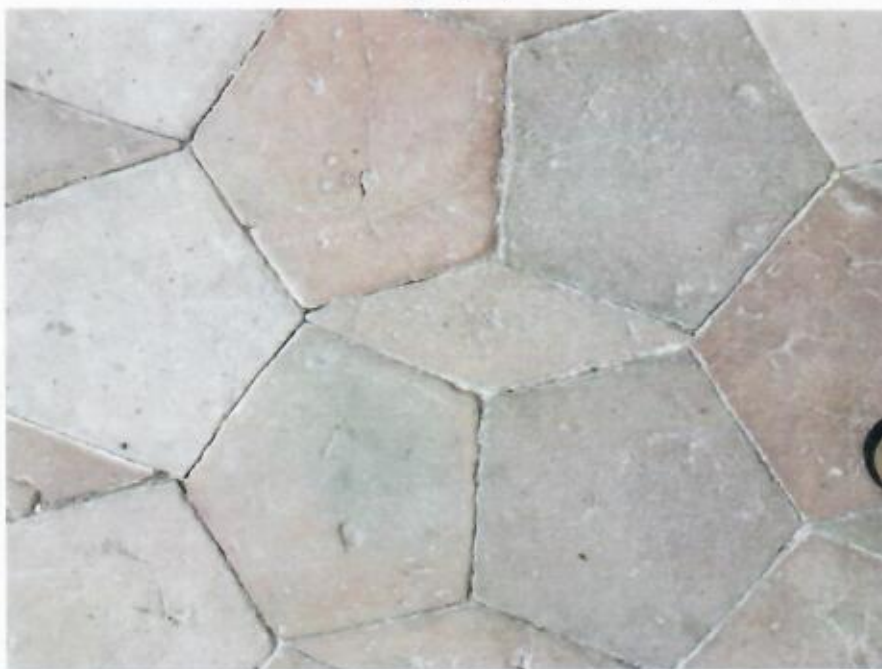




## PROTOKOL

### TECHNOLOGICKÁ LABORATOŘ

<i>Zadavatel:</i>	Pavel Jerie, garant památky NPÚ GnŘ a ak. mal. Tomáš Rafl, restaurátor garantující obnovu interiéru kostela
<i>Váš dopis č. j. / ze dne:</i>	4. 3. 2020
<i>Naše č. j.:</i>	řešeno v rámci DKRVO
<i>Vyřizuje / telefon:</i>	Tomáš Hanzlíček, 257 110 332,
<i>Č. akce:</i>	42-20
<i>Evid. č. vzorku:</i>	103-106/42-20 (podle tab. 1)
<i>Odběr - lokalita:</i>	kostel sv. Jana Nepomuckého
<i>Popis a množství vzorku:</i>	4 vzorky původní barokní dlažky z doby vzniku kostela (dle tab. 1)
<i>Požadovaná stanovení:</i>	identifikace technologie výroby původní dlažby a návrh technologie výroby nových dlaždic pro doplnění



Obr. 1: Ilustrační foto, pohled na dlažbu kostela

## 1. Úvod

K analýze byly zadavateli dodány 4 vzorky původních barokních dlaždic z doby vzniku kostela. Cílem práce je: reinterpretovat dosavadní poznatky o materiálovém průzkumu dlaždic[1] a [2]<sup>1</sup>, s využitím dodaných autentických úlomků dlaždic, návštěvou kostela na Zelené hoře a se zohledněním znalostí a zkušeností zpracovatele protokolu v oblasti keramických technologií, upřesnit dobovou technologii jejich výroby a navrhnout podmínky, za kterých lze vyrobit dlaždice pro doplnění podlahy.

### 1. Popis vzorků

Označení, popis a požadovaná stanovení jsou uvedena v tab. 1. Místa odběrů uvedena nejsou, jednalo se o úlomky dlažby z depozitu.

Jedná se o úlomky původních barokních dlaždic z podlahy přízemí kostela sv. Jana Nepomuckého postaveného Janem Blažejem Santinim - Eichlem (1719 - 1722, dokončení 1735) stavebník Václav Vejmluva, opat cisterciáckého kláštera ve Žďáře nad Sázavou.

Tabulka 1: Přehled vzorků se slovním popisem a požadovaným stanovením

Evidenční č. vzorku	Popis vzorku	Požadované stanovení
103/42-20	fragment dlažby - červený střep	upřesnit dobovou technologii jejich výroby a navrhnout podmínky, za kterých lze vyrobit dlaždice pro doplnění podlahy.
104/42-20	fragment dlažby - šedý střep/černá	
105/42-20	fragment dlažby-okrový střep/červená engoba	
106/42-20	fragment dlažby-okrový střep/světle okrová engoba	

<sup>1</sup> [1] Zdeněk Chudárek, „Kostel sv. Jana Nepomuckého na Zelené hoře“, NPÚ Telč (2009)

[2] Válek Jan, Skružná Olga, „Materiálové složení dlažby v poutním kostele sv. Jana Nepomuckého na Zelené hoře.“ Ústav teoretické a aplikované mechaniky AV ČR, 2018,



## 2. Výsledky

### 2.1. Shrnutí poznatků z předchozích fází průzkumu (mimo NPÚ), reinterpretace poznatků

Základní informace o analýzách provedených na vzorcích, které byly zkoumány z ÚTAM AV ČR v.v.i a publikovány v práci [2] jsou hodnoceny dále. Převzaté informace jsou označeny kurzivou\*.

**Tab. 1:** \*Chemické složení vzorku DJN 2

	Na <sub>2</sub> O	MgO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	SO <sub>3</sub>	Cl	K <sub>2</sub> O	CaO	TiO <sub>2</sub>	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MnO <sub>2</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
DJN2B	0,028	2,06	23,81	61,70	0,012	0,234	0,053	3,617	2,56	0,78	0,009	0,026	5,084

**Tab. 2:** \*Rentgenová difrakce – identifikace fází u vzorku DJN2

DJN2 dlaždice	Nálezový stav
SiO <sub>2</sub>	30,9
CaCO <sub>3</sub>	0,2 z malty
Draselný živec	9,4
Sodný živec	1,9
Vápenatý živec	0
slída	0,7
Kaolinit	0
Amorfní fáze	56,8

[2] Str.2, pátý odstavec :

„jedná se o keramickou cihlovou dlažbu vyrobenou z místní spráše („jílovito-prachovité hlíny v možné kombinaci s omezenou přísadou železitých strusek, odprašků a písku z žulo-rulového aluvia“).“

#### Komentář:

Publikované výsledky XRD nepotvrzují žádnou železitou krystalickou fází a jsou v přímém rozporu s textem viz výše. Železité strusky se vyznačují vysokým podílem vápenatých složek (př. wollastonitu, galenitu) dále syngenitu apod., podle teploty tavení železa a především identifikovatelnými podíly zbytkového železa.

[2] Str.6 Kapitola průzkum dlažby kostela

Druhý odstavec: „zřetelně odlišné dlaždice (většinou odlišitelné narůžovělým odstínem a relativně stejnou barvou a strukturou povrchu), které mohly být vyrobeny jako umělý kámen, tedy směsí vápeno-cementového pojiva, kameniva a pigmentů.“

#### Komentář:

Analytické metody nepotvrzují vápenatou složku a cement v roce 1720 nebyl k dispozici (viz J.Adams anglický patent 1852). Umělý kámen – viz geopolymery?\*

[2] Str. 12

Závěr

Materiál

.. „dlaždice jsou nerovnoměrně zbarveny v odstínech od cihlově červené, přes žluto-okrovou až po šedou. Barevné přechody jsou pozvolné, což odpovídá procesu výpalu při nerovnoměrných

*podmínkách (teplota, oxidačně-redukční atmosféra). Uměle\*\* vytvořené dlaždice jsou naopak z jedné, dobře rozmíchané směsi, u které se podobné heterogenity záměrně nevyskytují.“*

**Komentář:**

Jak byly dlaždice vytvořené, jestliže se současně konstatuje, že dlaždice neobsahují vápník? Úvaha o vápenato-cementovém pojivu je zcela chybná. Ani v jednom ze vzorků poskytnutých pro nové posouzení nebyl shledán střep odlišný od ostatních. Protože není označeno, ze kterého místa „umělý“ kámen\*\* pochází, zabývá se posudek jen vzorky dodanými a porovnání se vzorkem DJN 2 (Dlažba, Jan, Nero 2).

Není tedy odpovězena základní otázka závěru práce, jaký materiál byl použit.

[2] Str.13 Možnosti replikace původní technologie

*„Bez objektivně podložených znalostí původních materiálů a výrobních technologií, včetně stavebních, není možné podlahu věrohodně restaurovat“.*

**Komentář:**

To znamená, že předchozí stati elaborátu [2] „materiál“ a „výrobní technologie“ absolutně nesplnily očekávání ani zadání práce [2]. Návrh tzv. *návazných prací* jsou akademickou ukázkou jak se vzdát odpovědnosti, tato pravidla jsou obecně známá.

Podobně práce [1] v pasáži věnované materiálu dlažby vychází z průzkumu vedeného v roce (L.Kryl – 2002), tj. před restitucí památky. V objemné a krásné knižní publikaci se objevuje významná chyba v předpokladu, že materiál dlažeb byl připraven jako materiál označený v druhé polovině 20. století jako geopolymer\*\*.

**Komentář:** Autor knihy [1] pravděpodobně vycházel ze závěrů badatelů v oblasti materiálové a technologické, že rentgenová difrakce vykazuje velký objem amorfní fáze, což sice je na jedné straně podmínkou pro vznik i konečnou podobu 3D sítě geopolymerních pojiv, ale na druhé straně takovou strukturu vykazuje JAKÝKOLIV jílový materiál poté, co byla teplotou rozložena jeho krystalická mřížka! Důkaz geopolymerní vazby je dán pouze MAS-NMR (Magic Angle Spinning – Nuclei Magnetic Resonance), kde musí být dokázána změna koordinace hliníkových iontů a tvorba 3D sítě.



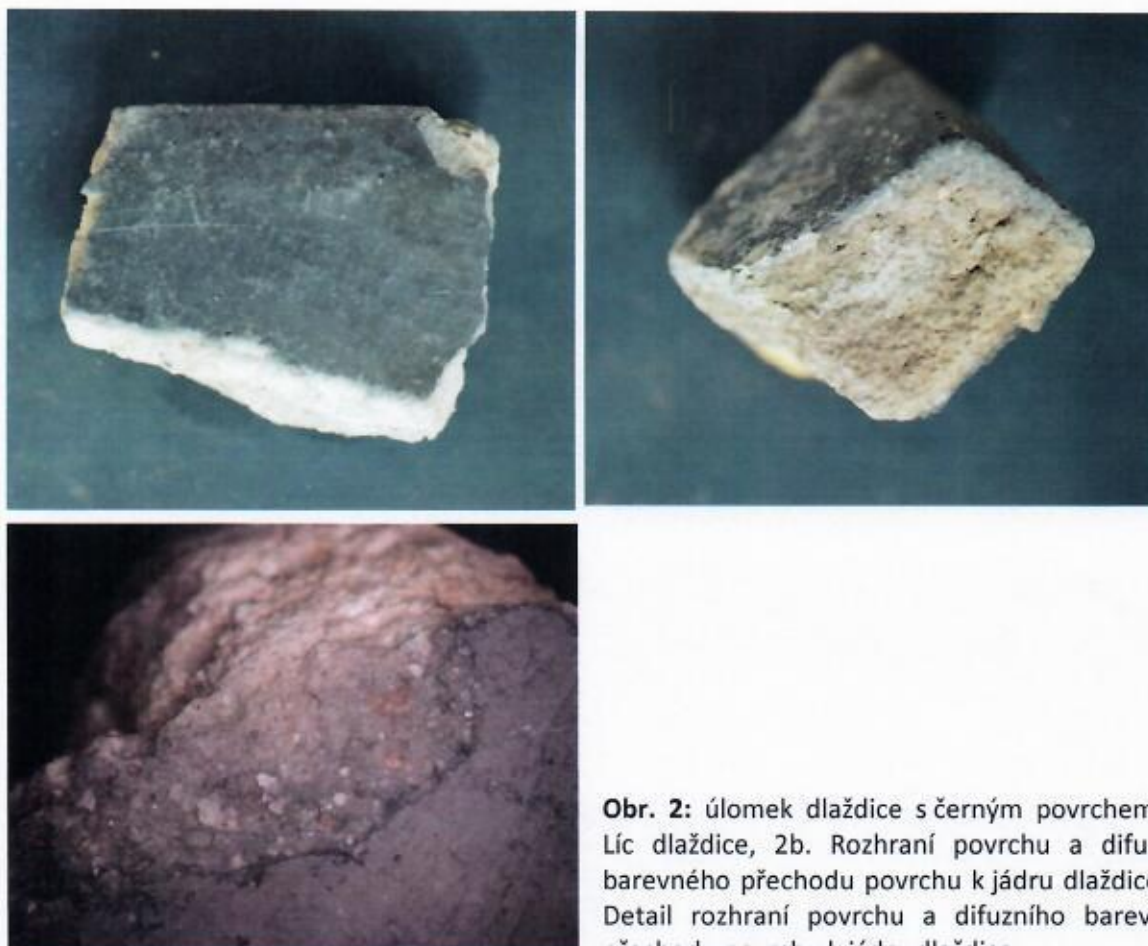
## 2.2. Nové poznatky

Na základě nově posouzeného složení hmoty, které je uvedeno v práci [2] vychází, že keramická hmota je složena z 39 hm. % jíloviny, 36 hm. % křemenných zrn, 5 hm. % hematitu, 17,7 hm. % živce draselného a 0,2 hm. % živce sodného a 0,7 hm. % slíd. Kvalifikovaný odhad na základě stechiometrických poměrů nepotvrzuje tak vysoký obsah amorfni složky, který uvádí [2].

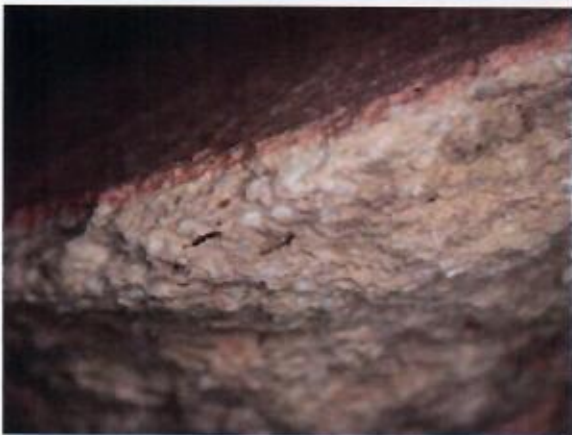
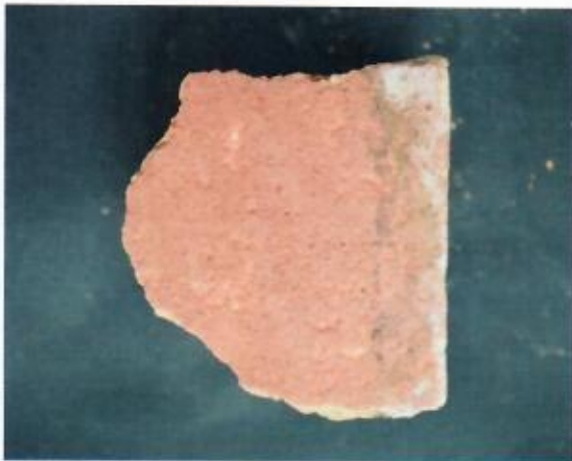
Složení s vysokým obsahem ostřiva (křemen+ živec) ukazuje na nízkou teplotu pálení, kdy k tvorbě pevných keramických hmot dochází bez vlivu taveniny, tzv. **slinováním v pevném stavu**. V opačném případě by nebyly živce identifikovatelné a byly by součástí taveniny.

V práci [2] identifikovaný obsah  $Fe_2O_3$ , nebyl potvrzen XDR analýzou. Železitý, železnatý iont může být součástí jílové struktury, kde izomorfně nahrazuje hlinitý iont a potom by nebyl v XRD analýze, ale vyskytoval by se v hotové hmotě po výpalu jako zmíněný oxid železnatý.

Pro identifikaci barevnosti a určení technologie výroby jsou nově posouzeny vzorky dodané do laboratoře garantem P.Jeriem a T.Raflem.



**Obr. 2:** úlomek dlaždice s černým povrchem. 2a. Líc dlaždice, 2b. Rozhraní povrchu a difuzního barevného přechodu povrchu k jádru dlaždice. 2c. Detail rozhraní povrchu a difuzního barevného přechodu povrchu k jádru dlaždice



**Obr. 3:** úlomek dlaždice s cihlovým povrchem. 3a. Líc dlaždice, 3b. Rozhraní povrchu a difuzního barevného přechodu povrchu k jádru dlaždice. 3c. Detail rozhraní povrchu a difuzního barevného přechodu povrchu k jádru dlaždice



**Obr. 4:** úlomek dlaždice s béžovým povrchem. 4a. Líc dlaždice, 4b. Rozhraní povrchu a difuzního barevného přechodu povrchu k jádru dlaždice. 4c. Detail rozhraní povrchu a difuzního barevného přechodu povrchu k jádru dlaždice



**Z posouzení vzorků plynou tyto závěry:**

Jedná se o poměrně měkký střepek pálený v rozmezí 850 – 900 °C při využití technologie výroby kachlů z blízkého okolí (k té domněnce vede zjištění v regionálním muzeu Žďár nad Sázavou (p. Lopaur - správce sbírek). Dále skutečnost, že v obci Nové Veselí (cca 5 km), bylo sídlo cechmistra, a je zde dosud zachovaná výroba kachlů (od roku 1613).

Technologie výroby kachlů je typická použitím engob, slabé barevné jílové vrstvy na povrchu kachlů. Engoba může být kryta glazurou v případě kamnového kachle nebo je-li vyleštěna, pak po výpalu tvoří polo-lesklou povrchovou vrstvu.

Bylo zjištěno, že na zbytcích dlažeb z kostela a na vzorcích této dlažby jsou povrchové vrstvy tmavě červené a okrové (snad siena pálená) engoby s tím, že další dlaždice jsou černé.

Pro identifikaci černého zbarvení byl použit tento experiment: vzorek 42-20 (evidenční NPÚ – technologická laboratoř) s černým povrchem a světle šedou barvou střepeu byl rozdělen na dvě poloviny. Jedna polovina ponechána a druhá byla pálena v elektrické muflové peci na teplotu 900 °C. Teplota zvolena podle teploty nutné pro vyhoření uhlíku.

Srovnání je uvedeno na obr. 1, kde jsou dále viditelné jemné prasklinky na povrchu jak černé, tak okrového podílu vzorku, což je dáno rozdílnými vlastnostmi jemné engoby (plavená jílová vrstva) a podkladu, kde vzhledem k množství ostřiva nedochází k tak významnému smrštění (rozdílný KTR-koefficient tepelné roztažnosti).



**Obr. 5:** Černá dlaždice. Levá část nevypálená, pravá část – změna barevnosti po pálení úlomku dlaždice

Po vychladnutí bylo konstatováno, že: černá barva dlaždic je dána tzv. zakuřováním střepeu při teplotách nižších než 850 °C, kdy současně dojde k zakouření povrchu a redukci železitého iontu přítomného v jílu tj.  $\text{Fe}^{3+}$  (barevného) na bezbarvý  $\text{Fe}^{+2}$ .

Proto je střepek dlaždic s černým povrchem šedavý a u ostatních dlaždic načervenalý až cihlově červený.

Pro definitivní potvrzení toho, že se nejedná o „vápenato-cementové“ pojivo, byl vzorek ponořen do desetiprocentního roztoku HCl. K rozpouštění nedocházelo. Vzorek není pojen zmíněným pojivem a vazba je čistě keramická.

### 3. Závěr posouzení vzorků

Dlaždice byly vyráběny místními keramiky za použití kamnářské technologie výroby kachlů s barevnými engobami (tmavá červená a tmavě béžová) a s použitím techniky zakuřování pro dlaždice s černou vrstvou na povrchu. Všechny dlaždice byly vyráběné ze stejného materiálu s pravděpodobně rozdílnou teplotou výpalu. Bylo zjištěno, že i černé dlaždice byly pod vrstvou černé (uhlíkové) vrstvy potaženy engobou, která byla vyleštěna a tím i černá barva se jeví jako pololesklá.

Pro případné řešení náhrady dlažby podle realizační dokumentace, podzim 2019 (Chudárek, Rafl, Kladiva, Jerie) lze najít řešení výroby dlaždic stejným způsobem a technologií jako v minulosti.

V Praze dne 25. 5. 2020



Ing. Tomáš Hanzlíček



Ing. Dagmar Michoinová, Ph.D.

vedoucí odboru technologické laboratoře

#### Reference:

[1] Zdeněk Chudárek, „Kostel sv. Jana Nepomuckého na Zelené hoře“, NPÚ Telč (2009)

[2] Válek Jan, Skružná Olga, „Materiálové složení dlažby v poutním kostele sv. Jana Nepomuckého na Zelené hoře.“ Ústav teoretické a aplikované mechaniky AV ČR, 2018,