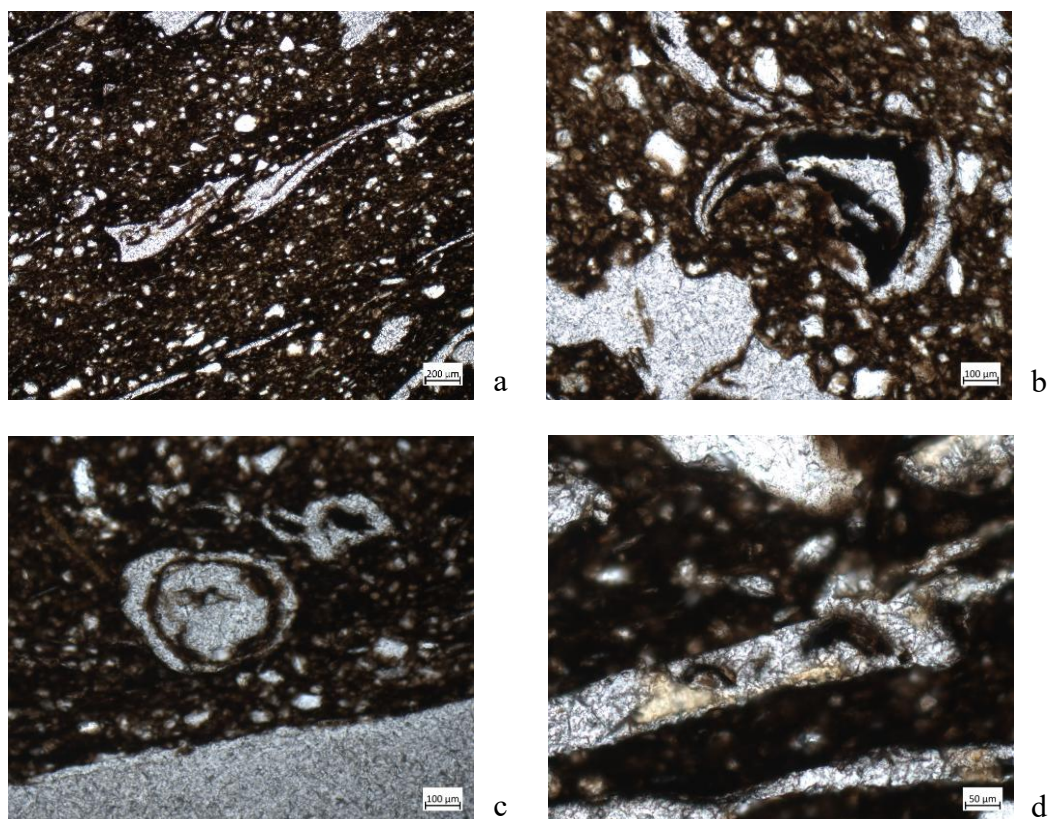
Obrázek 25: Neolitická keramika z Těšetic-Kyjovic s pórem s neznámou organickou hmotou po výpalu.

5.3.3 Tuold

Z této lokality máme k dispozici čtyři snímky výbrusového preparátu (obr. 26). Všechny čtyři obsahují matrix, póry a organické ostřivo.

Základní hmota je zde na první pohled dost podobná té, kterou jsme použili v našem experimentu. Barvou se sice liší, má zde spíše černé odstíny, zatímco hlína v našem experimentu je hnědá až načervenalá. Ovšem četnost a velikost anorganických inkluzí (hornin a minerálů) se zde jeví velmi podobně.

Můžeme zde spatřit jak póry prázdné, tak póry vyplněné organickým ostřivem. Póry obsahující nějakou organickou hmotu lze pozorovat v centru všech čtyř snímků. Na obrázku 26 (a) vidíme útvar tvarem připomínající osinu, jedná se však pouze o odhad založený na tvaru póru a zbytků organické hmoty v něm. Na obrázku 26 (c) pak můžeme zcela jasně pozorovat průřez stonkem nějaké neznámé rostliny. O jakou rostlinu se v tomto případě jedná, však nejsme schopni určit, můžeme pouze říct, že měla stonek kulovitěho tvaru. Jinak je ovšem organická hmota vlivem výpalu velmi poškozená a jednotlivé části mohou být identifikovány pouze odborníky.



Obrázek 26: Neolitická keramika z Tuoldu se zbytky organické hmoty po výpalu.

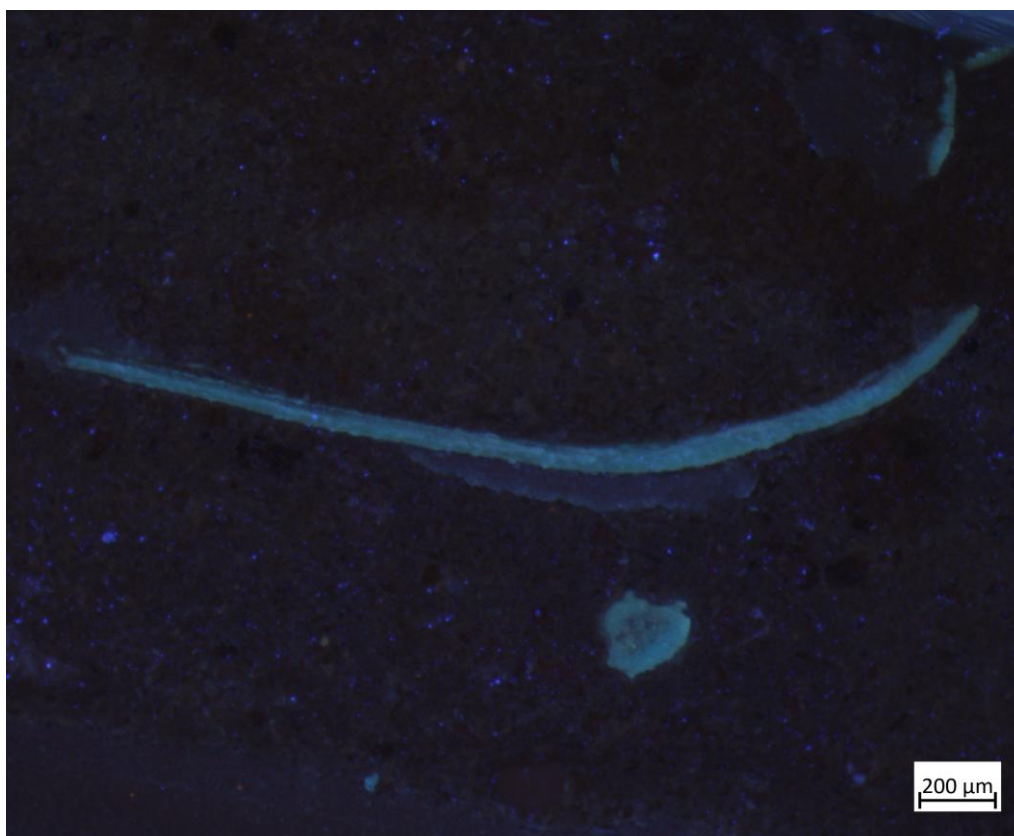
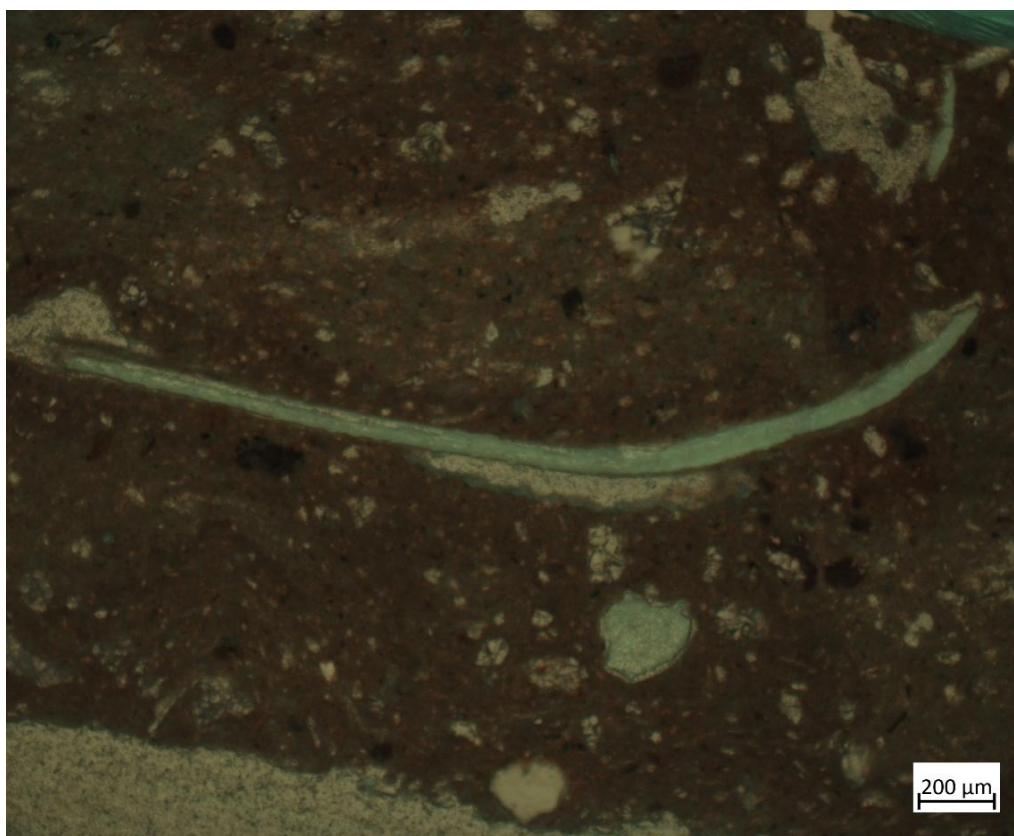
5.4 Fluorescence

5.4.1 Fluorescence vzorků s příměsí plev

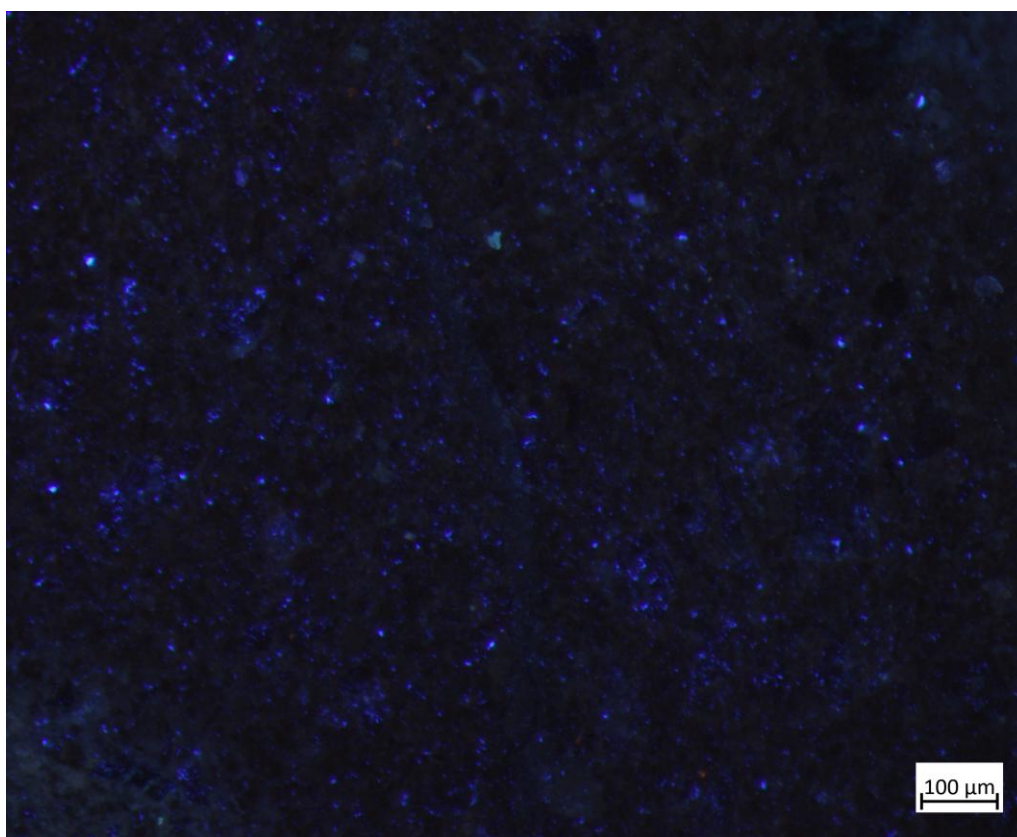
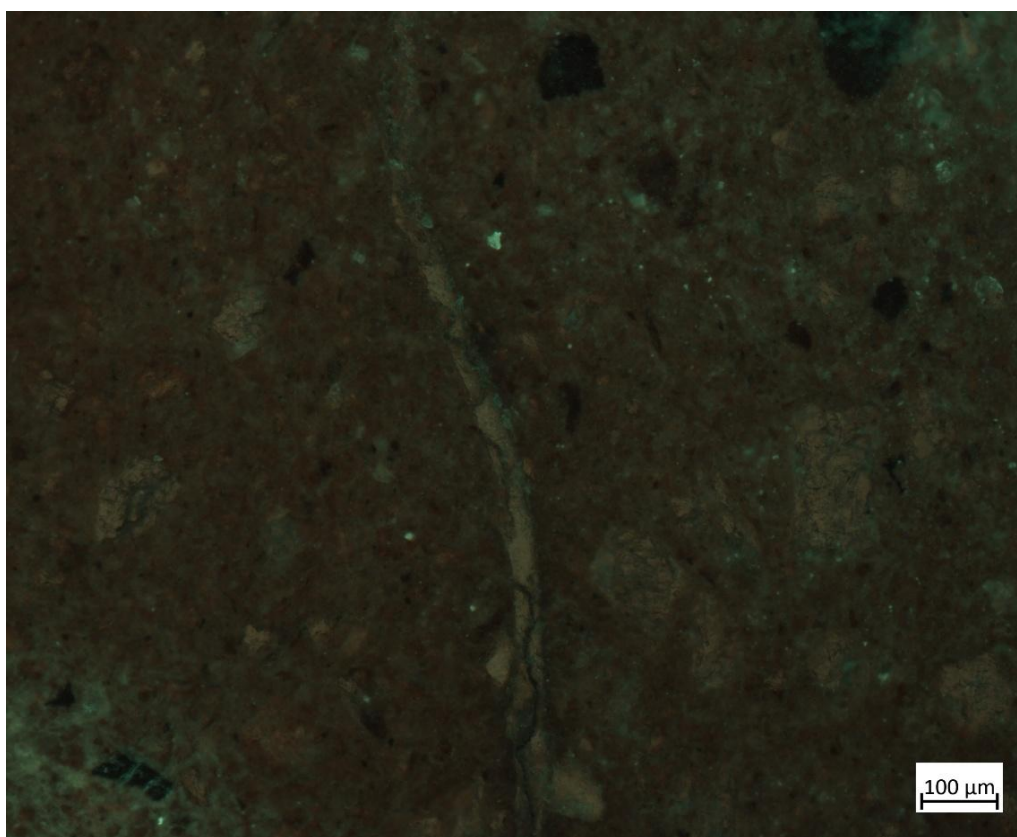
Fluorescenčními světly, o vlnové délce 385 nm a 475 nm, jsme zkoumali výbrusové preparáty s příměsí plev dvojího typu, a to jeden výbrus nevypálený (P0) (obr. 27) a druhý vypálený (P600) (obr. 28).

U nevypáleného preparátu (P0) (obr. 27) je možné pozorovat přítomnost organiky, která velmi dobře reaguje na světla obou vlnových délek. Na obrázku 27 je jasně vidět podlouhlý tenký objekt organického původu, který za přítomnosti fluorescenčního světla světélkuje. V tomto případě se konkrétně jedná o řez osinou. Tento jev je o něco lépe vidět za použití modrého světla (475 nm), kdy je možné tuto organickou hmotu pozorovat zřetelněji než za použití UVA světla (385 nm).

Na druhou stranu u vypáleného vzorku (P600) (obr. 28) téměř veškerá fluorescence mizí, můžeme ji pozorovat pouze u anorganických materiálů přítomných v hlíně použité k výrobě preparátu. Ty však nejsou cílem našeho zkoumání. Lze tedy konstatovat, že fluorescence u plev, obsažených v naší keramice jako organické ostrůvo, po výpalu na 600 °C mizí.



Obrázek 27: Fluorescence výbrusových preparátů s příměsí plev, nevypálené (P0). 1 – 385 nm, 2 – 475 nm.



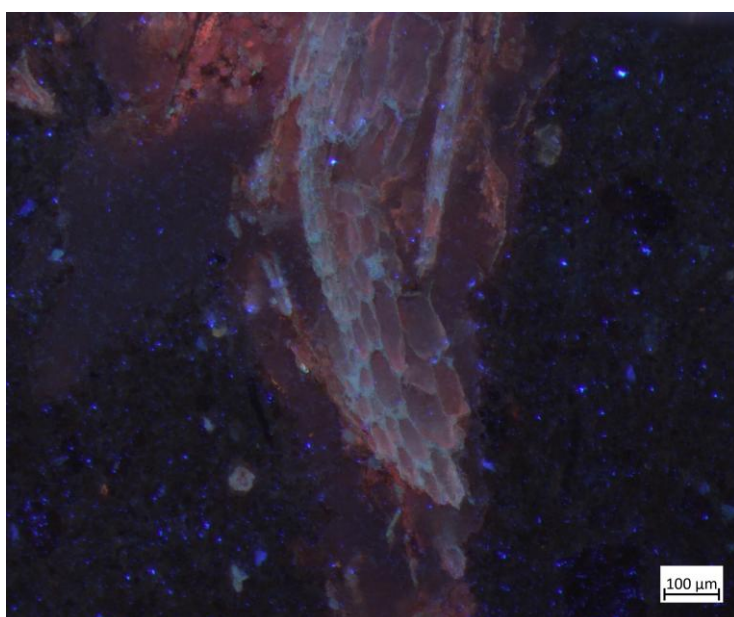
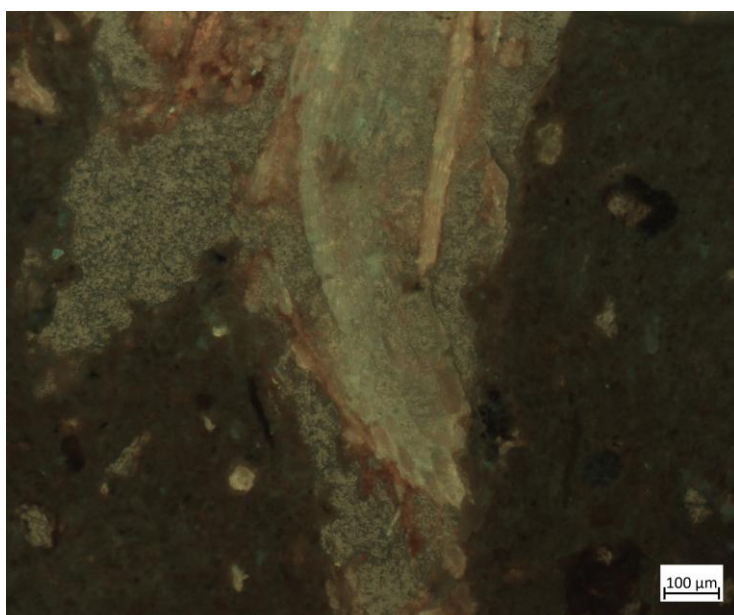
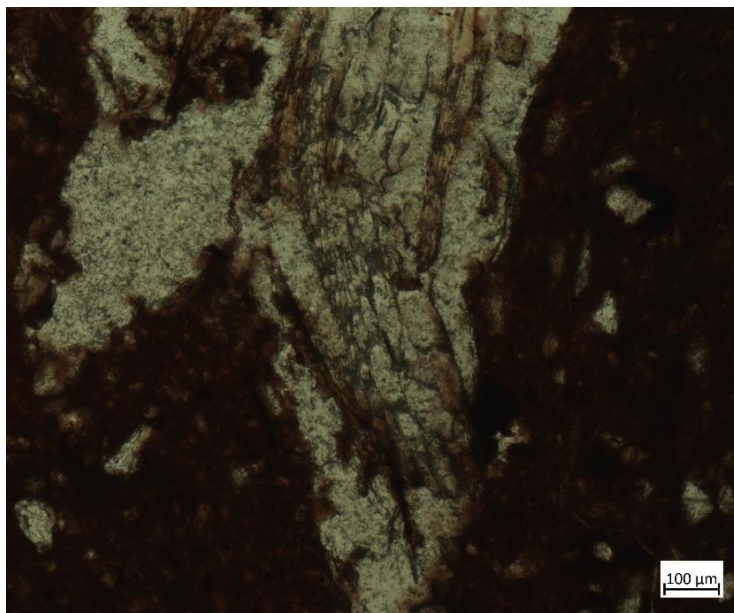
Obrázek 28: Fluorescence výbrusových preparátů s příměsí plev, vypálené (P600). 1 – 385 nm, 2 – 475 nm.

5.4.2 Fluorescence vzorků s příměsí hnoje

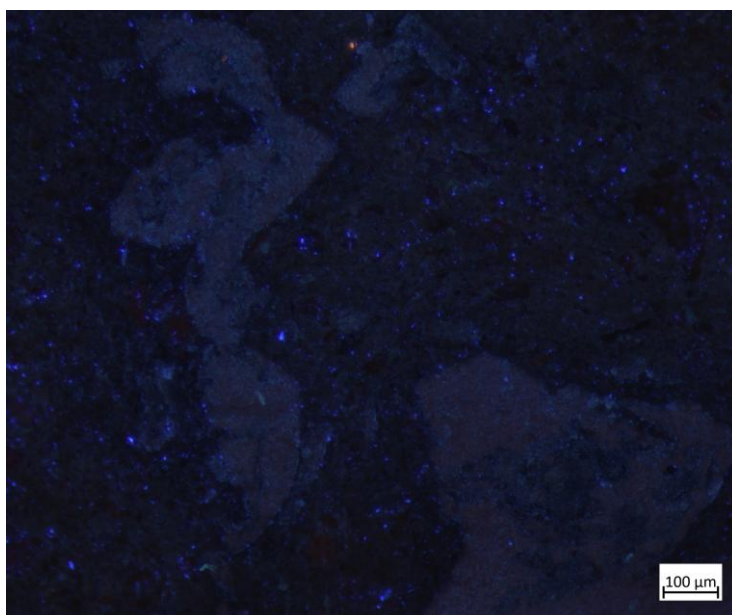
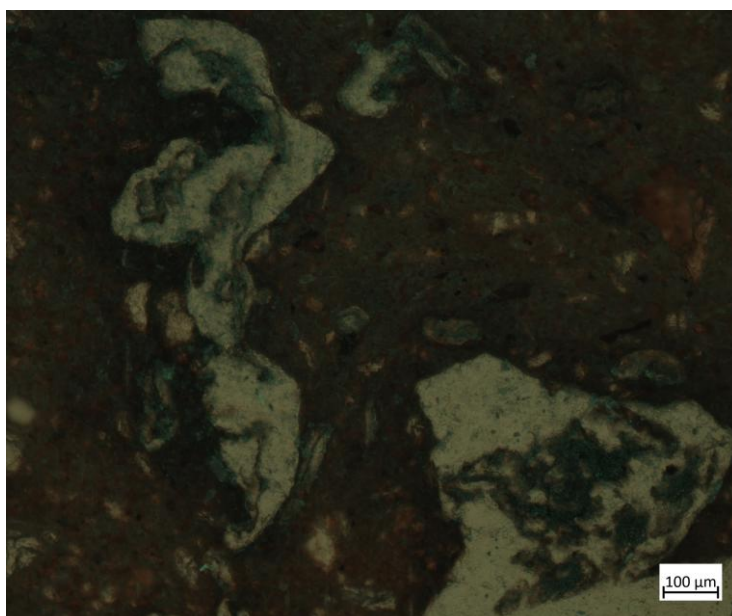
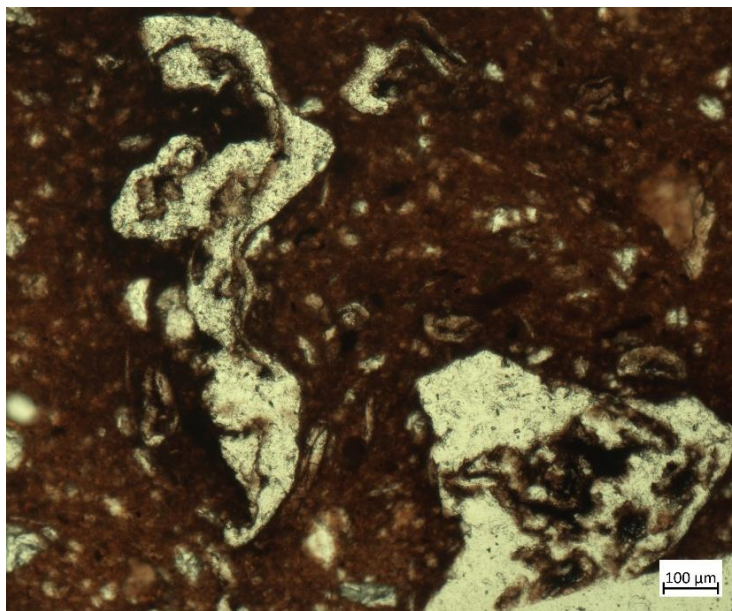
U výbrusových preparátů s příměsí hnoje jsme měli k dispozici dva vzorky (obr. 29, 30) – jeden nevypálený (H0) a druhý vypálený (H600). Podobně jako u výbrusů s příměsí plev jsme je zkoumali pod fluorescenčními světly o vlnové délce 385 a 475 nm.

V případě nevypáleného preparátu (obr. 29) bylo možné pozorovat reakci organické hmoty (hnoje) na fluorescenční světlo, kde, stejně jako u vybrusového preparátu s plevami, je fluorescence lépe zřetelná pod modrým světlem (475 nm). Při použití UVA světla (375 nm) je fluorescence také dobře vidět, ale na rozdíl od světla modrého je hůře pozorovatelná, a to kvůli nějakému šumu, který je na obrázku 28 zachycený.

Zatímco u vypálených výbrusů s plevami (obr. 28) můžeme vidět, že fluorescence téměř zmizela, u vypálených preparátů s hnojem (obr. 30) je možné alespoň nějakou fluorescenci spatřit. Je patrná při použití obou vlnových délek, ale u světla s vlnovou délkou 475 nm nám rozpoznatelnost částečně komplikují anorganické inkluze. Ty spolu s celkovým nasvícením obrázku znesnadňují možnost jasně rozpoznat přítomnost či nepřítomnost fluorescence hnoje.



Obrázek 29: Fluorescence výbrusových preparátů s příměsí hnoje, nevypálené (H0). 1 – procházející světlo, 2 – 385 nm, 3 – 475 nm.



Obrázek 30: Fluorescence výbrusových preparátů s příměsí hnoje, vypálené (H600). 1 – procházející světlo, 2 – 385 nm, 3 – 475 nm.

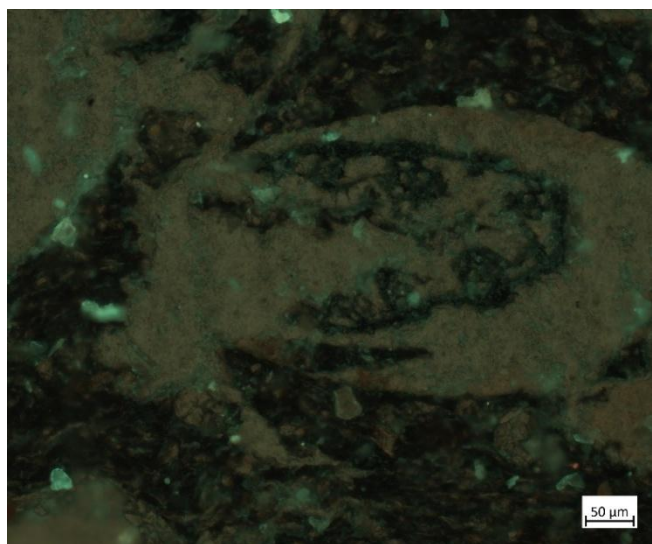
5.4.3 Fluorescence vzorků u neolitické keramiky (Santovka)

Našemu zkoumání byl podroben i jeden výbrusový preparát z lokality Santovka na Slovensku. K jeho analýze jsme rovněž použili stejná fluorescenční světla (385 a 475 nm) jako u předchozích pozorování.

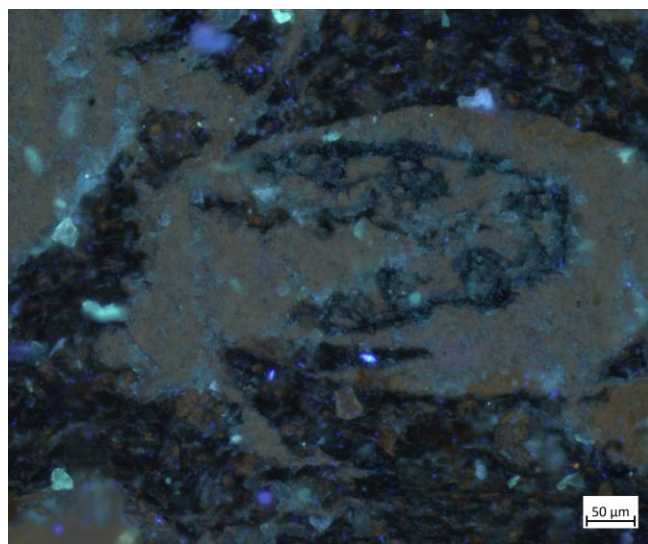
Na tomto vzorku můžeme na rozdíl od vzorku z Těšetic-Kyjovic (obr. 32) pozorovat slabou fluorescenci. I když je zřejmé, že nejvýrazněji se fluorescenčně projevují anorganické částice, můžeme pozorovat slabou fluorescenci organické hmoty nacházející se v póru na obrázku 31.

V tomto případě jsme identifikovali tuto organickou hmotu jako travu rodu *Festuca* (kostřava), a to díky tomu, že na obrázku vidíme průřez jejím listem, který je pro tuto rostlinu charakteristický.

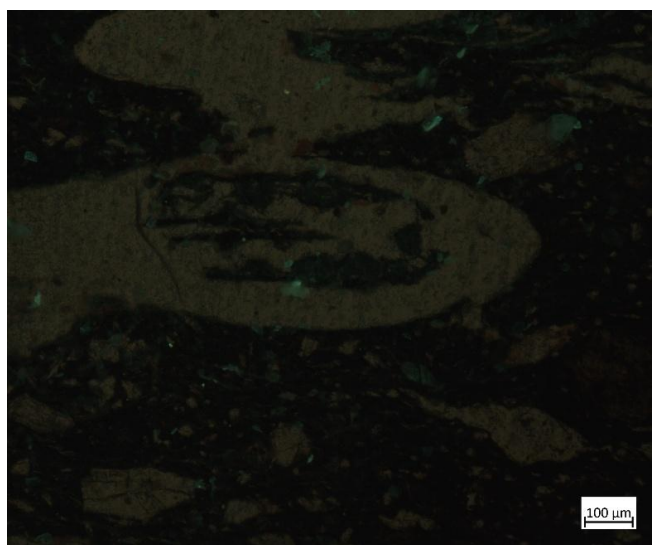
Poněvadž je zde možné pozorovat slabou fluorescenci organického ostrůva, můžeme předpokládat, že teplota výpalu se mohla pohybovat kolem 600 °C anebo o něco méně. K tomuto závěru nás vedou výsledky zkoumání našich experimentálních vzorků, u nichž jsme fluorescenci na preparátech vypálených na tuto teplotu, již téměř nebyly vůbec schopni pozorovat.



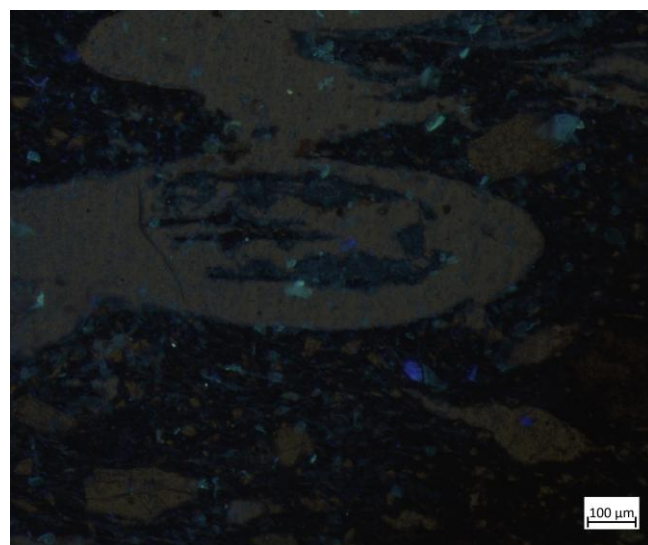
a



b



c



d

Obrázek 31: Fluorescence výbrusových preparátů z lokality Santovka, (a, c) – 385 nm, (b, d) – 475 nm.

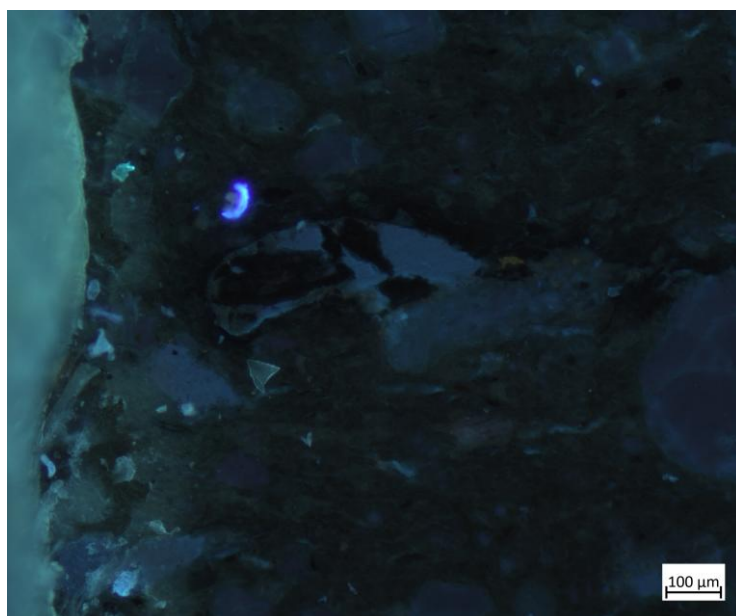
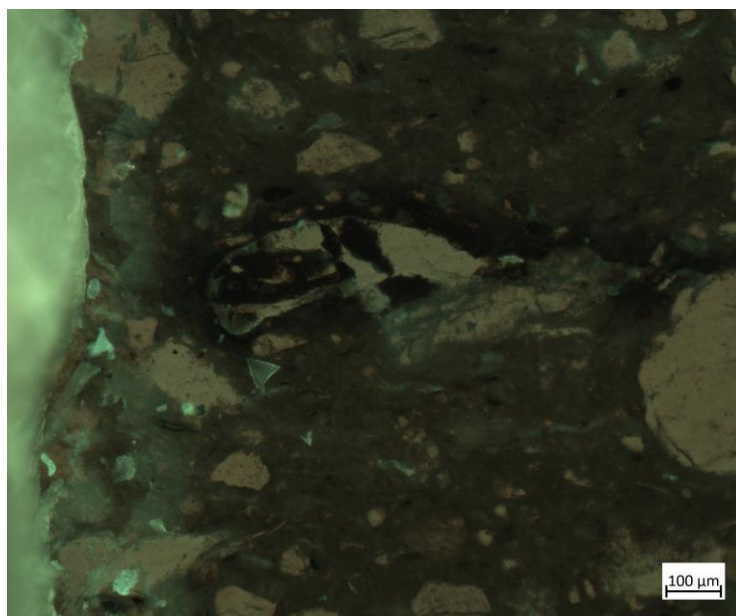
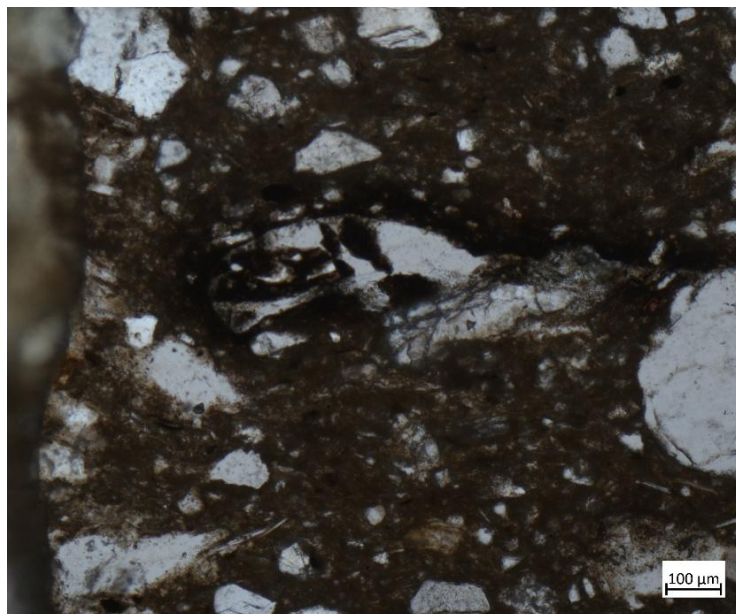
5.4.4 Fluorescence vzorků u neolitické keramiky (Těšetice-Kyjovice)

Z archeologické lokality Těšetice-Kyjovice jsme měli ke zkoumání k dispozici jeden výbrusový preparát, který jsme prohlíželi stejnými fluorescenčními světly (385 a 475 nm) jako vzorky předchozí.

Na obrázku 32 lze vidět, že organická hmota, nacházející se v póru zhruba v centru obrázku, je zdegradovaná, zuhelnatělá a zkompatnělá. Je zde také zřetelná absence jakékoli pozorovatelné fluorescence u organické hmoty. Kromě toho víme, že póry v tomto preparátu byly většinou prázdné (to nemáme vyfoceno). Všechny tyto znaky nám říkají, že tento vzorek pochází z vypálené keramiky a teplota výpalu se dost pravděpodobně mohla pohybovat někde okolo 600 °C anebo dost možná i více. Usuzujeme tak podle toho, že u našich experimentálních vzorků mizela fluorescence právě při teplotě 600 °C.

Na stejném obrázku je vidět i jakýsi neurčitý objekt na levé straně, který na fluorescenční světlo reaguje, a dokonce jej odráží lehce i na zbytek vzorku. Nejedná se ovšem o součást preparátu nýbrž o krycí sklíčko zakryté části preparátu, na němž fluorescence nemohla být zkoumána.

Lze tedy konstatovat, že jediné objekty na tomto preparátu, které reagují na fluorescenční světla, jsou pouze anorganické inkluze, které však nejsou předmětem této práce.

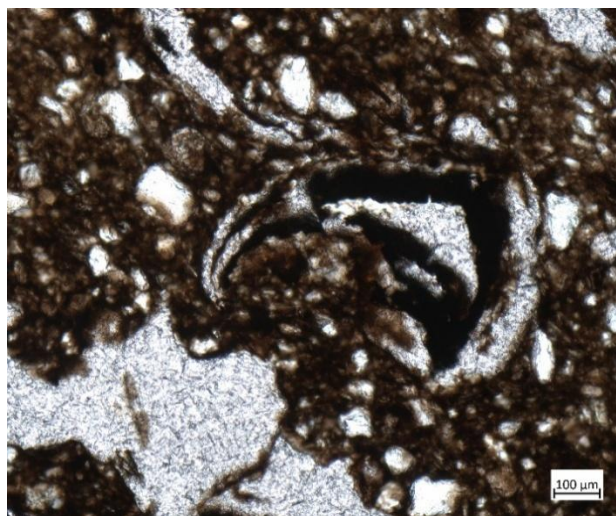


Obrázek 32: Fluorescence výbrusových preparátů z lokality Těšetice-Kyjovice, 1 – procházející světlo, 2 – 385 nm, 3 – 475 nm.

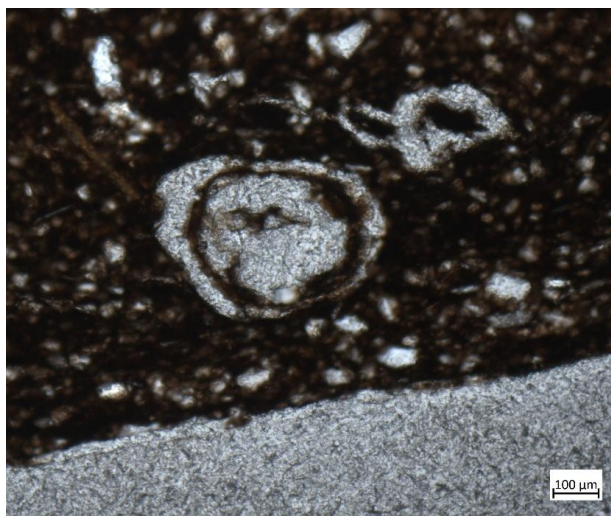
5.4.5 Fluorescence vzorků u neolitické keramiky (Turoid)

Posledním vzorkem, který jsme měli ke zkoumání k dispozici, byl jeden výbrusový preparát z lokality Turoid. Stejně jako ostatní vzorky jsme jej pozorovali pod fluorescenčními světly (385 a 475 nm).

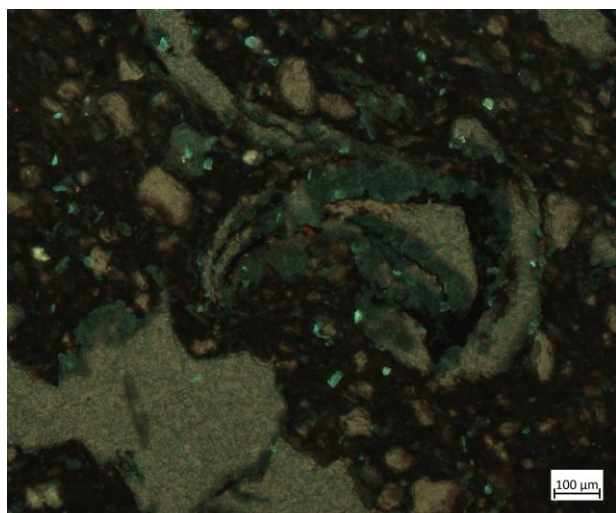
Na pořízených snímcích (obr. 33, 34) můžeme vidět odezvu na fluorescenci poblíž organické hmoty nacházející se v pórech. V tomto případě se však nejedná o fluorescenci přímo organické hmoty, ale fluorescenci popelovin. Jedná se o částice, které byly před výpalem součástí organické hmoty, ale během výpalu se od ní oddělily. Popeloviny obsahují hodně kalcitu, karbonátů a fytolity, které na fluorescenci reagují. Fluorescenci lze vidět na všech snímcích výbrusového preparátu z Turoidu, ale nejzřetelněji ji můžeme pozorovat na fotografiích obrázku 34 (d, f), kde je tento jev o něco víc přiblížen.



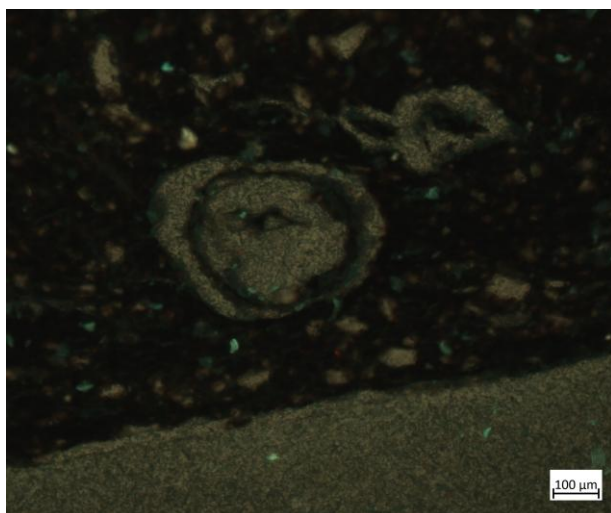
a



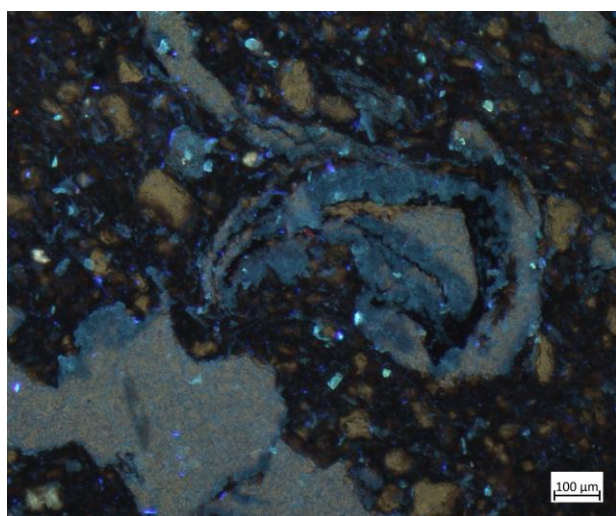
b



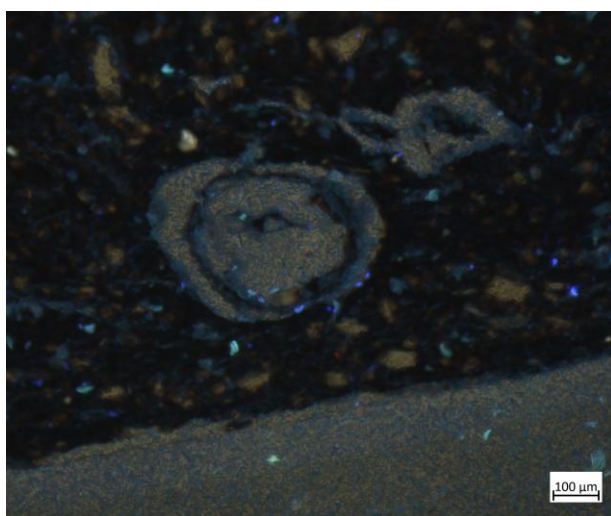
c



d

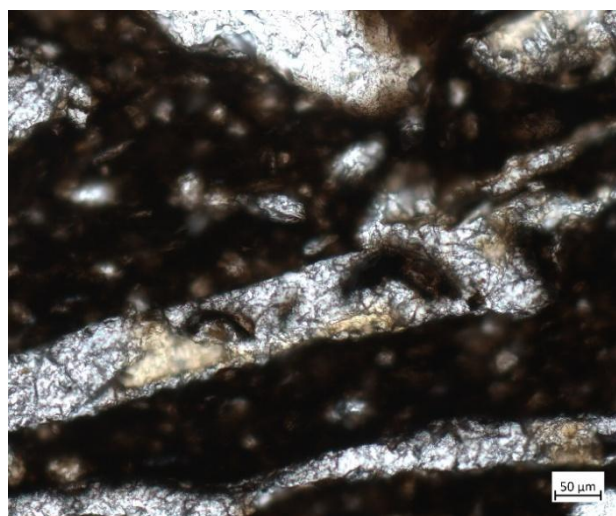


e

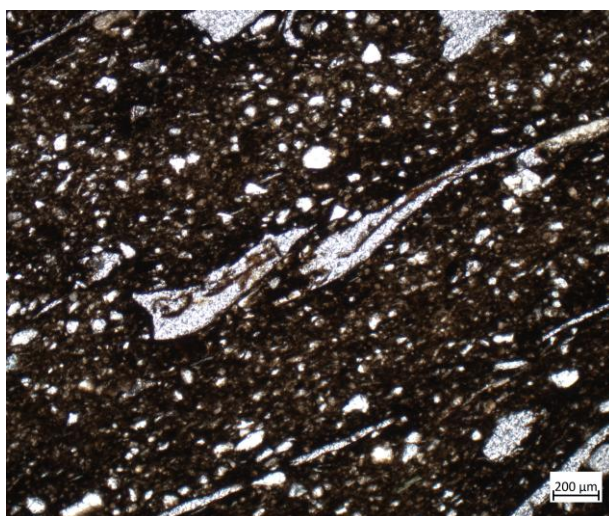


f

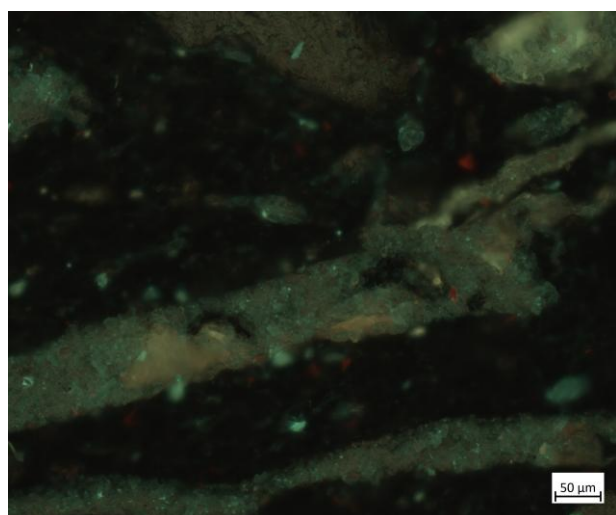
Obrázek 33: Fluorescence výbrusových preparátů z lokality Turol, část 1. (a, b) – procházející světlo, (c, d) – 385 nm, (e, f) – 475 nm.



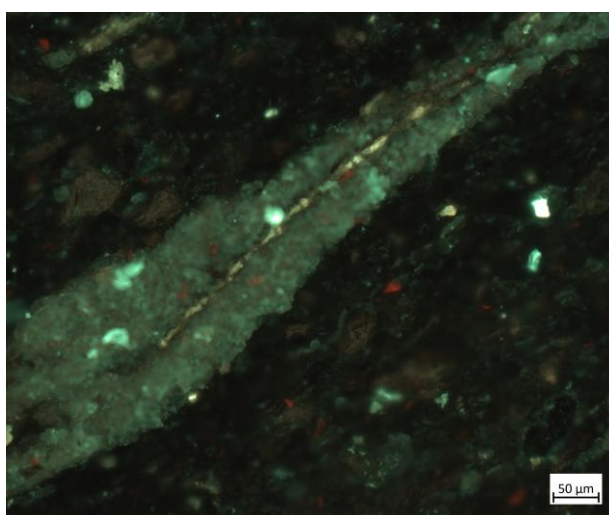
a



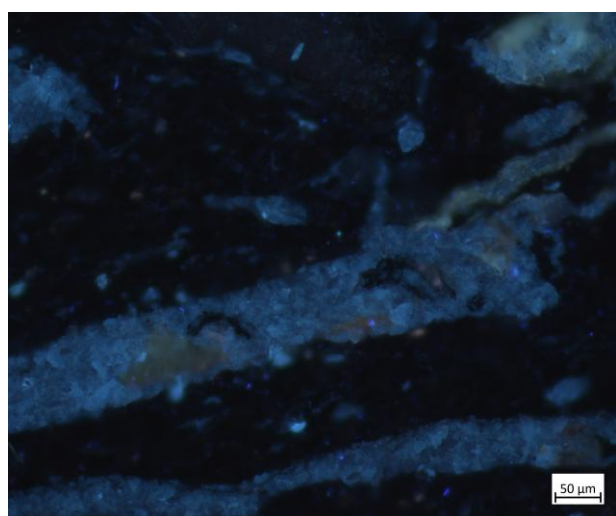
b



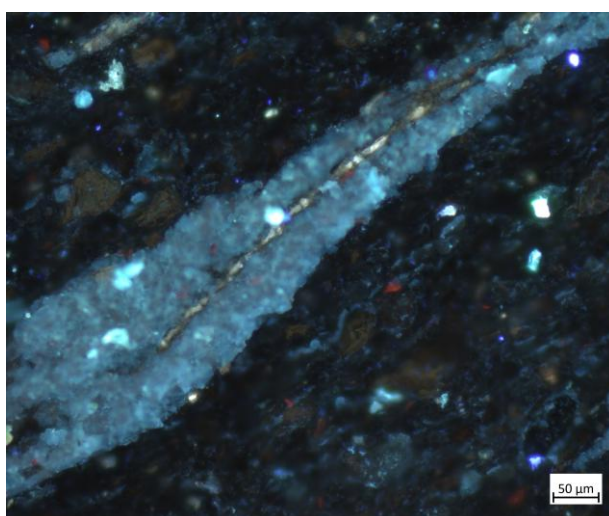
c



d



e



f

Obrázek 34: Fluorescence výbrusových preparátů z lokality Turol, část 2. (a, b) – procházející světlo, (c, d) – 385 nm, (e, f) – 475 nm.

6 ZÁVĚR

V našem experimentu jsme zkoumali výbrusové preparáty námi vyrobených cihliček (buď s příměsí plev pšenice jednozrnky a dvouzrnky nebo kravského hnoje) s výbrusovými preparáty neolitické keramiky pocházejícími ze třech různých lokalit. Všechny preparáty jsme pozorovali polarizačním mikroskopem, a to jednak pod procházejícím a odraženým světlem a následně i pod fluorescenčním světlem o dvou vlnových délkách – 385 nm a 475 nm.

U preparátů jsme sledovali, z čeho jsou tvořeny, snažili jsme se popsat jednotlivé části, které můžeme pod mikroskopem vidět. Nejprve jsme mezi sebou porovnávali preparáty vzniklé z nevypálených cihliček. Snažili jsme se najít rozdíly mezi výbrusovými preparáty obsahujícími jako organické ostřívo plevy a těmi, co obsahovaly hnůj. Následně jsme srovnávali, jak se tyto nevypálené preparáty liší od těch vypálených a pokusili jsme se popsat k jakým změnám během výpalu došlo. Nakonec jsme námi vyrobené preparáty porovnali s výbrusovými preparáty pocházejícími z neolitické keramiky.

U vzorků, kde neproběhl výpal, bylo možné dobře pozorovat organické inkluze, U preparátů s plevami byla velmi dobře vidět jejich buněčná struktura a místy jsme mohli vidět i fytolity. U výbrusů s příměsí hnoje se buněčné struktury sledovaly hůře, protože rostlinné části již prošly trávicím traktem. Proto jsme mohli vidět převážně zbytky natrávené a vysušené organické hmoty, ale bylo možné spatřit i zachovalé části, jako například průřez stonkem rostliny. Při použití fluorescenčního světla je možné u nevypálených preparátů pozorovat, že organický materiál velmi dobře reagoval na světla obou vlnových délek. Lepších výsledků jsme dosáhli při použití modrého světla (475 nm), kdy bylo možné organickou hmotu pozorovat zřetelněji než při použití UVA světla (385 nm).

Po výpalu většina organické hmoty vyhořela, a to, co zbylo, pak zdegradovalo, zkompaktnělo a zuhelnatělo. Na výbrusech jak s příměsí plev, tak s příměsí hnoje, vidíme tedy převážně prázdné póry, ale je možné spatřit i póry obsahující ohořelou organickou hmotu. Na některých preparátech s příměsí plev je možné vidět fytolity, přítomnost sférolitů charakteristických pro keramiku, do které byl při výrobě přidán hnůj, se nám u námi vyrobených preparátů nepodařilo potvrdit. Při použití fluorescenčního světla jsme zjistili, že u organické hmoty po vypálení téměř veškerá fluorescence zmizela, mohli jsme ji pozorovat pouze u anorganických materiálů přítomných v hlíně použitých k výrobě preparátu. Je tedy možné se domnívat, že fluorescence u organické hmoty po výpalu na 600 °C mizí.

Námi vyrobené výbrusové preparáty jsme srovnali s výbrusovými preparáty pocházejícími z neolitické keramiky ze tří archeologických lokalit.

Na preparátu z lokality Santovka jsme mohli kromě základní hmoty, tedy zřejmě nějaké jílovo-prachovité hlíny použité na výrobu keramiky, pozorovat na první pohled i anorganické inkluze většinou výrazně menších rozměrů než u námi vyrobených preparátů. Dále se zde nacházely póry, které zřejmě zbyly po nějaké organické inkluzi poté, co byla keramika vypálena. Podařilo se nám zde identifikovat i některé organické příměsi, které se nacházely v některých pórech. Mohli jsme zde pozorovat průřezy listem trávy *Festuca* (kostřava). Je tedy

možné se domnívat, že tato keramika byla vypálena při nižší teplotě, protože jinak by organické příměsi zcela zhořely. Protože při použití fluorescenčního světla je možné pozorovat slabou fluorescenci organického ostřiva, můžeme předpokládat, že teplota výpalu se mohla pohybovat kolem 600 °C anebo o něco méně. K tomuto závěru nás vedou výsledky zkoumání našich experimentálních vzorků, u nichž jsme fluorescenci na preparátech vypálených na tuto teplotu již téměř nebyly vůbec schopni pozorovat.

Na výbrusovém preparátu keramiky z lokality Těšetice-Kyjovice je rovněž jako hlavní složka vidět základní hmota, tedy pravděpodobně nějaká jílovo-prachovitá hlína. Stejně jako na výbrusu z lokality Santovka i zde můžeme pozorovat anorganické inkluze a prázdné póry. V některých pórech jsou však patrné i zbytky zdegradované organické hmoty, která zde zůstala zachována po výpalu keramiky. Na tomto preparátu se nám nepodařilo identifikovat žádné konkrétní organické ostřivo, které bylo do keramiky přidáno, ale přítomnost zuhelnatělých organických inkluzí může nasvědčovat tomu, že bylo při výrobě do keramické hmoty přidáno. Je zde také zřetelná absence jakékoli pozorovatelné fluorescence u organické hmoty. Rovněž póry v tomto preparátu byly většinou prázdné, což nás vede k závěru, že tento vzorek pochází z vypálené keramiky a teplota výpalu se dost pravděpodobně mohla pohybovat někde okolo 600 °C anebo dost možná i více. Usuzujeme tak podle toho, že u našich experimentálních vzorků mizela fluorescence právě při teplotě 600 °C.

Poslední srovnávanou lokalitou byla lokalita Turol. Stejně jako u výbrusových preparátů z předchozích lokalit i zde byla na preparátu vidět z největší části základní hmota, tedy opět nějaká jílovo-prachovitá hlína, dále pak anorganické inkluze, prázdné póry a póry vyplněné nějakým organickým materiálem. Zcela jasně jsme zde mohly pozorovat průřez stonkem nějaké neznámé rostliny. O jakou rostlinu se v tomto případě jedná, však nejsme schopni určit, můžeme pouze říct, že měla stoněk kulovitěho tvaru. Při použití fluorescenčního světla jsme mohli vidět odezvu na fluorescenci poblíž organické hmoty nacházející se v pórech. V tomto případě se však nejednalo o fluorescenci přímo organické hmoty, ale o fluorescenci popeloviny, tedy částic, které byly před výpalem součástí organické hmoty, ale během výpalu se od ní oddělily. Vzhledem k tomu, že jsme mohli ve výbrusovém preparátu pozorovat organické příměsi, předpokládáme, že i tato keramika byla pravděpodobně vypálena při teplotě kolem 600 °C anebo o něco méně, protože při vyšší teplotě by organické příměsi shořely.

Získané poznatky budou použity v dalším výzkumu a následně zahrnuty do odborné publikace. Po dohodě s dr. Petříkem bych se na výzkumu dále podílela.

7 SEZNAM LITERATURY/ZDROJŮ

- [1] Moskal-del Hoyo, M., Rauba-Bukowska, A., Lityńska-Zajac, M. et al. Plant materials used as temper in the oldest Neolithic pottery from south-eastern Poland. *Veget Hist Archaeobot* **26**, 329–344 (2017). <https://doi.org/10.1007/s00334-016-0595-6>
- [2] Petřík, J., Slavíček, K., Adameková, K. et al. Technology and provenience of the oldest pottery in the northern Pannonian Basin indicates its affiliation to hunter-gatherers. *Sci Rep* **14**, 19226 (2024). <https://doi.org/...8-7>
- [3] Kreiter, A., Pető, Á. & Pánczél, P. Materialising tradition: Ceramic production in Early Neolithic Hungary. In *The Early Neolithic in the Danube-Tisza Interfluvium* (ed. Bánffy, E.) 127–140 (Archaeopress, 2013).
- [4] Teetaert, D., Boudin, M., Goemaere, E. & Crombé, P. Reliability of 14C dates of moss temper preserved in Neolithic pottery from the Scheldt River Valley (Belgium). *Radiocarbon* **62**(6), 1667–1678. <https://doi.org/10.1017/RDC.2019.148> (2020).
- [5] Amicone, S., Morandi, L. F. & Gur-Arieh, S. (2021) ‘Seeing Shit’: Assessing the Visibility of Dung Tempering in Ancient Pottery Using an Experimental Approach, *Environmental Archaeology*, 26:4, 423-438, DOI: 10.1080/14614103.2020.1852758.
- [6] Neumannová, K. et al. Variability in coiling technique in LBK pottery inferred by experiments and pore structure micro-tomography analysis. *Archeol. Rozhl.* **69**(2), 172–186. <https://doi.org/10.35686/AR.2017.11> (2017).
- [7] THÉR, Richard, A. KALLISTOVÁ, Z. SVOBODA, P. KVĚTINA, L. LISÁ, P. BURGERT, A. BAJER. How Was Neolithic Pottery Fired? An Exploration of the Effects of Firing Dynamics on Ceramic Products. *Journal of archaeological method and theory*. 2019, 26 (3), 1143-1175. ISSN 1072-5369.
- [8] Rice, P. M. 2015. *Pottery Analysis: a Sourcebook*. Chicago: University of Chicago Press.
- [9] Shahack-Gross, R. 2011. “Herbivorous Livestock Dung: Formation, Taphonomy, Methods for Identification and Archaeological Science 38: 205–218.
- [10] Canti, M. G., and C. Nicosia. 2018. “Formation, Morphology and Interpretation of Darkened Faecal Spherulites.” *Journal of Archaeological Science* 89: 32–45.
- [11] Franceschi, V. R., and H. T. Horner. 1980. “Calcium Oxalate Crystals in Plants.” *Botanical Review* 46: 361–427.
- [12] Piperno, D. R. 2006. *Phytoliths: a Comprehensive Guide for Archaeologists and Paleoecologists*. Lanham: AltaMira Press.
- [13] https://www.archeologickyatlas.cz/cs/lokace/kyjovice_zn_rondel
- [14] <https://tesetice.muni.cz/vyzkum/uvodni-informace>

[15] Oliva, M. 2020: K lokalizaci archeologických nálezů a zaniklých jeskyň na Turoldu u Mikulova. *Acta Musei Moraviae, Scientiae sociales* CV/1, 3–11.

[16] <https://botany.cz/cs/triticum-monococcum/>

[17] <https://www.nzm.cz/aktualne-v-muzeu/muzeum-online/co-roste-na-poli/psenice-dvouzrnka>

[18] <https://cs.wikipedia.org/wiki/Lipnicovit%C3%A9>

[19] <https://cs.wikipedia.org/wiki/Plucha>

[20] Babel, U. (1964). Chemische Reaktionen an Bodendünnschliffen. *Leitz-Mitteilungen für Wissenschaft und Technik*, 3, 12–14.

[21] Stoops, G. (2003). *Guidelines for Analysis and Description of Soil and Regolith Thin Sections*. Madison: Soil Science Society of America.

[22] Altemüller, H. J., & Van Vliet-Lanoë, B. (1990). Soil thin section fluorescence microscopy. In L. A. Douglas (Ed.), *Soil Micromorphology: A Basic and Applied Science*. Amsterdam: Elsevier, pp. 565–579.

[23] Stoops, G. (2017). Fluorescence Microscopy. In C. Nicosia & G. Stoops (Eds.), *Archaeological Soil and Sediment Micromorphology*. John Wiley & Sons Ltd. <https://doi.org/10.1002/9781118941065.ch36>.

[24] https://is.muni.cz/do/rect/el/estud/prif/js17/cviceni_mikrobiologie/web/pages/fluorescence.html

[25] <https://cdn.kastatic.org/ka-perseus-images/86cdb69c63506f4790a355b774076b1286eaf371.png>

[26] Košťurík, P., Stuchlíková, J., Stuchlík, S. 1983: Mikulov Turol – archeologické nálezy. Mikulov, Regionální muzeum.

[27] Košťurík, P. Stuchlíková, J. 1982: Neolitické a eneolitické nálezy z jeskyně Turol u Mikulova, okr. Břeclav. *Sborník prací Filozofické fakulty brněnské univerzity* E27, 75-90. URL: <https://hdl.handle.net/11222.digilib/109613>

[28] Pavúk, J. 1969: Chronologie der Želiezovce-gruppe. *Slovenská archeológia* XVII-2, 269-367.

[29] Pieler, F., Trebsche, P. 2018: Die Bandkeramik in den Höhlen der Thermenlinie – eine Bestandsaufnahme. In: F. Pieler, P. Trebsche (eds.), *Beiträge zum Tag der Niederösterreichischen Landesarchäologie 2018*. Krems - Asparn [a.d.Zaya](#): Donauuniversität - MAMUZ Schloss Asparn, 19-26.

[30] Stuchlíková, J., Stuchlík, S. 1982: Osídlení Turoldu na konci eneolitu a v době bronzové. Sborník prací Filozofické fakulty brněnské univerzity E27, 91-102. URL: <https://digilib.phil.muni.cz/...pdf>

8 SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1: Mikrofotografie briket s příměsí hnoje: a) 300 °C; b) 400 °C; c) 500 °C; d) 600 °C; e) 700 °C; f) 800 °C. Obrázek převzat z [5].	11
Obrázek 2: Sedimentární sekce se zobrazením polohy keramiky LBK spolu s přibližnými výsledky radiokarbonového datování (A). Stratigrafická poloha keramiky temperované trávou (B). Zlomky keramiky temperované trávou (C). Obrázek převzat z [2].	12
Obrázek 3: Schéma průřezu listů kostřavy ve srovnání s mikrofotografiemi dochovaných listů v keramice: sklerenchym (1), cévní svazky (2), adaxiální (3) a abaxiální (4) epidermální buňky a žebra s trichomy (5). Obrázek převzat z [2].	13
Obrázek 4: Lokalita Těšetice-Kyjovice. Ukázka rondelu – kruhového sociokultovního příkopového areálu. Obrázek převzat z [13].	14
Obrázek 5: Lokalita Těšetice-Kyjovice. Ukázka tří keramických nádob pocházejících z dané lokality [14].	15
Obrázek 6: Vnitřní část Turolldovy jeskyně ze severu [15].	16
Obrázek 7: Příklad dvoukvětého klásku trav, 1-plevy, 2-pluchy, 3-osiny, 4-plušky, 6-tyčinky. Obrázek převzat z [19].	18
Obrázek 8: Typy použitých pšenic: (a, c, e, g, ch, j) – jednozrnka; (b, d, f, h, i, k) – dvouzrnka.	19
Obrázek 9: Výroba cihlíček pro budoucí mikroskopování: (a, c, e) – s přidavkem plev; (b, d, f) – s přidavkem hnoje.	21
Obrázek 10: Pec použitá k výpalu výbrusových preparátů.	22
Obrázek 11: Polarizační mikroskop Zeiss Axiscop 5.	23
Obrázek 12: Barevné spektrum. Obrázek převzat z [25].	24
Obrázek 13: Výbrusové preparáty s příměsí plev, vypálené (P600). Patrné jsou zejména komůrkovité póry bez organického ostříva. Vlevo je snímek v procházejícím polarizovaném světle (ppl) a vpravo ve zkřížených nikolech (xpl).	25
Obrázek 14: Výbrusové preparáty s příměsí plev, nevypálené (P0). Vzorek je tvořen většinou z matrixu spolu s anorganickými inkluzemi. Vlevo je snímek v procházejícím polarizovaném světle (ppl) a vpravo ve zkřížených nikolech (xpl).	25
Obrázek 15: Výbrusové preparáty s příměsí plev, nevypálené (P0), část 1. Vlevo jsou snímky v procházejícím polarizovaném světle (ppl) a vpravo ve zkřížených nikolech (xpl).	27
Obrázek 16: Výbrusové preparáty s příměsí plev, nevypálené (P0), část 2. Vlevo jsou snímky v procházejícím polarizovaném světle (ppl) a vpravo ve zkřížených nikolech (xpl).	28
Obrázek 17: Výbrusové preparáty s příměsí plev, vypálené (P600), část 1. Vlevo jsou snímky v procházejícím polarizovaném světle (ppl) a vpravo ve zkřížených nikolech (xpl).	29
Obrázek 18: Výbrusové preparáty s příměsí plev, vypálené (P600), část 2. Vlevo jsou snímky v procházejícím polarizovaném světle (ppl) a vpravo ve zkřížených nikolech (xpl).	30
Obrázek 19: Výbrusové preparáty s příměsí hnoje, nevypálené (H0), část 1. Vlevo jsou snímky v procházejícím polarizovaném světle (ppl) a vpravo ve zkřížených nikolech (xpl).	32
Obrázek 20: Výbrusové preparáty s příměsí hnoje, nevypálené (H0), část 2. Vlevo jsou snímky v procházejícím polarizovaném světle (ppl) a vpravo ve zkřížených nikolech (xpl).	33
Obrázek 21: Výbrusové preparáty s příměsí hnoje, vypálené (H600), část 1. Vlevo jsou snímky v procházejícím polarizovaném světle (ppl) a vpravo ve zkřížených nikolech (xpl).	34
Obrázek 22: Výbrusové preparáty s příměsí hnoje, vypálené (H600), část 2. Vlevo jsou snímky v procházejícím polarizovaném světle (ppl) a vpravo ve zkřížených nikolech (xpl).	35

Obrázek 23: Neolitická keramika ze Santovky se zbytky organické hmoty.	36
Obrázek 24: Neolitická keramika z Těšetic-Kyjovic s pórem s neznámou organickou hmotou po výpalu.	37
Obrázek 25: Neolitická keramika z Těšetic-Kyjovic s pórem po neznámé organické hmotě po výpalu.	37
Obrázek 26: Neolitická keramika z Turoldu se zbytky organické hmoty po výpalu.	38
Obrázek 27: Fluorescence výbrusových preparátů s příměsí plev, nevypálené (P0). 1 – 385 nm, 2 – 475 nm.	40
Obrázek 28: Fluorescence výbrusových preparátů s příměsí plev, vypálené (P600). 1 – 385 nm, 2 – 475 nm.	41
Obrázek 29: Fluorescence výbrusových preparátů s příměsí hnoje, nevypálené (H0). 1 – procházející světlo, 2 – 385 nm, 3 – 475 nm.	43
Obrázek 30: Fluorescence výbrusových preparátů s příměsí hnoje, vypálené (H600). 1 – procházející světlo, 2 – 385 nm, 3 – 475 nm.	44
Obrázek 31: Fluorescence výbrusových preparátů z lokality Santovka, (a, c) – 385 nm, (b, d) – 475 nm.	46
Obrázek 32: Fluorescence výbrusových preparátů z lokality Těšetice-Kyjovice, 1 – procházející světlo, 2 – 385 nm, 3 – 475 nm.	48
Obrázek 33: Fluorescence výbrusových preparátů z lokality Turolld, část 1. (a, b) – procházející světlo, (c, d) – 385 nm, (e, f) – 475 nm.	50
Obrázek 34: Fluorescence výbrusových preparátů z lokality Turolld, část 2. (a, b) – procházející světlo, (c, d) – 385 nm, (e, f) – 475 nm.	51