

Univerzita Pardubice

Fakulta restaurování

Ateliér restaurování a konzervace děl nástěnné malby, sochařských děl a povrchů  
architektury

Jiráskova 3, 570 01 Litomyšl

**Restaurátorský průzkum a referenční restaurování středověkých  
nástěnných maleb v kostele sv. Bartoloměje v Pošné**

Praktická část diplomové práce

**Odolnost konsolidantů Klucel G a Primal WS 24 proti plísním**

Teoretická část diplomové práce

BcA. Michaela Navrátilová

Vedoucí práce, garant praktické části práce: Doc. Jaroslav J. Alt, ak. mal.

Garant teoretické části práce: PhMr. Bronislava Bacílková

Diplomová práce

2013

# Zadání práce

Univerzita Pardubice  
Fakulta restaurování  
Akademický rok: 2011/2012

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE (PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Michaela Navrátilová**  
Osobní číslo: **R10025**  
Studijní program: **N8206 Výtvarná umění**  
Studijní obor: **Restaurování a konzervace děl nástěnné malby, sochařských děl a povrchů architektury**  
Název tématu: **Restaurátorský průzkum a referenční restaurování středověkých nástěnných maleb v kostele sv. Bartoloměje v Pošné / Odolnost konsolidantů Klucel G a Primal WS 24 proti plísním**  
Zadávací katedra: **Ateliér restaurování malby a sgrafita**

### Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

Praktická část práce: Studentka na svěřené části maleb samostatně provádí komplexní restaurátorský zásah, včetně restaurátorského průzkumu (neinvazivní, invazivní metody). Dlouhodobě budou monitorovány klimatické podmínky v interiéru kostela. V invazivní části průzkumu budou odebrány vzorky pro mikroskopickou statigrafii a pro mikrochemické analýzy. Dále budou odebrány vzorky omítek pro zjištění míry jejich salinity, stanovení jejich vlhkosti a analýzu jejich složení (plnivo, pojivo, granulometrie), provedeny a analyzovány stěry v místech mikrobiologického napadení omítek s malbou a zkoušky techniky, technologie a úměry čištění malby a zkoušky variant zpevnění barevné vrstvy a konsolidace omítek. Na základě výsledků průzkumu studentka vypracuje záměr komplexního restaurátorského zásahu na určené referenční ploše maleb. Součástí praktické části diplomové práce je i stručný historický exkurz zabývající se historií kostela a jeho výzdoby. Po schválení návrhu na restaurování vedoucím práce studentka přikročí k vlastnímu restaurování. Studentka bude pracovat samostatně, průběh práce bude konzultovat s vedoucím práce, s oponentem a společně s vedoucím práce se zástupci příslušných památkových orgánů. Nedílnou součástí diplomové práce je vyhotovení kompletní restaurátorské dokumentace, která bude odevzdána investorovi a na příslušné ú. o. p. NPÚ. Diplomová práce musí splňovat formální pravidla stanovená na FR UPa.

Teoretická část práce: Studentka vypracuje práci na téma srovnání odolnosti vybraných organických konsolidantů proti plísním. Vybrány budou konsolidanty, které budou použité v rámci praktické části diplomové práce při restaurování nástěnných maleb v kostele sv. Bartoloměje v Pošně. Studentka vypracuje literární rešerši ke studované problematice se zřetelem na mikrobiologickou degradaci polymerů, základní vlastnosti použitých konsolidantů a srovnání mikrobiologické odolnosti dosud testovaných konsolidantů. U vybraných přípravků bude experimentálně ověřen jejich vliv na mikroorganismy podle normy ČSN ISO 846 (případně podle dalších souvisejících norem). Studentka zhodnotí získané výsledky z hlediska vhodnosti použití vybraných konsolidantů v prostředí s vyšším výskytem mikroorganismů. Teoretická část práce byla zadána odborným garantem PhMr. Bronislavou Bacílkovou z Biologické laboratoře, Oddělení péče o fyzický stav archiválií Národního Archivu v Praze.

Datum obhajoby: září 2013

Datum zadání práce: 10. 11. 2012

Vedoucí práce: Doc. Jaroslav J. Alt ak. mal.

Odborný garant teoretické části: PhMr. Bronislava Bacílková (NA v Praze)

Oponent: PhDr. Jakub Vítovský (NPÚ ú. p.)

Rozsah grafických prací:  
Rozsah pracovní zprávy:  
Forma zpracování diplomové práce: **tištěná**  
Seznam odborné literatury: **viz příloha**

Vedoucí diplomové práce: **doc. ak. mal. Jaroslav J. Alt**  
Ateliér restaurování malby a sgrafita

Datum zadání diplomové práce: **30. října 2011**  
Termín odevzdání diplomové práce: **16. srpna 2013**

Ing. Karol Bayer  
děkan

L.S.

Mgr. art. Jan Vojtěchovský  
vedoucí ateliéru

V Litomyšli dne 10. května 2013

## Příloha zadání diplomové práce

Seznam odborné literatury:

Praktická část práce: Bartlová, M.: Malířské vrstvy z pohledu historika umění středověku, *Technologia Artis*, Akademie výtvarných umění, Praha 2006, ISSN 1211 -3018, vol. 4, no. 1, pp. 69 -71. Brandí C.: Teorie restaurování. Kutná Hora 2000. Dvořák, M.: Kastechismus památkové péče, NPÚ Praha 2004 Francastel, P.: *Figura a místo*, Odeon, Praha 1984. Francastel, Pierre: *Malířství a společnost, Výtvarný prostor od renesance ke kubismu*, Barrister&Principal, Brno 2003, ISBN 80-86598-49-7 Holeček, J., Girsá, V. a kol.: *Projektování obnovy stavebních památek*, NPÚ Praha 2008 Hošek J., Muk J.: *Omítky historických staveb*. Praha 1989. Kiesow, Gottfried: *Památková péče v Německu*, Barrister & Principal, Brno, 2012 Kulka, Tomáš: *Umění a falzum*, Academia, 2004, ISBN 80-200-0954-X Macek, P.: *Operativní průzkum a dokumentace historických staveb*, NPÚ Praha 2005 Mora, P., Mora, L., Philippot, P.: *Conservation of Wall Paintings*. London 1984. Nejedlý, Vratislav: *České restaurování ve druhé polovině 20. a na počátku 21. století*, in: *Zprávy památkové péče*, roč. 68, 2008, č. 5, s. 365-375 Nejedlý, Vratislav: *K vývoji retuš malířských děl v českých zemích ve druhé polovině 20. století*, in: *Zprávy památkové péče*, roč. 65, 2005, č. 6, s. 500-516 Pavala, M.: *Kostel sv. Vavřince bývalého kláštera sv. Anny na Starém Městě*, *Technologia Artis*, Akademie výtvarných umění, Praha 2004. *Reclams Handbuch der künstlerischen Techniken*. díl 2, Stuttgart 2002. Riegl, A.: *Moderní památková péče*, NPÚ Praha 2003 Rulíšek H.: *Slovník křesťanské ikonografie*, Praha 2006 Slánský, B.: *Technika malby I a II.*, Praha 2003. Stejskal, K.: *Nástěnné malířství 2. poloviny 14. a počátku 15. století*, in: *Dějiny českého výtvarného umění I/I*, Praha 1984, s. 346. Šimůnková, E., Bayerová, T.: *Pigmenty*. Praha 2009. Vaněček I., *Nástěnné malby*. VŠCHT Praha 1997. Viřaz, S., M.: *Contemporary Theory of Conservation*, Elsevier Butterworth-Heinemann, Oxford 2005. Wagner, V.: *Umělecké dílo minulosti a jeho ochrana*, NPÚ Praha 2005 Zelinger J. a kolektiv: *Chemie v práci konzervátora a restaurátora*. Praha 1987. Alt. J., J.: *Revitalizace interiéru kostela Nanebevzetí Panny Marie v Kutné Hoře-Sedlci*. *Restaurování nástropních maleb v klenbě křížení hlavní a příčné lodi a v klenbách kaplí ochozu*, in: *Sedlec ? historie, architektura a umělecká tvorba sedleckého kláštera*, TOGGA, Praha 2009, ISBN 978-80-87358-22-4, s. 399-418. K doporučené literatuře studentka samostatně vyhledá další relevantní literaturu a prameny, které se průzkum i vlastní restaurování vyžádá.

Teoretická část práce: BACÍLKOVÁ, Bronislava. *Biologická degradace materiálů*. Institut restaurování a konzervačních technik Litomyšl, o.p.s. Litomyšl, 2000 BACÍLKOVÁ, Bronislava. *Použití mikroskopu pro rychlou diagnostiku plísní na historickém materiálu*. In: *SPOLEČNOST PRO TECHNOLOGIE OCHRANY PAMÁTEK*. Mikrobiologické poškození sbírek 2000: odborný seminář. Praha: Národní muzeum, 2000, s. 21-23. CANEVA, Giulia, Maria Pia NUGARI a Ornella SALVADORI. *Biology in the conservation of works of art*. Rome: ICCROM, 1991. HORIE, Velson. *Materials for conservation: Organic consolidants, adhesives and coatings*. second edition. New York: Routledge, 2011. ISBN 978-0-75-066905-4. SKORKOVSKÝ, Bohuslav et al. *Mikroorganismy jako průvodci degradace archiválií*. Praha: Archivní správa ministerstva vnitra ČSR, 1981. *SPOLEČNOST PRO TECHNOLOGIE OCHRANY PAMÁTEK*. Zpravodaj STOP: Biopoškození stavebních materiálů. Slaný: Společnost pro technologie ochrany památek, 2004, Vol. 6. No. 2, ISSN: 1212-4168.

## Prohlášení

Tuto práci jsem vypracovala samostatně. Veškeré literární prameny a informace, které jsem v práci využila, jsou uvedeny v seznamu použité literatury.

Tato diplomová práce je zároveň rozšířenou restaurátorskou dokumentací. Při průzkumu a restaurování jsem použila pouze materiály, technologie a postupy, uvedené v této práci. Veškeré postupy jsou dokumentovány fotografiemi, které jsou věrným záznamem zobrazované skutečnosti. Nejsm si vědoma nových zjištění a skutečností na restaurované památce, které by nebyly v této práci uvedeny.

Byla jsem seznámena s tím, že se na moji práci vztahují práva a povinnosti vyplývající ze zákona č. 121/2000 Sb., autorský zákon, v úplném znění pozdějších dodatků, zejména se skutečností že Univerzita Pardubice má právo na uzavření licenční smlouvy o užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona, a s tím, že pokud dojde k užití této práce mnou nebo bude poskytnuta licence o užití jinému subjektu, je Univerzita Pardubice oprávněna ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložila, a to podle okolností až do jejich skutečné výše.

Souhlasím s prezenčním zpřístupněním své práce v Univerzitní knihovně (Dislokované pracoviště – Fakulta restaurování, Litomyšl).



.....  
Autor diplomové práce a zodpovědný restaurátor

BcA. Michaela Navrátilová

V Litomyšli dne 25. 7. 2013

## Poděkování

Mé poděkování patří všem, díky kterým jsem mohla na této práci pracovat, kteří se na této práci přímo podíleli nebo mi pomáhali a podporovali mě. Bez všech zúčastněných odborníků, kolegů, přátel a mých blízkých by tato práce nebyla uskutečněna a dokumentována.

Na prvním místě velmi děkuji Tomášovi Papáčkovi, své rodině a Zoe Papáčkové Navrátilové za neutuchající podporu a obětavou pomoc v průběhu celého mého studia.

Vedoucímu praktické části práce doc. Jaroslavu J. Altovi, ak. mal. z Fakulty restaurování Univerzity Pardubice děkuji za důvěru, kterou ve mě vložil zadáním této práce, za cennou a obohacující příležitost se této práci věnovat, za konzultace a podporu.

Garantu teoretické části práce PhMr. Bronislavě Bacílkové děkuji za vřelé přijetí v Oddělení péče o fyzický stav archiválií Národního archivu, za odborné rady, vstřícnou spolupráci a konzultace v celém průběhu práce.

Velké poděkování patří mým přátelům, kteří mi s prací pomáhali. Předně děkuji BcA. Daně Macounové za spolupráci a pomoc s laboratorním průzkumem praktické části práce a BcA. Tereze Cikrytové za konzultace a odborné rady při psaní celku diplomové práce. Dále děkuji MgA. Janě Dunajské, BcA. Miroslavu Bodanskému, Ing. Janě Šupíkové, BcA. Šárce Volákové, BcA. Romanu Kolářovi, MgA. et BcA. Petře Jánské, BcA. Ivoně Kociánové a BcA. Marii Hřindové.

Zvláštní poděkování patří děkanovi Fakulty restaurování Univerzity Pardubice Ing. Karolu Bayerovi za podporu v průběhu práce a chemicko-technologické analýzy a konzultace.

Poděkování patří také všem odborníkům, kteří se podíleli na dílčích částech práce, bez nichž by nebylo dosaženo prezentovaných výsledků. Za umělecko-historické zhodnocení a konzultace děkuji PhDr. Jakubovi Vítovskému z Národní památkového ústavu v Praze. Za chemicko-technologické analýzy a konzultace děkuji Ing. Tereze Tribulové z Vysoké školy chemicko-technologické v Praze a Ing. Evě Dytrychové a Ing. Petře Lesniakové, PhD. z Fakulty restaurování Univerzity Pardubice. Za dílčí chemicko-technologické analýzy a konzultace dále děkuji Ing. Janě Cibulkové a Ing. Lindě Míškové z Vysoké školy chemicko-technologické v Praze; Ing. Haně Paulusové z Národního Archivu v Praze; a Ing. Renatě Tišlové Ph.D. a Ing. Jakubovi Havlínovi z Fakulty restaurování Univerzity Pardubice. Poděkování patří také PhDr. Aleně Noskové z Národního v Praze Archivu za vyhledání a přípravu archivních zpráv a Daně Večeřové z Fakulty restaurování Univerzity Pardubice za zajištění literatury, potřebné k práci.

Děkuji také P. Mgr. Tomášovi Hajdovi z Římskokatolické farnosti Pacov a Ing. Oldřichovi Měřičkovi z Římskokatolické farnosti Pelhřimov za ubytování při praktické části práce a Jakubovi Cyrilovi Grolichovi za ubytování při teoretické části práce.

## Název

Restaurátorský průzkum a referenční restaurování středověkých nástěnných maleb v kostele sv. Bartoloměje v Pošné / Odolnost konsolidantů Klucel G a Primal WS 24 proti plísním

## Anotace

Diplomová práce se ve své praktické části zabývá restaurátorským průzkumem a referenčním restaurováním středověkých nástěnných maleb v kostele sv. Bartoloměje v Pošné. Průzkum se v první řadě věnuje stavu dochování nástěnných maleb. Dále se soustředí na rozlišení a popis několika časových vrstev středověkých nástěnných maleb z období 13.–14. stol., identifikaci a zhodnocení posledního restaurátorského zásahu z poloviny 20. stol. a řešení problematiky nevyhovujících klimatických podmínek v objektu. Na základě průzkumu je stanovena koncepce restaurování, která je konzervačního charakteru. Vlastní restaurování se soustředí především na částečné sejmutí nepůvodních vrstev a konsolidaci degradovaného souvrství nástěnné malby.

Teoretická část diplomové práce se, vzhledem k nevyhovujícímu klimatu v objektu, zabývá odolností organických konsolidantů *Klucel G* (ether celulózy) a *Primal WS 24* (disperze akrylátového polymeru) proti plísním. Tyto dva konsolidanty jsou vybrány také pro vlastní restaurování. Podle ČSN EN norem jsou provedeny mikrobiologické zkoušky konsolidantů ve formě filmů po jejich inokulaci vybranými kmeny plísní a kultivaci. Konsolidanty *Klucel G* a *Primal WS 24* by neměly při jejich použití na nástěnných malbách podporovat nárůst plísní nebo sloužit jako primární zdroj živin.

## Klíčová slova

středověké nástěnné malby, restaurátorský průzkum, konzervace, restaurování, biodegradace, mikrobiologické zkoušky, plísně, Klucel G, Primal WS 24



## **Title**

Restoration research and reference restoration of middle age mural paintings in St. Bartholomew Church, Pošná / Resistance of Consolidants Klucel G and Primal WS24 to mold fungi.

## **Annotation**

In the theoretical part, the diploma thesis deals with restoration survey and conservation of middle age wall painting in the church of St. Bartholomew, Pošná. The survey focuses primarily on the documentation of current state of preservation of the wall paintings. Moreover the study concentrates on distinction and description of several chronological layers in the middle age paintings dated from 13th–14th century. It also deals with identification and assessment of the last restoration intervention from the middle of 20th century. Another aim of the study is to analyse the influence of interior poor climate conditions in the church. Based on the survey, optimal concept of restoration was designed. This proposed concept of restoration is to preserve the fragmentary painting in delicate manner rather than restoring it completely. The restoration treatment consists of partial removal of non-origin overlays and consolidation of degraded multilayer of the wall painting.

With respect to the poor climate conditions in the building, theoretical part of the study is concerned about the organic consolidants *Klucel G* (cellulose ether) and *Primal WS 24* (acrylic polymers dispersion) and their resistance to mold fungi. These two consolidants were also chosen for the restoration treatment. Following relevant ČSN EN Standards, inoculation of film of consolidants by infectious fungi agents and cultivations on growing medium were performed. As a conclusion, neither Klucel G or Primal WS 24 pose a threat to wall painting, as neither of the consolidants was proven to promote the fungi growth.

## **Keywords**

medieval wall paintings, restoration research, preservation, conservation, biodegradation, microbiological tests, mold fungi, Klucel G, Primal WS 24

<b>OBSAH</b>
--------------

<b>1</b>	<b>ÚVOD</b> .....	<b>14</b>
<b>2</b>	<b>PRAKTICKÁ ČÁST DIPLOMOVÉ PRÁCE –RESTAURÁTORSKÝ PRŮZKUM A REFERENČNÍ RESTAUROVÁNÍ STŘEDOVĚKÝCH NÁSTĚNNÝCH V KOSTELE SV. BARTOLOMĚJE V POŠNÉ</b> .....	<b>15</b>
<b>2.1</b>	<b>Základní údaje</b> .....	<b>16</b>
2.1.1	Údaje o památce .....	16
2.1.2	Údaje o akci.....	17
<b>2.2</b>	<b>Restaurátorský průzkum</b> .....	<b>19</b>
2.2.1	Vymezení úseku nástěnných maleb k průzkumu a restaurování.....	19
2.2.2	<b>Umělecko-historický průzkum</b> .....	<b>21</b>
2.2.2.1	Cíle průzkumu .....	21
2.2.2.2	Metodika průzkumu.....	21
2.2.2.3	Kostel sv. Bartoloměje v Pošné.....	21
2.2.2.4	Středověké nástěnné malby v objektu .....	23
2.2.2.5	Nepůvodní zásahy a vrstvy na nástěnných malbách.....	28
2.2.3	<b>Průzkum klimatu, vlhkosti a salinity</b> .....	<b>33</b>
2.2.3.1	Cíle průzkumu .....	33
2.2.3.2	Metodika průzkumu.....	33
2.2.3.3	Stav objektu z hlediska klimatu, vlhkosti a salinity .....	33
2.2.3.4	Rešerše předchozích průzkumů.....	39
2.2.3.5	Měření relativní vlhkosti vzduchu, teploty a rosného bodu .....	39
2.2.3.6	Stanovení obsahu vlhkosti omítek.....	41
2.2.3.7	Stanovení koncentrace vodorozpuštěných solí omítek.....	43
2.2.3.8	Průzkum mikrobiologického napadení středověkých vrstev.....	44
2.2.3.9	Zhodnocení klimatu objektu a navrhovaná sanační opatření .....	46
2.2.4	<b>In situ průzkum nástěnných maleb a nepůvodních vrstev</b> .....	<b>51</b>
2.2.4.1	Základní prohlídka maleb, popis poškození.....	51
2.2.4.2	Pozorování v ultrafialové luminiscenci .....	63
2.2.4.3	Pozorování v infračerveném záření .....	66
2.2.4.4	Sondážní průzkum pod nepůvodní vrstvy, určení jejich rozsahu .....	68
2.2.4.5	Mikro-sondážní průzkum pod vrstvy středověkých maleb .....	75
2.2.5	<b>Laboratorní průzkum nástěnných maleb a nepůvodních vrstev</b> .....	<b>79</b>
2.2.5.1	Rozbor středověkých a novodobých omítkových vrstev .....	79
2.2.5.2	Sítová analýza středověké omítky, rozbor pojiva a kameniva .....	82
2.2.5.3	Identifikace pojiv nátěrových a barevných vrstev .....	83
2.2.5.4	Identifikace pigmentů nátěrových a barevných vrstev .....	86
2.2.5.5	Stratigrafie vrstev nástěnné malby, analýza barevných vrstev.....	89
2.2.6	<b>Stručné shrnutí výsledků restaurátorského průzkumu</b> .....	<b>94</b>

<b>2.3</b>	<b>Stanovení cílů a koncepce restaurování .....</b>	<b>96</b>
<b>2.4</b>	<b>Zkoušky materiálů a technologií pro restaurování .....</b>	<b>98</b>
2.4.1	Celoplošné čištění malby a ztenčení nepůvodních retuší a přemaleb .....	98
2.4.2	Povrchová konsolidace zpráškovatělé barevné vrstvy .....	101
2.4.3	Dočasná izolace barevné vrstvy .....	103
2.4.4	Strukturální konsolidace nesoudržných omítkových vrstev .....	103
2.4.5	Hlubková konsolidace uvolněných nátěrových a barevných vrstev .....	105
2.4.6	Tmelení defektů omítkových vrstev .....	106
2.4.7	Retuše omítkových vrstev a nově provedených tmelů .....	108
2.4.8	Návrh postupu restaurátorských prací .....	109
<b>2.5</b>	<b>Restaurování, postup prací.....</b>	<b>110</b>
2.5.1	Celoplošné čištění malby a ztenčení nepůvodních retuší a přemaleb .....	110
2.5.1.1	Mikroskopického pozorování povrchu barevné vrstvy po čištění .....	110
2.5.2	Povrchová konsolidace zpráškovatělé barevné vrstvy .....	113
2.5.3	Odstranění nepůvodních tmelů a vrstev .....	113
2.5.4	Dočasná izolace barevné vrstvy .....	115
2.5.5	Ochranné přeplepy uvolněných omítkových a nátěrových vrstev .....	116
2.5.6	Strukturální konsolidace nesoudržných omítkových vrstev .....	116
2.5.7	Hlubková konsolidace uvolněných omítkových vrstev .....	116
2.5.8	Hlubková konsolidace uvolněných nátěrových a barevných vrstev .....	117
2.5.9	Tmelení defektů omítkových vrstev .....	118
2.5.10	Retuše omítkových vrstev a nově provedených tmelů .....	119
2.5.11	Retuše barevných vrstev .....	121
<b>2.6</b>	<b>Doporučení pro uchování nástěnných maleb.....</b>	<b>122</b>
<b>2.7</b>	<b>Použité materiály a technologie .....</b>	<b>122</b>
<b>3</b>	<b>TEORETICKÁ ČÁST DIPLOMOVÉ PRÁCE – ODOLNOST KONSOLIDANTŮ KLUCEL G A PRIMAL WS 24 PROTI PLÍSNÍM ....</b>	<b>123</b>
<b>3.1</b>	<b>Představení práce.....</b>	<b>123</b>
<b>3.2</b>	<b>Slovníček základních pojmů.....</b>	<b>124</b>
<b>3.3</b>	<b>Literární rešerše.....</b>	<b>125</b>
3.3.1	Mikrobiologická degradace polymerních látek .....	125
3.3.1.1	Rozdělení mikroorganismů .....	125
3.3.1.2	Životní podmínky mikroorganismů .....	125
3.3.1.3	Úvod k degradaci polymerů .....	127
3.3.1.4	Základní mechanismy mikrobiologické degradace polymerních látek.....	127
3.3.1.5	Identifikace mikrobiologického napadení.....	129
3.3.1.6	Opatření proti mikrobiologickému napadení .....	131
3.3.2	Základní vlastnosti testovaných materiálů.....	133
3.3.2.1	Ethery celulózy.....	133
3.3.2.2	Klucel G .....	136

3.3.2.3	Akrylátové polymery .....	137
3.3.2.4	Primal WS 24 .....	140
3.3.2.5	Polyesterová netkaná textilie HollyTex .....	141
<b>3.3.3</b>	<b>Publikované mikrobiologické testování vybraných materiálů .....</b>	<b>142</b>
3.3.3.1	1996, mikrobiologické zkoušky konsolidantů maleb na pergamenu .....	142
3.3.3.2	1998, mikrobiologické zkoušky konsolidantů nástěnných maleb .....	142
3.3.3.3	2000-2010, mikrobiologické zkoušky konsolidantů historických textilií ...	143
3.3.3.4	2006, mikrobiologické zkoušky konsolidantů nástěnných maleb .....	145
<b>3.4</b>	<b>Laboratorní testování .....</b>	<b>147</b>
<b>3.4.1</b>	<b>Úvod k laboratornímu testování .....</b>	<b>147</b>
<b>3.4.2</b>	<b>Použité materiály a technologie .....</b>	<b>148</b>
<b>3.4.3</b>	<b>Metodika .....</b>	<b>148</b>
3.4.3.1	Stručný přehled zkušebního systému .....	148
3.4.3.2	Příprava zkušebních vzorků .....	149
3.4.3.3	Příprava živných půd .....	152
3.4.3.4	Příprava inokula .....	152
3.4.3.5	Provedení kultivačních zkoušek .....	154
3.4.3.6	Pozorování nárůstu plísní .....	156
3.4.3.7	Měření pH povrchu vzorků .....	157
3.4.3.8	Stanovení hmotnostních změn .....	157
3.4.3.9	Zneškodnění kontaminovaných vzorků po ukončení zkoušek .....	158
3.4.3.10	Fotografická dokumentace .....	158
<b>3.5</b>	<b>Výsledky .....</b>	<b>159</b>
<b>3.5.1</b>	<b>Pozorování nárůstu plísní .....</b>	<b>159</b>
3.5.1.1	Kultivace na úplné živné půdě .....	159
3.5.1.2	Kultivace na neúplné živné půdě .....	165
3.5.1.3	Kultivace bez živné půdy .....	173
<b>3.5.2</b>	<b>Měření pH .....</b>	<b>176</b>
<b>3.5.3</b>	<b>Stanovení hmotnostních změn .....</b>	<b>176</b>
3.5.3.1	Kultivace na úplné živné půdě .....	176
3.5.3.2	Kultivace na neúplné živné půdě .....	176
3.5.3.3	Kultivace bez živné půdy .....	176
<b>3.6</b>	<b>Diskuze .....</b>	<b>177</b>
<b>3.6.1</b>	<b>Pozorování nárůstu plísní .....</b>	<b>177</b>
3.6.1.1	Kultivace na úplné živné půdě .....	177
3.6.1.2	Kultivace na neúplné živné půdě .....	178
3.6.1.3	Kultivace bez živné půdy .....	179
<b>3.6.2</b>	<b>Měření pH povrchu vzorku .....</b>	<b>180</b>
<b>3.6.3</b>	<b>Stanovení hmotnostních změn .....</b>	<b>180</b>
3.6.3.1	Kultivace na úplné živné půdě .....	181
3.6.3.2	Kultivace na neúplné živné půdě .....	181
3.6.3.3	Kultivace bez živné půdy .....	182

3.7	Závěr laboratorního testování.....	183
3.7.1	Doporučení pro další výzkum.....	184
4	ZÁVĚR.....	185
5	SEZNAMY .....	187
5.1	Seznam použité Literatury .....	187
5.1.1	Literatura a prameny .....	187
5.1.2	Normy .....	191
5.1.3	Přednášky .....	191
5.1.4	Studentské závěrečné práce.....	192
5.1.5	Technické a bezpečnostní listy a produktové specifikace .....	193
5.1.6	Weby, webové stránky a příspěvky na webu .....	194
5.1.7	Zprávy vyhotovené pro účely této diplomové práce.....	195
5.2	Seznam zkratk a značek.....	196
5.3	Seznam obrázků.....	198
5.3.1	Praktická část diplomové práce .....	198
5.3.2	Teoretická část diplomové práce.....	202
5.4	Seznam tabulek .....	204
5.4.1	Praktická část diplomové práce .....	204
5.4.2	Teoretická část diplomové práce.....	204
5.5	Seznam grafů.....	205
5.5.1	Praktická část diplomové práce .....	205
5.5.2	Teoretická část práce diplomové práce .....	205
6	OBRAZOVÁ PŘÍLOHA.....	206
6.1	Seznam obrázků v obrazové příloze.....	206
6.1.1	Praktická část diplomové práce .....	206
6.1.2	Teoretická část diplomové práce.....	208
6.2	Obrazová příloha k praktické části diplomové práce .....	209
6.3	Obrazová příloha k teoretické části diplomové práce .....	242
7	TEXTOVÁ PŘÍLOHA .....	245
7.1	Seznam textových příloh.....	245
7.2	Textové přílohy praktické části diplomové práce.....	246
7.3	Textové přílohy teoretické části diplomové práce .....	311
8	POZNÁMKY .....	320

Seznam textových i obrazových příloh obou částí práce je uveden v příslušných přílohách.

# 1 ÚVOD

Na podzim r. 2011 mi byla zadána praktická diplomová práce – restaurátorský průzkum a referenční restaurování nástěnných maleb na levé polovině severní stěny presbytáře kostela sv. Bartoloměje v Pošné. Úkolem bylo provést průzkum nástěnných maleb určených k restaurování v kontextu objektu kostela, na základě jeho výsledků stanovit ideu a koncepci restaurování a nástěnné malby restaurovat. Jedná se o referenční restaurování, tudíž podle navržené restaurátorské koncepce a postupů budou v následujících letech restaurovány také ostatní středověké nástěnné malby v objektu. Průzkum i následné restaurování probíhali od podzimu r. 2011 do jara 2013.

S praktickou diplomovou prací pak úzce souvisí práce teoretická, která se věnuje zhodnocení a srovnání odolnosti organických konsolidantů barevné vrstvy *Klucel G* a *Primal WS 24* proti plísním. Teoretická diplomová práce rozvíjí zkoušky materiálů a technologií pro restaurování, provedené v rámci praktické práce. Z širšího výběru zkoušených materiálů byly vybrány tyto dva konsolidanty, u nichž byla, vzhledem k nevyhovujícím klimatickým podmínkám v kostele sv. Bartoloměje v Pošné, zkoušena jejich odolnost proti plísním.

Praktická a teoretická diplomová práce jsou dle směrnic Fakulty restaurování Univerzity Pardubice kompletovány v rámci jedné diplomové práce jako její praktická a teoretická část.

Text této diplomové práce je doplněn fotografiemi a grafickými nákresey, které jsou pro větší přehlednost zařazovány za příslušné texty. Rozsahlejší obrazové celky jsou řazeny v obrazové příloze. Tabulky a grafy, pokud přímo nedoplňují daný text, jsou vloženy do textové přílohy. Pokud není uvedeno jinak, je autorkou fotografií Michaela Navrátilová.

**2 PRAKTICKÁ ČÁST DIPLOMOVÉ PRÁCE –  
RESTAURÁTORSKÝ PRŮZKUM A REFERENČNÍ  
RESTAUROVÁNÍ STŘEDOVĚKÝCH NÁSTĚNNÝCH  
V KOSTELE SV. BARTOLOMĚJE V POŠNÉ**

## 2.1 Základní údaje

### 2.1.1 Údaje o památce

**Název památky, jehož je restaurované dílo součástí:** Kostel sv. Bartoloměje

**Klasifikace památky:** Nemovitá památka

**Rejstříkové číslo památky:** 32794/3-3258 (památkou od: 3. 5. 1958)

**Kraj:** Vysočina

**Okres:** Pelhřimov

**Obec:** Pošná

**GPS:** 49°27'31.66"N,15°2'24.11"E

**Vlastník památky:** Římskokatolická církev Pošná  
Nám. Svobody 2, 395 01 Pacov

**Autor:** Neznámý

**Datace:**

- Střední pás (polofigury v arkádách): poslední čtvrtina 13. stol.
- Dolní pás (stůl s drapérií, pravděpodobně také fragment figury se štětcovou kresbou): 60.–80. léta 14. stol.
- Horní pás (sv. biskup, sv. Dorota, donátor): 60.–80. léta 14. stol.

**Materiál, technika:** Kombinovaná technika affresco a a secco na vápenném nátěru. Podkladem je hlazená vápenná omítka.

**Rozměry:**

- Severní stěna presbytáře: výška ve středu stěny cca 760 cm; délka při podlaze 520 cm;
- Úsek na severní stěně určený k samostatnému restaurátorskému průzkumu: výška v nejvyšší části úseku 596 cm; šířka v nejširší části úseku 172 cm; plocha cca 10,2 m<sup>2</sup>
- Úsek na severní stěně určený k zajišťovacím pracím (konsolidaci): výška v nejvyšší části úseku 57 cm; šířka v nejširší části úseku 172 cm; plocha cca 0,92 m<sup>2</sup>
- Úsek na severní stěně určený k samostatnému restaurování: výška v nejvyšší části úseku 391 cm; šířka v nejširší části úseku 172 cm; plocha cca 6,7 m<sup>2</sup>

**Předchozí známé zásahy na díle:**

- Přetření maleb vápenným nátěrem (snad před r. 1660).
- Barokní stavební úpravy kostela zahrnující pravděpodobně pekování nástěnných maleb a provedení nových omítek (snad po r. 1680).
- Přezdělení oken, či probourání nových oken v severní stěně presbytáře a provedení nových omítek na stěnách a klenbě (datace neznámá).
- Stavební úpravy kostela zahrnující asfaltový nátěr a pravděpodobně také nové omítky ve spodních partiích presbytáře (19. stol.).
- Dekorativní nástěnné malby v presbytáři (poč. 20. stol.).
- Odkryv, lokální opravy a nová výmalba stěn interiéru, restaurování maleb presbytáře a vítězného oblouku (1955–1956).



- Stavebně technický průzkum, statika – Ing. J. Vosátka (1990)
- Sondážní průzkum – Petr Hampl, akad. mal. a rest. (2004)
- Orientační průzkum pro stanovení postupu oprav omítek – Mgr. Josef Novotný (2005)
- Průzkum vlhkosti zdiva – Ing. Michael Balík, CSc. (2008)
- Sondážní průzkum presbytáře – BcA. Lukáš Hrinda (2010)

## 2.1.2 Údaje o akci

**Dílo určené k průzkumu:** Levá část severní stěny presbytáře v kontextu objektu kostela sv. Bartoloměje v Pošné

**Dílo určené k preventivní konzervaci před komplexní sanací objektu:** Středověké nástěnné malby s vyobrazením splývavé draperie stolu v dolním malovaném páse na levé části severní stěny presbytáře.

**Dílo určené ke komplexnímu restaurování:** Středověké nástěnné malby ve středním a horním a malovaném páse a malby s vyobrazením stolu v dolním malovaném páse na levé části severní stěny presbytáře.

**Objednatel:** Římskokatolická farnost Pošná

**Hlavní dodavatel restaurátorských prací:** Univerzita Pardubice, Fakulta restaurování

**Zhotovitel průzkumu, restaurování a restaurátorské dokumentace:** BcA. Michaela Navrátilová; II.–III. roč. magisterského studia Ateliéru restaurování a konzervace děl nástěnné malby, sochařských děl a povrchů architektury Fakulty restaurování Univerzity Pardubice.

**Pedagogický dohled nad restaurováním:** Doc. Jaroslav J. Alt, ak. mal.

**Památkový dohled:** Mgr. Petr Severa; Národní památkový ústav, územní odborné pracoviště v Telči

### Chemicko-technologické analýzy:

- PhMr. Bronislava Bacílková; Národní Archiv, Oddělení péče o fyzický stav archiválií, Biologická laboratoř
- Ing. Jana Cibulková; Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, Laboratoř rentgenové difraktometrie.
- Ing. Eva Dytrychová; Univerzita Pardubice, Fakulta restaurování v Litomyšli, Katedra chemické technologie
- Ing. Petra Lesniaková, PhD.; Univerzita Pardubice, Fakulta restaurování v Litomyšli, Katedra chemické technologie
- Ing. Linda Mišková; Vysoká škola chemicko technologická v Praze, Laboratoře molekulové spektroskopie
- Ing. Tereza Tribulová; Vysoká škola chemicko technologická v Praze, Ústav chemické technologie restaurování památek

### Konzultace:

- BcA. Miroslav Bodanský, soukromý restaurátor
- Ing. Jakub Havlín, Univerzita Pardubice, Fakulta restaurování v Litomyšli, Katedra chemické technologie

- Ing. Renata Tišlová, Ph.D.; Univerzita Pardubice, Fakulta restaurování v Litomyšli, Katedra chemické technologie
- PhDr. Jakub Vítovský; Národní památkový ústav, generální ředitelství, Oddělení garantů Národních kulturních památek

**Termín realizace akce:** 27. 9. 2011 – 2. 7. 2013

**Termín realizace průzkumu:** 27. 9. 2011 – 8. 12. 2011

**Termín realizace restaurování:** 31. 10. 2011 – 2. 7. 2013

**Termín vyhotovení dokumentace:** 31. 8. 2013

**Počet vyhotovení restaurátorské dokumentace:** 4

Místo uložení restaurátorské dokumentace:

- |   |  |
|---|--|
| <p><b>1.</b> Univerzita Pardubice<br/>Fakulta restaurování v Litomyšli<br/>Jiráskova 3, 570 01 Litomyšl<br/>Tel.: +420461615951<br/>Email: dekanat.fr@upce.cz</p> | <p><b>2.</b> NPÚ Telč<br/>Hradecká 6, 588 56 Telč<br/>Tel.: +420567213116<br/>Email: sekretariat@telc.npu.cz</p>                     |
| <p><b>2.</b> Římskokatolická farnost Pošná<br/>Nám. Svobody 2, 395 01 Pacov<br/>Tel.: +420737040972<br/>Email: tom.hajda@volny.cz</p>                             | <p><b>3.</b> BcA. Michaela Navrátilová<br/>SPC-F 471/23, 794 01 Krnov<br/>Tel.: +420608061236<br/>Email: navratilova_m@seznam.cz</p> |

### **Fotografická a grafická dokumentace**

Nástěnné malby byly fotografovány v průběhu všech etap průzkumu a restaurování. Fotografie a grafické zákresy jsou zařazovány za příslušné texty v daných kapitolách. Závěrečné srovnávací fotografie celků malby a vybraných detailů v zásadních etapách restaurování jsou uvedeny v obrazové příloze [obr. příloha 6.2].

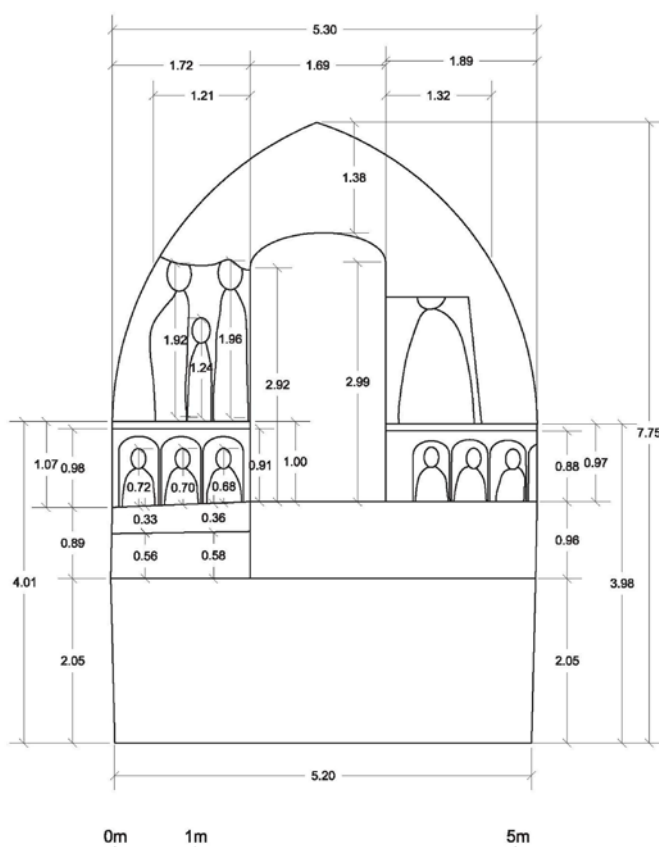
Nástěnné malby byly během průzkumu a restaurování fotografovány s přiloženou standardizovanou šedou stupnicí s měřítkem. Pokud je fotografie dokumentována s šedou stupnicí, nalézá se měřítko na této stupnici, pokud velikost fotografie neumožňovala použít šedou stupnici, je měřítko připojené v pravém spodním rohu fotografie. Měřítko je vždy černobílé a jeho jednotky mají vždy 1 cm. Dle daného zvětšení zobrazované oblasti je do obrázků vloženo měřítko 10 cm, 5 cm nebo 2 cm.

## 2.2 Restaurátorský průzkum

Výsledky restaurátorského průzkumu budou jedním z podkladů pro stanovení základních cílů a koncepce restaurování, dílčích kroků restaurátorského zásahu, prezentace nástěnných maleb v rámci celku kostela sv. Bartoloměje a doporučeného režimu uchování památky po provedeném restaurování.

### 2.2.1 Vymezení úseku nástěnných maleb k průzkumu a restaurování

Úsek určený k samostatnému průzkumu a restaurování se nalézá na levé části severní stěny presbytáře. Komplexní průzkum a restaurování byly zadány a provedeny pouze na nástěnných malbách v horním a středním malovaném pásu a na části desky stolu v dolním malovaném pásu. V oblasti splývavé draperie stolu byl proveden pouze průzkum a preventivní konsolidace havarijně degradovaných míst. Tato část maleb se nachází bezprostředně nad hranicí překrývajících novodobých vrstev, je zatížena rekrystalizací vodorozpustných solí a bez sanace objektu ji nemá smysl komplexně restaurovat. V přízemních partiích jsou do výšky cca 2 m středověké nástěnné malby překryty novodobými vrstvami. V těchto a jiných oblastech v okolí odkrytých nástěnných maleb byly provedeny pouze dílčí kontextuální části průzkumu (umělecko-historický, klimatu aj.).



**Obr. 1.** Severní stěna presbytáře – grafický zakres rozměrů dle výměry in situ. Obr vytvořen viz. Dunajská, 2012.<sup>1</sup>



**Obr. 2.** Levá část severní stěny – grafický zákres vymezení úseku k samostatnému průzkumu a restaurování.



**Obr. 3.** Levá část severní stěny presbytáře – před restaurováním [srov. Obr. 2].

**Legenda:**



Středověké nástěnné malby určené ke komplexnímu průzkumu a referenčnímu restaurování (oblast horního, středního a část dolního malovaného pásu).



Středověké nástěnné malby určené k průzkumu a preventivní konsolidaci havarijně uvolněných míst (oblast splývavé draperie stolu v dolním malovaném pásu).



Oblasti, určené k dílčím kontextuálním průzkumům (oblast překryvných vrstev v přízemních partiích a jiných oblastech v okolí odkrytých nástěnných maleb).

## 2.2.2 Umělecko-historický průzkum

### 2.2.2.1 Cíle průzkumu

- Zařazení nástěnných maleb do širšího umělecko-historického kontextu
- Popis a datování stavebního a uměleckého vývoje objektu.
- Identifikace a datování veškerých nepůvodních vrstev a zásahů na díle.

### 2.2.2.2 Metodika průzkumu

Byla provedena literární rešerše průzkumových, restaurátorských, stavebních a projektových dokumentací a ostatních dostupných archiválií, literatury a pramenů. Dále byly srovnány historické fotografie objektu a nástěnných maleb. Ke zhodnocení nástěnných maleb in situ byl přizván také historik umění specializující se na středověké nástěnné malby PhDr. Jakub Vítovský, památkář NPÚ, generálního ředitelství v Praze. Výsledné zhodnocení bylo provedeno v komparaci s nálezy průzkumu in situ [kap. 2.2.4].

V kapitole je samostatně zpracován stručný úvod k historii kostela a vlastním nástěnným malbám. Širší umělecko-historické pojednání pak bude náplní teoretické diplomové práce spolužačky BcA. Marie Hrindové, která restauruje pravou část severní stěny presbytáře.

### 2.2.2.3 Kostel sv. Bartoloměje v Pošné <sup>2</sup>

Kostel sv. Bartoloměje se nachází na vyvýšení v západní části návsi obce Pošná nad terénní hranou svahu, sklánějícího se k jihu. První historická informace týkající se obce Pošná se podle jedné z interpretací váže k roku 1235, kdy je v pramenech zmíněn Nimír z Pošny.<sup>3</sup> První písemný pramen o obci pochází z let 1369–1384. Kostel sv. Bartoloměje je datován na základě románsko-gotických prvků do období kolem poloviny 13. stol., svou dispozicí a charakterem připomíná tradici jihočeské románské architektury.<sup>4</sup> Stavebně upravován byl dále v období renesance, baroka, 19., a 20. stol. V okolí kostela se nacházel, dnes již zrušený, hřbitov.

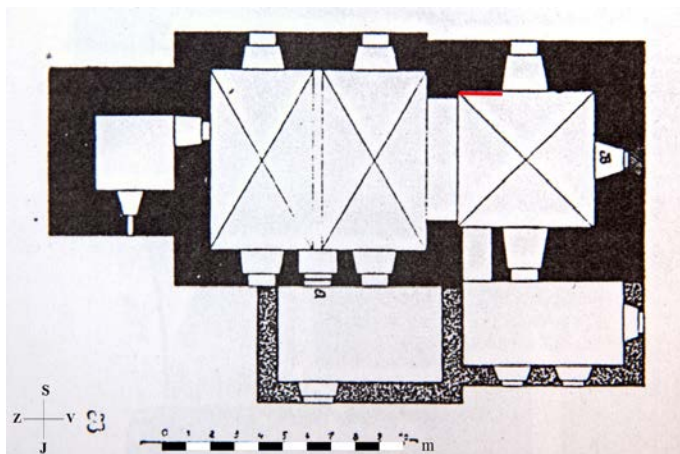
Původní románsko-gotická dispozice kostela se skládá z obdélné lodi s tribunou na západní straně, kvadratického presbytáře na východní straně a hranolové dvoupatrové věže před západním průčelím. Vítězný oblouk mezi hlavní lodí a presbytářem je široký, hrotitý. Původní zdivo z žulového lomového kamene je omítnuto vápennou omítkou. Na omítkách jsou na vápenném nátěru provedeny nástěnné malby. Obdélná loď je sklenuta dvěma poli gotické křížové klenby bez žeber do pasu, presbytář je sklenut jedním polem křížové klenby bez žeber. V rozích klenby jsou vždy dva 2 kulaté otvory, ve kterých byly nalezeny původní hliněné vypálené nádoby bez glazury s užším hrdlem, vložené ústím do prostor presbytáře. Jedná se o tzv. ozvučnice, otvory s nádobami sloužily pravděpodobně akustice prostor (otvory nemohou být větrací, protože neprobíhají až na půdu)<sup>5</sup>. V hlavní lodi se na severní i jižní straně nachází vždy dvě okna. V presbytáři je severní i jižní stěna prolomena vždy jedním oknem. Okna jsou obdélná, segmentově uzavřená, s šambránami. Do této podoby byla okna upravena z původních jednoduchých obdélných mezi léty 1903–1955 / 56, přesná datace prozatím není známa.<sup>6</sup> Obdélná okna o velikosti, tak jak je vidíme na fotografiích z. 20. stol. byla původně jen na straně jižní a na straně východní, na severních stranách musela být probourána až po době vzniku kostela a provedení nástěnných maleb. O této skutečnosti

vypovídá kompozice výjevů středověkých maleb, ze které patrné, že původní malby zacházely také do oblasti nově probouraných oken.<sup>7</sup> Ve východní zdi se nacházelo románské okno s půlkruhovým záklenkem, které je v současnosti zazděno.<sup>8</sup> V ose západního průčelí je dvoupatrová hranolová věž s tribunou. První patro bylo původně otevřeno do lodi širokým obloukem, dnes zazděným. V druhém patře věže je druhotně upravený vstup do prostor půdy.<sup>9</sup> Podvěží je sklenuto valenou klenbou. Hlavní vstup do kostela je v jižní části hlavní lodi, zde se nachází gotický hrotitý profilovaný portál, datován do 1. pol. 14. stol.<sup>10</sup> V západní stěně hlavní lodi se nachází půlkruhový portál do podvěží. K jižní straně lodi byly v mladších obdobích přistavěny obdélníková sakristie a předsín před hlavním vstupem. Přístavba předsíně je datována do r. 1664.<sup>11</sup> Kostel byl stavebně barokně upraven<sup>12</sup>, uvádí se období po požáru r. 1680<sup>13</sup>. Na východní stěně presbytáře byl v barokním období přistavěn štít a přestavěn vrchol věže. Dále byla pravděpodobně vystavěna, či přestavěna sakristie s oválnými barokními okny v jižní stěně. Výstavba kruchty je datována do r. 1757 nebo 1838.<sup>14</sup> Kostel byl dále stavebně upravován v 19. a 20. stol. V r. 1991 byly provedeny stavební úpravy kostela, které zahrnovaly mimo jiné výměnu střešní krytiny, odstranění veškerých omítek na plášti kostela a provedení nových.<sup>15</sup>

Také nástěnné malby v interiéru kostela prošly od doby svého vzniku změnami [více kap. 2.2.2.4]. V interiéru kostela se v presbytáři a hlavní lodi nachází náhrobky z 16.–19. stol. Interiér kostela je velice bohatě vybaven a vyzdoben. Mobiliiář a umělecká díla interiéru pochází z 14–20. stol.<sup>16</sup>



**Obr. 4.** Kostel sv. Bartoloměje v Pošné, pohled od jihovýchodu. Obr. převzat viz. Foto.mapy.cz, 2013<sup>17</sup> a upraven.



**Obr. 5.** Půdorys kostela sv. Bartoloměje v Pošné. Červeně vyznačena je severní stěna presbytáře s nástěnnými malbami určenými k samostatnému průzkumu a restaurování. Obr. převzat viz. Soukum, 1903<sup>18</sup> a upraven.



**Obr. 6.** Kostel sv. Bartoloměje v Pošné před r. 1903, pohled od jihovýchodu. Vidíme kostel před stavebními úpravami ve 20. stol. V okolí kostela vidíme, dnes již zrušený, hřbitov. Obr. převzat viz. Soukup, 1903<sup>19</sup> a upraven.



**Obr. 7.** Kamenná deska s daty vzniku kostela a stavebních úprav. Osazena na jižní fasádě věže.

#### 2.2.2.4 Středověké nástěnné malby v objektu

Středověké nástěnné malby se dle provedených sond pravděpodobně původně nacházely v plném rozsahu na stěnách a klenbě hlavní lodi a presbytáře. V současné době jsou odkryty na části stěn presbytáře, na jeho klenbě a také v podhledu a na východní straně vítězného oblouku. Po obvodu presbytáře jsou na stěnách dochovány středověké nástěnné malby provedené v malovaných horizontálních pásích. Jak ukázal průzkum, jedná se o vzájemně prolnutí dvou až tří časově odlišných vrstev (etap) středověkých maleb. Jejich rozlišení, datace a přesný ikonografický popis je vzhledem ke stavu dochování a nepůvodním zásahům velice problematické. Námi provedeným průzkumem in situ [kap. 2.2.4], který potvrdily také výsledky laboratorního průzkumu [kap. 2.2.5], byla určena pravděpodobná časová souslednost těchto vrstev, především pak na severní stěně, ke které se vztahuje průzkum a restaurování. V závěru restaurování pak byly historikem umění PhDr. Jakubem Vítovským, který byl seznámen s výsledky restaurátorského průzkumu, tyto výjevy přibližně datovány. Určení časové vrstevnatosti, upřesňující datace a ikonografický popis maleb se liší od dosavadních publikovaných hodnocení a přináší nové informace.

#### Severní stěna presbytáře

Na severní stěně je možné identifikovat tři malované pásy, tzv. horní, střední a dolní, provedené v odlišných středověkých obdobích.

### Horní malovaný pás

Horní malovaný horizontální pás je dochován pouze na severní stěně, kde lze na levé polovině identifikovat sv. biskupa a sv. Dorotu, uprostřed s mnichem donátorem a na pravé polovině Pannu Marii Ochránitelku.

Po odkryvu nástěnných maleb v r. 1956 byly malby ikonograficky popsány a datovány. Datace a časová vrstevnatost není z dochovaných zpráv dobře srozumitelná. Malby v horním páse byly ikonograficky popsány jako sv. biskup s berlou a sv. Dorota s Ježíškem a Panna Marie Ochránitelka. Datovány byly jako první nejstarší vrstva maleb do let kolem r. 1400<sup>20</sup>. Od r. 1980 byly ikonograficky popisovány pouze malby na levé polovině severní stěny, a to jako sv. Mikuláš a sv. Markéta s mnichem donátorem. Datovány byly jako nejstarší vrstva maleb do let 1380–1400<sup>21</sup>

Námi provedeným průzkumem bylo zhodnoceno, že se jedná pravděpodobně o mladší vrstvu nástěnných maleb. PhDr. Vítovským byly tyto výjevy datovány pravděpodobně do 60.–80. let 14. stol.

### Střední malovaný pás

Na severní stěně se v tzv. středním malovaném horizontálním páseu nachází polofigury v arkádách.

V r. 1956 byly tyto malby popisovány jako apoštolové v arkádách a datovány jako druhá mladší vrstva do 1. pol. 15. stol. Od r. 1980 byly nástěnné malby hodnoceny jako pouze dva malované pásy. Partie středního a dolního pásu byly popisovány jako Poslední večeře a datovány jako mladší vrstva maleb do časného 14. stol.<sup>22</sup>

Po provedených průzkumech jsme zhodnotili, že partie polofigur v arkádách je pravděpodobně nejstarší dochovanou vrstvou nástěnných maleb. PhDr. Vítovským byla tato vrstva datována do poslední čtvrtiny 13. stol.

### Dolní malovaný pás

V dolním páseu se (pod polofigurami v arkádách) nachází stůl se splývavou drapérií.

V r. 1956 byly partie dolního pásu maleb popisovány jako stůl s visící pokrývkou, pod kterou vyčnívají nohy sedících osob, pravděpodobně Poslední večeře a datovány jako první nejstarší vrstva maleb do let kolem r. 1400. Dále je popisováno, že z nejmladší třetí (?) vrstvy z 2. pol. 15. stol. je zde jen nepatrný zbytek<sup>23</sup>; touto zmínkou je pravděpodobně myšlen fragment figury se štětcovou kresbou.

Vrstva stolu byla PhDr. Vítovským zhodnocena jako fragment Poslední večeře z 60.–80. let 14. stol., nesouvisející s vrstvou polofigur v arkádách. Námi provedený průzkum časovou vrstevnatost těchto dvou partií neodhalil, mezi partiemi stolu se splývavou drapérií a polofigurami v arkádách není žádné rozhraní, jednotlivé části na sebe plynule navazují. Nálezový stav může být ovlivněn pozdějšími zásahy na díle, především odkryvem maleb v r. 1955.

Na vrstvách spodního a středního pásu leží, přibližně v jejich středu, fragment malby figury na růžovo-bílém podkladu s částečně dochovanou červenou štětcovou kresbou. Průzkumem bylo prokázáno, že tento fragment je mladší malbou, PhDr. Vítovským byl zhodnocen jako pozůstatek svrchní vrstvy Poslední večeře a datován do 60.–80. let 14. stol. Na základě kresebného tvarosloví může tento fragment souviset s malbou v horním malovaném páseu, datovanou do stejného období.



### Východní a jižní stěna presbytáře

Na partie středního a dolního pásu na severní stěně plynule navazuje malovaný pás na východní a jižní stěně presbytáře. Na východní stěně byly identifikovány biblické výjevy, umístěné v jednotlivých obrazech: (zleva) Kristus v předpekli, Ukřižování Krista, Snímání z kříže. Na jižní stěně se jedná pravděpodobně o výjevy: (zleva) Zmrtvýchvstání, Seslání Ducha Svätého (?), Nanebevstoupení (?), Kristus v předpekli. V rámci každého výjevu je patrné několik navzájem se prolínajících časově rozličných vrstev (poslední čtvrtina 13. století, 60.–80. léta 14. stol.).

Výjevy na východní a jižní stěně byly v r. 1956 hodnoceny jako prolínání nejmladší třetí vrstvy maleb z 2. pol. 15. stol. (pravděpodobně shodné s fragmentem figury se štětcovou kresbou) s malbami druhé vrstvy z 1. pol. 15. stol. (shodné s malbou polofigur na severní stěně). Výjevy na východní stěně byly popsány jako (zleva) Madona (?) mezi dvěma sveticemi, Ukřižování Krista, Snímání z kříže a na stěně jižní jako Zmrtvýchvstání, Poslední soud (?) a Očistec.<sup>24</sup>

V r. 1956 bylo dále zhodnoceno, že v přízemních partiích presbytáře se po jeho obvodu původně nacházel malovaný závěs.<sup>25</sup>

### Malby v pohledu vítězného oblouku

Na severní části pohledu vítězného oblouku se po stranách nalézají fragmenty figur "s knihou", datovány PhDr. Vítovským pravděpodobně do poslední čtvrtiny 13. stol. Na těchto fragmentech se nalézají výjevy Polibek Jidášův a Zajetí Krista, datovány do 60.–80. let 14. stol.

### Malby na klenbě

Na klenbě je vyobrazen Kristus v mandorle mezi symboly evangelistů, sluncem, měsícem a zatměním slunce, tyto výjevy byly PhDr. Vítovským datovány do 60.–80. let 14. stol. V r. 1980 byly datovány do časného 14. stol.<sup>26</sup>



**Obr. 8.** Západní část interiéru kostela sv. Bartoloměje v Pošné, pohled do lodi.



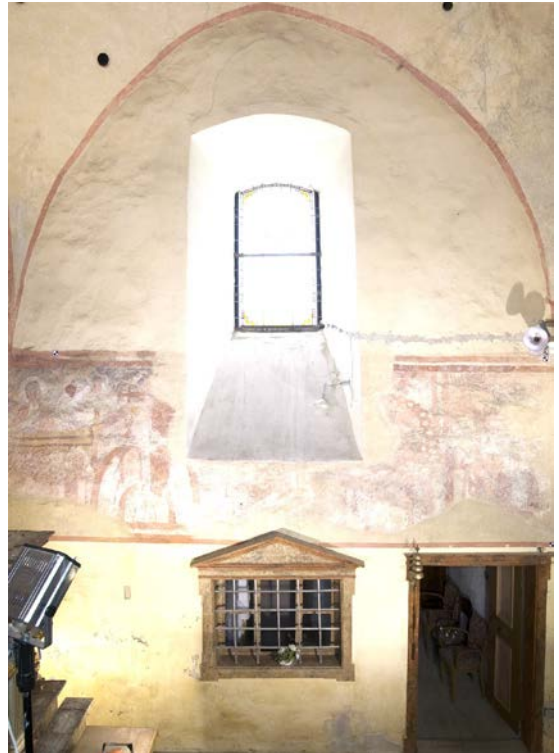
**Obr. 9.** Východní část interiéru kostela sv. Bartoloměje v Pošné, pohled do presbytáře.



**Obr. 10.** Severní stěna presbytáře v r. 2010. Obr. převzat viz. Hrinda, 2010<sup>27</sup> a upraven.



**Obr. 11.** Východní stěna presbytáře v r. 2010. Obr. převzat viz. Hrinda, 2010<sup>28</sup> a upraven.



**Obr. 12.** Jižní stěna presbytáře v r. 2010. Obr. převzat viz. Hrinda, 2010<sup>29</sup> a upraven.



**Obr. 13.** Nástěnné malby na klenbě presbytáře kostela. Obr. převzat viz. Hřinda, 2010<sup>30</sup> a upraven.



**Obr. 14.** Levá část severní stěny presbytáře s úsekem určeným k průzkumu a restaurování– před restaurováním. Na tomto úseku jsou v horním malovaném pásu vyobrazeni sv. biskup, donátor mnich a sv. Dorota, ve středním pásu polofigury v arkádách a v dolním pásu stůl se splývavou drapérií. Do výšky cca 2 m od podlahy jsou fragmenty středověkých maleb překryty novodobými vrstvami.

### 2.2.2.5 Nepůvodní zásahy a vrstvy na nástěnných malbách

#### Vápenná výmalba, pravděpodobně renesanční

Nástěnné malby v presbytáři byly v blíže neurčeném období po svém vzniku přetřeny vápenným nátěrem, dle datační desky na fasádě kostela se může jednat o rok 1660. Dokladem jsou pozůstatky tohoto nátěru nalezené průzkumem uvnitř peků a také na povrchu odkrytých maleb.

#### Pekování, pravděpodobně barokní

Celoplošné pekování<sup>31</sup> před nanesením nových omítek a výmaleb bylo provedeno pravděpodobně v rámci barokních úprav kostela. Dle datační desky se může jednat o rok 1794.

#### Další a stavební úpravy a výmalby prostor

V presbytáři byla přezděna okna a provedeny nové omítky a plomby v okolí oken, nad nástěnnými malbami a v klenbách prostorách, na stěnách pod klenbou a v přízemních partiích. Výmalba prostor se v průběhu času měnila, o čemž vypovídá množství blíže neidentifikovatelných nátěrů, nalezených v partiích, kde nejsou malby plně odkryty. Z mladší doby pochází malované znaky Malovců<sup>32</sup> na triumfálním oblouku.

#### Asfaltový nátěr a nové omítky, pravděpodobně 19. stol.

V 19. stol. byl v přízemních partiích proveden v té době oblíbený a hojně užívaný asfaltový nátěr. Tyto partie byly v následující době nově omítnuty.

#### Dekoratívni výmalba, pravděpodobně první desetiletí 20. stol.

Z některých defektů, sond a historických fotografií je patrné, že interiér kostela byl před dobou odkryvu vyzdoben jednoduchou dekorativní výmalbou. Dle historické fotografie [Obr. 15.] lze pravděpodobně usuzovat, že dekorativní malby byly provedeny v prvních desetiletích 20. stol. technikou válečku (spíše než šablonovou malbou na konci 19. stol.). Zhodnocení datace a techniky bylo konzultováno se soukromým restaurátorem BcA. Miroslavem Bodanským, který se specializuje na dekorativní nástěnné malby. Datace by mohla odpovídat roku 1924, časově poslednímu údaji na datační desce umístěné fasádě kostela.

#### Odkryv a restaurování v 50. letech 20. stol.

Malby na části stěn a na klenbě presbytáře byly v r. 1956 odkryty a restaurovány. Při pátrání po dokumentech o předchozích opravách a restaurování nástěnných maleb ve 2. pol. 20. stol. byly osloveni: 1) Archiv Římskokatolické farnosti Pošná; 2) Státní okresní archiv Pelhřimov, kde je uložen fond Farního úřadu v Pošné (osloveni studentkou FR UPCE BcA. Marií Hrindovou); 3) NPÚ, ú. o. p. v Telči; 4) NA, Oddělení fondů nestátní proveniencie a archivních sbírek, kde je uložen fond ČSFVU – Dílo (osloveni BcA. Hrindovou) a 5) NA, Oddělení fondů státní správy z let 1945–1992, kde je uložen fond Státní památková správa. Dokumenty o provedených opravách nástěnných maleb z 50. let 20. stol. jsou uloženy ve fondu Státní památková správa v NA.<sup>33</sup> Dokumenty vyhledala a připravila PhDr. Alena Nosková, archivářka tohoto oddělení.

Nástěnné malby byly objeveny a odkryty v r. 1955 Charitou – Chránovou službou Pelhřimov v rámci nové výmalby ("tónování")<sup>34</sup> interiéru kostela. Při "očišťování stěn"<sup>35</sup> interiéru se zjistilo,

že jsou pod pozdějšími nátěry a silnější vrstvou barokní omítky dochovány středověké malby. Malířské práce se zdržely a byl proveden průzkum. Ten zhodnotil, že v presbytáři jsou zachovány dvě časové vrstvy nástěnných maleb, zatímco v lodi jsou nástěnné malby dochovány fragmentárně a silně porušeny. Nástěnné malby v presbytáři bylo rozhodnuto zachovat a restaurovat, nástěnné malby v lodi ponechat pod omítkou a provést novou výmalbu.<sup>36</sup>

Po objevu zachovaných nástěnných maleb v presbytáři v r. 1955 provedla Chránová služba částečné odstranění omítek a vápenných nátěrů.<sup>37</sup> Tento odkryv není hodnocen jako příliš pečlivý, mluví se o lokálním odření barevné vrstvy.<sup>38</sup> Ke konzervaci a restaurování nástěnných maleb v presbytáři byl následujícího roku v červnu 1956 přizván akademický malíř a odborný restaurátor František Fišer, spolupracující s Českým fondem výtvarných umění v Praze. Fr. Fišer restauroval nástěnné malby od června do srpna, posloupnost jednotlivých restaurátorských postupů byla převzata z jeho zprávy o restaurování. Zde je uvedeno, že Fišer doodkryl od nepůvodních nátěrů zhruba odkryté nástěnné malby a odstranil vápenný závoj. Uvolněnou omítku zpevnil (bez specifikace materiálů) a pekování a defekty vymelil. Po definitivním vyčištění fixoval barevnou vrstvu vápenno-kaseinovou emulzí, tmely retušoval přibližnými lokálními tóny, velké plomby ponechal v přírodním tónu. Jinak bylo retuší použito v minimální nutné míře.<sup>39</sup> Námi provedeným průzkumem bylo zjištěno, že maltovina ke tmelení byla použita vápenná. Ve vzorcích středověké malby a retuší na tmelech nebyly analyzovány kasein ani jiná organická pojiva, nýbrž pouze vápenná.

V rámci malířských a jiných stavebních úprav kostela v letech 1955–56 byly provedeny také lokální opravy a plomby na stěnách a stropu v partiích mimo odkryté nástěnné malby v presbytáři a také v ostatních částech kostela. Je možné, že svrchní vrstva omítek v přízemních partiích presbytáře je provedena v tomto období (vzhledem k tomu, že ve zprávě z restaurování z r. 1956 jsou popisovány oblasti nástěnných maleb, jež jsou v současnosti překryty)<sup>40</sup>. Prostory interiéru byly po provedení oprav barevně pojednány.<sup>41</sup>

Z dalších středověkých objektů restauroval František Fišer v r. 1947–49 nástěnné malby v hradní kapli sv. Kateřiny ve Znojmě z r. 1134, kde snímal přemalby Theofila Melichera z let 1891–93. Přemalby identifikoval nejmodernějšími metodami fotografie, ultrafialového a infračerveného osvětlení. Po smytí přemaleb malbu fixoval kaseinem.<sup>42</sup> V r. 1944 odkryl a restauroval středověké nástěnné malby v kostele sv. Jakuba v Rovné u Stříbrné Skalice z poslední čtvrtiny 12. stol. – kolem r. 1240. Fišer provedl minimální lokální retuše, malby celoplošně nepřemaloval. Částečnou domalbu draperie provedl zřetelnou. Veškeré fragmenty pozdějších vrstev maleb byly ponechány<sup>43</sup> [Obr. 16.–18.].

### **Novodobá výmalba**

Veškeré ostatní partie stěn a klenebních partií kostela jsou vyjma odkrytých maleb v presbytáři překryty mladšími omítkami s monochromní výmalbou.

### **Průzkumy z 2. pol. 20.–21. stol.**

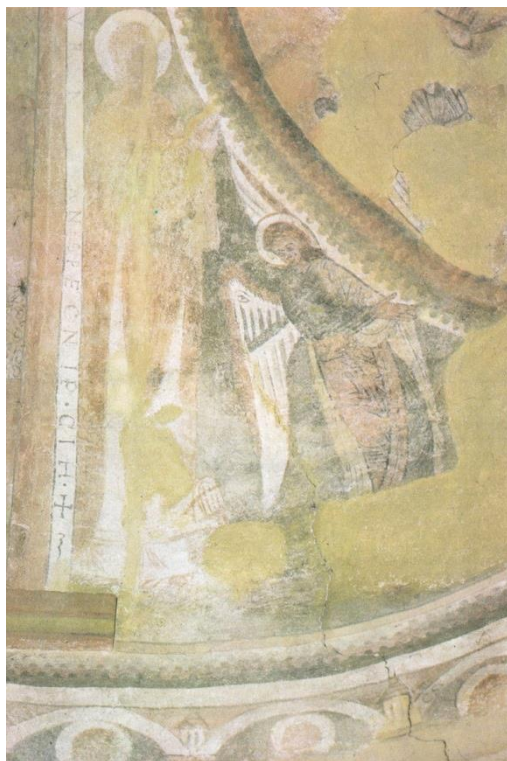
Po odkryvu a restaurování maleb v presbytáři v 50. letech 20. stol. již nedošlo k dalšímu restaurování. V prostorách interiéru byly provedeny pouze průzkumy:

- 1990 – Ing. J. Vosátka; stavebně technický průzkum – statika<sup>44</sup>
- 2004 – Petr Hampl, akademický malíř a restaurátor; sondážní průzkum<sup>45</sup>

- 2005 – Mgr. Josef Novotný; orientační průzkum pro stanovení postupu oprav omítek <sup>46</sup>
- 2008 – Ing. Michael Balík, CSc.; průzkum vlhkosti zdiva <sup>47</sup>
- 2010 – BcA. Lukáš Hrinda; sondážní průzkum presbytáře. <sup>48</sup> Z tohoto průzkumu pochází sondy pod středověkou nástěnnou malbu v partiích spodního pásu maleb.



**Obr. 15.** Stav západní části severní stěny presbytáře před odkryvem středověkých nástěnných maleb v r. 1956. V presbytáři se nacházela dekorativní nástěnná malba z počátku 20. stol. Obr. převzat viz. Archiv farnosti Pošná <sup>49</sup> a upraven.



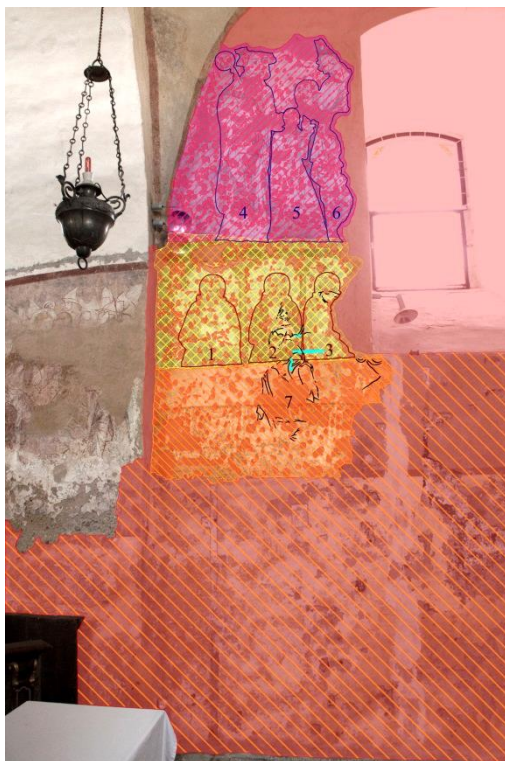
**Obr. 16.** Kostel sv. Jakuba v Rovné u Stříbrné Skalice, část klenby apsidy. Středověké malby odkryl a restauroval v r. 1944 František Fišer. Větší plomby jsou pojednány neutrální retuší, menší defekty kombinací lokální a neutrální retuše. Obr. převzat viz. Merhautová, 1983<sup>50</sup> a upraven.



**Obr. 17.** Kostel sv. Jakuba v Rovné u Stříbrné Skalice, anděl držící mandorlu. Detail středověké malby po odkryvu v r. 1944 Františkem Fišerem, před retuší. Obr. převzat viz. Mašín, 1954<sup>51</sup> a upraven.



**Obr. 18.** Kostel sv. Jakuba v Rovné u Stříbrné Skalice, anděl držící mandorlu. Detail středověké malby po odkryvu v r. 1944 Františkem Fišerem, po retuši. Z fotografie se jeví, že retuše defektů barevné vrstvy byly provedeny citlivě a bez domaleb. Postup práce může být analogický k restaurování nástěnných maleb v Pošné. Obr. převzat viz. Mašín, 1954<sup>52</sup> a upraven.



**Obr. 19.** Levá část severní stěny presbytáře – grafický zákres dochovaných vrstev na úseku určeném k průzkumu a restaurování.



**Obr. 20.** Levá část severní stěny presbytáře – před restaurováním [srov. Obr. 19].

#### Legenda:



Nejstarší dochovaná vrstva středověkých maleb, pravděpodobně z poslední čtvrtiny 13. stol.; střední malovaný pás s polofigurami v arkádách.



Mladší dochovaná vrstva středověkých maleb, pravděpodobně 60.–80. léta 14. stol.; horní malovaný pás se sv. biskupem, donátorem mnichem a sv. Dorotou.



Mladší dochovaná vrstva středověkých maleb, pravděpodobně 60.–80. léta 14. stol.; dolní malovaný pás se stolem se splývavou drapérií.



Tři polofigury v arkádách (1, 2, 3) ve středním pásu maleb; nejstarší dochovaná vrstva pravděpodobně z poslední čtvrtiny 13. stol.



Sv. biskup (4), donátor mnich (5) a sv. Dorota (6) v horním pásu maleb; mladší dochovaná vrstva pravděpodobně z 60.–80. let 14. stol.



Fragment štětcové kresby figury, pravděpodobně součást dolního pásu maleb; mladší dochovaná vrstva pravděpodobně z 60.–80. let 14. stol.



Nepůvodní vrstvy, historické a novodobé omítkové a nátěrové vrstvy, tmely peků a defektů z r. 1956.



Nepůvodní vrstvy, historické a novodobé omítkové a nátěrové vrstvy, asfaltový nátěr z 19. stol. Pod těmito vrstvami se nalézají fragmenty středověkých omítek a maleb.



Sondy pod středověkou malbu z r. 2010.



## 2.2.3 Průzkum klimatu, vlhkosti a salinity

### 2.2.3.1 Cíle průzkumu

Vzhledem k nevyhovujícím klimatickým podmínkám v objektu byl zadán průzkum klimatu objektu. Cílem je zdokumentovat a vyhodnotit příčiny zavlhčení objektu. Ty lze zjistit dlouhodobým sledováním klimatu v interiéru a průzkumem vlhkosti a salinity stavebních materiálů. Na základě stanovení příčin zavlhčení je možné určit konkrétní opatření k zamezení vstupu nežádoucí vlhkosti do objektu a stabilizaci klimatických poměrů.

### 2.2.3.2 Metodika průzkumu

- Rešerše fotodokumentace a předchozích průzkumů.
- Měření klimatických podmínek v objektu.
- Zjištění obsahu vlhkosti a vodorozpustných solí v omítkách a rozsahu mikrobiologického napadení.
- Průzkum poškození nástěnných maleb souvisejícího s nežádoucími klimatickými podmínkami.

### 2.2.3.3 Stav objektu z hlediska klimatu, vlhkosti a salinity

#### Interiér

Středověké omítky s nástěnnými malbami jsou narušovány vzlínající, kondenzační a sorpční vlhkostí, rekrystalizací vodorozpustných solí a biodegradací (bakteriemi, plísněmi a řasami). Vlhkostní mapy se nacházejí cca do výšky 2 m od podlahy a také na podlaze tvořené žulovými deskami. Nejzávažnější situace je na severní stěně presbytáře. V interiéru se v terénu pod podlahou nalézají hrobky, v presbytáři se při severní stěně nachází hrobka Třebických.

Hodnota relativní vzdušné vlhkosti se v interiéru pohybuje v rozmezí 65–85 %. Kostel je celoročně uzavřen, otevřen pro veřejnost je o nedělních a svátečních bohoslužbách. Vlhkost do interiéru proniká v celém rozsahu z podzákladí a také pobytem větší skupiny lidí při mších. Tato vlhkost není cíleně odváděna, není zde zaveden režim větrání.

V presbytáři kostela jsou středověké omítky s fragmenty nástěnných maleb do výšky 2–3 m od podlahy překryty asfaltovým nátěrem (lokálně), novodobou omítkou s přidavkem hydraulických minerálů [kap. 2.2.5.1] a novodobými vápenno-kaseinovými nátěry [kap. 2.2.2.5]. Asfaltové izolace se běžně používaly na přelomu 19. a 20. stol. Jejich výskyt dokládá, že již v této době byly v objektu problémy s vlhkostí. Asfaltový nátěr a v menší míře také novodobé omítkové a nátěrové vrstvy zabraňují přirozenému oparu vlhkosti a zvyšují hranici zavlhčení. Interiérové středověké omítky na vápenné bázi mají hodnoty difuzního odporu (fyzikálního odporu konstrukce či materiálu proti průniku vodních par) několikanásobně nižší, než překrývající asfaltový nátěr a v menší míře také než novodobé omítky s přidavkem hydraulických minerálů.<sup>53</sup> Znemožnění odparu vlhkosti způsobuje zvyšování zavlhčení středověkých omítek, degradaci materiálu vlivem vlhkosti, transport vodorozpustných solí a vytváření podmínek pro biologické napadení. Poškození středověkých vrstev dokládají sondážní průzkumy v překryvných novodobých vrstvách především na severní stěně presbytáře, ale také na stěně východní. Nad hranicí překryvných vrstev ve výšce cca 2–2,5 m

od podlahy se na severní stěně presbytáře vyskytuje pásmo krystalizace vodorozpustných solí a středověké vrstvy jsou zde silně destruované.

V lodi kostela jsou středověké malby překryty novodobými vrstvami v plném rozsahu. Z hlediska zvýšené vlhkosti je v havarijním stavu především opět severní stěna, kde jsou patrné veškeré výše zmíněné degradační procesy.

Mobiliář kostela, především obrazy na stěnách, oltáře aj., umístěný v bezprostředním kontaktu se stěnami, vytváří mikroklima a podporuje biologické poškození. Nevhodné jsou také koberce na zavlhčené kamenné podlaze, které zadržují vlhkost a podporují výskyt mikroorganismů.

## **Exteriér**

Terén kolem objektu kostela se svažuje od severní k jižní straně. Podlaha při severní stěně je pod úrovní terénu. V okolí kostela se vyskytoval, dnes již zrušený, hřbitov. Hroby a hrobky se dle archeologického průzkumu z r. 2008 nalézají v bezprostřední blízkosti základů stavby.<sup>54</sup>

V r. 1991 byla opravena střecha, svody dešťové vody byly zaústěny do kanalizace, fasáda byla opatřena novými omítkami, provedenými na cementový postřík z pravděpodobně cementového betonu a kolem kostela byl instalován větrací kanálek.<sup>55</sup> Exteriérové omítky znesnadňují odpar vlhkosti a pro klima v objektu jsou naprosto nevhodné. Tyto cementové omítky mají vyšší difuzní odpor než interiérové středověké omítky na vápenné bázi. V případě vyššího difuzního odporu exteriérových vrstev stavebních konstrukcí oproti interiérovým může docházet ke značné nežádoucí kondenzaci vlhkosti uvnitř těchto konstrukcí. Jestli ke kondenzaci v konstrukcích dojde, závisí na teplotním spádu a teplotě rosného bodu. Při teplotě rosného bodu je vzduch maximálně nasycen vodními parami, v případě další zvyšující se vlhkosti v objektu nebo poklesu teploty prostředí dochází k nežádoucí kondenzaci. Čím vyšší má vzduch teplotu, tím více vodních par pojme a tím vyšší je také teplota rosného bodu. V interiéru kostela bude docházet ke kondenzaci při kontaktu studeného obvodového zdiva a vnitřního vlhkého vzduchu. Tuto situaci podporuje výskyt tepelných mostů (okna, rohy), kde dochází k většímu prostupu tepelné energie než v okolních konstrukcích a tím k poklesu vnitřní povrchové teploty pod rosný bod. Množství unikající tepelné energie v oblastech tepelných mostů je tím větší, čím větší je rozdíl mezi interiérovou a exteriérovou teplotou. V zimním období dochází v určité hloubce prakticky všech typů stavebních konstrukcí ke kondenzaci. Pokud se kondenzát v teplém období neodpaří, dochází k narušování konstrukcí.<sup>56</sup> Obvodové zdivo kostela tlusté 1–1,8 m<sup>57</sup> se založením základů v hloubce cca 2 m pod úrovní terénu<sup>58</sup> dotuje vysoké množství vlhkosti z podzákladí a současně jeho tloušťka také není příznivá pro difuzi vodní páry.

## Fotografie nálezů průzkumu

### Zvýšená vlhkost v interiéru kostela



**Obr. 21.** Severní fasáda kostela sv. Bartoloměje v Pošné po opravě v r. 1991. Nové omítky z cementového betonu se v partiích u terénu nejeví zcela v pořádku, problémy se zavlhčením objektu nejsou vyřešené.



**Obr. 22.** Severní fasáda před opravou v r. 1991. Poškození spodních partií omítek je typické pro vztlínající vlhkost a zasolení. Patrné je také zavlhčení vlivem nedostatečně funkčních okapních svodů. Obr. převzat viz. Archiv farnosti Pošná<sup>59</sup> a upraven.



**Obr. 23.** Severní stěna lodi, vítězného oblouku a presbytáře v interiéru. Spodní partie stěn jsou destruované vlivem zvýšené vlhkosti, biodegradace a zasolení. Mobiliiář kostela v kontaktu se stěnami a podlahou zadržuje vlhkost a vytváří nežádoucí mikroklima.



**Obr. 24.** Část podlahy při západní části severní stěny s hrobkami pod kamennou podlahou. Je patrné silné zavlhčení kamenné podlahy, projevující se tmavými vlhkými skvrnami.

Překryvné omítkové a nátěrové vrstvy na asfaltovém nátěru



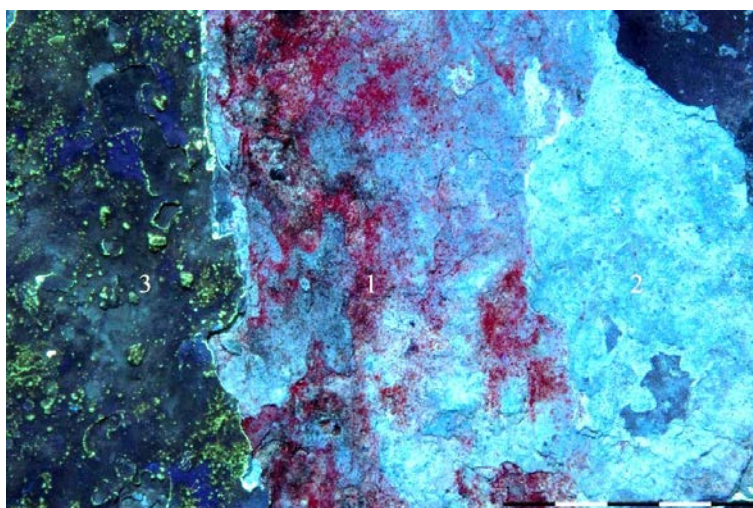
**Obr. 25.** Přízemní partie západní části severní stěny. Středověké vrstvy jsou do výšky 2–3 m od podlahy překryty asfaltovým nátěrem a novodobými omítkami a nátěry, zabraňujícími odparu vlhkosti.



**Obr. 26.** Detail přízemních partií. V sondě z předchozího průzkumu vidíme středověkou omítku s fragmenty nástěnné malby (1) překrytou mladšími vápennými nátěry (2), na kterých je proveden asfaltový nátěr (3) a novodobé omítkové a nátěrové vrstvy (4).

Biologické poškození – plísně, řasy

**Obr. 27.** Detail přízemních partií. V sondě z předchozího průřezu vidíme středověké vápenné nátěry s fragmenty nástěnné malby (1), defradované porosty zelených řas, dále mladší vápenné nátěry (2) a novodobé omítkové a nátěrové vrstvy (3).



**Obr. 28.** Detail přízemních partií v ultrafialové fluorescenci. [srov. Obr. 27]. Dobře čitelné jsou červeně fluoreskující zelené řasy a bílé "skvrny" mikrobiologického poškození.

Rekrystalizace vodorozpustných solí

**Obr. 29.** Přízemní partie levé části severní stěny. **Červeně** jsou ohraničeny nepůvodní překryvné vrstvy. **Žlutě** je ohraničena oblast rekrystalizace vodorozpustných solí v dolní části drapérie stolu odkrytých středověkých maleb.



**Obr. 30.** Stůl se splývavou drapérií – před konsolidací. Detail oblasti rekrystalizace solí v dolní části drapérie. Sředověké vrstvy jsou zde silně degradované.



**Obr. 31.** Stůl se splývavou drapérií v razantním bočním nasvícení – před konsolidací [srov. Obr. 30.].



**Obr. 32.** Detail drapérie stolu – před konsolidací. Destruovány jsou veškeré středověké omítkové, nátěrové a barevné vrstvy a narušeny jsou také tmely z r. 1956.



**Obr. 33.** Detail draperie stolu – před konsolidací. Ke krystalizaci (vzniku bílých krystalů) dochází na povrchu (eflorescence) i pod povrchem ve hmotě materiálu (subflorescence).

#### 2.2.3.4 Rešerše předchozích průzkumů

**V r. 1990** byl Ing. J. Vosátkou vypracován stavebně technický průzkum kostela, který se soustředil na statiku objektu. V průzkumu jsou svislé konstrukce lodi kostela charakterizovány jako kamenné tloušťky cca 1 m, zděné na vápennou maltu, a zdi presbytáře stejného složení tloušťky cca 1,8 m. Tyto zdi jsou silně provlhlé a je doporučováno na prvním místě provést jejich odvlhčení.<sup>60</sup>

**V r. 2005** byl restaurátorem Mgr. Josefem Novotným proveden orientační průzkum pro stanovení postupu oprav omítek, ve kterém je jako základní problém vnitřních omítek kostela stanovena vztlínající vlhkost, především na severní, východní a západní stěně. V interiéru a exteriéru kostela bylo do výšky cca 2,5 m provedeno měření povrchové vlhkosti zdí. Povrchová vlhkost exteriérových omítek vykazovala oproti interiérovým až 4× menší hodnoty.<sup>61</sup> Tyto výsledky mohou být způsobené nízkou propustností pro vodní páry a vyšší vodotěsností provedených exteriérových omítek z cementového betonu.

**V r. 2008** byl proveden průzkum vlhkosti zdiva v rámci návrhu snížení vlhkosti zdiva Ing. Michaelem Balíkem, CSc. Příčinou vysoké vlhkosti stavebních konstrukcí je dle průzkumu vztlínající vlhkost z podzákladí kostela v jeho celém rozsahu a z terénu vyvýšeného nad úroveň podlahy při severní stěně. Dále nevhodně provedené omítky v exteriéru s vysokým podílem cementu a nedostatečně funkční dešťové svody. Relativní vlhkost zdiva objektu je zhodnocena na cca 60–70 %. Orientačním měřením kapacitním vlhkoměrem byla stanovena průměrná hmotnostní vlhkost zdiva ve výšce 1,1 m na 11,3 hm. %. Tato vlhkost je dle normy ČSN P 73 0610<sup>62</sup> klasifikována jako velmi vysoká.<sup>63</sup>

#### 2.2.3.5 Měření relativní vlhkosti vzduchu, teploty a rosného bodu

##### Cíle průzkumu

V objektu byla dlouhodobě monitorována relativní vzdušná vlhkost, teplota prostředí a zdiva a teplota rosného bodu. Cílem bylo zjistit, zda v objektu dochází k poklesu teplot pod teplotu rosného bodu a k dalším nežádoucím klimatickým jevům z hlediska památkových a hygienických požadavků. Pro stanovení komplexních výsledků je potřeba monitorovat klima minimálně

v průběhu celého roku. Výsledky dlouhodobého monitoringu je nutné komparovat s režimem památky, jejími dispozicemi a stavem stavebních konstrukcí.

### Metodika průzkumu

Relativní vlhkost vzduchu, teplota prostředí a teplota rosného bodu byly v interiéru monitorovány vždy po 4 hodinách digitálním měřicím teploměrem / vlhkoměrem *Comet S3631* s externí teplotní sondou. Záznamník byl zavěšen v oblasti západní části podhledu vítězného oblouku přibližně uprostřed jeho výšky. Externí sonda byla přiložena na klenebním náběhu v západním rohu severní stěny. Monitoring probíhal 27. 9. 2011 – 17. 5. 2013. Data byla vyhodnocena v laboratoři KChT FR UPCE.

### Výsledky průzkumu [Graf 1.]

Teplota v objektu silně kolísá v závislosti na změnách exteriérové teploty v jednotlivých ročních obdobích. V zimních měsících od prosince do března se teploty pohybují přibližně od 5 do -2 °C, v únoru 2012 poklesly až k -5 °C. V letních měsících mezi červnem a zářím 2012 teploty dosahovaly k 15–20 °C. Silné kolísání teplot vlivem ročních období je spojeno pravděpodobně s nedostatečnou izolací objektu od vnějších podmínek. V letních měsících může tento stav podporovat větrání během dne skrze hlavní jižní vstup do kostela. Ten bývá v tomto období často otevřen (zároveň je uzamčen mříž, takže veřejnost do kostela bez domluvy nemá volný vstup).

Relativní vzdušná vlhkost v objektu kolísá především pod vlivy 1) nárazových pobytů větší skupiny lidí o nedělních a svátečních bohoslužbách, 2) omezeného nárazového nekoncepčního větrání a dále také 3) ročních období. Hodnoty

vlhkosti se pohybují v rozmezí 55–100 %, průměrná vlhkost se nalézá přibližně mezi 65–85 %. V období mezi červencem a listopadem 2012 došlo ke snížení vlhkosti do maxima 75 %, což souvisí s celkovým zahřátím kostela v letních měsících mezi červnem a zářím a vypařováním vlhkosti. V letních měsících je pozorováno velké kolísání vlhkosti, což může vyjma návštěv veřejnosti souviset také s větráním během dne. Ve studenějších měsících byla vlhkost naměřena mírně vyšší a vzhledem k tomu, že kostel nebývá v těchto obdobích denně otevřen, neměla tolik kolísavou tendenci.

Velice závažné informace byly získány k teplotám rosného bodu. Po celou dobu trvání monitoringu se teploty rosného bodu pohybovaly jen mírně pod hranicí interiérových teplot, přibližně o 5 °C. Lokálně se tyto teploty překrývaly a v některých případech teploty interiéru poklesly pod teploty rosného bodu. Vzhledem k tomu, že v případě poklesu teplot pod teplotu rosného bodu dochází ke kondenzaci, je tato situace velmi kritická.

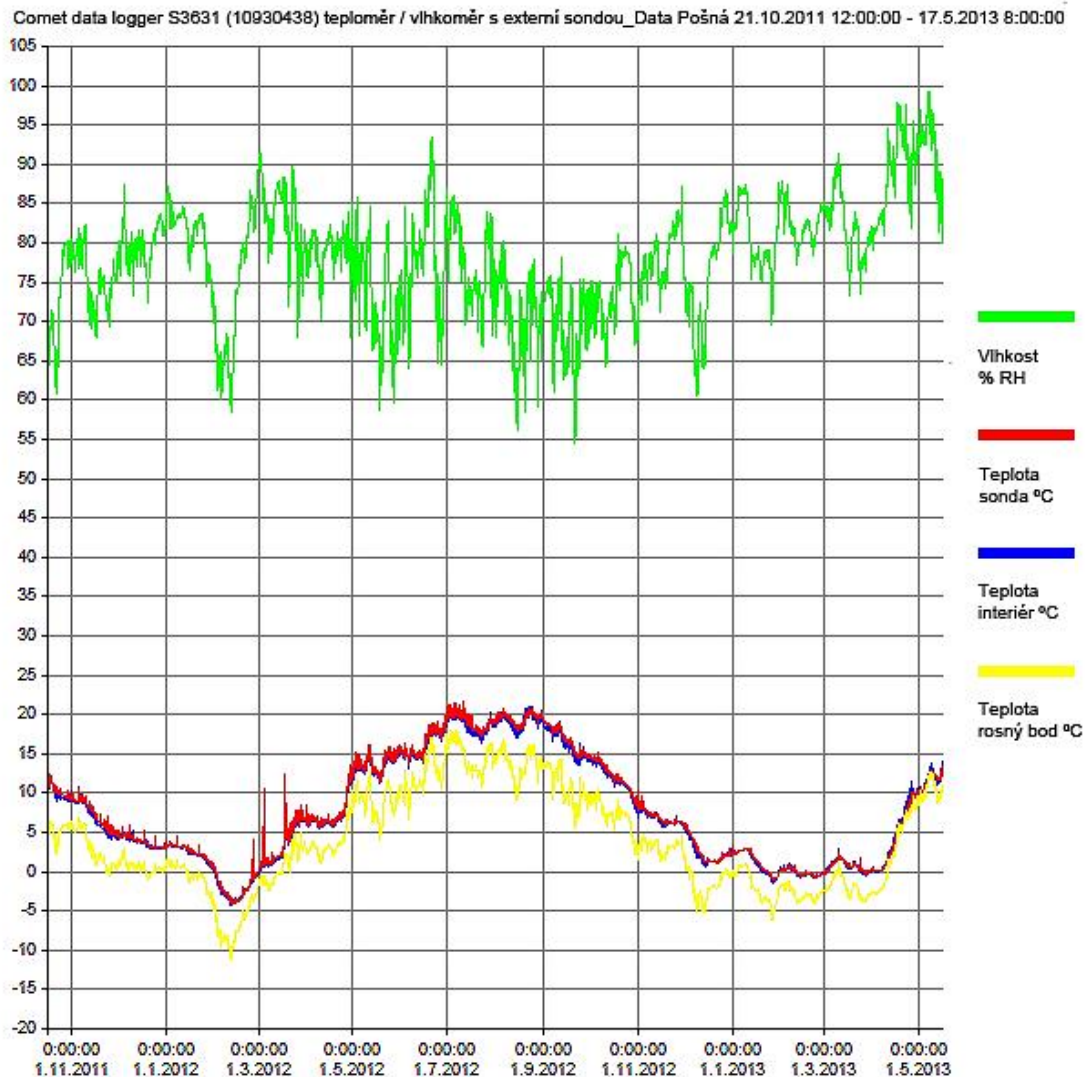


Obr. 34. Digitální měřicí přístroj *Comet S3631*.



Obr. 35. Externí teplotní sonda přístroje *Comet S3631*.



**Graf 1. Data z monitoringu relativní vzdušné vlhkosti a teploty prostředí a rosného bodu**

### 2.2.3.6 Stanovení obsahu vlhkosti omítek

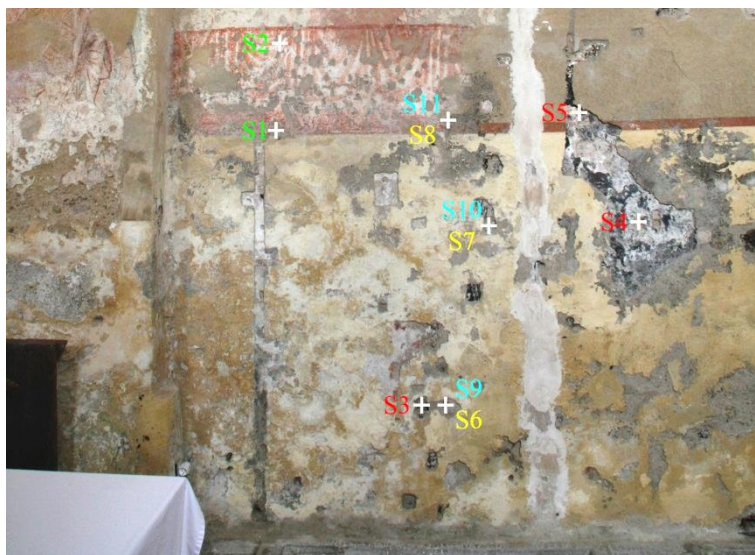
#### Cíle průzkumu

V oblasti západní části severní stěny, kde je středověká omítka překryta asfaltovým nátěrem a novodobou omítkou a také těsně nad touto oblastí (do výšky cca 2,5 m) byly odebrány vzorky omítek ke gravimetrickému měření obsahu vlhkosti. V těchto partiích stěny jsou viditelné vlhkostní mapy, výkvěty vodorozpustných solí a biologická degradace. Cílem měření je stanovení výškového a hloubkového profilu obsahu vlhkosti v omítkových vrstvách pro určení specifikace a lokalizace vlhkosti a příčin zavlhčení. Současně s odběrem byly v místech odběru měřeny relativní vzdušná vlhkost a teplota prostředí. Jedná se o doplňující informace, které slouží k porovnání výsledků obsahu vlhkosti a vodorozpustných solí v omítkách. K vysvětlení obsahu vlhkosti v omítkách v dané lokalitě dopomohou také analýzy vodorozpustných solí. Vodorozpustné soli jsou hygroskopické látky, schopné vázat vodu ze vzdušné vlhkosti, vytvářet roztoky solí a způsobovat hygroskopické zavlhčení.<sup>64</sup>

## Typy vzorků pro analýzy

Byly odebrány vzorky o velikosti cca  $2 \times 2 \times 1$  cm. Pokud to umožňovala šířka omítkové vrstvy, byl odběr proveden ve dvou hloubkách: 0–1 cm a 3–4 cm. Ve větších hloubkách vzorky nebyly odebírány, neboť hlubší odběr by byl spojen se zvýšenou destruktivitou. Tyto vzorky byly zároveň použity pro analýzu obsahu vodorozpustných solí. Podrobnější informace ke vzorkům a místům odběru, včetně fotografií [text. příloha 7.2.1.1].

- Středověká omítka z oblasti nad hranicí asfaltového nátěru a novodobé omítky (zeleně značené vzorky **S1–S2**). Vzorky byly odebrány z defektů.
- Středověká omítka, odhalená v místech defektů a sond provedených v minulosti v novodobé omítce na asfaltovém nátěru (červeně značené vzorky **S3–S5**). Vzorky byly odebrány z defektů.
- Středověká omítka, překrytá asfaltovým nátěrem a novodobou omítkou (žlutě značené vzorky **S6–S8**).
- Novodobá překryvná omítka ležící na asfaltovém nátěru (modře značené vzorky **S9–S11**).



**Obr. 36.** Přízemní partie západní části severní stěny – grafický zakres míst odběrů vzorků pro stanovení obsahu vlhkosti a vodorozpustných solí omítek.

## Metodika průzkumu

Analýzy byly provedeny autorkou práce BcA. Michaelou Navrátilovou v laboratoři KChT FR UPCE pod metodickým vedením Ing. Petry Lesniakové, PhD. Postup jsou uvedeny v textové příloze [text. příloha 7.2.1.1].

Odběr vzorků je destruktivní částí průzkumů. Z těchto důvodů byl odebrán vždy pouze jeden vzorek od každého typu. Výsledky proto nejsou vyjádřeny statistickou analýzou, nýbrž jsou pouze přibližné.

## Výsledky průzkumu [text. příloha 7.2.1.1, Tab. II, Graf I]

Výsledky byly konzultovány s Ing. Renatou Tišlovou, Ph.D. z KChT FR UPCE.

Ve vzorcích středověkých omítek odebraných z výšky 68 cm byla dle normy ČSN P 73 0610<sup>65</sup> stanovena zvýšená a také vysoká vlhkost, vzlínající z podzákladí. Nejvyšší vlhkost obsahovaly vzorky středověkých omítek překrytých asfaltovým nátěrem a novodobou omítkou z hloubky 3–4 cm. Zvýšenou vlhkostí trpěly také vzorky odkrytých středověkých omítek odebraných

z hloubky 0–1 cm, příčinou může být výskyt biologických porostů a povlaků nebo kondenzace. Naopak nižší vlhkost vykazovaly vzorky překryvných novodobých vrstev na asfaltovém nátěru. Nález dokládá, že především asfaltový nátěr a v menší míře také překryvné vrstvy omezují přirozený odpar vlhkých středověkých omítek a transportují vlhkost směrem do vyšších míst.

Ve výšce 158 cm byla dle uvedené normy stanovena nižší vlhkost. Nejnižší množství vlhkosti obsahovaly vzorky odkrytých středověkých omítek odebraných z hloubky 0–1 cm. Vzorky středověkých omítek překrytých asfaltovým nátěrem s novodobými omítkami obsahovaly přirozeně vyšší podíl vlhkosti.

Ve výšce 213 cm obsahovaly vzorky dle uvedené normy nižší až zvýšenou vlhkost. Zvýšená vlhkost byla obsažena ve vzorcích odkrytých středověkých omítek a překryvných novodobých omítek. Tento nález souvisí s výskytem vodorozpustných solí v omítkách. V těchto partiích byly analyzovány chloridy a dusičnany. Většina dusičnanů jsou soli s nízkou rovnovážnou relativní vlhkostí kolem cca 50 %, nad touto relativní vzdušnou vlhkostí tvoří roztok solí, pod touto hodnotou krystalizují. Vzhledem k tomu, že v objektu byly většinou naměřeny vyšší hodnoty relativní vlhkosti vzduchu, nad 65 %, jsou tyto soli většinou přítomny ve formě roztoku solí v pórech materiálu.<sup>66</sup>

Je nutné vzít v úvahu, že uvedená hodnotící stupnice stanovená normou ČSN P 73 0610 se primárně nevěnuje historickým materiálům, konkrétně historické středověké vápenné omítce s otevřeným pórovitým systémem. Pro takové omítky je dle konzultací s Ing. Tišlovou, Ph.D. z KChT FR UPCE stanovena standardní rovnovážná vlhkost při 50–60% RH maximálně 2 %. Uvedená normovaná klasifikace vlhkosti zdiva zhodnocuje standardní obsah vlhkosti až do 5 %. Tato vlhkost je ovšem dle konzultací s Katedrou chemické technologie v případě historických vápenných omítek již vlhkostí zvýšenou. Naměřený obsah vlhkosti v omítkách je proto mnohem závažnější, než klasifikuje citovaná norma.

### 2.2.3.7 Stanovení koncentrace vodorozpustných solí omítek<sup>67</sup>

#### Cíle průzkumu

V oblasti západní části severní stěny, kde je středověká omítka překryta asfaltovým nátěrem a novodobou omítkou a také těsně nad touto oblastí (do výšky cca 2,5 m) byly odebrány vzorky k měření obsahu vodorozpustných solí – síranů ( $\text{SO}_4^{2-}$ ), chloridů ( $\text{Cl}^-$ ) a dusičnanů ( $\text{NO}_3^-$ ) alkalických prvků nebo kovů alkalických zemin (Na, K, Ca, Mg). V těchto částech stěny je nad čelem zavlhčení viditelná krystalizace vodorozpustných solí. Vodorozpustné soli jsou v pórech materiálu transportovány ve formě vodného roztoku. Cílem měření je stanovení výškového a hloubkového profilu zasolení omítkových vrstev pro určení specifikace, lokalizace a příčiny degradace materiálu.<sup>68</sup> Současně s odběrem byly v místech odběru měřeny relativní vzdušná vlhkost a teplota prostředí [kap. 2.2.3.6].

#### Typy vzorků pro analýzy

Použity byly stejné vzorky jako pro analýzu obsahu vlhkosti v omítkách, v příslušné kapitole jsou uvedeny informace o odběru vzorků a celková fotografie míst odběru [kap. 2.2.3.6]. Podrobnější informace ke vzorkům a místům odběru, včetně fotografií [text. příloha 7.2.1.1].

### Metodika průzkumu

Analýzy byly provedeny autorkou práce BcA. Michaelou Navrátilovou v laboratoři KChT FR UPCE pod metodickým vedením Ing. Petry Lesniakové, PhD. Postup jsou uvedeny v textové příloze [text. příloha 7.2.1.2].

Odběr vzorků je destruktivní částí průzkumů. Z těchto důvodů byl odebrán vždy pouze jeden vzorek od každého typu. Výsledky proto nejsou vyjádřeny statistickou analýzou, nýbrž jsou pouze přibližné.

### Výsledky průzkumu [text. příloha 7.2.1.2, Graf II, Graf III, Graf IV, Graf V]

Výsledky byly konzultovány s Ing. Renatou Tišlovou, Ph.D. z KChT FR UPCE.

Ve vzorcích byly nalezeny všechny typy analyzovaných solí – sírany, chloridy a dusičnany. Ve vzorcích středověkých omítek odebraných z výšky 68 cm byly dle normy ČSN P 73 0610<sup>69</sup> analyzovány nízké koncentrace solí. Pouze novodobá překrývající omítka vykazovala zvýšenou koncentraci síranů. Sírany jsou obecně soli s vyšší rovnovážnou relativní vlhkostí, málo rozpustné a málo mobilní. Vyskytují se běžně v nižších partiích omítek při jejich povrchu.

Ve vzorcích všech typů omítek odebraných z výšky 158 cm byla analyzována nízká koncentrace chloridů a dusičnanů. V odhalené i překryté středověké omítce se vyskytovala zvýšená koncentrace síranů.

Ve výšce 213 cm byla ve vzorcích všech typů omítek nalezena zvýšená koncentrace především chloridů a také dusičnanů. Sírany byly v této výšce nalezeny pouze na jednom místě ve vyšších koncentracích, jejich výskyt je proto pravděpodobně náhodný a může souviset např. s přítomností sádrovce v omítkách. Analyzované dusičnany a chloridy jsou vysoce rozpustné, mobilní, hygroskopické soli, které se běžně vyskytují ve vyšších partiích omítek. Výšku vzlínání roztoků solí podporují překryvné vrstvy znemožňující odpar vlhkosti. Chloridy byly nalezeny ve všech typech odebraných omítek. Vzhledem k silně kolísavé relativní vzdušné vlhkosti v objektu o průměru 65–85 % způsobují chloridy s rovnovážnou vlhkostí kolem 75 % pravděpodobně nejvyšší míru cyklické rekrystalizace na povrchu (efflorescence) a pod povrchem (subflorescence). Dusičnany s rovnovážnou vlhkostí kolem 50 % zůstávají vzhledem k průměrné relativní vlhkosti vzduchu v roztoku a způsobují hygroskopické zavlhčené těchto partií.<sup>70</sup>

Ve výšce 255 cm byly v mírně zvýšeném množství analyzovány pouze chloridy.

### 2.2.3.8 Průzkum mikrobiologického napadení středověkých vrstev

#### Cíle průzkumu

Cílem průzkumu je identifikovat mikrobiologické napadení středověkých vrstev a především zjistit jeho rozsah. Výsledky byly komparovány s nálezy obsahu a charakteru vlhkosti v omítkách. Požadované informace jsou nutné pro navržení vhodných sanačních opatření a také pro výběr materiálů pro konsolidaci nástěnných maleb. Průzkum byl proveden na stejných místech dvakrát na počátku listopadu 2011 (analýza 8. 11. 2011) a na počátku srpna 2012 (analýza 7. 8. 2012). V Tab. VII [text. příloha 7.2.1.3] jsou tyto vzorky označeny Mxa – první analýza z 2011 a Mxb – druhá analýza z 2012.

## Typy vzorků pro analýzy

Vzorky o velikostech  $5 \times 5 \times 5$  mm byly odebrány z povrchu odkrytých středověkých vrstev v místech defektů a sond v novodobých překrývajících vrstvách, provedených v minulosti. Podrobnější informace ke vzorkům a místům odběru, včetně fotografií [text. příloha 7.2.1.3].



**Obr. 37.** Přízemní partie západní části severní stěny – grafický zákres míst odběrů vzorků pro zkoušky mikrobiologického napadení středověkých vrstev.

## Metodika průzkumu

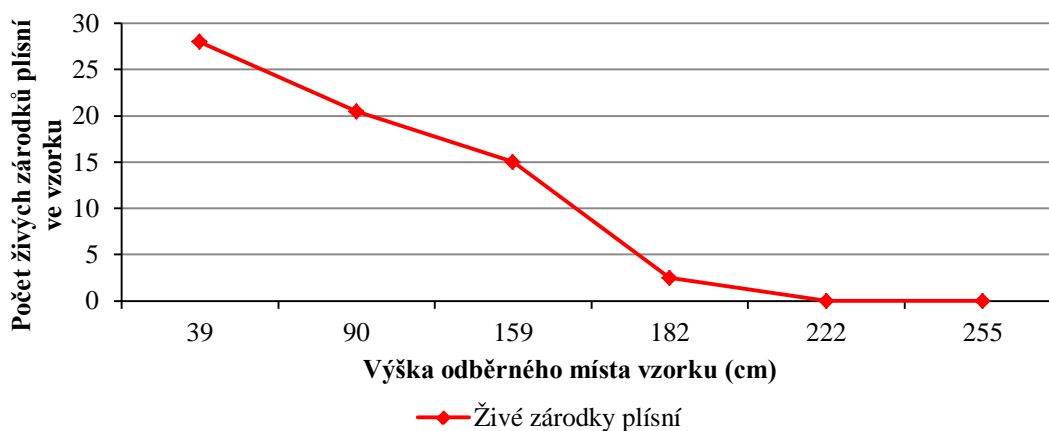
Mikrobiologické zkoušky provedla PhMr. Bronislava Bacílková v Biologické laboratoři Oddělení péče o fyzický stav archiválií NA. Postupy jsou uvedeny v textové příloze [text. příloha 7.2.1.3].

## Výsledky průzkumu [text. příloha 7.2.1.3, Tab. VII] <sup>71</sup>

Ve spodních partiích severní stěny bylo ve výšce 39 cm (M1) nalezeno vysoké množství zárodků významných rodů plísní – v rámci dvou zkoušek nepočítatelné množství a 26. Vysoké množství bylo nalezeno také ve výšce 90 cm (M2) – nepočítatelné množství a 11. Toto množství směrem od podlahy klesalo. Ve výšce 159 cm od podlahy (M3) bylo nalezeno snížené množství zárodků plísní – 18 a 12. Nález v tomto vzorku je přesto vysoký, vzorek byl odebrán z partií, kde jsou středověké omítky překryty asfaltovým nátěrem a silnou vrstvou novodobých omítek. Ve výšce 182 cm (M4) bylo nalezeno již minimální množství zárodků plísní – 2 a 3. Uvedené množství přibližně odpovídá přirozenému výskytu v životním prostředí. Ovzduší obsahuje mimo různé plyny a atmosférické polutanty také celou škálu organických látek, jež mohou způsobovat nebo podporovat mikrobiální napadení (spory plísní, aktinomycet, bakterie, endotoxiny, hmyz, roztoči, jejich fragmenty a výkaly, rostlinné úlomky, škrobová zrna a tanin, zvířecí srst a exkrementy, částičky půdy apod.) Pokud jsou vytvořeny vhodné podmínky pro sporulaci, pohybuje se koncentrace spor živých organismů v ovzduší řádově kolem  $10^6$  spor /  $m^3$ . <sup>72</sup> Určité limitní množství spor na daný objem vzduchu nebo na danou plochu je přirozené a nezpůsobuje biodegradaci. <sup>73</sup> Ve vzorcích odebraných nad hranici překryvných omítek ve výšce 222 cm (M5) a 255 cm od podlahy (M6) se již zárodky plísní nevyškytovaly [Graf 2.].

Na severní stěně presbytáře bylo ve vzorcích omítek nalezeno malé množství zelených řas. Poslední vzorek obsahující řasy byl odebrán ve výšce 159 cm od podlahy (M3), ve vzorcích odebraných výše se již zelené řasy nevyskytovaly.

**Graf 2. Demonstrace závislosti obsahu živých zárodků plísní ve vzorku na výšce odběru**



### 2.2.3.9 Zhodnocení klimatu objektu a navrhovaná sanační opatření

Na základě rešerše průzkumů provedených v minulosti a vlastních průzkumů v rámci restaurování nástěnných maleb na západní části severní stěny presbytáře [kap. 2.2.3.3–2.2.3.8] stanovujeme příčiny poruch stavebních konstrukcí z hlediska vysoké vlhkosti. Navrhovaná opatření se soustředí na základní a prvořadě odstranění zjevných příčin zvlhčení a stabilizaci klimatu v objektu. Objekt by měl splňovat především památkové a hygienické požadavky. Zhodnocení klimatu a navrhovaná sanační opatření byla konzultována s Ing. Renatou Tišlovou, Ph.D. z KChT FR UPCE. Doplňující informace v okruhu dané problematiky viz. publikace <sup>74</sup>.

#### Příčiny poškození objektu z hlediska nevhodného klimatu

##### Vysoká vlhkost v interiéru

V celém objektu je patná vzlínající vlhkost z podzákladí. Obvodové zdi kostela svou tloušťkou 1–1,8 m <sup>75</sup> umožňují vysokou dotaci vlhkosti a její snížený odpar. Hroby a hrobky z dnes již zrušeného hřbitova, které se vyskytují v bezprostředním okolí kostela <sup>76</sup>, mohou zadržovat vodu a být zdrojem mikroorganismů a vodorozpustných solí, především dusičnanů. V presbytáři se při severní stěně nachází pod podlahou hrobka Třebických <sup>77</sup>. Vzlínající vlhkostí je nejvíce zatížena severní stěna. Terén kolem objektu kostela se svažuje od severní k jižní straně. Na severní straně může být důsledkem svažujícího se terénu směrem k plášti objektu spádování dešťové a sněhové vody k patě zdiva. Podlaha v interiéru kostela je při severní stěně pod úrovní terénu. <sup>78</sup>

Především vzlínáním a kondenzací vlhkosti se do materiálů dostává kapalná voda. V zimních měsících klesají teploty pod bod mrazu a voda v materiálu zamrzá. Vznik ledu je spojen s výraznými objemovými změnami, tlaky v pórech materiálu a s jeho rozpadem. Destruktivní je dále rozpouštění a vyplavování pojiv středověkých omítek, nátěrů a barevných vrstev, transport vodorozpustných solí, vytváření podmínek pro biodegradaci aj. <sup>79</sup>

### Nevhodný režim památky

Režim památky je naprosto nevyhovující. Objekt je v minimálních případech větrán, pouze ve vybraných letních obdobích a to velice nekoncepčně. Nevyhovující je také nárazová návštěvnost objektu (o nedělních a svátečních bohuslužbách), která s sebou přináší velké zvýšení vlhkosti a způsobuje silné kolísání klimatu. Zároveň si uvědomujeme, že jednou ze zásadních hodnot kostela je přístupnost kulturního a duchovního využití pro veřejnost. O to nutnější je věnovat pozornost veškerým sanačním opatřením pro stabilizaci klimatu.

### Nevhodné exteriérové omítky a interiérové novodobé vrstvy

Přirozenému odparu vlhkosti ze stavebních konstrukcí zabraňují novodobě provedené exteriérové a interiérové vrstvy. V exteriéru zadržují vlhkost ve zdech a zvyšují hranici jejich zavlhčení omítky na plášti objektu, pravděpodobně z cementového betonu. V interiéru pak asfaltový nátěr provedený na středověkých vrstvách a v menší míře také novodobé omítky s příměsí hydraulických minerálů [kap. 2.2.5.1]. Asfaltový nátěr a novodobé omítky překrývají středověké vrstvy do výšky cca 2–3 m od podlahy. Zavlhčené středověké omítky s nástěnnými malbami uzavřené z exteriéru i interiéru těmito nežádoucími vrstvami degradují vlivem mrazovými cykly, aj. procesů, které jsou podrobněji popsány níže.

Vzhledem k vysoké relativní vlhkosti vzduchu a hodnotám rosného bodu provází všechna roční období kondenzace vlhkosti. Ke kondenzaci dochází na povrchu stěn a pravděpodobně také v jejich hloubce – uvnitř stavebních materiálů a v dutinách mezi jednotlivými souvrstvími omítek a nátěrů. Dutiny a uvolnění jsou patrně převážně v severní stěně presbytáře a předpokládány jsou také ve všech ostatních stěnách.

### Vodorozpustné soli

V omítkových vrstvách severní stěny byly do výšky 2,5 m nalezeny vodorozpustné soli. Vzhledem k tomu, že relativní vzdušná vlhkost a teplota v objektu po celý rok silně kolísá, jsou v zasolených partiích veškeré omítkové a nátěrové vrstvy na zdivu destruovány cyklickou krystalizací a rekrystalizací, hydratací a dehydratací. Tyto děje jsou spojené s objemovými změnami, vznikem tlaků v pórech materiálu a s jeho rozpadem. Ke vzniku solí dochází chemickými reakcemi, které způsobují chemické změny materiálu. K těmto změnám dochází také reakcí vlastních solí s materiálem. Uvedené děje zapříčiňují destrukci materiálů – zdiva, omítkových a barevných vrstev. Přítomnost převážně dusičnanů a chloridů způsobuje také hygroskopické zavlhčení materiálů.<sup>80</sup>

### Biodegradace

Biologické napadení středověkých omítek bylo zjištěno v nižších partiích severní stěny nad podlahou a souvisí především se zvýšenou relativní vlhkostí vzduchu, kondenzací a nedostatečnou cirkulací čistého vzduchu.<sup>81</sup> Nalezené bakterie, plísňe a řasy způsobují fyzikálně-chemickou degradaci, mění pH, produkují kyseliny a soli a jednou z vylučovaných látek jsou také pigmenty. Na povrchu materiálů vytváří biofilm a dále různá stádia porostů, které sorbují a akumulují vlhkost a vodu a fyzikálně degradují materiál. Mikroorganismy vytváří ideální prostředí pro růst dalších vyšších organismů.<sup>82</sup> Z hygienického hlediska jsou podmínky prostředí naprosto nevyhovující.

## Navrhovaná sanační opatření

### Úprava prostředí objektu

K zamezení vztlínající vlhkosti v historických objektech je na prvním místě nutné upravit okolní terén, aby k patě zdiva nezatékala voda, opravit nedostatečně funkční dešťové svody, odstranit exteriérové a interiérové vrstvy zabraňující odparu vlhkosti, a obnovit či pročistit původní větrací otvory ve stěnách a klenbě. V objektu je zároveň nutné upravit režim větrání. Poté je možné přistoupit k metodám odvedení vlhkosti od konstrukce pomocí drenáže nebo vzduchových metod.<sup>83</sup> Na tomto místě je třeba zdůraznit, že již provedený větrací kanál kolem základů objektu není dostatečně účinný a navrhujeme jeho revizi.

Jakákoliv úprava či přemístování (byť druhotně osazených) hrobů a hrobek v terénu pod kamennou podlahou interiéru je nežádoucí z hledisek pietních, historických a památkových. Těmto opatřením se zde proto nebudeme věnovat.

### Odstranění exteriérových omítek

Pro redukci zavlhčení zdiva je nutné odstranit do výše nezbytně nutné (2,5 m) nevhodné exteriérové omítky z cementového betonu, které zabraňují odparu vlhkosti a zvyšují hranici zavlhčení. Práce musí probíhat pod dohledem restaurátora nebo technologa v oboru restaurování/konzervace. Odstranění přízemní části exteriérových omítek musí předcházet před sanací interiéru. V žádném případě není možné sanovat pouze interiéru. Vlhkost dotovaná z podzákladí se musí ze stavebních konstrukcí odpařovat především směrem do exteriéru, nikoliv pouze směrem do interiéru. Jednostranné odpařování vlhkosti pouze směrem do interiéru působí destruktivně na stav středověkých omítek a nástěnných maleb. Po odstranění přízemních částí exteriérových omítek a vyčištění prostor je možné po konzultaci s technologií v oboru konzervace / restaurování přistoupit k vhodné a odzkoušené metodě odsolování zdiva.<sup>84</sup>

### Odstranění překryvných interiérových vrstev, odsolování středověkých vrstev

Po odstranění exteriérových omítek a dlouhodobém vysoušení středověkého zdiva (v horizontu několika sezón) je možné přistoupit k postupnému odstraňování jednotlivých novodobých vrstev v interiéru, které překrývají středověké omítky a nástěnné malby do výšky cca 2–3 m. Je nežádoucí provést nárazové odstranění interiérových novodobých vrstev, pokud překryté silně zavlhčené středověké konstrukce neměly možnost alespoň částečně vyschnout. Odkryv silně zavlhčených interiérových středověkých vrstev, především zpod asfaltového nátěru, by způsobil jejich masivní vysoušení. Důsledkem by byla kontrakce a oddělování jednotlivých středověkých vrstev mezi sebou, vznik prasklin, zpráškovatění barevných vrstev aj. Nárazové vysoušení středověkých vrstev v interiéru by dále způsobilo transport vodorozpustných solí směrem k místu odparu k povrchu, krystalizaci na povrchu a pod povrchem a destrukci středověkých vrstev.<sup>85</sup>

Odstraňování překrývajících novodobých vrstev v interiéru musí být provedeno restaurátorem nástěnných maleb. Je nutné postupovat po jednotlivých vrstvách. Veškeré středověké vrstvy včetně fragmentů nástěnných maleb musí být v průběhu odkryvu konsolidovány a také odsolovány. Technologie konsolidace a odsolování musí být konzultována s technologií v oboru konzervace / restaurování a musí být vyzkoušena. Upozorňujeme, že masivní celoplošné odsolování pomocí obkladů nelze použít v nesanovaném objektu s permanentní dotací vlhkosti a solí z podloží.



Navrhujeme také odstranění interiérových omítek až na zdivo do výše cca 15 cm od podlahy. V těchto partiích je ve zdivu provedena nově omítnutá elektroinstalace a středověké omítky s nástěnnými malbami zde již nejsou dochovány. Odstraněním části omítek v přízemních partiích bude přerušeno kapilární vztlínání vlhkosti z podzákladí omítkovým systémem. Po odstranění omítek, proškábnutí spár a očištění prostor bude tímto opatřením docházet k dalšímu odparu vlhkosti. Návrh byl vedoucím práce konzultován z Ing. Karolem Bayerem z KChT FR UPCE.

V případě nedostatku prostředků na odkryv a restaurování nástěnných maleb a současným požadavkům na alespoň minimální zásah v přízemních partiích interiéru je možné odstranění interiérových omítek až na zdivo do výše cca 15 cm od podlahy provést jako samostatný krok. V tomto případě bude žádoucí vytvořit přes současnou novodobou omítku, s množstvím defektů a sond do středověkých omítek a nástěnných maleb, vrstvu obětní omítky. Obětní omítky je suchá vápenná omítky s otevřeným pórovým systémem, která bude sloužit jako krystalizační zóna a rezervoár pro ukládání solí transportovaných během vysychání k místu odparu.<sup>86</sup> Před nanesením obětní omítky je nutné odstranit veškeré nátěry na novodobých omítkách, částečně je ztenčit (např. ocelovými kartáči) a zcela odstranit v místech jejich uvolnění. Současně je nutné odstranit mechanicky a chemicky veškeré porosty řas. Práce musí probíhat pod dohledem restaurátora nástěnných maleb nebo technologa v oboru konzervace / restaurování. Návrh byl vedoucím práce konzultován z Ing. Karolem Bayerem z KChT FR UPCE. Dále navrhujeme ke zvážení aplikaci obětní omítky také přes část odkryté středověké nástěnné malby na západní části severní stěny. Tato část nástěnných maleb s vyobrazením splývavé draperie stolu se nachází těsně nad hranicí překrývajících vrstev a je silně zatížena krystalizací vodorozpustných solí. Bez sanace objektu a odstranění překrývajících vrstev není možné malby komplexně restaurovat. Po překrytí vrstvou obětní omítky bude krystalizační zóna posunuta až na její povrch a nástěnné malby nebudou dále destruovány. Před překrytím je nutné malby konsolidovat a separovat distanční vrstvou (např. gáza, netkaná textilie, japonský papír).

#### Odstranění mikrobiologického napadení

Mikrobiologické napadení je nutné mechanicky i chemicky odstranit ve všech prostorách a po jejich odstranění udržovat interiér čistý, suchý a větráný. Také kolem objektu v exteriéru je nutné dbát na čistotu a cirkulaci vzduchu. Naprosto nevhodné jsou rostliny a keře v blízkosti zdí, které zadržují velké množství vody a svými kořeny mohou narušovat zdivo.<sup>87</sup>

#### Stabilizace klimatu v interiéru

Metody snížení vlhkosti ve zdivu musí probíhat v souladu se stabilizací klimatu v objektu. Relativní vzdušná vlhkost a teplota musí být správným režimem nastaveny tak, aby nedocházelo k dosažení rosného bodu a ke kondenzaci. Silně kolísavou relativní vzdušnou vlhkost je nutné stabilizovat. Stabilizace klimatu také omezí cyklickou hydrataci a krystalizaci vodorozpustných solí. Pouze teoretickou možností by bylo uzavření objektu pro veřejnost či vhodná omezení průběhu návštěvnosti. Chápeme, že vzhledem k duchovní a kulturní podstatě kostela a s ohledem na aktivní komunitu místní římskokatolické obce, by jakákoliv omezení návštěvnosti nebyla vhodná. Udržování optimálních klimatických podmínek musí být proto dosaženo především správným režimem větrání. V zimě větráme náporově, tzn. rychle a prudce s plně otevřenými okny, dveřmi aj., pro co nejefektivnější výměnu vzduchu v co nejkratší době. Na jaře není větrání příliš vhodné, naprosto nevhodné je náporové větrání, průvan a větrání ve večerních hodinách. Následkem přívodu

teplejšího vzduchu s vyšší vlhkostí do chladného interiéru by mohla být nežádoucí kondenzace. Na jaře větráme nejlépe až je objekt více zahřátý a to v chladnějších dnech brzy ráno. V létě je již možné větrat průvanem a komorově, tzn. pomalou výměnou vzduchu při částečně otevřených oknech, dveřích aj. Na podzim, když je objekt vyhřátý a vzduch chladnější, je jakékoliv větrání nejpříznivější.<sup>88</sup> Ke zvažování navrhujeme instalaci vhodných zařízení na čištění a odvlhčování vzduchu. Tento krok je nutné konzultovat a projektovat v kooperaci technologa v oboru konzervace / restaurování, klimatologa a zástupce památkové péče.

Z důvodu nutnosti postupného vysoušení objektu není žádoucí instalovat jakékoliv vytápění do interiéru. Vyjma výše popsané destrukce materiálů vlivem nárazového vysoušení by instalované topení posunulo kondenzační zónu hlouběji do stavebních konstrukcí. Tlusté kamenné zdivo má vzhledem ke své vyšší tepelné vodivosti a objemové hmotnosti velkou akumulaci schopnost. Tato schopnost se zvyšuje s narůstající tloušťkou zdiva. Tudíž i při stabilizované vyšší teplotě v interiéru si kamenné konstrukce v zimních měsících uchovávají nízkou teplotu. V prostředí s vysokou relativní vlhkostí by docházelo na povrchu těchto konstrukcí ke kondenzaci.<sup>89</sup>

## 2.2.4 In situ průzkum nástěnných maleb a nepůvodních vrstev

### 2.2.4.1 Základní prohlídka maleb, popis poškození

#### Cíle průzkumu

- Identifikace a dokumentace veškerých okem viditelných a dotekem a poklepem zjištěných skutečností, týkající se nástěnných maleb určených k průzkumu a restaurování. Jedná se především o informace k technologii provedení maleb, jejich stavu dochování a poškození.
- Získání vstupních informací pro další dílčí průzkumy.

#### Metodika průzkumu

Pozorováním v přirozeném denním rozptýleném světle byl zjištěn stav povrchové vrstvy malby, stupeň viditelného poškození, míra znečištění a přítomnost nepůvodních zásahů.

V razantním bočním nasvícení byl pozorován reliéf a veškeré deformace povrchu souvrství nástěnných maleb a nepůvodních zásahů. Razantní boční nasvícení dopomohlo k identifikaci nepůvodních zásahů a ke zhodnocení kvality jejich provedení.

Průzkumem dotekem a poklepem byla odhadována soudržnost jednotlivých vrstev malby, adheze těchto vrstev vzájemně mezi sebou a s podkladem.

#### Výsledky průzkumu

##### Provedení nástěnných maleb

Nástěnné malby všech časových etap jsou provedeny na vápenných nátěrech na omítce. Omítka má pro středověké období typický nerovný povrch, vápenné nátěry jsou provedeny volným způsobem s množstvím stékanců a nerovností. Na vápenné nátěry pak byla provedena vlastní malba, která se na většině míst dochovala ve dvou až třech barevných vrstvách. Na spodní světlejší barevné vrstvě leží svrchní tmavší a pastóznější vrstvy. Nástěnné malby byly z určitosti provedeny kombinací více barevných vrstev, ty nejsvrchnější z nich již nejsou dochovány.

##### Časová vrstevnatost nástěnných maleb

Nástěnné malby jsou složeny ze dvou až tří časově odlišných vrstev malby (etap) [více kap. 2.2.2.4]. Nejspodnější vrstvou, pravděpodobně nejstarší dochovanou, je střední pás maleb se třemi polofigurami v arkádách. Přes tyto malby viditelně přechází vrstva horního pásu maleb se sv. biskupem, donátorem mnichem a sv. Dorotou, pravděpodobně z mladšího období. Jako mladší vrstva maleb byl hodnocen také stůl se splývavou drapérií v dolním pásu maleb. Průzkumem tato skutečnost nebyla prokázána, obě dvě malované partie na sebe plynule navazují a jsou provedeny na tomtéž vápenném podkladu stejnými barevnými tóny. Přes tyto malované pásy přechází fragmenty různých neidentifikovatelných a nezařaditelných vrstev a také fragment figury se štětcovou kresbou. V oblasti obličejů fragmentu figury je lokálně dochován bílo-růžový podklad, se kterým je štětcová kresba propojena.

### Stav dochování středověkých omítkových vrstev

Nástěnné malby jsou narušeny hustým pekováním, provedeným pravděpodobně v době barokních stavebních úprav objektu. Velikost peků je průměrně  $4 \times 2,5 \times 1$  cm. Omítkové vrstvy malby jsou především ve vrchním pásu středověké malby silně destruované, popraskané a uvolněné od zdiva. Také vápenné nátěry s barevnou vrstvou jsou především ve vrchním pásu rozpraskané a uvolněné od omítky a také mezi sebou. Stav omítkových, nátěrových a barevných vrstev je havarijní pod tmely peků z r. 1956 a v jejich bezprostředním okolí. V nátěrových a částečně také omítkových vrstvách se vyskytuje řada vrypů.

### Stav dochování středověkých barevných vrstev

Barevná vrstva je zpráškovatělá, na mnoha místech uvolněná. Partie provedené technikou a secco jsou dochovány fragmentárně. Praskliny barevných vrstev se vyskytují na stejných místech jako praskliny omítkových a nátěrových vrstev. V barevných vrstvách se vyskytuje řada vrypů.

V r. 2010 byl v presbytáři proveden sondážní průzkum restaurátorem BcA. Lukášem Hrindou. V rámci tohoto průzkumu byly v partiích polofigur v arkádách provedeny tři destruktivní sondy ve středověké malbě o velikostech  $2 \times 7$  cm,  $2,5 \times 22$  cm a  $2,5 \times 10$  cm. Středověká malba zde byla částečně mechanicky odstraněna vatovým tampónu smočeným ve vodě. Na základě těchto sond restaurátor mylně zhodnotil, že lazurnější vrstvy, které je možné takto smýt, jsou přemalbou a fragmenty hutnějších pastóznějších vrstev, které tímto způsobem pravděpodobně nebylo možné smýt, jsou původní malbou.<sup>90</sup> Jedná se nesprávný závěr, již při zběžném pohledu je patrné, že pastóznější fragmenty, které nebyly smyty, leží bezprostředně na vrstvách, které smyty byly. Problematické je také provedení sond na exponovaném místě v partiích figur a jejich velikost. Zásah dokládá, že barevná vrstva je zpráškovatělá a citlivá na intenzivní mechanickou intervenci.

### Stav dochování tmelů peků z r. 1956

Okraje tmelů peků a defektů přesahují přes povrch původní malby a deformují a fabulují její povrch. Tmely, především ve vrchním pásu maleb, jsou popraskané, při poklepu duté a uvolněné. Tmely jsou hlazené, jejich povrch vykazuje vyšší tvrdost a pevnost než povrch středověké malby.

### Stav dochování retuší a přemaleb z r. 1956

Novodobé tmely jsou retušovány a povrch malby je scelen barevnou lazurní přemalbou. Retuše tmelů jsou ve většině případů provedeny velkoryse a často přesahují z tmelů také do okolní středověké malby. Jejich koncepce není na všech místech jednotná, vyskytují se zde retuše nápodobivé, lokální, ale také tmely bez retuší. Retuše a přemalby přecházející z tmelů na mnoha místech zcela přesně kompozičně nenavazují na okolní původní malbu. Z detailního pozorování těchto míst lze vyčíst, kde je malba zatížena hutnějšími vrstvami retuší a přemaleb, kde pouze lazurními, či kde není vůbec přemalována. Přemalby se nachází pouze lokálně, především v blízkosti tmelů. Provedeny jsou pravděpodobně pouze lazurním nátěrem a v zásadě respektují barevnost a tvarosloví středověké malby. Jsou zpráškovatělé.

Nálezy jsou odlišné oproti závěrům předchozího průzkumu z r. 2011.<sup>91</sup> Tento průzkum zhodnotil, že se na nástěnné malbě vyskytují rozsáhlé fabulační domalby a přemalby, provedené bez ohledu na odlišný charakter barevnosti a kompozici středověké nástěnné malby.

## Fotografie nálezů průzkumu

### Provedení nástěnných maleb



**Obr. 38.** Tři polofigury v arkádách v razantním bočním nasvícení – před restaurováním. Vidíme pro středověkou nástěnnou malbu typický nerovný povrch, který fabuluje povrch tmelů z r. 1956.



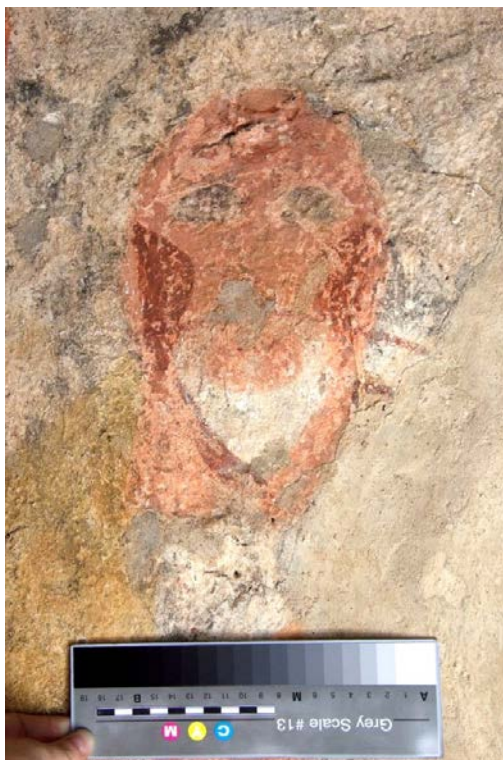
**Obr. 39.** Tři polofigury v arkádách – před restaurováním [srov. Obr. 38.].



**Obr. 40.** Detail levé polofigury – před restaurováním. Příklad volnosti provedení podkladních vápenných nátěrů. Čitelné jsou stékance vápenných nátěrů.



**Obr. 41.** Detail levé polofigury v razantním bočním nasvícení – před restaurováním [srov. Obr. 40.].



**Obr. 42.** Obličej levé polofigury – po čištění. V partiích obličeje je dobře viditelné souvrství barevných vrstev malby. Na spodní světlejší tělové růžové vrstvě leží svrchní tmavší pastóznější růžová vrstva.



**Obr. 43.** Obličej levé polofigury v ultrafialové fluorescenci – po čištění [srov. Obr 42.]. Spodní světlejší barevná vrstva má méně intenzivní fluorescenci, svrchní tmavší vrstva výraznější.

## Časová vrstevnatost nástěnných maleb



**Obr. 44.** Nástěnné malby určené k průzkumu – grafický zakres vrstev středověkých maleb.



**Obr. 45.** Nástěnné malby určené k průzkumu – po restaurování [srov. Obr. 44.].

## Legenda:



Nejstarší dochovaná vrstva středověkých maleb, pravděpodobně z poslední čtvrtiny 13. stol. střední malovaný pás s polofigurami v arkádách.



Mladší dochovaná vrstva středověkých maleb, pravděpodobně 60.–80. léta 14. stol.; horní malovaný pás se sv. biskupem, donátorem mnichem a sv. Dorotou.



Mladší dochovaná vrstva středověkých maleb, pravděpodobně 60.–80. léta 14. stol.; dolní malovaný pás se stolem se splývavou drapérií.



Tři polofigury v arkádách (1, 2, 3) ve středním pásu maleb; nejstarší dochovaná vrstva pravděpodobně z poslední čtvrtiny 13. stol.



Sv. biskup (4), donátor mnich (5) a sv. Dorota (6) v horním pásu maleb; mladší dochovaná vrstva pravděpodobně z 60.–80. let 14. stol.



Fragment štětcové kresby figury, pravděpodobně součást dolního pásu maleb; mladší dochovaná vrstva pravděpodobně z 60.–80. let 14. stol.



**Obr. 46.** Detail rozhraní horního a středního malovaného pásu – před restaurováním. Přes střední pás maleb s polofigurami v arkádách (1) viditelně přechází vrstva horního pásu, zde žlutý šat donátora mnicha (2).



**Obr. 47.** Fragment figury se štětcovou kresbou – po restaurování. Fragment leží na vrstvách dolního a středního malovaného pásu.

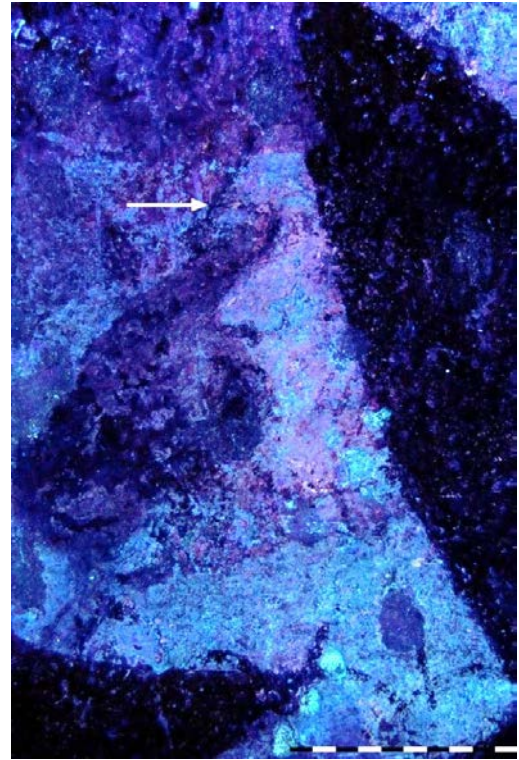


**Obr. 48.** Fragment figury se štětcovou kresbou – grafický zákres fragmentu tmavě červené štětcové kresby figury [srov. Obr. 47.].

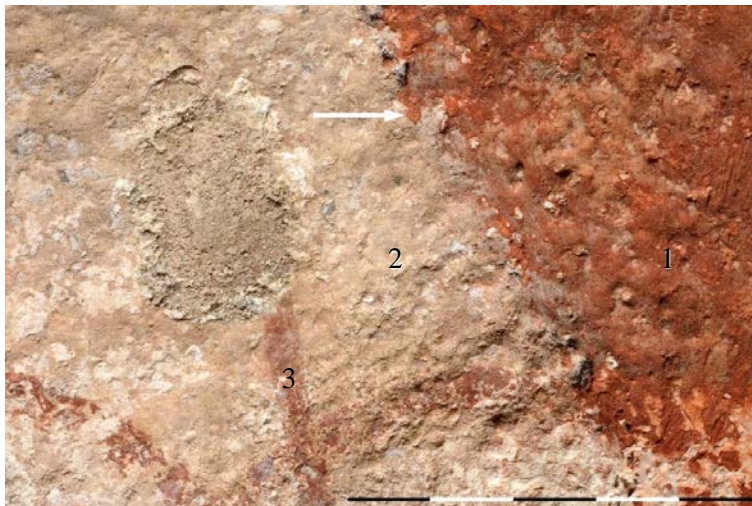




**Obr. 49.** Obličej fragmentu figury se štětcovou kresbou (viz. šipka) – po čištění.



**Obr. 50.** Obličej fragmentu figury se štětcovou kresbou (viz. šipka) v ultrafialové fluorescenci – po čištění [srov. Obr. 49.]. Součástí fragmentu figury je bílo-růžový podklad, který je zde čitelný díky výraznější fluorescenci.

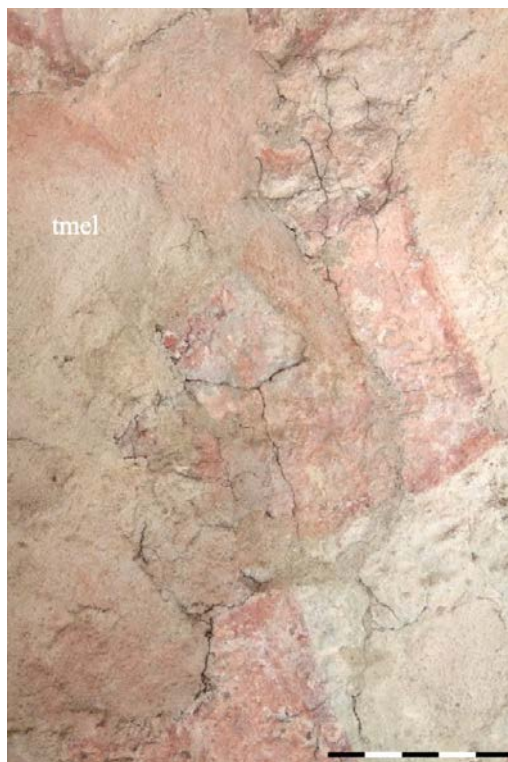


**Obr. 51.** Detail prostřední polofigury s fragmentem figury se štětcovou kresbou – před restaurováním. Tmavě červená štětcová kresba (3), propojena s bílo-růžovým podkladem (2) viditelně leží na červeném šatu polofigur v arkádách (1), (viz. šipka).



**Obr. 52.** Detail prostřední polofigury s fragmentem figury se štětcovou kresbou – před restaurováním. Tmavě červená vrstva, která náleží k fragmentu figury (2), viditelně leží na vrstvě polofigur v arkádách (1), (viz. šipka).

### Stav dochování středověkých omítkových vrstev



**Obr. 53.** Detail šatu sv. biskupa – před restaurováním. V bezprostředním okolí tmelů z r. 1956 jsou omítkové a nátěrové vrstvy silně destruované a uvolněné od podkladu a mezi sebou.



**Obr. 54.** Detail pozadí za sv. biskupem – před restaurováním. Destruované a uvolněné jsou nejen středověké vrstvy, ale také novodobé tmely.





**Obr. 55.** Nástěnné malby určené k restaurování – grafický zakres pohyblivě uvolněných omítkových a nátěrových vrstev.





**Obr. 56.** Nástěnné malby určené k restaurování – grafický zakres dutin pod omítkou. Omítkové vrstvy jsou pohyblivé pouze v síti prasklin.


#### Legenda:

 Uvolněné omítkové vrstvy a vápenné nátěry s barevnou vrstvou, při doteku a poklepu pohyblivé ("tlumený" zvuk při poklepu).

 Výrazněji uvolněné omítkové vrstvy a vápenné nátěry s barevnou vrstvou, při doteku a poklepu pohyblivé ("tlumený" zvuk při poklepu).

 Dutiny pod omítkou ("zvonivý" zvuk při poklepu). Omítkové vrstvy jsou pohyblivé pouze v síti prasklin.

 Praskliny v omítce a vápenných nátěrech s barevnou vrstvou.

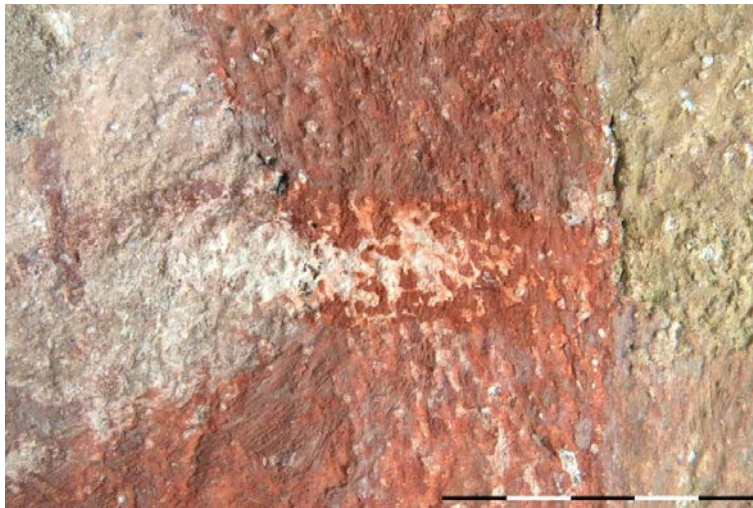
 Silnější vrypy v omítce a vápenných nátěrech s barevnou vrstvou.



**Obr. 57.** Nástěnné malby určené k restaurování – grafický zakres prasklin a silnějších vrypů.

Stav dochování středověkých barevných vrstev

**Obr. 58.** Detail rozhraní prostřední a pravé polofigury – před restaurováním. Zde byly v r. 2010 provedeny tři sondy pod středověkou malbu. Středověká barevná vrstva byla smyta vodou. Zásah dokládá, že barevná vrstva je zpráškovatělá a citlivá na intenzivní mechanickou intervenci.



**Obr. 59.** Detail prostřední polofigury v arkádách – stav před restaurováním. Detail horní sondy z r. 2010 [srov. Obr 58].

Stav dochování tmelů peků z r. 1956

**Obr. 60.** Detail arkád – před restaurováním. Vidíme nápodobivě retušovaný tmel z r. 1956.



**Obr. 61.** Detail arkád v razantním bočním nastavení – před restaurováním. Novodobý tmel svým provedením fabuluje povrch středověké malby, je silně popraskán a uvolněn.



**Obr. 62.** Nástěnné malby na západní polovině severní stěny – grafický zakres novodobých vrstev a zásahů v partiích nástěnných maleb.



**Obr. 63.** Nástěnné malby na západní polovině severní stěny – před restaurováním [srov. Obr. 62.].

#### Legenda:



Nepůvodní vrstvy, historické a novodobé omítkové a nátěrové vrstvy, tmely peků a defektů z r. 1956.

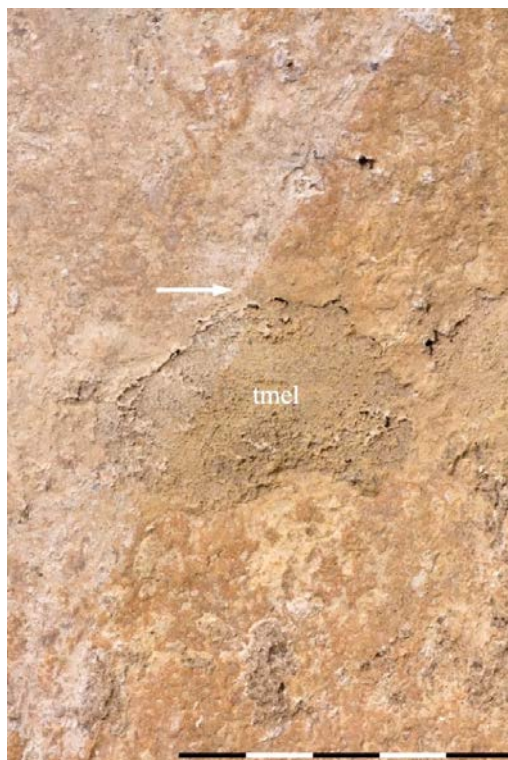


Nepůvodní vrstvy, historické a novodobé omítkové a nátěrové vrstvy, asfaltový nátěr z 19. stol. Pod těmito vrstvami se nalézají fragmenty středověkých omítek a maleb.



Sondy pod středověkou malbu z r. 2010.

## Stav dochování retuší a přemaléb z r. 1956



**Obr. 64.** Detail levé polofigury – před restaurováním. Hutnější žlutá retuš tmelu přechází do okolní středověké malby a zcela přesně na ni nenavazuje (viz. šipka). Žlutá barevná vrstva není přemalbou či domalbou, nýbrž je v základu původní.



**Obr. 65.** Detail rozhraní levé a prostřední polofigury – před restaurováním. Lazurnější červená retuš tmelu přechází do okolní středověké malby a zcela přesně na ni nenavazuje (viz. šipka). Červená barevná vrstva arkády je v základu původní.



**Obr. 66.** Detail šatu sv. biskupa – před restaurováním. Vidíme nápodobivé, lokální i neutrální retuše v pastoznějším i lazurnějším provedení. Lokální přemalby jsou lazurní (partie černé) i hutnější (červené partie v okolí dolního tmelu).



**Obr. 67.** Detail pláště sv. biskupa – před restaurováním. Vidíme hutnější ztmavlé retuše tmelů a jejich okolí.



**Obr. 68.** Detail pozadí mezi sv. biskupem a donátorem – před restaurováním. Vidíme lazurní retuš tmelu a navazující přemalbu v partiích černého pozadí.

#### 2.2.4.2 Pozorování v ultrafialové luminiscenci

##### Cíle průzkumu

- Identifikování nepůvodních vrstev, které mohou mít odlišnou luminiscenci než vrstvy původní malby.
- Identifikování případného biologické napadení s výraznou luminiscencí.
- Zběžné odlišení luminujícího organického pojiva od neluminujícího anorganického pojiva nástěnné malby.
- Lepší identifikace kompoziční skladby fragmentárně dochované malby, která není v denním osvětlení příliš čitelná.
- Kontrola procesu čištění.

##### Metodika průzkumu

Malby byly nasvíceny ultrafialovou lampou *Höhnie UVA Spot 400 T* a fotografovány fotoaparátem *Canon EOS 50E* bez UV filtru (zaznamenána byla ultrafialová luminiscence společně s odraženým UV světlem). Pozorování probíhalo po provedeném sondážním průzkumu a zkouškách čištění a po čištění.

## Výsledky průzkumu

### Identifikace nepůvodních vrstev

Prohlídka maleb po nasvícení ultrafialovou lampou potvrdila nálezy základní prohlídky maleb v denním světle [kap. 2.2.4.1]. a nálezy sondážního průzkumu pod tmely z r. 1956 aj. nepůvodní překryvné vrstvy [kap. 2.2.4.4]. Retuše a přemalby z r. 1956 nebyly v ultrafialové luminiscenci výrazně čitelnější než v denním světle. Retuše, přemalby a také povrchové nečistoty byly bez luminiscence a zaslepovaly povrch středověké malby, která měla v nepřemalovaném stavu jasnější a čistší luminiscenci. Fragменты nepřemalované středověké malby, odhalené v rámci sondážního průzkumu pod tmely z r. 1956 a také pod fragmenty historických vápenných nátěrů, mají luminiscenci podobnou okolním odkrytým partiím malby, které byly v r. 1956 restaurovány a přemalovány. Nález dokládá, že plošné přemalby byly provedeny pravděpodobně na většině míst středověké malby, převážně pouze lazurním nátěrem a v zásadě je není možné od původní malby odlišit. Dále bylo patrné, že retuše tmelů z r. 1956 a výmalba okenní zadržky přecházely přes povrch okolní středověké malby a byly provedeny hutnějším nátěrem [fotografie míst sond v ultrafialové luminiscenci kap. 2.2.4.4].

### Identifikace organických pojiv

Výrazně odlišnou luminiscenci vykazovaly pouze některé partie středověké malby v horním malovaném pásu – výrazně žlutě luminovaly čelenka sv. biskupa, korunka sv. Doroty a rty mnicha donátora. Nevýrazně žlutě luminovaly dvě krajní růže v košíku sv. Doroty a také její šat. Na luminujících místech mohla být pravděpodobně v některých dnes již nedochovaných svrchních vrstvách použita organická pojiva. Koruny světců mohly být zlacené. FTIR analýza pojiv vzorku, odebraného z partií korunky sv. Doroty, však přítomnost organických pojiv neprokázala [kap. 2.2.5.3]. Totožný nález byl zdokumentován při průzkumu gotických nástěnných maleb v kostele sv. Martina v obci Sankt Martin (Dolní Rakousko). Zde také výrazně luminovaly rty a koruny světic, organická pojiva nalezena nebyla a stopy po zlacení nebyly prokázány.<sup>92</sup>

### Identifikace biologického napadení

Dobře viditelné bylo biologické napadení, vyskytující se pouze ve spodních partiích severní stěny v oblasti, kde jsou středověké nástěnné malby překryty novodobými vrstvami. Čitelné byly červeně fluoreskující zelené řasy a mléčně fluoreskující "skvrny" plísni [fotografie kap. 2.2.3.3].

### Kontrola procesu čištění

V průběhu zkoušek čištění a po čištění byla efektivnost a míra čištění kontrolovaná také v ultrafialové luminiscenci [více kap. 2.4.1].



## Fotografie nálezů průzkumu

### Identifikace nepůvodních vrstev



**Obr. 69.** Draperie stolu – před restaurováním. Bílá přerušovaná linka zhruba rozděluje partie spíše s nepřemalovanou malbou (1) s jasnou a čistou luminiscencí a partie spíše přemalované (2), které jsou zaslepeny neluminujícími přemalbami a nečistotami. Zhodnocení je pouze pravděpodobné a demonstrativní, přemalby je vzhledem ke stavu dochování maleb problematické identifikovat.



**Obr. 70.** Draperie stolu v ultrafialové luminiscenci – před restaurováním [srov. Obr. 69.].

Identifikace organických pojiv

**Obr. 71.** Detail sv. Doroty v ultrafialové luminiscenci – po čištění. Výrazně žlutě luminovala mimo jiné korunka sv. Doroty. Organické látky ve vzorku nebyly neprokázány.



**Obr. 72.** Detail sv. Doroty – po čištění [srov. Obr. 71.].

### 2.2.4.3 Pozorování v infračerveném záření

#### Cíle průzkumu

- Pozorování spodních vrstev malby, podmaleb, podkreseb, autorských změn aj., které nejsou okem viditelné.
- Identifikace přemaleb a zdokumentování rozsahu středověké malby pod vrstvou přemaleb.

#### Metodika průzkumu

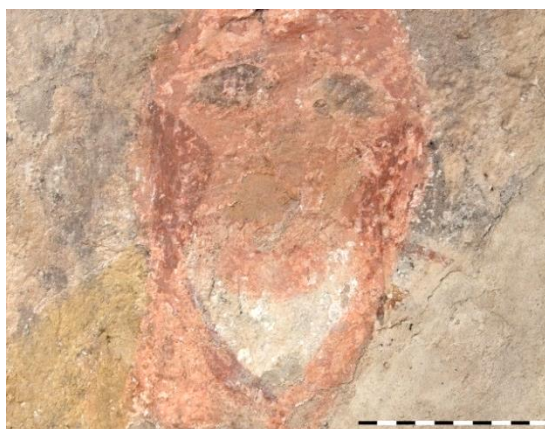
Malby byly nasvíceny infračervenými lampami a snímány infračervenou kamerou *FLIR FC 3000*. Zaznamenání spodních vrstev malby je možné, pokud jsou překryty finálními vrstvami, které propouští infračervené záření. V ideálním případě pak, pokud tyto spodní vrstvy leží na podkladu, který infračervené záření absorbuje.

#### Výsledky průzkumu

Průzkumem nebyly nalezeny nové skutečnosti, černobílý obraz zaznamenaný infračervenou kamerou odpovídal podobě středověkých maleb v denním světle. Pro tento nález máme dvojí vysvětlení: 1) Retuše a přemalby jsou provedeny pouze v lazurách a kopírují barevnost i tvarosloví středověké malby a po jejich prosvícení infračerveným zářením tudíž vidíme stejný obraz.

2) Retuše a přemalby nejsou, vzhledem ke svému pravděpodobně vápennému pojivu, propustné pro infračervené záření a podobu nepřemalované středověké malby tudíž není možné zaznamenat.

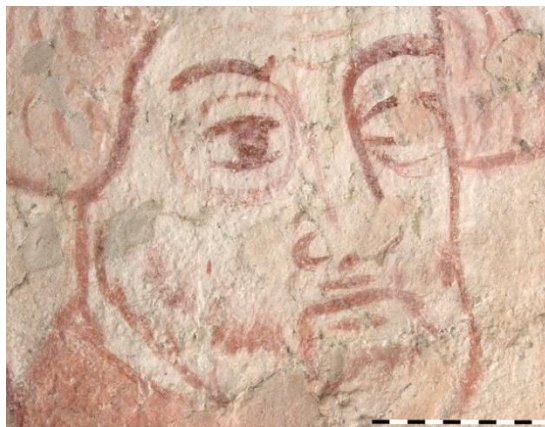
Případné podmalby nebo podkresby nebylo možné identifikovat. Vápenné pojivo jednotlivých vrstev vlastní nástěnné malby a jejich hutnost znemožňovaly průchod infračervenému záření.



**Obr. 73.** Detail obličeje pravé polofigury – před restaurováním.



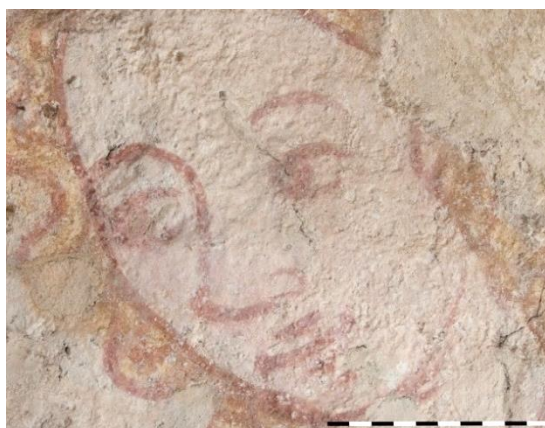
**Obr. 74.** Detail obličeje pravé polofigury v infračerveném záření – před restaurováním [srov. Obr. 73.].



**Obr. 75.** Detail obličeje sv. biskupa – před restaurováním.



**Obr. 76.** Detail obličeje sv. biskupa v infračerveném záření – před restaurováním [srov. Obr. 75.].



**Obr. 77.** Detail obličeje sv. Doroty – před restaurováním.



**Obr. 78.** Detail obličeje sv. Doroty v infračerveném záření – před restaurováním [srov. Obr. 77.].

### 2.2.4.4 Sondážní průzkum pod nepůvodní vrstvy, určení jejich rozsahu

#### Cíle průzkumu

- Určení rozsahu retuší a přemaleb z r. 1956 a jejich odlišení od vrstev středověkých nástěnných maleb. Cíl vychází z těchto předpokladů: 1) nástěnná malba byla v r. 1956 nejprve tmelena a poté retušována a přemalována a 2) tmely budou pravděpodobně přecházet přes povrch středověké malby. Po jejich odstranění je možné zkoumat nepřemalovanou středověkou malbu.
- Nalezení středověké barevné vrstvy pod tmely v hloubce peků, nezatížené přemalbami, a odebrání jejího vzorku pro chemicko-technologické analýzy.

#### Metodika průzkumu

Očním skalpelem a ševcovským šídlem byly provedeny sondy pod vrstvy tmelů a nových nátěrů z r. 1956 a pod vrstvu novodobé omítky ve spodních partiích stěny. Sondy pod tmely byly provedeny ve všech časových vrstvách nástěnných maleb a ve všech barevných partiích – bílé, černé, červené, okrové, modré a zelené.

#### Výsledky průzkumu

##### Nález historických vrstev

Retušované tmely z r. 1956 přecházely přes povrch středověké malby. Po jejich odstranění byly při okrajích defektů a peků odhaleny fragmenty středověké barevné vrstvy. V hloubce peků byly pod tmely dále nalezeny fragmenty historických vápenných nátěrů, pod kterými se nacházely fragmenty středověké barevné vrstvy. Nález dokládá, že nástěnná malba byla mezi dobou svého vzniku a barokními úpravami přetřena vápenným nátěrem a poté byla pravděpodobně v barokním období pekována před nanesením nových omítek. Z těchto důvodů se v hloubce peků dochovaly pozůstatky mladších vrstev, které byly při pekování mechanicky přesunuty do hloubky peků.

##### Určení rozsahu retuší a přemaleb

Sondážním průzkumem pod tmely v pekování a také pod fragmenty historických vápenných nátěrů byly nalezeny barevné vrstvy středověké malby. Tyto vrstvy byly svou barevností a charakterem velice podobné okolní odkryté malbě, restaurované v r. 1956. Rozdílem byl intenzivnější a jasnější barevný tón nalezených vrstev, nezaslepený nečistotami a lokálně také přemalbami na povrchu. Z nálezu vyplývá, že celoplošné přemalby jsou provedeny převážně lazurním nátěrem. Na většině míst je není možné s určitostí identifikovat a odlišit např. od povrchových nečistot. Silnější lazurní přemalby překrývají pouze vybrané partie středověké malby. Naopak lokální retuše tmelů z r. 1956 jsou provedeny velkoryse hutnějším nátěrem a často přesahují z tmelů také do okolní středověké malby. Jejich barevnost a tvarosloví také v zásadě respektuje podobu středověké nástěnné malby. Na mnoha zkoumaných místech nebyly přemalby vůbec provedeny.

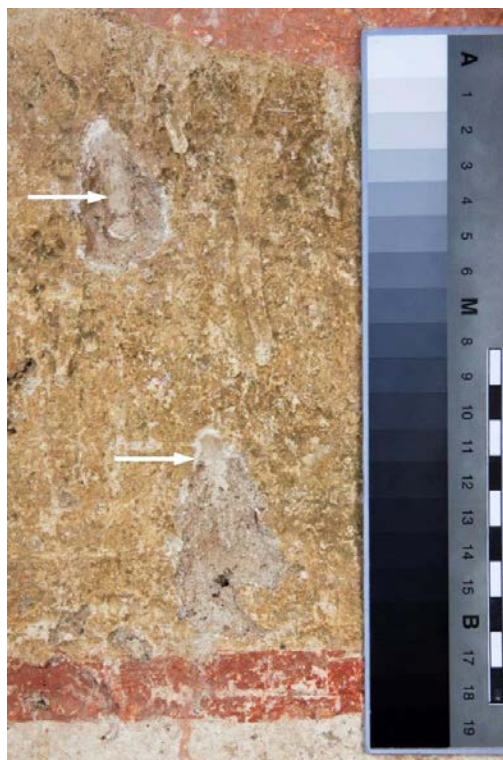
Nejsilnější vrstvy přemaleb jsou patrné ve světlých partiích malby, především v pozadí polofigur v arkádách, v partiích desky stolu a spodní části šatu sv. biskupa. V ostatních světlých partiích malby, především v oblastech šatů polofigur a pozadí za sv. biskupem byly čitelné zejména hutnější retuše tmelů přecházející do okolní středověké malby. Celoplošné přemalby zde byly lazurní. V barevných partiích malby – v červených a okrových částech šatů polofigur, sv. biskupa, sv. Doroty a donátora a částečně také na části arkády nebyl rozsah přemaleb dobře čitelný.

Tyto barevné partie malby mohly být přemalovány pravděpodobně lazurně ve stejném barevném odstínu. Tyto skutečnosti potvrdil také průzkum v ultrafialové luminiscenci.

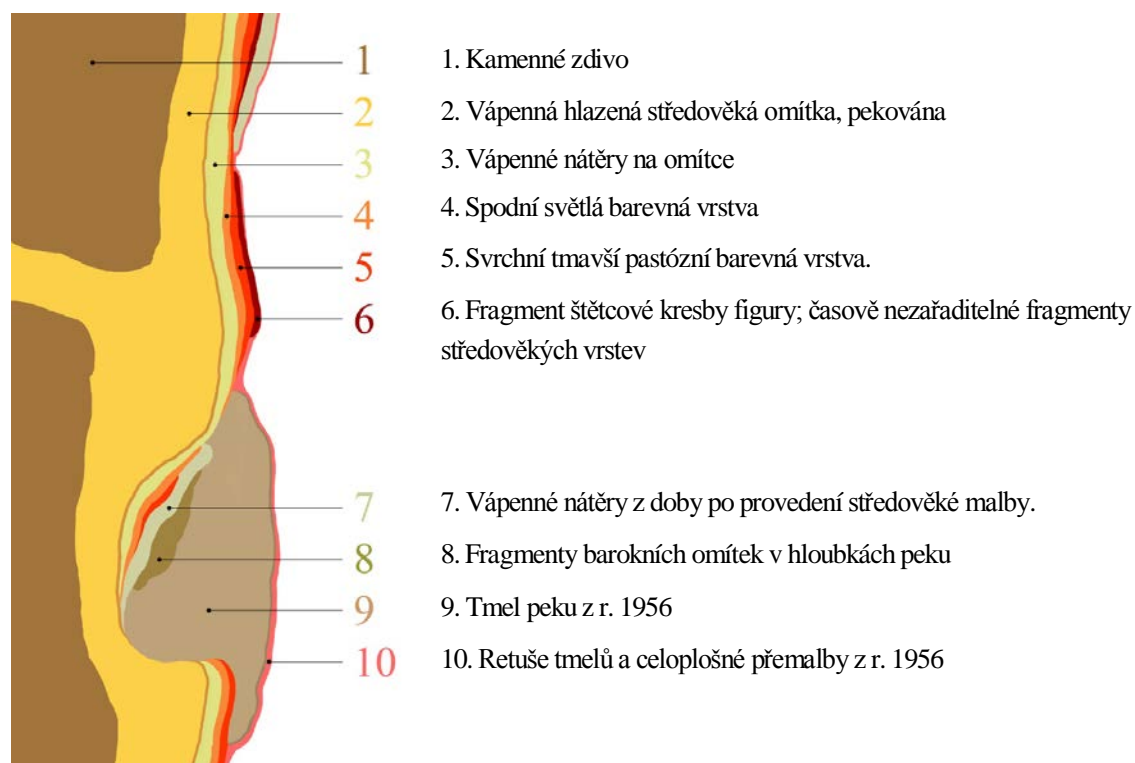
Nálezy jsou odlišné oproti závěrům předchozího průzkumu z r. 2010<sup>93</sup> [více kap. 2.2.4.1].

## Fotografie nálezů průzkumu

### Nález historických vrstev



**Obr. 79.** Sonda pod tmely peků z r. 1956, pravá polofigura – po čištění. V hloubce pekování byly pod tmely nalezeny fragmenty historických vápenných nátěrů (viz. šipky). Pod těmito nátěry se nacházely fragmenty vrstev středověké malby. Nástěnné malby byly mezi dobou vzniku a barokními úpravami (pekování) přetřeny vápenným nátěrem.

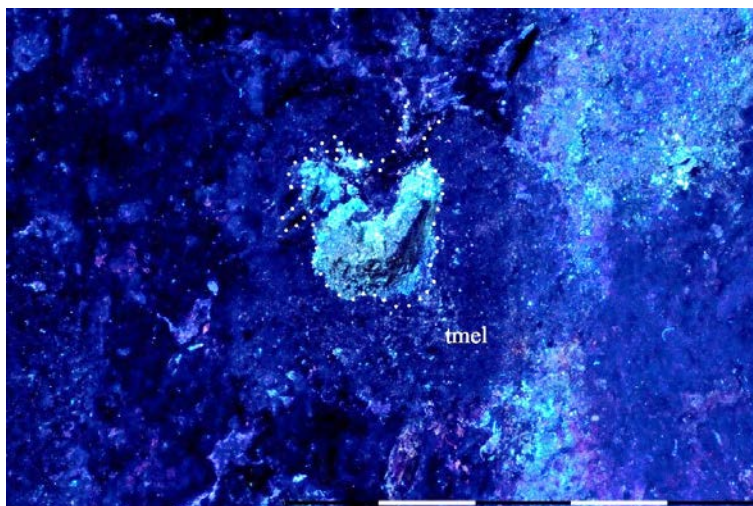


**Obr. 80.** Grafický záznam nalezených středověkých a novodobých vrstev v partiích středověké nástěnné malby.

Určení rozsahu retuší a přemalob



**Obr. 81.** Sonda pod tmel z r. 1956 (ohraničeno bílou linkou), prostřední polofigura – před restaurováním. Nalezený fragment středověké malby má charakter a barevnost podobné okolní středověké malbě, odkryté a restaurované v r. 1956. Přemalby i retuše jsou zde lazurní a respektují barevnost středověké malby.



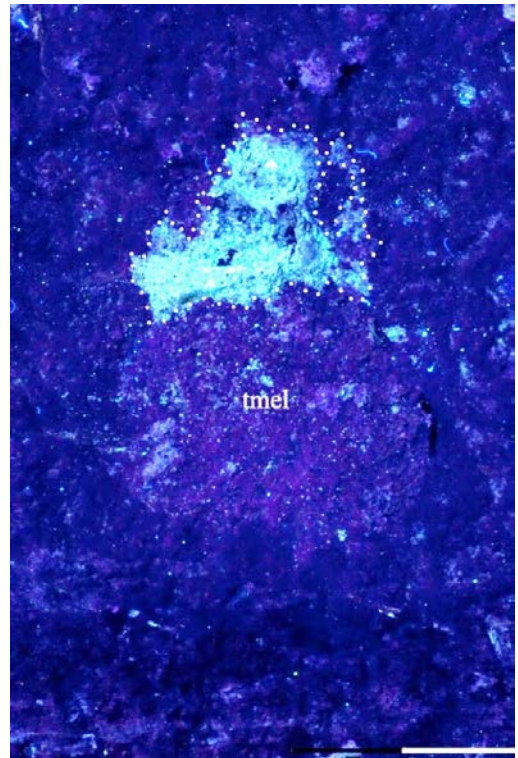
**Obr. 82.** Sonda pod tmel z r. 1956 v ultrafialové luminiscenci, prostřední polofigura – před restaurováním [srov. Obr. 81.]. Nalezený fragment středověké malby má podobnou luminiscenci jako okolní středověká malba. Luminiscence okolní malby je zaslepena vrstvou neluminujících nečistot, retuší a přemalob.



**Obr. 83.** Sonda pod tmel z r. 1956, arkáda – před restaurováním. V okolí odstraněného tmelu nebyly přemalby ani přesahující retuše provedeny.



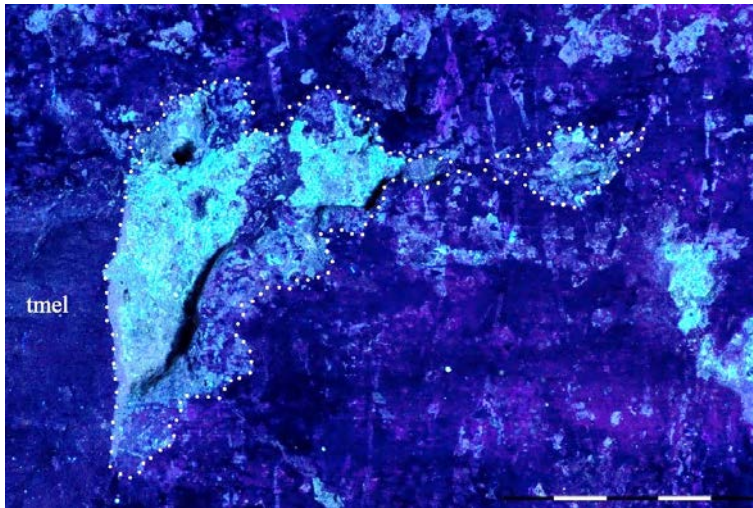
**Obr. 84.** Sonda pod tmel z r. 1956, pravá polofigura – před restaurováním. Přemalby jsou zde lazurní. Přesný rozsah přemaleb a retuší není možné určit.



**Obr. 85.** Sonda pod tmel z r. 1956 v ultrafialové luminiscenci, pravá polofigura – před restaurováním [srov. Obr. 84.].



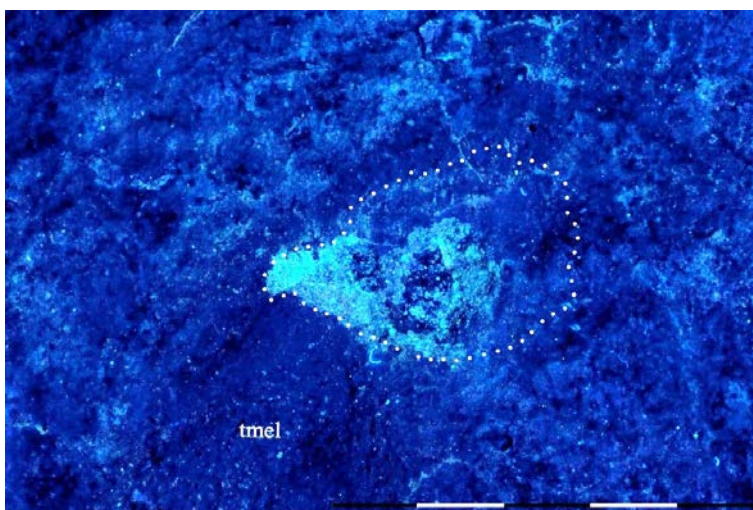
**Obr. 86.** Sonda pod tmel z r. 1956, arkáda – před restaurováním. Nalezená barevná vrstva je narušená a oslabená. Přesahující retuše jsou hutnější, přemalby spíše lazurní. Obojí mírně ztmavlé.



**Obr. 87.** Sonda pod tmel z r. 1956 v ultrafialové luminiscenci, arkáda – před restaurováním [srov. Obr. 86.]. Luminiscence nalezené malby je vyjma narušených míst podobná okolní středověké malbě.



**Obr. 88.** Sonda pod tmel z r. 1956, pozadí za polofigurami – před restaurováním. Přesahující retuše jsou hutnější, přemalby jsou provedeny silnější lazurou. Obojí mírně ztmavlé.



**Obr. 89.** Sonda pod tmel z r. 1956 v ultrafialové luminiscenci, pozadí za polofigurami – před restaurováním [srov. Obr. 88.].

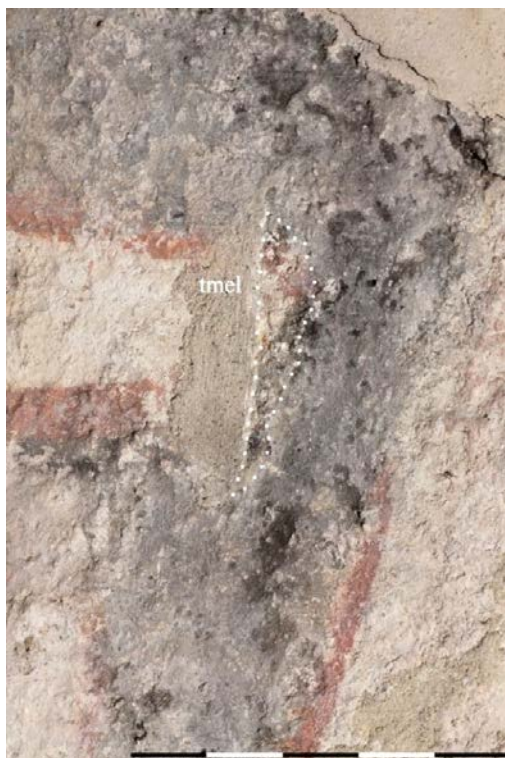




**Obr. 90.** Sonda pod tmel z r. 1956, koš sv. Doroty – před restaurováním. V okolí odstraněného tmelu nebyly přemalby provedeny.



**Obr. 91.** Sonda pod tmel z r. 1956, šatu sv. Biskupa – před restaurováním. Přemalby jsou provedeny lazurně v totožné barevnosti jako středověká malba.



**Obr. 92.** Sonda pod tmel z r. 1956, rozhraní donátora a pozadí – před restaurováním. V okolí odstraněného tmelu nebyly přemalby ani přesahující retuše provedeny.



**Obr. 93.** Sonda pod tmel z r. 1956, šat sv. biskupa – před restaurováním. Lokální přemalby jsou lazurní (modré a červené vlevo nahoře) i hutnější (červené vlevo dole).



**Obr. 94.** Nástěnné malby určené k restaurování – přibližný grafický zakres retuší tmelů z r. 1956.



**Obr. 95.** Nástěnné malby určené k restaurování – přibližný grafický zakres přemalob z r. 1956.

**Legenda:**



Slabší vrstvy retuší tmelů přesahující do okolní nástěnné malby.



Silnější vrstvy retuší tmelů přesahující do okolní nástěnné malby.



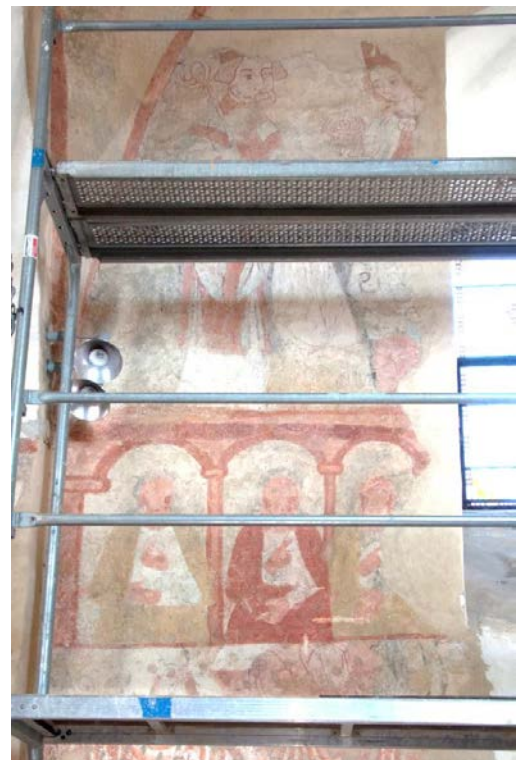
Partie s těžko odlišitelnými přemalbami. Přemalby se zde buď nenachází, nebo jsou velice subtilní a neidentifikovatelné.



Lazurní přemalby.



Silnější vrstva lazurních přemalob.



**Obr. 96.** Nástěnné malby určené k restaurování – před restaurováním [srov. Obr. 94., 95.].

### 2.2.4.5 Mikro-sondážní průzkum pod vrstvy středověkých maleb

#### Cíle průzkumu

- Určení časové vrstevnatosti fragmentu figury se štětcovou kresbou na bílo-růžovém podkladu.
- Určení původnosti malovaného souvrství středověkých nástěnných maleb.
- Určení rozsahu retuší a přemaleb z r. 1956 a jejich odlišení od vrstev středověkých maleb.

#### Metodika průzkumu

Očním skalpelem byly provedeny mikro-sondy v barevných vrstvách středověké malby o velikosti maximálně 2 mm<sup>2</sup>, které byly pozorovány binokulární lupou a fotografovány fotoaparátem *Canon EOS 50E* s makro-objektivem *Tamron AF SP 90mm F/2.8 Di Macro*.

#### Výsledky průzkumu

##### Časová vrstevnatost nástěnných maleb

Vzhledem k tomu, že předchozí odkryv a restaurování v r. 1956 mohly dezinterpretovat stav dochování všech vrstev středověké malby a způsobit jisté prolnutí těchto vrstev, je nutné se pokusit veškeré nálezy základní prohlídky maleb prokázat [kap. 2.2.4.1]. Zadáno bylo určit časovou vrstevnatost fragmentu malby figury se štětcovou kresbou. Na vybraných místech byl proveden mikro-sondážní průzkum pod vrstvou štětcové linky fragmentu figury a na všech těchto místech byla pod touto linkou nalezena vrstva nejstarší dochované malby polofigur v arkádách. Nález dokládá, že fragment figury je mladší vrstvou maleb. Tmavě červená štětcová kresba fragmentu leží na fragmentech bílo-růžové vrstvy a je s nimi propojena, jedná se pravděpodobně o součást souvrství této malířské etapy. Nález je novým zjištěním, v minulém průzkumu z r. 2010 byl fragment figury hodnocen jako nejstarší dochovaná vrstva maleb, ležící pod vrstvou polofigur v arkádách<sup>94</sup>.

##### Původnost malovaného souvrství nástěnných maleb

Mikro-sondážní průzkum byl proveden pod svrchní pastóznější středověkou barevnou vrstvou, která leží bezprostředně na spodní lazurnější středověké barevné vrstvě. Předchozí průzkum<sup>95</sup> zhodnotil, že pastózní barevná vrstva je původní středověkou vrstvou a veškeré ostatní barevné vrstvy jsou retušemi či přemalbami z r. 1956. Mikro-sondážní průzkum potvrdil, že středověká malba je provedena ve více vrstvách, přičemž na většině míst jsou dochovány dvě původní středověké vrstvy – spodní lazurnější barevná vrstva, na které leží svrchní pastóznější barevná vrstva. Tyto vrstvy jsou pouze lazurně přemalovány. Nálezy jsou odlišné oproti závěrům citovaného předchozího průzkumu.

##### Určení rozsahu retuší a přemaleb

Co se týče rozsahu retuší a přemaleb z r. 1956, průzkum prokázal skutečnosti představené v předchozích kapitolách [kap. 2.2.4.1–2.2.4.4].

## Fotografie nálezů průzkumu



**Obr. 97.** Nástěnné malby určené k restaurování – grafický zákres míst provedení mikro-sond. Velikost maximálně 2 mm<sup>2</sup> (viz. černé tečky).

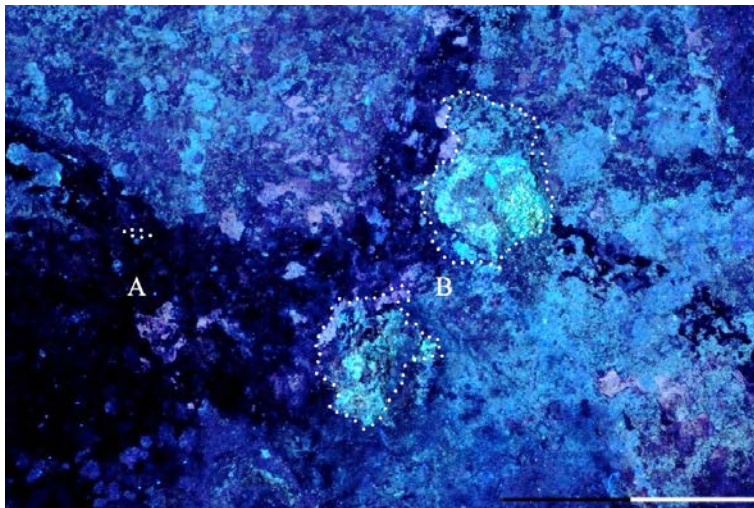


**Obr. 98.** Detail prostřední polofigury – po čištění. **Mikrosonda A** pod barevnou vrstvou štětcové kresby fragmentu figury (ohraničeno bílou linkou) odhalila tělovou růžovou vrstvu polofigury v arkádách. Na vrstvě polofigur (1) leží fragmentární bílo-růžový podklad (2), se kterým je propojena svrchní štětcová kresba fragmentu figury (3).

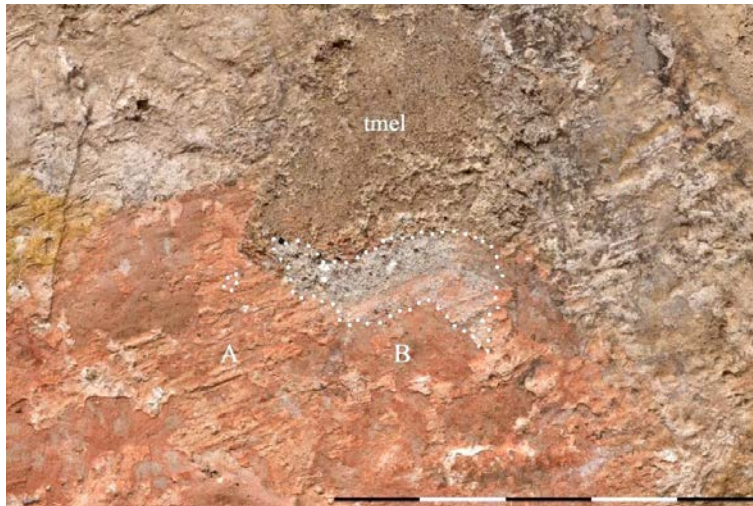


**Obr. 99.** Detail prostřední polofigury – před restaurováním. Mikrosonda A pod barevnou vrstvou štětcové kresby fragmentu figury odhalila červenou vrstvu polofigury v arkádách.

Sondy B pod částí tmelů z r. 1956. Pod tmely se nalézají přetmelené fragmenty všech vrstev [vrstevnatost viz. Obr. 98., Obr. 99 Mikrosonda A.]. Charakter a barevnost nalezených vrstev odpovídá okolní středověké malbě. Ta není přemalována, je původní.

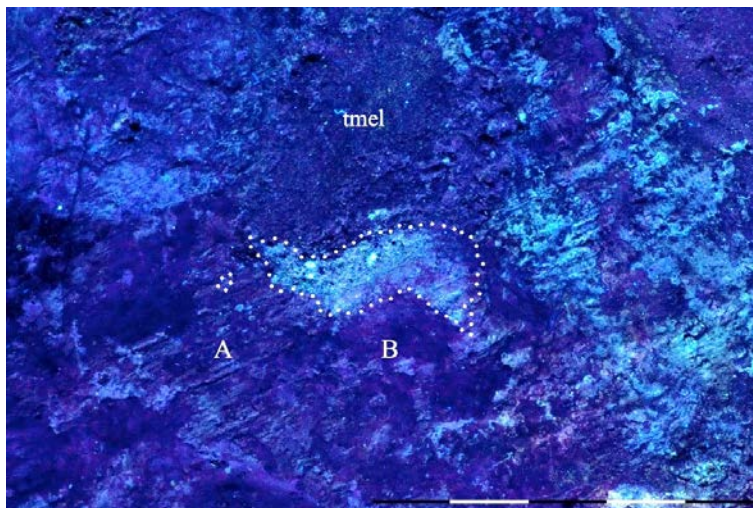


**Obr. 100.** Detail prostřední polofigury v ultrafialové luminescenci – před restaurováním. [srov. Obr. 99.]. Luminescence nalezené malby je podobná okolní středověké malbě.



**Obr. 101.** Detail pravé polofigury – před restaurováním. **Mikrosonda A** pod svrchní tmavší pastózní středověkou barevnou vrstvou odhalila spodní světlejší barevnou vrstvu se stejným charakterem a barevností jako okolní středověká malba.

**Sonda B** byla provedena pod část tmelu z r. 1956. Pod tmelem byly nalezeny, byť poškozené a oslabené, obě dvě vrstvy malovaného souvrství středověké malby, pouze narušené a oslabené přetmelením.



**Obr. 102.** Detail pravé polofigury v ultrafialové luminiscenci – před restaurováním [srov. Obr. 101]. Luminiscence nalezené malby je, vyjma oslabených a poškozených míst, podobná okolní středověké malbě.

## 2.2.5 Laboratorní průzkum nástěnných maleb a nepůvodních vrstev

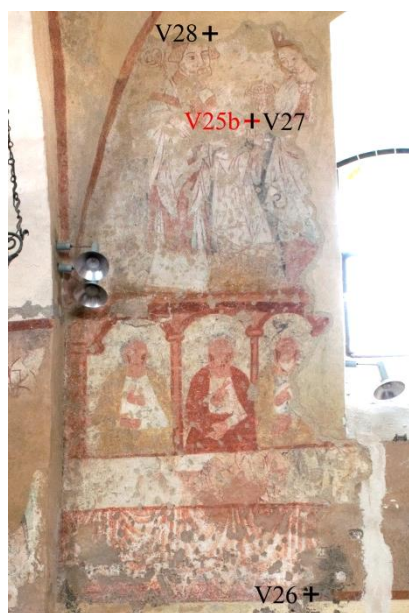
### 2.2.5.1 Rozbor středověkých a novodobých omítkových vrstev

#### Cíle průzkumu

- Určení technologie provedení středověkých nástěnných maleb a novodobých vrstev a upřesnění jejich časového zařazení.
- Zhodnocení vlivu původních i dodatečných materiálů (složení, technologie provedení aj.) na příčiny poškození a stav dochování středověkých nástěnných maleb.

#### Typy vzorků pro analýzy

- Středověká omítka, odhalená v místech defektů (vzorek V25b). Vzorky byly odebrány z defektů.
- Novodobá překryvná omítka ležící na asfaltovém nátěru z 19.–pol. 20. stol. (vzorek V26).
- Omítka tmelu peku z r. 1956. Vzorky byly odebrány v průběhu odkryvu (vzorek V27).
- Novodobá omítka z partií nad nástěnnou malbou z 19.–pol. 20. stol. (vzorek V28). Vzorky byly odebrány v průběhu odkryvu.



**Obr. 103.** Nástěnné malby určené k průzkumu – grafický zakres míst odběru vzorků pro rozbor omítek. **Červeně** jsou značeny vzorky středověké omítky, **černě** novodobé vrstvy.

Podrobnější informace ke vzorkům a místům odběru jsou uvedeny v textové příloze [text. příloha 7.2.1.4].

#### Metodika průzkumu

##### Základní důkazová reakce minerálních pojiv a materiálů s kyselinou chlorovodíkovou

Provedla autorka práce BcA. Michaela Navrátilová v laboratoři KChT FR UPCE [postup viz. text. příloha 7.2.1.4].

Mikroskopické vyšetření povrchů, nábrusů omítek

Průzkum provedla technoložka Ing. Tereza Tribulová na Ústavu chemické technologie restaurování památek VŠCHT Praha [postup viz. text. příloha 7.2.1.4].

Rentgenová difrakční analýza (XRD)

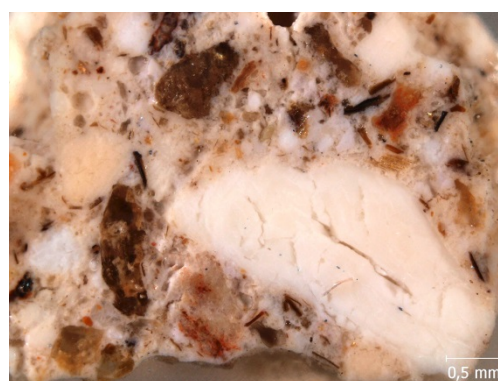
Naměření XRD dat provedla Ing. Jana Cibulková v Laboratořích rentgenové difraktometrie VŠCHT Praha [postup viz. text. příloha 7.2.1.4].

**Výsledky průzkumu**Středověká omítka

Jedná se o typicky středověkou omítku. Kamenivo je složeno převážně z křemene, dále živců, slídy, rutilu a sorosilikátů. Zrna kameniva jsou spíše ostrohranná. V maltě se vyskytují rostlinná vlákna, nejspíše příměs z kopaných písků. Pojivo omítky je převážně vápenné, s jílovými příměsmi, ve struktuře jsou přítomna nevyhašená zrna  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ . Struktura malty je nepravidelná, nehomogenní. Z důvodu vyššího obsahu pojiva má omítka ve struktuře menší množství trhlin<sup>96</sup> [text. příloha 7.2.1.4, Tab. IX]. Tato omítka reagovala s kyselinou chlorovodíkovou nejsilněji ze všech zkoušených omítek, obsahuje nejvyšší podíl uhličitánů (vápenné pojivo) [text. příloha 7.2.1.4, Tab. VIII].



**Obr. 104.** Vz. V25b – středověká omítka odebraná z defektů.



**Obr. 105.** Vz. V25b – středověká omítka odebraná z defektů, mikroskopické pozorování nábrusu vzorku. Obr. převzat viz. Tribulová, 2012<sup>97</sup> a upraven.

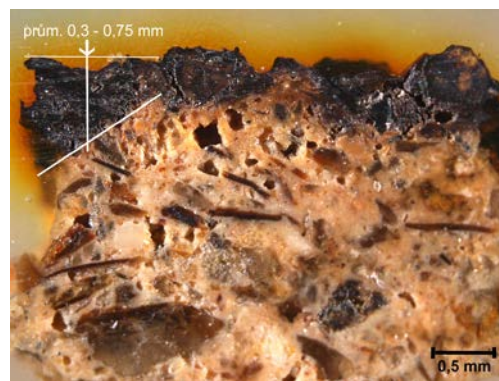
Novodobá překryvná omítka z přízemních partií, pravděpodobně z 19–pol. 20. stol.

Novodobá méně kvalitní omítka s povrchovou úpravou (o síle 0,3–0,75 mm). Kamenivo je složeno převážně z křemene, dále živců, nesosilikátů, slídy a pravděpodobně zeolitů. Zrna plniva jsou spíše ostrohranná, zvláště jehlicovitá. Pojivo omítky je vápno-hlinité s relativně vysokým procentem jílových minerálů ve vápenném pojivu. Struktura malty je pravidelná, nehomogenní. Blíže nespecifikovaná tmavá vrstva na povrchu omítky snižuje paropropustnost a nasákavost, což nemusí mít na samotnou omítku pozitivní dopady, zvláště pokud se nachází ve spodních partiích od podlah do výšek až 120 cm při nebezpečí vztlínající vlhkosti. Nedostatečná možnost vysychání a vzdušného proudění může způsobit její vnitřní degradaci<sup>98</sup> [text. příloha 7.2.1.4, Tab. X]. Tato omítka reagovala nejslaběji s kyselinou chlorovodíkovou ze všech zkoušených omítek, obsahuje pravděpodobně nejnižší podíl uhličitánových složek nebo nejvyšší podíl hydraulických složek [text. příloha 7.2.1.4, Tab. VIII].





**Obr. 106.** Vz. V26 – novodobá překryvná omítka z přízemních partií.



**Obr. 107.** Vz. V26 – novodobá překryvná omítka z přízemních partií, mikroskopické pozorování nábrusu vzorku. Obr. převzat viz. Tribulová, 2012<sup>99</sup> a upraven.

### Omítka z tmelu peku z r. 1956

Novodobá kompaktní omítka respektující historický kontext. Kamenivo je složeno převážně z křemene, dále živců, slídy aj. Zrna jsou částečně oblá i ostrohranná. V maltě se vyskytují rostlinná vlákna, nejspíše příměs z kopaných písků. Pravděpodobně z důvodu úpravy barevného vzhledu byl přidáván rutil (žlutá, červená až černá) a kaolinit (bez příměsí bílá, častější výskyt s příměsemi – okrové, hnědé). Pojivo omítky je vápno-hlínové, s obsahem sádry. Struktura malty je pravidelná, homogenní. Z materiálového hlediska jde tedy o dobře zvolenou inertní hmotu pro opravy a doplňky stávajících středověkých omítek. Pokud jsou i mechanické vlastnosti (pevnost, kompaktnost) a vzhled těchto tmelů optimální, lze je zhodnotit jako vyhovující<sup>100</sup> [text. příloha 7.2.1.4, Tab. VIII]. Omítka reagovala relativně silně s kyselinou chlorovodíkovou, obsahuje nižší podíl uhličitánů oproti středověké omítce, nebo jistý podíl hydraulických složek. [text. příloha 7.2.1.4, Tab. VIII].



**Obr. 108.** Vz. V27 – omítka z tmelu peku z r. 1956.



**Obr. 109.** Vz. V27 – omítka z tmelu peku z r. 1956, mikroskopické pozorování nábrusu vzorku. Obr. převzat viz. Tribulová, 2012<sup>101</sup> a upraven.

### Novodobá omítka z partií nad nástěnnou malbou

Na základě průzkumu se může jednat o shodnou omítku zastoupenou vzorkem omítky tmelu peku z r. 1956 (V26). Novodobé omítky v partiích nad odkrytými nástěnnými malbami ve vrcholu severní stěny mohou pocházet také z oprav kostela v r. 1955–1956, které zahrnovalo také restaurování nástěnných maleb. Tato omítka je opatřena vápenným nátěrem v tloušťce 0,3–0,5 mm.<sup>102</sup> Omítka nad nástěnnou malbou měla reakci s kyselinou chlorovodíkovou střední až

nejslabší, podobnou novodobé omítce na asfaltovém nátěru a novodobé omítce z tmelu peku z r. 1956 [text. příloha 7.2.1.4, Tab. VIII].



**Obr. 110.** Vz. V28 – novodobá omítka z partií nad nástěnnou malbou.



**Obr. 111.** Vz. V28 – novodobá omítka z partií nad nástěnnou malbou, mikroskopické pozorování nábrusu vzorku. Obr. byl převzat viz. <sup>103</sup>a upraven.

### 2.2.5.2 Síťová analýza středověké omítky, rozbor pojiva a kameniva

#### Cíle průzkumu

- Určení technologie provedení středověkých nástěnných maleb.
- Určení hmotnostních poměrů plniva vůči pojivu středověké omítky, zjištění přítomnosti hydraulických složek a určení distribuce jednotlivých zrnitostních frakcí použitého kameniva. Informace bude sloužit jako vodítko pro přípravu maltoviny ke tmelení.
- Zhodnocení vlivu původního materiálu (složení, technologie provedení aj.) na jeho příčiny poškození a stav dochování.

#### Typy vzorků pro analýzy

Odběr vzorku byl proveden v místě odhalené středověké omítky v rozsáhlém defektu na severní straně podhledu vítězného oblouku. Jednalo se o jediné místo v objektu kostela, kde byla středověká omítka odhalená do té míry, aby z ní bylo možné odebrat potřebné množství vzorku pro síťovou analýzu (min. 50 g). Podrobnější informace ke vzorku a místu odběru jsou uvedeny v textové příloze [text. příloha 7.2.1.5].

#### Metodika průzkumu

Analýzy provedla Ing. Petra Lesniaková, PhD. v laboratoři KChT FR UPCE za pomoci BcA. Dany Macounové, studentky FR UPCE [postupy viz. text. příloha 7.2.1.5].

#### Výsledky průzkumu <sup>104</sup>

Teoretický hmotnostní poměr kameniva a vápenného hydrátu středověké omítky je 4 : 1. Teoretický objemový poměr kameniva a vápenné kaše je 2 : 1. Výpočty byly provedeny za předpokladů, že teoretický obsah hydroxidu vápenatého ve vápenné kaši je 50 %. Podíl rozpustného oxidu křemičitého (SiO<sub>2</sub>, hydraulické složky) je 4 % z celkové hmotnosti kameniva. Tato hodnota je v mezích pro hodnoty nehydraulických maltovin z kameniva a vzdušného vápna. Podíl

hydraulických komponent pravděpodobně souvisí s množstvím jemných jílových frakcí v kamenivu. Výsledek rozboru je nutné považovat za orientační. Distribuce frakcí kameniva [text. příloha 7.2.1.5, Tab. XIII] je pozvolná, největší zrna mají velikost do 16 mm. Ve vzorku bylo přítomno jedno zrno o velikosti cca 3 cm. Obsah jemných frakcí je vysoký. Zrna kameniva mají ostrý tvar.



**Obr. 112.** Vz. V25a – středověká omítka, defekt na severní straně pohledu vítězného oblouku.



**Obr. 113.** Vz. V25a – frakce zrn kameniva vzorku. Zleva nahoře: 16, 8, 4, 2, 1, 0,5, 0,25, 0,125, 0,063 mm). Obr. převzat viz. Lesniaková, 2012<sup>105</sup> a upraven.

### 2.2.5.3 Identifikace pojiv nátěrových a barevných vrstev

#### Cíle průzkumu

- Určení technologie provedení jednotlivých časových vrstev středověkých nástěnných. Ověření organických pojiv u vzorku V16, u něhož je dle výrazně žluté UV luminiscence jejich přítomnost pravděpodobná.
- Určení pojiv retuší a přemalby z r. 1956.
- Odlišení retuší a přemalby z r. 1956 od středověké malby. Srovnány jsou vzorky barevných vrstev:
  - 1) nepřemalované středověké malby, nalezené pod nepůvodními vrstvami;
  - 2) středověké malby odkryté a restaurované v r. 1956, s neprokázanými přemalbami;
  - 3) retuší na tmelech a nátěrů na nových omítkách z r. 1956.
 Analyzovaná pojiva v nepřemalované středověké malbě (1) a v retuších na tmelech (2) se porovnají s nálezem pojiv ve vzorcích s neprokázanými přemalbami (3). Na základě tohoto srovnání se zhodnotí, zda by mohly být tyto vzorky přemalovány či ne. Analogicky je možné posoudit také jiná místa na nástěnné malbě, kde nejsou přemalby prokázány.
- Po ukončení námi provedeného restaurování bylo z archivních zpráv zjištěno, že malby byly v rámci restaurování v r. 1956 údajně fixovány vápenno-kaseinovou emulzí. Vzhledem k tomu, že barevná vrstva středověké malby byla zpráškovatělá a vodorozpustná a nevykazovala přítomnost kaseinových fixází, byly provedeny doplňující mikrochemické zkoušky pojiv barevných vrstev s cílem ověřit přítomnost bílkovinného pojiva – kaseinu.
- Zhodnocení vlivu původních i dodatečných materiálů (složení, technologie provedení aj.) na příčiny poškození a stav dochování středověkých nástěnných maleb.

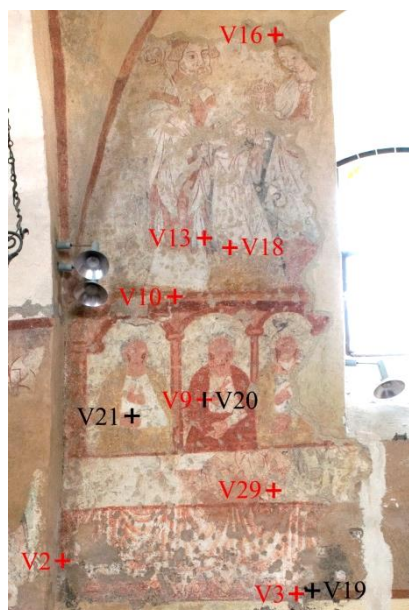
## Typy vzorků pro analýzy

### Vzorky středověkých barevných vrstev

- Nejstarší dochovaná nástěnná malba ve středním pásu maleb  
V9 (nepřemalováno),  
V10 (přemalby neprokázány)
- Pravděpodobně mladší dochovaná nástěnná malba v dolním pásu  
V2 (přemalby neprokázány)  
V3 (nepřemalováno)
- Fragment figury se štětcovou kresbou, náležící pravděpodobně k dolnímu pásu maleb  
V29 (přemalby neprokázány).
- Mladší dochovaná nástěnná malba v horním pásu maleb  
V13 (přemalby neprokázány)  
V16 (přemalby neprokázány, pravděpodobnost organických látek dle UV luminiscence)  
V18 (přemalby neprokázány)

### Vzorky retuší tmelů a nátěrů na nových omítkách z r. 1955–1956

- Retuše na tmelech z r. 1956 (V20, V21)
- Nátěry na novodobých omítkách z r. 1955–56 (V19)



**Obr. 114.** Nástěnné malby určené k průzkumu – grafický zakres míst odběru vzorků pro rozbor omítkových vrstev. **Červeně** jsou značeny vzorky středověké omítky, **černě** novodobé vrstvy.

Některé vzorky byly použity také pro analýzu pigmentů. Podrobnější informace ke vzorkům a místům odběrů, včetně fotografií jsou uvedeny v textové příloze [text. příloha 7.2.1.6]. Zjištění přítomnosti kaseinu v povrchových vrstvách vzorku bylo provedeno pomocí REM-EDS určení prvkového složení ve vzorcích odebraných primárně pro stratigrafický průzkum [kap. 2.2.5.5]. Informace k těmto vzorkům se nalézají v příslušné kapitole textové přílohy [text. příloha 7.2.1.8].

## Metodika průzkumu

### Mikrochemické důkazové reakce

Mikrochemické důkazové reakce pojiv provedla Ing. Eva Dytrychová v laboratoři KChT FR UPCE [postup viz. text. příloha 7.2.1.6].

### Infračervená spektroskopie (FTIR)

Naměření FTIR dat provedla Ing. Linda Mišková v Laboratoři molekulové spektroskopie VŠCHT [postup viz. text. příloha 7.2.1.6].

### Rastrovací elektronová mikroskopie s energiodisperzním analyzátozem (REM-EDS)

Určení prvkového složení ve vzorcích pro stratigrafický průzkum provedl Ing. Karol Bayer v laboratoři KChT FR UPCE [postup viz. text. příloha 7.2.1.8].

## Výsledky průzkumu <sup>106</sup>

### Pojiva středověkých barevných vrstev

Jednotlivé časové etapy středověkých nástěnných maleb se v použití pojiv neliší. Podklad barevné vrstvy vzorků je tvořen uhličitánem vápenatým, také ve směsi se sádrou a částmi dřeva. Barevné vrstvy vzorků jsou tvořeny pigmentem ve směsi s uhličitánem vápenatým a také hlinítkřemičitany kaolinitického typu (kaolinitickou hlinkou). Organická pojiva nebyla mikrochemickými zkouškami (proteiny, polysacharidy, oleje, škroby) ani infračervenou spektroskopií nalezena. Pouze ve vzorku V2 z drapérie stolu byl vyextrahován esterový vysychavý olej, jeho koncentrace však byla velice malá a v UV světle neměl vzorek charakteristickou fluorescenci. V kontextu výsledků všech vzorků se jedná pravděpodobně o náhodný, nevypovídající nález. Analyzována byla také pojiva vzorku V16 z korunky sv. Doroty. Partie korunky po nasvícení UV světlem výrazně žlutě luminovaly, což by mohlo vypovídat o přítomnosti organických pojiv jako součásti svrchních barevných vrstev nebo podkladu pod zlacení. Organická pojiva nebyla nalezena, ve vzorku byla identifikována pouze zvýšená koncentrace dusičnanů.

### Pojiva retuší a nátěrů z r. 1956

Pojivo podkladu pod barevnou vrstvou tvoří uhličitán vápenatý, také ve směsi s dřevitým materiálem (i ve spáleném stavu) a kaolinitickými hlinítkřemičitany. Pojiva pigmentů jsou tvořena uhličitánem vápenatým. Organická pojiva nebyla mikrochemickými zkouškami (proteiny, polysacharidy, oleje, škroby) ani infračervenou spektroskopií nalezena.

### Odlišení retuší a přemaleb z r. 1956 od středověké malby

Pojiva původních středověkých vrstev a retuší a přemaleb z r. 1956 jsou podobného typu. Ve vzorcích 1) nepřemalované středověké malby, nalezené pod nepůvodními vrstevy, 2) středověké malby odkryté a restaurované v r. 1956, s neprokázanými přemalbami, a 3) retuší na tmelech a nátěrů na nových omítkách z r. 1956 byla nalezena pouze anorganická pojiva (uhličitán vápenatý). Pomocí analýz pojiv barevné vrstvy pravděpodobně nebude možné rozlišit přítomnost přemaleb nebo rozlišit původní středověkou malbu od případných rekonstrukcí.

### Ověření vápenno-kaseinových fixází z r. 1956

Organická pojiva nebyla nalezena. Přítomnost kaseinu lze určit také detekcí fosforu pomocí REM-EDS. Fosfor ve vzorcích barevné vrstvy nebyl nalezen. Případné vápenno-kaseinové fixáže by se provázaly s vápenným pojivem barevných vrstev, povrch barevných vrstev by se stal vodorozpustný a tato jejich vlastnost by se do dnešních dnů zachovala. Dochovaná barevná vrstva byla naopak zpráškovatělá a vodorozpustná. Nálezy naznačují, že fixáže buď nebyly provedeny, nebo bylo při jejich přípravě užito velmi malé množství kaseinu. Výsledky byly konzultovány s Ing. Jakubem Havlínem z KChT FR UPCE.

Podrobnější data k výsledkům jednotlivých vzorků jsou uvedena v textové příloze [text. příloha 7.2.1.6].

### 2.2.5.4 Identifikace pigmentů nátěrových a barevných vrstev

#### Cíle průzkumu

- Určení technologie provedení jednotlivých časových vrstev středověkých nástěnných maleb a novodobých vrstev, případně upřesnění jejich datace.
- Odlišení retuší a přemaleb z r. 1956 od vrstev středověkých nástěnných maleb.

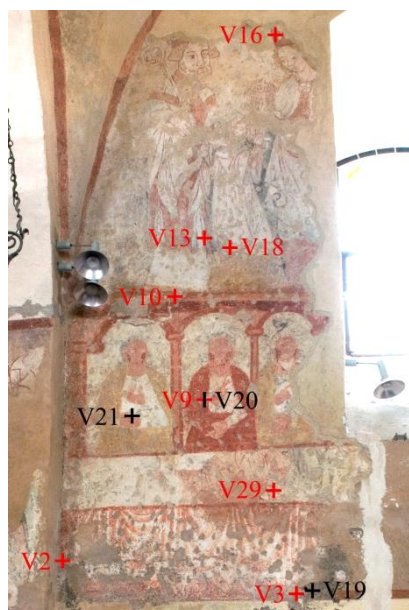
#### Typy vzorků pro analýzy

##### Vzorky středověkých barevných vrstev

- Červená světlá (V9)
- Červená tmavá (V18)
- Žlutá (V11)
- Černá (V11)
- Modrá (V12)
- Zelená jasná (V13)
- Zelenošedá (V5)
- Bílá (V17)

##### Vzorky retuší tmelů z r. 1956

- Červená (V20)
- Růžová (V21)
- Bílá (V24)



**Obr. 115.** Nástěnné malby určené k průzkumu – grafický zakres míst odběru vzorků pro rozbor omítkových vrstev. **Červeně** jsou značeny vzorky středověké omítky, **černě** novodobé vrstvy.

Pro analýzy pigmentů byly odebrány vzorky nepřemalované středověké malby, nalezené pod nepůvodními vrstvami a také vzorky z partií, kde nebyly přemalby prokázány. Některé vzorky byly použity také pro analýzy pojiv. Podrobnější informace ke vzorkům a místům odběru, včetně fotografií jsou uvedeny v textové příloze [text. příloha 7.2.1.7]. Modré a zelené pigmenty byly stanoveny pomocí REM-EDS určení prvkového složení ve vzorcích odebraných primárně pro stratigrafický průzkum [kap. 2.2.5.5]. Informace k těmto vzorkům se nalézají v příslušné kapitole textové přílohy [text. příloha 7.2.1.8].

## Metodika průzkumu

### Mikroskopický průzkum barevné vrstvy, mikrochemické důkazové reakce

Mikrochemické reakce provedla Ing. Tereza Tribulová na Ústavu chemické technologie restaurování památek VŠCHT Praha [postup viz. text. příloha 7.2.1.7].

### Ramanova spektroskopie (RS)


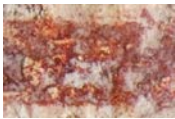



Naměření RS dat provedla Ing. Linda Mišková v Laboratoři molekulové spektroskopie VŠCHT Praha [postup viz. text. příloha 7.2.1.7].




### Rastrovací elektronová mikroskopie s energiodisperzním analyzátozem (REM-EDS)

Určení prvkového složení na vzorcích pro stratigrafický průzkum provedl Ing. Karol Bayer v laboratoři KChT FR UPCE [postup viz. text. příloha 7.2.1.87.2.1.7].

## Výsledky průzkumu <sup>107</sup>

### Pigmenty středověkých barevných vrstev




<ul style="list-style-type: none"> <li>• Červená světlá</li> </ul> 	– červený okr (hydratovaná forma železité červeně goethit $\text{FeO}(\text{OH})$ )
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Červená tmavá</li> </ul> 	– červený okr (nehydratovaná forma železité červeně hematit $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) – hlinka (křemičitany hlinité)
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Žlutá</li> </ul> 	– žlutý okr (směs hydratovaných oxidů železitých) – hlinka (křemičitany hlinité)
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Černá</li> </ul> 	– uhlíková čern
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Modrá</li> </ul> 	– bazické chloridy měďnaté $\text{Cu}_2(\text{OH})_3\text{Cl}$ , dle tvaru částic pravděpodobně syntetické.

<ul style="list-style-type: none"> <li>• Zelená jasná</li> </ul> 	<p>– pigmenty na bázi mědi, buď přírodní, nebo syntetické. Pomocí REM-EDS detekována přítomnost bazických chloridů měďnatých <math>\text{Cu}_2(\text{OH})_3\text{Cl}</math>, síranu měďnatého (posnjakit <math>[\text{Cu}_4\text{SO}_4(\text{OH})_6] \cdot \text{H}_2\text{O}</math>) a přítomnost arsenu. Pomocí RS detekován levandulan (<math>\text{NaCaCu}_5(\text{AsO}_4)_4\text{Cl} \cdot 5\text{H}_2\text{O}</math>)<sup>108</sup></p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Zeleno-šedá</li> </ul> 	<p>– vivianit (přírodní hydratovaný fosforečnan železitý, <math>\text{Fe}_3(\text{PO}_4)_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}</math>)</p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bílá</li> </ul> 	<p>– vápno, také s přísávkou křídý (uhličitan vápenatý)</p>

Nález modrých pigmentů jsou velice zajímavé, zejména co se týče přírodního minerálu vivianit. Tento poměrně vzácný pigment byl nalezen ve fragmentech šedozelené vrstvy na povrchu žlutého šatu levé polofigury v arkádách (V5). Tato vrstva se průzkumem in situ jevila jako nečistoty. Pomocí REM-EDS bylo prokázáno, že se jedná pravděpodobně o pozůstatky dnes již nedochovaných svrchních barevných vrstev, nebo o lazurní tónování žlutého šatu. Odstín minerálu není příliš výrazný, barevný tón je spíše modro-šedý, zeleno-šedý. Vyskytuje se domněnka, že barva vivianitu existuje jen ve velmi vysoké relativní vlhkosti a ve specifickém pH, jinak si ji udrží jen několik let.<sup>109</sup> Dalším netradičním pigmentem je modro-zelený minerál levandulan.

Naopak použití modrých a zelených bazických měďnatých pigmentů je pro středověké období vcelku běžné. S jejich výrobou bylo v tomto období hodně experimentováno, používané byly nejrůznější materiály a metody. Také přírodní pigmenty na bázi mědi nejsou svým složením čisté a je přirozená přítomnost různých prvků a sloučenin.<sup>110</sup>

#### Pigmenty retuší a nátěrů z r. 1956

<ul style="list-style-type: none"> <li>• Červená</li> </ul> 	<p>– červený okr (nehydratovaná forma železité červeně hematit <math>\text{Fe}_2\text{O}_3</math>),</p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Růžová</li> </ul> 	<p>– červený okr (hydratovaná forma železité červeně goethit <math>\text{FeO}(\text{OH})</math>)</p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bílá</li> </ul> 	<p>– křída (uhličitan vápenatý)</p>

Přemalby se vyskytují v hojné míře právě na červených, žlutých a bílých oblastech středověké malby. Pigmenty, které byly použity při retuších a přemalbách, jsou podobného typu jako v případě středověkých vrstev. Ve vzorcích z těchto barevných partií byly analyzovány běžné pigmenty železité červeně a žlutě, hlinky a také uhličitan vápenatý. Pomocí základních analýz pigmentů



vzorků barevné vrstvy pravděpodobně nebude možné rozlišit přítomnost přemaleb nebo rozlišit středověkou malbu od případných nepůvodních malířských rekonstrukcí. Stejný předpoklad je možné vztáhnout také na rozlišení jednotlivých časových etap středověkých maleb. Rozlišení je možné provést při detailní stratigrafii barevných vrstev nebo mikroskopickým sledováním a porovnáváním použitých pigmentů. V případě oxidů železa je možné porovnávat formy jejich výskytu, např. morfologii, stupeň hydratace, stupeň výpalu či přítomnosti dalších sloučenin ve směsi (např. křemičitanů hlinitých).<sup>111</sup>

Podrobnější data k výsledkům jednotlivých vzorků jsou uvedena v textové příloze [text. příloha 7.2.1.7].

### 2.2.5.5 Stratigrafie vrstev nástěnné malby, analýza barevných vrstev

#### Cíle průzkumu

- Určení technologie provedení středověkých nástěnných maleb a novodobých vrstev.
- Rozlišení jednotlivých časových vrstev středověkých nástěnných maleb. Zjištění časové vrstevnatosti fragmentu figury se štětcovou kresbou, který byl v předchozím průzkumu hodnocen jako spodní, nejstarší dochovaná, vrstva maleb.
- Určení rozsahu retuší a přemaleb z r. 1956 a jejich odlišení od středověké malby.

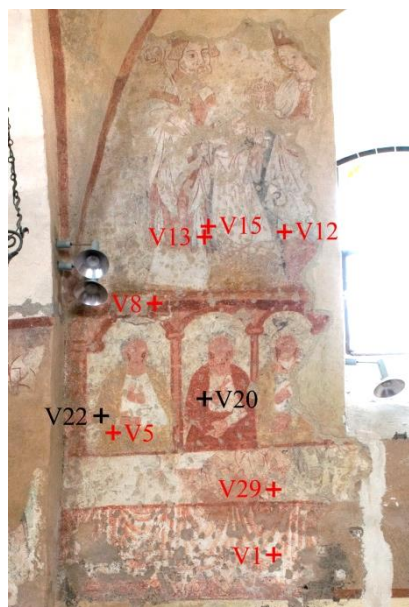
#### Typy vzorků pro analýzy

##### Vzorky středověkých barevných vrstev

- Nejstarší dochovaná nástěnná malba ve středním pásu maleb  
V5 (přemalováno)  
V8 (přemalováno)
- Mladší dochovaná nástěnná malba v horním pásu maleb  
V12 (přemalby neprokázány)  
V13 (přemalby neprokázány)  
V15 (přemalováno)
- Pravděpodobně mladší dochovaná nástěnná malba v dolním pásu  
V1 (přemalby neprokázány)
- Fragment figury se štětcovou kresbou, náležící pravděpodobně k dolnímu pásu maleb  
V29 (přemalby neprokázány).

##### Vzorky retuší na tmelech z r. 1956

- V20 (příklad hutné retuše)
- V22 (příklad subtilní retuše)



**Obr. 116.** Nástěnné malby určené k průzkumu – grafický zakres míst odběru vzorků pro rozbor omítkových vrstev. **Červeně** jsou značeny vzorky středověké omítky, **černě** novodobé vrstvy.

Podrobnější informace ke vzorkům a místům odběru, včetně fotografií jsou uvedeny v textové příloze [text. příloha 7.2.1.8].

## Metodika průzkumu

### Optická mikroskopie v dopadajícím světle

Přípravu nábrusů vzorků a pozorování pod optickým mikroskopem provedla autorka práce BcA. Michaela Navrátilová ve spolupráci s BcA. Danou Macounovou, studentkou FR UPCE, v laboratoři KChT FR UPCE. Fotografie nábrusů upravila autorka dokumentace. Nálezy byly vyhodnoceny ve spolupráci s Ing. Karolem Bayerem, děkanem FR UPCE [postup viz. text. příloha 7.2.1.8].

### Rastrovací elektronová mikroskopie s energiodisperzním analyzátozem (REM-EDS)

Provedeno Ing. Karolem Bayerem v laboratoři KChT FR UPCE [postup viz. text. příloha 7.2.1.8].

## Výsledky průzkumu <sup>112</sup>

### Technologie provedení středověkých barevných vrstev

Nástěnné malby jsou provedeny na vápenném nátěru na omítce. Omítka je vápenná, pojivem je bílé vzdušné vápno. Je upravena hlazením. Na jejím povrchu je tenká vrstvička uhličitanu vápenatého, která se tvoří po vytvrdnutí vápenných omítek nebo jejich částečném zavadnutí. Na vytvrdnutou omítku byl nanesen silný bílý vápenný nátěr (dle pozorovaných vzorků o síle 0,3–1,2 mm). Vápenný nátěr obsahuje uhličitan vápenatý, pojivem je bílé vzdušné vápno. Dále obsahuje malou příměs jemnozrnného plniva, převážně silikátových částic. V některých vzorcích byly pozorovány dva vápenné nátěry, spodní bílý a svrchní již probarvený do barevného tónu dle zobrazované oblasti (v tloušťce až 0,5 mm). V průzkumu in situ je tato vrstva popisována jako "spodní světlejší vrstva malovaného souvrství". Mezi jednotlivými vápennými vrstvami nejsou patrná žádná rozhraní, pravděpodobně byly nanášeny v rychlém sledu za sebou vždy do vlhké spodní vrstvy. Na vápenných nátěrech či spodních vápenných barevných vrstvách je nanášena většinou tenká svrchní

barevná vrstva (cca 20–30  $\mu\text{m}$ ). Mezi vápennými nátěry a svrchní barevnou vrstvou je na některých vzorcích pozorovatelné nepatrné rozhraní, zde byla barevná vrstva kladena na zavadlý nebo již vytvrzený vápenný podklad. Na většině pozorovaných vzorků byla barevná vrstva propojena s podkladem bez viditelného rozhraní, zde byla pravděpodobně nanášena na čerstvý vápenný nátěr. Barevné vrstvy jsou složeny z uhličitanu vápenatého a pigmentů. Na povrchu finálních vrstev je dále vrstva nečistot.

#### Odlišení časových vrstev středověké malby

Jednotlivé pravděpodobné časové vrstvy nástěnné malby jsou provedeny stejnou technologií. Na místech, kde přes sebe jednotlivé vrstvy přecházejí, je možné výstavbu barevných vrstev potvrdit na nábrusech vzorku. V případě fragmentu figury se štětcovou kresbou byl potvrzen nález průzkumu in situ. Je patrné, že fragment figury je svrchní vrstvou nástěnných maleb.

#### Technologie provedení retuší a nátěrů z r. 1956

Retuše tmelů jsou zcela propojeny s podkladem, resp. tenkou vápennou omítkou či nátěrem na hrubších spodních vrstvách tmelu. Tmel obsahuje výrazné úlomky hornin (zřejmě pískovec). Vápenná omítka je tvořena bílým vzdušným vápnem, kamenivo je tvořeno křemenným pískem s obsahem dalších silikátových částic. Nejsilnější vrstvy retuší dosahují tloušťky podobné svrchní pastóznější středověké barevné vrstvě. Subtilní retuše jsou mikroskopicky identifikovatelné pouze velmi obtížně.

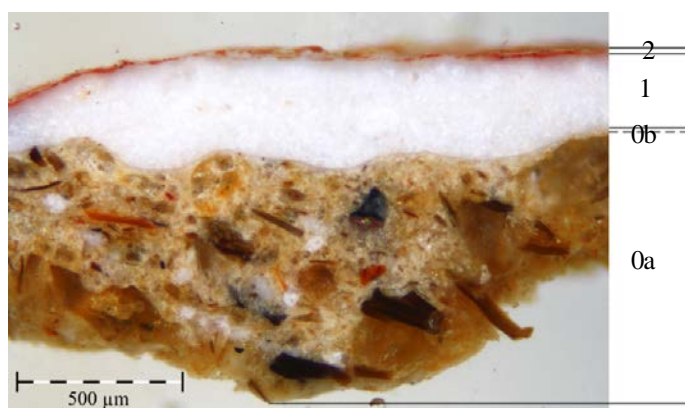
#### Odlišení retuší a přemalby od středověké malby, identifikace vápenno-kaseinových fixází z r. 1956

Dle výsledků průzkumu není možné retuše a přemalby mikroskopicky identifikovat. Hutnější retuše tmelů (vz. V20) a přemalby z r. 1956 lze rozpoznat vizuálně in situ, jejich potvrzení na nábrusu vzorku je velice diskutabilní. Vlastní retuše a přemalby mají podobný charakter jako barevná vrstva středověké malby a jsou provedeny také vápennou technologií. Je tedy také pravděpodobné jejich propojení s barevnou vrstvou maleb. Subtilnější retuše (vz. V22), které na nástěnné malbě převládají, nejsou patrné vizuálním pozorováním in situ, optickým, ani skenovacím elektronovým mikroskopem na nábrusu vzorku. Mikroskopickými metodami je případně možné při srovnání s nálezem in situ identifikovat nepřemalovanou barevnou vrstvu.

Na některých vzorcích se jeví, že je středověká barevná vrstva složená ze dvou různých částí. Svrchní polovina je vždy světlejší a s nevýraznou UV luminiscencí. Je otázkou, zda je rozdílnost svrchní poloviny barevné vrstvy způsobena penetrovanými fixážemi či retušemi z r. 1956, nebo např. jen hloubkovým znečištěním a poškozením. Řídká vápenná suspenze ve vodě, která mohla sloužit jako médium pro retuše nebo fixáže by s určitostí částečně penetrovala do středověkých barevných vrstev a propojila se s vápenným pojivem těchto vrstev.

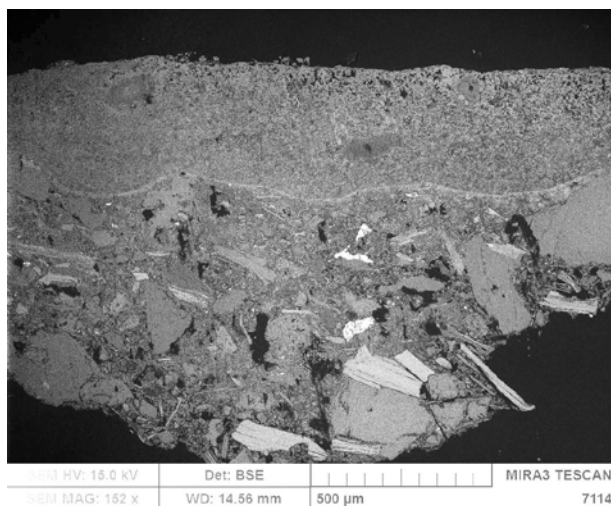
Podrobnější data k výsledkům jednotlivých vzorků jsou uvedena v textové příloze [text. příloha 7.2.1.8].

## Fotografie příkladů nálezů

Technologie provedení středověké omítkové vrstvy a vápenných nátěrů

**Obr. 117.** Vz. V15, souvrství středověké nástěnné malby, šat sv. biskupa – mikrofoto nábrusu vzorku v bílém odraženém světle při zvětšení 50 ×. Demonstrace provedení vápenného nátěru na již vytvrdnutou omítku.

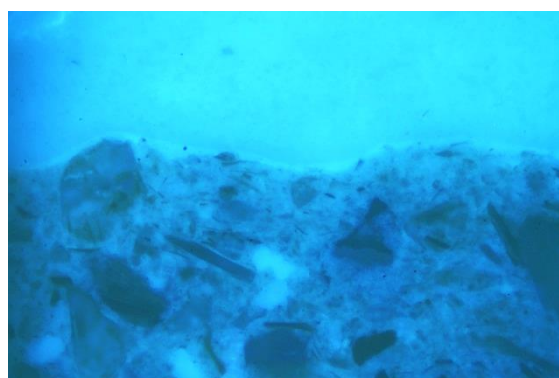
0. Vápenná omítka (**0a**) s vrstvičkou uhličitanu vápenatého na povrchu o síle cca 50 µm (**0b**).
1. Vápenný nátěr o síle cca 300 µm, nanesen na vytvrdnutou omítku.
2. Červená barevná vrstva o síle cca 20 µm, provedena do čerstvého vápenného nátěru. Na povrchu je vrstva nečistot.



**Obr. 118.** Vz. V15 – mikrofoto REM-EDS. Celek vzorku s viditelným rozhraním mezi omítkou a vápenným nátěrem. Obr. vytvořen viz. Bayer, 2013. <sup>113</sup>



**Obr. 119.** Vz. V15 – mikrofoto v bílém odraženém světle při zvětšení 100 ×. Detail vrstvičky uhličitanu vápenatého na povrchu omítky.

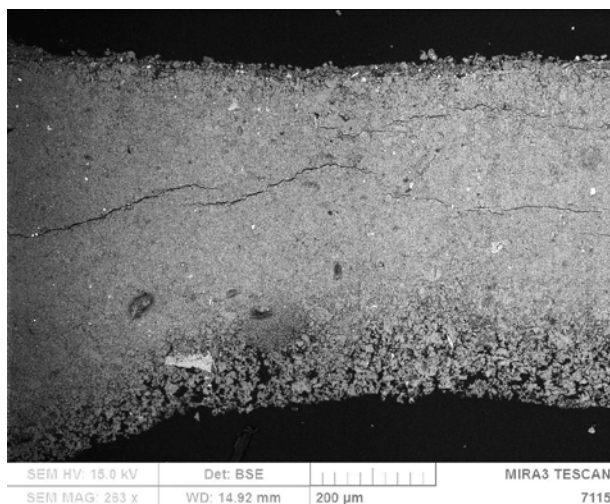


**Obr. 120.** Vz. V15 – mikrofoto po excitaci UV světlem při zvětšení 100 × [srov. Obr. 119.].

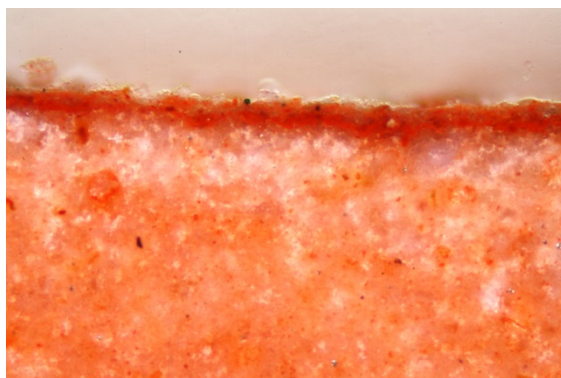
Technologie provedení středověkých barevných vrstev

**Obr. 121.** Vz. V8, souvrství středověké nástěnné malby, arkáda – mikrofoto nábrusu vzorku v bílém odraženém světle při zvětšení 50 ×. Demonstrace provedení barevných vrstev.

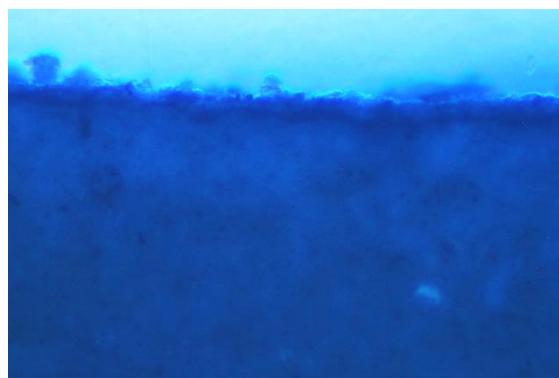
1. Vápenný podkladní nátěr.
2. Světle červená barevná vrstva, resp. tónovaný vápenný nátěr (síla cca 400 μm), provedena do čerstvého vápenného nátěru.
3. Tmavě červená barevná vrstva (síla cca 25 μm), kladena do čerstvé světle červené vápenné barevné vrstvy. Svrchní část barevné vrstvy (**3b**) je světlejší a má méně výraznou UV luminiscenci. Na povrchu je dále vrstva nečistot.



**Obr. 122.** Vz. V8 – mikrofoto REM-EDS. Prostřední část vzorku s viditelným propojením vápenných a barevných vrstev. Obr. vytvořen viz. Bayer, 2013.<sup>114</sup>



**Obr. 123.** Vz. V8 – mikrofoto v bílém odraženém světle při zvětšení 200 ×. Detail barevných vrstev. Svrchní část finální barevné vrstvy je světlejší, jedním z důvodů mohou být penetrované vápenné retuše či fixáže.



**Obr. 124.** Vz. V8 – mikrofoto po excitaci UV světlem při zvětšení 200 × [srov. Obr. 123.].

## 2.2.6 Stručné shrnutí výsledků restaurátorského průzkumu

### Časová vrstevnatost, datace a ikonografie středověkých nástěnných maleb

V původně románsko-gotickém kostele z poloviny 13. stol. se nachází středověké nástěnné malby, v současnosti odkryty v presbytáři. Zde jsou dochovány v jednom až třech malovaných horizontálních pásích z různých časových období. Jednotlivé časové vrstvy malby se prolínají, také v rámci jednoho výjevu, a je problematické je identifikovat. Malby určené k samostatnému průzkumu a restaurování se nalézají na západní části severní stěny presbytáře. Zde jsou provedeny ve třech malovaných pásích. Nejstarší dochovaná vrstva maleb se nalézá ve středním malovaném pásu s vyobrazením polofigur v arkádách pravděpodobně z poslední čtvrtiny 13. století. Mladší dochované vrstvy, pravděpodobně z 60.–80. let 14. stol. se nalézají v horním pásu s vyobrazením sv. biskupa, donátora mnicha a sv. Doroty a pravděpodobně také v dolním pásu se stolem se splývavou drapérií. K vrstvě stolu dále pravděpodobně náleží fragment figury se štětcovou kresbou, může se jednat o pozůstatek výjevu Poslední večeře.

### Technika a technologie provedení středověkých nástěnných maleb

Malby jsou provedeny kombinovanou technikou affresco a a secco na vápenném nátěru na omítce. Omítka je provedena na kamenném zdivu maltou ze vzdušného vápna a kameniva z kopaných písků o teoretickém poměru cca 2 : 1. Omítka je hlazená, po jejím vyžrání byl povrch opatřen vápennými nátěry, které tvoří podklad barevných vrstev. Dochovány jsou pouze spodní barevné vrstvy, které byly nanášeny na většině míst na čerstvý vápenný nátěr, ale také na již zavadlý nebo vytvrdnutý. V nalezených barevných vrstvách bylo jako pojivo barev identifikováno pouze vápno. Svrchní, dnes již nedochované vrstvy, byly pravděpodobně provedeny technikou a secco za použití organických pojiv. Nalezenými, pro středověké období běžnými pigmenty jsou červené a žluté okry, hlinky, uhlíková čern, bílý uhličitán vápenatý a modré a zelené bazické měďnaté pigmenty syntetického a pravděpodobně také přírodního původu. Zajímavý je nález poměrně vzácného šedo-modrého nebo šedo-zeleného pigmentu přírodního minerálu vivianit. Netradičním pigmentem je pak modro-zelený minerál levandulan. Jednotlivé časové vrstvy středověkých maleb jsou provedeny stejnou technologií, průzkumem in situ ani laboratorním průzkumem nebyla prokázána jejich odlišnost.

### Nepůvodní vrstvy zasahující nástěnné malby

Objekt kostela byl stavebně upravován v období renesance, baroka, 19., a 20. stol. Nástěnné malby byly v blíže neurčeném období po svém vzniku přetřeny vápenným nátěrem. Poté byly, pravděpodobně v barokním období pekovány před nanesením nových omítek a provedením nové výmalby. V průběhu dalších období se výmalba v kostele měnila. V 19. stol. byl v přízemních partiích aplikován asfaltový nátěr a nové omítky. Pravděpodobně na poč. 20. stol. byly stěny vyzdobeny jednoduchou dekorativní výmalbou. V r. 1955 byly nástěnné malby v presbytáři odkryty Charitou – Chránovou službou Pelhřimov a v r. 1956 byly restaurovány akademickým malířem a restaurátorem Františkem Fišerem. V rámci tohoto restaurování byly tmeleny defekty a peky vápennou maltovinou, tmely byly retušovány a povrch malby lokálně scelen lazurní přemalbou. Retušovací médium bylo pravděpodobně pojeno na vápenné bázi. Přemalby byly provedeny v minimální míře a jejich barevnost a charakter odpovídá podobě středověkých maleb. Jejich odlišení nebylo možné laboratorně prokázat. Archivní zprávy uvádí, že malby byly fixovány

vápenno-kaseinovou emulzí. Námi provedený průzkum přítomnost kaseinu ani jiných organických pojiv ve vzorcích malby ani retuší nepotvrdil.

### **Stav objektu kostela**

V interiéru kostela jsou nevyhovující klimatické podmínky. Hlavní příčinou je trvalé zavlhčení objektu, vzlínající vlhkost, kondenzace, hygroskopická a sorpční vlhkost. Středověké omítky s fragmenty maleb jsou v presbytáři do výšky 2–3 m od podlahy překryty asfaltovým nátěrem (lokálně), novodobou omítkou s přídavkem hydraulických minerálů a novodobými nátěry. V exteriéru jsou provedeny nové omítky z cementového betonu. Exteriérové a také interiérové překryvné vrstvy zabraňují odparu vlhkosti a zvyšují hranici zavlhčení stavebních konstrukcí a středověkých vrstev. Vysoká relativní vlhkost a zavlhčení pak doprovází další poškození – biodegradaci, krystalizaci a hydrataci vodorozpustných solí a vyplavování a rozpouštění pojiv omítkových a barevných vrstev. Tato situace je patrná v dolních partiích stěn do výšky cca 3 m. Nežádoucí klimatické podmínky v objektu jsou podporovány nevhodným režimem památky.

### **Stav dochování nástěnných maleb**

Nástěnné malby určené k restaurování jsou narušeny pekováním. Omítkové vrstvy jsou silně destruované, popraskané a uvolněné od zdiva. Také vápenné nátěry s barevnou vrstvou jsou rozpraskané a uvolněné od omítky a mezi sebou. Toto poškození je patrné především v horním malovaném pásu a při styku stěny s klenebním náběhem na levé straně a okenní zadržkou na straně pravé. Stav omítkových, nátěrových a barevných vrstev je havarijní pod tmely z r. 1956 a v jejich bezprostředním okolí. Tmely peků a defektů jsou dožilé, popraskané a uvolněné. Barevná vrstva je zpráškovatělá, na mnoha místech uvolněná. Stav dochování je fragmentární.

## 2.3 Stanovení cílů a koncepce restaurování<sup>115</sup>

### Obecné stanovení cílů a koncepce restaurování

Cíle a z toho vycházející koncepce prezentovaného restaurování byla diskutována v celém průběhu restaurátorského průzkumu a restaurátorských prací. Jedním z podkladů pro stanovení byly výsledky restaurátorského průzkumu.

Figurální středověké nástěnné malby v kostele sv. Bartoloměje jsou velice hodnotným umělecko-historickým dílem. Hodnoty a význam nástěnných maleb jsou přenášeny pomocí jejich hmotné podstaty – materiálu – který je bohužel silně destruovaný vlivem přirozeného stárnutí a nevhodných dodatečných zásahů v minulosti. Základním cílem prezentovaného restaurování je proto snaha o zachování hmotné podstaty nástěnných maleb, snaha o jejich materiálovou stabilizaci. Současně se se stejnou důležitostí řešena otázka prezentace nástěnných maleb včetně nepůvodních vrstev a pozdějších zásahů. Cílem je zachovat nástěnné malby v co "nejpůvodnější" podobě současně se snahou respektovat stav jejich dochování, často poznamenaný pozdějšími doplňky. Ty jsou do značné míry nositeli určité části historické výpovědi o samotném díle, ale i o proměnách prostředí, ve kterém je, či bylo dílo umístěno, či pro které bylo vytvořeno a je nebo bylo jeho součástí. Nástěnné malby by měly být prezentovány ve stavu, který umožní jejich čitelnost a nebude nijak narušovat jejich vnímání jako uměleckého výtvarného díla a věrohodného historického dokumentu. Koncepce restaurování ve své podstatě propojuje technologický, umělecko-historický a esteticko-výtvarný přístup.

Restaurátorský zásah bude proveden se snahou o minimální intervenci, která preferuje konzervační zásah (ochranu, konsolidaci, anastylózu) před restaurováním jako tvůrčím aktem (doplňováním, rekonstrukcí, obnovou). Restaurování by se mělo „zastavit tam, kde začíná hypotéza“<sup>116</sup>, neměli bychom se dopustit „uměleckého nebo historického padělků a setřít veškeré stopy pohybu uměleckého díla v čase“<sup>117</sup>. Zásadní intervenční zásahy a doplňky na díle by měly být rozpoznatelné. Provedené restaurování by nemělo znemožnit případná restaurování v budoucnosti.

Konkrétně na malbách v Pošné byla diskutována především míra odstranění nepůvodních zásahů a vrstev na díle, zejména retuší, přemaleb a tmelů z r. 1956. Dále byly řešeny míra a způsob tmelení defektů a barevnost nově provedených tmelů. Veškeré nepůvodní zásahy na díle budou ponechány a prezentovány, pokud nezpůsobují další poškození materiálu nástěnných maleb.

### Koncepce míry odstranění retuší a přemaleb z r. 1956

Retuše a přemalby z r. 1956 budou odstraněny pouze částečně (ztenčeny) a to ze dvou důvodů:

- 1) Retuše a přemalby není možné vždy identifikovat a odlišit od středověké nástěnné malby. Nelze kompletně odstranit ty přemalby, které jsou rozpoznatelné, a ponechat, či částečně odstranit ty, které nejsou odlišitelné. K dílu je nutné přistupovat celistvě a při ztenčování přemaleb se zastavit na určité úrovni jejich ponechání. Není žádoucí, aby postupy čištění vycházely pouze ze subjektivního estetického pohledu na konkrétní čištěnou partii.
- 2) Pojiva retuší a přemalby i středověké malby jsou rozpustná ve stejných médiích a při snaze o kompletní odstranění přemaleb by mohla být narušena také původní malba. Celkové čištění se sice teoreticky zastavuje před povrchem původního díla, prakticky toho však většinou není možné docílit, aniž by tento povrch nebyl nějakým způsobem atakován.



### **Koncepce míry odstranění tmelů z r. 1956**

Novodobé tmely provedené v r. 1956 budou kompletně odstraněny z důvodu jejich stavu dochování, a nečistého zpracování. Většina tmelů přesahuje přes povrch původní malby způsobem, který deformuje její povrch a barevnost. Novodobé omítky v horní části stěny pod klenbou a také na východní straně při nové okenní zadržce budou respektovány. V minimální míře budou částečně odstraněny pouze na místech, kde přesahují přes úroveň povrchu středověké malby.

### **Koncepce míry tmelení**

Tmeleny budou pouze ty hlubší defekty, které by v budoucnu mohly způsobovat další poškození a které narušují vnímání středověkých maleb jako celku. Mělké defekty omítkových vrstev a defekty vápenných nátěrů a barevné vrstvy, které se v reliéfu malby v přirozeném osvětlení a v osvětlení instalovaném v kostele neprojeví nijak rušivě, tmeleny nebudou. Tmelení bude provedeno pod úroveň povrchu malby do úrovně mělkých defektů středověké omítky. Povrch těchto nových tmelů bude stržen a jejich struktura a barevnost bude imitovat původní středověkou omítkovinu, odhalenou v netmelených mělkých defektech. Tento přístup byl zvolen ze dvou důvodů:

- 1) Tmelením pod úroveň povrchu malby bude umožněno rozpoznat původní materiál uměleckého díla od nepůvodních zásahů (pekování, defekty, zadržky a námi provedené tmely). Typický nerovný povrch středověké nástěnné malby nebude nijak fabulován.
- 2) V historických objektech dochází k neustálým fyzikálním procesům ve stavebních materiálech, zvláště v objektech s nestabilním klimatem, jako je kostel v Pošné. Vápenné tmely z r. 1956, hlazené do úrovně povrchu nástěnné malby, postupem času popraskaly, oddělily se od stěn defektů a ve většině případů s sebou odtrhly či uvolnily také okolní vápenné nátěry s barevnou vrstvou. Na základě této zkušenosti nedoporučujeme stejné provedení tmelů.
- 3) Tmelení pod úroveň povrchu neznemožňuje případné restaurátorské zásahy v budoucnu. Odstraňování tmelů provedených do úrovně povrchu nástěnné malby je, dle zkušenosti s odstraňováním tmelů z r. 1956, velice náročné a hrozí zde nebezpečí narušení okolních vápenných nátěrů s barevnou vrstvou.

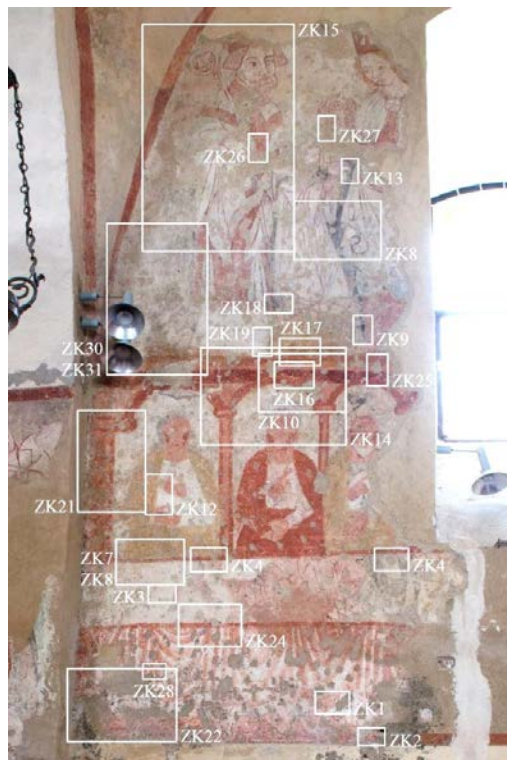
### **Koncepce barevnosti nově provedených tmelů**

Barevnost nově provedených tmelů bude volena v souladu s barevností nekonsolidované původní středověké omítky odhalené v defektech. Žádoucí struktury nově provedených tmelů bude docíleno použitím písků se stejnou distribucí zrn jako má původní středověká omítka. Žádoucí barevnosti bude docíleno kombinací vhodných písků bez přísad barviv a pigmentů. Dále je možné barevnost nově provedených tmelů a také původní netmelené omítky odhalené v místech defektů upravit scelující retuší. Tmelené i netmelené defekty by měly tvořit druhý plán obrazu, neměly by opticky vystupovat před vlastní nástěnnou malbu a narušovat její vnímání.

## 2.4 Zkoušky materiálů a technologií pro restaurování

Zkoušky materiálů a technologií byly provedeny in situ. Zároveň byla provedena velice stručná literární rešerše k vlastnostem jednotlivých materiálů, jejich laboratorním výzkumům a praktickým zkušenostem v oboru restaurování nástěnných maleb.

### Místa provedení zkoušek



Obr. 125. Levá část severní stěny presbytáře – grafický zakres míst fotografické dokumentace provedených zkoušek.

### 2.4.1 Celoplošné čištění malby a ztenčení nepůvodních retuší a přemaleb

#### 2.4.1.1 Cíle zkoušek

Cílem zkoušek bylo zjistit, jakým nejefektivnějším způsobem je možné v jednom kroku vyčistit povrch malby od nečistot (prachových depozitů apod.) a zároveň bez narušení vrstev nástěnné malby ztenčit nepůvodní vápenné vrstvy a retuše a přemalby z r. 1956.

#### 2.4.1.2 Metodika zkoušek

##### Základní zkoušky "mokrého" a "suchého" čištění

V prvním kroku byly provedeny zkoušky 1) citlivosti nepřemalované barevné vrstvy na mechanické namáhání za "mokra" a "sucha" a 2) odstranitelnosti retuší na tmelech z r. 1956 pomocí "mokrých" a "suchých" metod. Zkoušky byly provedeny otíráním suchou a ve vodě smočenou vatovou tyčinkou.

### **Zkoušky čištění a ztenčení nepůvodních retuší a přemaleb**

Na základě výsledků základních zkoušek byly vybrány konkrétní materiály a technologie pro "mokrý" a "suchý" čištění. Vybrány byly vlasový štětec, houba *Wishab soft*, houba *Wallmaster*, vlažná deionizovaná voda aplikovaná houbou *Viskovita* a vlažná deionizovaná voda s přísadkou 0,05% roztoku neionického tenzidu *Alvol OMK* aplikovaná houbou *Viskovita*.

### **Zkoušky ztenčení nepůvodních vápenných vrstev**

Čištění malby od nepůvodních vrstev většinou na vápenné bázi (pozůstatky překryvných nátěrů, kapky, zákaly aj.) bylo zkoušeno pomocí čisticího štětínového štětce, skalpelu či šídla. Zvolenou metodou bude možné ztenčit také silnější pastóznější vrstvy přemaleb a retuší.

### **Rozšířené zkoušky čištění a ztenčení nepůvodních retuší a přemaleb**

V posledním kroku byly provedeny rozšířené zkoušky vybraných materiálů na vybrané partie nástěnné malby.

### **Vyhodnocení zkoušek**

Čištěné vrstvy nástěnné malby jsou velmi křehké, popraskané a uvolněné. V průběhu zkoušek čištění byla sledována míra jejich mechanického namáhání (destruktivnost).

Dále byla sledována míra úbytku zpráškovatělé barevné vrstvy. V případě vlasového štětce byla subjektivně sledována pomocí zachycení sprášeného materiálu během čištění. V případě použití hub *Wishab soft*, *Wallmaster* a *Viskovita* bylo sledováno, zda zpráškovatělá barevná vrstva neulpívá na jejich povrchu.

Efektivnost a míra čisticího procesu byla vizuálně zhodnocena porovnáním čištěné a nečištěné plochy malby v rozptýleném denním světle, razantním bočním nasvícením a ultrafialové luminiscenci po nasvícení maleb UV lampou.

#### **2.4.1.3 Výsledky zkoušek**

Fotografie jednotlivých zkoušek jsou uvedeny v textové příloze [text. příloha 7.2.2.1].

### **Základní zkoušky "mokrého" a "suchého" čištění**

Povrchové znečištění (prachové depozity apod.) je možné odstranit "mokrou" i "suchou" cestou, přičemž mokrá cesta je efektivnější. Při silnějším mechanickém namáhání dochází k úbytku barevné vrstvy. Těmito způsoby lze také ztenčit retuše z r. 1956.

### **Zkoušky čištění a ztenčení nepůvodních retuší a přemaleb**

#### Vlasový štětec

Slouží dobře v prvním kroku čištění na základní odstranění veškerých hrubých prachových nečistot, pavučin aj.

Houba *Wallmaster*

Nevhodná pro čištění této malby, při jejím použití dochází k nežádoucímu mechanickému namáhání popraskaných a uvolněných vrstev a úbytkům barevné vrstvy (stírání).

Houba *Wishab soft*

Svou tvrdostí naprosto nevhodná pro čištění této malby, při jejím použití dochází k další destrukci popraskaných a uvolněných vrstev malby a úbytkům barevné vrstvy (stírání). Na základě negativní zkušenosti nebyly zkoušeny další tvrdé houby (např. *Blitz-fix*) a pozornost byla soustředěna na měkké houby (*Viskovita*)

Houba *Viskovita* navlhčená deionizovanou vodou

Umožňovala efektivní čištění bez narušení vrstev nástěnné malby.

Houba *Viskovita* za použití roztoku deionizované vody s 0,05% tenzidem *Alvol OMK*

Umožňovala nejefektivnější čištění bez narušení vrstev nástěnné malby. Malba byla čištěna pomocí přítlaků (tupování) houby *Viskovita*, smočené v roztoku vlažné deionizované vody s 0,05% neionickým tenzidem *Alvol OMK*.

Houba *Viskovita* je velice měkká pórovitá syntetická houba s vysokou absorpční kapacitou, díky níž dokáže nasát vysoké množství vody, aniž by tato voda při vlastním čištění pomocí přítlaků (tupování) z houby vytékala. Houba se využívá v polygrafickém průmyslu při čištění tiskových desek, ale veliké obliby nachází i při čištění v restaurování.<sup>118</sup> Při čištění pomocí přítlaků (tupování) nebyly narušeny uvolněné a popraskané omítkové vrstvy, vápenné nátěry s barevnou vrstvou ani barevné vrstvy. Je možné říci, že nedocházelo k pozorovatelným úbytkům barevné vrstvy a nebyla způsobena žádná další poškození nástěnné malby.

Neionický tenzid *Alvol OMK* byl k deionizované vodě přidán kvůli celkovému zefektivnění čistícího procesu. Rozhodnutí o přidávku tenzidu, výběr konkrétního tenzidu a jeho koncentrace byly vybrány na základě autorské teoretické bakalářské práce na FR UPCE<sup>119</sup>. *Alvol OMK* je slabý neionický tenzid používaný při čištění v restaurátorské praxi. Přídavek tenzidu k deionizované vodě obecně snižuje její povrchové napětí, usnadňuje detergenci hydrofobních složek nečistoty a nepůvodních vrstev, jejich převedení do čistícího roztoku a odstranění.<sup>120</sup>

Po čištění se malba svým charakterem, barevností a ultrafialovou luminiscencí přiblížila nepřemalovaným fragmentům malby, nalezeným v rámci sondážního průzkumu pod nepůvodními vrstvami.

**Zkoušky ztenčení nepůvodních vápenných vrstev**

Nepůvodní vrstvy, většinou na vápenné bázi (pozůstatky překryvných nátěrů, kapky aj.) a také silnější pastóznější vrstvy retuší a přemaleb bylo možné ztenčit mechanicky čistícím štětčím štětcem, skalpelem a šídlem. Vápenné zákaly nebylo možné nijak ztenčit či odstranit, aniž by tím nebyla narušena původní barevná vrstva, a proto tyto vrstvy nebudou odstraňovány.

## 2.4.2 Povrchová konsolidace zpráškovatělé barevné vrstvy

### 2.4.2.1 Cíle zkoušek

Cílem bylo vybrat materiál s přijatelnou mírou konsolidace zpráškovatělé barevné vrstvy.

### 2.4.2.2 Metodika zkoušek

#### Výběr materiálů

Zkoušeny byly ether celulózy *Klucel G* připravený v etanolu, ethylester kyseliny křemičité *Funcosil Steinfestiger 100*, vodná disperze akrylátového polymeru *Primal WS24* ve vodě, vodná disperze akrylátového polymeru *Medium for Consolidation* a roztok akrylátového polymeru *Paraloid B72* v etanolu. Stručná literární rešerše k vlastnostem jednotlivých materiálů je uvedena v textové příloze [text. příloha 7.2.2.2].

#### Zkoušky povrchové konsolidace barevné vrstvy v základních barevných partiích malby

Zkoušky byly provedeny na základních barevných partiích malby – červené, okrové, černé a bílé. Na modro-zelených partiích malby nebyly provedeny základní zkoušky, protože tyto partie se v malbě nachází pouze v malém rozsahu a jejich stav dochování je velice fragmentární. Na těchto partiích byl vyzkoušen až výsledný konsolidant. Konsolidanty byly na povrch malby aplikovány štětcem přes japonský papír *Mino Tengujo* 9 g / m<sup>2</sup>.

#### Zkouška konsolidace nepůvodních retuší a přemalob

Vybrané konsolidanty byly vyzkoušeny také pro konsolidaci retuší z r. 1956 v partiích okenní zadržky. V některých reliéfních místech malby a také v bezprostředním okolí tmelů nebylo možné ztenčit přemalby a retuše přesahující do původní malby při celoplošném čištění. V těchto místech je bude nutné lokálně ztenčovat během odstraňování tmelů až po celoplošné povrchové konsolidaci. Proto je nutné vyzkoušet, zda je možné lokálně ztenčit přemalby i na místech, kde již byly konsolidovány během celoplošné konsolidace.

#### Rozšířená zkouška povrchové konsolidace a aplikace vybraného konsolidantu

Na závěr byly provedeny rozšířené zkoušky vybraného materiálu *Klucel G* v etanolu zároveň v jednom kroku se zkouškami jeho aplikace. Na větší ploše byly vyzkoušeny metody aplikace 1) štětcem přes japonský papír *Mino Tengujo* 9 g / m<sup>2</sup> a 2) nástřikem mechanickým rozprašovačem.

#### Vyhodnocení zkoušek

Efektivnost povrchové konsolidace byla subjektivně zhodnocena přibližně po 14 dnech od aplikace konsolidantů na povrch malby. Buničitými ubrousky bylo za mírného tlaku taženo přes celou délku plochy konsolidované malby. Vizualním posouzením množství ulpělé barevné vrstvy byla zhodnocena míra konsolidace.

Změny vzhledu malby, především změna jejího matného charakteru a barevné intenzity byly posuzovány pozorováním v denním světle, při razantním předním a bočním nasvícení a při plném osvětlení instalovaném v objektu kostela.

Byla zvolena taková koncentrace a aplikace výsledného konsolidantu *Klucel G*, která umožňovala nanést konsolidant v jedné vrstvě rovnoměrně do veškerých nerovností povrchu středověké malby.

### 2.4.2.3 Výsledky zkoušek

Fotografie jednotlivých zkoušek jsou uvedeny v textové příloze [text. příloha 7.2.2.2].

#### **Zkoušky povrchové konsolidace barevné vrstvy v základních barevných partiích malby**

##### *Klucel G* v etanolu 3% (ether celulózy)

Konsolidační efekt byl mírný. Po konsolidaci nebyla nijak změněna intenzita barevnosti a matný charakter malby. Tento prostředek byl navrhnut a v dalším kroku také vybrán pro celoplošnou povrchovou konsolidaci.

##### *Funcosil Steinfestiger 100* (ethylester kyseliny křemičité)

Míra konsolidace byla nejpříjemnější ze všech zkoušených materiálů. Po konsolidaci nebyla nijak změněna intenzita barevnosti a matný charakter malby. Tento prostředek byl navrhnut pro celoplošnou povrchovou konsolidaci. V dalším kroku nebyl po konzultacích s vedoucím práce vybrán z důvodů jeho nereverzibility a tedy nevyhovujícím vlastnostem z hlediska teoretických požadavků památkové péče.

##### *Primal WS24* 2% (vodná disperze akrylátového polymeru)

Konsolidační účinek byl přijatelný. Po konsolidaci nebyla změněna intenzita barevnosti a matný charakter malby. Konsolidant nebyl vybrán z důvodů nesplnění požadavků na reverzibilitu a dále k předpokládanému vzniku nežádoucího filmu na povrchu nástěnné malby, který by mohl do budoucna změnit fyzikální vlastnosti malby.

##### *Medium for Consolidation* 2% (vodná disperze akrylátového polymeru)

Vykazoval přílišnou míru konsolidace povrchu malby, výrazně prohluboval intenzitu barevnosti malby a vytvářel lesky na jejím matném povrchu. V průběhu zkoušek bylo od jeho dalšího zkoušení upuštěno.

##### *Paraloid B72* v etanolu 3% (roztok akrylátového polymeru)

Měl společně s *Klucel G* nejslabší konsolidační účinek. V dalších zkouškách od něj bylo upuštěno z důvodu mírného prohloubení intenzity barevnosti malby.

#### **Zkouška konsolidace nepůvodních retuší a přemalob**

Konsolidanty *Funcosil Steinfestiger 100*, *Primal WS24* 2% ve vodě a *Klucel G* 3% v lihu byly zkoušeny také pro konsolidaci retuší z r. 1956 na okenní zadržce pro zjištění možnosti jejich odstranění po konsolidaci. Nejsnáze bylo možné odstranit retuše konsolidované *Klucel G* jak mechanicky skalpelem, tak deionizovanou vodou pomocí houby *Viskovita*. V případě *Funcosilu Steinfestiger 100* a *Primalu WS24* bylo retuše možné odstranit snadněji skalpelem než deionizovanou vodou pomocí houby *Viskovita*.

## **Rozšířená zkouška povrchové konsolidace a aplikace vybraného konsolidantu**

Nejvhodnější aplikace *Klucelu G* je nástřik mechanickým rozprašovačem v několika cyklech, za použití nízkých koncentrací konsolidantu (1–1,5%). Naopak při aplikaci *Klucelu G* přes japonský papír *Mino Tengujo* (9 g/m<sup>2</sup>) nebylo možné konsolidant nanést na všechna místa nerovného reliéfního povrchu malby.

### **2.4.3 Dočasná izolace barevné vrstvy**

#### **2.4.3.1 Cíle zkoušek**

Před hloubkovou konsolidací uvolněných omítkových a nátěrových vrstev bylo nutné na vybraná místa malby aplikovat dočasný konsolidant. Vybrán byl cyklododekan ve spreji v rozpouštědle petroléter, který se při hloubkové konsolidaci nástěnných maleb používá jako hydrofobní ochranný povlak proti znečištění, dočasný konsolidant křehkých vrstev nebo pro utěsnění prasklinek. Jedná se o alicyklickou nepolární sloučeninu, bílou krystalickou látku, která má po nanesení schopnost beze zbytku vysublimovat v řádech několika hodin až dnů, v závislosti na koncentraci připravené směsi, tloušťce vrstvy a podmínkách prostředí.<sup>121</sup> Cílem zkoušek bylo zjistit, zda vysublimuje beze zbytku a beze změny povrchu nástěnné malby a zda je možné po jeho aplikaci malbu přelepit ochranným přelepem japonského papíru 5% *Klucel G* v lihu a následně ji hloubkově konsolidovat.

#### **2.4.3.2 Metodika zkoušek**

Cyklododekan byl nastříkán na vybrané místo tak, aby zcela pokrýval povrch malby. Průběh sublimace byl sledován a po kompletním vysublimování byl povrch malby prohlédnut.

#### **2.4.3.3 Výsledky zkoušek**

Fotografie jednotlivých zkoušek jsou uvedeny v textové příloze [text. příloha 7.2.2.3].

Cyklododekan ve spreji nanesený na malbu přibližně v síle 0,5 mm vyprchá do 1 týdne beze zbytku. Po vyprchání konsolidantu zůstává povrch malby beze změny. Aplikace ve spreji umožňuje rovnoměrné nanesení bez intervence do nástěnné malby. Na vrstvu cyklododekanu je možné aplikovat ochranný přelep japonského papíru 5% *Klucel G* v lihu. Malbu je možné následně hloubkově konsolidovat.

### **2.4.4 Strukturální konsolidace nesoudržných omítkových vrstev**

#### **2.4.4.1 Cíle zkoušek**

Cílem bylo vybrat materiál s přijatelnou penetrací a mírou konsolidace nesoudržných omítek, který bude použit zároveň s hloubkovou konsolidací v průběhu odstraňování nepůvodních tmelů. Ideálním cílem bylo zvolit materiál, kterým bude zároveň možné konsolidovat také zasolené omítky v partiích splývavé draperie stolu.

### 2.4.4.2 Metodika zkoušek

#### Výběr materiálů

Zkoušeny byly nanosuspenze hydroxidu vápenatého v etanolu *CaLoSil E25* a *E50*, křemičitý sol ve vodě *Tosil A*, křemičitý nanosol v etanolu *Sebosil S* a pro porovnání ethylestery kyseliny křemičité *Funcosil Steinfestiger 100* a *300*. Zkoušky materiálů byly provedeny v místech splývavé draperie stolu, kde jsou omítky zatíženy vodorozpustnými solemi a jejich vlhkost může být mírně zvýšená, a také ve vyšších partiích stolu, kde jsou omítky z hlediska vlhkosti již v pořádku a nejsou zatíženy vodorozpustnými solemi. Konsolidanty *CaLoSil E25*, *Tosil A*, *Sebosil S* byly pro ověření výsledků zkoušek lokálně vyzkoušeny také v průběhu strukturální konsolidace během odstraňování tmelů.

#### Pracovní postup

Odhalené omítky v defektech byly konsolidantem napuštěny do úplného nasycení konsolidovaného materiálu. Konsolidace probíhala ve dvou cyklech, druhý cyklus byl aplikován do stále vlhké omítky po kompletní penetraci konsolidantu v prvním cyklu. Po aplikaci a technologické pauze 21 dnů bylo provedeno subjektivní vyhodnocení konsolidace.

#### Vyhodnocení zkoušek

V průběhu napouštění konsolidantu bylo sledováno, zda je zadržován na povrchu, nebo penetruje do materiálu. Konsolidovaná omítka byla po 21 dnech od napuštění narušena ševcovským šídlem do hloubky 1,5–2 cm. Pro porovnání byla stejným způsobem narušena nekonsolidovaná omítka. Tímto způsobem bylo možné subjektivně zhodnotit, zda je omítka zpevněna v hloubce nebo pouze na povrchu, případně do jaké hloubky konsolidant pronikal. Vzhled konsolidované omítky byl po 21 dnech od napuštění konsolidantem vizuálně zhodnocen.

### 2.4.4.3 Výsledky zkoušek

Fotografie jednotlivých zkoušek jsou uvedeny v textové příloze [text. příloha 7.2.2.4].

#### *CaLoSil E25* a *E50* (nanosuspenze hydroxidu vápenatého v etanolu)

Omítka byla zpevněna pouze na povrchu a to v případě jak zkoušek provedených v partiích zasolených a zavlhčených míst, tak v oblastech, kde jsou omítky zcela v pořádku. V případě zasolených a zavlhčených omítek projevoval *CaLoSil* sníženou penetrací do materiálu. Konsolidant vytvářel na povrchu omítek velice výrazný bílý zákal.

#### *Tosil A* 5% (křemičitý sol ve vodě)

Obdobně jako *CaLoSil* nepenetroval do hloubky omítky a zpevňoval ji pouze na povrchu, a to v případě jak zkoušek provedených v partiích zasolených a zavlhčených míst, tak v oblastech, kde jsou omítky zcela v pořádku. Tato skutečnost mohla být způsobena vodním médiem *Tosilu A* s vysokým povrchovým napětím nebo také vyšší velikostí částic křemičitého solu. Konsolidant mírně prohluboval barevnou intenzitu omítek.



*Sebosil S 5%* (křemičitý nanosol v etanolu)

Společně s prostředkem *Funcosil Steinfestiger 100* nejpříjemněji zpevňoval materiál omítek na povrchu i v hloubce, a to i v případě zasolených a zavlhčených partií. Mírně prohluboval barevnou intenzitu omítek. *Sebosil S* byl vybrán jako výsledný konsolidant.

*Funcosil Steinfestiger 100 a 300* (ethylester kyseliny křemičité)

*Funcosil Steinfestiger 100* nejpříjemněji zpevňoval materiál omítek na povrchu i v hloubce, a to i v případě zasolených a zavlhčených partií. Mírně prohluboval barevnou intenzitu konsolidovaných omítek. *Funcosil Steinfestiger 300* vykazoval přílišnou míru konsolidace a silněji prohluboval barevnou intenzitu omítek. Prostředky *Funcosil Steinfestiger* byly zkoušeny jen pro porovnání výsledků, pro práci je nebylo možné použít z důvodů několika týdenní technologické pauzy po aplikaci, kdy je konsolidovaná omítka hydrofobní.

## **2.4.5 Hloubková konsolidace uvolněných nátěrových a barevných vrstev**

### **2.4.5.1 Cíle zkoušek**

V okolí defektů, prasklin a peků byly vápenné nátěry s barevnou vrstvou uvolněny od omítky a také mezi sebou. V nástěnné malbě převažují silněji uvolněná souvrství vápenných nátěrů s barevnou vrstvou a ty, jež jsou uvolněny ve větším rozsahu. Tato místa lze konsolidovat injektážní hydraulickou maltovinou *Ledan TAI*. Naopak subtilnější nátěrové a barevné vrstvy, které jsou uvolněny v menší míře a pouze na vybraných místech, tímto způsobem přichytit zpět k podkladu nelze. K tomu je potřeba konsolidant s vyšší tekutostí, lepivostí a menší viskozitou. Výběr konsolidantu byl předmětem zkoušek. Konsolidant bude aplikován pouze lokálně na vybraná detailnější místa. Z těchto důvodů není u vybraného konsolidantu nutné striktně zohledňovat změnu propustnosti pro vodní páry po konsolidaci do té míry, jak je požadováno u prostředku pro celoplošnou konsolidaci.

### **2.4.5.2 Metodika zkoušek**

#### **Výběr materiálů**

Vybrány byly vodná disperze akrylátového polymeru *Primal WS24* ve vodě, ether celulózy *Klucel G* v etanolu a křemičitý sol v etanolu *Sebosil S* s následnou aplikací vápenné vody.

#### **Pracovní postup**

Pod uvolněné vrstvy byl pomocí plastové laboratorní pipety vpraven konsolidant. Po částečném vypřehání rozpouštědla byly vrstvy fixovány zpět k povrchu pomocí přtlaku vatovým tampónem. V případě *Sebosilu S* v etanolu byla po jeho aplikaci a vypřehání rozpouštědla vpravena na tytéž místa vápenná voda a poté byly uvolněné vrstvy fixovány k povrchu. Alkalická vápenná voda by měla urychlit reakci tvorby křemičitého gelu a mělo by dojít k okamžité fixaci.

## Vyhodnocení zkoušek

V průběhu konsolidace byla sledována míra penetrace konsolidantu pod uvolněné vrstvy. Konsolidace byla zhodnocena třetí den po aplikaci vizuálním posouzením a pohmatem.

Vzhled konsolidované malby, především změna jejího matného charakteru a barevné intenzity byly vizuálně zhodnoceny třetí den po konsolidaci.

### 2.4.5.3 Výsledky zkoušek

Fotografie jednotlivých zkoušek jsou uvedeny v textové příloze [text. příloha 7.2.2.5].

#### Primal WS24 5% (vodná disperze akrylátového polymeru)

Tekutý, lepkavý prostředek s nízkou viskozitou v dané koncentraci, který ideálně penetroval pod uvolněné subtilní nátěrové a barevné vrstvy a dokázal je přichytit zpět k podkladu. Po konsolidaci nebyla nijak změněna intenzita barevnosti a matný charakter malby. *Primal WS 24* byl vybrán jako výsledný konsolidant.

#### Klucel G v etanolu 2,5% 2x (ether celulózy)

Vzhledem k vyšší viskozitě koloidního roztoku špatně penetroval pod uvolněné vrstvy a neměl dostatečnou lepkavost pro jejich přichycení zpět k podkladu.

#### Sebosil S 10% (křemičitý nanosol v etanolu) s následnou aplikací vápenné vody

Nebyl schopen přichytit uvolněné vrstvy. V den konsolidace se jevíly přichyceny, po několika dnech se začaly opět uvolňovat.

## 2.4.6 Tmelení defektů omítkových vrstev

### 2.4.6.1 Cíle zkoušek

Cílem zkoušek bylo zjistit, zda je teoretická koncepce tmelení prakticky aplikovatelná [více kap. 2.3]. Zkoušena byla maltovina s přibližně stejnou distribucí zrn jako středověká omítka (příprava dle síťové analýzy<sup>122</sup>) s cílem zjistit, jaké frakce budou pro přípravu maltoviny použity. Dále byla řešena imitace barevnosti nekonsolidované středověké omítky a textury jejího povrchu.

Bylo žádoucí, aby nově provedené tmely byly snadno mechanicky odstranitelné bez narušení okolní malby a zároveň kvalitní a dobře přídržné k původní omítce.

### 2.4.6.2 Metodika zkoušek

Maltoviny byly zkoušeny na přenosném panelu a v oblasti pozadí za sv. biskupem v horním malovaném pásu nástěnných maleb.

### **Výběr frakcí písků, zkouška barevnosti tmelů**

Připravené maltoviny ke tmelení byly nejprve vyzkoušeny na přenosném panelu. Byla zkoušena volba frakcí písků, ty byly připraveny pomocí přesívání přes síta s určitou velikostí ok. Barevnost maltovin byla zkoušena kombinací poměrů tří různě barevných písků: "růžový", "okrový" a "šedý".

### **Zkouška mechanické odstranitelnosti tmelů**

Mechanická odstranitelnost (tvrdost a pevnost) byla ověřována po částečné karbonataci tmelů narušením ševcovským šídlem. Zkoušena byla maltovina s různými hm. poměry vápna vůči písku. Vzdušné vápno bylo nejprve mixováno pro úpravu jeho konzistence a poté bylo v různých poměrech smíšeno s vybranými směsmi písků mixováním.

### **Zkouška úpravy povrchu tmelů**

V oblasti pozadí za sv. biskupem v horním malovaném pásu byla mimo jiné zkoušena úprava povrchu tmelů různými způsoby stržení v různých fázích jejich vysychání a v různých hloubkách provedení.

### **Vyhodnocení zkoušek**

Zkoušky na panelu byly zhodnoceny po vyschnutí maltoviny a částečné karbonataci cca po 1–2 týdnech, na nástěnné malbě pak po 3 týdnech.

#### **2.4.6.3 Výsledky zkoušek**

Fotografie jednotlivých zkoušek jsou uvedeny v textové příloze [text. příloha 7.2.2.6].

Pro přípravu maltoviny ke tmelení se osvědčilo použití kombinace písků s přibližně stejnou distribucí zrn jako u středověké omítky. Vzhledem k tomu, že byly tmeleny převážně defekty menších velikostí, bylo vhodné vynechat frakce s velikostí zrn 5–16 mm, které byly ve středověké omítce zastoupeny cca v 8 %. Tyto největší frakce je vhodné přidat pouze do spodních vrstev hrubých tmelů při tmelení hlubších defektů. Pro přípravu maltoviny dále není nutné s detailní přesností imitovat procentuální zastoupení jemných frakcí  $< 0,063$ ,  $> 0,063$ ,  $> 0,125$ ,  $> 0,25$ ,  $> 0,5$  mm. Procentuální zastoupení frakcí bylo rozděleno na  $< 0,5$  a  $> 0,5$  mm.

Maltovina ke tmelení byla připravena přibližně z 1 objemového dílu vzdušného vápna a 4–4,5 obj. dílů písku. Použita byla vápenná kaše ze vzdušného vápna fa *Aqua obnova staveb*.<sup>123</sup> Tři druhy říčních písků byly poskytnuty skladem FR UPCE. Tmely z této maltoviny jsou dostatečně přídržné k původní omítce, mají subjektivně přibližně stejnou či nižší pevnost jako původní omítka a zároveň jsou velice snadno mechanicky odstranitelné (např. šídlem) bez narušení vrstev okolní malby.

Vhodné barevnosti tmely dosahují při smísení 3 hm. dílů "růžového" písku, 3 hm. dílů "okrového" písku a 0,5 hm. dílů "šedého" písku.

Tmelení pod úroveň povrchu malby do úrovně mělkých defektů středověké omítky se zdá být vhodné. Pro imitaci mělkých defektů středověké omítky byl povrch nanesené maltoviny po zavadnutí a mírném zaschnutí strhnut skalpelem nebo kovovou špachtlí.

## 2.4.7 Retuše omítkových vrstev a nově provedených tmelů

### 2.4.7.1 Cíle zkoušek

Netmelené povrchy omítek (v místech mělkých defektů) mírně ztmavly vlivem strukturální konsolidace a bylo nutné vyzkoušet jejich zesvětlení retuší. Zároveň byly zkoušeny zesvětlovací retuše nových tmelů, které působily v dané partii malby tmavěji. Cílem bylo připodobnit tato místa barevnosti nekonsolidovaných středověkých omítek v netmelených defektech.

### 2.4.7.2 Metodika zkoušek

Retuše byly zkoušeny v oblasti pozadí za sv. biskupem v horním malovaném pásu. Zesvětlující retušovací médium bylo připraveno z vápenného mléka s přidavkem práškových pigmentů zemitých okrů a dále ředěno vodou pro docílení vhodné intenzity.

Barevnost retušovaných tmelů a konsolidovaných omítek byla po několika dnech porovnávána s barevností nekonsolidovaných omítek v netmelených defektech.

### 2.4.7.3 Výsledky zkoušek

Fotografie jednotlivých zkoušek jsou uvedeny v textové příloze [text. příloha 7.2.2.7]

Povrch původní netmelené omítky, která ztmavla vlivem strukturální konsolidace a také nové tmely, které mohou působit v dané partii malby tmavěji, je možné relativně úspěšně zesvětlit. Retušovacím médiem bylo vodou ředěné vápenné mléko s přidavkem práškových pigmentů zemitých okrů – Francouzského okru světlého a Zlatého okru světlého fa *Art-protect*. Jedná se o kvalitní práškové anorganické zemité pigmenty s vynikající světlostálostí a odolností vůči vlhku a alkalickému prostředí.

## 2.4.8 Návrh postupu restaurátorských prací

Na základě výsledků restaurátorského průzkumu a zkoušek materiálů a technologií pro restaurování navrhujeme následující postup restaurátorských prací:

- Základní odstranění hrubých nečistot jemným vlasovým štětcem.
- Celoplošné čištění malby a ztenčení nepůvodních retuší a přemalb pocházejících z předchozího restaurování v 2. pol. 20. stol. pomocí teplé deionizované vody za použití houby *Viskovita*, případně s přísadkou 0,05% neionického tenzidu *Alvol OMK*.
- Povrchová konsolidace zpráškovatělé barevné vrstvy nástřikem 1,5% etheru celulózy *Klucel G* v etanolu v množství cyklů podle potřeby. Na základě výborných výsledků provedených zkoušek může být zvolen také nástřik ethylesterem kyseliny křemičité *Funcosil Steinfestiger 100*.
- Mechanické odstranění nepůvodních nátěrů, tmelů a omítek pomocí např. šídla nebo skalpelu.
- Dočasná izolace malby před následnou strukturální a hloubkovou konsolidací sublimujícím pojivem cyklododekanem ve spreji.
- Ochranné přelepy havarijně uvolněných omítkových a nátěrových vrstev japonským papírem cca 5% *Klucel G* v etanolu před následnou konsolidací.
- Strukturální konsolidace nesoudržných omítkových vrstev 5–10% dezalkalizovaným křemičitým nanosolem v etanolu *Sebosilem S*.
- Hloubková konsolidace uvolněných vápenných nátěrů s barevnou vrstvou a barevných vrstev – v případě silnějších nátěrů injektážní hydraulickou maltovinou *Ledan TAI*, v případě subtilnějších nátěrů cca 5% vodnou disperzi akrylátového polymeru *Primal WS24*.
- Hloubková konsolidace uvolněných omítkových vrstev injektážní hydraulickou maltovinou *Ledan TAI*. Maltovina bývá dle zkušeností případně modifikována plavenou křídou max. v poměru 2 obj. díly *Ledanu TAI* : 1 obj. díl plavené křídou.
- Tmelení do úrovně mělkých defektů středověké omítky se zřetelem na respektování barevnosti a struktury původní omítkoviny. Pro tmelení bude použita vápenno-písčítá maltovina o hmotnostních poměrech vápna a písku 1 : 4–4,5. Distribuce jednotlivých frakcí zrn kameniva pro tmelení bude připravena na základě výsledků síťové analýzy originální středověké omítky s vynecháním největších frakcí nad 4 mm.
- Retuš tmelů sjednocující jejich barevnost s barevností středověké omítky v netmelených mělkých defektech. Barevnost středověké omítky v netmelených mělkých defektech pravděpodobně mírně ztmavne vlivem strukturální konsolidace. Pro zesvětlující retuš bude vhodné použít vápenné mléko, případně s přísadkou práškových zemitých pigmentů.
- Retuš injektážní maltoviny *Ledan TAI* viditelné nad úrovní nově provedených tmelů na vnitřní straně defektů v místech konsolidovaných vápenných nátěrů s barevnou vrstvou a omítkových vrstev. Pro retuš bude vhodné použít akvarelové barvy nejvyšší kvality fa *Schmincke* nebo *Winsor & Newton*.
- Přípustná je nápodobivá retuš sond s částečně odstraněnou středověkou malbou v partiích polofigur v arkádách ve spodním pásu maleb akvarelovými barvami nejvyšší kvality fa *Schmincke* nebo *Winsor & Newton*.

## 2.5 Restaurování, postup prací

Na základě restaurátorského průzkumu, stanovení základních cílů a koncepce restaurování a zkouškách materiálů a technologií byly navrženy postupy restaurátorských prací. Postupy byly schváleny památkovým dozorem Mgr. Petrem Severou z NPÚ ú. o. p. Telč a podpořeny oponentem diplomové práce, historikem umění specializujícím se na nástěnné malby PhDr. Jakubem Vítovským z NPÚ, ú. p. Praha.

### 2.5.1 Celoplošné čištění malby a ztenčení nepůvodních retuší a přemaleb

Prvním krokem bylo vyčištění povrchu malby od hrubých nečistot (např. prach a pavučiny) jemným vlasovým štětcem.

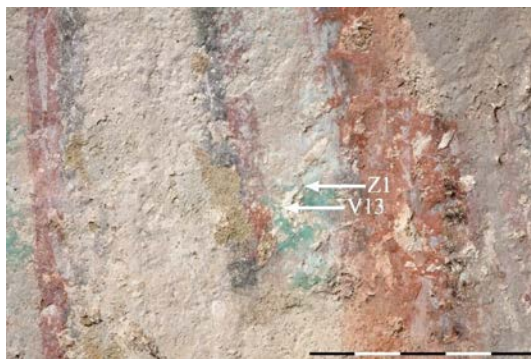
Druhým krokem bylo čištění silněji deponovaných prachových nečistot a zároveň ztenčení retuší a přemaleb z r. 1956 roztokem teplé deionizované vody s 0,05% neionickým tenzidem *Alvol OMK* za použití měkké houby *Viskovita*. Čištění nenarušilo uvolněnou a popraskanou barevnou vrstvu a nezpůsobilo další poškození. Po čištění se malba svým charakterem, barevností a ultrafialovou luminiscencí přiblížila nepřemalovaným fragmentům malby, nalezeným v rámci sondážního průzkumu pod dodatečnými mladšími vrstvami.

Přesný postup čištění byl následující: houba byla smočena v teplém roztoku deionizované vody s tenzidem a pomocí přítlaků (tupování) byla vyčištěna určitá plocha (cca 10 cm<sup>2</sup>). Poté byla houba vymáčána v čistě teplé deionizované vodě. Nakonec byla čištěná plocha opakovaně vymyta čistou teplou deionizovanou vodou. Čištěné místo bylo vysušeno bavlněnou vatou.

Třetím krokem bylo mechanické čištění malby od nejrůznějších nepůvodních silnějších vrstev, kapek a stříkanců, většinou na vápenné bázi a odstraňování silnějších pastóznějších vrstev přemaleb a retuší pomocí štětínového štětce, skalpelu či šídla.

#### 2.5.1.1 Mikroskopického pozorování povrchu barevné vrstvy po čištění

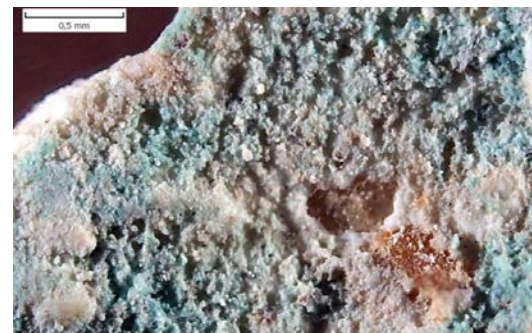
Na počátku čištění a ztenčování retuší a přemaleb byly odebrány vzorky vápenných nátěrů s barevnou vrstvou pro ověření míry mechanického namáhání barevné vrstvy při čištění. Tyto vzorky s již čištěnou barevnou vrstvou o minimálních velikostech (cca 3 mm<sup>2</sup>) byly odebrány ze stejných míst jako vzorky odebrané před restaurováním pro chemicko-technologické analýzy. Odběr byl uskutečněn v místech již silně uvolněných vápenných nátěrů s barevnou vrstvou, v žádném případě nebyly odebrány intaktní vrstvy. Povrchy jednotlivých vzorků barevné vrstvy před čištěním a po čištění ze stejných oblastí malby byly mikroskopicky srovnávány. Pozorování provedla Ing. Tereza Tribulová na Ústavu chemické technologie restaurování památek VŠCHT Praha, metodika je uvedena v textové příloze [text. příloha 7.2.1.9]. Subjektivní zhodnocení efektivity čištění a míry úbytku barevné vrstvy je uvedeno u následujících fotografií [Obr. 127., 128., 130., 131.].



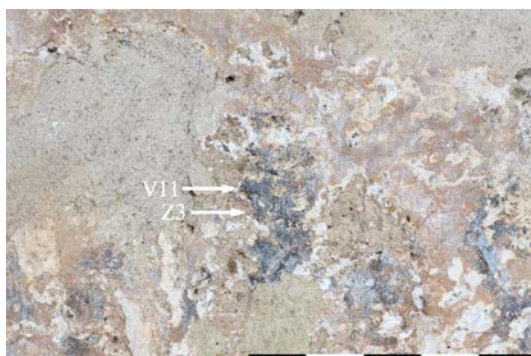
**Obr. 126.** Vz. V13 (před restaurováním), vz. Z1 (po čištění a ztenčení retuší a přemaleb) – místa odběru, zelené partie šatu sv. biskupa.



**Obr. 127.** Vz. V13 (před restaurováním) – mikroskopické pozorování povrchu, zelené partie šatu sv. biskupa. Obr. převzat viz. Tribulová, 2012<sup>124</sup> a upraven.



**Obr. 128.** Vz. Z1 (po čištění a ztenčení retuší a přemaleb) – mikroskopické pozorování povrchu, zelené partie šatu sv. biskupa. "Čištění je možné označit za účinné (s odstraněním nežádoucích povrchových depozitů a bez ztráty barevné vrstvy)." <sup>125</sup>



**Obr. 129.** Vz. V11 (před restaurováním), vz. Z3 (po čištění a ztenčení retuší a přemaleb) – místa odběru, černé partie šatu donátora.



**Obr. 130.** Vz. V11 (před restaurováním) – mikroskopické pozorování povrchu, černé partie šatu donátora. Obr. převzat viz. Tribulová, 2012 a upraven.

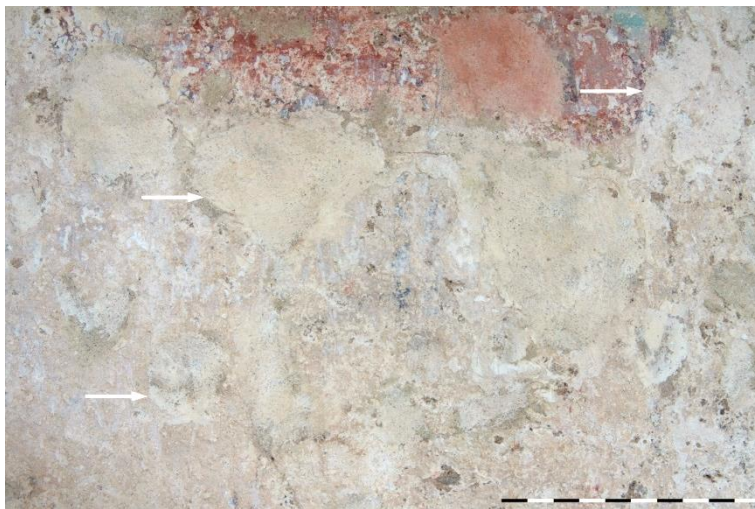


**Obr. 131.** Vz. Z3 (po čištění a ztenčení retuší a přemaleb) – mikroskopické pozorování povrchu, černé partie šatu donátora. "Povrch barevné vrstvy byl zbaven velkých nánosů nečistot a anorganických krust, nedošlo ke ztrátě barevnosti – naopak byla barevnost znovu odkryta). Snímek se vzorkem Z3 však na povrchu stále ukazuje drobné zbytky nečistot." <sup>126</sup>

## Fotografie pracovního postupu



**Obr. 132.** Postup cel plošného čištění povrchových nečistot a ztenčování přemaleb, šat sv. Doroty. Detail přítlačů (tupování) houby Viskovita smočené v čisticím roztoku.



**Obr. 133.** Příklady hutnějších bílých retuší tmelů z r. 1956 (viz. šipky), šat sv. biskupa – před čištěním. Retuše nebylo možné ztenčit v rámci cel plošného čištění a byly mechanicky ztenčovány v průběhu odstraňování tmelů.



**Obr. 134.** Šat sv. biskupa – po mechanickém odstranění retuší a tmelů z r. 1956 a strukturální a hloubkové konsolidaci [srov. Obr. 133.].



## 2.5.2 Povrchová konsolidace zpráškovatělé barevné vrstvy

Sprašující se barevná vrstva byla celoplošně fixována 1,5% koloidním roztokem *Klucehu G* v etanolu 3–5×. Aplikace byla prováděna mechanickým rozprašovačem. Barevná vrstva, nově nalezená pod odkrytými nepůvodními vrstvami, byla konsolidována dodatečně napuštěním pomocí laboratorní plastové pipety.

## 2.5.3 Odstranění nepůvodních tmelů a vrstev

Poté, co byly celoplošným čištěním zviditelněny veškeré tmely provedené r. 1956, bylo přistoupeno k jejich odstraňování. Částečně odstraněny byly také novodobé omítky, které zasahovaly do restaurované malby v její nejvrchnější části pod klenbou a na východní straně při okenní zadržce. Novodobé omítky byly odstraněny do vzdálenosti cca 2,5–3 cm od okraje nástěnné malby. Přesná šíře a hloubka odstranění vyplynula z jejich soudržnosti a také z potřeby konsolidace odhalených středověkých omítkových vrstev. Tmely a novodobé omítky byly nejprve vlhčeny vodou pro jejich změkčení a dále byly odstraňovány mechanicky mikrobruskou, skalpelem a šídlem. Tvrdé části novodobé omítky v oblastech pod klenbou byly odvrátány. Mechanicky částečně odstraněny byly také lokální pozůstatky překrývajících vápenných nátěrů. Středověké omítkové a nátěrové vrstvy byly v průběhu odstraňování nepůvodních vrstev strukturálně a hloubkově konsolidovány.

### Fotografie pracovního postupu



**Obr. 135.** Detail rozhraní prostřední a pravé polofigury – před restaurováním. Uprostřed fotografie vidíme retušovaný tmel z r. 1956.



**Obr. 136.** Detail rozhraní prostřední a pravé polofigury – v průběhu odstraňování tmelů. Postup vlhčení tmelů pro jejich změknutí.



**Obr. 137.** Detail rozhraní prostřední a pravé polofigury – v průběhu odstraňování tmelů. Postup mechanického odstraňování tmelů.



**Obr. 138.** Detail rozhraní prostřední a pravé polofigury – po odstranění tmelů. Postup lokální povrchové konsolidace nově nalezené barevné vrstvy.



**Obr. 139.** Levá část severní stěny presbytáře – před restaurováním [srov. Obr. 140.].



**Obr. 140.** Levá část severní stěny presbytáře – grafický zákres odstraněných a ponechaných nepůvodních vrstev a tmelů.

#### Legenda



Odstraněné překryvné vápenné vrstvy, tmely peků a defektů z r. 1956 a části novodobých omítek.



Ponechané překryvné vrstvy, tmely peků a defektů a novodobé omítky v partiích, které nebyly určeny k restaurování.

## 2.5.4 Dočasná izolace barevné vrstvy

Na vybraná místa byl v průběhu odstraňování nepůvodních tmelů a vrstev a strukturální a hloubkové konsolidace omítkových a nátěrových vrstev aplikován cyklododekan ve spreji. (alicyklická nepolární sloučenina). Tento prostředek sloužil jako ochrana malby před případným znečištěním injektážní maltovinou, pro utěsnění trhlinek a dočasnou konsolidaci křehkých vápenných nátěrů s barevnou vrstvou. Cyklododekan byl aplikován před hloubkovou konsolidací na silně destruovaná místa, kde bylo nutné provést ochranné přeplepy, ale také preventivně na vybraná místa v oblasti figur a partií s intenzivní barevností. Cyklododekan vytěkal do jednoho týdne beze zbytku a jeho použití se na malbě nijak neprojevalo.

### Fotografie pracovního postupu



**Obr. 141.** Detail rozhraní středního a horního malovaného pásu – v průběhu odstraňování tmelů, strukturální a hloubkové konsolidace. Po aplikaci cyklododekanu ve spreji.



**Obr. 142.** Detail rozhraní středního a horního malovaného pásu – po odstraňování tmelů, strukturální a hloubkové konsolidaci [srov. Obr. 141.]. Cyklododekan vyprchal beze zbytku a beze změn povrchu malby.

## 2.5.5 Ochranné přelepy uvolněných omítkových a nátěrových vrstev

Havarijně uvolněné omítkové a nátěrové vrstvy, které hrozily odpadnutím, musely být před následnou strukturální a hloubkovou konsolidací zajištěny ochranným přelepem japonského papíru *Mino Tengujo* 9 g / m<sup>2</sup> pomocí adheziva cca 5% *Klucelu G* v etanolu. Jedná se o stejný materiál, kterým byla malba povrchově konsolidována.

Japonského papíru *Mino Tengujo* 9 g / m<sup>2</sup> se používají v restaurování a svou gramáží jsou ideální pro ochranné přelepy křehké a destruované nástěnné malby s přirozeně nerovným povrchem.

## 2.5.6 Strukturální konsolidace nesoudržných omítkových vrstev

Po odstranění tmelů a novodobých omítek a také v průběhu jejich odstraňování byl povrch odhalené nesoudržné a drolicí se středověké omítky konsolidován 5–10% křemičitým nanosolem v etanolu *Sebosilem S*. Povrch byl napouštěn do maximálního nasycení injekční stříkačkou a plastovou laboratorní pipetou. Po určitém čase, dokud byla omítka stále vlhká, byla aplikace opakována. Veškerá odhalená omítka byla napouštěna min. 1 ×, silně nesoudržná omítka byla napouštěna až 3–4 ×. Omítka byla konsolidována také v hloubce před hloubkovou konsolidací uvolněných omítkových vrstev skrze vyvrtané vstupy pro injektáže.

### Fotografie pracovního postupu



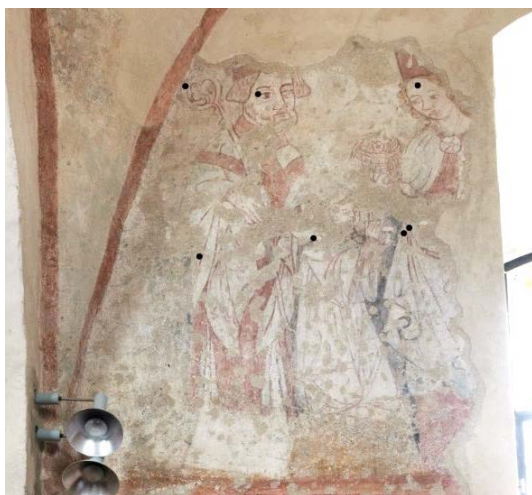
**Obr. 143.** Detail rozhraní prostřední a pravé polofigury – v průběhu strukturální konsolidace odhalených nesoudržných omítek po odstranění tmelů.

## 2.5.7 Hloubková konsolidace uvolněných omítkových vrstev

V průběhu odstraňování tmelů a novodobých omítek byly dutiny a uvolněné omítkové vrstvy, především v okolí defektů a prasklin, hloubkově přichyceny tekutou hydraulickou maltovinou *Ledan TAI*, změkčenou plavenou křídou v poměru 2 : 1. *Ledan TAI* je speciální injektážní maltovina na bázi hydraulického vápna určená pro restaurování. Jedná se o směs pojiva, křemičité moučky extrémně nízké frakce, velmi jemně mletých pucolánů, ztekucovače a složky tvořící póry.<sup>127</sup> Křída plavená malířská je mletý přírodní uhličitán vápenatý s přidávkem 0,1 % pomocných látek.<sup>128</sup> K *Ledanu TAI* byla přidána pro změkčení a snížení pevnosti výsledné směsi.

Aplikace byla prováděna injekční stříkačkou. Při okrajích mnohých novodobých tmelů, především v horním pásu maleb, byly středověké omítkové a nátěrové vrstvy enormně uvolněné a bez jejich

předběžného zajištění většinou nebylo možné novodobé tmely a omítky odstranit. Uvolněné vrstvy byly hloubkově konsolidovány skrze praskliny a defekty omítkových a nátěrových vrstev aj., v oblastech defektů byly vyvrtávány vstupy pro injektáže. Na vybraných havarijně uvolněných místech musela být perforovaná barevná vrstva, vstupy pro injektáže zde byly vyvrtány ve velikosti maximálně 3–4 mm<sup>2</sup>. Tato místa byla graficky vyznačena [Obr. 144.].



**Obr. 144.** Horní malovaný pás – grafický zakres míst perforace barevné vrstvy (viz. černé tečky) z důvodu hloubkové konsolidace havarijně uvolněných vrstev.

### 2.5.8 Hloubková konsolidace uvolněných nátěrových a barevných vrstev

Uvolněná barevná vrstva provedená technikou a secco především při okrajích defektů a kolem drobných prasklinek byla přichycena zpět k podkladu 3–5% etherem celulózy *Klucelem G*. Na uvolnění, která nebyla úspěšně přichycena *Klucelem G*, byla lokálně použita 3–5% vodná disperze akrylátového polymeru *Primal WS24*. Tato disperze byla použita také na subtilnější, slaběji uvolněné vápenné nátěry s barevnou vrstvou. Silnější uvolněné vápenné nátěry byly konsolidovány tekutou hydraulickou maltovinou *Ledan TAI*, změkčenou plavenou křídou v poměru 2 : 1. *Ledanem TAI* s plavenou křídou byly také preventivně zajištěny vybrané oblasti vápenných nátěrů s barevnou vrstvou v okolí defektů a prasklin.

#### Fotografie pracovního postupu



**Obr. 145.** Detail rozhraní prostřední a pravé polofigury – v průběhu hloubkové konsolidace uvolněných vápenných nátěrů s barevnou vrstvou.

## 2.5.9 Tmelení defektů omítkových vrstev

Defekty středověkých omítek byly tmeleny pod úroveň povrchu malby do úrovně netmelených mělkých defektů středověké omítky. Respektována byla barevnosti a struktura středověké omítkoviny. Svrchní pohledová vrstva tmeľů byla provedena nanesením maltoviny mírně nad úroveň povrchu malby (aniž by do této malby zasahovala) a po zavadnutí a mírném vyschnutí stržením skalpelem a kovovou špachtlí.

Pro tmelení byla použita vápenno-písčítá maltovina v poměru 1 objemový díl vápenné kaše ze vzdušného vápna fa *Aqua obnova staveb* se 4,3 objemovými díly směsi říčních písků "růžového", "okrového" a "šedého" ze skladů FR UPCE. Distribuce jednotlivých frakcí zrn písků pro tmelení byla připravena na základě výsledků síťové analýzy původní středověké omítky<sup>129</sup> s vynecháním největších frakcí nad 4 mm. Tyto největší frakce byly přidány pouze do spodních vrstev hrubých tmeľů při tmelení hlubších defektů. Zastoupení jednotlivých nejjemnějších frakcí > 1 mm bude imitováno rozdělením na frakce < 0,5 a > 0,5 mm. Jednotlivé frakce písků byly připraveny pomocí přesívání přes síta s předem zvolenou velikostí ok [Tab. 1.].

<b>Tab. 1. Receptura na přípravu maltoviny ke tmelení</b>	
<b>Materiál</b>	<b>Množství</b>
<b>Příprava frakcí kameniva vybraných písků pomocí užití sít s různou velikostí ok</b>	
Frakce < 0,5 mm	50 dílů (hm.)
Frakce 0,5–1 mm	15,7 dílů (hm.)
Frakce 1–2 mm	12,4 dílů (hm.)
Frakce 2–4mm	7,3 dílů (hm.)
Frakce 4 mm	5,8 dílů (hm.)
<b>Příprava maltoviny smísením vzdušného vápna a připravených písků v poměru 1 : 4,3</b>	
"Růžový" písek	3 díly (obj.)
"Okrový" písek	3 díly (obj.)
"Šedý" písek	0,5 dílu (obj.)
Vzdušné vápno	1,5 dílu (obj.)

### Fotografie pracovního postupu



**Obr. 146.** Detail rozhraní prostřední a pravé polofigury – v průběhu tmelení. Vidíme spodní vrstvu hrubého tmelu.



**Obr. 147.** Detail rozhraní prostřední a pravé polofigury – v průběhu tmelení. Postup tmelení svrchní finální vrstvy tmelu. Maltovina byla nanášena výškově nad úroveň povrchu malby a po mírném vyschnutí byla stržena.



**Obr. 148.** Detail rozhraní prostřední a pravé polofigury – po tmelení.

### 2.5.10 Retuše omítkových vrstev a nově provedených tmelů

Konsolidací mírně ztmavlé povrchy mělkých defektů středověké omítky byly zesvětleny suspenzí vápenného mléka s přidávkem práškových anorganických zemitých pigmentů Francouzského okru světlého a Zlatého okru světlého fa *Art-protect*. Stejným retušovacím médiem byly upraveny také některé nově provedené tmely. Ačkoliv při zkouškách bylo docíleno požadované barevnosti tmelů, odpovídající barevnosti nekonsolidované středověké omítky, po celoplošném tmelení byly některé z tmelů tmavší a měly jinou barevnost. Z těchto důvodů byla sjednocena barevnost tmavších tmelů s barevností středověké omítky. Dále byly zesvětleny ty tmely, které se vůči celku malby projevovaly tmavěji.

Retušována byla také bílá injektážní maltovina na vnitřní straně defektů v místech konsolidovaných omítkových vrstev a vápenných nátěrů. Tyto pozůstatky se nalézaly pod úrovní povrchu malby nad úrovní nově provedených tmelů. Nijak nezasahovaly povrch malby, viditelné byly pouze z důvodů tmelení pod úroveň povrchu malby. Injektážní maltovina byla retušována lokální retuší do barevnosti světlejšího tónu nových tmelů. Pro retuš byly použity akvarelové barvy *Winsor & Newton Artists' Water Colour*. Pojivem je arabská guma z Africké lokality Kordofan, pigmenty jsou kvalitní práškové.<sup>130</sup> Jako barevné tóny byly zvoleny ty, které obsahovaly anorganické zemité pigmenty, stálé na světle a v alkalickém prostředí.

## Fotografie pracovních postupů



**Obr. 149.** Detail rozhraní prostřední a pravé polofigury – v průběhu retušování. Postup sjednocování barevnosti vybraných nově provedených tmelů zesvětlujícím médiem (aplikace viz. horní vlhká část tmelu).



**Obr. 150.** Detail rozhraní prostřední a pravé polofigury ve spodním pásmu maleb – po retuších a restaurování [srov. Obr. 149.].



**Obr. 151.** Detail prostřední polofigury – v průběhu retušování. Postup retušování bílé injektážní maltoviny po konsolidaci vápenných nátěrů na vnitřní straně defektů.

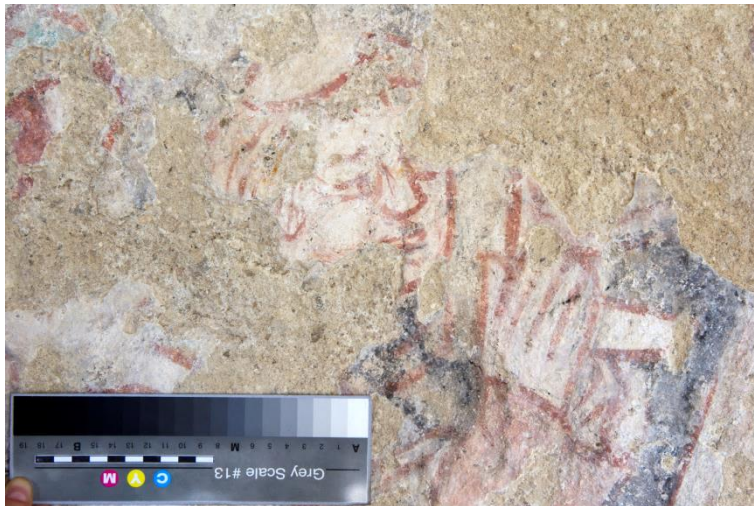


**Obr. 152.** Detail prostřední polofigury – po retuších a restaurování [srov. Obr. 151.].



**Obr. 153.** Detail obličeje donátora – v průběhu retušování. Bílá injektážní maltovina na vnitřní straně defektů je již částečně retušována.





**Obr. 154.** Detail obličeje donátora – po retuších a restaurování [srov. Obr. 154.].

### 2.5.11 Retuše barevných vrstev

Na závěr restaurování bylo rozhodnuto retušovat sondy pod středověkou nástěnnou malbu z r. 2010 o velikostech  $2 \times 7$  cm,  $2,5 \times 22$  cm a  $2,5 \times 10$  cm v partiích polofigur v arkádách. Místa částečně odstraněné středověké malby byla zcelena barevnou lokální retuší provedenou tečkováním. Použity byly akvarelové barvy *Winsor & Newton Artists' Water Colour*.

#### Fotografie pracovních postupů



**Obr. 155.** Polofigury v arkádách – grafický zakres míst retušovaných sond pod středověkou malbu (vyznačeno modře).



**Obr. 156.** Detail rozhraní prostřední a pravé polofigury – po retuších a restaurování. Vidíme tečkovaně retušované sondy, prostřední a dolní.

## 2.6 Doporučení pro uchování nástěnných maleb

Pro zachování stavu zrestaurované malby je nutné zajistit odpovídající podmínky, které zabrání předčasnému poškození a znehodnocení. V objektu je nutné provést sanační opatření pro řešení v současné době naprosto nežádoucích klimatických podmínek [více kap. 2.2.3]. Je nutné postupovat podle odborných doporučení klimatologa ve spolupráci s technologem v oboru restaurování nástěnných maleb. Z obecných doporučení je nutné jmenovat především udržování stabilní teploty a relativní vzdušné vlhkosti v objektu a zamezení jejich prudšímu kolísání. Teplota by neměla klesnout pod 5°C a hodnoty relativní vzdušné vlhkosti by se měly pohybovat mezi 50–60 % a neměly by být vyšší. Jakékoliv úpravy klimatu objektu musí být pozvolné, aby nedošlo k prudkým změnám teploty a relativní vzdušné vlhkosti. Objekt musí být chráněn proti přímému zatékání, kondenzaci a jiným druhům nežádoucích vlhkosti. Dále je nutné zajistit takové klima v objektu, aby nedocházelo k mikrobiologické degradaci a rekrystalizaci vodorozpustných solí. V objektu musí cirkulovat čistý vzduch, např. správným režimem větrání.

Dále je nutné zamezit jakémukoli neodbornému přímému kontaktu s povrchem malby a především neodborné opravě, údržbě, omývání, otírání apod., byť jakkoliv dobře míněné. K té musí být přizván pouze restaurátor nástěnných maleb<sup>131</sup>. Také veškeré stavební, malířské aj. práce v objektu, dotýkající se malby či jejího nejbližšího okolí, musí být provedeny pod dozorem restaurátora uměleckých děl nástěnné malby nebo mu svěřeny.

V případě, že nebudou dodržovány výše zmíněné podmínky pro zachování bezvadného stavu zrestaurovaných nástěnných maleb, není možné tento jejich stav do následujících let zaručit.

Doporučujeme provádět pravidelnou kontrolu stavu nástěnných maleb a objektu, ve kterém se nachází, restaurátorem malířských uměleckých děl nástěnné malby, technologem v oboru restaurování nástěnných maleb nebo zástupcem NPÚ.

## 2.7 Použité materiály a technologie

Seznam materiálů a technologií použitých autorkou dokumentace pro průzkum a restaurování jsou uvedeny v textové příloze [text. příloha 7.2.3].

### **3 TEORETICKÁ ČÁST DIPLOMOVÉ PRÁCE – ODOLNOST KONSOLIDANTŮ KLUCEL G A PRIMAL WS 24 PROTI PLÍSNÍM**

#### **3.1 Představení práce**

Teoretická část diplomové práce se zabývá zhodnocením a srovnáním odolnosti konsolidantů barevné vrstvy *Klucelu G* a *Primalu WS 24* proti plísním. Tyto konsolidanty byly vybrány také pro restaurování středověkých nástěnných maleb v kostele sv. Bartoloměje v Pošné. Práce je rozdělena na část rešeršní část a experimentální. Rešeršní část se věnuje základním principům mikrobiologické degradace polymerních látek, představení základních vlastností vybraných testovaných konsolidantů, jakožto polymerních materiálů, a literární rešerší ke srovnání jejich mikrobiologické odolnosti. Experimentální část prezentuje laboratorní testování odolnosti vybraných konsolidantů proti plísním, které probíhalo podle příslušných norem ve spolupráci s odborným garantem práce PhMr. Bronislavou Bacílkovou z Biologické laboratoře Oddělení péče o fyzický stav archiválií Národního archivu v Praze.

## 3.2 Slovníček základních pojmů

**Biodegradace** – souhrn nežádoucích změn vlastností, ke kterému dochází činností živých organismů, tzv. **biodeteriogenů**, mezi něž náleží 1) mikroorganismy (bakterie, plísňe, kvasinky, řasy)<sup>132</sup> a 2) makroorganismy (houby, lišejníky, rostliny a živočichové).

**Enzym** – jednoduchá či složená strukturálně vysoce specializovaná bílkovina, která katalyzuje biochemické procesy v živých organismech.

**Inkubace** – období mezi stykem biodeteriogenu s materiálem a následným vývojem biodeteriogenů (biodegradací).<sup>133</sup>

**Inokulace** – vpravení určitého množství mikroorganismů do daného prostředí; jinými slovy naočkování.

**Kolonie** – útvar, jež vznikne vývojem jednoho mikroorganismu, např. v případě plísní (mikroskopických hub) vývojem jedné spory ve vlákno a v mycelim. Každý mikrobiální druh vytváří charakterem a vlastnostmi specifické kolonie.<sup>134</sup>

**Kontaminace** – dočasná přirozená přítomnost mikroorganismů v materiálu.<sup>135</sup>

**Kultivace** – cílené udržování či rozmnožování mikroorganismů za specifických podmínek in vitro. V podstatě se jedná o specificky řízenou inkubaci mikroorganismů.

**Mycelium** – rozvětvená vláknitá struktura mikroorganismů z říše hub (Fungi); jinými slovy podhoubí.<sup>136</sup>

**Mikrobiologická degradace** – biodegradace způsobená mikroorganismy.

**Mikroorganismus** – vysoce adaptibilní mikroskopicky pozorovatelný živý organismus. Pro svůj růst potřebuje, jako jiné organismy, živiny a energii, které získává rozkladem substrátu pomocí enzymů.

**Polymer** – makromolekulární látka složená z velkého počtu monomerních jednotek vázaných chemickými vazbami do dlouhých řetězců.<sup>137</sup> Polymerní látky jsou svým původem 1) přírodní (např. celulóza), 2) přírodní synteticky modifikované (např. deriváty celulózy) a 3) syntetické (např. akrylátové polymery).

**Spora** – výtrus, jež slouží k rozmnožování mikroorganismu produkovaný jeho rozmnožovacími orgány v průběhu procesu zvaném **sporulace**. Spory a způsob sporulace jsou svým charakterem a vlastnostmi specifické pro jednotlivé mikrobiální druhy.<sup>138</sup>

**Živná půda** – speciálně připravená matérie vhodná pro kultivaci mikroorganismů v mikrobiologii

## 3.3 Literární rešerše

### 3.3.1 Mikrobiologická degradace polymerních látek <sup>139</sup>

Cílem této kapitoly je stručné uvedení dané problematiky. Kapitola si neklade za cíl zabývat se tématem biodegradace uměleckých děl a památek v celé své šíři, ani podrobně studovat veškeré biodeteriogeny. Tato témata jsou zastoupena v literatuře <sup>140</sup> a také ve studentských závěrečných pracích Fakulty restaurování Univerzity Pardubice <sup>141</sup>. Vzhledem k tématu své experimentální části této diplomové práce se pokusím stručně zhodnotit téma mikrobiologické degradace polymerních látek.

#### 3.3.1.1 Rozdělení mikroorganismů

##### Rozdělení podle nároků na přítomnost kyslíku

Mikroorganismy jsou schopny růst a množit se či přežít v nejrůznějších podmínkách životního prostředí. Jedna z kategorizací rozděluje mikroorganismy podle potřeby molekulárního kyslíku v životním prostředí a jeho přesné koncentraci. Dvě základní množiny mikroorganismů jsou: 1) aerobní mikroorganismy, které potřebují ke svému životu kyslík a 2) anaerobní mikroorganismy, které ke svému životu kyslík nepotřebují. Aerobní procesy podporují větší množství mikrobiologického růstu a mikrobiologické populace a dávají větší množství energie, než procesy anaerobní. <sup>142</sup>

##### Rozdělení podle nároků na živiny

Mikroorganismy jsou děleny také podle způsobu získávání živin a energie. V základu je možné mikroorganismy rozdělit do dvou skupin: 1) heterotrofní mikroorganismy, jež získávají živiny a energii z organických látek živočišného či rostlinného původu, které pocházejí z jiných organismů či z jejich odpadních produktů. Do této kategorie patří např. plísňe, kvasinky a určité skupiny bakterií. <sup>143</sup> Polymerní látky jsou obecně potencionálními substráty pro heterotrofní mikroorganismy. 2) autotrofní mikroorganismy, které jsou schopny syntetizovat organické látky jako zdroj živin z látek anorganických (voda, oxid uhličitý a anorganických sloučeniny dusíku) za využití vnější energie, obvykle sluneční. K autotrofním mikroorganismům náleží určité skupiny bakterií a řasy. <sup>144</sup>

#### 3.3.1.2 Životní podmínky mikroorganismů

##### Obecné předpoklady

Je nutné rozlišovat mezi podmínkami, ve kterých jsou mikroorganismy schopny neaktivně přežít, jejichž rozsah je velmi široký, a podmínkami, ve kterých jsou schopny aktivně růst a množit se. Pro růst mikroorganismů jsou potřeba 1) optimální vnější podmínky, které se týkají především hodnot relativní vzdušné vlhkosti a teploty a dále přístupu světla, proudění vzduchu aj., 2) vnitřní podmínky, k nimž patří obsah vlhkosti v substrátu, teplota rosného bodu, pH substrátu a zdroje výživy – organické látky (uhlík), minerální prvky aj. <sup>145</sup>

Růst mikroorganismů je pozorován v širokém spektru podmínek při teplotách od  $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$  do  $+116\text{ }^{\circ}\text{C}$ ; v kyselém, neutrálním i alkalickém pH; v čistém i solemi téměř nasyceném prostředí, v prostředí s vysokými dávkami UV záření a též v prostředí s minimální koncentrací živin, jako např. v pitné a čisté vodě.<sup>146</sup> Obecnými optimálními podmínkami pro růst většiny mikroorganismů jsou vyšší teploty  $15\text{--}30\text{ }^{\circ}\text{C}$  a vyšší relativní vlhkost prostředí nad  $65\text{--}70\%$ . Naopak studené a suché prostředí není pro růst mikroorganismů optimální. Substráty, které jsou schopné zadržovat vodu, např. porézní materiály, materiály se strukturovaným povrchem atd. podporují růst mikroorganismů. Světelné záření je zdrojem energie pro fototrofní mikroorganismy (řasy a některé druhy bakterií, např. sinice). Pro růst většiny ostatních mikroorganismů není přímé sluneční záření žádoucí.<sup>147</sup> Růst většiny mikroorganismů dále potlačují vysoká koncentrace solí, příliš vysoké či příliš nízké hodnoty pH a silné proudění vzduchu. Plynné složky atmosférických polutantů v ovzduší (oxidy síry, dusíku, uhlíku, ozón, sulfan, amoniak a kyselé složky) růst většiny mikroorganismů inhibují,<sup>148</sup> vyjma např. některých typů nitrifikačních a sulfurikačních bakterií.

Nejsnáze biologicky degradovatelné jsou přírodní polymery. Přírodní synteticky modifikované polymery jsou degradovatelné v závislosti na dané modifikaci. Syntetické polymery jsou obecně nejvíce odolné mikrobiologické degradaci. Degradovatelné jsou tím snáze, čím jsou svou strukturou bližší polymerům přírodním.<sup>149</sup>

### **Bakterie**<sup>150</sup>

Bakterie jsou jednobuněčné mikroorganismy, zahrnující heterotrofní i autotrofní jedince. Většina bakterií patří mezi fakultativně anaerobní mikroorganismy, které rostou a množí se v přítomnosti kyslíku, ale jsou toho schopny i bez něj.<sup>151</sup> Bakterie se množí nejčastěji nepohlavně příčným dělením, některé druhy pučením. Celkový počet bakterií je odhadován k  $10^7\text{--}10^9$  druhů, jejich životní podmínky se proto nedají zobecnit a jsou velmi široké. Přesto dle literatury optimální životní podmínky pro růst většiny bakterií jsou teploty v rozmezí  $5\text{--}35\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,  $70\text{--}80\%$  RH, neutrální až mírně alkalické pH a omezení přímého slunečního světla.<sup>152</sup>

### **Plísňe**

Plísňe je laické označení pro mikroskopické vláknité organismy z říše hub (Fungi). Jedná se o heterotrofní a z většiny aerobní mikroorganismy. V současné době je známo více než 100 000 kmenů plísňí, které patří nejčastěji do rodů *Aspergillus*, *Penicillium*, *Cladosporium* a *Fusarium*.<sup>153</sup> Základní strukturou plísňí jsou vláknité útvary hyfy, které za vhodných podmínek vytváří shluk vzájemně propletených vláken, zvaný mycelium (podhoubí). V myceliu vznikají rozmnožovací orgány, které produkují výtrusy (spory). Životní cyklus plísňí počíná klíčením spor v hyfy, k čemuž je potřeba především vysoká vlhkost nad  $85\%$  a teplota nad  $18\text{--}30\text{ }^{\circ}\text{C}$ . V době klíčení získávají hyfy živiny ze spor. K dalšímu vývoji a růstu rozmnožovacích orgánů a spor již není potřeba tak vysoká vlhkost, ale především dostatek živin ze substrátu. Plísňe preferují mírně kyselé pH životního prostředí.<sup>154</sup> Sluneční světlo má jistý význam pro růst plísňí, obecně však přímé sluneční záření není žádoucí. Zhoubné je UV záření o vlnových délkách pod  $310\text{ nm}$ .<sup>155</sup>

## Řasy

Velká skupina řas jsou autotrofní organismy využívající pro svůj růst sluneční energii (fotosyntéza) nebo energii získanou oxidací anorganických látek (chemosyntéza). Vyskytují se též řasy heterotrofní. K životu potřebují dostatek vlhkosti. Optimální pH je neutrální až mírně zásadité 7–9. Životu v omezených podmínkách (především suchu) se některé řasy dokázaly přizpůsobit symbiózou s houbami a jsou součástí tzv. lišejníků.<sup>156</sup> Nejrozšířenější skupinou z řas jsou zelené řasy, které jsou již vývojově příbuzné vyšším rostlinám. V přírodě hojně zastoupeny, např. ve sladkých vodách, mořích, v povrchových vrstvách půdy, na stromech, kamenech a také symbioticky s lišejníky.<sup>157</sup>

### 3.3.1.3 Úvod k degradaci polymerů

Polymery degradují v průběhu stárnutí obecně vlivem fyzikální, chemické a biologické degradace (více viz.<sup>158</sup>). V případě všech polymerních látek provází stárnutí materiálu a degradační procesy depolymerace (zkracování řetězců makromolekul), vznik příčných vazeb mezi štěpenými molekulami ("sít'ování"), reakce na postranních řetězcích a řetězení dalších chemických reakcí a vznik nových funkčních skupin. Produkty degradace a veškeré degradační procesy mění chemické a fyzikální vlastnosti polymeru. Stabilita komerčních polymerních přípravků vůči degradačním procesům závisí na chemickém složení a vlastnostech vlastního polymerního materiálu, ale také složení a vlastnostech aditiv a metody jejich syntézy.<sup>159</sup> Je nutné si uvědomit, že vlastnosti jednotlivých komerčních produktů stejných typů polymerů určených pro konzervaci a restaurování, jejich proces stárnutí a odolnost vůči degradaci se velmi liší. Jednotlivé komerční produkty, byť stejné svým chemickým složením, mohou být odlišné procesem výroby, charakterem surovin, čistotou výsledných produktů atd. Přidávky antioxidantů, absorbérů ultrafialového záření, fungicidů a jiných stabilizátorů pak stabilitu výsledných produktů podporuje. Pro přesná zjištění je nutné provést detailní analýzu.<sup>160</sup>

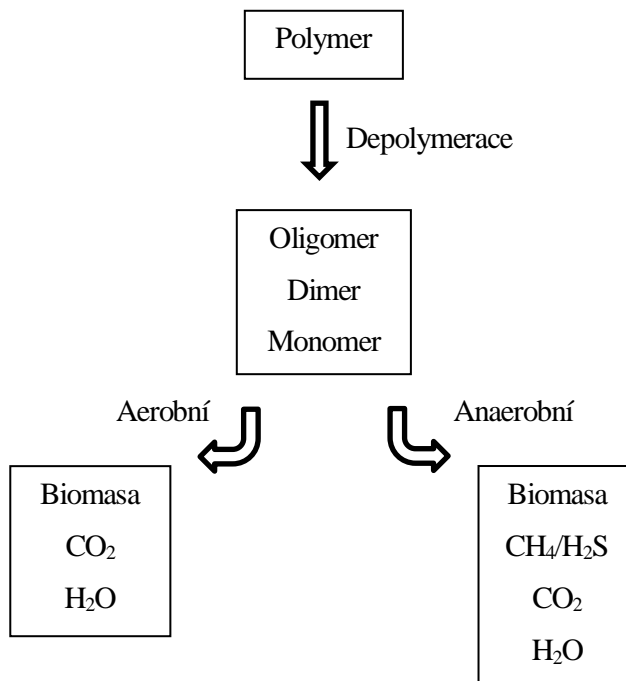
### 3.3.1.4 Základní mechanismy mikrobiologické degradace polymerních látek

Biologická degradace se projevuje fyzikálně a chemicky. Chemickou degradaci, resp. korozi je v zásadě možná rozdělit do dvou hlavních procesů: 1) Přímá degradace způsobena enzymatickým rozkladem materiálu, který je pro biodeteriogeny živnou půdou. 2) Nepřímá degradace způsobena produkty metabolismu biodeteriogenů. V tomto případě nemusí být napadený materiál nutně hlavním zdrojem živin.<sup>161</sup>

#### Přímá mikrobiologická degradace působením enzymů

V oblasti památkové péče jsou problematické především mikroorganismy se schopností extracelulárního trávení, které do substrátu vylučují trávicí enzymy, jež degradují organickou polymerní hmotu a zpětně pak resorbují tráveninu.<sup>162</sup> Tyto mikroorganismy nejsou schopné transportovat ve vodě nerozpustné vysokomolekulární řetězce polymerů přes buněčné membrány do nitra buněk, kde probíhají biochemické procesy. Z těchto důvodů vylučují do polymerního substrátu extracelulární enzymy, které štěpí polymery na kratší řetězce (oligomery, dimery a monomery) a menší molekuly s menší molekulovou hmotností, které jsou již buněčnou membránou propustné. V buňkách jsou dále enzymaticky štěpeny na zdroje uhlíku a energie.<sup>163</sup> Základním procesem

enzymatického rozkladu polymerů je depolymerace. Při tomto procesu jsou polymerní řetězce rozkládány na kratší oligomerní, dimerní a monomerní řetězce. V posledním stádiu rozkladu polymeru bývají výslednými produkty biomasa, oxid uhličitý, voda a methan nebo sulfan dle podmínek rozkladu. Polymerní látka je jen zřídka rozložena zcela, její určitá část je obvykle začleněna do biomasy, humusu a jiných přírodních produktů.



**Obr. 157.** Schéma degradace polymeru v aerobních a anaerobních podmínkách. Obr. převzat viz. Gu, 2003<sup>164</sup> a upraven.

Enzymatickým rozkladem polymerních materiálů uměleckých děl a prostředků pro restaurování dochází k chemickým změnám ve struktuře a složení materiálu. Následkem je narušení strukturální integrity materiálu, snížení molekulové hmotnosti, zhoršování fyzikálních mechanických vlastností, především ztráta pevnosti a následný rozpad.<sup>165</sup>

### Nepřímá mikrobiologická degradace působením metabolitů a růstovými procesy

Mezi sekundární produkty metabolismu (metabolity) náleží např. organické a anorganické kyseliny, antibiotika, toxiny,<sup>166</sup> sole aj. Některé z metabolitů mění pH materiálu a mohou způsobovat chemickou korozi. Jedním z metabolitů jsou také pigmenty, které mohou vyvolat těžko odstranitelné zabarvení materiálu.<sup>167</sup>

Mikroorganismy mohou vytvářet na povrchu materiálu biofilm z tenké slizké vrstvy mikroorganismů v hydratované matici, jejíž základní stavební materiál jsou extracelulární polymerní látky (EPS). Tyto látky jsou vylučovány mikroorganismy a složeny jsou z polysacharidů a proteinů. Součástí biofilmu jsou dále zachycené organické a anorganické látky (DNA, lipidy, huminové látky, hlína, oxid křemičitý, sádra, atd.).<sup>168</sup> Biofilm a jiné biologické povlaky až porosty na povrchu materiálu akumulují vlhkost a vodu, mění pH a vytváří ideální podmínky pro život jiných dalších mikroorganismů, které by v původních podmínkách nebyly schopné žít. Mikroorganismy, jejichž živnou půdou je primárně daný materiál (např. organický polymerní konsolidant nástěnné malby) se mohou v prostředí adaptovat, rozrůstat a napadat další materiály



v okolí (např. organické pojiva nástěnné malby). Prorůstání mikroorganismů do struktury materiálu je spojeno s objemovými tlaky a fyzikální degradací. Na odumřelých zbytcích některých mikroorganismů (řasy) mohou růst vývojově vyšší rostliny.

### **Příklad nepřímé mikrobiologické degradace**

Mikroorganismy nedegradují pouze materiál, který je jeho živnou půdou, ale produkty degradace mohou narušit také materiály jiné chemické podstaty. Umělecká díla a památky, např. nástěnné malby, polychromované sochy, deskové obrazy apod. jsou typické svou rozmanitou mnohvrstevnatou skladbou složenou z nejrůznějších organických i anorganických materiálů. Také restaurátorské zásahy vnášejí do díla nové materiály. Např. konsolidanty barevné vrstvy, často organické polymerní materiály jsou aplikovány jak na barevnou vrstvu pojenou organickými materiály (vaječné, klišové a kaseinové tempéry, olejové malby apod.), tak na barevné vrstvy pojené materiály anorganickými (vápenné a hlinkové secco malby). Pokud je organický materiál určitých vrstev uměleckého díla či restaurátorských zásahů napaden heterotrofními mikroorganismy, produkty jejich metabolismu, především organické a anorganické kyseliny, degradují také anorganický materiál díla. Chemické reakce mezi produkty metabolismu a materiály díla pak způsobují vznik dalších nežádoucích degradačních produktů. U nástěnných maleb se například setkáváme např. s chemoorganotrofními bakteriemi, které produkují mimo jiné kyselinu šťavelovou, která reakcí s vápenným substrátem vytváří téměř nerozpustné oxalátové soli. Ty se projevují formou zákalů a povlaků na povrchu a jsou problematicky odstranitelné.<sup>169</sup>

### **3.3.1.5 Identifikace mikrobiologického napadení<sup>170</sup>**

#### **Odebrání vzorku**

Vzorky pro průzkum mikrobiologického napadení se odebírají většinou pomocí stěrů a otisků z povrchu materiálu, ale je možné odebrat též kusový vzorek. V případě stěrů se používají speciální transportní odběrové sterilní tampóny s transportním médiem (živnou půdou) či bez něj. Nejvhodnější jsou navlhčené tampóny sterilní destilovanou vodou, fyziologickým roztokem nebo roztokem živné půdy.<sup>171</sup> Používají se také speciální pásky pro zajištění biologického materiálu otiskem (např. speciální pásky pro analýzu DNA). Odebrané vzorky by měly být transportovány v uzavíratelné sterilní nádobě. Odebraný materiál by měl být do laboratoře dopraven do určitého času v závislosti na požadavcích dané analýzy a transportním systémem (většinou od okamžitého převozu do doby 24 hod., v případě odběrných systémů s živnou půdou většinou do 48 hod.).<sup>172</sup> Je nutné vzít v úvahu, že již samotné procesy odebírání vzorků materiálu či provedení stěrů z jeho povrchu a transport těchto vzorků do laboratoře mohou výrazně změnit vztahy mezi jednotlivými komponenty mikroflóry. Výzkum, který probíhá na poli mikrobiologie v památkové péči, se proto soustředí také na metody umožňující mikrobiologickou analýzu in situ.<sup>173</sup>

#### **Kultivace na živných půdách**

K základním mikrobiologickým zkouškám je kultivace odebraných vzorků materiálu nebo stěrů z jeho povrchu na umělých pevných živných půdách a jejich následná makroskopická a mikroskopická identifikace podle typických fyziologických a morfologických vlastností. Na pevných živných půdách lze nejlépe získat "čistou" kulturu mikroorganismů, se kterou je nutné pracovat při identifikaci. Umělé živné půdy jsou připravovány z chemicky definovatelných látek

v přesně zvolených dávkách tak, aby byly zajištěny optimální podmínky pro množení mikroorganismů. Nejrozšířenější jsou živné půdy bohaté na sacharidy, bílkoviny a vitamíny v koncentracích mnohem vyšších, než s jakými bychom se setkali v přírodě (např. úplný živný agar sladinový nebo Czapek-Dox), čímž je umožněn efektivní bohatý růst mikroorganismů za krátké časové období.<sup>174</sup> Pro určení jednotlivých druhů mikroorganismů používáme selektivní živné půdy. Kultivace mikroorganismů na živných půdách je nejdostupnější, cenově příznivou a běžně využívanou metodou v konzervátorské praxi, přesto je spojena s řadou nevýhod. Kultivací na živných půdách není možné zcela simulovat reálné podmínky života mikroorganismů a získat tak přesné informace o mikroorganismech, které jsou ve skutečnosti přítomny na povrchu nebo v materiálu uměleckého díla. Volba média pro kultivaci, čas a teplota kultivace ovlivňují, které kmeny mikroorganismů budou kultivovány. Tyto metody nezohledňují pomalu rostoucí či na daném médiu nekultivovatelné mikroorganismy. Negativní nálezy pak mohou dezinterpretovat výsledky. Dle literatury je jen malá část mikroorganismů schopna být kultivována standardními postupy, problematická je především kultivace bakterií.<sup>175</sup> Mezi další negativa patří možné interakce mezi jednotlivými druhy mikroorganismů, možné kompetice s bakteriemi a vliv objemu vzorku na detekční limit.<sup>176</sup>

### **Mikroskopické pozorování**

Mikroskopicky lze pozorovat mikroorganismy přímo, nebo po jeho kultivaci na živné půdě. Makroskopickým pozorováním pouhým okem je sledován především charakter buněčných kolonií z přední i reverzní strany (tvar, barevnost a velikost), přítomnost a barva látek difundujících do okolní půdy a rychlost růstu. Mikroskopicky je možné sledovat zejména charakter mycelia, způsob jeho větvení, charakter rozmnožovacích orgánů a výtrusů, které nejsou okem viditelné.<sup>177</sup> K mikroskopickým metodám při identifikaci mikroorganismů patří především optická mikroskopie v dopadajícím světle a v procházejícím světle (transmitaci) a fluorescenční mikroskopie. Standardní pozorování pomocí mikroskopických technik obvykle nepodává informaci o tom, zda jsou mikroorganismy živé a aktivní.<sup>178</sup>

### **Analytické metody**

Mikroorganismy je možné identifikovat také různými analytickými metodami, ze skupin jednotlivých metod jmenujme především 1) chemické metody, při kterých jsou mikroorganismy identifikovány pomocí detekce metabolitů, resp. skupin metabolitů 2) fyzikální metody, při kterých jsou detekovány změny v absorpci elektromagnetického záření v oblastech vlnových délek od UV po IČ a 3) genetické metody analyzující DNA.<sup>179</sup> Mezi vysoce přesné metody, které nevyžadují klasickou kultivaci, patří např. kvantitativní analýza PCR (polymerázová řetězová reakce) pomocí extrakce DNA ze vzorku<sup>180</sup> nebo měření biologické aktivity mikroorganismů bioluminiscenční metodou pomocí luminiscenčního fotometru (luminometru). Bioluminiscenční metoda využívá detekci množství jednoho z nejdůležitějších buněčných nukleotidů adenosintrifosfátu (ATP), který obsahuje značné množství energie a je proto výborný indikátor metabolické aktivity. Tyto metody jsou ovšem méně komerčně dostupné a pro řadovou restaurátorskou akci finančně náročnější. Přehled jednotlivých analytických a zkušebních metod viz.<sup>181</sup>

### 3.3.1.6 Opatření proti mikrobiologickému napadení<sup>182</sup>

Mikrobiologické napadení polymerních materiálů v památkové péči (uměleckých děl či prostředků pro restaurování apod.) ovlivňují na prvním místě především životní podmínky, jakými jsou přítomnost mikroorganismů, klima, přístup světla, atmosférické polutanty a obecně čistota prostředí. Druhotně ovlivňují mikrobiologické napadení charakter a vlastnost materiálů, především vlastnosti polymeru a aditiv (např. biologicky dobře napadnutelné změkčovadla a plastifikátory, nebo naopak biocidy<sup>183</sup>).

#### Úprava klimatu a čistoty prostředí

Na prvním místě je nutné dlouhodobě monitorovat podmínky životního prostředí, a to 1) vnější podmínky (tzv. makroklima), které se týkají především hodnot relativní vzdušné vlhkosti a teploty uložení díla či materiálu a 2) vnitřní podmínky (tzv. mikroklima), které jsou při styku materiálu a biodeteriogenu. Zde se jedná především o hodnoty obsahu vlhkosti v substrátu a teploty rosného bodu.<sup>184</sup> Znat teplotu rosného bodu životního prostředí uložení díla je velice podstatné. Při poklesu teploty prostředí pod hodnoty rosného bodu dochází ke kondenzaci na povrchu a ve struktuře materiálu (např. pórech). Kondenzát je ideálním prostředím pro mikrobiologický růst.

Současně s monitoringem klimatu je nutné provádět preventivní opatření proti kontaminaci. Je nutné odstranit veškeré zdroje vlhkosti a upravit režim úložných prostor tak, aby především teplota a relativní vlhkost vzduchu nebyly zvýšené a odpovídaly materiálovým požadavkům. Teplota nesmí při dané vlhkosti klenout pod hodnoty rosného bodu. Klima je nutné stabilizovat, aby nedocházelo k jeho kolísání. Dále je nutné udržovat životní prostředí a povrch materiálů čisté a bez depozitů, neboť organické atmosférické polutanty a jiné organické nečistoty deponované na povrchu uměleckých děl mohou být pro mikroorganismy zdrojem živin. Jakákoliv manipulace s dílem musí být kontrolována a prováděna tak, aby nedošlo ke kontaminaci.<sup>185</sup> V úložných prostorách musí být zajištěno vhodné proudění čistého vzduchu. V konkrétních případech zvažujeme instalaci čističů vzduchu a odvlhčovačů (více viz.<sup>186</sup>). Vybraná literatura k okruhu dané problematiky viz.<sup>187</sup>

#### Kontrola výskytu mikroorganismů

Mikroorganismy a v případě plísní také jejich výtrusy (spory), jsou přítomné v ovzduší, ve vodě i půdě. Množství mikroorganismů ve vzduchu a jejich druhová skladba se mění v závislosti na klimatických podmínkách, geografických podmínkách, roční a denní době a přítomnosti zdroje spor.<sup>188</sup> Jedním z preventivních opatření je analýza mikrobiologické kvality vzduchu (dle normy ČSN EN ISO 14698-1, 2 Čisté prostory a příslušné řízené prostředí – Regulace biologického znečištění, část 1.: Hlavní principy a metody, část 2.: Vyhodnocení a výklad údajů o biologickém znečištění). Monitoring je možné provádět v zásadě dvěma způsoby. 1) Pasivní metodou spadu (sedimentace) na Petriho misky s kultivačním médiem. Po kultivaci je možné velmi přibližně odhadnout množství zárodků v 1 m<sup>3</sup> vzduchu.<sup>189</sup> 2) Aktivní metodou, která využívá speciální přístroje, tzv. vzorkovače (aeroskopy, bioimpaktory<sup>190</sup>). Aeroskop funguje na principu nasávání vzduchu o daném objemu a jeho usměrňování na Petriho misky s kultivačním médiem. Po provedení vzorkovacího cyklu se provádí inkubace a hodnocení množství mikroorganismů. Výsledky jsou nejen kvalitativní, ale vzhledem ke známému objemu vzduchu také kvantitativní.<sup>191</sup> Dále jsou prováděny preventivní stěry, či otisky povrchu u objektů, na kterých či ve kterých je umělecké dílo uloženo, nebo v jehož blízkosti se nachází. Volíme vždy určitou plochu, např. 10 cm<sup>2</sup>.

Pokud to stav a památková hodnota díla umožňuje, provádíme stěry či otisky o minimální ploše přímo z jeho povrchu.<sup>192</sup>

### **Biocidy**

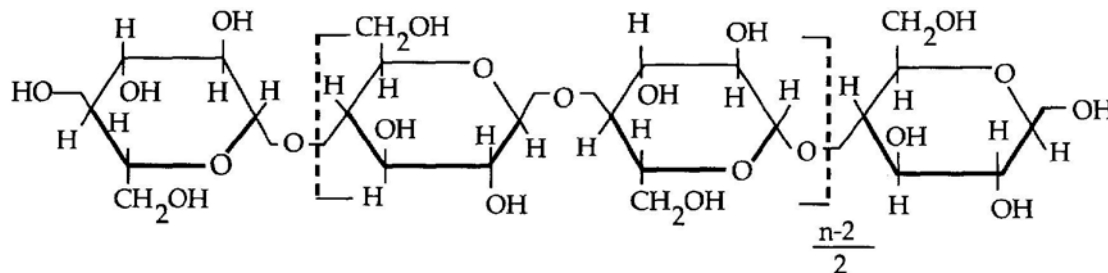
Při napadení mikroorganismy v případech nezbytně nutných zvažujeme použití biocidů (baktericidů, fungicidů, algicidů). Jedná se obecně o chemické látky na bázi chloru, jodu a jiných organických sloučenin, které jsou schopné hubit nebo inhibovat růst škodlivých organismů. Před užitím biocidů je nutné analyzovat 1) jejich účinnost při dané koncentraci, aplikaci a době expozice 2) vlastnosti a změny biocidu v průběhu stárnutí. Je nutné se zaměřit především na interakce daného biocidu s materiálem uměleckého díla. Většina produktů je neekologická, toxická a může způsobit chemickou korozi materiálu a fyzikálně-chemické změny materiálu.<sup>193</sup> Účinnost biocidů nemusí být stejná pro jednotlivé druhy a dokonce kmeny mikroorganismů a závisí také na vývojovém stádiu daného mikroorganismu. V některých případech je použití biocidů zcela neúčinné.<sup>194</sup> Diskutováno je působení biocidů na bakterie, které jsou obecně velmi rezistentní vůči široké škále fyzikálních i chemických vlivů.<sup>195</sup> Tato rezistence může být ještě zvýšená, pokud jsou tyto mikroorganismy chráněné, např. vrstvou biofilmu.<sup>196</sup> Účinnost biocidů je většinou pouze dočasná a neřeší podstatu problémů mikrobiálního napadení. Informace o použití biocidů na historické materiály viz.<sup>197</sup>

### 3.3.2 Základní vlastnosti testovaných materiálů

#### 3.3.2.1 Ethers celulózy<sup>198</sup>

##### Složení a struktura

Ethers celulózy jsou polymerní rozpustné deriváty celulózy. Základní řetězec tvoří glukózové jednotky s cyklickou strukturou  $C_6H_{12}O_6$  (beta-D-glukopyranóza, anhydroglukóza, AGU), spojené  $\beta$  (1,4) glykosidickou vazbou. Počet anhydroglukózových jednotek  $C_6H_{12}O_6$  v řetězci celulózy a jejich derivátů vyjadřuje stupeň polymerace DP.



**Obr. 158.** Schéma struktury celulózy.  $n$  vyjadřuje jednu anhydroglukózovou jednotku. Obr. převzat viz. Feller, 1990.<sup>199</sup>

Každá anhydroglukózová jednotka obsahuje tři hydroxylové skupiny. Při etherifikaci celulózy (vzniku etherů celulózy) jsou hydroxylové skupiny substituovány jinými alkylenoxidovými skupinami. Průměrný počet substituovaných hydroxylových skupin vyjadřuje stupeň substituce DS. Teoretické maximum DS je 3,0, reálné hodnoty se nalézají v rozmezí 1,3–2,6. Průměrný počet alkylenoxidových molekul reagujících s každou anhydroglukózovou jednotkou vyjadřuje stupeň molekulární substituce MS.

##### Charakteristika

Ethers celulózy jsou vyráběny s různou molekulovou hmotností a tudíž i různou viskozitou. Ta je udávána v jednotkách dynamické viskozity  $mNsm^{-2}$  (dříve centipoise cP) a výrobci bývá často kategorizovaná do třech stupňů – vysoká viskozita (high, H), střední (medium, M) a nízká (low, L). Měření viskozity probíhá obvykle v 1–2% vodném roztoku při 25 °C. Viskozita se zvyšuje s velikostí molekul a stupněm polymerace DP. Roztoky a gely etherů celulózy mají reologické tixotropní vlastnosti, se zvyšujícím se smykovým namáháním (mícháním, třepáním apod.) se viskozita snižuje a po ponechání v klidu se opět obnovuje vyšší viskozita. U výrobků s viskozitou nižší než  $600 mNsm^{-2}$  (při 2% koncentraci a 25 °C) není toto chování významné.

Rozpustnost etherů celulózy je dána jejich stupněm substituce DS. Pro  $DS < 1$  jsou rozpustné ve zředěných alkáliích, DS 1–2,3 ve vodě, DS 2,3–3 v organických rozpouštědlech. Rozpustnost ovlivňuje také typ rozpouštědla. Ethers celulózy jsou nad určitou, pro jednotlivé typy danou teplotou nerozpustné a vylučují se z roztoku. Tato teplota se nazývá bod zákalu.

pH při práci s ethers celulózy by mělo být udržováno neutrální. Nadměrná kyselost nebo zásaditost pracovního prostředí vede k poklesu molekulové hmotnosti, snížení fyzikální pevnosti a mechanických vlastností a může dospět až k hydrolytickému rozkladu.

Analytické metody pro určení všech vlastností etherů celulózy viz.<sup>200</sup>

### Použití v konzervování, restaurování

Etery celulózy se v oboru konzervace a restaurování používají přibližně od poloviny 20. stol. jako lepidla a konsolidanty papíru, usně a barevné vrstvy na veškerých podložkách. Dále se využívají jako zahušťovadla a nosiče zábalů a čistících gelů a také jako media pro retuše.

<b>Tab. 2. Étery celulózy používané v konzervování, restaurování (data viz. Feller, 1990<sup>201</sup>)</b>		
<b>Chemický název</b>	<b>Zkratka</b>	<b>Obchodní názvy</b>
Methylcelulóza	MC	Methocel A (fa Dow) Xylose MB (fa Hoechst)
Methylhydroxypropylcelulóza	MHPC	Methocel E, F, J, K (fa Dow)
Methylhydroxyethylcelulóza	MHEC	Tylosa MH (fa Shin-Etsu)
Hydroxypropylcelulóza	HPC	Klucel (fa Aqualon)
Ethylhydroxyethylcelulóza WS vodorozpustná OS-EHEC rozpustná v organických rozpouštědlech	WS-EHEC OS-EHEC	EHEC (OS, fa Hercules)
Sodná karboxymethylcelulóza	CMC	Lovosa (fa Lovochemie) Cellulose Gum (fa Aqualon) Tylose C (fa Shin-Etsu)
Hydroxyethylcelulóza	HEC	Natrosol (fa Aqualon) Tylose H (fa Shin-Etsu)
Ethylhydroxyethylcelulóza	OS-EHEC	
Ethylcelulóza	EC	Ethocel (fa Dow) Ethylcellulose (fa Shin-Etsu)

### Vlastnosti filmu a stabilita<sup>202</sup>

Filmy z etherů celulózy jsou pevné, pružné a při použití v nízkých koncentracích 1–2 % obecně dobře stabilní bez tendencí ke změnám barevnosti a degradaci. Filmy jsou hygroskopické, v prostředí s vysokou relativní vlhkostí mají tendenci být stále lepivé.

Degradační procesy nativní krystalické celulózy (např. filtrační papír, vata) a jejich derivátů s vyšším amorfním podílem (MC, CMC, HEC) jsou způsobené 1) Depolymerací vlivem hydrolyzy glykosidických vazeb katalyzované kyselinami a jejich solemi. V konečném stádiu je ether celulózy rozložen na monosacharidy (glukózu). 2) Oxidací glukopyranózových cyklů.<sup>203</sup> Další degradační procesy [kap. 3.3.1.3].

Stabilitu vůči degradačním procesům odvozujeme v základu od chemického složení jednotlivých typů etherů celulózy dle substituentů na anhydroglukózovém řetězci. Mezi nestabilní<sup>204</sup> ethery celulózy jsou zařazovány ethylalkylové typy, zejména ethylhydroxyethylcelulóza rozpustná v organických rozpouštědlech (OS-EHEC) a ethylcelulóza (EC). Tyto ethery celulózy nejcitelněji podléhají tepelné a fotochemické degradaci, jejichž následkem jsou úbytky molekulové hmotnosti,

nežádoucí změny mechanických vlastností, barevné změny, tmavnutí, aj. Degradaci v průběhu stárnutí podléhají citelněji také hydroxyethylcelulóza (HEC), ve vodě rozpustná ethylhydroxyethylcelulóza (WS-EHEC) a vysokoviskózní typy hydroxypropylcelulózy (HPC) *Klucel M a H*.

Ke středně stabilním typům patří nízkoviskózní typy hydroxypropylcelulózy (HPC) *Klucel G, E, L*. Fotochemická stabilita těchto komerčních etherů celulózy je v oblastech viditelného a blízkého ultrafialového světelného spektra vynikající. Naopak tepelná stabilita (nad 90 °C) je nižší a doprovází ji výše zmíněné degradační procesy.

Nejstabilnější z etherů celulózy je methylcelulóza (MC) a methylhydroxypropylcelulóza (MHPC). Tyto ethery jsou nejstabilnější vůči tepelné a fotochemické degradaci, kyselé hydrolyze a enzymatickému rozkladu. Nevýhodou methylcelulózy je pro mnoho aplikací v oblasti konzervace a restaurování "lesklý" film. Dobrou stabilitu vykazuje také karboxymethylcelulóza (CMC), distribuována v podobě sodné soli.

### **Mikrobiologická odolnost** <sup>205</sup>

Biodegradace nativní celulózy a jejich derivátů probíhá katalyzovanou enzymatickou hydrolyzou  $\beta$  (1,4) glykosidických vazeb spojujících jednotlivé anhydroglukózové jednotky v molekule. <sup>206</sup> Enzymatického rozkladu celulózy se účastní komplex enzymů, zvaný celulázy. <sup>207</sup> Tyto enzymy jsou produkovány převážně celulolytickými mikroorganismy (např. druhy plísní *Actinomyces* sp. a některé druhy *Aspergillus* sp.), které působením svých enzymů rozkládají nativní celulózu na krátké lineární anhydroglukózové řetězce a tyto krátké řetězce na molekuly monosacharidů. Některé enzymy komplexu celuláz jsou produkovány také noncelulolytickými organismy (např. *Aspergillus niger*), které jsou schopny rozkládat již jen krátké lineární anhydroglukózové řetězce na molekuly monosacharidů. Vzhledem k tomu, že glykosidická vazba je stálejší v neutrálním a mírně alkalickém pH, podporuje hydrolyzu nižší kyselější pH. <sup>208</sup>

Pro určování mikrobiologické odolnosti etherů celulózy je dle většiny studií určující především stupeň substituce DS a také stupeň polymerizace DP. Mikrobiologická odolnost etherů se zvyšuje především se stoupajícím stupněm substituce DS a také s rovnoměrným rozložením substituentů v řetězci. <sup>209</sup> Odolnost je zvýšená přítomností alespoň jednoho substituentu na každé glukózové jednotce. <sup>210</sup> Naopak mikrobiologickou odolnost snižuje zvýšený počet nesubstituovaných anhydroglukózových jednotek v řetězci, na jejichž místech dochází k enzymatickému rozkladu. <sup>211</sup>

U většiny polymerních látek je mikrobiologická odolnost zvyšována s rostoucí délkou řetězce. V případě etherů celulózy rovněž se zvyšujícím se stupněm polymerace DP roste mikrobiologická odolnost. <sup>212</sup>

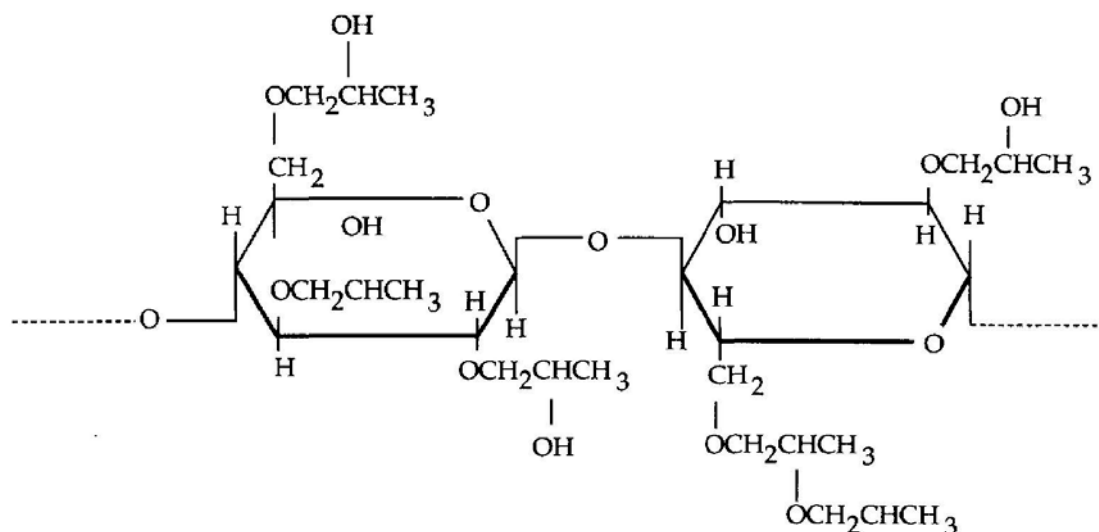
Při přípravě roztoku či gelu etheru celulózy není doporučováno výslednou směs skladovat po dlouhou dobu, pokud nejsou zaručeny sterilní podmínky. Při dlouhodobém uložení v nesterilních podmínkách dochází vlivem enzymatické hydrolyzy ke ztrátě viskozity a následné degradaci. Roztoky a gely je doporučováno skladovat po krátkou dobu v chladničce. Nežádoucí je možné zničit ohřevem nad 50 °C po dobu min. 15 min. (doporučováno 80 °C po dobu 30 min.). <sup>213</sup>

Tab. 3. Enzymatická degradace komerčně dostupných etherů celulózy (data viz. Feller, 1990 <sup>214</sup> )				
Polymer	DS	Průměrný DPn původního polymeru	Průměrný DPn polymeru po působení enzymu Cellase® 1000 <sup>215</sup>	Procentuální zachování DPn po působení enzymu
CMC	0,79	910	62	6,8
HEC	1,2	570	38	6,7
MC	1,85	275	41,5	15,1
HPC	2,1	325	235	72

Zuvedené rešerše a také experimentálních dat [Tab. 3.] vyplývá, že zkoušený ether celulózy hydroxypropylcelulóza (HPC) *Klucel G* má pravděpodobně jednu z nejvyšších stálostí vůči enzymatickému rozkladu působením mikroorganismů vzhledem k vysokému stupni substituce DS. Nejvyšší odolnost vykazuje methylcelulóza (MC), která má taktéž vysoký stupeň substituce. Naopak k málo odolným etherům náleží karboxymethylcelulóza (CMC) a hydroxyethylcelulóza (HEC).<sup>216</sup> V případě karboxymethylcelulózy (CMC) zvyšuje odolnost proti enzymatickému rozkladu její iontový charakter.<sup>217</sup>

### 3.3.2.2 Klucel G<sup>218</sup>

**Složení:** Hydroxypropylcelulóza (ether celulózy), také uváděno pod zkratkou HPC



Obr. 159. Schéma ideální struktury hydroxypropylcelulózy. Obr. převzat viz. Feller, 1990.<sup>219</sup>

**Koncentrace:** Sušina 100%

**Charakteristika:** Bílý prášek, který po smísení s rozpouštědlem vytváří povrchově aktivní, neionické koloidní roztoky. Po odprchání rozpouštědla vytváří transparentní termoplastický, flexibilní a reverzibilní film.



**Rozpustnost:** Rozpustný ve vodě pod 38°C a polárních organických rozpouštědlech (nižších alkoholech, glykolech a chlorovaných uhlovodících). Nerozpustný ve vodě nad 45 °C.

**pH:** 5.0–8.0 při 25 °C

**Viskozita:** 150–400 cps (mPas) v 2% vodném roztoku při 25 °C (nízkoviskózní typ)

**DS:** 2,1

**MS:** 4,5

**Výrobce:** od r. 2008 Ashland Inc. (dříve Hercules Inc./ Aqualon Div.)

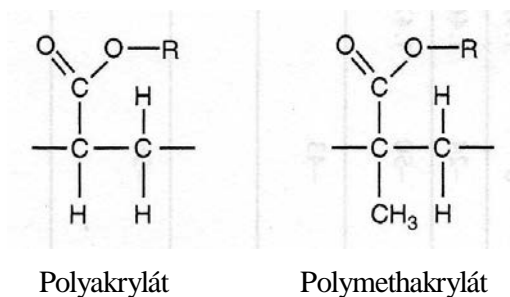
**Použití v oblasti restaurování:** Používá se obecně jako emulgátor, stabilizátor, zahušťovadlo, lepidlo, klíždlo a konsolidant. Konsoliduje jak samotné materiály uměleckých děl (např. degradované zkřehlé usně, pergamen), tak barevné vrstvy. Již řadu let slouží jako lepidlo, klíždlo papíru.

**Příprava:** Sušinu (prášek) rozpouštíme ve vodě nebo organických polárních rozpouštědlech. Pokud rozpouštíme ve vodě, je vhodnější použít vodu deionizovanou. Vodu můžeme pro lepší rozpouštění zahřát, nesmíme však překročit teplotu 38 °C, nad kterou se *Klucel* vysráží z roztoku. *Klucel* pomalu přisypáváme do rozpouštědla, ideálně za pomoci magnetického míchadla. Rozpouštění *Klucelu* je časově náročnější ve vodě než v organických rozpouštědlech, v obou případech je lepší připravovat si jej den před použitím.

### 3.3.2.3 Akrylátové polymery

#### Složení a struktura

Akrylátové polymery jsou svou chemickou podstatou polymery kyseliny akrylové, methakrylové a jejich derivátů, zejména esterů.<sup>220</sup> Jedná se především o kopolymery, vzniklé polymerací dvou nebo více výchozích monomerů.<sup>221</sup> Na trhu je široká řada produktů na bázi ethylakrylátů (EA), methylakrylátů (MA), methylmetakrylátů (MMA), ethylmethakrylátů (EMA), butylmetakrylátů (BMA) a styrenakrylátů (SA).<sup>222</sup>

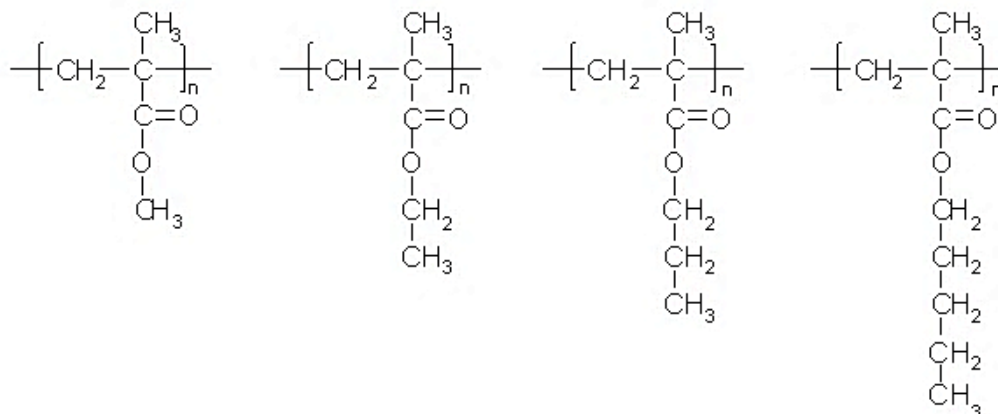


**Obr. 160.** Schéma ideální struktury polyakrylátu (Obr. převzat viz<sup>223</sup> a upraven) a polymethakrylátu. Obr. převzat a upraven viz. Google, 2012.<sup>224</sup>

#### Charakteristika

Akrylátové polymery jsou převážně termoplastické materiály, které nad určitou teplotu měknou a při poklesu teploty se stávají opět pevnými beze změny struktury. Tyto změny mohou nastávat opakovaně. Teplota, při níž polymer přechází ze stavu viskózní taveniny do pevného skelného stavu

a naopak se nazývá teplota zesklenní  $T_g$  (teplota skelného přechodu). Teplotu zesklenní snižují změkčovadla nebo kopolymerace. Ze stoupající délkou substituentů na každé monomerní jednotce polymeru teplota zesklenní klesá.<sup>225</sup>



Polymethylmethakrylát  
 $T_g$  100–120 °C

Polyethylmethakrylát  
 $T_g$  65 °C

Polypropylmethakrylát  
 $T_g$  35 °C

Polybutylmethakrylát  
 $T_g$  20 °C

**Obr. 161.** Příklady teplot zesklenní jednotlivých polymerů. Obr. převzat viz. Chemgapedia. 2013<sup>226</sup> a upraven.

Velikost makromolekulárního řetězce polymeru vyjadřuje relativní molekulová hmotnost  $M_r$ , jež se rovná součtu relativních atomových hmotností jednotlivých atomů v molekule. S rostoucí molekulovou hmotností roste pevnost a houževnatost polymeru.<sup>227</sup>

Viskozita je případě kapalin zvyšována s rostoucí molekulovou hmotností polymeru. Viskozita dále stoupá se zvyšující se koncentrací disperze či roztoku, ovšem ovlivňována je také typem rozpouštědla. Při zvyšování teploty viskozita klesá.<sup>228</sup>

Polymery jsou dobře rozpustné v rozpouštědlech se stejnou polaritou a stejným parametrem rozpustnosti. V první fázi rozpouštění dochází k nabobtnání polymeru a v další fázi k úplnému rozpouštění. Snadno rozpustné jsou nízkomolekulární látky, k jejich rozpouštění dochází bez bobtnání. Se zvyšující se molekulovou hmotností polymeru se jeho rozpustnost snižuje.

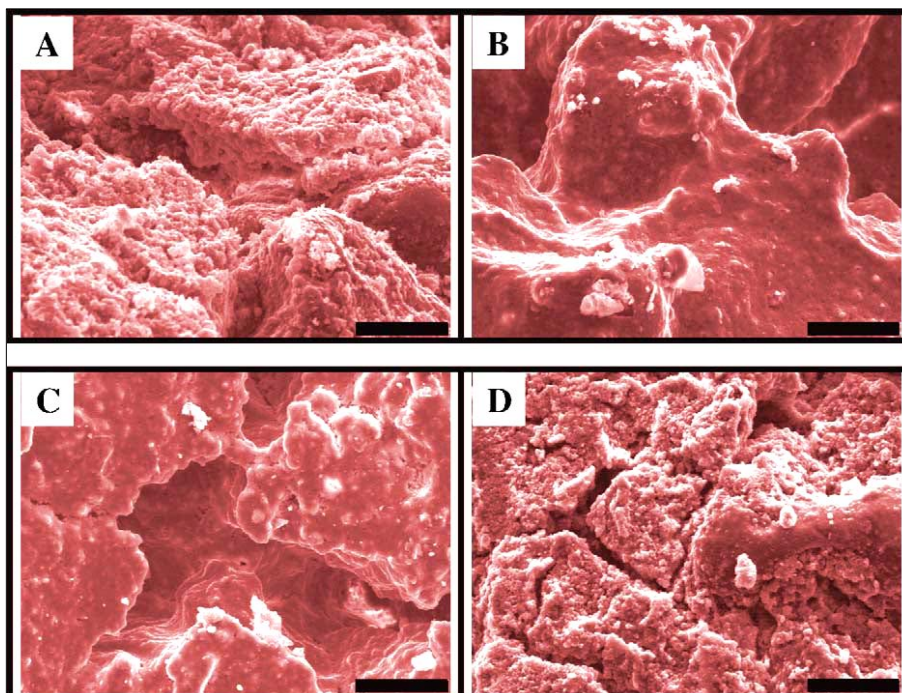
V oblastech konzervace a restaurování je důležitá minimální filmotvorná teplota MFT akrylátového polymeru, při které disperze nebo roztok akrylátového polymeru vytváří po odprchání rozpouštědla souvislý pevný film. Ten vzniká pouze za určité teploty, při které jsou částice polymeru měkké a dokážou se spojit. Pod tuto teplotu kvalitní film nevzniká. MFT snižují změkčovadla nebo kopolymerace.<sup>229</sup>

### Použití v konzervování, restaurování

Akrylátové polymery se v restaurování a konzervaci používají přibližně od pol. 60. let 20. stol. Slouží především jako konsolidanty, lepidla, laky, média pro retuše a nátěrové hmoty v podstatě všech materiálů uměleckých děl (nástěnných maleb, závěsných obrazů, archeologických nálezů a veškerých uměleckých děl z kamene, dřeva, skla, kovu, keramiky a kombinovaných materiálů).<sup>230</sup> Používají se také jako příměs do maltových a injektážních směsí.

### Vlastnosti filmu a stabilita

Většina akrylátového polymeru vytváří na povrchu ošetřovaného materiálu hydrofobní, nesmáčivý neprodyšný film, který může mít za následek zadržování vlhkosti pod povrchem materiálu a jeho podpovrchovou degradaci. Roztoky akrylátového polymeru s menší velikostí částic vytváří na povrchu homogenní film, který do určité míry zaslepuje morfologii povrchu, vytváří lesky a je méně propustný pro vodní páry. Disperze akrylátového polymeru s větší velikostí částic jsou na povrchu rozptýleny ve formě tzv. "ostrovů" [Obr. 162.] a z těchto důvodů jsou vlastnosti filmu s hlediska propustnosti pro vodní páry příznivější.<sup>231</sup> Tato skutečnost se samozřejmě odvíjí od koncentrace směsi a množství aplikačních cyklů. Akrylátové polymery obecně v důsledku elektrostatických sil na povrchu adsorbují zvýšené množství prachu. Polymery s nízkou teplotou zesklnění zůstávají stále měkké a jejich povrch je lepivý.<sup>232</sup>



**Obr. 162.** Mikrofotografie ze skenovacího elektronového mikroskopu (SEM) vápenné malty. A) Bez ošetření konsolidanty, B) ošetřené akrylátovou pryskyřicí Paraloid B 72 (kopolymer EMA/MA 70/30); C) akrylátovou pryskyřicí Elvacite 2046 (kopolymer EA/MMA 60/40) a D) akrylátovou disperzí Primal AC33 (kopolymer nBMA/iBMA50/50). Měřítka 50  $\mu\text{m}$ . Obr. převzat viz. Carretti, 2004.<sup>233</sup>

Degradační procesy akrylátového polymeru viz. kap. 8.1.4. Úvod k degradaci polymerů. Následkem degradace jsou změny polarity, snížení transparentnosti, žloutnutí, snížení rozpustnosti a botnatelnosti a nežádoucí změny mechanických vlastností. Se vznikem polymerní sítě se snižuje elasticita a tavitelnost a polymer se stává tvrdý a křehký. V polymerním filmu mohou vznikat mikroprasklinky a film se může miskovitě odlupovat spolu s podkladním materiálem.<sup>234</sup>

### Mikrobiologická odolnost

Odolnost vůči mikrobiologické enzymatické hydrolýze se zvyšuje s rostoucí molekulovou hmotností polymeru. Naproti tomu, monomery, dimery a oligomery jsou snadno rozložitelné. Polymery s dlouhými postranními řetězci (např. polystearylmethakrylát, polylaurylmethakrylát) jsou náchylnější k biodegradaci než homogenní polymery s krátkými postranními řetězci.<sup>235</sup>

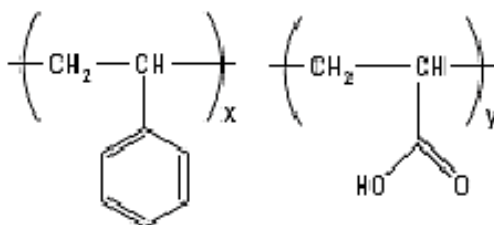
Biodegradaci ovlivňují vazby v polymerním řetězci. Řada od nejsnáze biodegradovatelné vazby je následující ester > ether > amid > uretan.<sup>236</sup>

Odolnost vůči biodegradaci ovlivňuje také morfologie polymeru. Polymery s krystalickou strukturou jsou odolnější vůči působení mikroorganismů než polymery s amorfni strukturou. Odolnější jsou obecně tvrdší polymery (s vyšší teplotou zesklnění) než měkčí (s nižší teplotou zesklnění).<sup>237</sup>

Biodegradovatelnost ovlivňují také hydrofobní či hydrofilní vlastnosti polymeru. Rozpustnost ve vodě však biodegradovatelnost nezaručuje.<sup>238</sup>

### 3.3.2.4 Primal WS 24<sup>239</sup>

**Složení:** Disperze akrylátových kopolymerů ve vodném prostředí; dle informací zástupce dodavatele *Kremer Pigmente* produkt obsahuje styrenakrylát a čistý akrylát. Neobsahuje plastifikátory.



**Obr. 163.** Schéma jedné z pravděpodobných ideálních struktur polymeru styrenakrylátu s akrylátem. Obr. převzat viz. Dow, 2009<sup>240</sup> a upraven. Je nutné brát na zřetel, že se jedná se o kopolymer, u kterého vzorec nelze přesně určit.

**Koncentrace:** 36% disperze

**Charakteristika:** Transparentní mléčně bílá kapalina, která po odprchání rozpouštědla vytváří transparentní, termoplastický film.

**Rozpustnost:** Disperzi ředíme vodou. Pro lepší penetraci a snížení povrchové napětí doporučuje dodavatel přídavek alkoholů, jako např. t-butanol, isopropanol, nebo etanol.

**Velikost částic:** 0,03 μm

**pH:** 6,9–7,4

**Viskozita:** max. 600 cps (mPas)

**T<sub>g</sub>:** 46 °C

**MFT:** 0 °C

**Výrobce:** od 2009 Dow Chemical Company (dříve Rohm and Haas)

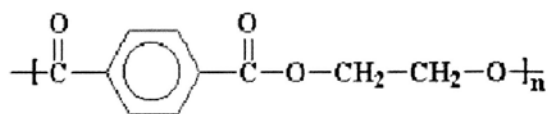
**Použití v oblasti restaurování:** Používá se jako konsolidant, médium pro retuše a nátěrové hmoty a příměs do injektážních směsí při konzervaci a restaurování v podstatě všech materiálů uměleckých děl (nástěnných maleb, závěsných obrazů, archeologických nálezů a veškerých uměleckých děl z kamene, dřeva, skla, kovu, keramiky a kombinovaných materiálů).<sup>241</sup>

**Příprava:** Disperzi ředíme za stálého míchání do požadované koncentrace. V případě mísení s alkoholy postupujeme pomalu stejným způsobem.

### 3.3.2.5 Polyesterová netkaná textilie HollyTex<sup>242</sup>

#### Složení a struktura

100% polyester, bez obsahu pojiv a jiných aditiv



**Obr. 164.** Schéma ideální struktury polyesteru. Obr. převzat viz. Périllat-Mercerot, 2013<sup>243</sup> a upraven.

#### Charakteristika

Netkaná textilie z polyesterových vláken, bílá, velmi hladká, distribuovaná o různých gramážích (17, 33, 81 g / m<sup>3</sup>).

#### Použití v konzervování, restaurování

*HollyTex* se používá především v oboru restaurování / konzervace papíru a uměleckých děl na papíru obvykle jako podpůrná podložka při různých procesech. Nejčastěji jako 1) podkladový materiál při suchých procesech (laminaci, vakuovém odsávání apod.), mokrých procesech (koupání, dolévání, kaširování), tepelných procesech (zažehlování tepelně regulovatelnou špachtlí), 2) prokladový materiál při uložení objektů, lisování apod., 3) ochranný materiál (zakrytí objektu). V oboru restaurování / konzervace nástěnných maleb se používá především pro ochranné přelepy uvolněného materiálu při konsolidaci a pro zažehlování uvolněných vrstev. Jeho výhodou je možnost jej opakovaně použít po vykoupání či vyprání a vysušení.

#### Vlastnosti a stabilita

*HollyTex* je chemicky inertní a stabilní polyesterová netkaná textilie, odolná vůči rozpouštědlům, stabilní vůči mechanickému namáhání (tahu a roztržení), rozměrovým změnám a vysokým teplotám (až do ± 170 °C). Textilie je propustná pro vodní páru a vodu.

K nevýhodným vlastnostem patří citlivost na UV záření, citlivost na alkálie, elektrostaticnost a možný obsah škodlivých látek z výroby, především zpomalovačů hoření, např. oxid antimonitý.

#### Mikrobiologická odolnost

*HollyTex* je biologicky nerozložitelný materiál.

### 3.3.3 Publikované mikrobiologické testování vybraných materiálů

#### 3.3.3.1 1996, mikrobiologické zkoušky konsolidantů maleb na pergamentu <sup>244</sup>

Maria Grazia Altibrandi a Maria Carla Sclocchi z Biologické laboratoře Centra pro fotografickou reprodukci, knižní vazbu a restaurování Státního archivu Ministerstva kultury v Itálii <sup>245</sup> se zabývaly mikrobiologickými zkouškami vybraných konsolidantů barevné vrstvy miniaturních maleb na pergamentu. Zkoušeny byly 1% *Klucel G* v deionizované vodě (hydroxypropylcelulóza), 1,5% *Tylose MH 300* v deionizované vodě (methylhydroxyethylcelulóza), 6% *Cellulose acetate* ve směsi acetonu s vodou (acetát celulózy) a 8% *Mowilith 60* v metanolu (polyvinylacetát). Cílem bylo zjistit, zda dané materiály podporují nebo redukuje mikrobiologickou odolnost pergamentu a zda je tato závislost statisticky prokazatelná. Zkoušeny byly 3 druhy plísní a 1 druh bakterií produkující enzymy proteasy a peptidasy, které degradují pergamen štěpením peptidových vazeb v bílkovinách. Pro kultivaci vzorků byly zvoleny agarové živné půdy sladidlová *Czapek-Dox*, z ovesné moučky a z bramborové dextrózy. Vzorky pergamentu byly napuštěny konsolidanty ponorem, vysušeny, sterilizovány, inokulovány sporovou suspenzí v sadách vždy od jednoho druhu mikroorganismu a kultivovány při 27 °C a 90 % RH po dobu deseti týdnů. Připraveny byly také srovnávací sady neinokulovaných vzorků a vzorků bez konsolidantů, uložených do stejných podmínek. V průběhu kultivačního období byl makroskopicky pozorován růst mikroorganismů a byla měřena biologická aktivita mikroorganismů bioluminiscenční metodou detekcí adenosintrifosfátu (ATP) pomocí luminometru.

Výsledky neprokázaly žádné statisticky významné rozdíly mezi jednotlivými konsolidanty a také mezi vzorky z konsolidanty a bez konsolidantů. Výjimku tvořily vzorky inokulované bakteriemi, které vykazovaly snížený růst a sníženou metabolickou aktivitu buněk, pravděpodobně v důsledku nevhodných životních podmínek. Měřením mikrobiologické aktivity mikroorganismů bylo potvrzeno, že nejvyššího stupně metabolické aktivity je dosaženo na počátku kultivace v době klíčení spor v hyfy, kdy mycelium ještě nemusí být viditelné na makroskopické úrovni. V pokročilých stádiích růstu mycelia, kdy jsou již vytvořeny viditelné kolonie, je metabolická aktivita mikroorganismů snižena (až o 70 %). Studie na závěr shrnuje, že prioritní je zajistit vhodné podmínky uložení uměleckého díla (teplota, vlhkost, čistota prostředí). Výběr vhodného konsolidantu, jehož mikrobiologická odolnost by byla co nejvyšší, je druhořadým krokem. Posledním krokem je pak biocidní úprava materiálu uměleckého díla poté, co zaznamenáme růst mikroorganismů.

#### 3.3.3.2 1998, mikrobiologické zkoušky konsolidantů nástěnných maleb <sup>246</sup>

Petra Malá se ve své absolventské práci na Škole restaurování a konzervačních technik v Litomyšli věnovala porovnání fixáčních prostředků nástěnných maleb z hlediska jejich reverzibility a biologické stability. Ačkoliv průběh provedení zkoušek není normovaný, nýbrž je spíše empirický a limitovaný možnostmi vybavení daného školského pracoviště, práci zde uvádím především proto, že prezentuje podobné trendy ve výsledcích, jako v případech odbornějších a vědeckějších výzkumů.

Porovnávanými prostředky byly vaječná emulze, kasein připravený z tvarohu, kasein práškový *Casein Pulver 90 Maschen*, arabská guma, šelak, vodné disperze akrylátového polymeru *Sokrat 2808 AS*, *Primal AC 33*, *Primal AC 35* a *Hydrogrund 2001*, roztoky akrylátového polymeru *Paraloid B72*, ethery celulózy *Klucel E*, *Tylosa* a *Lovosa* a ethylester kyseliny křemičité *Etylsilikát 40*. Konsolidanty byly připraveny ve dvou sadách, ke druhé skupině vzorků byl přidán přídatek práškového kaseinu. Připravené konsolidanty byly aplikovány na dno Petriho misek, vysušeny, inokulovány plísněmi, snesenými z kontaminované nástěnné malby a kultivovány při 18–20 °C a 100% RH. Průběh nárůstu plísní byl pozorován makroskopicky a mikroskopicky pod mikroskopem.

U vzorků kultivovaných bez živné půdy, ke kterým nebyl přidán práškový kasein, se nárůst plísní projevil nejprve u vaječné emulze, posléze také u arabské gumy a *Lovosy*. Na ostatních vzorcích nebyl v průběhu čtyř měsíců zaznamenán růst plísní. U vzorků, ke kterým byl přidán práškový kasein se nárůst plísní projevil nejprve u vaječné emulze, posléze u kaseinu, arabské gumy, *Tylosy* a *Lovosy*. Na ostatních vzorcích opět nebyl v průběhu čtyř měsíců zaznamenán růst plísní. Vzorky vodných disperzí akrylátového polymeru se vlivem vysoké vzdušné vlhkosti bíle zakalily a zbotnaly. Nejstabilnější proti napadení plísněmi se jevíly vzorky *Paraloidu B72*, *Klucelu E* a *Etylsilikátu 40*.

### 3.3.3.3 2000-2010, mikrobiologické zkoušky konsolidantů historických textilií<sup>247</sup>

Omar Abdel-Kareem z konzervátorského oddělení Fakulty archeologie Cairo University v Egyptě<sup>248</sup> se již po mnoho let zabývá problematikou konzervace egyptských historických textilií, mimo jiné také mikrobiologickou odolností konsolidačního systému. V rámci výzkumů této problematiky spolupracoval s mnoha institucemi a jinými vědeckými pracovníky (zmíním Oddělení mikrobiologie Vysoké školy ekonomické v Krakově) a publikoval mnoho odborných studií. Na tomto místě shrnu tři vybrané autorovy studie, které se věnují mikrobiologické odolnosti materiálů používaných ke konsolidaci starověkých egyptských lněných textilií. Ve všech třech výzkumech byly zkoušeny následující materiály o různých koncentracích: polyvinylacetát *Mowilith DM5* a *Mowilith DMC2*, roztoky akrylátového polymeru *Paraloid B72*, *Acryloid F-10* a *Plexisol P-550*, směs akrylátového polymeru, parafínu a změkčovadel *Beva 371*, vodná disperze akrylátového polymeru *Plectol B-500*, rozpustný nylon *Calaton CA*, ethery celulózy *Tylose MH 300* a *Klucel G* a karbamát škrobu (*Starch carbamate*). V pokročilých studiích byly testovány vybrané konsolidanty s přísadami fungicidů, které se užívají při konzervaci textilních artefaktů 2% *Neo-Desogen* fa ARTE a 1% *Preventol O-Na* fa Bayer.

Vzorky sterilizované nebělené lněné egyptské tkaniny byly napuštěny konsolidanty, vysušeny, sterilizovány a inokulovány sporovými suspenzemi z aktivních max. 14 dnů starých čistých kultur plísní, izolovaných ze starověkých egyptských lněných textilií. Kultivovány byly na neúplně živné půdě *Czapek-Dox* bez glukózy po dobu min. dvou týdnů do vysporulování kultur. Připraveny byly také srovnávací sady neinokulovaných vzorků a vzorků bez konsolidantů, uložených do stejných podmínek. Po kultivaci vzorků, jejich očištění vodou od části podhoubí a vysušení byly provedeny instrumentální analýzy a zkoušky: 1) subjektivní vizuální posouzení intenzity růstů plísní a změn

vlastností konsolidovaného materiálu, 2) měření pevnosti v tahu, poměrného prodloužení, tažnosti a zúžení podle příslušných norem; 2) skenovací elektronová mikroskopie pro pozorování charakteru povrchu; 3) spektrofotometrické a kolorimetrické metody pro záznam změn barev a jasu v barevném prostoru CIELAB.

Subjektivní pozorování růstu plísní prokazuje nižší mikrobiologický růst na vzorcích s konsolidanty, oproti vzorkům bez konsolidantů. Stupeň růstu plísní na vzorcích s konsolidanty ovšem závisí na charakteru konsolidantu a typu plísně. Např. *Klucel G* vykazoval ze všech konsolidantů největší míru snížení růstu plísní *Aspergillus nidulans*, *Aspergillus terreus*, *Penicillium asperum*, *Trichoderma viride* a *Penicillium funiculosum*, zatímco nejméně redukoval růst plísní *Alternaria tenuissima* a *Chaetomium globosum* [Tab. 4.].

<b>Tab. 4. Stupeň růstu plísní na vzorcích konsolidované lněné textilie (tab. převzata viz. Abdel-Kareem, 2013<sup>249</sup> a upravena)</b>							
Polymer	Jednotlivé kultury plísní						
	1	2	3	4	5	6	7
Bez konsolidace	++++	+++	+++	++++	++++	+++	+++
Mowilith	+++	+++	++	+++	+++	++	++
Paraloid B72	++	++	+	++	++	+	++
Lascaux 360 HV	+++	+++	++	+++	+++	++	++
Plectol B-500	+++	+++	++	+++	++	++	++
Acryloid F-10	+++	+++	++	+++	+++	++	++
Plexisol P-550	+	+++	+	+++	+++	+	+
Calaton CA	+++	++	++	+++	+++	++	+
Beva 371	++	++	+	++	+++	+	+
Tylose MH300	++	+++	+	++	+++	+	++
Klucel G	+	++	++	+++	+++	++	++
Starch carbamate	+	++	++	++	++	+	+

**Legenda:** + mírný růst (méně než 30% plochy zkušební vzorku)  
 ++ dobrý růst (větší než 30%, ale méně než 60% plochy zkušební vzorku)  
 +++ velmi dobrý růst (více než 60%, ale méně než 80% plochy zkušební vzorku)  
 ++++ vynikající růst (větší než 80% plochy zkušební vzorku)

Měření pevností ukazují znatelný pokles pevnosti a pružnosti u kultivovaných inokulovaných vzorků oproti neinokulovaným vzorkům. Konsolidace vzorků redukuje ztráty pevnosti a pružnosti po inokulaci a kultivaci a lze říci, že zpomaluje biodegradaci. Nejnižší ztráty pevností inokulovaných vzorků vykazovaly vzorky s konsolidanty *Plexisol P-550*, *Beva 371* a *Starch Carbamate*. Dobré



výsledky měly také vzorky s konsolidanty *Tylose MH300*, *Klucel G* a *Paraloid B72*. Nejméně odolné byly vzorky s *Mowilithem*, *Calatonem CA*, *Plextolem B-500* a *Akryloidem F-10*.

Studie morfologie povrchu kultivovaných vzorků prokázala nižší degradaci povrchu u vzorky s konsolidanty, než u vzorků bez konsolidantů. Nejnížší degradaci povrchu inokulovaných vzorků vykazovaly vzorky s konsolidanty *Plexisol P-550*, *Beva 37,1 Starch Carbamate*. Nejvyšší degradace povrchu byla zaznamenána u vzorků s konsolidanty *Mowilith*, *Calaton CA* a *Akryloid F-10*.

Výsledky měření změn barevnosti a jasu potvrzují, že všechny vybrané konsolidanty jsou citlivé na biodegradaci. Nejmenší změny se projevovaly u vzorků s konsolidanty *Paraloid B72*, *Beva 371*, *Calaton CA*, *Plexisol P-550* a *Starch Carbamate*. Největší změny a tudíž nejvyšší nárůst plísní se projevovaly u vzorků s konsolidanty *Mowilith* a *Akryloid F-10*.

Z celkového shrnutí výsledku vyplívá, že většina zkoušených konsolidantů zvyšuje odolnost lněné textilie proti většině testovaných typů plísní. Ovšem mikrobiologickému napadení podléhají všechny zkoušené konsolidanty a proto nemohou sloužit jako ochrana proti mikroorganismům. Nejvyšší mikrobiologickou odolnost vykazovaly vzorky konsolidované směsí akrylátového polymeru s parafínem a změkčovadly *Beva 371*, roztoky akrylátového polymeru *Paraloid B 72* a *Plexisol P-550*, a karbamátem (*Starch Carbamate*). Nejmenší odolnost lze přiřadit polyvinylacetátům *Mowilith* a roztoku akrylátového polymeru *Akryloid F-10*. Ether celulózy *Klucel G* měl standardní dobré výsledky.

Přidávky fungicidů 2% *Neo-Desogen* 1% *Preventol* ke konsolidantům zvyšují jejich mikrobiologickou odolnost a zabraňují mikrobiologickému napadení. Nejlepších výsledků dosahoval fungicid *Neo-Desogen*, autor provedených výzkumů doporučuje jeho vhodnou a účinnou kombinaci s konsolidantem *Klucel G*.

### 3.3.3.4 2006, mikrobiologické zkoušky konsolidantů nástěnných maleb <sup>250</sup>

Magdalena Třesohlavá zkoumala v rámci své bakalářské práce na Fakultě restaurování Univerzity Pardubice také odolnost tradičních a moderních konsolidantů barevné nástěnné malby proti plísním. Zkoušeny byly vodná disperze akrylátového polymeru 1% *Primal SF016*, roztok akrylátového polymeru 1% *Paraloid B72*, ethylester kyseliny křemičité *Funcosil Steinfestiger 100*, ethery celulózy 0,5% *Tylosa MH 300* a 0,51% *Klucel G*, 1% kožní kliš, 1% čpavkový kasein a 1% vaječná emulze. Doplnkově byly zkoušeny materiály technik nástěnné malby vápenné a secco a vápenný kasein. Materiály byly naneseny na filtrační papír, který by měl být inertní vzhledem k vysokému obsahu krystalické celulózy, která je pro většinu běžných druhů plísní obtížně rozložitelná. Poté byly vzorky inokulovány kmeny plísní *Penicillium chrysogenum* a *Aspergillus niger* a kultivovány při  $24 \pm 4$  °C a 100% RH na úplně živné půdě *Czapek-Dox* po dobu 7 dní a bez živné půdy po dobu 14 dní. Vzorky byly testovány na antifungální vlastnosti a podporu nárůstu plísní.

Antifungální vlastnosti byly zkoušeny během kultivace v prostředí úplně živné půdy. Testované materiály byly napadnutelné plísněmi, neměly významné protiplišňové vlastnosti a nijak neinhibovaly jejich růst.

Podpora nárůstu plísní byla zkoušena v prostředí bez živné půdy. Jediným zdrojem živin byly zkoušené materiály. Nárůst plísní byl hodnocen mikroskopicky. Nejsilnější nárůst, viditelný pouhým okem, byl pozorován u přírodních látek bílkovinného charakteru (čpavkový kasein, vaječná emulze, kožní kliš). V případě etherů celulózy *Tylosy MH 300* a *Klucelu G* a také vápenného secco se

projevil téměř neznatelný nárůst plísní, u ostatních látek žádný. Rozdíl mezi nárůstem plísní na vzorcích konsolidovaných ethery celulózy a akrylátovými polymery byl minimální, výsledky byly téměř srovnatelné [Tab. 5].

Vzorek	Mikroskopické hodnocení	Makroskopické hodnocení	Celkové hodnocení
<b>Primal</b>	Žádný nárůst	Žádný nárůst	+++
<b>Paraloid</b>	Žádný nárůst	Žádný nárůst	+++
<b>Funcosil</b>	Žádný nárůst	Žádný nárůst	+++
<b>Tylose</b>	Nepatný nárůst, téměř bez sporulace	Nárůst nepozorovatelný	++
<b>Klucel</b>	Neznatelná ojedinělá vlákna	Nárůst nepozorovatelný	++
<b>Klíh</b>	Silnější nárůst, bohatá sporulace	Téměř neznatelné skvrny zeleně zbarvené (spory)	--
<b>Kasein</b>	Silný nárůst, bohatá sporulace	Zelené skvrny (spory), žlutohnědé zbarvení papíru (metabolity vylučované plísněmi)	---
<b>Vaječná emulze</b>	Silný nárůst, bohatá sporulace	Zelené skvrny (spory)	--
<b>Vápenné secco</b>	Ojedinělý nárůst	Nárůst nepozorovatelný	++
<b>Vápenný kasein</b>	Silnější nárůst, sporulace	Jemný zelený poprašek (spory)	--

**Legenda:**      +++    výborná odolnost                      ++    velmi dobrá odolnost  
                      --    snadno napadnutelné                      ---    extrémně napadnutelné

## 3.4 Laboratorní testování

### 3.4.1 Úvod k laboratornímu testování

Laboratorní testování si kladlo za cíl zhodnotit a porovnat odolnost organických konsolidantů nástěnné malby etheru celulózy *Klucelu G* v etanolu a vodné disperze akrylátového polymeru *Primalu WS 24* vůči plísním. Pro imitaci reálných podmínek při konsolidaci barevné vrstvy nástěnné malby byly zvoleny nízké koncentrace konsolidantů a také typ rozpouštědel. Pro simulaci vzniklého filmu po konsolidaci byly konsolidanty připraveny ve formě filmu na inertní podložce z netkané polyesterové textilie *HollyTex*.<sup>252</sup> Zkoušky byly založeny na hodnocení stupně intenzity plísněového napadení zkušebních vzorků po jejich inokulaci vybranými kmeny plísní a kultivaci po dohodnutou dobu ve specifických prostředích s různým zdrojem živin. Za stejných podmínek byla zkoušena také odolnost inertní podložky vůči plísním pro zohlednění jejího vlivu na výsledky zkoušek. Část vzorků byla inokulována sporama plísní připravenými dle nálezu ve středověkých omítkách v Pošné, část sporama plísní, které doporučuje norma *ČSN EN 15457* a část vzorků byla pro srovnání ponechána bez inokulace. Tyto vzorky byly uloženy v prostředí úplně živné půdy sladinové *Czapek-Dox*, neúplně živné půdě *Czapek-Dox* bez glukózy a bez živné půdy na dně Petriho misek s "vodní hladinou" z kapének sterilní vody a kultivovány v biologickém inkubátoru. Kultivované vzorky byly srovnávány s nekultivovanými vzorky stejných typů uloženými v prostředí laboratoře.

V průběhu kultivace a po jejím ukončení byl hodnocen růst plísní na jednotlivých typech vzorků vizuálním makroskopickým pozorováním a mikroskopickým pozorováním pomocí optického mikroskopu. Doplnkově byly hodnoceny změny hmotnosti vzorků po kultivaci s cílem kvantifikovat a porovnat nárůsty plísní na jednotlivých typech vzorků a dále měřeno pH povrchu kultivovaných a nekultivovaných vzorků. Z dat získaných při jednotlivých měřeních byl vypočítán průměr a směrodatná odchylka. Výsledky byly zpracovány do grafů, do kterých jsou zařazeny také příslušné směrodatné odchylky. V případě všech průměrů naměřených hodnot, které jsou uvedeny v práci, se vždy jedná o průměr aritmetický.

### 3.4.2 Použité materiály a technologie

Seznam materiálů a technologií použitých k laboratornímu testování jsou uvedeny v textové příloze [text. příloha 7.3.1].

### 3.4.3 Metodika

Zkoušky odolnosti proti plísním byly v základu provedeny dle norem ČSN EN 15457 *Nátěrové hmoty – Laboratorní metody zkoušení účinnosti ochranných povlaků proti působení hub a plísní*<sup>253</sup>, ČSN EN ISO 846 *Plasty – Hodnocení působení mikroorganismů*<sup>254</sup> a ČSN 72 4310 *Zkoušení odolnosti stavebních výrobků a materiálů proti plísním*<sup>255</sup>. Zkoušky a zkušební podmínky specifikované v uvedených normách byly dále transformovány dle požadavků na zkoušení odolnosti proti plísním konsolidantů nástěnných maleb a dle možností dané mikrobiologické laboratoře. Úprava metodiky zkoušek je pro specifické aplikace, testovaný materiál a prostředí exploatace dle znění uvedených norem přípustná.

#### 3.4.3.1 Stručný přehled zkušebního systému

##### Typy zkušebních vzorků

- Klucel G na podložce *HollyTex*, celkem 26 ks
- Primal WS 24 na podložce *HollyTex*, celkem 26 ks
- Podložka *HollyTex*, celkem 26 ks

##### Typy zkušebních prostředí

- Úplná živná půda sladinová *Czapek-Dox* ( $24 \pm 2$  °C, 95% RH)
- Neúplná živná půda *Czapek-Dox* bez glukózy ( $24 \pm 2$  °C, 95% RH)
- Bez živné půdy ( $24 \pm 2$  °C, 100% RH)
- Prostedí laboratoře (cca 21,5 °C a 38 % RH)

##### Inokulace vzorků zkušebními kmeny plísní

- Vzorky inokulované plísněmi dle nálezů ve středověkých omítkách v Pošné
- Vzorky inokulované plísněmi dle doporučení normy ČSN EN 15457 (plísně, které se vyskytují v interiérech)
- Neinokulované vzorky

##### Zkušební metody

- Makroskopické a mikroskopické pozorování nárůstu plísní
- Stanovení hmotnostních změn
- Měření pH povrchu vzorků

## 3.4.3.2 Příprava zkušebních vzorků

<b>Tab. 6. Příprava zkušebních vzorků</b>			
<b>Informace</b>	<b>Podložka s Klucel G v etanolu</b>	<b>Podložka s Primalem WS 24 ve vodě</b>	<b>Podložka HollyTex</b>
<b>Stav dodání</b>	Sušina (prášek), 100 %	Vodná disperze, 35,7 %.	Role 130 cm × 25 m
<b>Požadovaný stav pro aplikaci</b>	2,5 hm.% roztok v etanolu	2,5 hm.% disperze ve vodě	Vzorek 5 × 5 cm
<b>Počet cyklů napuštění podložky konsolidantem</b>	4 ×	5 ×	-
<b>Přibližná výsledná koncentrace po napuštění (hm. %)</b>	10	12,5	-
<b>Průměrná hmotnost filmů konsolidantů na podložce (g)</b>	0,027	0,025	-
<b>Směrodatná odchylka hmotností filmů konsolidantů na podložce (g)</b>	0,004	0,003	-
<b>Průměrná gramáž filmů konsolidantů na podložce / podložky (g / m<sup>2</sup>)</b>	5,4 na každé straně zkušební vzorku	10 na každé straně zkušební vzorku	81 (dle informací výrobce)
<b>Průměrná hmotnost zkušebních vzorků (g)</b>	0,222	0,231	0,204
<b>Směrodatná odchylka hmotností zkušebních vzorků (g)</b>	0,014	0,013	0,014

Klucel G [Obr. 165.]

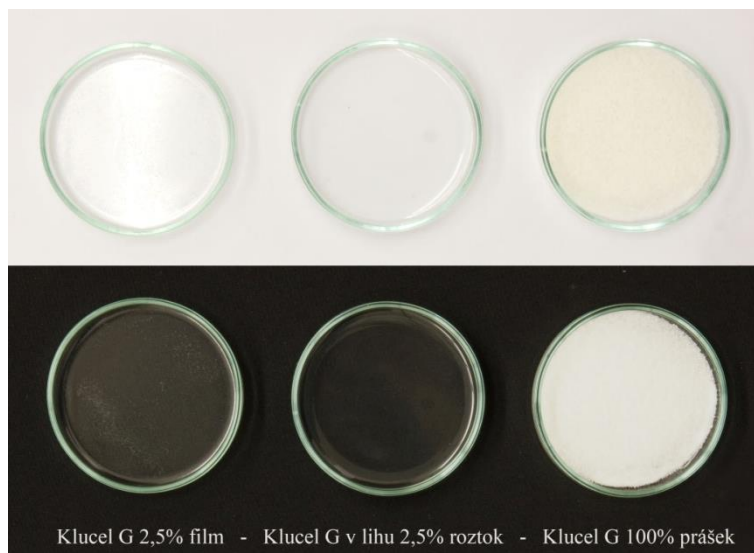
Konsolidant byl do požadované koncentrace 2,5 hm. % připraven rozpuštěním sušiny v etanolu na magnetickém míchadle [Tab. 6.].

Primal WS 24 [Obr. 166.]

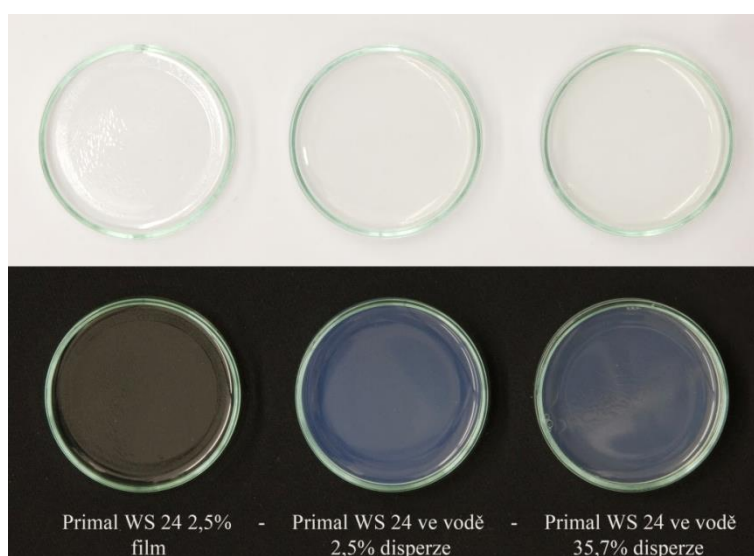
Konsolidant byl do požadované koncentrace 2,5 hm. % připraven smísením s vodou. Před přípravou byl dle normy ČSN EN ISO 3251 *Nátěrové hmoty a plasty – Stanovení obsahu netěkavých látek*<sup>256</sup> zjištěn podíl sušiny zakoupené koncentrované disperze pomocí vážkové analýzy sady 5 ks zkušebních vzorků disperze před a po sušení po dobu 120 min. při teplotě 80 °C. Výsledná průměrná koncentrace zakoupené koncentrované disperze byla stanovena na 35,7 % [Tab. 6.].

Podložka HollyTex

Netkaná textilie *HollyTex* byla před aplikací konsolidantů rozstříhána na velikosti 5 × 5 cm, čištěna ponorem na 1 min. do směsi ethanolu a vody o hmotnostním poměru 70 : 30 a poté sušena při laboratorních podmínkách (cca 21,5 °C a 38 % RH) [Tab. 6.].



**Obr. 165.** *Klucel G* v Petriho miskách. Forma 1) filmu po odprcháání rozpouštědla, 2) roztoku v etanolu a 3) sušiny (prášku) ve stavu po dodání (fotografie na bílém a černém pozadí).



**Obr. 166.** *Primal WS 24* v Petriho miskách. Forma 1) filmu po odprcháání rozpouštědla, 2) disperze ve vodě a 3) disperze ve vodě ve stavu po dodání (fotografie na bílém a černém pozadí).

### Aplikace konsolidantů na podložku

Inertní podložka byla napuštěna přibližně stejným množstvím uvedených konsolidantů. Možnosti aplikace konsolidantů na inertní podložku a nárůsty hmotnosti po aplikaci byly zkušeny na sadě 5 ks náhradních zkušebních vzorků od každého konsolidantu.<sup>257</sup> Zvoleno bylo opakované napouštění podložky ponorem do konsolidantů o koncentraci 2,5 hm. %.<sup>258</sup> Jednotlivé cykly napouštění se opakovaly vždy po 3–4 hod. po odprcháání rozpouštědel konsolidantů. Průměrná hmotnost výsledného filmu u obou konsolidantů byla 0,026 g, průměrná gramáž výsledného filmu konsolidantů na každé ze stran zkušebního vzorku byla vypočtena na 5 g / m<sup>2</sup>.

Zkušební vzorky byly po celou dobu přípravy uchovávány ve sterilní nádobě a manipulováno s nimi bylo sterilními kleštěmi.

**Zkušební schéma**

Zkušební vzorky byly označeny tužkou kódem s číslováním [Tab. 7.]<sup>259</sup>:

*Číslování \_zkoušený konsolidant \_/ \_kmeny inokulovaných plísní \_prostředí uložení či kultivace*

<b>Tab. 7. Zkušební schéma s kódem vzorků s číslováním</b>			
<b>Zkušební prostředí</b>	<b>Bez inokulace</b>	<b>Kmeny plísní dle nálezů Pošná</b>	<b>Kmeny plísní dle ČSN EN 15457</b>
<b>Zkušební vzorky – Klucel G</b>			
<b>Bez kultivace – prostředí laboratoře</b>	1Kl, 2Kl		
<b>Kultivace – úplná živná půda</b>	3Kl/I 4Kl/I	5Kl/AI 7Kl/BI 9Kl/CI	6Kl/DI 8Kl/EI 10Kl/FI
<b>Kultivace – neúplná živná půda</b>	15Kl/II 16Kl/II	17Kl/AII 19Kl/BII 21Kl/CII	18Kl/DII 20Kl/EII 22Kl/FII
<b>Kultivace – bez živné půdy</b>	27Kl/III 28Kl/III	29Kl/AIII 31Kl/BIII 33Kl/CIII	30Kl/DIII 32Kl/EIII 34Kl/FIII
<b>Zkušební vzorky – Primal WS 24</b>			
<b>Bez kultivace – prostředí laboratoře</b>	39Pr, 40Pr		
<b>Kultivace – úplná živná půda</b>	41Pr/I 42Pr/I	43Pr/AI 45Pr/BI 47Pr/CI	44Pr/DI 48Pr/EI 46Pr/FI
<b>Kultivace – neúplná živná půda</b>	53Pr/II 54Pr/II	55Pr/AII 57Pr/BII 59Pr/CII	56Pr/DII 58Pr/EII 60Pr/FII
<b>Kultivace – bez živné půdy</b>	65Pr/III 66Pr/III	67Pr/AIII 69Pr/BIII 71Pr/CIII	68Pr/DIII 70Pr/EIII 72Pr/FIII
<b>Zkušební vzorky – podložka</b>			
<b>Bez kultivace – prostředí laboratoře</b>	77, 78		
<b>Kultivace – úplná živná půda</b>	11/I 49/I	12/AI 13/BI 14/CI	50/DI 51/EI 52/FI
<b>Kultivace – neúplná živná půda</b>	23/II 61/II	24/AII 25/BII 26/CII	62/DII 63/EII 64/FII
<b>Kultivace – bez živné půdy</b>	35/III 73/III	36/AIII 37/BIII 38/CIII	74/DIII 75/EIII 76/FIII

### 3.4.3.3 Příprava živných půd

Živné půdy připravila PhMr. Bronislava Bacílková dle normy ČSN EN ISO 846.

#### Úplná živná půda (sladinová nebo Czapek-Dox)

- Zásobní roztok minerálních solí:

2 g NaNO<sub>3</sub>

0,7 g KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>

0,3 g K<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub>

0,5 g MgSO<sub>4</sub> · 7H<sub>2</sub>O

0,5 g KCl

0,01 g FeSO<sub>4</sub> · 7H<sub>2</sub>O

1000 ml destilované vody

- 30 g glukózy

- 25 g agar<sup>260</sup>

Roztok minerálních solí byl připraven rozpuštěním jednotlivých jejích součástí v 900 ml destilované vody. Po rozpuštění byl přidán agar a rozpuštěn v roztoku mícháním za zvýšené teploty. Glukóza byla rozpuštěna ve 100 ml destilované vody a sterilizována zvlášť frakcionovanou sterilizací v proudící páře. Sterilní roztok glukózy byl smíchan s rozehřátou a asi na 45–50 °C ochlazenou půdou. Půda s glukózou byla sterilizována v autoklávu 30 min. při teplotě 115 ± 1 °C. Po sterilizaci bylo upraveno pH na 6,0–6,5 sterilním roztokem 0,01 mol/l NaOH. Při teplotě 55–60 °C bylo cca 20 ml živné půdy rozlito do každé Petriho misky (do výšky okolo 5 mm).

#### Neúplná živná půda (sladinová nebo Czapek-Dox bez glukózy)

Složení i postup je totožný jako v případě úplné živné půdy bez přidání glukózy. Agar byl rozpuštěn v roztoku minerálních solí mícháním za varu. Po sterilizaci v autoklávu 20 min. při teplotě 120 ± 1 °C byla upravena jeho hodnota pH na 6,0–6,5 sterilním roztokem 0,01 mol/l NaOH a byl rozlito do Petriho misek do výšky okolo 5 mm.

#### Bez živné půdy

Na dně Petriho misek byla udržována vlhkost pomocí kapének sterilní vody (tzv. "vodní hladina").

### 3.4.3.4 Příprava inokula

#### Výběr zkušebních kmenů plísní k inokulaci vzorků

##### Plísně "dle nálezu Pošná"

*Penicillium sp.*

*Cladosporium sp.*

*Acremonium sp.*

*Chaetomium sp.*

*Humicola sp.*



Výběr byl proveden na základě nejčtenějšího výskytu ve vzorcích středověkých vrstev (omítek s vápennými nátěry a barevnou vrstvou) z kostela sv. Bartoloměje v Pošné. Mikrobiologické zkoušky provedla v rámci praktické části této diplomové práce PhMr. Bronislava Bacílková z Biologické laboratoře Oddělení péče o fyzický stav archiválií Národního archivu v Praze.

#### Plísňe "dle ČSN EN 15457"

*Apergillus versicolor*

*Aspergillus niger*

*Stachybotris chartarum*

*Penicillium purpurogenum*

*Rhodotorula mucilaginosa*

Výběr byl proveden dle doporučení normy ČSN EN 15457 *Nátěrové hmoty – Laboratorní metody zkoušení účinnosti ochranných povlaků proti působení hub a plísni*. Tato norma doporučuje řadu plísni rostoucích v interiérech. Většina z daných kultur se vyskytuje také v doporučení tematických norem.

#### **Uchování kmenů plísni a jejich kultivace**

Kultivaci vybraných kmenů plísni provedla PhMr. Bronislava Bacílková.

Čisté kultury plísni z archivu Biologické laboratoře Oddělení péče o fyzický stav archiválií Národního archivu v Praze se uchovávají ve zkumavkách na šikmé živné půdě sladinové *Czapek-Dox*. Přeočkování čistých kultur bylo provedeno v očkovacím boxu přenesením spor očkovací jehlou z čisté kultury staré maximálně 1 měsíc na sterilní živnou půdu v malých Petriho miskách při zachování sterilních podmínek. Po inokulaci byly Petriho misky uloženy do inkubátoru, kde byly při teplotě  $24 \pm 2$  °C inkubovány do vysporulování kultur.

#### **Příprava sporových suspenzí zkušebních kmenů plísni**

Přípravu jednotlivých sporových suspenzí zkušebních plísni provedla PhMr. Bronislava Bacílková. Kontrolu výsledné koncentrace směsi sporových suspenzí provedla autorka práce.

Suspenze spor byla připravena s dobře sporujících kultur a roztoku minerálních solí [kap. 3.4.3.3]. Do každé Petriho misky bylo přidáno 5 ml roztoku minerálních solí a tenzidu *Tween 80*. Povrch sporující kultury byl jemně seškrábnut sterilní inokulační kličkou a spory byly rozptýleny v kapalině. Vytvořená suspenze spor byla slita do uzavíratelné nádoby. Pracovalo se rychle, aby se neuvolnily živné látky z půdy. Tento postup byl třikrát opakován se stejnou kulturou. Poté byla slitá suspenze spor protřepána a přefiltrována přes tenkou sterilní bavlněnou vatu, aby byly odstraněny fragmenty mycelia. Filtrovaná suspenze spor byla asepticky odstředěna a supernatant byl odstraněn. Zbytek byl doplněn 25 ml zásobního roztoku minerálních solí a byl znovu odstředěn. Promývaný zbytek byl rozptýlen v 50 ml zásobního roztoku minerálních solí. Toto opakované promývání suspenzí spor zajistilo odstranění všech povrchově aktivních substancí tenzidu.

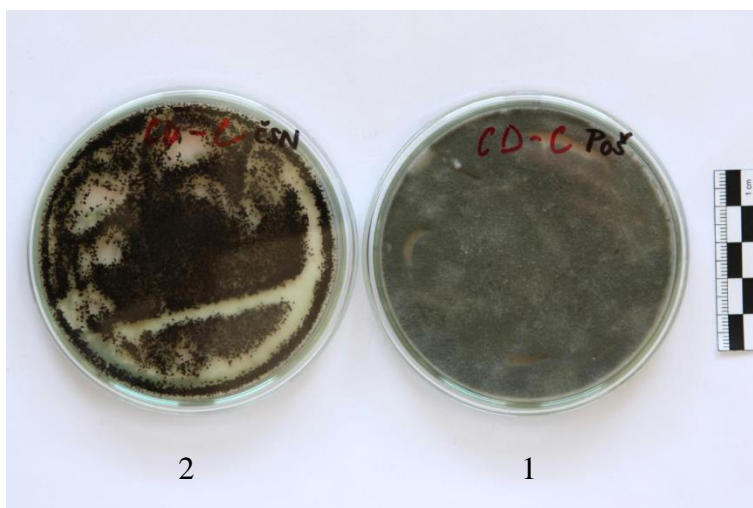
Výsledná koncentrace spor v roztoku minerálních solí byla v počítací komůrce nastavena na cca  $10^6$ – $10^7$  spor / ml. Tento postup byl opakován s každou zkušební plísni. Na závěr byly smíchány odpovídající objemy vždy pěti suspenzí obsahujících stejné množství spor, čímž byla získána suspenze spor připravená k inokulaci [Obr. 167.]. Takto připravenou suspenzi bylo nutné použít do 6 hod. po přípravě; poté již spory počínají klíčit v mycelia.



**Obr. 167.** Sporové suspenze. Přípraveny 1) z kmenů plísni identifikovaných při analýzách v Pošné a 2) dle doporučení normy ČSN EN 15457.

### Kontrola životaschopnosti spor

Sterilní Petriho misky byly naplněny úplným živným agarem a inokulovány 0,4 ml suspenze spor. Kultivovány byly při teplotě  $24 \pm 2$  °C a 95% RH do vysporulování kultur a celoplošného nárůstu plísni [Obr. 167.]. Podmínky kontroly byly stejné jako v případě vlastních zkoušek.



**Obr. 168.** Kultivace sporových suspenzí. Přípraveny 1) z kmenů plísni identifikovaných při analýzách v Pošné a 2) dle doporučení normy ČSN EN 15457.

### 3.4.3.5 Provedení kultivačních zkoušek

#### Sterilizace zkušebních tělísek

Před inokulací byla zkušební tělíska sterilizována uložením v laminárním boxu pod UV lampou (253,7 nm, 15 W) po dobu 45 min. z každé strany [Obr. 168.].



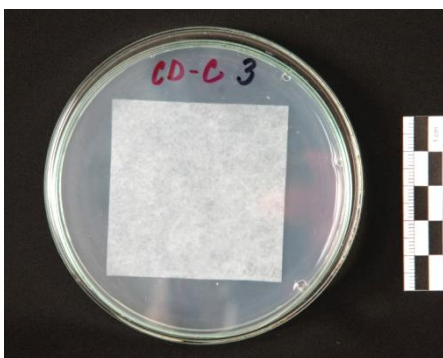
**Obr. 169.** Sterilizace zkušebních tělísek. Laminární box s UV lampou (253,7 nm, 15 W).

### Inokulace zkušebních tělísek

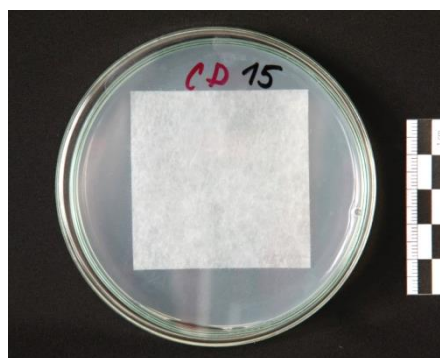
Suspenze spor byla rovnoměrně nakapána a rozprostřena na povrch zkušebních vzorků a ihned uložena do Petriho misek na jednotlivé typy živných půd a bez živné půdy. Na plochu zkušebního tělíska bylo použito 0,4 ml suspenze.

### Uložení zkušebních tělísek do živného prostředí

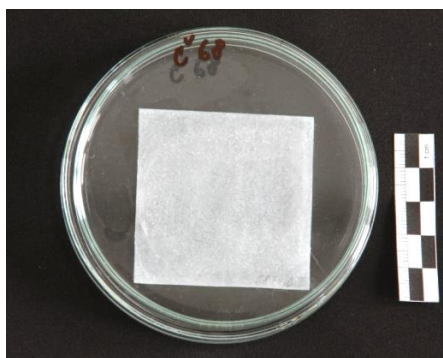
Zkušební vzorky byly uloženy každý zvlášť do Petriho misek na uvedené typy živných půd 1) úplnou živnou půdu (sladinovou *Czapek-Dox*) [Obr. 170.], 2) neúplnou živnou půdu (*Czapek-Dox* bez glukózy) [Obr. 171.] a 3) bez živné půdy na dno Petriho misek s kapénky sterilní vody [Obr. 172.]. Vzorky byly na povrchu živné půdy uloženy tak, aby nedocházelo k jejich kontaktu se stěnami Petriho misek a aby se celou svou plochou dotýkaly živné půdy či dna Petriho misek.



**Obr. 170.** Příklad uložení zkušebního vzorku v Petriho misce na úplné živné půdě (sladinové *Czapek-Dox*).



**Obr. 171.** Příklad uložení zkušebního vzorku v Petriho misce na neúplné živné půdě (*Czapek-Dox* bez glukózy).



**Obr. 172.** Příklad uložení zkušebního vzorku v Petriho misce bez živné půdy.

### Kultivace zkušebních vzorků

Připravené zkušební vzorky v Petriho miskách byly kultivovány v biologickém inkubátoru při teplotě  $24 \pm 2$  °C a relativní vzdušné vlhkosti cca 95 % po dobu 4 týdnů [Obr. 173., 147.].



**Obr. 173.** Biologický inkubátor, ve kterém byly uloženy zkušební vzorky.



**Obr. 174.** Uložení Petriho misek se zkušebními vzorky v biologickém inkubátoru. Na dně inkubátoru jsou Petriho misky s vodou a vlhkoměr pro udržování požadované vlhkosti.

### 3.4.3.6 Pozorování nárůstu plísní

#### Metody pozorování nárůstu plísní na zkušebních vzorcích

- Vizuální makroskopické pozorování
- Mikroskopické pozorování optickým mikroskopem

#### Průběžné hodnocení nárůstu plísní na zkušebních vzorcích

Zhodnocení nárůstu plísní bylo provedeno v následujících dnech zkušebního období: 2., 3., 4., 7., 9., 11., 18., 28. Růst plísní byl hodnocen dle upraveného znění normy ČSN EN 15457. Vzhledem k minimálním rozdílům nárůstu plísní na neúplné živné půdě byla hodnotící stupnice mezi 2. a 3. stupněm doplněna o ¼ stupně (2,25 – 2,5 – 2,75) [Tab. 8.].

<b>Tab. 8. Hodnotící stupnice růstu plísní, převzato a upraveno dle ČSN EN 15457<sup>261</sup></b>	
<b>Intenzita růstu</b>	<b>Hodnocení</b>
<b>0</b>	Na povrchu zkušebních vzorků není pod mikroskopem patrný žádný růst
<b>1</b>	Růst je pouhým okem neviditelný, jasně viditelný pod mikroskopem
<b>2</b>	Růst pokrývá do 10 % povrchu zkušebních vzorků
<b>2–3</b>	Růst pokrývá 10–30 % povrchu zkušebních vzorků
<b>3</b>	Růst pokrývá 30 % povrchu zkušebních vzorků
<b>4</b>	Růst pokrývá 30–50 % povrchu zkušebních vzorků
<b>5</b>	Růst pokrývá 50–100 % povrchu zkušebních vzorků

### Závěrečné hodnocení nárůstu plísní na zkušebních vzorcích po kultivaci

Po ukončení zkušebního období byla na základě pozorování nárůstu plísní posouzena odolnost vybraných materiálů proti plísním dle hodnotící stupnice upraveného znění normy ČSN EN 15457 [Tab. 8.].

Výsledky je možné interpretovat na základě srovnání s hodnocením v normě ČSN EN ISO 846 [Tab. 9.]. Stupně hodnotící stupnice odpovídají stupnici z průběžného hodnocení.

<b>Tab. 9. Závěrečné hodnocení nárůstu plísní dle ČSN EN ISO 846<sup>262</sup></b>	
<b>Intenzita růstu</b>	<b>Hodnocení</b>
<b>0</b>	Materiál není živným prostředím pro mikroorganismy (je inertní nebo fungicidní)
<b>1</b>	Materiál obsahuje živné složky nebo je znečištěn v tak malém množství, že umožňuje jen nepatrný růst.
<b>2–5</b>	Materiál není odolný působením plísní a obsahuje živné složky vhodné pro vývoj mikroorganismů.

### Vyjádření výsledků

Nárůst plísní po kultivaci byl kvantifikován dle hodnotící stupnice [Tab. 8.], výsledky pro jednotlivé sady vzorků byly dle normy ČSN EN ISO 846 zprůměrovány a byla vypočítána směrodatná odchylka. Na základě vizuálního pozorování a mikroskopického pozorování v průběhu kultivace a po jejím ukončení, kvantifikace výsledků zkoušek a jejich interpretace byla po konzultacích s garantem práce PhMr. Bronislavou Bacílkovou zhodnocena odolnost vybraných materiálů proti plísním v prostředích s různým zdrojem živin.

#### 3.4.3.7 Měření pH povrchu vzorků

Měření pH dotykovým pH metrem bylo provedeno na povrchu inokulovaných zkušebních vzorků kultivovaných na neúplně živné půdě a na povrchu neinokulovaných a nekultivovaných vzorků uložených v prostředí laboratoře. Provedena byla vždy 2 měření od jednoho vzorku, z nichž byl vypočítán aritmetický průměr.

#### 3.4.3.8 Stanovení hmotnostních změn

##### Metody vážkové analýzy zkušebních vzorků

Vážení zkušebních vzorků probíhalo po jejich odstranění z povrchu živné půdy, vysušení v sušárně při 30 °C, kondicionování v prostorách laboratoře (cca 21,5 °C a 38 RH) po dobu 24 hod. a následném uložení do exsíkátoru na dobu 12 hod. (přes noc). Přesnost tohoto postupu vážení byla 2 × zkoušena a ověřena na 5 ks náhradních zkušebních vzorků z podložky a 5 ks vzorků s konsolidanty pro každý konsolidant.

Pro stanovení hmotnostních změn po kultivaci byly váženy:

- hmotnosti podložek zkušebních vzorků před nanesením konsolidantů
- hmotnosti zkušebních vzorků po nanesení konsolidantů na podložku / hmotnosti vzorků z podložky bez konsolidantů
- hmotnosti zkušebních vzorků po kultivaci a ukončení zkoušek

### Vyjádření výsledků

U každého zkušebního vzorku byl stanoven rozdíl mezi hmotnostmi ( $\Delta m$ ) před kultivací ( $m_1$ ) a po kultivaci ( $m_2$ ) podle vzorce  $\Delta m = (m_2 - m_1)$  a vypočítána průměrná procentuální změna hmotnosti

podle vzorce:  $\frac{\Delta m}{m_1} \times 100$

Z výsledků jednotlivých sad vzorků byl vypočítán průměr procentuálních změn hmotností a směrodatná odchylka.

### 3.4.3.9 Zneškodnění kontaminovaných vzorků po ukončení zkoušek

Petriho misky s kontaminovanými vzorky byly na dobu 16 hod. zality antiseptickým a dezinfekčním přípravkem *Ajatin* o koncentraci účinných látek 10 %<sup>263</sup>. Po dezinfekci a očištění byly vzorky odstraněny do komunálního odpadu a živné půdy do odpadní vody.

### 3.4.3.10 Fotografická dokumentace

Zkušební vzorky byly v průběhu kultivace fotografovány. Fotografie jednotlivých vzorků jsou zařazovány za příslušné texty v kapitole s výsledky kultivačních zkoušek [kap. 3.5]. Závěrečné srovnávací fotografie všech vzorků v průběhu kultivačních zkoušek jsou uvedeny v obrazové příloze [obr. příloha 6.3].

## 3.5 Výsledky

### 3.5.1 Pozorování nárůstu plísní

#### 3.5.1.1 Kultivace na úplné živné půdě

Po inokulaci vzorků sporovou suspenzí a jejich kultivaci v přítomnosti úplného živného prostředí se vývoj spor ve vláknitou strukturu hyf vytvářel nejprve za okraji vzorků na povrchu živných půd, kam se po uložení inokulovaných vzorků rozšířila část sporové suspenze. Následně se vlákna vytvářela na povrchu vzorku a vyvíjela se v mycelium se sporami.

U vzorků kultivovaných na úplné živné půdě byl vznik vláken ze spor na povrchu vzorků a především za jeho okraji bezprostředně na povrchu živné půdy pozorovatelný již 2. den kultivace. Vznik sporulujících kolonií mycelia byl zaznamenán 4. den kultivace. Bohatý nárůst plně sporulujících kultur plísní pokrývající celý povrch vzorků byl pozorován 7. den kultivace. V následujících dnech se porost plísní mírně rozrůstal a od pozorování 18. den kultivace zůstal nezměněn.

Nárůst plísní na povrchu jednotlivých typů vzorků dosahoval stejného maxima a pokrýval cca 100 % povrchu vzorku [Tab. 10., Graf 3.]. Nejbohatší růst byl pozorován za okraji vzorků bezprostředně na povrchu živné půdy. Nejintenzivnější rozdíly mezi nárůstem plísní na povrchu vzorků a na povrchu živné půdy vykazovaly vzorky s *Primalem WS 24*, menší rozdíly pak vzorky s *Klucelom G* a nejmenší rozdíly vzorky z podložky [Obr. 175.–192.].

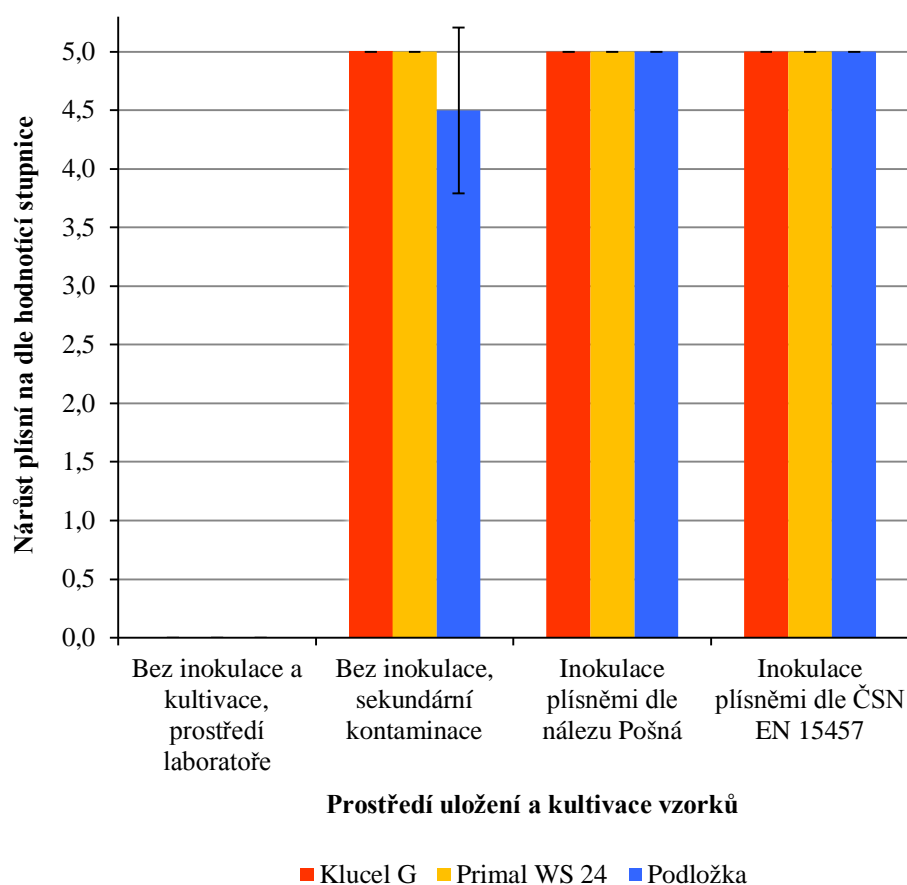
Série kultivovaných neinokulovaných vzorků byla před jejich uložením do Petriho misek sekundárně kontaminována sporami plísní z prostředí laboratoře, ačkoliv s nimi bylo manipulováno s maximální opatrností a byly dodržovány všechny zásady aseptické práce. V případě všech těchto vzorků byl pozorován intenzivní vývoj sporulujícího mycelia, jehož přístup k živinám a prostor k růstu nebyl omezován přítomností vysokého množství jiných konkurenčních organismů, jak tomu bylo v případě inokulovaných vzorků. Intenzivnější růst byl pozorován bezprostředně na povrchu živných půd za okraji vzorků a to především v počátcích nárůstu plísní. Viditelné rozdíly mezi nárůstem plísní na povrchu vzorků a na povrchu živné půdy vykazovaly opět vzorky s *Primalem WS 24* [Obr. 193.–198.].

V sérii vzorků inokulovaných skupinou plísní dle nálezu v Pošné byl nejdominantnější růst pozorován u rodu *Penicillium sp.* [Obr. 181.–186.] a v sérii vzorků inokulovaných skupinou plísní dle doporučení normy ČSN EN 15457 u rodu *Aspergillus sp.* [Obr. 187.–192.].

Tab. 10. Vizuální hodnocení nárůstu plísni na úplné živné půdě								
Materiál	Bez inokulace a kultivace, prostředí laboratoře		Kultivace – úplná živá půda					
			Bez inokulace, spad plísni		Inokulace plísněmi dle nálezů Pošná		Inokulace plísněmi dle ČSN EN 15457	
	Průměr hodnot nárůstu plísni	Směrodatná odchylka	Průměr hodnot nárůstu plísni	Směrodatná odchylka	Průměr hodnot nárůstu plísni	Směrodatná odchylka	Průměr hodnot nárůstu plísni	Směrodatná odchylka
<b>Klucel G</b>	0	0	5	0	5	0	5	0
<b>Primal WS 24</b>	0	0	5	0	5	0	5	0
<b>Podložka</b>	0	0	4,5	0,7	5	0	5	0

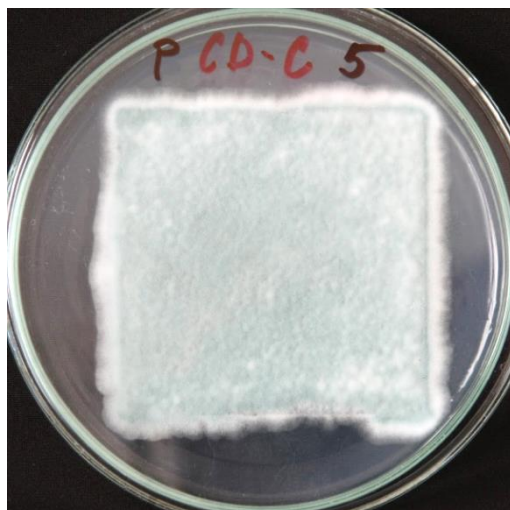
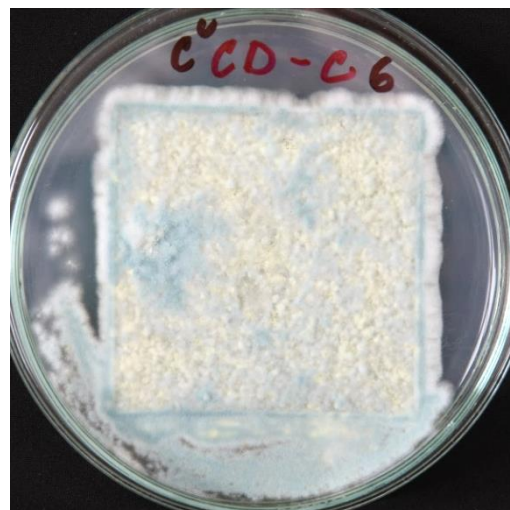
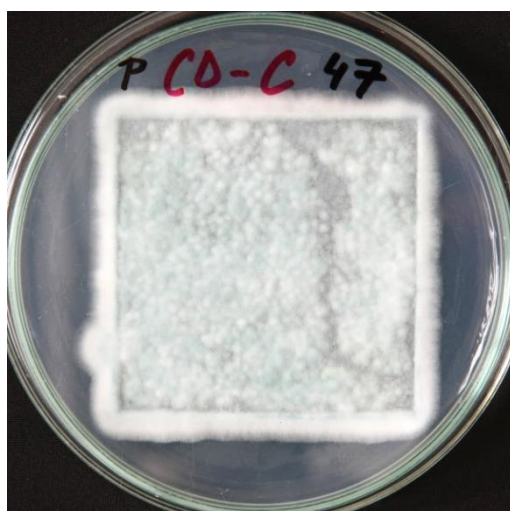
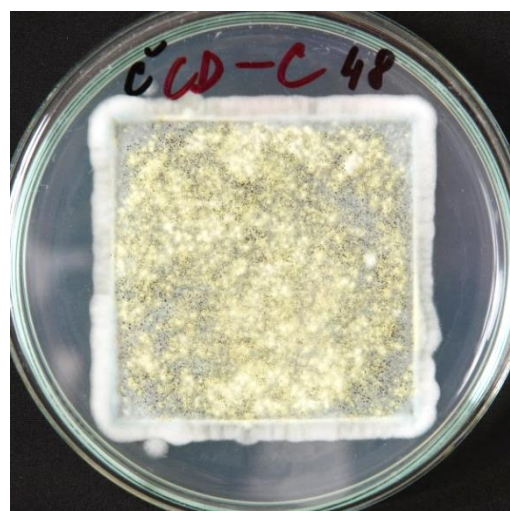
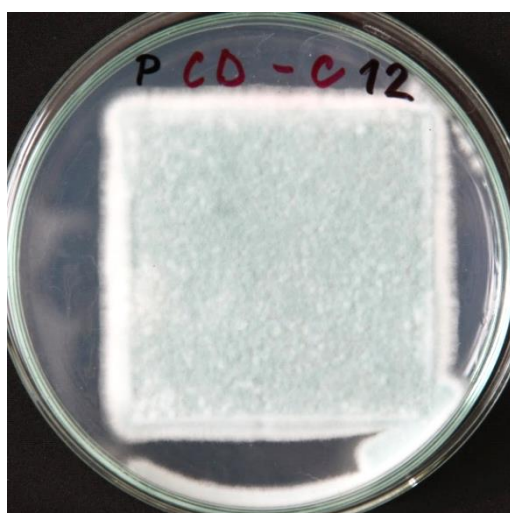
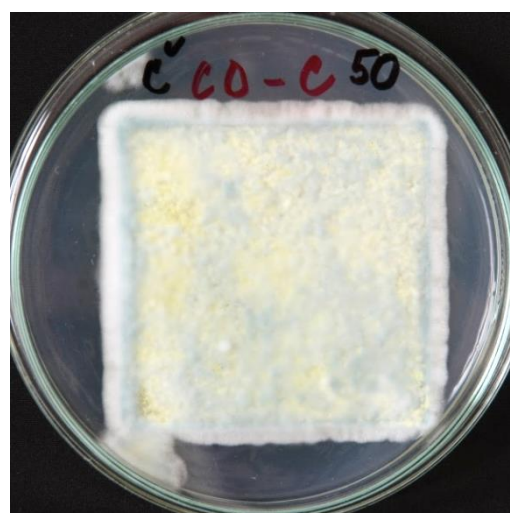
Výsledky jsou interpretovány dle hodnotící stupnice upravené normy ČSN EN 15457 [kap. 3.4.3.6, Tab. 8.]. Výsledky průměrně odpovídají stupni 5 – růst pokrývá 50–100 % povrchu zkušebních vzorků.

**Graf 3. Vizuální hodnocení nárůstu plísni po kultivaci na úplné živné půdě**

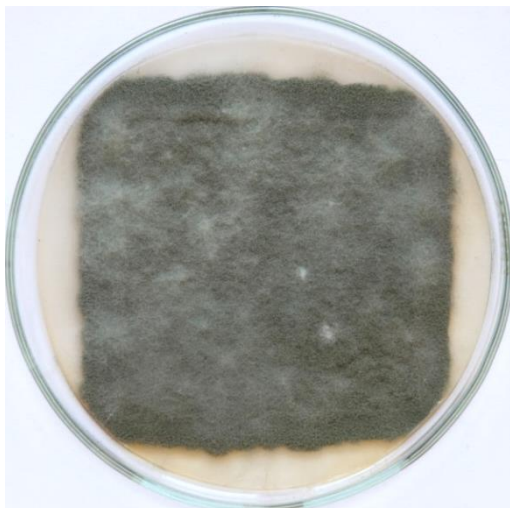




## 11. den zkuškového období – příklad vývoje nárůstu plísní na úplné živné půdě

Obr. 175. Vz. 5, *Klucel G*, plísně dle nálezu v Pošné.Obr. 176. Vz. 6, *Klucel G*, plísně dle ČSN EN 15457.Obr. 177. Vz. 47, *Primal WS 24*, plísně dle nálezu v Pošné.Obr. 178. Vz. 48, *Primal WS 24*, plísně dle ČSN EN 15457.Obr. 179. Vz. 12, *podložka*, plísně dle nálezu v Pošné.Obr. 180. Vz. 50, *podložka*, plísně dle ČSN EN 15457.

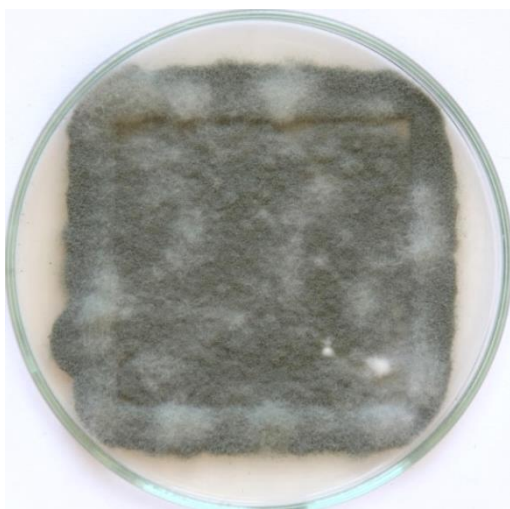
## Po ukončení zkoušek – příklad nárůstu plísní "dle nálezu v Pošné" na úplně živné půdě



**Obr. 181.** Vz. 9, *Klucel G*, plísně dle nálezu v Pošné. Nejdominantnější růst vykazoval rod *Penicillium sp.*



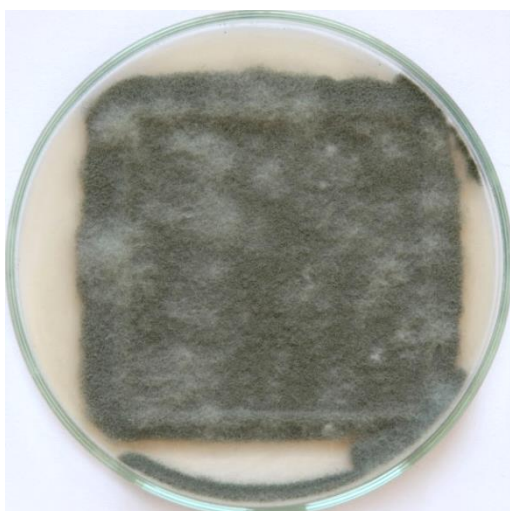
**Obr. 182.** Vz. 9, *Klucel G*, plísně dle nálezu v Pošné. Vzorky s filmem *Klucelu G*, stejně jako z podložky, byly nejvíce propustné pro živiny z půdy a nejméně mechanicky omezovaly růst plísní. I přesto dosahovala míra nárůstu plísní na úplně živné půdě u všech vzorků stejného maxima.



**Obr. 183.** Vz. 47, *Primal WS 24*, plísně dle nálezu v Pošné.



**Obr. 184.** Vz. 47, *Primal WS 24*, plísně dle nálezu v Pošné. Vzorky s filmem *Primalu WS 24* byly nejméně propustné pro živiny a nejvíce omezovaly mechanický růst plísní.

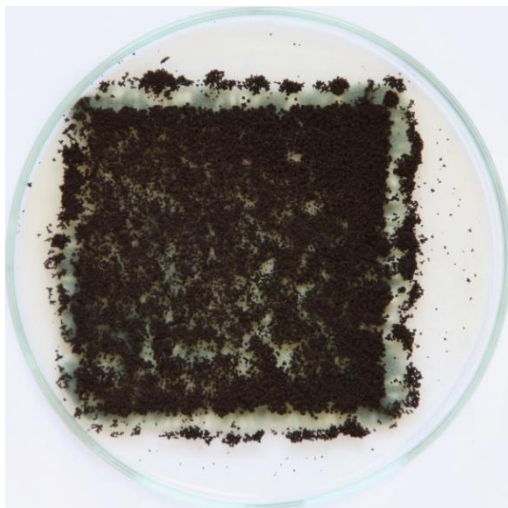


**Obr. 185.** Vz. 12, *podložka*, plísně dle nálezu v Pošné.



**Obr. 186.** Vz. 12, *podložka*, plísně dle nálezu v Pošné. Vzorky z vlastní podložky, stejně jako z *Klucel G*, byly nejvíce propustné pro živiny z půdy a nejméně mechanicky omezovaly růst plísní.

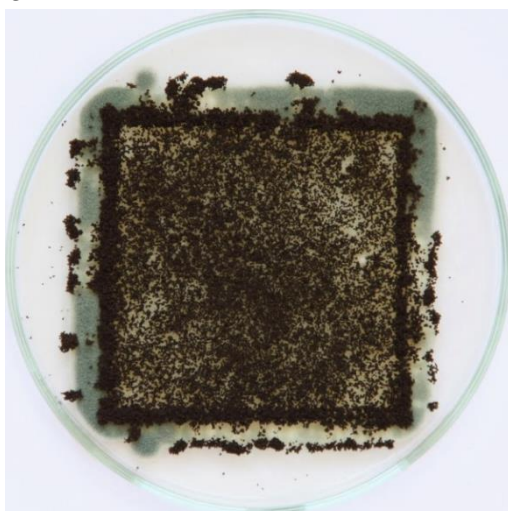
## Po ukončení zkoušek – příklad nárůstu plísní "dle ČSN EN 15457" na úplné živné půdě



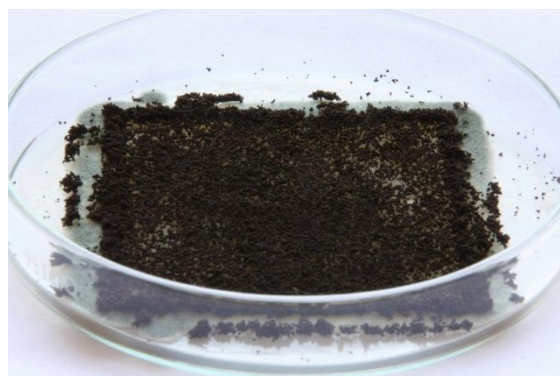
**Obr. 187.** Vz. 8, *Klucel G*, plísň dle ČSN EN 15457. Nejdominantnější růst vykazoval kmen *Aspergillus niger*.



**Obr. 188.** Vz. 8, *Klucel G*, plísň dle ČSN EN 15457. Vzorky s filmem *Klucelu G*, stejně jako z podložky, byly nejvíce propustné pro živiny z půdy a nejméně mechanicky omezovaly růst plísní. I přesto dosahovala míra nárůstu plísní u všech vzorků stejného maxima.



**Obr. 189.** Vz. 48, *Primal WS 24*, plísň dle ČSN EN 15457.



**Obr. 190.** Vz. 48, *Primal WS 24*, plísň dle ČSN EN 15457. Vzorky s filmem *Primalu WS 24* byly nejméně propustné pro živiny a nejvíce omezovaly mechanický růst plísní.



**Obr. 191.** Vz. 50, *podložka*, plísň dle ČSN EN 15457.



**Obr. 192.** Vz. 50, *podložka*, plísň dle ČSN EN 15457. Vzorky z podložky, stejně jako z *Klucel*em G, byly nejvíce propustné pro živiny z půdy a nejméně mechanicky omezovaly růst plísní.

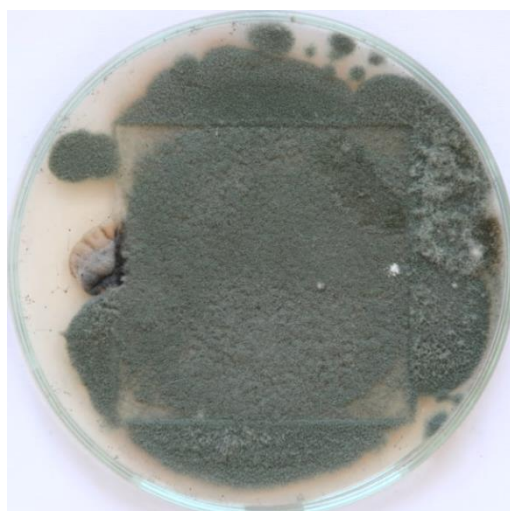
Po ukončení zkoušek – nárůst plísní ze sekundární kontaminace na vzorcích na úplné živné půdě



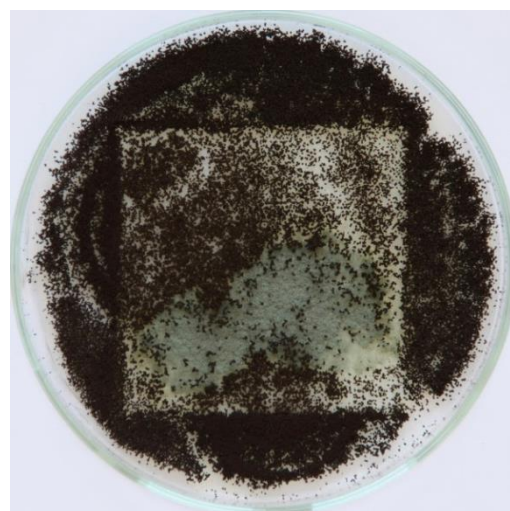
**Obr. 193.** Vz. 3, *Klucel G*, neinokulováno, sekundární kontaminace.



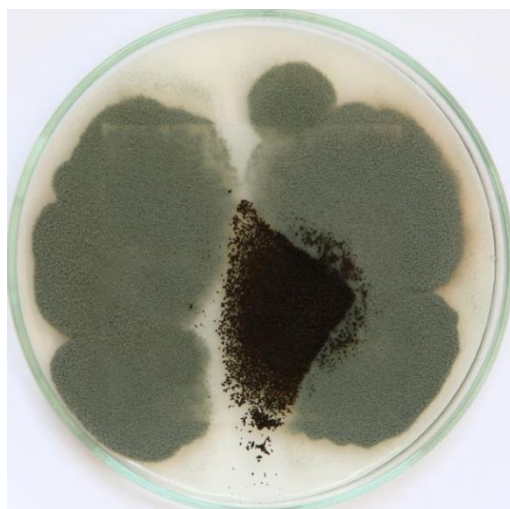
**Obr. 194.** Vz. 4, *Klucel G*, neinokulováno, sekundární kontaminace.



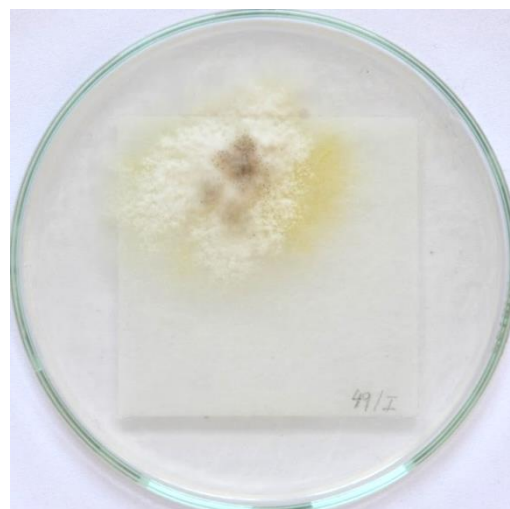
**Obr. 195.** Vz. 41, *Primal WS 24*, neinokulováno, sekundární kontaminace.



**Obr. 196.** Vz. 42, *Primal WS 24*, neinokulováno, sekundární kontaminace.



**Obr. 197.** Vz. 11, *podložka*, neinokulováno, sekundární kontaminace.



**Obr. 198.** Vz. 49, *podložka*, neinokulováno, sekundární kontaminace.

### 3.5.1.2 Kultivace na neúplně živné půdě

Vývoj nárůstu plísni od klíčící spory v hyfách po sporující mycelium měl stejný princip jako v případě vzorků kultivovaných na úplné živné půdě. Nejprve se vytvářela vláknitá struktura hyf za okraji vzorků na povrchu živných půd, kam se po inokulaci vzorků a jejich a uložení částečně rozšířila sporová suspenze. Vláknitá struktura se dále vyvíjela na povrchu vzorků, zde nebyla vizuálně tolik patrná vzhledem k podobnosti s podložkou *HollyTex* z netkané textilie z polyesterových vláken. Vývoj byl snáze pozorovatelný pod stereomikroskopem při zvětšení  $10\times-40\times$ . Vláknitá struktura se dále vyvíjela v mycelium se sporami.

U vzorků kultivovaných na neúplně živné půdě byla 3. den kultivace pozorována vláknitá struktura za okraji vzorků bezprostředně na povrchu živné půdy. 4. den kultivace byla vláknitá struktura patrná na povrchu vzorků a to především pod mikroskopem. Spory plísni byly pozorovány 7. den kultivace. Přibližně od 18. dne kultivace se růst plísni již nevyvíjel.

Růst plísni dosahoval na jednotlivých typech vzorků přibližně stejné míry max. do 30 % povrchu vzorku. [Tab. 11., Graf 4., Obr. 229.]. Z jednotlivých typů inokulovaných vzorků byl nejvyšší růst plísni pozorován na vzorcích s *Klucelem G* a *Primalem WS 24*, z nichž mírně silnější byl v případě většiny vzorků s *Klucelem G*. Nejslabší růst byl pozorován na povrchu vzorků z polyesterové podložky. Rozdíly v růstu plísni na vzorcích z inertní podložky a vzorcích s konsolidanty byly velice minimální [Obr. 205.–222.]. Nejbohatší růst byl pozorován za okraji vzorků bezprostředně na povrchu živné půdy, kam se po uložení inokulovaných vzorků rozšířila část sporové suspenze.

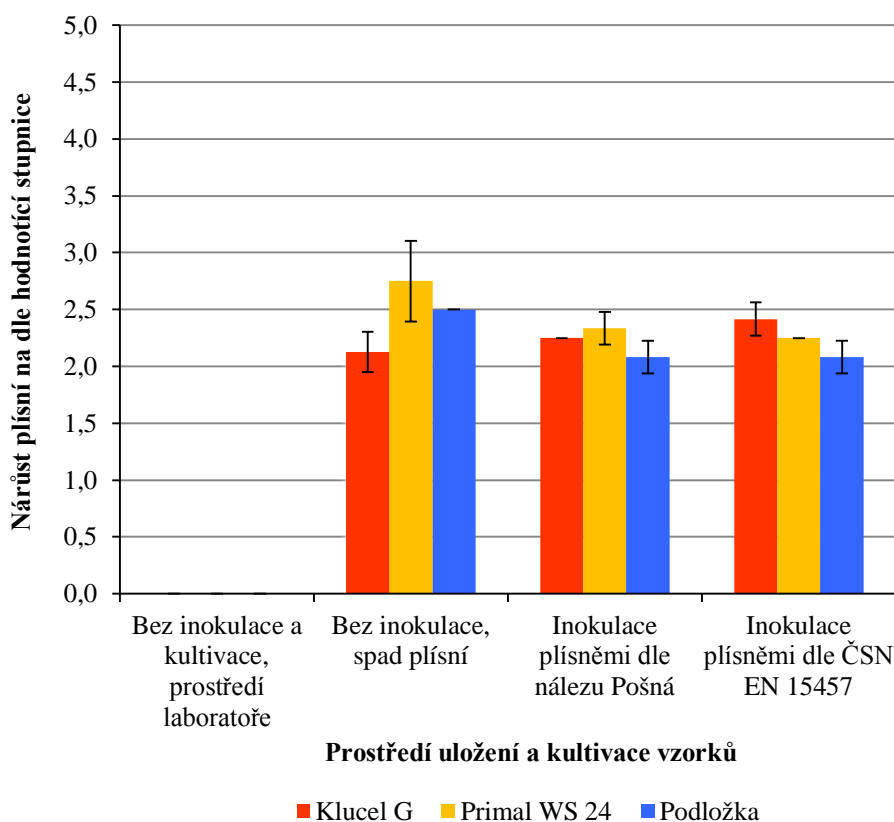
Série kultivovaných neinokulovaných vzorků byla před uložením do Petriho misek sekundárně kontaminována, stejně jako u kultivace na úplné živné půdě. V případě všech neinokulovaných a přirozeně kontaminovaných vzorků sledujeme intenzivnější vývoj sporujícího mycelia, jehož přístup k živinám a prostor k růstu není omezován přítomností vysokého množství jiných konkurenčních organismů, jak můžeme sledovat u inokulovaných vzorků. V případě neinokulovaných vzorků nebyly patrné rozdíly mezi intenzitou nárůstu plísni na povrchu vzorku a na povrchu živné půdy [Obr. 223.–228.].

Nejdominantnější růst plísni byl v obou sériích vzorků inokulovaných skupinami plísni dle nálezu v Pošné a dle doporučení normy ČSN EN 15457 pozorován u rodu *Penicillium sp.* Na povrchu vzorků inokulovaných plísněmi dle nálezu v Pošné byly dále dobře čitelné sporující kultury rodů *Cladosporium sp.* a *Acremonium sp.*

Tab. 11. Vizuální hodnocení nárůstu plísni na neúplně živné půdě								
Materiál	Bez inokulace a kultivace, prostředí laboratoře		Kultivace – neúplně živá půda					
			Bez inokulace, spad plísni		Inokulace plísněmi dle nálezů Pošná		Inokulace plísněmi dle ČSN EN 15457	
	Průměr hodnot nárůstu plísni	Směrodatná odchylka	Průměr hodnot nárůstu plísni	Směrodatná odchylka	Průměr hodnot nárůstu plísni	Směrodatná odchylka	Průměr hodnot nárůstu plísni	Směrodatná odchylka
<b>Klucel G</b>	0	0	2,13	0,18	2,25	0,00	2,42	0,14
<b>Primal WS 24</b>	0	0	2,75	0,35	2,25	0,00	2,25	0,00
<b>Podložka</b>	0	0	2,50	0,00	2,08	0,14	2,08	0,14

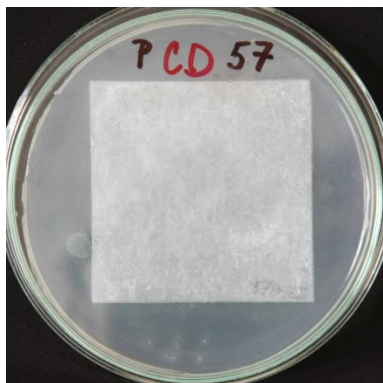
Výsledky jsou interpretovány dle hodnotící stupnice upravené normy ČSN EN 15457 [kap. 3.4.3.6, Tab. 8.]. Výsledky nárůstu plísni na podložce *HollyTex* průměrně odpovídají stupni 2 (růst pokrývá do 10 % povrchu zkušebních vzorků). Výsledky filmů z *Klucelu G* a *Primalu WS 24* pak stupni 2–3 (růst pokrývá 10–30 % povrchu zkušebních vzorků).

**Graf 4. Vizuální hodnocení nárůstu plísni po kultivaci na neúplně živné půdě**

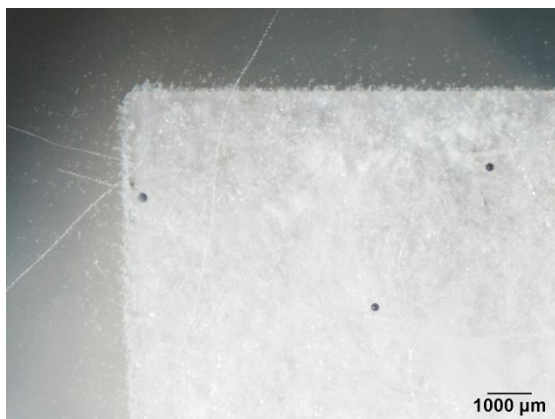


## Příklad vývoje nárůstu plísní na neúplné živné půdě

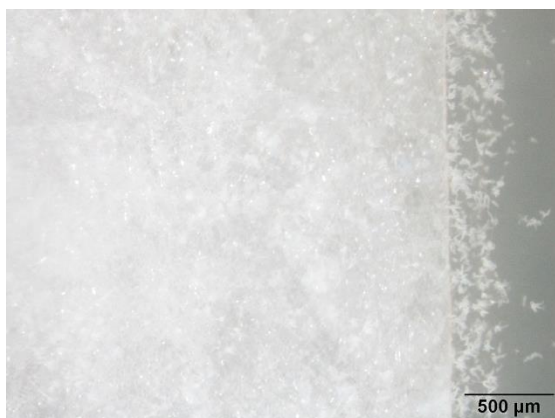
4. den zkouškového období



**Obr. 199.** Vz. 57, *Primal WS 24*, plísně dle nálezu v Pošné, neúplná živná půda *Czapek-Dox* bez glukózy, 4. den. Růst bílého vláknitého mycelia nebylo v počátcích růstu, vzhledem k bílému povrchu zkušebního vzorku, okem viditelné. Dobře čitelné bylo pod mikroskopem [srov. Obr. 201., 203.].

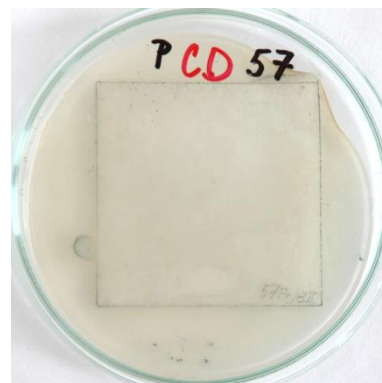


**Obr. 201.** Vz. 57 [srov. Obr. 199.], mikrofoto. Na povrchu vzorku se vytvářelo bílé vláknité mycelium, z něhož vyrůstaly rozmnožovací orgány se spory. Dobře viditelné jsou černé spory kmene *Aspergillus niger*.



**Obr. 203.** Vz. 57 [srov. Obr. 199., 201.], mikrofoto. Na povrchu vzorku se vytvářelo bílé vláknité mycelium. Plísně se z povrchu vzorku dobře rozrůstaly za jeho okrajů na povrchu živné půdy.

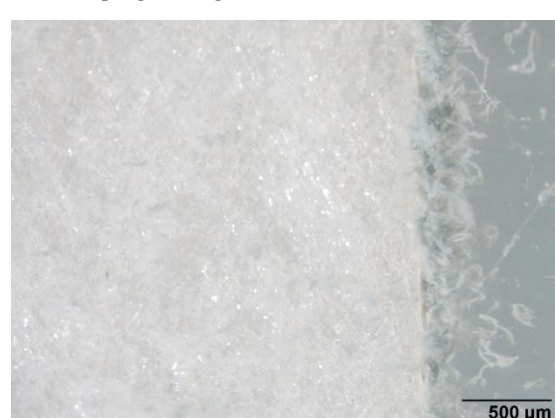
11. den zkouškového období



**Obr. 200.** Vz. 57, *Primal WS 24*, plísně dle nálezu v Pošné, neúplná živná půda *Czapek-Dox* bez glukózy, 11. den. Pokročilý růstu sporulujícího mycelia již byl dobře okem viditelný. Růst se v následujících dnech již nijak výrazně nevyvíjel [srov. Obr. 202., 204.].

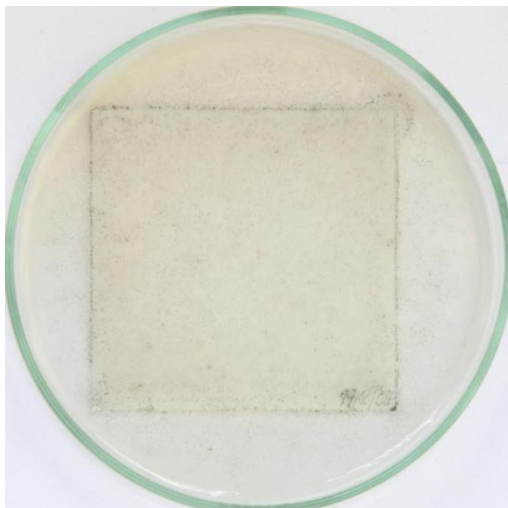


**Obr. 202.** Vz. 57 [srov. Obr. 200.], mikrofoto. Spory kultur byly vyvinuty převážně za okrajů vzorku na povrchu živné půdy, kde lze vidět zelené spory rodu *Penicillium sp.* Dobře viditelné jsou také černé spory kmene *Aspergillus niger*.



**Obr. 204.** Vz. 57 [srov. Obr. 200., 202.], mikrofoto. Ke sporulaci docházelo převážně za okrajem vzorku na povrchu živné půdy. Zde byly plísně v přímém kontaktu s živinami z živné půdy.

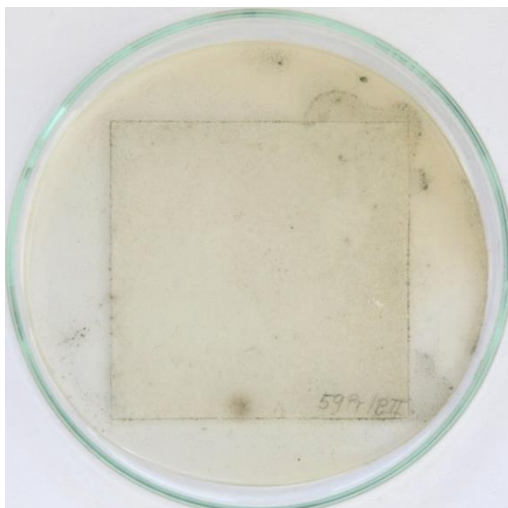
## Po ukončení zkoušek – příklad nárůstu plísní "dle nálezu Pošná" na neúplně živné půdě



Obr. 205. Vz. 19, *Klucel G*, plísně dle nálezu v Pošné.



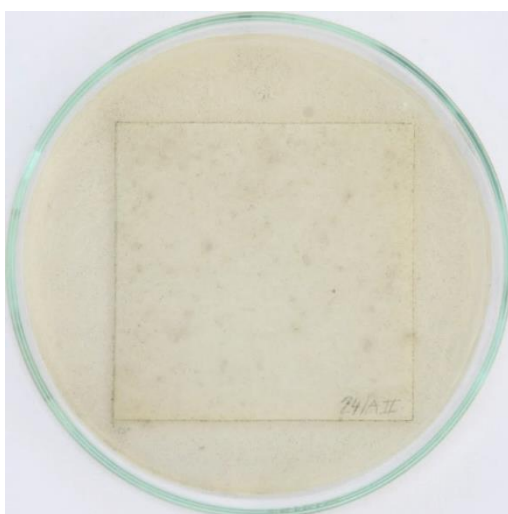
Obr. 206. Vz. 19, *Klucel G*, plísně dle nálezu v Pošné. Na površích vzorků s filmem *Klucelu G* a *Primalu WS 24* byl pozorován podobný růst plísní, silnější než na vzorcích z podložky.



Obr. 207. Vz. 59, *Primal WS 24*, plísně dle nálezu v Pošné.



Obr. 208. Vz. 59, *Primal WS 24*, plísně dle nálezu v Pošné. Na površích vzorků s filmem *Klucelu G* a *Primalu WS 24* byl pozorován podobný růst plísní, silnější než na vzorcích z podložky.



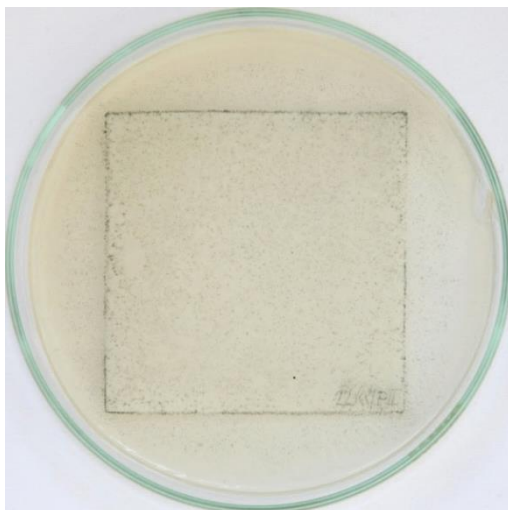
Obr. 209. Vz. 24, *podložka*, plísně dle nálezu v Pošné.



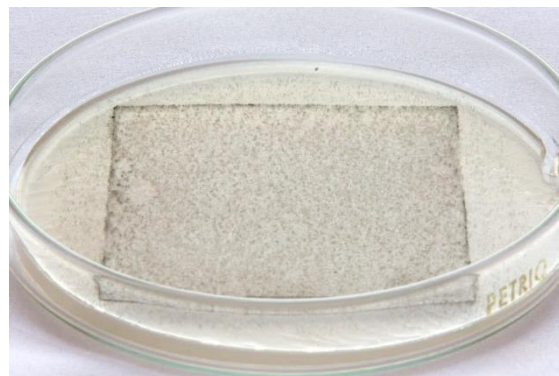
Obr. 210. Vz. 24, *podložka*, plísně dle nálezu v Pošné. Na površích většiny vzorků z vlastní podložky byl pozorován nejslabší růst plísní.



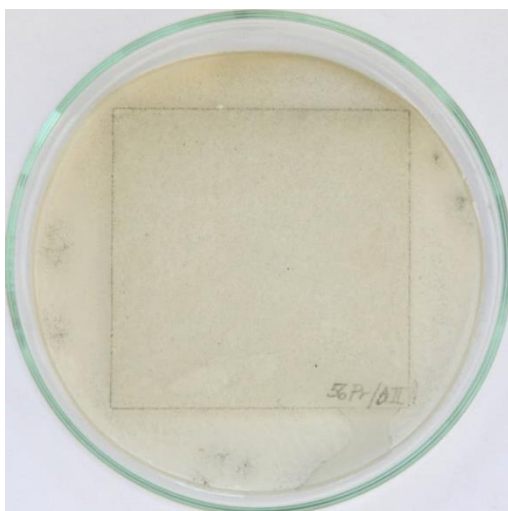
Po ukončení zkoušek – příklad nárůstu "plísni dle ČSN EN 15457" na neúplné živné půdě



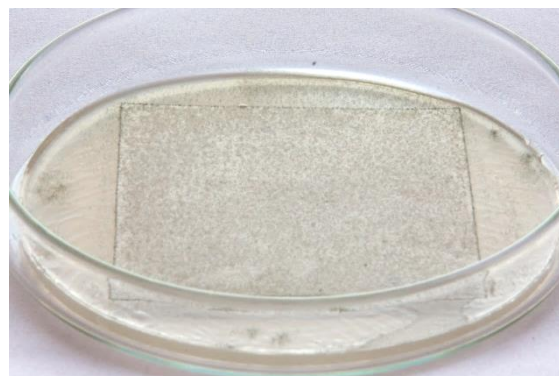
Obr. 211. Vz. 22, *Klucel G*, plísň dle ČSN EN 15457.



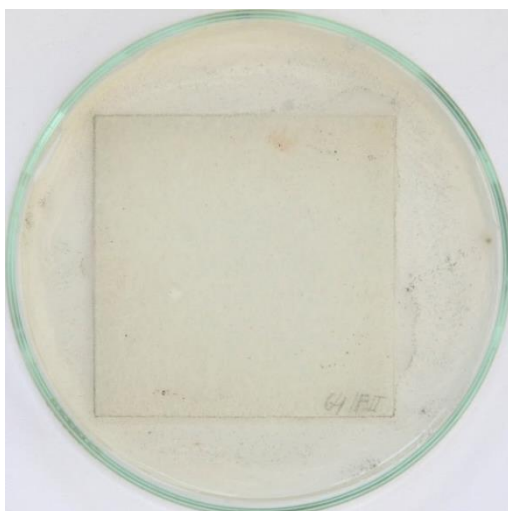
Obr. 212. Vz. 22, *Klucel G*, plísň dle ČSN EN 15457. Na površích vzorků s filmem *Klucelu G* a *Primalu WS 24* byl pozorován byl pozorován podobný růst plísni, silnější než na vzorcích z podložky.



Obr. 213. Vz. 56, *Primal WS 24*, plísň dle ČSN EN 15457.



Obr. 214. Vz. 56, *Primal WS 24*, plísň dle ČSN EN 15457. Na površích vzorků s filmem *Klucelu G* a *Primalu WS 24* byl pozorován byl pozorován podobný růst plísni, silnější než na vzorcích z podložky.

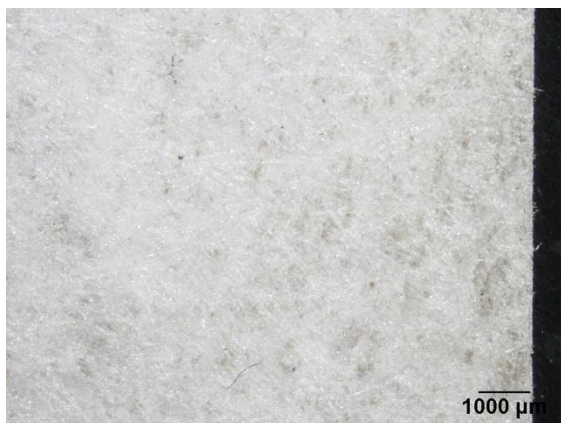


Obr. 215. Vz. 64, *podložka*, plísň dle ČSN EN 15457.

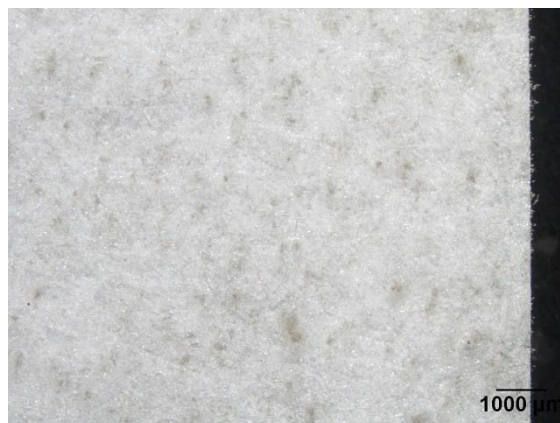


Obr. 216. Vz. 64, *podložka*, plísň dle ČSN EN 15457. Na površích většiny vzorků z vlastní podložky byl pozorován nejslabší růst plísni.

## Po ukončení zkoušek – příklad nárůstu plísní na neúplné živné půdě, mikroskopie



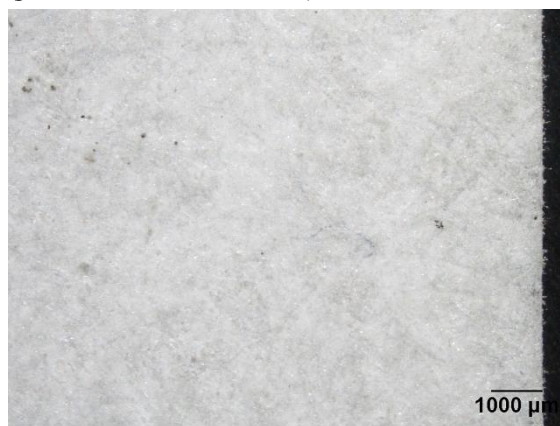
**Obr. 217.** Vz. 19, *Klucel G*, plísň dle nálezu v Pošné, mikrofoto. Vidíme nárůst sporulujících kultur plísní (především tmavého zbarvení).



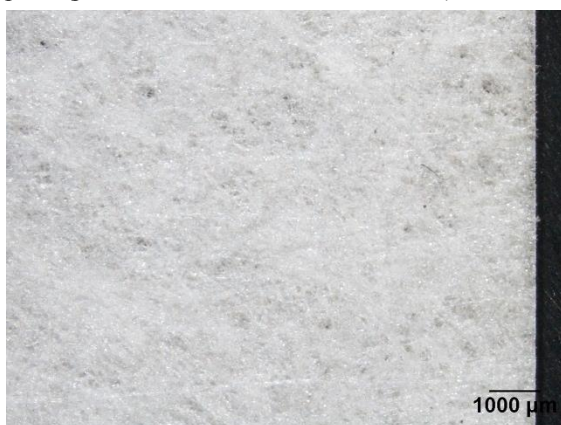
**Obr. 218.** Vz. 22, *Klucel G*, plísň dle ČSN EN 15457, mikrofoto. Vidíme nárůst sporulujících kultur plísní (především tmavého zbarvení).



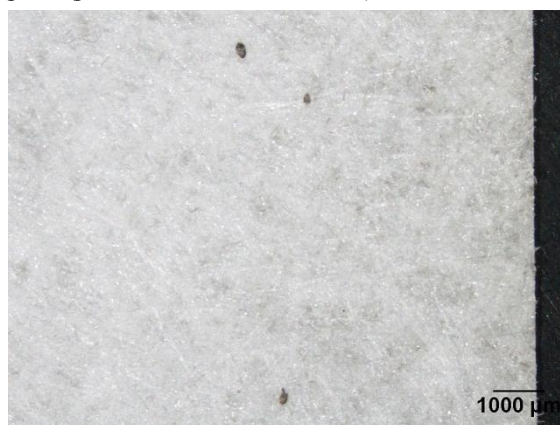
**Obr. 219.** Vz. 56, *Primal WS 24*, plísň dle nálezu v Pošné, mikrofoto. Vidíme nárůst sporulujících kultur plísní (především tmavého a bílého zbarvení).



**Obr. 220.** Vz. 56, *Primal WS 24*, plísň dle ČSN EN 15457, mikrofoto. Vidíme nárůst sporulujících kultur plísní (především tmavého zbarvení).

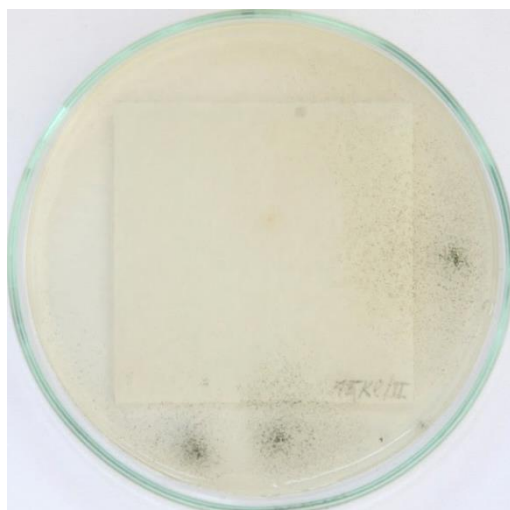


**Obr. 221.** Vz. 24, *podložka*, plísň dle nálezu v Pošné, mikrofoto. Vidíme nárůst sporulujících kultur plísní (především tmavého zbarvení).

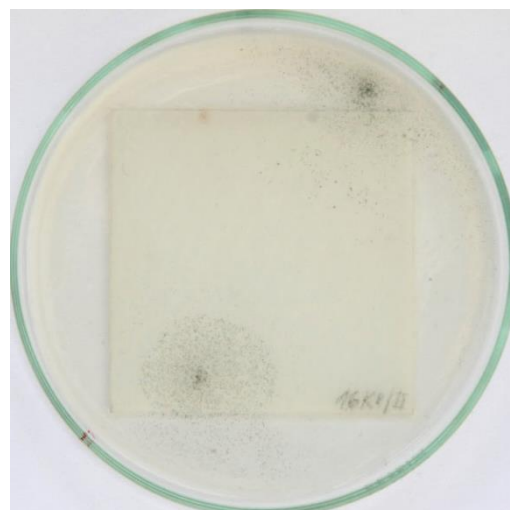


**Obr. 222.** Vz. 64, *podložka*, plísň dle ČSN EN 15457, mikrofoto. Vidíme nárůst sporulujících kultur plísní (především tmavého zbarvení).

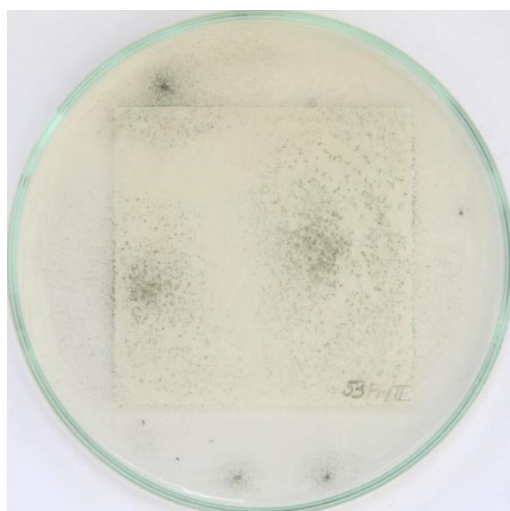
**Po ukončení zkoušek – nárůst plísní ze sekundární kontaminace na vzorcích na neúplné živné půdě**



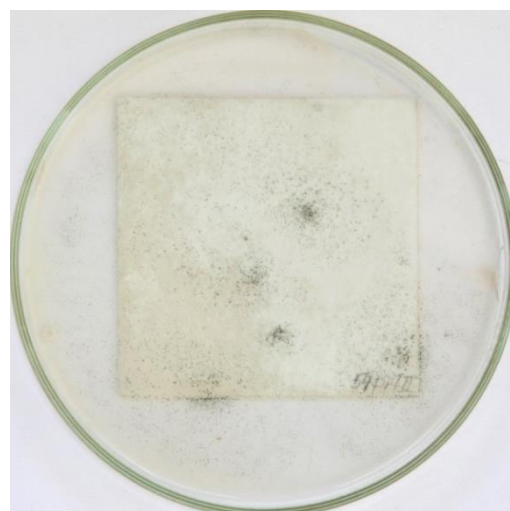
**Obr. 223.** Vz. 15, *Klucel G*, neinokulováno, sekundární kontaminace.



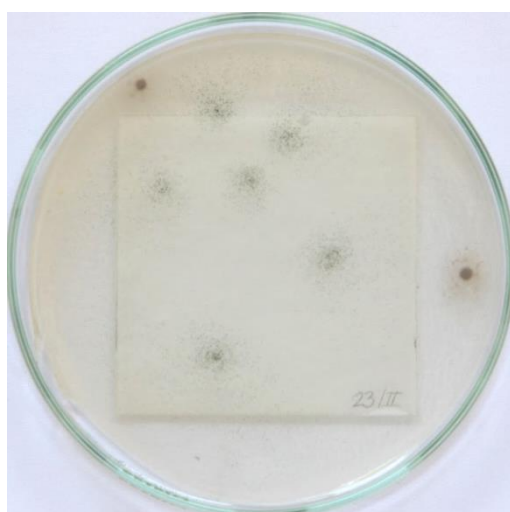
**Obr. 224.** Vz. 16, *Klucel G*, neinokulováno, sekundární kontaminace.



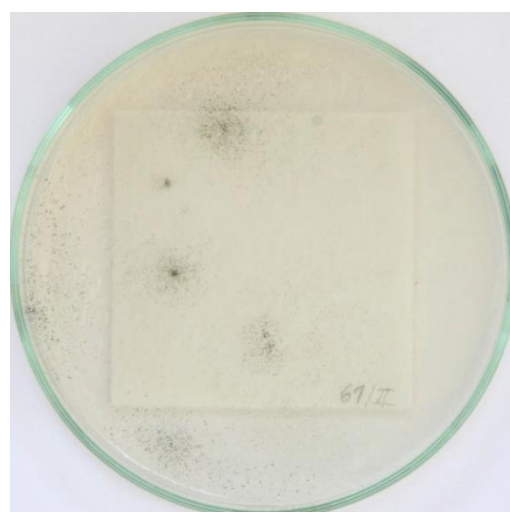
**Obr. 225.** Vz. 53, *Primal WS 24*, neinokulováno, sekundární kontaminace.



**Obr. 226.** Vz. 54, *Primal WS 24*, neinokulováno, sekundární kontaminace.

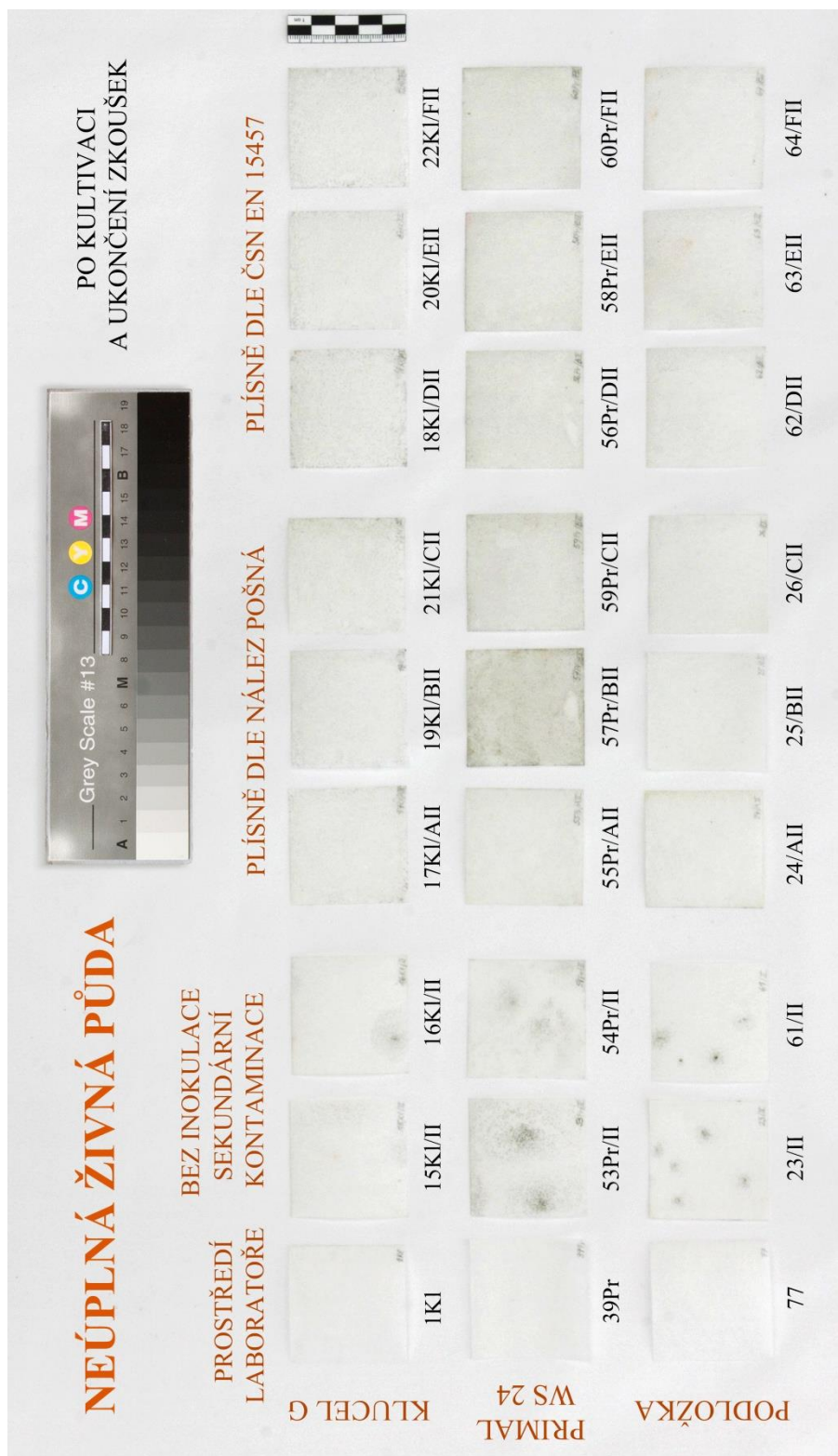


**Obr. 227.** Vz. 23, *podložka*, neinokulováno, sekundární kontaminace.



**Obr. 228.** Vz. 61, *podložka*, neinokulováno, sekundární kontaminace.

## Po ukončení zkoušek – zkušební vzorky kultivované na neúplné živné půdě



**Obr. 229.** Zkušební vzorky kultivované na neúplné živné půdě, po ukončení zkoušek. Míra nárůstu plísní se u jednotlivých vzorků příliš neliší. Nejméně intenzivní nárůst vykazovaly vzorky z podložky bez konsolidantu. V případě všech kultivovaných neinokulovaných vzorků, sekundárně kontaminovaných sledujeme intenzivní vývoj sporujícího mycelia, jehož přístup k živinám a růst není omezován přítomností vysokého množství jiných organismů, jak je tomu v případě inokulovaných vzorků. Je patrné, že na površích kultivovaných přirozeně kontaminovaných neinokulovaných vzorků s konsolidanty, především s *Primalem WS 24* jsou mycelia rozrostlá více než v případě vzorků stejné série z podložky bez konsolidantů.

### 3.5.1.3 Kultivace bez živné půdy

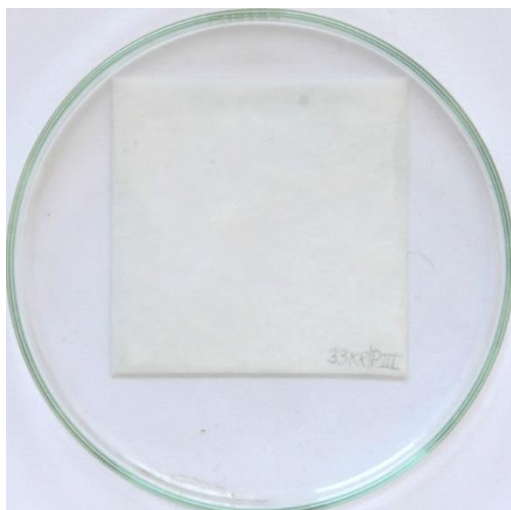
Na povrchu zkušebních vzorků nebyl po celou dobu zkušebního období patrný žádný nárůst plísní a to jak vizuálním pozorováním, tak mikroskopicky pomocí stereomikroskopu [Tab. 12.]. Tmavé spory, které byly viditelné na povrchu některých vzorků, pocházely se sporové suspenze, kterou byl vzorek na počátku zkoušek inokulován. U těchto spor nedošlo ke klíčení v hyfy a vývoji v mycelia, což je pozorovatelné pomocí ostře ohraničených okrajů spory a absence vláken mycelia.

Tab. 12. Vizuální hodnocení nárůstu plísní bez živné půdy								
Materiál	Bez inokulace a kultivace, prostředí laboratoře		Kultivace – bez živné půdy					
			Bez inokulace, spad plísní		Inokulace plísněmi dle nálezů Pošná		Inokulace plísněmi dle ČSN EN 15457	
			Průměr hodnot nárůstu plísní	Směrodatná odchylka	Průměr hodnot nárůstu plísní	Směrodatná odchylka	Průměr hodnot nárůstu plísní	Směrodatná odchylka
<b>Klucel G</b>	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Primal WS 24</b>	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Plodložka</b>	0	0	0	0	0	0	0	0

Výsledky jsou interpretovány dle hodnotící stupnice upravené normy ČSN EN 15457 [kap. 3.4.3.6, Tab. 8.] Výsledky nárůstu plísní odpovídají stupni 0 (Na povrchu zkušebních tělísek není pod mikroskopem patrný žádný růst).

K níže uvedeným fotografiím příkladů vzorků kultivovaných bez živné půdy [Obr. 230.–235.], jsou následně pro srovnání uvedeny příklady neinokulovaných a nekultivovaných vzorků, uložených v prostředí laboratoře [Obr. 236.–241.].

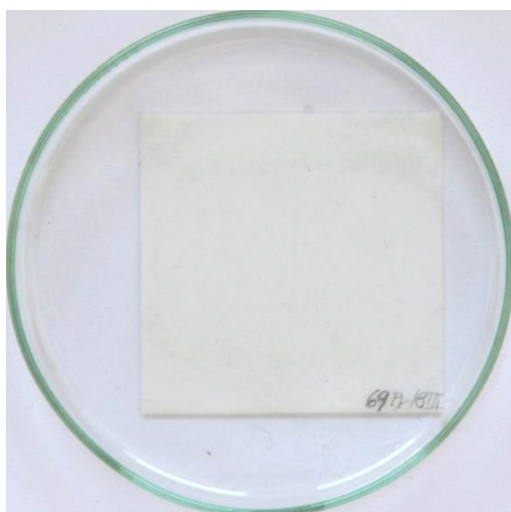
## Po ukončení zkoušek – příklad kultivovaných vzorků bez živné půdy



Obr. 230. Vz. 33, *Klucel G*, plísňě dle nálezu v Pošné.



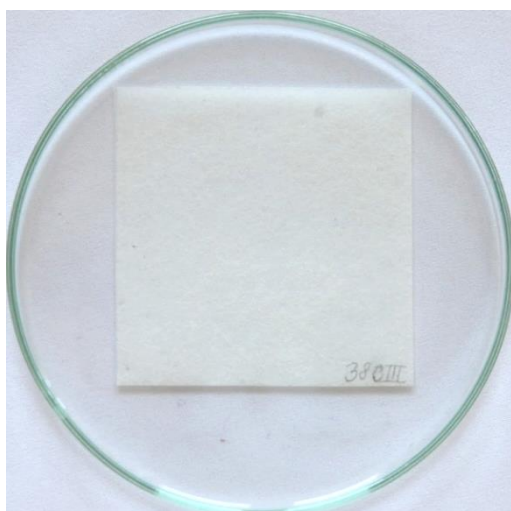
Obr. 231. Vz. 33, *Klucel G*, plísňě dle nálezu v Pošné, mikrofoto. Na povrchu vzorků není patrný nárůst plísni. Povrch je srovnatelný s povrchem nekontaminovaných nekultivovaných vzorků [srov. Obr. 237., 239., 241.].



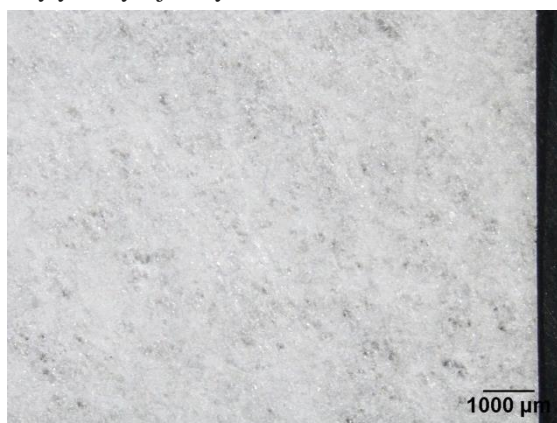
Obr. 232. Vz. 69, *Primal WS 24*, plísňě dle nálezu v Pošné.



Obr. 233. Vz. 69, *Primal WS 24*, plísňě dle nálezu v Pošné, mikrofoto. Na povrchu vzorků není patrný nárůst plísni [srov. Obr. 237., 239., 241.]. Ojedinelé tmavé shluky spor plísni pochází ze sporové suspenze, kterou byl vzorek inokulován. U spor nedošlo ke klíčení v hyfy a k vývoji v mycelia.

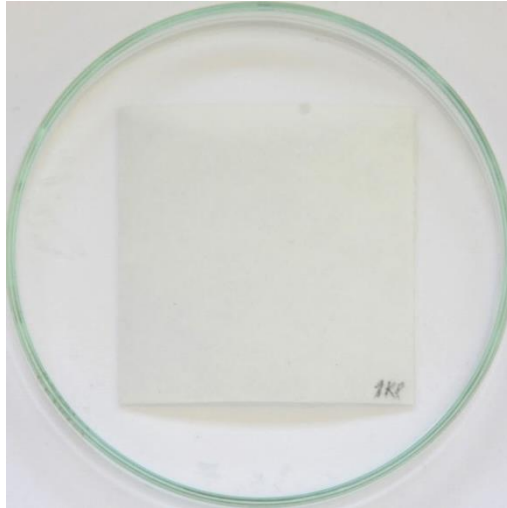


Obr. 234. Vz. 38, *podložka*, plísňě dle nálezu v Pošné.

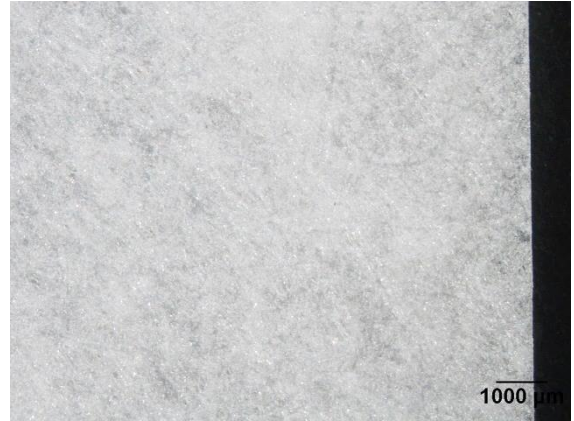


Obr. 235. Vz. 38, *podložka*, plísňě dle nálezu v Pošné, mikrofoto. Na povrchu vzorků není patrný nárůst plísni. Povrch je srovnatelný s povrchem nekontaminovaných nekultivovaných vzorků [srov. Obr. 237., 239., 241.].

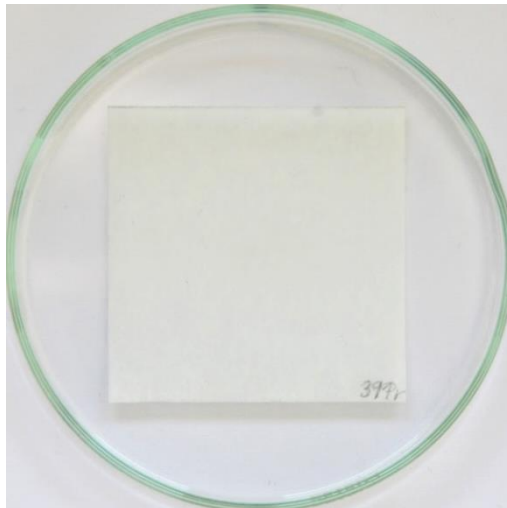
## Po ukončení zkoušek – příklad neinokulovaných a nekultivovaných vzorků



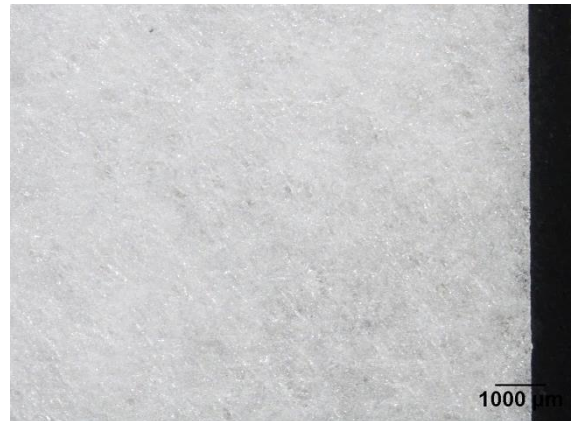
Obr. 236. Vz. 1, *Klucel G*, bez inokulace a kultivace, uloženo v laboratoři.



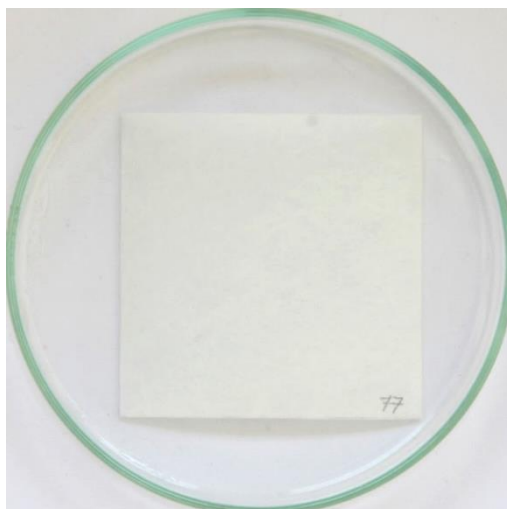
Obr. 237. Vz. 1, *Klucel G*, bez inokulace a kultivace, uloženo v laboratoři, mikrofoto.



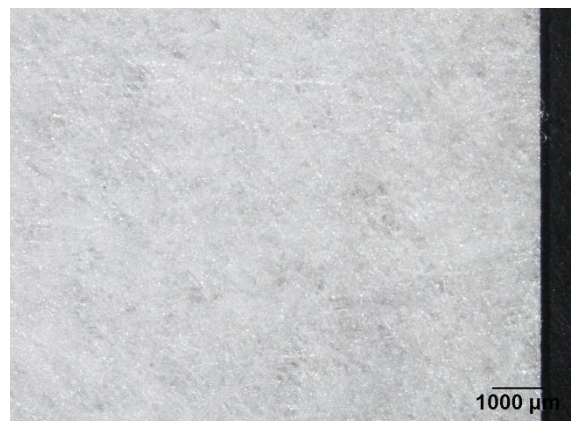
Obr. 238. Vz. 77, *Primal WS 24*, bez inokulace a kultivace, uloženo v laboratoři.



Obr. 239. Vz. 77, *Primal WS 24*, bez inokulace a kultivace, uloženo v laboratoři, mikrofoto.



Obr. 240. Vz. 77, *podložka*, bez inokulace a kultivace, uloženo v laboratoři.



Obr. 241. Vz. 77, *podložka*, bez inokulace a kultivace, uloženo v laboratoři, mikrofoto.

### 3.5.2 Měření pH

Průměrné hodnoty pH povrchu zkušebních vzorků kultivovaných na neúplně živné půdě a pH povrchu neinokulovaných a nekultivovaných vzorků uložených v prostředí laboratoře se pohybují v rozmezí 4,3–4,9 [text. příloha 7.3.1.1, Tab. XV]. Mezi pH vzorků, které byly inokulovány a kultivovány na neúplně živné půdě a pH vzorků, které nebyly inokulovány a kultivovány, není výraznější rozdíl.

### 3.5.3 Stanovení hmotnostních změn

#### 3.5.3.1 Kultivace na úplné živné půdě

Průměrný procentuální přírůstek hmotností inokulovaných a kultivovaných vzorků z podložky s Klucelem G byl 141 %, z podložky s Primalem WS 24 96 % a z podložky bez konsolidantu 150 % [text. příloha 7.3.1.2, Tab. XVI, Graf XV].

#### 3.5.3.2 Kultivace na neúplně živné půdě

##### Výsledky

Vzorky s *Klucel*em G vykazují průměrný procentuální úbytek hmotností po kultivaci 11 %, vzorky s *Primalem* WS 24 průměrný procentuální přírůstek hmotností 0,4 % a vzorky z podložky bez konsolidantů přírůstek 0,9 % [text. příloha 7.3.1.3, Tab. XVII, Graf XVI].

#### 3.5.3.3 Kultivace bez živné půdy

Vzorky s *Klucel*em G vykazují průměrný procentuální úbytek hmotností po kultivaci 6,8 %, vzorky s *Primalem* WS 24 průměrný procentuální přírůstek hmotností 0,7 % a u vzorků z podložky bez konsolidantů nejsou zaznamenány žádné změny hmotnosti po kultivaci [text. příloha 7.3.1.4, Tab. XVIII, Graf XVII].



## 3.6 Diskuze

### 3.6.1 Pozorování nárůstu plísní

#### 3.6.1.1 Kultivace na úplné živné půdě

##### Cíle a metodika zkoušek

Kultivace zkušebních vzorků v přítomnosti úplného živného prostředí se používá především k ověření fungicidních vlastností materiálu. Plísně mají v tomto případě optimální podmínky k růstu a zkušební materiál je proto vystaven maximální biologické zátěži. Fungicidní vlastnosti se projeví totální zábranou nárůstu mycelia na vzorku, případně i vznikem čiré zóny v jeho okolí. Metoda doplňuje kultivace na neúplných živných půdách a umožňuje tak lepší interpretaci výsledků. Podle požadavků daných zkouškami a imitace reálných podmínek expozice zkušebních materiálů mohou být dle uvedených norem<sup>264</sup> zkoušky provedeny v několika variantách nebo jejich kombinacích: 1) inokulace vzorku a jeho uložení na povrch živné půdy, 2) uložení vzorku na povrch živné půdy a celoplošná inokulace povrchu vzorku a živné půdy, 3) inokulace povrchu živné půdy, do které je vzorek umístěn, až je prostředí zcela obrostlé, ale bez viditelné sporulace. Varianty jsou dále rozšířeny o úpravu části vzorků pomocí biocidů. Pro imitaci podmínek napadení konsolidované nástěnné malby plísněmi byla zvolena první představená varianta provedení bez použití biocidů.

V průběhu zkušebního období byl sledován 1) časový vývoj nárůstu plísní na jednotlivých typech vzorků – podložka s *Klucelem G*, podložka s *Primalem WS 24* a podložka bez konsolidantu a 2) jakým způsobem dané typy vzorků ovlivňují či omezují růst plísní v porovnání s růstem plísní bezprostředně na povrchu živné půdy, kam se rozšířila část sporové suspenze po uložení inokulovaného vzorku.

##### Výsledky zkoušek

Zkušební vzorky z položky z polyesterové netkané textilie *HollyTex*, z podložky napuštěné disperzí akrylátového polymeru *Primal WS 24* a podložky napuštěné etherem celulózy *Klucel G* nemají fungicidní vlastnosti. Na zkušebních vzorcích byl v prostředí s úplným zdrojem živin pozorován maximální růst [Tab. 10., Graf 3]. Růst plísní omezují pravděpodobně pouze fyzikálně omezením přístupu plísní z povrchu vzorku skrze jeho hmotu k živinám z půdy a omezením mechanického růstu plísní. V zásadě nízkogramážní filmy vytvořené z nízkokoncentrovaných materiálů po aplikaci na podložku neomezují výrazně propustnost zkušebních vzorků pro živiny z živné půdy. Nejmenší propustnost pro živiny nebo nejvyšší omezení mechanického růstu plísní byly pozorovány u vzorků s filmem *Primalu WS 24*. V menší míře omezovaly růst plísní vzorky s filmem *Klucelu G* a v nejmenší míře vzorky z podložky bez konsolidantu. Nález odpovídá uvedeným specifikám daných konsolidantů a vlastnostem jejich filmů [kap. 3.3.2], především snížené propustnosti filmů z disperzí akrylátového polymeru, v porovnání s paropropustnými filmy z etherů celulózy.

Nejintenzivnější růst byl pozorován u rodů *Penicillium sp.* a *Aspergillus sp.* Jedná se nejodolnější a nejméně náročné rody plísní, které dokáží růst při nižší relativní vlhkosti vzduchu a obsahu vlhkosti v substrátu. Vzhledem k jejich nenáročnosti osídlují substrát jako první a svými

metabolickými procesy produkují vodu, která je zadržována v materiálu substrátu, zvyšuje jeho celkový obsah vlhkosti, čímž vytváří vhodné podmínky pro růst dalších plísní.<sup>265</sup>

Uvedené výsledky odpovídají analogickým zkouškám Třesoňové, 2006 [kap. 3.3.3.4]<sup>266</sup>, která mimo jiné zkoušela antifungální vlastnosti vybraných materiálů po aplikaci na filtrační papír, inokulaci plísněmi a kultivaci na úplné živné půdě sladidlové *Czapek-Dox* při  $24 \pm 4$  °C a 100% RH. Testované materiály, jak ether celulózy *Klucel G*, tak disperze akrylátového polymeru řady *Primal* byly napadnutelné plísněmi a nijak neinhibovaly jejich růst.

### 3.6.1.2 Kultivace na neúplné živné půdě

#### Cíle a metodika zkoušek

Neúplná živná půda (bez zdroje uhlíku) neposkytuje dle normy *ČSN EN ISO 846* dostatek živin pro vývoj mycelia plísní. Pokud zkušební vzorky neobsahují složky živného prostředí, plíseň by se neměla vyvinout a nemělo by docházet k poškozování kontaminovaných materiálů.<sup>267</sup> U některých druhů plísní však v tomto prostředí s příznivými klimatickými parametry může dojít ke klíčení a malému nárůstu, který se však díky nedostatku živin brzy zastaví.

Metoda zkoušek růstu plísní na inokulovaných vzorcích uložených na neúplné živné půdě je tedy vhodná primárně k průkazu přítomnosti látek podporujících růst plísní, ale s některými úpravami slouží také k ověření odolnosti zkoušeného materiálu v reálném prostředí s minimálním množstvím živin.

#### Výsledky zkoušek

V rámci provedených zkoušek byl vývoj kolonií plísní pozorován též mimo partie většiny vzorků na povrchu neúplné živné půdy. Mycelium plísní se dokáže částečně vyvinout jen na povrchu neúplné živné půdy, bez dalšího zdroje živin.

Zkušební vzorky z položky z polyesterové netkané textilie *HollyTex*, z podložky napuštěné disperzí akrylátového polymeru *Primal WS 24* a podložky napuštěné etherem celulózy *Klucel G* nebyly v prostředí s vysokou vlhkostí (95% RH), vyšší teplotou ( $24 \pm 2$  °C), kyselejší pH substrátu [text. příloha 7.3.1.1, Tab. XV] a s jistým minimem živných složek (dle neúplné živné půdy) zcela odolné vůči působení plísní. V těchto podmínkách<sup>268</sup> byl určitý nárůst plísní pozorován také na vzorcích z polyesterové podložky *HollyTex*, jejíž materiál je teoreticky inertní, není zdrojem živin a nepodporuje nárůst plísní. Je proto velice pravděpodobné, že podložka zcela propustná pro živiny z půdy nárůst plísní v zásadě nijak nepodporovala, ani neomezovala. Vyšší nárůst plísní na vzorcích napuštěných konsolidanty *Klucel G* a *Primalem WS 24* vypovídá o jistém obsahu živných složek ve filmech z těchto konsolidantů. Rozdíly v růstu plísní na vzorcích z inertní podložky a vzorcích s konsolidanty byly přesto velice minimální [Tab. 11., Graf 4., Obr. 229.]. Filmy z konsolidantů o průměrné gramáži cca 5 g / m<sup>2</sup> na každé straně vzorku (po aplikaci ponorem 4–5 × do 2,5 hm. % konsolidantu) podporují vývoj a růst plísní pouze v minimální míře. Důvodem je, že plísně nejsou schopné produkovat takové enzymy, které by složité molekuly konsolidantů rozložily a dále využily ke své výživě. K téměř totožnému vývoji a růstu plísní jako na povrchu vzorků s konsolidanty docházelo také na inertním substrátu bez aplikovaných konsolidantů.

Nejintenzivnější růst byl pozorován u rodů *Penicillium sp.* Jak již bylo zmíněno, jedná se o jeden z nejodolnějších rodů plísní, který dokáže růst při nižším obsahu vlhkosti v substrátu a vytváří vlhkostní podmínky pro růst dalších plísní.<sup>269</sup>

Uvedené výsledky odpovídají závěrům zkoušek Malé, 1998 [kap.3.3.3.2]<sup>270</sup>, která zkoušela odolnost vybraných konsolidantů proti plísním v improvizovaném prostředí neúplně živné půdy při 18–20 °C a 100% RH. Na povrchu inokulovaných filmů z konsolidantů na bázi etherů celulózy řady *Klucel* a vodných disperzí akrylátového polymeru řady *Primal* nebyl v průběhu čtyř měsíců zkušebního období zaznamenán růst plísní. Výsledky odpovídají také závěrům dlouholetých vědeckých výzkumů Abdel-Kareema, 2000–2010 [kap. 3.3.3.3]<sup>271</sup>, které se zabývají mikrobiologickými zkouškami historických Egyptských lněných textilií napuštěných vybranými konsolidanty po jejich inokulaci kmeny plísní dle nálezu in situ na těchto textiliích a kultivaci na neúplně živné půdě *Czapek-Dox* v normovaných podmínkách. Zkoušený konsolidant *Klucel G* měl standardní dobré výsledky mikrobiologické odolnosti ve srovnání s jinými zkoušenými konsolidanty na bázi polyvinylacetátů, akrylátového polymeru, rozpustných nylonů, etherů celulózy a také karbamátu škrobu. Stupeň růstu plísní na vzorcích s konsolidanty ovšem závisí nejen na charakteru konsolidantu ale také na typu plísně. V případě některých kmenů plísní redukoval *Klucel G* ze všech zkoušených konsolidantů v největší míře jejich růstu, zatímco v případě jiných kmenů plísní jejich růst redukoval nejméně.

### 3.6.1.3 Kultivace bez živné půdy

#### Cíle a metodika zkoušek

Metoda zkoušek nárůstu plísní v prostředí bez živné půdy ve vysoké vlhkosti a teplotě zjišťuje, zda materiál vzorků obsahuje dostatek živných složek potřebných pro vývoj a růst plísní. Podmínky prostředí uložení vzorků na dně Petriho misek s "vodní hladinou" z kapének sterilní vody byly v prostředí biologického inkubátoru udržovány v hodnotách optimálních pro růst plísní (95% RH, 24 ± 2 °C). Metoda zkoušek je vhodná ke stanovení odolnosti vlastních materiálů vůči působení plísní v prostředí bez zdroje jiných živin.

#### Výsledky zkoušek

Na povrchu vzorků z položky z polyesterové netkané textilie *HollyTex*, z podložky napuštěné disperzí akrylátového polymeru *Primal WS 24* a podložky napuštěné etherem celulózy *Klucel G* se v prostředí bez živné půdy plísně nevyvíjí. [Tab. 12.]. Nárůst plísní nepodpořily ani vysoká 95% relativní vlhkost prostředí, vyšší teplota 24 ± 2 °C, uložení na "vodní hladině" z kapének vody, které může simulovat kondenzát na povrchu substrátu, a kyselé pH povrchu vzorku [kap. 3.5.2]. Diskuze je dále rozvedena v závěru laboratorního testování [kap. 3.7], kde jsou srovnány výsledky kultivace na neúplně živné půdě a bez živné půdy.

Uvedené výsledky odpovídají závěrům zkoušek Malé, 1998 [kap. 3.3.3.2]<sup>272</sup>, která zkoušela odolnost vybraných konsolidantů proti plísním v prostředí bez živné půdy při 18–20 °C a 100% RH. Na povrchu inokulovaných filmů z konsolidantů na bázi etherů celulózy řady *Klucel* a vodných disperzí akrylátového polymeru řady *Primal* nebyl v průběhu čtyř měsíců zkušebního období zaznamenán růst plísní. Analogické zkoušky odolnosti proti plísním jako představuje prezentovaná teoretická část diplomové práce, byly provedeny Třesohlavou, 2006 [kap. 3.3.3.4]<sup>273</sup>. Po kultivaci

vzorků filtračního papíru s vybranými konsolidanty v prostředí bez živné půdy při  $24 \pm 4$  °C a 100% RH se v případě etherů celulózy *Tylosy MH 300* a *Klucelu G* projevil téměř nezatelný nárůst plísní, srovnatelný s nárůstem plísní na materiálu techniky nástěnné malby vápenné a secco. Rozdíl mezi nárůstem plísní na vzorcích konsolidovaných ethery celulózy a akrylátovými polymery byl minimální a výsledky byly téměř srovnatelné.

Z výsledků zkoušek Malé, 1998 [kap. 3.3.3.2]<sup>274</sup> a také na základě literární rešerše vlastností zkoušeného konsolidantu hydroxypropylcelulózy *Klucelu G* [kap. 3.3.2.1] je pravděpodobné, že z uvedený materiál je jedním z nejodolnějších etherů celulózy vůči enzymatickému rozkladu působením mikroorganismů a to vzhledem k vysokému stupni substituce DS, z jehož stoupající hodnotou roste mikrobiologická odolnost.<sup>275</sup> Nízkoviskózní typy hydroxypropylcelulózy *Klucel G*, *E*, *L* patří z hlediska stability vůči různým vlivům ke stabilnějším typům než vysokoviskózní typy *Klucel M* a *H*.<sup>276</sup>

### 3.6.2 Měření pH povrchu vzorku

#### Cíle a metodika zkoušek

pH bylo měřeno na povrchu inokulovaných zkušebních vzorků kultivovaných na neúplné živné půdě a povrchu neinokulovaných a nekultivovaných vzorků uložených v prostředí laboratoře. Měření bylo pouze doplňkovou zkouškou s cílem zjistit, zda se pH vzorků pohybuje v kyselých oblastech, které podporují růst plísní, a jakým způsobem bylo změněno po kultivaci a nárůstu plísní.

#### Výsledky zkoušek

Měření stanovilo, že pH povrchu vzorků se pohybuje v kyselé oblasti, která podporuje růst plísní. Byly naměřeny hodnoty pH v rozmezí 4,3–4,9 [text. příloha 7.3.1.1, Tab. XV]. Je však nutné zohlednit, že při měření dotykovým pH metrem jsou naměřené hodnoty přibližně o 0,5 stupně nižší než ve skutečnosti. Mezi pH vzorků, které byly inokulovány a kultivovány na neúplné živné půdě a pH vzorků, které nebyly inokulovány a kultivovány, není výraznější rozdíl.

### 3.6.3 Stanovení hmotnostních změn

Pro doplnění vizuálního a mikroskopického pozorování nárůstu plísní bylo provedeno stanovení přírůstku hmotnosti všech typů zkušebních vzorků kultivaci v daném živném prostředí nebo uložení v prostředí laboratoře. Obecně jsou však změny hmotnosti vzorků ovlivněny nejen nárůstem plísněového mycelia, ale také úbytkem biodegradabilních látek, částečně spotřebovaných mikroorganismy, a naopak případným přírůstkem metabolických produktů. Norma ČSN EN ISO 846<sup>277</sup> proto doporučuje také stanovení úbytku hmotnosti biodegradabilní látky vzorků po kultivaci, očištění mycelia ve směsi ethanolu a vody (hm. 70 : 30) a vysušení při laboratorních podmínkách. Tuto metodu nebylo možné použít vzhledem k rozpustnosti *Klucelu G* v uvedených rozpouštědlech v porovnání s nerozpustností *Primalu WS 24*.

### 3.6.3.1 Kultivace na úplně živné půdě

#### Cíle a metodika zkoušek

Cílem bylo zaznamenat a porovnat přírůstky hmotnosti po nárůstu plísní na povrchu jednotlivých typů vzorků. Stanovení změn hmotnosti vzorků kultivovaných na úplně živné půdě je pouze orientační a demonstrativní. Hygienické a bezpečnostní požadavky na manipulaci s kontaminovaným materiálem neumožňovaly vážit vlastní vzorky s bohatým nárůstem sporulujících kultur po jejich odstranění z živné půdy a vysušení. Hmotnost vzorku byla dopočítána rozdílem v hmotnostech Petriho misky se vzorkem uloženým na živné půdě a Petriho misky s živnou půdou po odstranění vzorku. Výsledné hmotnosti v sobě tudíž obsahují podíl vlhkosti, který v případě silného nárůstu plísní není zanedbatelný.

#### Výsledky

Přírůstky hmotnosti zkušebních vzorků po kultivaci demonstrují míru intenzity nárůstu plísní na povrchích vzorků. Tyto výsledky jsou jen doplňující, nárůst plísní je pravděpodobně dosti závislý na druhu použitého mikroorganismu [text. příloha 7.3.1.2, Tab. XVI, Graf XV]. Z výsledků tak nelze vyvozovat jednoznačné závěry.

### 3.6.3.2 Kultivace na neúplně živné půdě

#### Cíle a metodika zkoušek

Cílem bylo zaznamenat a porovnat přírůstky hmotnosti po nárůstu plísní na povrchu jednotlivých typů vzorků. Vážení zkušebních vzorků probíhalo po jejich odstranění z povrchu živné půdy, vysušení v sušárně při 30 °C, kondicionování v prostorách laboratoře (cca 21,5 °C a 38 RH) po dobu 24 hod. a následnému uložení do exsikátoru na dobu 12 hod. (přes noc).

#### Výsledky

Výsledky změn hmotnosti zkušebních vzorků po kultivaci na neúplně živné půdě nejsou vypovídající. Vzorky s *Klucelem G* vykazují úbytek hmotností po kultivaci, naopak vzorky s *Primalem WS 24* a vzorky z podložky bez konsolidantů minimální přírůstek hmotností [text. příloha 7.3.1.3, Tab. XVII, Graf XVI]. V případě vzorků s konsolidanty *Klucelem G* a *Primalem WS 24* jsou naměřené změny hmotností po kultivaci v rozporu s trendy nárůstu plísní. Po uložení vzorků s konsolidanty *Klucelem G* a *Primalem WS 24* na povrch živné půdy s vysokým obsahem vlhkosti, v prostředí s téměř 100% RH, došlo s největší pravděpodobností k nabotnutí filmu konsolidantů a v případě *Klucelem G* k částečnému rozpuštění a difúzi do živné půdy. Při odstraňování vzorků s filmy konsolidantů z živné půdy zde část materiálu ulpěla. Úbytek hmotnosti konsolidantu se projevil mnohem víc než nárůst hmotnosti plísňového mycelia. Změny hmotnosti po kultivaci vzorků z podložky s *Klucelem G* a z podložky s *Primalem WS 24* proto není možné použít pro komparaci s výsledky změn hmotnosti vzorků z podložky bez konsolidantů a s výsledky pozorování nárůstu plísní po kultivaci.

### 3.6.3.3 Kultivace bez živné půdy

#### Cíle a metodika zkoušek

Cílem bylo zaznamenat a porovnat přírůstky hmotnosti po nárůstu plísni na povrchu jednotlivých typů vzorků. Vážení zkušebních vzorků probíhalo po jejich odstranění z povrchu živné půdy, vysušení v sušárně při 30 °C, kondicionování v prostorách laboratoře (cca 21,5 °C a 38 RH) po dobu 24 hod. a následnému uložení do exsikátoru na dobu 12 hod. (přes noc).

#### Výsledky

Výsledky změn hmotnosti zkušebních vzorků po kultivaci na neúplně živné půdě nejsou vypovídající vzhledem ke stejným skutečnostem, jaké jsou uváděny v předchozí kapitole. Vzorky s *Klucelem G* vykazují úbytek hmotností po kultivaci, vzorky s *Primalem WS 24* minimální přírůstek hmotností a u vzorků z podložky bez konsolidantů nejsou zaznamenány žádné změny hmotnosti po kultivaci [text. příloha 7.3.1.4, Tab. XVIII, Graf XVII]. Změny hmotnosti po kultivaci vzorků z podložky s *Klucelem G* a z podložky s *Primalem WS 24* proto není možné použít pro komparaci s výsledky změn hmotnosti vzorků z podložky bez konsolidantů a s výsledky pozorování nárůstu plísni po kultivaci.

### 3.7 Závěr laboratorního testování

Zkoušky odolnosti organických konsolidantů *Klucelu G* a *Primalu WS 24* proti plísním byly provedeny po jejich inokulaci vybranými kmeny plísní a kultivaci ve specifických prostředích s různým zdrojem živin při optimálních klimatických a pH podmínkách pro růst plísní.

Laboratorním testováním odolnosti zkušebních vzorků proti plísním v přítomnosti úplného živného prostředí byly zkoušeny především fungicidní vlastnosti materiálu, které u zkoušených konsolidantů *Klucelu G* a *Primalu WS 24* nebyly prokázány. Filmy z konsolidantů omezovaly růst plísní v minimální míře a to pravděpodobně pouze fyzikálně. Jednak omezením přístupu plísní z povrchu vzorku k živinám z půdy skrze hmotu vzorku s filmem konsolidantů. Dále také omezením mechanického růstu plísní. Viditelná omezení růstu plísní byla pozorována u vzorků s filmem disperze akrylátového polymeru *Primalu WS 24*, což odpovídá jeho standardním vlastnostem, především snížené propustnosti pro vodní páru a vodu.

Nárůstem plísní na vzorcích při kultivaci na neúplné živné půdě byla stanovena přirozená odolnost materiálů vůči působení plísní v prostředí s minimálním množstvím živin. Na základě výsledků zkoušek se jeví, že v uvedených podmínkách filmy z konsolidantů nárůst plísní nijak neomezuje a podporují jej pouze minimálně. K vývoji a minimálnímu růstu plísní by v uvedených podmínkách pravděpodobně docházelo jak po konsolidaci uvedenými materiály, tak i bez aplikovaných konsolidantů. Např. na povrchu nástěnných maleb, jejichž materiál by obsahoval jistý podíl živin a zároveň v objektu s optimálními podmínkami pro růst plísní. Vyšší nárůst plísní podporují filmy z konsolidantu *Klucel G*, ovšem rozdíl oproti filmům z *Primalu WS 24* je zanedbatelný. Je nutné zohlednit také fakt, že nález je způsoben nejen obsahem živných složek v materiálu, ale také vlastnostmi uvedených konsolidantů. Filmy z *Klucelu G* jsou propustné pro vodní páry a živiny z živné půdy, zatímco filmy z *Primalu WS 24* propustnost pro vodní páry a živiny z půdy omezují.

Metoda zkoušek nárůstu plísní v prostředí bez zdroje živin ve vysoké vlhkosti a teplotě zjišťovala, zda vlastní materiál vzorků obsahuje dostatek živných složek potřebných pro vývoj a růst plísní. Vzorky byly uloženy na dně Petriho misek s "vodní hladinou" z kapének sterilní vody, které mohly simulovat kondenzát na povrchu nástěnné malby. K vývoji plísní na povrchu vzorků za těchto podmínek nedocházelo, forma nízkogramážního filmu konsolidantů na vzorcích pravděpodobně není k vývoji kultur plísní dostatečná.

Kultivace zkušebních vzorků bez živné půdy, ale také na neúplné živné půdě, je analogická k podmínkám restaurovaných nástěnných maleb v presbytáři kostela sv. Bartoloměje v Pošně. Dochované vrstvy malby jsou provedeny technikou affresco a vápenné secco bez přídavků organických pojiv, dodatečné organické vrstvy z restaurátorského zásahu v r. 1956 nebyly nalezeny. Také veškeré pigmenty původní malby i dodatečných retuší z r. 1956 jsou čistě minerální a zemité. [kap. 2.2.5]. V objektu kostela jsou nevyhovující klimatické a také hygienické podmínky a přízemní partie jsou zatíženy mikrobiologickým poškozením. Nástěnné malby určené k restaurování jsou exponovány ve výšce cca 3–6 m od podlahy, kde není jejich povrch zatížen překryvnými vrstvami, vodorozpustnými solemi, vzlínající a hygroskopickou vlhkostí, mikroorganismy, degradačními produkty aj. materiálem, který by mohl podporovat nárůst plísní nebo sloužit jako živná půda. [kap. 2.2.3, 2.2.5]. Teoreticky tak nejsou na povrchu nástěnných maleb vhodné podmínky pro růst mikroorganismů a vzniklý film po konsolidaci uvedenými prostředky by tyto podmínky vytvářet neměl. K nárůstu plísní by teoreticky nemělo dojít ani v případě, že by relativní vlhkost v objektu

stoupala k 95 % RH při teplotě  $24 \pm 2$  °C, hodnoty by překročily rosný bod a na povrchu konsolidovaných (i nekonsolidovaných) nástěnných maleb se vytvořil kondenzát. Je však nutné zohlednit, že povrchové nečistoty, které jsou kontinuálně deponovány na povrch maleb, mohou obsahovat organické vodorozpustné látky, které mohou být pro plísně snadno napadnutelné. V tomto případě by za extrémně vlhkých podmínek některé spory plísní mohly vyklíčit, případně vytvořit řídké mycelium, rozhodně by však nemohly intenzivně metabolizovat a poškozovat materiál nástěnných maleb.

### 3.7.1 Doporučení pro další výzkum

#### Úprava metodiky zkoušek

Metodu stanovení hmotnostních změn po kultivaci na povrchu živných půd či bez živné půdy na povrchu dna Petriho misky nedoporučuji v případě zkoušení nízkogramážních filmů. Metodu je nutné upravit tak, aby v průběhu zkušebního období nedocházelo vlivem prostředí uložení a kultivace materiálů ke ztrátám hmotnosti vzorků nebo je nutné vybrat takovou formu daného materiálů, pro niž budou ztráty hmotnosti zanedbatelné.

#### Rozšíření zkoušených materiálů pro restaurování nástěnných maleb

- Organické – vodné disperze akrylátového polymeru, roztoky akrylátového polymeru aj. směsy akrylátového polymeru, ethery celulózy, polyvinylalkoholy, kaseinát vápenatý, dále rostlinné gumy a dextriny, které slouží jako pojiva akrylátových barev, používaných při retuších nástěnných maleb.
- Anorganické – ethylestery kyseliny křemičité, křemičité soly a suspenze hydroxidu vápenatého.

#### Rozšíření forem zkoušených materiálů

- Nízkogramážní filmy na podložce.
- Vysokogramážních filmy (odlitky).
- Materiály ve stavu dodání a skladování (pevná látka, disperze apod.).

#### Rozšíření zkoušených mikroorganismů

- zkoušky odolnosti bakteriím<sup>278</sup>
- zkoušky odolnosti mikrobiálně aktivní půdě (zkouška zakopáním v zemi)<sup>279</sup>

#### Rozšíření metod kultivace

- Kultivace vzorků po inokulaci a jejich uložení na povrch živné půdy či na dno Petriho misky.
- Uložení vzorku na povrch živné půdy / dna Petriho misky a celoplošná inokulace povrchu vzorku a živné půdy/ dna Petriho misky.
- Inokulace povrchu živné půdy, do které je umístěn vzorek, až je prostředí zcela obrostlé, ale bez viditelné sporulace.
- Uložení na povrch živné půdy či na dno Petriho misky bez živné půdy a vystavení spadům mikroorganismů in situ v prostředí exploatace zkoušených materiálů, např. v interiéru restaurovaného objektu.



## 4 ZÁVĚR

Praktická diplomová práce se věnovala průzkumu a referenčnímu restaurování středověkých nástěnných maleb na levé části severní stěny presbytáře kostela sv. Bartoloměje v Pošné. Teoretická práce řešila zhodnocení a srovnání odolnosti organických konsolidantů barevné vrstvy *Klucel G* a *Primal WS 24* proti plísním. Tyto dvě dílčí práce jsou dle směrnic FR UPCE zahrnuty v jedné diplomové práci jako její praktická a teoretická část.

### Praktická část diplomové práce

Praktická část diplomové práce byla prací na hodnotné kulturní památce. Restaurovaná pozdně románská až gotická figurální malovaná výzdoba presbytáře kostela sv. Bartoloměje z konce 13. až poslední čtvrtiny 14. stol. patří k velmi významným malířským památkám tohoto období u nás. Cílem praktické práce bylo na vybrané reprezentativní části nástěnných maleb provést restaurátorský průzkum, na základě jeho výsledků sestavit koncepci restaurování a provést restaurátorský zásah. Jedná se o referenční restaurování, podle navržené koncepce budou v následujících letech restaurovány veškeré středověké nástěnné malby v objektu.

Nástěnné malby v tomto kostele byly naposled restaurovány v r. 1956 a před začátkem této práce, konkrétně před provedeným restaurátorským průzkumem, nebyl znám jejich přesný stav a problematika. Informace o objektu kostela v Pošné a středověkých nástěnných malbách nejsou v odborné literatuře, stavebních, restaurátorských, průzkumových zprávách aj. pramenech komplexně zpracovány. Z dostupných kusých informací nelze vyvozovat přesné závěry. Jedná se především o odlišně popsané časové zařazení maleb, jejich ikonografický popis a zhodnocení posledních stavebních a restaurátorských zásahů, bezprostředně zasahujících nástěnné malby. Snahou námi provedeného průzkumu a restaurování bylo dosavadní poznatky upřesnit. Nově byla zhodnocena časová vrstevnatost nástěnných maleb, která značnou měrou upřesňuje dataci a ikonografii nástěnných maleb i vazby na širší historické souvislosti. Další nová zjištění byla učiněna v problematice rozsahu retuší a přemaleb z r. 1956 a dochování původní malby. S novými zjištěními je potřeba velice obezřetně nakládat a nalezené skutečnosti je potřeba ověřit při průzkumu a restaurování ostatních úseků nástěnných maleb v presbytáři kostela. Výsledky práce pak umožní revidovat v odborné literatuře uváděné skutečnosti. Tyto výsledky by nebyly získány bez konzultací a spolupráce se všemi zúčastněnými odborníky, které v této práci jmenuji a kterým děkuji. Důležitou částí průzkumu pak bylo také zhodnocení klimatických podmínek v objektu a návrh sanačních opatření. V objektu jsou nevyhovující klimatické podmínky, související především se zvýšenou vlhkostí. Tento stav je potřeba řešit. Výsledky průzkumu byly předány vlastníkovvi objektu a příslušným zástupcům památkové péče.

Vlastní restaurátorské práce byly, vzhledem k havarijnímu stavu dochování nástěnných maleb, v mnohém problematické a především časově, ale také fyzicky náročné. Průběh práce mě obohacoval o cenné zkušenosti. Při pohledu zpět je pak přirozené nahlížet vlastní práci se zvažováním dalších jiných možných cest průzkumu i restaurování. Také z těchto důvodů je prezentovaný restaurátorský zásah zakončen v podobě, která neznemožňuje další restaurátorské kroky, co se týče esteticko-výtvarné prezentace nástěnných maleb.

### **Teoretická část diplomové práce**

S praktickou částí diplomové práce pak úzce souvisela její část teoretická, která se věnovala zhodnocení a srovnání odolnosti organických konsolidantů barevné vrstvy *Klucel G* a *Primal WS 24* proti plísním. Tyto konsolidanty byly použity při restaurování středověkých nástěnných maleb v kostele. *Klucel G* byl použit k celoplošné povrchové konsolidaci zpráškovatělé barevné vrstvy a *Primal WS 24* k lokální hloubkové konsolidaci uvolněných nátěrových a barevných vrstev. V rámci teoretické části práce byla provedena literární rešerše vlastností konsolidantů a laboratorní testování jejich odolnosti proti plísním. Materiály byly zkoušeny ve formě filmu na inertní podložce se snahou simulovat vzniklý film na povrchu či v hloubce nástěnné malby po konsolidaci.

V rámci praktické části práce bylo zjištěno, že v objektu kostela jsou nevyhovující klimatické podmínky a v přízemních partiích silné zavlhčení středověkých vrstev, jejichž důsledkem je jejich mikrobiologické poškození. Dle mikrobiologických zkoušek byl výskyt mikroorganismů potvrzen do výše cca. 1,6–1,8 m, kde jsou pro jejich růst prokazatelně vhodné podmínky. Nástěnné malby určené k referenčnímu restaurování se nachází ve výšce cca 3–6 m od podlahy, kde již pro mikrobiologický růst vhodné podmínky nejsou. Zvolené konsolidanty, jež jsou přítomny na povrchu nástěnné malby ve formě filmu po celoplošné konsolidaci (*Klucel G*) a lokálně ve hmotě materiálu po hloubkové konsolidaci (*Primal WS 24*), by dle výsledků teoretické části diplomové práce neměly podporovat nárůst plísní nebo sloužit jako primární zdroj živin. Na druhou stranu tyto materiály nemají fungicidní vlastnosti.

## 5 SEZNAMY

### 5.1 Seznam použité Literatury

#### 5.1.1 Literatura a prameny

- ABDEL-KAREEM, Omar. Evaluating the combined efficacy of polymers with fungicides for protection of museum textiles against fungal deterioration in Egypt. *Polish journal of microbiology*. Warsaw, 2010, vol. 59, no. 4, s. 271–280. [online]. [cit. 2013-02-24]. Dostupné z: <http://www.pjm.microbiology.pl/archive/vol5942010271.pdf>
- ABDEL-KAREEM, Omar. Microbiological testing of Polymers and resins used in conservation of Linen Textiles. In: *15th World Conference on Nondestructive Testing Roma (Italy) 15–21 October 2000* [online]. Roma, 2000 [cit. 2013-02-24]. Dostupné z: <http://www.ndt.net/article/wcndt00/papers/idn002/idn002.htm>
- ABDEL-KAREEM, Omar a Jadwiga SZOSTAK-KOTOWA. CRACOW UNIVERSITY OF ECONOMICS, DEPARTMENT OF MICROBIOLOGY. *Spectrophotometric measurments to detect the role of polymers and resins in prevention of fungal deterioration of ancient egyptian linen textiles*. [online]. [cit. 2013-02-24]. Dostupné z: <http://www.kanut.ee/toimetised/konverentsid/consasinvest/omar.rtf>.
- ALTIBRANDI, Maria Grazia a Maria Carla SCLOCCHI. Preservation of miniature paintings: mikrobiological research on a few adhesives. In: *International Conference on Conservation and Restoration of Archive and Library Materials Erice: April 22nd–29th 1996*. Roma: Istituto centrale per la patologia del libro, 1996, s. 227–233.
- BACÍLKOVÁ, Bronislava. *Biologická degradace materiálů*. Institut restaurování a konzervačních technik Litomyšl, o.p.s. Litomyšl, 2000
- BACÍLKOVÁ, Bronislava. Použití mikroskopu pro rychlou diagnostiku plísní na historickém materiálu. In: *SPOLEČNOST PRO TECHNOLOGIE OCHRANY PAMÁTEK. Mikrobiologické poškození sbírek 2000: odborný seminář*. Praha: Národní muzeum, 2000, s. 21–23.
- BALÍK, Michal. Návrh snížení vlhkosti zdiva v úrovni projektu pro stavební povolení: technická zpráva. Ateliér Ing. Michaela Balíka, CSc. Praha, 2008.
- BAYER, Karol. *Metody přírodovědného průzkumu v restaurování*. Fakulta restaurování, Univerzita Pardubice. Litomyšl. Skripta pro studenty předmětu Technologie restaurování.
- BAYER, Karol. *Pigmenty*. Fakulta restaurování, Univerzita Pardubice. Litomyšl. Skripta pro studenty předmětu Technologie restaurování.
- BEZÚCH, Bohuslav. *VÝSKUMNÝ ÚSTAV PAPIERU A CELULÓZY. Enzymatická hydrolyza celulóзовých a lignocelulóзовých materiálů*. Bratislava. Dostupné z: [http://www.google.cz/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=4&ved=0CEUQFjAD&url=http%3A%2F%2Fwww.viks.sk%2Fch%2Fpapacel\\_3\\_88\\_15\\_17.doc&ei=3D1TUDifEqny4QTLyICYCg&usq=AFQjCNGhdkxEvvWmJRY4qaznFQGg8Q4n-g&bvm=bv.44342787,d.bGE](http://www.google.cz/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=4&ved=0CEUQFjAD&url=http%3A%2F%2Fwww.viks.sk%2Fch%2Fpapacel_3_88_15_17.doc&ei=3D1TUDifEqny4QTLyICYCg&usq=AFQjCNGhdkxEvvWmJRY4qaznFQGg8Q4n-g&bvm=bv.44342787,d.bGE)
- BRANDI, Cesare. *Teorie restaurování*. Kutná Hora: Tichá Byzanc, 2000. ISBN 80-86359-03-4.

- CANEVA, Giulia, Maria Pia NUGARI a Ornella SALVADORI. *Biology in the conservation of works of art*. Rome: ICCROM, 1991.
- CAPPITELLI, Francesca a Claudia SORLINI. Microorganisms Attack Synthetic Polymers in Items Representing Our Cultural Heritage. *Applied and Environmental Microbiology*. American Society for Microbiology, 2008, vol. 74, no. 3, s. 564–569. DOI: 10.1128/AEM.01768-07. Dostupné z: <http://aem.asm.org/content/74/3/564.full.pdf+html>
- CARRETTI, Emiliano a Luigi DEI. Physicochemical characterization of acrylic polymeric resins coating porous materials of artistic interest. *Progress in Organic Coatings*. 2004, Volume 49, Issue 3, 282–289. Dostupné z: <http://dx.doi.org/10.1016/j.porgcoat.2003.10.011>
- ČERNÝ, Miroslav a Miroslav NĚMEČEK. *Mikroklima v historických interiérech*. Praha: Národní památkový ústav, ústřední pracoviště, 2011. ISBN 978-80-87104-82-8.
- Česká republika. Zákon České národní rady o státní památkové péči (ve znění zákona ČNR č. 425/1990 Sb.). In: *Sbírka zákonů*. 1987.
- ČORNEJ, Petr, Ivana ČORNEJOVÁ, Ivan RADA a Vratislav VANÍČEK. *Dějiny země koruny České I.: Od příchodu slovanů do roku 1740*. šesté vydání. Praha a Litomyšl: Paseka, 1999. ISBN 80-7185-256-2
- DOHNAL, Vlastimil a Daniel JUN. Metody detekce a identifikace plísní. *KONTAKT: odborný a vědecký časopis pro zdravotně sociální otázky*. 2012, vol. XIV, no. 4, s. 497–504. ISSN 1804-7122. Dostupné z: <http://casopis-zsfju.zsf.jcu.cz/kontakt/administrace/clankyfile/20121214132306867963.pdf>
- DZIERZON, Michael a Johannes ZULL. Altbauten zerstörungssarm untersuchen: Bauaufnahme, Holzuntersuchung, Mauerfeuchtigkeit. Köln: Müller Verlag, 1990. ISBN/EAN: 3481001681.
- EASTAUGH, N. Pigment Compendium. Optical Microscopy of Historical Pigments. Oxford: Elsevier LTD, 2000. ISBN: 0750645539.
- FÁRA, Pavel. *Sanace vlhkého zdiva*. Praha: Společnost pro technologie ochrany památek, 2003. ISBN 80-86657-02-7.
- FELLER, Robert L. a WILT. *Evaluation of cellulose ethers for conservation*. Marina del Rey: The Getty Conservation Institute, 1990. Research in conservation, 3. ISBN 0-89236-099-2. Dostupné z: [http://www.getty.edu/conservation/publications\\_resources/pdf\\_publications/pdf/ethers.pdf](http://www.getty.edu/conservation/publications_resources/pdf_publications/pdf/ethers.pdf)
- FIŠER, František. *Nabídka: na konzervaci gotických nástěnných maleb ve farním kostele v Pošné*. Praha, 1956. Spis je uložen v Národním archivu ve fondu Státní památková správa
- FIŠER, František. *Účet: za konzervační práce malířské ve farním kostele v Pošné u Pacova*. Praha, 1956. Spis je uložen v Národním archivu ve fondu Státní památková správa
- FIŠER, František. *Zpráva: o konzervaci gotických nástěnných maleb ve farním kostele sv. Bartoloměje v Pošné u Pacova*. Praha, 1956. Spis je uložen v Národním archivu ve fondu Státní památková správa.
- GU, Ji-Dong. Microbiological deterioration and degradation of synthetic polymeric materials: recent research advances. *International Biodeterioration & Biodegradation*. 2003, v. 52, n. 2. DOI: [http://dx.doi.org/10.1016/S0964-8305\(02\)00177-4](http://dx.doi.org/10.1016/S0964-8305(02)00177-4), ISSN: 0964-8305.
- HAMPL, Petr. Restaurátorský průzkum: kostel sv. Bartoloměje, obec Pošná, okres Pelhřimov, Pacov, 2004

- HEJHAL, Petr. *Pravěké a raně středověké osídlení české části Českomoravské vrchoviny*. Brno, 2009. Doktorská dizertační práce. Masarykova univerzita v Brně, Filozofická fakulta, Ústav archeologie a muzeologie. Kap. Pošná (okres Pelhřimov): Kostel sv. Bartoloměje, s. 233–235. Dostupné z: [http://is.muni.cz/th/8771/ff\\_d/DIZERTACE.pdf](http://is.muni.cz/th/8771/ff_d/DIZERTACE.pdf)
- HEJHÁLEK, Jiří. Difuze vodní páry v konstrukci. *Stavebnictví a interiér* [online]. roč. 2005, č. 13, s. 16 [cit. 2012-02-05]. Dostupné z: <http://www.stavebnictvi3000.cz/pdf/1473.pdf>
- HORIE, Velson. *Materials for conservation: Organic consolidants, adhesives and coatings*. second edition. New York: Routledge, 2011. ISBN 978-0-75-066905-4.
- HRINDA, Lukáš. UNIVERZITA PARDUBICE, FAKULTA RESTAUROVÁNÍ. *První část restaurátorského průzkumu omítkových a barevných vrstev interiéru kostela sv. Bartoloměje v Pošné*. Litomyšl, 2010. Archiv Ing. Oldřicha Měřičky, vikariátního stavebního technika Římskokatolické farnosti Pelhřimov.
- HŘEBÍČKOVÁ, Barbora. Mikroskopická identifikace pigmentů. *Technologia artis*. Praha: Akademie výtvarných umění v Praze, 1996, vol. 4, s. 84–90. ISSN 1211-3018.
- CHARITA – CHRÁMOVÁ SLUŽBA. *Faktura č. 1284/56*. Praha, 1956. Spis je uložen v Národním archivu ve fondu Státní památková správa.
- KOPECKÁ, Ivana a Vratislav NEJEDLÝ. *Průzkum historických materiálů: Analytické metody pro restaurování a památkovou péči*. Praha: Grada, 2005. ISBN 80-247-1060-9.
- KOTLÍK, Petr. *Stavební materiály historických objektů*. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, 2007. ISBN 978-80-7080-347-9.
- KUBIČKA, Roman a Jiří ZELINGER. *Výkladový slovník: Malířství, grafika, restaurátorství*. Praha: Grada Publishing, 2004. ISBN 80-247-9046-7.
- KUNOVÁ, Gabriela, Jitka PEROUTKOVÁ, Marta PECHAČOVÁ a Petr ROUBAL. Využití aktivní a pasivní metody při monitoringu mikrobiální kontaminace ovzduší. *Mlékařské listy*. 2010, č. 123., XIII–XVIII. Dostupné z: [http://www.mlekarskelisty.cz/upload/soubory/pdf/2010/123\\_s.\\_xiii-xviii.pdf](http://www.mlekarskelisty.cz/upload/soubory/pdf/2010/123_s._xiii-xviii.pdf)
- MAŠÍN, Jiří. *Románská nástěnná malba v Čechách a na Moravě*. Praha: Nakladatelství Československé akademie věd., 1954.
- MERHAUTOVÁ, Anežka a Dušan TŘEŠTÍK. *Románské umění v Čechách a na Moravě*. Praha: Odeon, 1983.
- Mezinárodní charta o zachování a restaurování památek a sídel. In *Mezinárodní dokumenty ICOMOS o ochraně kulturního dědictví* [online]. Praha: Český národní komitét ICOMOS, 2001. s. 4–5. [cit. 2011-03-18]. Dostupné z: <http://www.krusta.cz/download.php?soubor=6>
- MĚŘIČKA, Oldřich. *Pošná – kostel sv. Bartoloměje: Projektová dokumentace*. Pacov, Pošná: 1991.
- MINISTERSTVO KULTURY, STÁTNÍ PAMÁTKOVÁ SPRÁVA. *Faktura za doplňkové práce k restaurování nástěnných maleb v kostele v Pošné u Pacova – pokyn k proplacení z prostředků pro památkové úpravy*. Praha, 1956. Spis je uložen v Národním archivu ve fondu Státní památková správa.
- MOHAN, S Krishna a Tanu SRIVASTAVA. Microbial deterioration and degradation of polymeric materials. *Journal of Biochemical Technology*. 2010, Vol 2, No 4, s. 210–215. ISSN: 0974-2328. Dostupné z: [http://www.jbiochemtech.com/index.php/jbt/article/viewFile/JBT245/pdf\\_6](http://www.jbiochemtech.com/index.php/jbt/article/viewFile/JBT245/pdf_6)

- *Nanomateriály v památkové péči: Sborník přednášek z odborného semináře Společnosti pro technologie ochrany památek*. Ed.: Olga KOTLÍKOVÁ. Praha: Společnost pro technologie ochrany památek, Národní technické muzeum, 2012. Dostupné z: <http://www.jh-inst.cas.cz/nanocentrum/data/dokument/soubor/sbornik-seminare-stop-nanomaterialy-v-pamatkove-peci.pdf>
- NOVOTNÝ, Josef. Orientační rozšířený průzkum pro stanovení postupu oprav omítek v interiéru kostela sv. Bartoloměje v Pošné. Josef Novotný, restaurátor, Nad Závěrkou 17, 160 00 Praha 8. Praha, 2005.
- Organokřemičitany v české památkové praxi: Sborník z konference Padesát let používání organokřemičitanů na území České republiky, konané pod záštitou ICOMOS, Národního památkového ústavu a Národního muzea 16. dubna 2008. Ed.: Petr GLÁSER, Vratislav NEJEDLÝ. Praha: Národní památkový ústav, ústřední pracoviště, 2008. svazek 1. ISBN 978-80-87104-15-6.
- PAULUSOVÁ, Hana. STÁTNÍ ÚSTŘEDNÍ ARCHIV v PRAZE. *Využití cyklohexanu pro přechodnou fixaci vodorozpustných barviv*. Osobní archiv Mgr. art. Veroniky Kopecké, vedoucí Ateliéru restaurování uměleckých děl na papíru Fakulty restaurování Univerzity Pardubice.
- PECHOVÁ, Oliva. MINISTERSTVO KULTURY, STÁTNÍ PAMÁTKOVÁ SPRÁVA. *Pošná, far. kostel, proplacení faktury Charity*. Praha, 1956. Spis je uložen v Národním archivu ve fondu Státní památková správa.
- PECHOVÁ, Oliva. MINISTERSTVO KULTURY, STÁTNÍ PAMÁTKOVÁ SPRÁVA. *Pošná u Pacova, far. kostel, restaurování gotických maleb, zadání práce F. Fišerovi*. Praha, 1956. Spis je uložen v Národním archivu ve fondu Státní památková správa.
- PECHOVÁ, Oliva. MINISTERSTVO KULTURY, STÁTNÍ PAMÁTKOVÁ SPRÁVA. *Pošná, far. kostel, restaurování gotických nástěnných maleb, dokončení a proplacení práce*. Praha, 1956. Spis je uložen v Národním archivu ve fondu Státní památková správa.
- PÉRILLAT-MERCEROT, Jocelyn. *Echantillonier des matériaux de conservation*. Institut national du patrimoine. Paris. Skripta pro studenty studijního programu Master de conservation préventive k předmětu Les matériaux de conservation.
- PEŠINA, Jaroslav et al.. *Gotická nástěnná malba v zemích českých I: 1300/1350*. Praha: Nakladatelství Československé akademie věd., 1958
- POCHE, Emanuel. *Umělecké Památky Čech: Sv. 3 [P-Š]*. Praha: Academia, 1980.
- SAIZ-JIMENEZ, C. INSTITUTO DE RECURSOS NATURALES Y AGROBIOLOGIA. *Biodeterioration: An Overview of the State-of-the-Art and Assessment of Future Directions*. Dostupné z: [http://www.arcchip.cz/w08/w08\\_saiz\\_jimenez.pdf](http://www.arcchip.cz/w08/w08_saiz_jimenez.pdf)
- ŠKABRADA, Jiří. *Konstrukce historických staveb*. Praha: Argo, 2003. ISBN 80-7203-548-7.
- SKORKOVSKÝ, Bohuslav et al. *Mikroorganismy jako průvodci degradace archiválií*. Praha: Archivní správa ministerstva vnitra ČSR, 1981.
- SOUKUP, Josef. *Soupis památek historických a uměleckých v království Českém: Politický okres pelhřimovský*. Praha: Česká akademie císaře Františka Josefa pro vědy, slovesnost a umění, 1903, č. 18. Dostupné z: [http://depositum.cz/knihovny/pamatky/tiskclanek.php?id=c\\_6071](http://depositum.cz/knihovny/pamatky/tiskclanek.php?id=c_6071)
- SPOLEČNOST PRO TECHNOLOGIE OCHRANY PAMÁTEK. *Průzkum mobilních jednotek pro regulaci vlhkosti a teploty vnitřního prostředí*. Praha: Společnost pro technologie ochrany památek, 1998.

- SPOLEČNOST PRO TECHNOLOGIE OCHRANY PAMÁTEK. *Průzkum přípravků pro likvidaci plísní*. Slaný: Společnost pro technologie ochrany památek, 2000.
- SPOLEČNOST PRO TECHNOLOGIE OCHRANY PAMÁTEK. *Památky a vnitřní klima: Odborný seminář*. Praha: Společnost pro technologie ochrany památek, 1998.
- SPOLEČNOST PRO TECHNOLOGIE OCHRANY PAMÁTEK. *Zpravodaj STOP: Biopoškození stavebních materiálů*. Slaný: Společnost pro technologie ochrany památek, 2004, Vol. 6. No. 2, ISSN: 1212-4168.
- ŠIMŮNKOVÁ E. *Mikrochemické metody identifikace pigmentů*. Praha: VŠCHT, 1991, s. 19–33.
- ŠIMŮNKOVÁ E. a J. Karhan. *Pigmenty, barviva a metody jejich identifikace*. Praha: VŠCHT, 1993. ISBN 80-7080-194-8.
- *The Athens Charter for the Restoration of Historic Monuments*. First International Congress of Architects and Technicians of Historic Monuments. Athens, 1931. [online]. [cit. 2011-05-20]. Dostupné z: [http://www.icomos.org/docs/athens\\_charter.html](http://www.icomos.org/docs/athens_charter.html)
- THUER, Chantal-Helen. *Technical Paper 11: Scottish Renaissance Interiors: Facings and adhesives for size tempera painted wood*. Edinburgh: Historic Scotland, 2011. Dostupné z: <http://www.historic-scotland.gov.uk/technicalpaper11.pdf>
- VOSÁTKA, J. JIHOČESKÝ PODNIK PRO ÚDRŽBU PAMÁTEK TÁBOR, PROJEKČNÍ STŘEDISKO. *Pošná – kostel sv. Bartoloměje: Stavebně technický průzkum – statika*. Tábor, 1990.
- REESE, Elwyn T., SIU a LEVINSON. The biological degradation of soluble cellulose derivatives and its relationship to the mechanism of cellulose hydrolysis. *Journal of Bacteriology*. 1950, vol. 59, January 9, s. 485–497. Dostupné z: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC385789/pdf/jbacter00620-0053.pdf>

### 5.1.2 Normy

- ČSN 72 4310. *Československá státní norma: Zkoušení odolnosti stavebních výrobků a materiálů proti plísním*. Praha: Český normalizační institut, 1975.
- ČSN EN 15457. *Česká technická norma: Nátěrové hmoty – Laboratorní zkoušení účinnosti ochranných povlaků proti působení hub a plísní*. Praha: Český normalizační institut, 2008.
- ČSN EN ISO 846. *Česká technická norma: Plasty – Hodnocení působení mikroorganismů*. Praha: Český normalizační institut, 1998.
- ČSN EN ISO 3251. *Česká technická norma: Nátěrové hmoty a plasty – Stanovení obsahu netěkavých látek*. Praha: Český normalizační institut, 2008.
- ČSN P 73 0610. *Česká technická norma: Hydroizolace staveb – Sanace vlhkého zdiva – Základní ustanovení*. Praha: Český normalizační institut, 2000.
- Önorm B 3355-1. *Trockenlegung von feuchtem Mauerwerk: Teil 1 Bauwerksdiagnose und Planungsgrundlagen*. Berlin: ASI Austrian Standards Institute, 2011

### 5.1.3 Přednášky

- Přednáška Ing. Pavla Šťastného, CSc., MBA na téma *Vlhkost, příčiny a následky, omezení a odstranění* na Fakultě restaurování Univerzity Pardubice v r. 2011.

- Přednášky Ing. Karola Bayera k výuce předmětu *Technologie restaurování a konzervace nástěnné malby a sgrafita* na Fakultě restaurování Univerzity Pardubice v letech 2007–2010.
- Přednášky Ing. Petra Justy k výuce předmětu *Technologie restaurování: Klimatologie* na Fakultě restaurování Univerzity Pardubice v letech 2010–2011.

### 5.1.4 Studentské závěrečné práce

- BODANSKÁ, Magda. *Restaurování části maleb v kupoli baziliky Nanebevzetí Panny Marie na Svatém Kopečku u Olomouce / Praktické srovnání různých typů konsolidantů historických omítek*. Zlín, 2012. Bakalářská práce. Univerzita Pardubice, Fakulta restaurování.
- BĚŤÁK, Marek. *Srovnání možností strukturální konsolidace vápenného štuky křemičitými soly a organokřemičitými konsolidanty*. Litomyšl, 2003. Bakalářská práce. Institut restaurování a konzervačních technik Litomyšl, o. p. s.
- DUNAJSKÁ, Jana. *Doplňující průzkum malířské výzdoby presbytáře kostela sv. Víta v Zahrádce u Ledče nad Sázavou a restaurování referenční plochy středověkých maleb v presbytáři*. Litomyšl, 2012. Praktická diplomová práce. Univerzita Pardubice, Fakulta restaurování, Ateliér Restaurování a konzervace děl nástěnné malby, sochařských děl a povrchů architektury.
- DUNAJSKÁ, Jana. *Zhodnocení současných možností konsolidace vápenných omítek konsolidanty na bázi hydroxidu vápenatého*. Litomyšl, 2009. Bakalářská práce. Univerzita Pardubice, Fakulta restaurování, Katedra chemické technologie.
- HEJHAL, Petr. *Pravěké a raně středověké osídlení české části Českomoravské vrchoviny*. Brno, 2009. Doktorská dizertační práce. Masarykova univerzita v Brně, Filozofická fakulta, Ústav archeologie a muzeologie.
- HLADÍKOVÁ, Alena. *Porovnání účinnosti konsolidantů při zpevňování vápenných malt*. Praha, 2006. Diplomová práce. Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, Fakulta chemické technologie, Ústav chemické technologie restaurování památek.
- MACOUNOVÁ, Dana. *Restaurování vápencové sochy anděla z domu čp. 48 v Kutné Hoře s využitím nanosuspenzí na bázi hydroxidu vápenatého / Testování možnosti využití nanosuspenzí na bázi hydroxidu vápenatého pro konsolidaci organodedrického vápence*. Litomyšl, 2011. Bakalářská práce. Univerzita Pardubice, Fakulta restaurování.
- MALÁ, Petra. *Porovnání fixážních prostředků nástěnných maleb z hlediska jejich reverzibility a biologické stability*. Litomyšl, 1998. Absolventská teoretická práce. Škola restaurování a konzervačních technik v Litomyšli.
- MARTINKOVÁ, Barbora. *Způsoby konsolidace pastelu*. Litomyšl, 2009. Bakalářská práce. Univerzita Pardubice, Fakulta restaurování.
- NAVRÁTILOVÁ, Michaela. *Restaurování části nástěnné a nástropní malby na východní stěně a přilehlé klenební kápi v místnosti č. 2.32. ve druhém nadzemním podlaží severního křídla bývalého piaristického kláštera v Litomyšli*. Litomyšl, 2011. Restaurátorský průzkum a dokumentace. Univerzita Pardubice, Fakulta restaurování.
- SCHHORNÝ, Lukáš. *Soužití kamenných památek a dřevin v exteriéru*. Litomyšl, 2012. Bakalářská práce. Univerzita Pardubice, Fakulta restaurování, Ateliér restaurování kamene a souvisejících materiálů. Dostupné z: <http://dspace.upce.cz/bitstream/10195/48464/3/1BP-verze%2015.8.%20text%20kostky%20se%20zad%C3%A1n%C3%ADm.pdf>



- ŠVACHOVÁ, Veronika. *Modifikace celulózy pro medicínální účely*. Brno, 2010. Bakalářská práce. Masaríkova Univerzita, Přírodovědecká fakulta, Ústav chemie. Dostupné z: [http://is.muni.cz/th/270274/prif\\_b/finalni\\_bakalarska\\_prace.pdf](http://is.muni.cz/th/270274/prif_b/finalni_bakalarska_prace.pdf)
- TRIBULOVÁ, Tereza. *Laboratorní projekt II: Průzkum nástěnných maleb a zdíva v presbytáři kostela sv. Jiljí v Uhlířských Janovicích*. Praha, 2011. Semestrální práce. Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, Fakulta chemické technologie.
- TŘESOHLAVÁ, Magdalena. *Průzkum a restaurování fragmentů nástěnných maleb na východní stěně presbytáře kostela sv. Martina v obci Sankt Martin (Dolní Rakousko)*. Litomyšl, 2010. Praktická diplomová práce. Univerzita Pardubice, Fakulta restaurování.
- TŘESOHLAVÁ, Magdalena. *Srovnání tradičních a moderních konsolidačních prostředků pro zpevňování barevné vrstvy nástěnné malby*. Litomyšl, 2006. Bakalářská práce. Univerzita Pardubice, Fakulta restaurování.

### 5.1.5 Technické a bezpečnostní listy a produktové specifikace

- AHLSTROM. Technický list. *Grade 3266: Spunbonded polyester*. Mount Holly Springs, 2012. Zasláno od dodavatele polyesterové netkané textilie *HollyTex* fa Ceiba s. r. o.
- REMMERS. Technický list. *KSE 100*. Říčany u Prahy. Dostupné z: [http://www.remmers.cz/editor/image/stranky3\\_produkty2/tl\\_0719\\_kse100.pdf](http://www.remmers.cz/editor/image/stranky3_produkty2/tl_0719_kse100.pdf)
- REMMERS. Technický list. *KSE 300*. Říčany u Prahy. Dostupné z: [http://www.remmers.cz/editor/image/stranky3\\_produkty2/tl\\_0720\\_kse300.pdf](http://www.remmers.cz/editor/image/stranky3_produkty2/tl_0720_kse300.pdf)
- CONSERVATION BY DESIGN LIMITED. Product data sheet. *Primal WS24*. Bedford, 2011.
- IBZ-SALZCHEMIE GMBH & CO.KG. Technical Leaflet. *CaLoSil®*. Freiberg. Dostupné z: [http://www.ibz-freiberg.de/download/pdf/nanomaterialien/CaLoSiL\\_EN.pdf](http://www.ibz-freiberg.de/download/pdf/nanomaterialien/CaLoSiL_EN.pdf)
- INHEAT. Technický list. *Tvrdidlo Tosil*. Košťany, 2005. Dostupné z: <http://www.inheat.cz/doc/td/cz/111/tosil.pdf>
- KALLIES FEINCHEMIE AG. Sicherheitsdatenblatt. *Steinfestiger Sebosil S*. Sebnitz, 2013. Dostupné z: [http://www.feinchemie.de/media/download\\_gallery/Sicherheitsdatenblatt\\_SEBOSIL\\_S.pdf](http://www.feinchemie.de/media/download_gallery/Sicherheitsdatenblatt_SEBOSIL_S.pdf)
- KALLIES FEINCHEMIE AG. Technisches Merkblatt. *Steinfestiger Sebosil S*. Sebnitz, 2013. Dostupné z: [http://www.feinchemie.de/media/download\\_gallery/Technisches%20Merkblatt\\_SEBOSIL\\_S.pdf](http://www.feinchemie.de/media/download_gallery/Technisches%20Merkblatt_SEBOSIL_S.pdf)
- KITTFORT. Technický list. *Křída plavená malířská*. Praha, 2010. Dostupné z: [http://www.kittfort.cz/products/pdf\\_download/tech\\_listy/tl-krida\\_plavena.pdf](http://www.kittfort.cz/products/pdf_download/tech_listy/tl-krida_plavena.pdf)
- *Klucel Hydroxypropylcellulose: Physical and Chemical Properties* [online]. Hercules Incorporated, 2001 [cit. 2013-01-22]. Dostupné z: [http://www.brenntagspecialties.com/en/downloads/Products/Multi\\_Market\\_Principals/Aqualon/Klucel\\_HPC\\_Booklet.pdf](http://www.brenntagspecialties.com/en/downloads/Products/Multi_Market_Principals/Aqualon/Klucel_HPC_Booklet.pdf)
- KREMER, Georg. KREMER PIGMENTE. Material Safety Data Sheet. *75250 – Primal™ WS24*. Aichstetten, 2011. Dostupné z: [http://www.kremer-pigmente.com/media/files\\_public/75250\\_SHD\\_ENG.pdf](http://www.kremer-pigmente.com/media/files_public/75250_SHD_ENG.pdf)

- KREMER, Georg. KREMER PIGMENTE. 75250 – Primal™ WS24. Aichstetten, 2011. Dostupné z: [http://www.kremer-pigmente.com/media/files\\_public/75250e.pdf?xaf26a=98ecda7a6fb732b984ea215865f0055c](http://www.kremer-pigmente.com/media/files_public/75250e.pdf?xaf26a=98ecda7a6fb732b984ea215865f0055c)
- LEDAN TA1 (LEDAN D2). CSC Stavby s.r.o. - KrustaShop.cz [online]. 2013 [cit. 2013-01-22]. Dostupné z: [http://krustashop.cscstavby.cz/index.php?main\\_page=product\\_info&products\\_id=3273](http://krustashop.cscstavby.cz/index.php?main_page=product_info&products_id=3273)
- MAPA GMBH – SPONTEX INDUSTRIEPRODUKTE. Viskovita [online]. 2011 [cit. 2013-01-22]. Dostupné z: [http://www.viskovita.de/inhalt\\_en/01\\_home\\_01.html](http://www.viskovita.de/inhalt_en/01_home_01.html)
- Odběrové tampóny. ASKER S.R.O. Asker [online]. 2013 [cit. 2013-05-22]. Dostupné z: <http://www.asker.cz/sortiment/vysetreni---odbery/odberove-tampony-.htm>
- Odběrové tampóny DNA. 4n6shop [online]. 2009–2013 [cit. 2013-05-22]. Dostupné z: <http://www.4n6shop.cz/category/krimi/odberove-tampony-dna/34>
- PROFARMA – PRODUKT. Bezpečnostní list. Ajatin Plus® roztok 1%. Jablonec nad Nisou, 2010. Dostupné z: [http://www.bowling-velkoobchod.cz/media/attachments/file\\_31.pdf](http://www.bowling-velkoobchod.cz/media/attachments/file_31.pdf)
- RATHOUSKÝ, Jiří a Jan BÁRTA. AQUA OBNOVA STAVEB. Technický list. Vápenná kaše. Praha, 2009. Dostupné z: [http://www.aquabarta.cz/4\\_stahuj/tech\\_listy/Vapenna\\_kase.pdf](http://www.aquabarta.cz/4_stahuj/tech_listy/Vapenna_kase.pdf)
- Sebosil® – Konsolidierung und Konservierung von Holz und Naturstein. Kallies Feinchemie AG [online]. 2013 [cit. 2013-01-24]. Dostupné z: <http://www.feinchemie.de/pages/sebosil.php>
- KALLIES FEINCHEMIE AG. Sicherheitsdatenblatt. Steinfestiger Sebosil S. Sebnitz, © 2013. Dostupné z: [http://www.feinchemie.de/media/download\\_gallery/Sicherheitsdatenblatt\\_SEBOSIL\\_S.pdf](http://www.feinchemie.de/media/download_gallery/Sicherheitsdatenblatt_SEBOSIL_S.pdf)
- KALLIES FEINCHEMIE AG. Technisches Merkblatt. Steinfestiger SEBOSIL S. Sebnitz, © 2013. Dostupné z: [http://www.feinchemie.de/media/download\\_gallery/Technisches%20Merkblatt\\_SEBOSIL\\_S.pdf](http://www.feinchemie.de/media/download_gallery/Technisches%20Merkblatt_SEBOSIL_S.pdf)
- SEVEROCHEMA LIBEREC. Bezpečnostní list. Lih technický. Liberec, 2012. Dostupné z: [http://www.severochema.cz/sqlcache/23%20BL%20Lih%20technicky%20%28novela\\_REACH%29\\_2.pdf](http://www.severochema.cz/sqlcache/23%20BL%20Lih%20technicky%20%28novela_REACH%29_2.pdf)
- SIGMA-ALDRICH. Bezpečnostní list. Tween 80. 2012. Dostupné z: <http://www.sigmaaldrich.com/MSDS/MSDS/DisplayMSDSPage.do?country=CZ&language=cs&productNumber=P1754&brand=SIAL&PageToGoToURL=http%3A%2F%2Fwww.sigmaaldrich.com%2Fcatalog%2Fproduct%2Fsiial%2Fp1754%3Flang%3Den>
- Winsor & Newton Artists' Water Colour: Perfecting the Fine Art of Water Colours. London: Winsor & Newton, 2005. Dostupné z: <http://www.winsornewton.com/assets/Leaflets/awcenglish.pdf>

### 5.1.6 Weby, webové stránky a příspěvky na webu

- Analýza mikrobiologická. O.K. SERVIS BIOPRO S.R.O. Biopro [online]. [cit. 2013-05-22]. Dostupné z: <http://www.biopro.cz/Pristroje/Mlekarensky-prumysl/Analyza-mikrobiologicka/>
- Bakterie. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001–6. 5. 2013 v 16: 22 [cit. 2013-05-16]. Dostupné z: <https://cs.wikipedia.org/wiki/Bakterie>
- BARTHELMY, David. Lemanskiite Mineral Data. [Http://webmineral.com](http://webmineral.com) [online]. © 1997–2010 [cit. 2013-08-17]. Dostupné z: <http://webmineral.com/data/Lemanskiite.shtml#Ug90xWd8Sy4>

- Budova a její vlastnosti. *Energetika* [online]. [cit. 2012-02-05]. Dostupné z: <http://hestia.energetika.cz/encyklopedie/3.htm>
- Einflussfaktoren. *Chemgapedia* [online]. © 1999–2013 [cit. 2013-05-29]. Dostupné z: [http://www.chemgapedia.de/vsengine/vlu/vsc/de/ch/9/mac/polymere\\_werkstoff/molekulare\\_ordnung/glastemperatur/glastemperatur.vlu/Page/vsc/de/ch/9/mac/polymere\\_werkstoff/molekulare\\_ordnung/glastemperatur/einflussfaktoren.vscml.html](http://www.chemgapedia.de/vsengine/vlu/vsc/de/ch/9/mac/polymere_werkstoff/molekulare_ordnung/glastemperatur/glastemperatur.vlu/Page/vsc/de/ch/9/mac/polymere_werkstoff/molekulare_ordnung/glastemperatur/einflussfaktoren.vscml.html)
- Extracellular polymeric substance. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001–4 May 2013 at 10: 01 [cit. 2013-05-15]. Dostupné z: [http://en.wikipedia.org/wiki/Extracellular\\_polymeric\\_substance](http://en.wikipedia.org/wiki/Extracellular_polymeric_substance)
- Lišejník. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001–6. 5. 2013 v 13: 15 [cit. 2013-05-16]. Dostupné z: <http://cs.wikipedia.org/wiki/Lišejník>
- Methacrylate pour point depressants and compositions. *Google* [online]. © 2012 [cit. 2013-05-29]. Dostupné z: <http://www.google.com/patents/EP0329756A4?cl=en>
- Mikroorganismus. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001–27. 3. 2013 v 07: 56 [cit. 2013-05-16]. Dostupné z: <http://cs.wikipedia.org/wiki/Mikroorganismus>
- OPULYN™ 301. *DOW* [online]. © 2009, 1996 [cit. 2013-05-29]. <http://www.dow.com/products/tds/1010106/>
- Polyacrylates. DEPARTMENT OF POLYMER SCIENCE, UNIVERSITY OF SOUTHERN MISSISSIPPI. *pslc* [online]. © 1995, 1996 [cit. 2013-05-29]. Dostupné z: <http://www.pslc.ws/french/acrylate.htm>
- Polymer. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001–8. 3. 2013 v 02: 12 [cit. 2013-05-18]. Dostupné z: <http://cs.wikipedia.org/wiki/Polymer>
- Pošná kostel – Foto. *Foto.mapy.cz* [online]. [cit. 2013-02-14]. Dostupné z: [http://im.foto.mapy.cz/orig/000/04f/00004fe5b\\_9f0653](http://im.foto.mapy.cz/orig/000/04f/00004fe5b_9f0653).
- Řasy. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001–6. 5. 2013 v 12: 51 [cit. 2013-05-16]. Dostupné z: <http://cs.wikipedia.org/wiki/Řasy>

### 5.1.7 Zprávy vyhotovené pro účely této diplomové práce

- BACÍLKOVÁ, Bronislava. NÁRODNÍ ARCHIV, ODDĚLENÍ PÉČE O FYZICKÝ STAV ARCHIVÁLIÍ, BIOLOGICKÁ LABORATOŘ. *Mikrobiologické zkoušky: Kostel v Pošné*. Praha, 2011.
- BACÍLKOVÁ, Bronislava. NÁRODNÍ ARCHIV, ODDĚLENÍ PÉČE O FYZICKÝ STAV ARCHIVÁLIÍ, BIOLOGICKÁ LABORATOŘ. *Mikrobiologické zkoušky: Pošná kostel sv. Bartoloměje*. Praha, 2012.
- CIBULKOVÁ, Jana. VYSOKÁ ŠKOLA CHEMICKO-TECHNOLOGICKÁ V PRAZE, CENTRÁLNÍ LABORATOŘE, LABORATOŘ RENTGENOVÉ DIFRAKTOMETRIE. *Analýza vzorků z kostela sv. Bartoloměje v Pošné*. Praha, 2012.
- LESNIAKOVÁ, Petra. UNIVERZITA PARDUBICE, FAKULTA RESTAUROVÁNÍ, KATEDRA CHEMICKÉ TECHNOLOGIE. *Chemicko-technologický průzkum: Kostel Sv. Bartoloměje, Pošná*. Litomyšl, 2012.

- MIŠKOVÁ, Linda a Miroslava NOVOTNÁ. VYSOKÁ ŠKOLA CHEMICKO-TECHNOLOGICKÁ V PRAZE, CENTRÁLNÍ LABORATOŘE, LABORATOŘ MOLEKULOVÉ SPEKTROMETRIE. *Analýza vzorků z kostela sv. Bartoloměje v Pošné*. Praha, 2012.
- TRIBULOVÁ, Tereza. VYSOKÁ ŠKOLA CHEMICKO-TECHNOLOGICKÁ V PRAZE, ÚSTAV CHEMICKÉ TECHNOLOGIE RESTAUROVÁNÍ PAMÁTEK. *Průzkum nástěnných maleb a omítek v presbytáři kostela sv. Bartoloměje v Pošné*. Praha, 2012.

## 5.2 Seznam zkratek a značek

**angl.** – anglicky

**°C** – Celsiův stupeň, jednotka teploty

**ČSFVU** – Československý fond výtvarných umění

**DP** – stupeň polymerace

**DS** – stupeň substituce

**ISBN** – mezinárodní standardní číslo knihy (angl. International Standard Book Number)

**fa** – firma, obchodní společnost apod.

**FTIR** – Infračervená spektroskopie s Fourierovou transformací (angl. Fourier transform infrared spectroscopy)

**hm.** – hmotnostní, např. hmotnostní díl, hmotnostní %

**GPS** – vojenský globální družicový polohový systém (angl. Global Positioning System)

**kap.** – kapitola

**KChT FR UPCE** – Katedra Chemické technologie Fakulty restaurování v Litomyšli Univerzity Pardubice

**L** – levý, použito ve spojení levý okraj severní stěny

**lat.** – latinsky

**m** – hmotnost

**$\Delta m$**  – rozdíl hmotností

**MFT** – minimální filmotvorná teplota

**$M_r$**  – molekulová hmotnost

**MS** – stupeň molekulární substituce

**NA** – Národní archiv

**NKP** – Národní kulturní památka

**NPÚ ú. o. p.** – Národní památkový ústav, územní odborné pracoviště

**obj.** – objemový, např. objemový díl, objemové %

**obr.** – obrázek, obrazová (např. příloha)

**p. a.** – označení chemikálií k analytickým účelům (lat. pro analysi)

**pH** – vodíkový exponent (angl. potential of hydrogen)

**pol.** – polovina

**pozn.** – poznámka

**VŠCHT** – Vysoká škola chemicko-technologická

**REM-EDS** – Rastrovací elektronová mikroskopie s energiodisperzním analyzátozem (ang. SEM-EDS Scanning Electron Microscopy with X-ray microanalysis)

**resp.** – respektive

**RH** – relativní vzdušná vlhkost (angl. Relative humidity)

**RS** – Ramanova spektroskopie (angl. Raman spectroscopy)

**sp.** – biologický druh (ang. species), např. shrnující označení pro druh plísně *Penicillium sp.*,

**stol.** – století

**srov.** – srovnej, porovnej

**text.** – textová, např. příloha

**T<sub>g</sub>** – teplota skelného přechodu

**vz.** – vzorek

**XRD** – Rentgenová difrakční analýza (angl. X-ray Diffraction)

## 5.3 Seznam obrázků

### 5.3.1 Praktická část diplomové práce

<b>Obr. 1.</b> Severní stěna presbytáře – grafický zákres rozměrů dle výměry in situ.....	19
<b>Obr. 2.</b> Levá část severní stěny – grafický zákres vymezení úseku k samostatnému průzkumu a restaurování. ....	20
<b>Obr. 3.</b> Levá část severní stěny presbytáře – před restaurováním.....	20
<b>Obr. 4.</b> Kostel sv. Bartoloměje v Pošné, pohled od jihovýchodu.....	22
<b>Obr. 5.</b> Půdorys kostela sv. Bartoloměje v Pošné. ....	22
<b>Obr. 6.</b> Kostel sv. Bartoloměje v Pošné před r. 1903, pohled od jihovýchodu.....	23
<b>Obr. 7.</b> Kamenná deska s datacemi vzniku kostela a stavebních úprav. ....	23
<b>Obr. 8.</b> Západní část interiéru kostela sv. Bartoloměje v Pošné, pohled do lodi. ....	25
<b>Obr. 9.</b> Východní část interiéru kostela sv. Bartoloměje v Pošné, pohled do presbytáře.....	26
<b>Obr. 10.</b> Severní stěna presbytáře v r. 2010. ....	26
<b>Obr. 11.</b> Východní stěna presbytáře v r. 2010.....	26
<b>Obr. 12.</b> Jižní stěna presbytáře v r. 2010. ....	26
<b>Obr. 13.</b> Nástěnné malby na klenbě presbytáře kostela. ....	27
<b>Obr. 14.</b> Levá část severní stěny presbytáře s úsekem určeným k průzkumu a restaurování – před restaurováním. ....	27
<b>Obr. 15.</b> Stav západní části severní stěny presbytáře před odkryvem středověkých nástěnných maleb v r. 1956. ....	30
<b>Obr. 16.</b> Kostel sv. Jakuba v Rovné u Stříbrné Skalice, část klenby apsidy. ....	31
<b>Obr. 17.</b> Kostel sv. Jakuba v Rovné u Stříbrné Skalice, anděl držící mandorlu. ....	31
<b>Obr. 18.</b> Kostel sv. Jakuba v Rovné u Stříbrné Skalice, anděl držící mandorlu. ....	31
<b>Obr. 19.</b> Levá část severní stěny presbytáře – grafický zákres dochovaných vrstev na úseku určeném k průzkumu a restaurování. ....	32
<b>Obr. 20.</b> Levá část severní stěny presbytáře – před restaurováním. ....	32
<b>Obr. 21.</b> Severní fasáda kostela sv. Bartoloměje v Pošné po opravě v r. 1991.....	35
<b>Obr. 22.</b> Severní fasáda před opravou v r. 1991. ....	35
<b>Obr. 23.</b> Severní stěna lodi, vítězného oblouku a presbytáře v interiéru. ....	35
<b>Obr. 24.</b> Část podlahy při západní části severní stěny s hrobkami pod kamennou podlahou.....	36
<b>Obr. 25.</b> Přízemní partie západní části severní stěny. ....	36
<b>Obr. 26.</b> Detail přízemních partií. ....	36
<b>Obr. 27.</b> Detail přízemních partií. ....	37
<b>Obr. 28.</b> Detail přízemních partií v ultrafialové fluorescenci. ....	37
<b>Obr. 29.</b> Přízemní partie západní části severní stěny. ....	37
<b>Obr. 30.</b> Stůl se splývavou drapérií – před konsolidací. ....	38
<b>Obr. 31.</b> Stůl se splývavou drapérií v razantním bočním nasvícení – před konsolidací.....	38
<b>Obr. 32.</b> Detail drapérie stolu – před konsolidací. ....	38
<b>Obr. 33.</b> Detail draperie stolu – před konsolidací. ....	39
<b>Obr. 34.</b> Digitální měřicí přístroj <i>Comet S3631</i> . ....	40
<b>Obr. 35.</b> Externí teplotní sonda přístroje <i>Comet S3631</i> . ....	40
<b>Obr. 36.</b> Přízemní partie západní části severní stěny – grafický zákres míst odběrů vzorků pro stanovení obsahu vlhkosti a vodorozpustných solí omítek. ....	42

<b>Obr. 37.</b> Přízemní partie západní části severní stěny – grafický zakres míst odběrů vzorků pro zkoušky mikrobiologického napadení středověkých vrstev. ....	45
<b>Obr. 38.</b> Tři polofigury v arkádách v razantním bočním nasvícení – před restaurováním. ....	53
<b>Obr. 39.</b> Tři polofigury v arkádách – před restaurováním. ....	53
<b>Obr. 40.</b> Detail levé polofigury – před restaurováním. ....	53
<b>Obr. 41.</b> Detail levé polofigury v razantním bočním nasvícení – před restaurováním. ....	54
<b>Obr. 42.</b> Obličej levé polofigury – po čištění. ....	54
<b>Obr. 43.</b> Obličej levé polofigury v ultrafialové fluorescenci – po čištění. ....	54
<b>Obr. 44.</b> Nástěnné malby určené k průzkumu – grafický zakres vrstev středověkých maleb. ....	55
<b>Obr. 45.</b> Nástěnné malby určené k průzkumu – po restaurování. ....	55
<b>Obr. 46.</b> Detail rozhraní horního a středního malovaného pásu – před restaurováním. ....	56
<b>Obr. 47.</b> Fragment figury se štětcovou kresbou – po restaurování. ....	56
<b>Obr. 48.</b> Fragment figury se štětcovou kresbou – grafický zakres fragmentu tmavě červené štětcové kresby figury. ....	56
<b>Obr. 49.</b> Obličej fragmentu figury se štětcovou kresbou – po čištění. ....	57
<b>Obr. 50.</b> Obličej fragmentu figury se štětcovou kresbou v ultrafialové fluorescenci – po čištění. ....	57
<b>Obr. 51.</b> Detail prostřední polofigury s fragmentem figury se štětcovou kresbou – před restaurováním. ....	57
<b>Obr. 52.</b> Detail prostřední polofigury s fragmentem figury se štětcovou kresbou – před restaurováním. ....	58
<b>Obr. 53.</b> Detail šatu sv. biskupa – před restaurováním. ....	58
<b>Obr. 54.</b> Detail pozadí za sv. biskupem – před restaurováním. ....	58
<b>Obr. 55.</b> Nástěnné malby určené k restaurování – grafický zakres pohyblivě uvolněných omítkových a nátěrových vrstev. ....	59
<b>Obr. 56.</b> Nástěnné malby určené k restaurování – grafický zakres dutin pod omítkou. ....	59
<b>Obr. 57.</b> Nástěnné malby určené k restaurování – grafický zakres prasklin a silnějších vrypů. ....	59
<b>Obr. 58.</b> Detail rozhraní prostřední a pravé polofigury – před restaurováním. ....	60
<b>Obr. 59.</b> Detail prostřední polofigury v arkádách – stav před restaurováním. ....	60
<b>Obr. 60.</b> Detail arkád – před restaurováním. ....	60
<b>Obr. 61.</b> Detail arkád v razantním bočním nastavení – před restaurováním. ....	61
<b>Obr. 62.</b> Nástěnné malby na západní polovině severní stěny – grafický zakres novodobých vrstev a zásahů v partiích nástěnných maleb. ....	61
<b>Obr. 63.</b> Nástěnné malby na západní polovině severní stěny – před restaurováním. ....	61
<b>Obr. 64.</b> Detail levé polofigury – před restaurováním. ....	62
<b>Obr. 65.</b> Detail rozhraní levé a prostřední polofigury – před restaurováním. ....	62
<b>Obr. 66.</b> Detail šatu sv. biskupa – před restaurováním. ....	62
<b>Obr. 67.</b> Detail pláště sv. biskupa – před restaurováním. ....	63
<b>Obr. 68.</b> Detail pozadí mezi sv. biskupem a donátorem – před restaurováním. ....	63
<b>Obr. 69.</b> Draperie stolu – před restaurováním. ....	65
<b>Obr. 70.</b> Draperie stolu v ultrafialové luminiscenci – před restaurováním. ....	66
<b>Obr. 72.</b> Detail sv. Doroty – po čištění. ....	66
<b>Obr. 73.</b> Detail obličeje pravé polofigury – před restaurováním. ....	67
<b>Obr. 74.</b> Detail obličeje pravé polofigury v infračerveném záření – před restaurováním. ....	67
<b>Obr. 75.</b> Detail obličeje sv. biskupa – před restaurováním. ....	67
<b>Obr. 76.</b> Detail obličeje sv. biskupa v infračerveném záření – před restaurováním. ....	67
<b>Obr. 77.</b> Detail obličeje sv. Doroty – před restaurováním. ....	67
<b>Obr. 78.</b> Detail obličeje sv. Doroty v infračerveném záření – před restaurováním. ....	67
<b>Obr. 90.</b> Sonda pod tmely peků z r. 1956, pravá polofigura – po čištění. ....	69

<b>Obr. 91.</b> Grafický zakres nalezených středověkých a novodobých vrstev v partiích středověké nástěnné malby. ....	69
<b>Obr. 81.</b> Sonda pod tmel z r. 1956, prostřední polofigura – před restaurováním. ....	70
<b>Obr. 82.</b> Sonda pod tmel z r. 1956 v ultrafialové luminiscenci, prostřední polofigura – před restaurováním. ....	70
<b>Obr. 100.</b> Sonda pod tmel z r. 1956, arkáda – před restaurováním. ....	70
<b>Obr. 84.</b> Sonda pod tmel z r. 1956, pravá polofigura – před restaurováním. ....	71
<b>Obr. 85.</b> Sonda pod tmel z r. 1956 v ultrafialové luminiscenci, pravá polofigura – před restaurováním. ....	71
<b>Obr. 86.</b> Sonda pod tmel z r. 1956, arkáda – před restaurováním. ....	71
<b>Obr. 87.</b> Sonda pod tmel z r. 1956 v ultrafialové luminiscenci, arkáda – před restaurováním. ....	72
<b>Obr. 88.</b> Sonda pod tmel z r. 1956, pozadí za polofigurami – před restaurováním. ....	72
<b>Obr. 89.</b> Sonda pod tmel z r. 1956 v ultrafialové luminiscenci, pozadí za polofigurami – před restaurováním. ....	72
<b>Obr. 90.</b> Sonda pod tmel z r. 1956, koš sv. Doroty – před restaurováním. ....	73
<b>Obr. 91.</b> Sonda pod tmel z r. 1956, šatu sv. Biskupa – před restaurováním. ....	73
<b>Obr. 92.</b> Sonda pod tmel z r. 1956, rozhraní donátora a pozadí – před restaurováním. ....	73
<b>Obr. 93.</b> Sonda pod tmel z r. 1956, šat sv. biskupa – před restaurováním. ....	73
<b>Obr. 94.</b> Nástěnné malby určené k restaurování – přibližný grafický zakres retuší tmelů z r. 1956. ....	74
<b>Obr. 95.</b> Nástěnné malby určené k restaurování – přibližný grafický zakres přemaleb z r. 1956. ....	74
<b>Obr. 96.</b> Nástěnné malby určené k restaurování – před restaurováním. ....	74
<b>Obr. 97.</b> Nástěnné malby určené k restaurování – grafický zakres míst provedení mikrosond. ....	76
<b>Obr. 98.</b> Detail prostřední polofigury – po čištění. ....	76
<b>Obr. 99.</b> Detail prostřední polofigury – před restaurováním. ....	77
<b>Obr. 100.</b> Detail prostřední polofigury v ultrafialové luminiscenci – před restaurováním. ....	77
<b>Obr. 101.</b> Detail pravé polofigury – před restaurováním. ....	78
<b>Obr. 102.</b> Detail pravé polofigury v ultrafialové luminiscenci – před restaurováním. ....	78
<b>Obr. 103.</b> Nástěnné malby určené k průzkumu – grafický zakres míst odběru vzorků pro rozbor omítek. ....	79
<b>Obr. 104.</b> Vz. V25b – středověká omítka odebraná z defektů. ....	80
<b>Obr. 105.</b> Vz. V25b – středověká omítka odebraná z defektů, mikroskopické pozorování nábrusu vzorku. ....	80
<b>Obr. 106.</b> Vz. V26 – novodobá překryvná omítka z přízemních partií. ....	81
<b>Obr. 107.</b> Vz. V26 – novodobá překryvná omítka z přízemních partií, mikroskopické pozorování nábrusu vzorku. ....	81
<b>Obr. 108.</b> Vz. V27 – omítka z tmelu peku z r. 1956. ....	81
<b>Obr. 109.</b> Vz. V27 – omítka z tmelu peku z r. 1956, mikroskopické pozorování nábrusu vzorku. ....	81
<b>Obr. 110.</b> Vz. V28 – novodobá omítka z partií nad nástěnnou malbou. ....	82
<b>Obr. 111.</b> Vz. V28 – novodobá omítka z partií nad nástěnnou malbou, mikroskopické pozorování nábrusu vzorku. ....	82
<b>Obr. 112.</b> Vz. V25a – středověká omítka, defekt na severní straně pohledu vítězného oblouku. ....	83
<b>Obr. 113.</b> Vz. V25a – frakce zrn kameniva vzorku. ....	83
<b>Obr. 114.</b> Nástěnné malby určené k průzkumu – grafický zakres míst odběru vzorků pro rozbor omítkových vrstev. ....	84
<b>Obr. 115.</b> Nástěnné malby určené k průzkumu – grafický zakres míst odběru vzorků pro rozbor omítkových vrstev. ....	86



<b>Obr. 116.</b> Nástěnné malby určené k průzkumu – grafický zakres míst odběru vzorků pro rozbor omítkových vrstev.....	90
<b>Obr. 117.</b> Vz. V15, souvrství středověké nástěnné malby, šat sv. biskupa – mikrofoto nábrusu vzorku v bílém odraženém světle při zvětšení 50 ×.....	92
<b>Obr. 118.</b> Vz. V15 – mikrofoto REM-EDS.....	92
<b>Obr. 119.</b> Vz. V15 – mikrofoto v bílém odraženém světle při zvětšení 100 ×.....	92
<b>Obr. 120.</b> Vz. V15 – mikrofoto po excitaci UV světlem při zvětšení 100 ×.....	92
<b>Obr. 121.</b> Vz. V8, souvrství středověké nástěnné malby, arkáda – mikrofoto nábrusu vzorku v bílém odraženém světle při zvětšení 50 ×.....	93
<b>Obr. 122.</b> Vz. V8 – mikrofoto REM-EDS.....	93
<b>Obr. 123.</b> Vz. V8 – mikrofoto v bílém odraženém světle při zvětšení 200 ×.....	93
<b>Obr. 124.</b> Vz. V8 – mikrofoto po excitaci UV světlem při zvětšení 200 ×.....	93
<b>Obr. 125.</b> Západní část severní stěny presbytáře – grafický zakres míst fotografické dokumentace provedených zkoušek.....	98
<b>Obr. 126.</b> Vz. V13 (před restaurováním), vz. Z1 (po čištění a ztenčení retuší a přemaleb) – místa odběrů, zelené partie šatu sv. biskupa.....	111
<b>Obr. 127.</b> Vz. V13 před restaurováním) – mikroskopické pozorování povrchu, zelené partie šatu sv. biskupa.....	111
<b>Obr. 128.</b> Vz. Z1 (po čištění a ztenčení retuší a přemaleb) – mikroskopické pozorování povrchu, zelené partie šatu sv. biskupa.....	111
<b>Obr. 129.</b> Vz. V11 (před restaurováním), vz. Z3 (po čištění a ztenčení retuší a přemaleb) – místa odběru, černé partie šatu donátora.....	111
<b>Obr. 130.</b> Vz. V11 (před restaurováním) – mikroskopické pozorování povrchu, černé partie šatu donátora.....	111
<b>Obr. 131.</b> Vz. Z3 (po čištění a ztenčení retuší a přemaleb) – mikroskopické pozorování povrchu, černé partie šatu donátora.....	111
<b>Obr. 132.</b> Postup celoplošného čištění povrchových nečistot a ztenčování přemaleb, šat sv. Doroty.....	112
<b>Obr. 133.</b> Příklady hutnějších bílých retuší tmelů z r. 1956, šat sv. biskupa – před čištěním.....	112
<b>Obr. 134.</b> Šat sv. biskupa – po mechanickém odstranění retuší a tmelů z r. 1956 a strukturální a hloubkové konsolidaci.....	112
<b>Obr. 135.</b> Detail rozhraní prostřední a pravé polofigury – před restaurováním.....	113
<b>Obr. 136.</b> Detail rozhraní prostřední a pravé polofigury – v průběhu odstraňování tmelů.....	113
<b>Obr. 137.</b> Detail rozhraní prostřední a pravé polofigury – v průběhu odstraňování tmelů.....	113
<b>Obr. 138.</b> Detail rozhraní prostřední a pravé polofigury – po odstranění tmelů.....	113
<b>Obr. 139.</b> Levá část severní stěny presbytáře – před restaurováním.....	114
<b>Obr. 140.</b> Levá část severní stěny presbytáře – grafický zakres odstraněných a ponechaných nepůvodních vrstev a tmelů.....	114
<b>Obr. 141.</b> Detail rozhraní středního a horního malovaného pásu – v průběhu odstraňování tmelů, strukturální a hloubkové konsolidace. Po aplikaci cyklododekanu ve spreji.....	115
<b>Obr. 142.</b> Detail rozhraní středního a horního malovaného pásu – po odstraňování tmelů, strukturální a hloubkové konsolidaci.....	115
<b>Obr. 143.</b> Detail rozhraní prostřední a pravé polofigury – v průběhu strukturální konsolidace odhalených nesoudržných omítek po odstranění tmelů.....	116
<b>Obr. 144.</b> Horní malovaný pás – grafický zakres míst perforace barevné vrstvy z důvodu hloubkové konsolidace havarijně uvolněných vrstev.....	117

<b>Obr. 204.</b> Detail rozhraní prostřední a pravé polofigury – v průběhu hloubkové konsolidace uvolněných vápenných nátěrů s barevnou vrstvou. ....	117
<b>Obr. 146.</b> Detail rozhraní prostřední a pravé polofigury – v průběhu tmelení.....	119
<b>Obr. 147.</b> Detail rozhraní prostřední a pravé polofigury – v průběhu tmelení.....	119
<b>Obr. 148.</b> Detail rozhraní prostřední a pravé polofigury – po tmelení. ....	119
<b>Obr. 149.</b> Detail rozhraní prostřední a pravé polofigury – v průběhu retušování. ....	120
<b>Obr. 150.</b> Detail rozhraní prostřední a pravé polofigury ve spodním pásu maleb – po retuších a restaurování. ....	120
<b>Obr. 151.</b> Detail prostřední polofigury – v průběhu retušování. ....	120
<b>Obr. 152.</b> Detail prostřední polofigury – po retuších a restaurování. ....	120
<b>Obr. 153.</b> Detail obličejů donátora – v průběhu retušování.....	120
<b>Obr. 154.</b> Detail obličejů donátora – po retuších a restaurování. ....	121
<b>Obr. 155.</b> Polofigury v arkádách – grafický zakresl míst retušovaných sond pod středověkou malbu. ...	121
<b>Obr. 156.</b> Detail rozhraní prostřední a pravé polofigury – po retuších a restaurování. ....	121

### 5.3.2 Teoretická část diplomové práce

<b>Obr. 157.</b> Schéma degradace polymeru v aerobních a anaerobních podmínkách. ....	128
<b>Obr. 158.</b> Schéma struktury celulózy. ....	133
<b>Obr. 159.</b> Schéma ideální struktury hydroxypropylcelulózy. ....	136
<b>Obr. 160.</b> Schéma ideální struktury polyakrylátu a polymethakrylátu.....	137
<b>Obr. 161.</b> Příklady teplot zesklnění jednotlivých polymerů.....	138
<b>Obr. 162.</b> Mikrofotografie ze skenovacího elektronového mikroskopu (SEM) vápenné malty.....	139
<b>Obr. 163.</b> Schéma jedné z pravděpodobných ideálních struktur polymeru styrenakrylátu s akrylátem. ....	140
<b>Obr. 164.</b> Schéma ideální struktury polyesteru.....	141
<b>Obr. 165.</b> <i>Klucel G</i> v Petriho miskách. ....	150
<b>Obr. 166.</b> <i>Primal WS 24</i> v Petriho miskách. ....	150
<b>Obr. 167.</b> Sporové suspenze.....	154
<b>Obr. 168.</b> Kultivace sporových suspenzí.....	154
<b>Obr. 169.</b> Sterilizace zkušebních tělísek. ....	155
<b>Obr. 170.</b> Příklad uložení zkušební vzorku v Petriho misce na úplné živné půdě (sladinové <i>Czapek-Dox</i> ). ....	155
<b>Obr. 171.</b> Příklad uložení zkušební vzorku v Petriho misce na neúplné živné půdě ( <i>Czapek-Dox</i> bez glukózy). ....	155
<b>Obr. 172.</b> Příklad uložení zkušební vzorku v Petriho misce bez živné půdy. ....	155
<b>Obr. 173.</b> Biologický inkubátor, ve kterém byly uloženy zkušební vzorky. ....	156
<b>Obr. 174.</b> Uložení Petriho misek se zkušebními vzorky v biologickém inkubátoru.....	156
<b>Obr. 175.</b> Vz. 5, <i>Klucel G</i> , plísně dle nálezu v Pošné.....	161
<b>Obr. 176.</b> Vz. 6, <i>Klucel G</i> , plísně dle ČSN EN 15457. ....	161
<b>Obr. 177.</b> Vz. 47, <i>Primal WS 24</i> , plísně dle nálezu v Pošné. ....	161
<b>Obr. 178.</b> Vz. 48, <i>Primal WS 24</i> , plísně dle ČSN EN 15457. ....	161
<b>Obr. 179.</b> Vz. 12, podložka, plísně dle nálezu v Pošné. ....	161
<b>Obr. 180.</b> Vz. 50, podložka, plísně dle ČSN EN 15457.....	161
<b>Obr. 181.</b> Vz. 9, <i>Klucel G</i> , plísně dle nálezu v Pošné.....	162
<b>Obr. 182.</b> Vz. 9, <i>Klucel G</i> , plísně dle nálezu v Pošné.....	162
<b>Obr. 183.</b> Vz. 47, <i>Primal WS 24</i> , plísně dle nálezu v Pošné. ....	162

<b>Obr. 184.</b> Vz. 47, <i>Primal WS 24</i> , plísň dle nálezu v Pošné. ....	162
<b>Obr. 185.</b> Vz. 12, podložka, plísň dle nálezu v Pošné. ....	162
<b>Obr. 186.</b> Vz. 12, podložka, plísň dle nálezu v Pošné. ....	162
<b>Obr. 187.</b> Vz. 8, <i>Klucel G</i> , plísň dle ČSN EN 15457. ....	163
<b>Obr. 188.</b> Vz. 8, <i>Klucel G</i> , plísň dle ČSN EN 15457. ....	163
<b>Obr. 189.</b> Vz. 48, <i>Primal WS 24</i> , plísň dle ČSN EN 15457. ....	163
<b>Obr. 190.</b> Vz. 48, <i>Primal WS 24</i> , plísň dle ČSN EN 15457. ....	163
<b>Obr. 191.</b> Vz. 50, podložka, plísň dle ČSN EN 15457. ....	163
<b>Obr. 192.</b> Vz. 50, podložka, plísň dle ČSN EN 15457. ....	163
<b>Obr. 193.</b> Vz. 3, <i>Klucel G</i> , neinokulováno, sekundární kontaminace. ....	164
<b>Obr. 194.</b> Vz. 4, <i>Klucel G</i> , neinokulováno, sekundární kontaminace. ....	164
<b>Obr. 195.</b> Vz. 41, <i>Primal WS 24</i> , neinokulováno, sekundární kontaminace. ....	164
<b>Obr. 196.</b> Vz. 42, <i>Primal WS 24</i> , neinokulováno, sekundární kontaminace. ....	164
<b>Obr. 197.</b> Vz. 11, podložka, neinokulováno, sekundární kontaminace. ....	164
<b>Obr. 198.</b> Vz. 49, podložka, neinokulováno, sekundární kontaminace. ....	164
<b>Obr. 199.</b> Vz. 57, <i>Primal WS 24</i> , plísň dle nálezu v Pošné, neúplná živná půda <i>Czapek-Dox</i> bez glukózy, 4. den. ....	167
<b>Obr. 200.</b> Vz. 57, <i>Primal WS 24</i> , plísň dle nálezu v Pošné, neúplná živná půda <i>Czapek-Dox</i> bez glukózy, 11. den. ....	167
<b>Obr. 201.</b> Vz. 57, mikrofoto. ....	167
<b>Obr. 202.</b> Vz. 57, mikrofoto. ....	167
<b>Obr. 203.</b> Vz. 57, mikrofoto. ....	167
<b>Obr. 204.</b> Vz. 57, mikrofoto. ....	167
<b>Obr. 205.</b> Vz. 19, <i>Klucel G</i> , plísň dle nálezu v Pošné. ....	168
<b>Obr. 206.</b> Vz. 19, <i>Klucel G</i> , plísň dle nálezu v Pošné. ....	168
<b>Obr. 207.</b> Vz. 59, <i>Primal WS 24</i> , plísň dle nálezu v Pošné. ....	168
<b>Obr. 208.</b> Vz. 59, <i>Primal WS 24</i> , plísň dle nálezu v Pošné. ....	168
<b>Obr. 209.</b> Vz. 24, podložka, plísň dle nálezu v Pošné. ....	168
<b>Obr. 210.</b> Vz. 24, podložka, plísň dle nálezu v Pošné. ....	168
<b>Obr. 211.</b> Vz. 22, <i>Klucel G</i> , plísň dle ČSN EN 15457. ....	169
<b>Obr. 212.</b> Vz. 22, <i>Klucel G</i> , plísň dle ČSN EN 15457. ....	169
<b>Obr. 213.</b> Vz. 56, <i>Primal WS 24</i> , plísň dle ČSN EN 15457. ....	169
<b>Obr. 214.</b> Vz. 56, <i>Primal WS 24</i> , plísň dle ČSN EN 15457. ....	169
<b>Obr. 215.</b> Vz. 64, podložka, plísň dle ČSN EN 15457. ....	169
<b>Obr. 216.</b> Vz. 64, podložka, plísň dle ČSN EN 15457. ....	169
<b>Obr. 217.</b> Vz. 19, <i>Klucel G</i> , plísň dle nálezu v Pošné, mikrofoto. ....	170
<b>Obr. 218.</b> Vz. 22, <i>Klucel G</i> , plísň dle ČSN EN 15457, mikrofoto. ....	170
<b>Obr. 219.</b> Vz. 56, <i>Primal WS 24</i> , plísň dle nálezu v Pošné, mikrofoto. ....	170
<b>Obr. 220.</b> Vz. 56, <i>Primal WS 24</i> , plísň dle ČSN EN 15457, mikrofoto. ....	170
<b>Obr. 221.</b> Vz. 24, podložka, plísň dle nálezu v Pošné, mikrofoto. ....	170
<b>Obr. 222.</b> Vz. 64, podložka, plísň dle ČSN EN 15457, mikrofoto. ....	170
<b>Obr. 223.</b> Vz. 15, <i>Klucel G</i> , neinokulováno, sekundární kontaminace. ....	171
<b>Obr. 224.</b> Vz. 16, <i>Klucel G</i> , neinokulováno, sekundární kontaminace. ....	171
<b>Obr. 225.</b> Vz. 53, <i>Primal WS 24</i> , neinokulováno, sekundární kontaminace. ....	171
<b>Obr. 226.</b> Vz. 54, <i>Primal WS 24</i> , neinokulováno, sekundární kontaminace. ....	171
<b>Obr. 227.</b> Vz. 23, podložka, neinokulováno, sekundární kontaminace. ....	171

<b>Obr. 228.</b> Vz. 61, podložka, neinokulováno, sekundární kontaminace. ....	171
<b>Obr. 229.</b> Zkušební vzorky kultivované na neúplné živné půdě, po ukončení zkoušek. ....	172
<b>Obr. 230.</b> Vz. 33, <i>Klucel G</i> , plísně dle nálezu v Pošné. ....	174
<b>Obr. 231.</b> Vz. 33, <i>Klucel G</i> , plísně dle nálezu v Pošné, mikrofoto. ....	174
<b>Obr. 232.</b> Vz. 69, <i>Primal WS 24</i> , plísně dle nálezu v Pošné. ....	174
<b>Obr. 233.</b> Vz. 69, <i>Primal WS 24</i> , plísně dle nálezu v Pošné, mikrofoto. ....	174
<b>Obr. 234.</b> Vz. 38, podložka, plísně dle nálezu v Pošné. ....	174
<b>Obr. 235.</b> Vz. 38, podložka, plísně dle nálezu v Pošné, mikrofoto. ....	174
<b>Obr. 236.</b> Vz. 1, <i>Klucel G</i> , bez inokulace a kultivace, uloženo v laboratoři. ....	175
<b>Obr. 237.</b> Vz. 1, <i>Klucel G</i> , bez inokulace a kultivace, uloženo v laboratoři, mikrofoto. ....	175
<b>Obr. 238.</b> Vz. 77, <i>Primal WS 24</i> , bez inokulace a kultivace, uloženo v laboratoři. ....	175
<b>Obr. 239.</b> Vz. 77, <i>Primal WS 24</i> , bez inokulace a kultivace, uloženo v laboratoři, mikrofoto. ....	175
<b>Obr. 240.</b> Vz. 77, podložka, bez inokulace a kultivace, uloženo v laboratoři. ....	175
<b>Obr. 241.</b> Vz. 77, podložka, bez inokulace a kultivace, uloženo v laboratoři, mikrofoto. ....	175

## 5.4 Seznam tabulek

### 5.4.1 Praktická část diplomové práce

<b>Tab. 1.</b> Receptura na přípravu maltoviny ke tmelení. ....	118
---	-----

### 5.4.2 Teoretická část diplomové práce

<b>Tab. 2.</b> Étery celulózy používané v konzervování, restaurování. ....	134
<b>Tab. 3.</b> Enzymatická degradace komerčně dostupných etherů celulózy. ....	136
<b>Tab. 4.</b> Stupeň růstu plísní na vzorcích konsolidované lněné textilie. ....	144
<b>Tab. 5.</b> Podpora nárůstu plísní. ....	146
<b>Tab. 6.</b> Příprava zkušebních vzorků. ....	149
<b>Tab. 7.</b> Zkušební schéma s kódem vzorků s číslováním. ....	151
<b>Tab. 8.</b> Hodnotící stupnice růstu plísní, převzato a upraveno dle ČSN EN 15457. ....	156
<b>Tab. 9.</b> Závěrečné hodnocení nárůstu plísní dle ČSN EN ISO 846. ....	157
<b>Tab. 10.</b> Vizualní hodnocení nárůstu plísní na úplné živné půdě. ....	160
<b>Tab. 11.</b> Vizualní hodnocení nárůstu plísní na neúplné živné půdě. ....	166
<b>Tab. 12.</b> Vizualní hodnocení nárůstu plísní bez živné půdy. ....	173

## 5.5 Seznam grafů

### 5.5.1 Praktická část diplomové práce

<b>Graf 1.</b> Data z monitoringu relativní vzdušné vlhkosti a teploty prostředí a rosného bodu.....	41
<b>Graf 2.</b> Demonstrace závislosti obsahu živých zárodků plísni ve vzorku na výšce odběru .....	46

### 5.5.2 Teoretická část práce diplomové práce

<b>Graf 3.</b> Vizualní hodnocení nárůstu plísni po kultivaci na úplné živné půdě .....	160
<b>Graf 4.</b> Vizualní hodnocení nárůstu plísni po kultivaci na neúplné živné půdě .....	166

## 6 OBRAZOVÁ PŘÍLOHA

### 6.1 Seznam obrázků v obrazové příloze

#### 6.1.1 Praktická část diplomové práce

<b>Obr. 1.</b> Nástěnné malby určené k samostatnému restaurování – před restaurováním. ....	210
<b>Obr. 2.</b> Nástěnné malby určené k samostatnému restaurování – po čištění a povrchové konsolidaci. ....	211
<b>Obr. 3.</b> Nástěnné malby určené k samostatnému restaurování – po odstranění nepůvodních vrstev a konsolidaci. ....	212
<b>Obr. 4.</b> Nástěnné malby určené k samostatnému restaurování – po tmelení, retuších a restaurování. ....	213
<b>Obr. 5.</b> Nástěnné malby určené k samostatnému restaurování, razantní boční nasvícení – před restaurováním. ....	214
<b>Obr. 6.</b> Nástěnné malby určené k samostatnému restaurování, boční nasvícení – po restaurování. ....	215
<b>Obr. 7.</b> Levá polofigura – před restaurováním. ....	216
<b>Obr. 8.</b> Levá polofigura – po čištění a povrchové konsolidaci. ....	216
<b>Obr. 9.</b> Levá polofigura – po odstranění nepůvodních vrstev a konsolidaci. ....	216
<b>Obr. 10.</b> Levá polofigura – po tmelení, retuších a restaurování. ....	216
<b>Obr. 11.</b> Obličej levé polofigury – před restaurováním. ....	217
<b>Obr. 12.</b> Obličej levé polofigury – po čištění a povrchové konsolidaci. ....	217
<b>Obr. 13.</b> Obličej levé polofigury – po odstranění nepůvodních vrstev a konsolidaci. ....	217
<b>Obr. 14.</b> Obličej levé – po tmelení, retuších a restaurování. ....	217
<b>Obr. 15.</b> Prostřední polofigura – před restaurováním. ....	218
<b>Obr. 16.</b> Prostřední polofigura – po čištění a povrchové konsolidaci. ....	218
<b>Obr. 17.</b> Prostřední polofigura – po odstranění nepůvodních vrstev a konsolidaci. ....	218
<b>Obr. 18.</b> Prostřední polofigura – po tmelení, retuších a restaurování. ....	218
<b>Obr. 19.</b> Obličej prostřední polofigury – před restaurováním. ....	219
<b>Obr. 20.</b> Obličej prostřední polofigury – po čištění a povrchové konsolidaci. ....	219
<b>Obr. 21.</b> Obličej prostřední polofigury – po odstranění nepůvodních vrstev a konsolidaci. ....	219
<b>Obr. 22.</b> Obličej prostřední polofigury – po tmelení, retuších a restaurování. ....	219
<b>Obr. 23.</b> Pravá polofigura – před restaurováním. ....	220
<b>Obr. 24.</b> Pravá polofigura – po čištění a povrchové konsolidaci. ....	220
<b>Obr. 25.</b> Pravá polofigura – po odstranění nepůvodních vrstev a konsolidaci. ....	220
<b>Obr. 26.</b> Pravá polofigura – po tmelení, retuších a restaurování. ....	220
<b>Obr. 27.</b> Obličej pravé polofigury – před restaurováním. ....	221
<b>Obr. 28.</b> Obličej pravé polofigury – po čištění a povrchové konsolidaci. ....	221
<b>Obr. 29.</b> Obličej pravé polofigury – po odstranění nepůvodních vrstev a konsolidaci. ....	221
<b>Obr. 30.</b> Obličej pravé polofigury – po tmelení, retuších a restaurování. ....	221
<b>Obr. 31.</b> Levá polofigura v ultrafialové luminiscenci – před restaurováním. ....	222
<b>Obr. 32.</b> Levá polofigura v ultrafialové luminiscenci – po čištění. ....	222
<b>Obr. 33.</b> Pravá polofigura v razantním bočním nasvícení – před restaurováním. ....	222
<b>Obr. 34.</b> Pravá polofigura v bočním nasvícení – po tmelení, retuších a restaurování. ....	222

<b>Obr. 35.</b> Detail arkády s novodobým tmelem – před restaurováním. ....	223
<b>Obr. 36.</b> Detail arkády – po odstranění nepůvodních vrstev a konsolidaci. ....	223
<b>Obr. 37.</b> Detail arkády – před restaurováním – po tmelení, retuších a restaurování. ....	223
<b>Obr. 38.</b> Detail – před restaurováním. * .....	224
<b>Obr. 39.</b> Detail – po čištění a povrchové konsolidaci. * .....	224
<b>Obr. 40.</b> Detail – po odstranění nepůvodních vrstev a konsolidaci. * .....	224
<b>Obr. 41.</b> Detail – po tmelení, retuších a restaurování. * .....	224
<b>Obr. 42.</b> Detail sond pod středověkou malbu z r. 2010 v partiích polofigur – před restaurováním. ....	225
<b>Obr. 43.</b> Detail sond pod středověkou malbu z r. 2010 v partiích polofigur – po retuších a restaurování. .....	225
<b>Obr. 44.</b> Fragment štětcové kresby figury – před restaurováním. ....	226
<b>Obr. 45.</b> Fragment štětcové kresby figury – po čištění a povrchové konsolidaci. ....	226
<b>Obr. 46.</b> Fragment figury se štětcovou kresbou – po odstranění nepůvodních vrstev a konsolidaci. ....	226
<b>Obr. 47.</b> Fragment figury se štětcovou kresbou – po tmelení, retuších a restaurování. ....	226
<b>Obr. 48.</b> Fragment obličeje figury se štětcovou kresbou – před restaurováním. ....	227
<b>Obr. 49.</b> Fragment obličeje figury se štětcovou kresbou – po čištění a povrchové konsolidaci. ....	227
<b>Obr. 50.</b> Fragment obličeje figury se štětcovou kresbou – po odstranění nepůvodních vrstev a konsolidaci. ....	227
<b>Obr. 51.</b> Fragment obličeje figury se štětcovou kresbou – po tmelení, retuších a restaurování. ....	227
<b>Obr. 52.</b> Fragment figury se štětcovou kresbou v ultrafialové luminiscenci – před restaurováním. ....	228
<b>Obr. 53.</b> Fragment figury se štětcovou kresbou v ultrafialové luminiscenci – po čištění a povrchové konsolidaci. ....	228
<b>Obr. 54.</b> Stůl se splývavou draperií – před restaurováním. ....	229
<b>Obr. 55.</b> Stůl se splývavou draperií. Partie stolu jsou ve stavu po odstranění nepůvodních vrstev a konsolidaci. Splývavá draperie stolu je ve stavu po preventivní konsolidaci havarijních míst. ....	229
<b>Obr. 56.</b> Stůl se splývavou draperií. Partie stolu jsou ve stavu po tmelení, retuších a restaurování. Splývavá draperie stolu je ve stavu po preventivní konsolidaci havarijních míst a retuších. ....	230
<b>Obr. 57.</b> Sv. biskup – před restaurováním. ....	231
<b>Obr. 58.</b> Sv. biskup – po čištění a povrchové konsolidaci. ....	231
<b>Obr. 59.</b> Sv. biskup – po odstranění nepůvodních vrstev a konsolidaci. ....	231
<b>Obr. 60.</b> Sv. biskup – po tmelení, retuších a restaurování. ....	231
<b>Obr. 61.</b> Obličej sv. biskupa – před restaurováním. ....	232
<b>Obr. 62.</b> Obličej sv. biskupa – po čištění a povrchové konsolidaci. ....	232
<b>Obr. 63.</b> Obličej sv. biskupa – po odstranění nepůvodních vrstev a konsolidaci. ....	232
<b>Obr. 64.</b> Obličej sv. biskupa – po tmelení, retuších a restaurování. ....	232
<b>Obr. 65.</b> Sv. Dorota – před restaurováním. ....	233
<b>Obr. 66.</b> Sv. Dorota – po čištění a povrchové konsolidaci. ....	233
<b>Obr. 67.</b> Sv. Dorota – po odstranění nepůvodních vrstev a konsolidaci. ....	233
<b>Obr. 68.</b> Sv. Dorota – po tmelení, retuších a restaurování. ....	233
<b>Obr. 69.</b> Obličej sv. Doroty – před restaurováním. ....	234
<b>Obr. 70.</b> Obličej sv. Doroty – po čištění a povrchové konsolidaci. ....	234
<b>Obr. 71.</b> Obličej sv. Doroty – po odstranění nepůvodních vrstev a konsolidaci. ....	234
<b>Obr. 72.</b> Obličej sv. Doroty – po tmelení, retuších a restaurování. ....	234
<b>Obr. 73.</b> Donátor mnich – před restaurováním. ....	235
<b>Obr. 74.</b> Donátor mnich – po čištění a povrchové konsolidaci. ....	235
<b>Obr. 75.</b> Donátor mnich – po odstranění nepůvodních vrstev a konsolidaci. ....	235

<b>Obr. 76.</b> Donátor mnich – po tmelení, retuších a restaurování. ....	235
<b>Obr. 77.</b> Obličej donátora mnicha – před restaurováním. * .....	236
<b>Obr. 78.</b> Obličej donátora mnicha – po čištění a povrchové konsolidaci. * .....	236
<b>Obr. 79.</b> Obličej donátora mnicha – po odstranění nepůvodních vrstev a konsolidaci. * .....	236
<b>Obr. 80.</b> Obličej donátora mnicha – po tmelení, retuších a restaurování. * .....	236
<b>Obr. 81.</b> Sv. biskup v ultrafialové luminiscenci – před restaurováním. ....	237
<b>Obr. 82.</b> Sv. biskup v ultrafialové luminiscenci – po čištění a povrchové konsolidaci. ....	237
<b>Obr. 83.</b> Sv. Dorota v razantním bočním nasvícení – před restaurováním. ....	237
<b>Obr. 84.</b> Sv. Dorota v bočním nasvícení – po tmelení, retuších a restaurování. ....	237
<b>Obr. 85.</b> Detail pláště sv. biskupa – před restaurováním. ....	238
<b>Obr. 86.</b> Detail pláště sv. biskupa – po čištění a povrchové konsolidaci. ....	238
<b>Obr. 87.</b> Detail pláště sv. biskupa – po odstranění nepůvodních vrstev a konsolidaci. ....	238
<b>Obr. 88.</b> Detail pláště sv. biskupa – po tmelení, retuších a restaurování. ....	238
<b>Obr. 89.</b> Detail pozadí za sv. biskupem – před restaurováním. ....	239
<b>Obr. 90.</b> Detail pozadí za sv. biskupem – po odstranění nepůvodních vrstev a konsolidaci. ....	239
<b>Obr. 91.</b> Detail pozadí za sv. biskupem – po tmelení, retuších a restaurování. ....	239
<b>Obr. 92.</b> Detail šatu sv. biskupa – před restaurováním. ....	240
<b>Obr. 93.</b> Detail šatu sv. biskupa – po čištění a povrchové konsolidaci. ....	240
<b>Obr. 94.</b> Detail šatu sv. biskupa – po odstranění nepůvodních vrstev a konsolidaci. ....	240
<b>Obr. 95.</b> Detail šatu sv. biskupa – po tmelení, retuších a restaurování. ....	240
<b>Obr. 96.</b> Detail šatu sv. Doroty – před restaurováním. ....	241
<b>Obr. 97.</b> Detail šatu sv. Doroty – po čištění a povrchové konsolidaci. ....	241
<b>Obr. 98.</b> Detail šatu sv. Doroty – po odstranění nepůvodních vrstev a konsolidaci. ....	241
<b>Obr. 99.</b> Detail šatu sv. Doroty – po tmelení, retuších a restaurování. ....	241

## 6.1.2 Teoretická část diplomové práce

<b>Obr. 100.</b> Zkušební vzorky z podložky bez konsolidantu, před inokulací a kultivací. ....	242
<b>Obr. 101.</b> Zkušební vzorky s filmem Klucelu G, před inokulací a kultivací. ....	242
<b>Obr. 102.</b> Zkušební vzorky s filmem Primalu WS 24, před inokulací a kultivací. ....	243
<b>Obr. 103.</b> Zkušební vzorky z podložky bez konsolidantu, po kultivaci a ukončení zkoušek. ....	243
<b>Obr. 104.</b> Zkušební vzorky s filmem Klucelu G, po kultivaci a ukončení zkoušek. ....	244
<b>Obr. 105.</b> Zkušební vzorky s filmem Primalu WS 24, po kultivaci a ukončení zkoušek. ....	244



## 6.2 Obrazová příloha k praktické části diplomové práce

### Srovnávací fotografie v jednotlivých etapách restaurování

Celky a vybrané detaily jsou zobrazovány v těchto etapách restaurování:

- 1) před restaurováním,
- 2) po celoplošném čištění a ztenčení nepůvodních retuší a přemaléb a povrchové konsolidaci zpráškovatělé barevné vrstvy (dále jen po čištění a povrchové konsolidaci),
- 3) po odstranění nepůvodních tmelů a vrstev, strukturální konsolidaci nesoudržných omítkových vrstev a hloubkové konsolidaci uvolněných omítkových, nátěrových a barevných vrstev (dále jen po odstranění nepůvodních vrstev a konsolidaci),
- 4) po tmelení defektů omítkových vrstev a retuších omítkových vrstev, nově provedených tmelů, injektážní maltoviny a barevných vrstev (dále jen po tmelení, retuších a restaurování).

Restaurátorský průzkum a restaurování probíhali v několika letech. V průběhu práce byla postavena tři fixní lešení s odlišnou podobou a dostupností k jednotlivým částem malby, s odstupem od nástěnných maleb do cca 1,5 m.

Nástěnné malby byly fotografovány s přiloženou standardizovanou šedou stupnicí s měřítkem. Pokud je fotografie dokumentována s šedou stupnicí, nalézá se měřítko na této stupnici, pokud velikost fotografie neumožňovala použít šedou stupnici, je měřítko připojené v pravém spodním rohu fotografie. Měřítka jsou vždy černobílá a jeho jednotky mají vždy 1 cm. Dle daného zvětšení zobrazované oblasti je do obrázků vloženo měřítko 10 cm, 5 cm nebo 2 cm. Ve vybraných případech jsou fotografie otočeny o 90 ° doleva. Tyto fotografie jsou označeny \*.

**Celek nástěnných maleb určených k restaurování na severní stěně presbytáře**



**Obr. 1.** Nástěnné malby určené k samostatnému restaurování – před restaurováním.



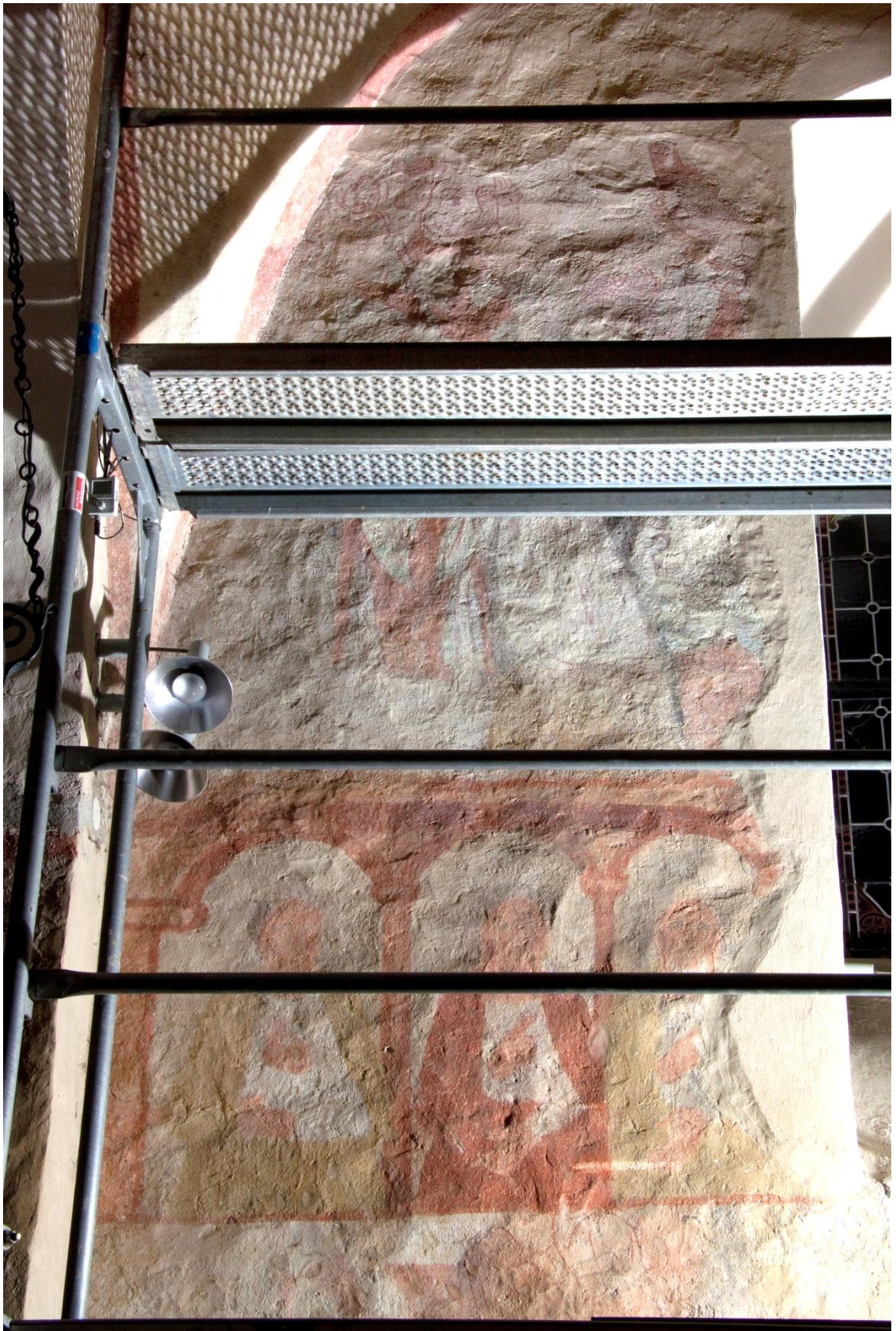
Obr. 2. Nástěnné malby určené k samostatnému restaurování – po čištění a povrchové konsolidaci.



**Obr. 3.** Nástěnné malby určené k samostatnému restaurování – po odstranění nepůvodních vrstev a konsolidaci.



**Obr. 4.** Nástěnné malby určené k samostatnému restaurování – po tmelení, retuších a restaurování.



**Obr. 5.** Nástěnné malby určené k samostatnému restaurování, razantní boční nasvícení – před restaurováním



**Obr. 6.** Nástěnné malby určené k samostatnému restaurování, boční nasvícení – po tmelení, retuších a restaurování

**Střední malovaný pás nástěnných maleb – polofigury v arkádách**



**Obr. 7.** Levá polofigura – před restaurováním.



**Obr. 8.** Levá polofigura – po čištění a povrchové konsolidaci.

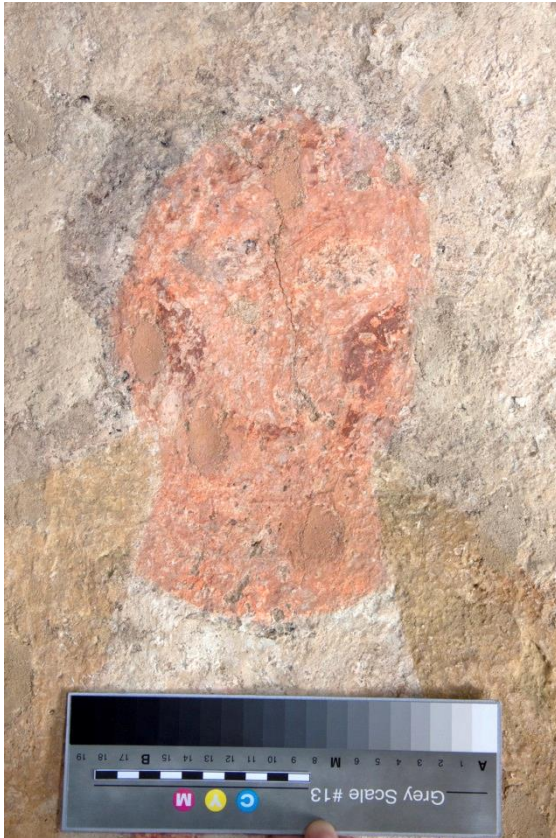


**Obr. 9.** Levá polofigura – po odstranění nepůvodních vrstev a konsolidaci.

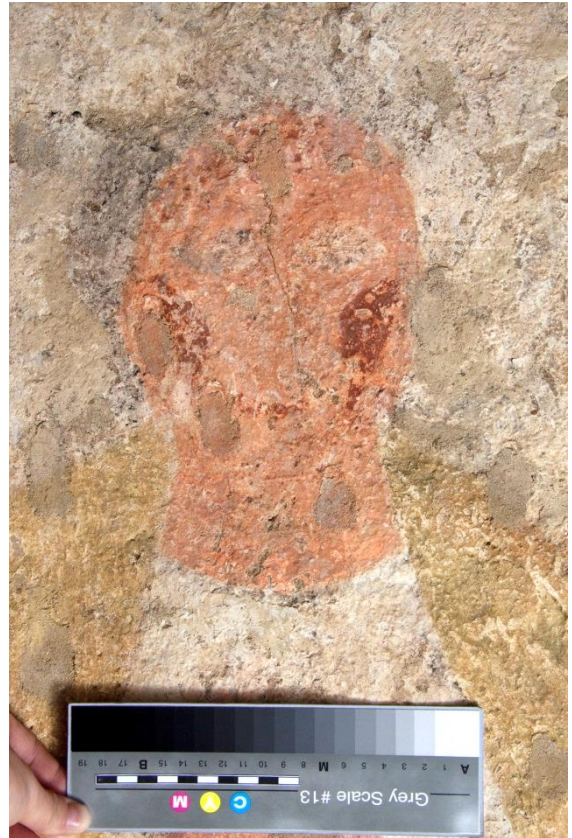


**Obr. 10.** Levá polofigura – po tmelení, retuších a restaurování.





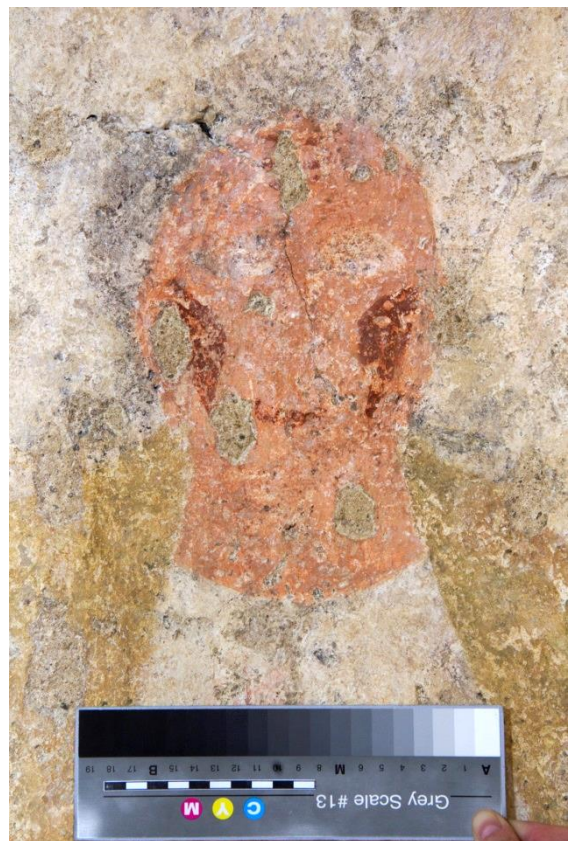
**Obr. 11.** Obličej levé polofigury – před restaurováním.



**Obr. 12.** Obličej levé polofigury – po čištění a povrchové konsolidaci.



**Obr. 13.** Obličej levé polofigury – po odstranění nepůvodních vrstev a konsolidaci.



**Obr. 14.** Obličej levé – po tmelení, retuších a restaurování.



**Obr. 15.** Prostřední polofigura – před restaurováním.



**Obr. 16.** Prostřední polofigura – po čištění a povrchové konsolidaci.



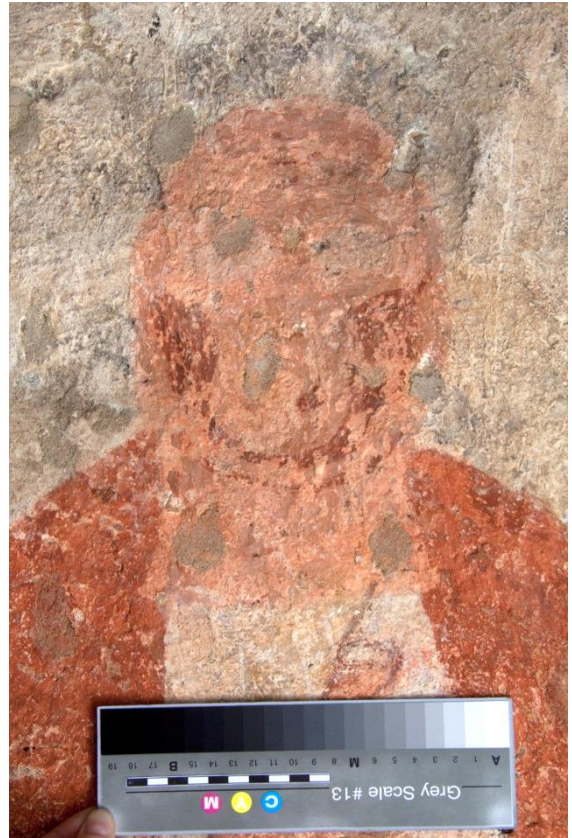
**Obr. 17.** Prostřední polofigura – po odstranění nepůvodních vrstev a konsolidaci.



**Obr. 18.** Prostřední polofigura – po tmelení, retuších a restaurování.



**Obr. 19.** Obličej prostřední polofigury – před restaurováním.



**Obr. 20.** Obličej prostřední polofigury – po čištění a povrchové konsolidaci.



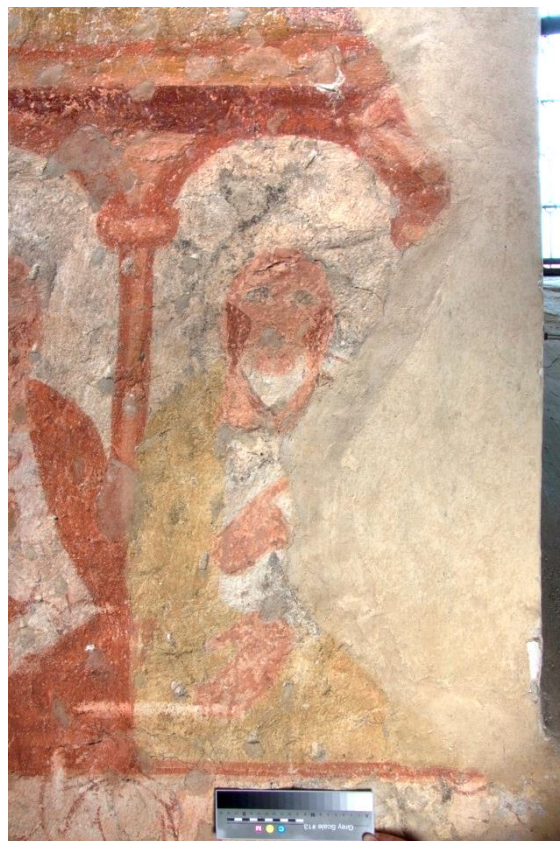
**Obr. 21.** Obličej prostřední polofigury – po odstranění nepůvodních vrstev a konsolidaci.



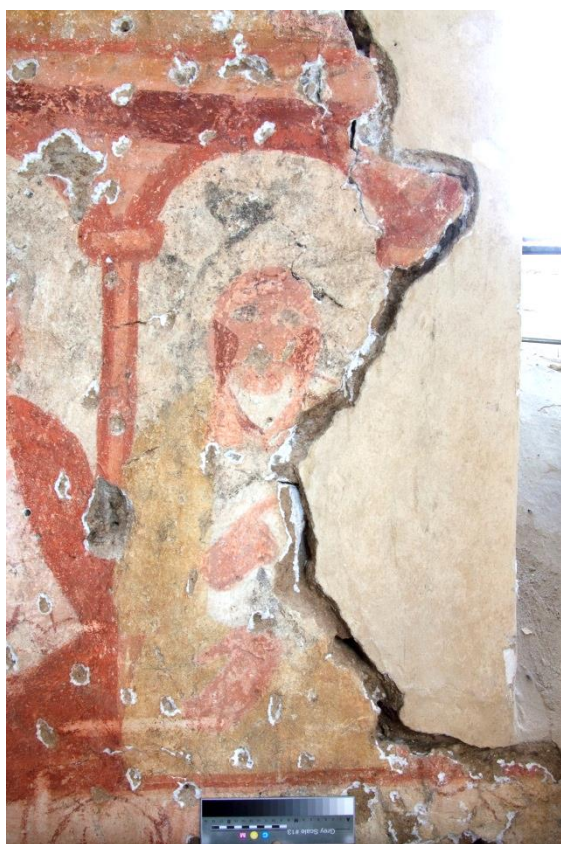
**Obr. 22.** Obličej prostřední polofigury – po tmelení, retuších a restaurování.



**Obr. 23.** Pravá polofigura – před restaurováním.



**Obr. 24.** Pravá polofigura – po čištění a povrchové konsolidaci.



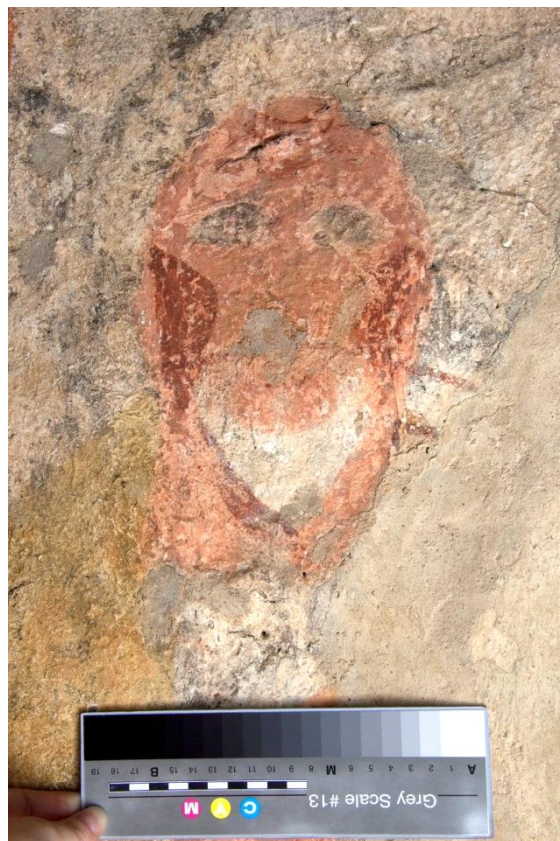
**Obr. 25.** Pravá polofigura – po odstranění nepůvodních vrstev a konsolidaci.



**Obr. 26.** Pravá polofigura – po tmelení, retuších a restaurování.



**Obr. 27.** Obličej pravé polofigury – před restaurováním.



**Obr. 28.** Obličej pravé polofigury – po čištění a povrchové konsolidaci.



**Obr. 29.** Obličej pravé polofigury – po odstranění nepůvodních vrstev a konsolidaci.



**Obr. 30.** Obličej pravé polofigury – po tmelení, retuších a restaurování.



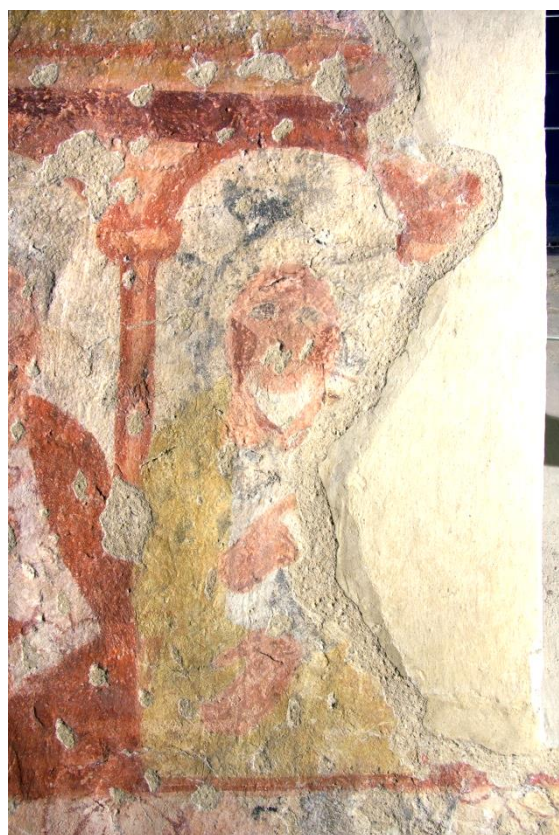
**Obr. 31.** Levá polofigura v ultrafialové luminiscenci – před restaurováním.



**Obr. 32.** Levá polofigura v ultrafialové luminiscenci – po čištění.



**Obr. 33.** Pravá polofigura v razantním bočním nasvícení – před restaurováním.



**Obr. 34.** Pravá polofigura v bočním nasvícení – po tmelení, retuších a restaurování.



**Obr. 35.** Detail arkády s novodobým tmelem – před restaurováním.



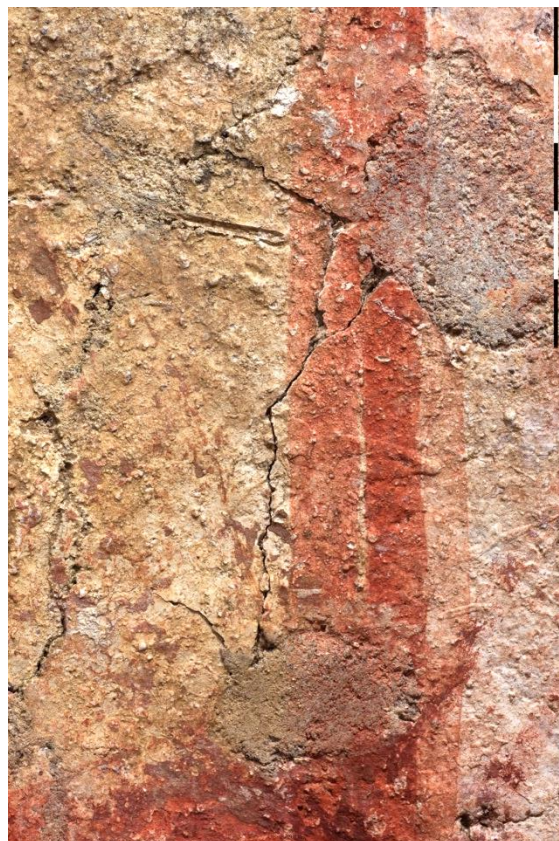
**Obr. 36.** Detail arkády – po odstranění nepůvodních vrstev a konsolidaci.



**Obr. 37.** Detail arkády – před restaurováním – po tmelení, retuších a restaurování.



**Obr. 38.** Detail – před restaurováním. \*



**Obr. 39.** Detail – po čištění a povrchové konsolidaci. \*



**Obr. 40.** Detail – po odstranění nepůvodních vrstev a konsolidaci. \*



**Obr. 41.** Detail – po tmelení, retuších a restaurování. \*





**Obr. 42.** Detail sond pod středověkou malbu z r. 2010 v partiích polofigur – před restaurováním.



**Obr. 43.** Detail sond pod středověkou malbu z r. 2010 v partiích polofigur – po retuších a restaurování.

**Fragment figury se štětcovou kresbou**



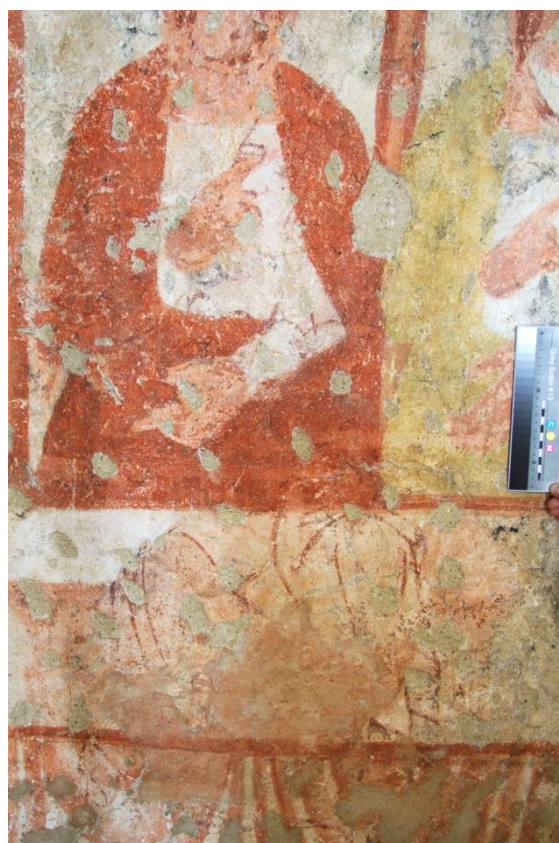
**Obr. 44.** Fragment štětcové kresby figury – před restaurováním.



**Obr. 45.** Fragment štětcové kresby figury – po čištění a povrchové konsolidaci.



**Obr. 46.** Fragment figury se štětcovou kresbou – po odstranění nepůvodních vrstev a konsolidaci.



**Obr. 47.** Fragment figury se štětcovou kresbou – po tmelení, retuších a restaurování.



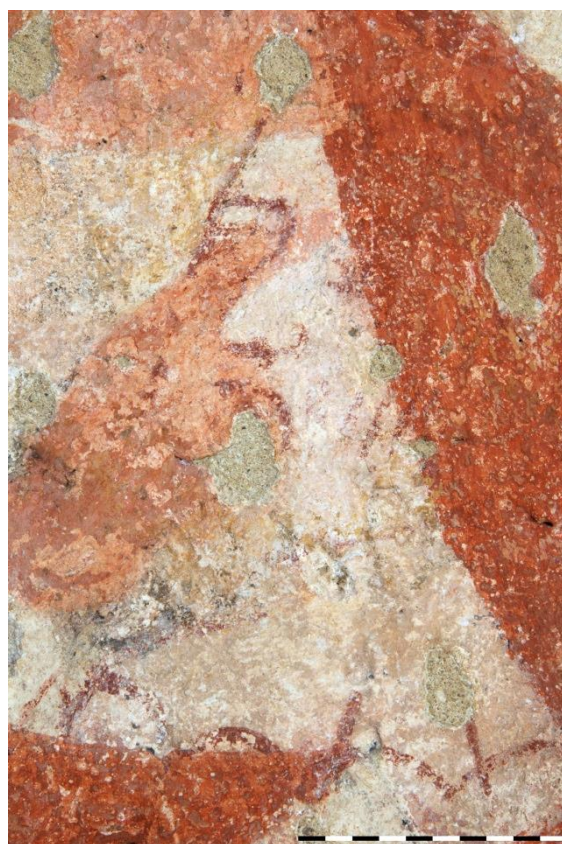
**Obr. 48.** Fragment obličeje figury se štětcovou kresbou – před restaurováním.



**Obr. 49.** Fragment obličeje figury se štětcovou kresbou – po čištění a povrchové konsolidaci.



**Obr. 50.** Fragment obličeje figury se štětcovou kresbou – po odstranění nepůvodních vrstev a konsolidaci.



**Obr. 51.** Fragment obličeje figury se štětcovou kresbou – po tmelení, retuších a restaurování.



**Obr. 52.** Fragment figury se štětcovou kresbou v ultrafialové luminiscenci – před restaurováním.



**Obr. 53.** Fragment figury se štětcovou kresbou v ultrafialové luminiscenci – po čištění a povrchové konsolidaci.

**Dolní pás maleb se stolem se splývavou drapérií**



**Obr. 54.** Stůl se splývavou draperií – před restaurováním.



**Obr. 55.** Stůl se splývavou draperií. Partie stolu jsou ve stavu po odstranění nepůvodních vrstev a konsolidaci. Splývavá draperie stolu je ve stavu po preventivní konsolidaci havarijních míst.



**Obr. 56.** Stůl se splývavou draperií. Partie stolu jsou ve stavu po tmelení, retuších a restaurování. Splývavá draperie stolu je ve stavu po preventivní konsolidaci havarijních míst a retuších.

**Horní pás maleb se sv. biskupem, donátorem a sv. Dorotou**



**Obr. 57.** Sv. biskup – před restaurováním.



**Obr. 58.** Sv. biskup – po čištění a povrchové konsolidaci.



**Obr. 59.** Sv. biskup – po odstranění nepůvodních vrstev a konsolidaci.



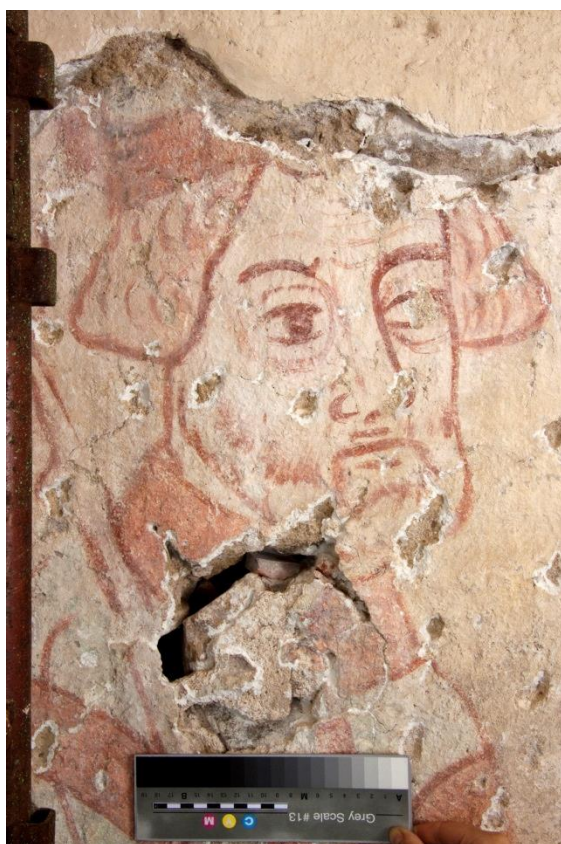
**Obr. 60.** Sv. biskup – po tmelení, retuších a restaurování.



**Obr. 61.** Obličej sv. biskupa – před restaurováním.



**Obr. 62.** Obličej sv. biskupa – po čištění a povrchové konsolidaci.



**Obr. 63.** Obličej sv. biskupa – po odstranění nepůvodních vrstev a konsolidaci.



**Obr. 64.** Obličej sv. biskupa – po tmelení, retuších a restaurování.





**Obr. 65.** Sv. Dorota – před restaurováním.



**Obr. 66.** Sv. Dorota – po čištění a povrchové konsolidaci.



**Obr. 67.** Sv. Dorota – po odstranění nepůvodních vrstev a konsolidaci.



**Obr. 68.** Sv. Dorota – po tmelení, retuších a restaurování.



**Obr. 69.** Obličej sv. Doroty – před restaurováním.



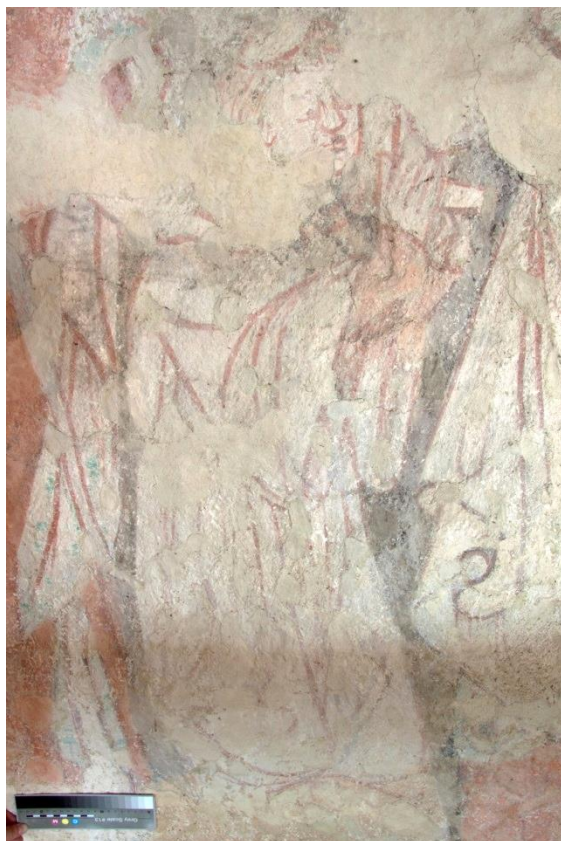
**Obr. 70.** Obličej sv. Doroty – po čištění a povrchové konsolidaci.



**Obr. 71.** Obličej sv. Doroty – po odstranění nepůvodních vrstev a konsolidaci.



**Obr. 72.** Obličej sv. Doroty – po tmelení, retuších a restaurování.



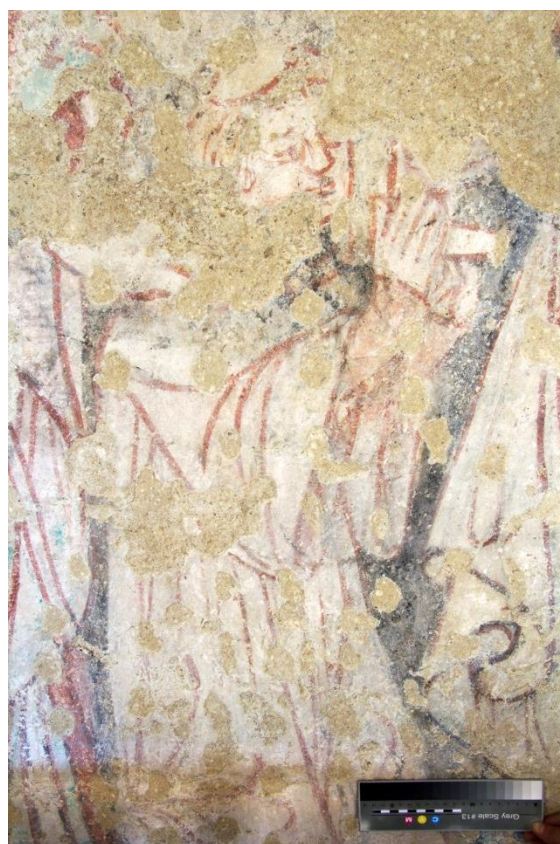
**Obr. 73.** Donátor mnich – před restaurováním.



**Obr. 74.** Donátor mnich – po čištění a povrchové konsolidaci.



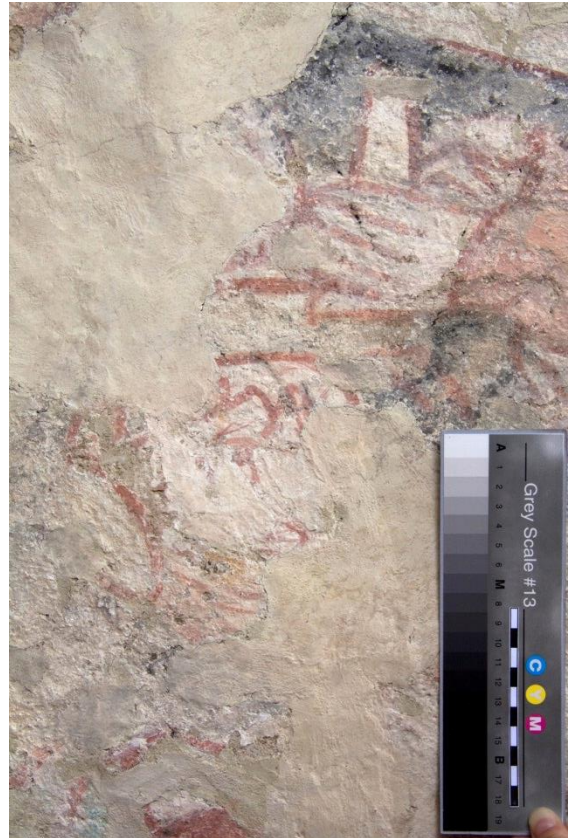
**Obr. 75.** Donátor mnich – po odstranění nepůvodních vrstev a konsolidaci.



**Obr. 76.** Donátor mnich – po tmelení, retuších a restaurování.



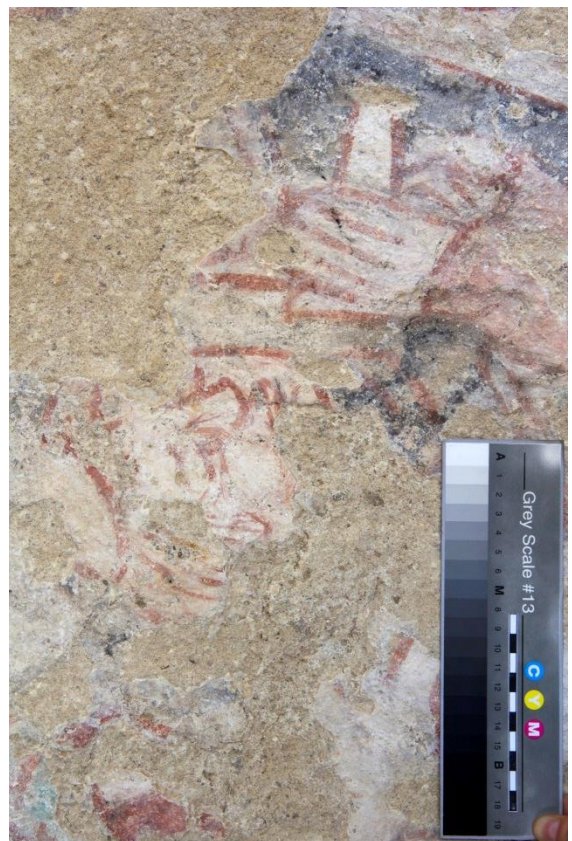
**Obr. 77.** Obličej donátora mnicha – před restaurováním. \*



**Obr. 78.** Obličej donátora mnicha – po čištění a povrchové konsolidaci. \*



**Obr. 79.** Obličej donátora mnicha – po odstranění nepůvodních vrstev a konsolidaci. \*



**Obr. 80.** Obličej donátora mnicha – po tmelení, retuších a restaurování. \*



**Obr. 81.** Sv. biskup v ultrafialové luminiscenci – před restaurováním.



**Obr. 82.** Sv. biskup v ultrafialové luminiscenci – po čištění a povrchové konsolidaci.



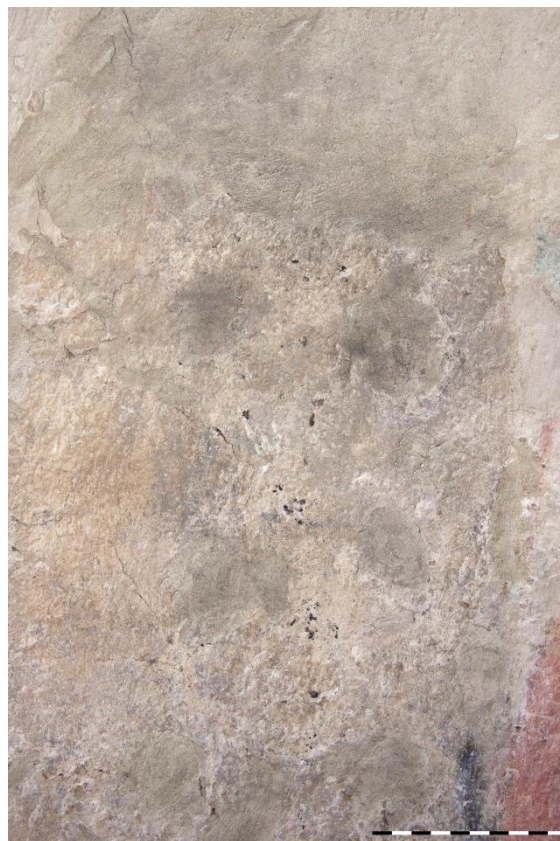
**Obr. 83.** Sv. Dorota v razantním bočním nasvícení – před restaurováním.



**Obr. 84.** Sv. Dorota v bočním nasvícení – po tmelení, retuších a restaurování.



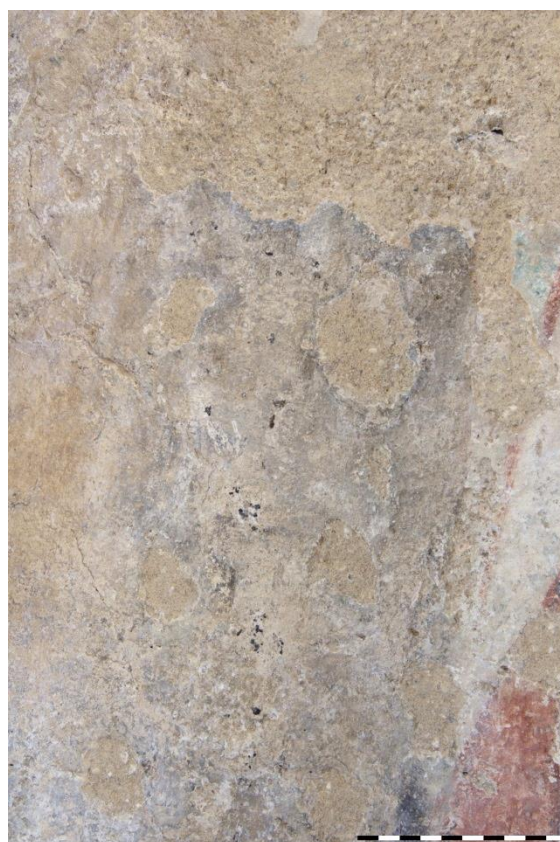
**Obr. 85.** Detail pláště sv. biskupa – před restaurováním.



**Obr. 86.** Detail pláště sv. biskupa – po čištění a povrchové konsolidaci.



**Obr. 87.** Detail pláště sv. biskupa – po odstranění nepůvodních vrstev a konsolidaci.



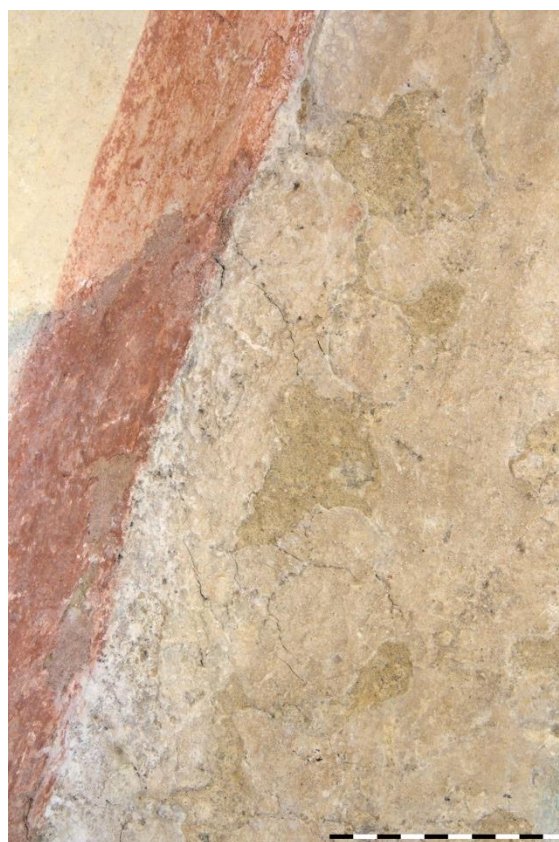
**Obr. 88.** Detail pláště sv. biskupa – po tmelení, retuších a restaurování.



**Obr. 89.** Detail pozadí za sv. biskupem – před restaurováním.



**Obr. 90.** Detail pozadí za sv. biskupem – po odstranění nepůvodních vrstev a konsolidaci.



**Obr. 91.** Detail pozadí za sv. biskupem – po tmelení, retuších a restaurování.



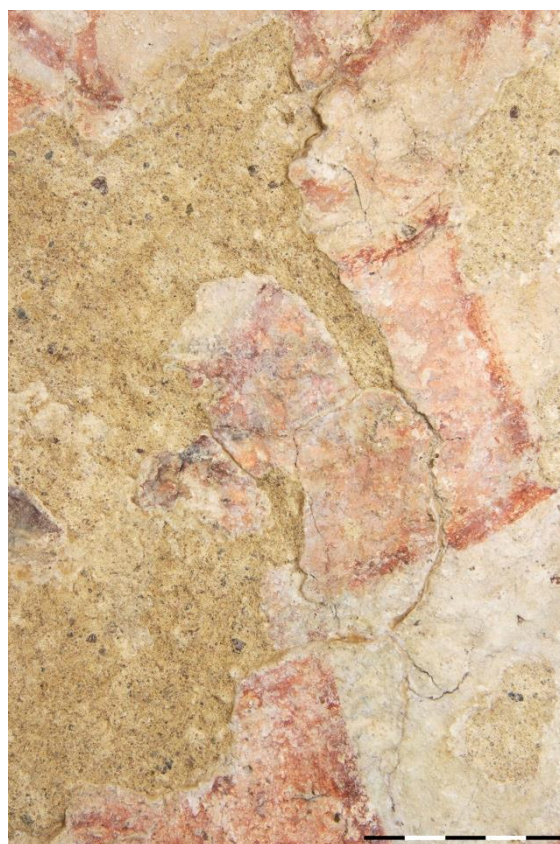
**Obr. 92.** Detail šatu sv. biskupa – před restaurováním.



**Obr. 93.** Detail šatu sv. biskupa – po čištění a povrchové konsolidaci.



**Obr. 94.** Detail šatu sv. biskupa – po odstranění nepůvodních vrstev a konsolidaci.



**Obr. 95.** Detail šatu sv. biskupa – po tmelení, retuších a restaurování.





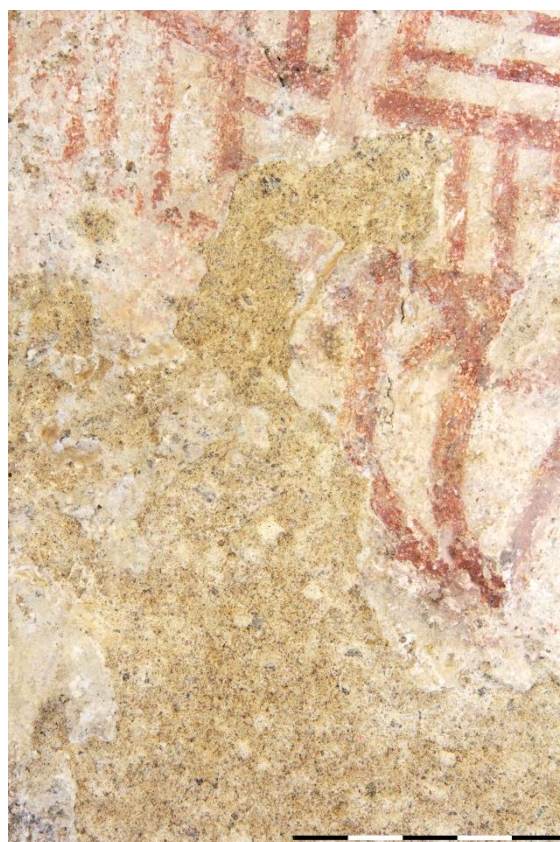
**Obr. 96.** Detail šatu sv. Doroty – před restaurováním.



**Obr. 97.** Detail šatu sv. Doroty – po čištění a povrchové konsolidaci.



**Obr. 98.** Detail šatu sv. Doroty – po odstranění nepůvodních vrstev a konsolidaci.

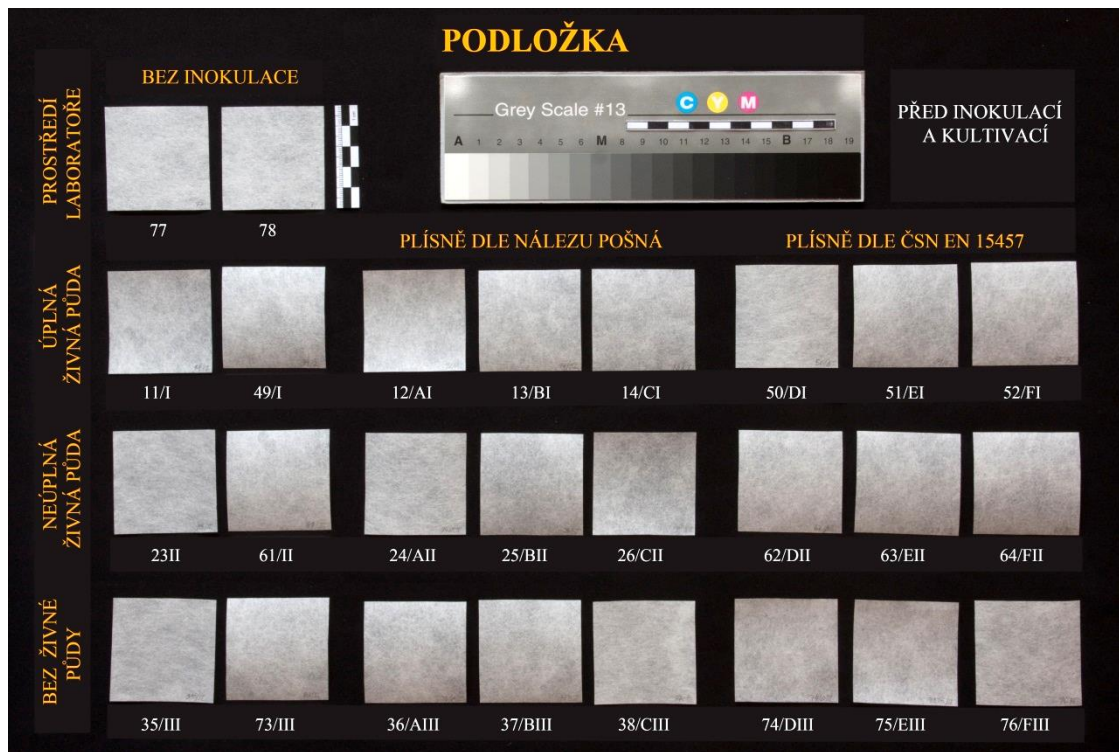


**Obr. 99.** Detail šatu sv. Doroty – po tmelení, retuších a restaurování.

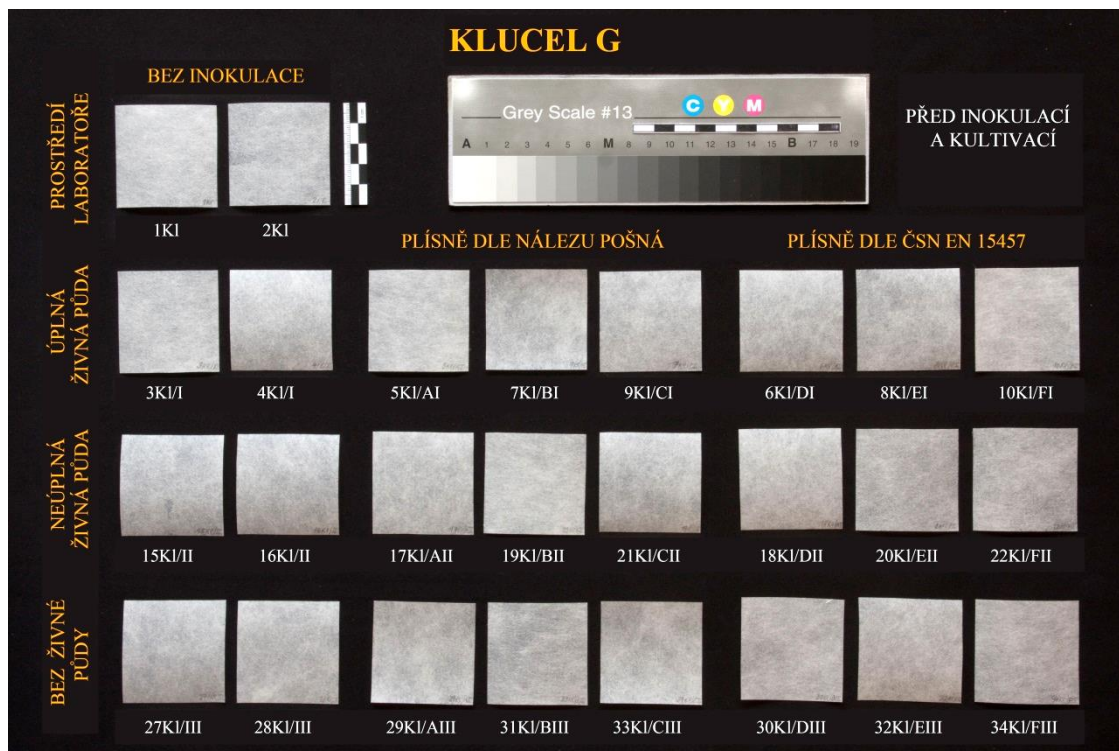
## 6.3 Obrazová příloha k teoretické části diplomové práce

### Srovnávací fotografie po kultivaci

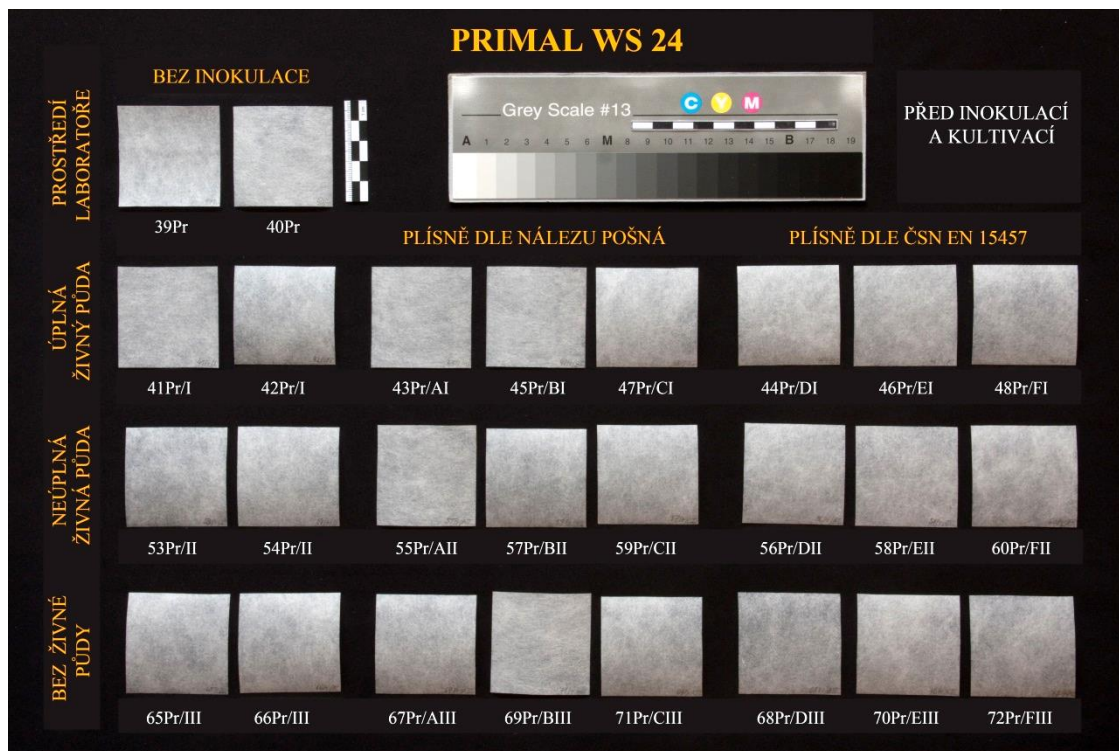
Před započítáním zkoušek



Obr. 100. Zkušební vzorky z podložky bez konsolidantu, před inokulací a kultivací.

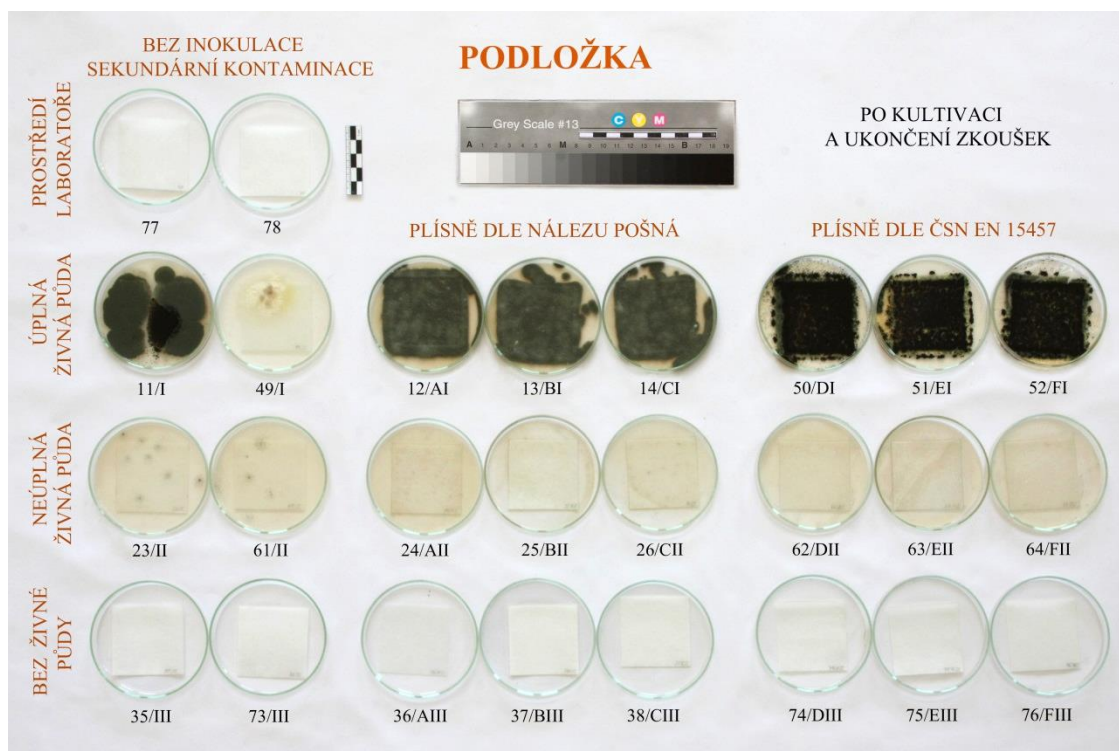


Obr. 101. Zkušební vzorky s filmem Klucelu G, před inokulací a kultivací.

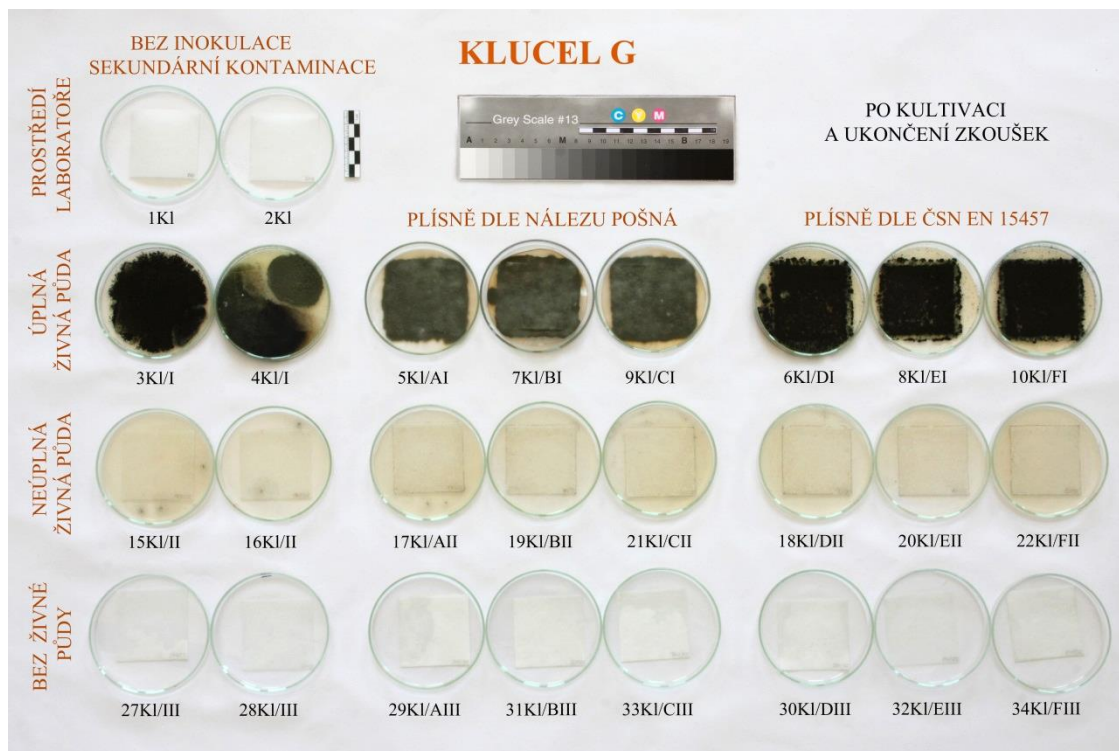


Obr. 102. Zkušební vzorky s filmem Primalu WS 24, před inokulací a kultivací.

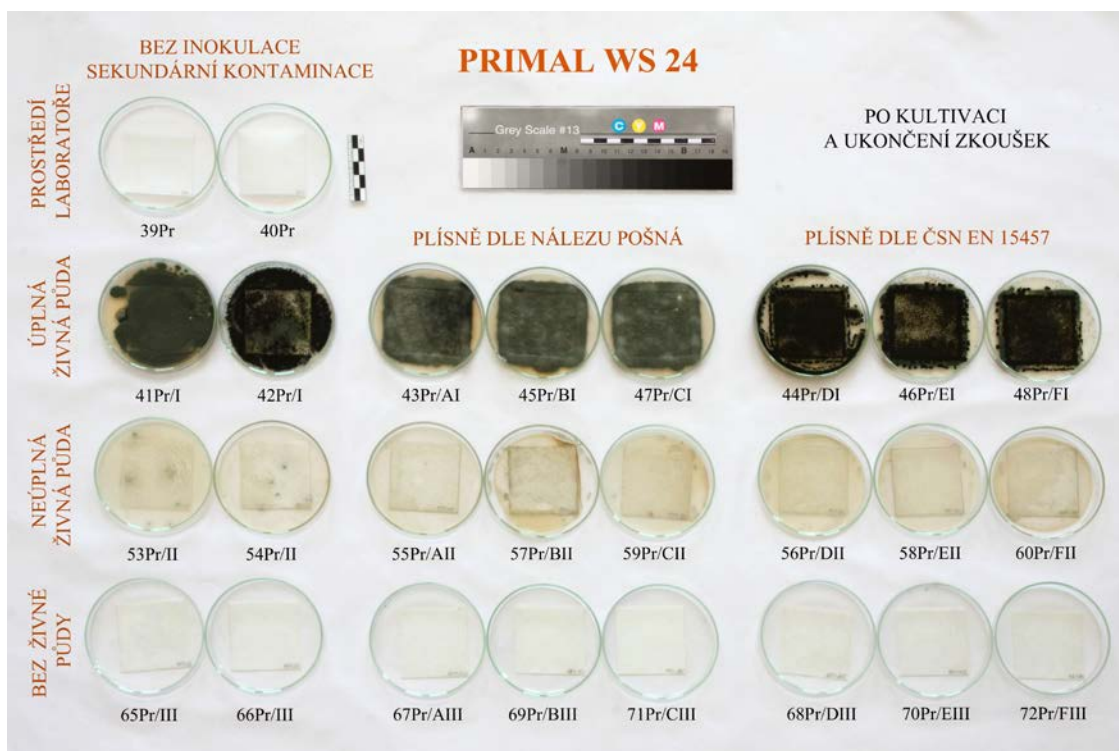
### Po ukončení zkoušek



Obr. 103. Zkušební vzorky z podložky bez konsolidantu, po kultivaci a ukončení zkoušek.



Obr. 104. Zkušební vzorky s filmem Klucelu G, po kultivaci a ukončení zkoušek.



Obr. 105. Zkušební vzorky s filmem Primalu WS 24, po kultivaci a ukončení zkoušek.

# 7 TEXTOVÁ PŘÍLOHA

## 7.1 Seznam textových příloh

<b>7.2 Textové přílohy praktické části diplomové práce.....</b>	<b>246</b>
<b>7.2.1 Výsledky, tabulky, grafy a metodika laboratorních průzkumů.....</b>	<b>246</b>
7.2.1.1 Stanovení obsahu vlhkosti omítek.....	246
7.2.1.2 Stanovení koncentrace vodorozpustných solí omítek.....	249
7.2.1.3 Průzkum mikrobiologického napadení středověkých vrstev.....	254
7.2.1.4 Rozbor středověkých a novodobých omítkových vrstev .....	255
7.2.1.5 Sítová analýza středověké omítky, rozbor pojiva a kameniva .....	258
7.2.1.6 Identifikace pojiv nátěrových a barevných vrstev .....	259
7.2.1.7 Identifikace pigmentů nátěrových a barevných vrstev .....	266
7.2.1.8 Stratigrafie vrstev nástěnné malby, analýzy barevných vrstev .....	271
<b>7.2.2 Zkoušky materiálů a technologií pro restaurování .....</b>	<b>287</b>
7.2.2.1 Celoplošné čištění malby a ztenčení nepůvodních retuší a přemaleb.....	287
7.2.2.2 Povrchová konsolidace spráškovatělé barevné vrstvy .....	296
7.2.2.3 Dočasná izolace barevné vrstvy .....	302
7.2.2.4 Strukturální konsolidace nesoudržných omítkových vrstev.....	302
7.2.2.5 Hloubková konsolidace uvolněných nátěrových a barevných vrstev .....	304
7.2.2.6 Tmelení defektů omítkových vrstev. ....	306
7.2.2.7 Retuše omítkových vrstev a nově provedených tmelů .....	307
<b>7.2.3 Použité materiály a technologie.....</b>	<b>308</b>
<b>7.3 Textové přílohy teoretické části diplomové práce .....</b>	<b>311</b>
<b>7.3.1 Výsledky, tabulky a grafy laboratorních zkoušek.....</b>	<b>311</b>
7.3.1.1 Měření pH .....	311
7.3.1.2 Stanovení hmotnostních změn – kultivace na úplné živné půdě .....	312
7.3.1.3 Stanovení hmotnostních změn – kultivace na neúplné živné půdě .....	314
7.3.1.4 Stanovení hmotnostních změn – kultivace bez živné půdy .....	316
<b>7.3.2 Použité materiály a technologie.....</b>	<b>318</b>

## 7.2 Textové přílohy praktické části diplomové práce

### 7.2.1 Výsledky, tabulky, grafy a metodika laboratorních průzkumů

#### 7.2.1.1 Stanovení obsahu vlhkosti omítek

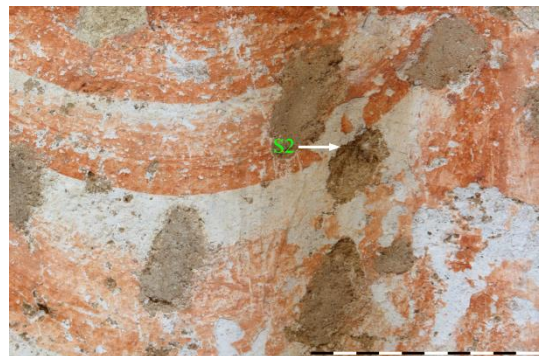
##### Metodika

Odebrané vzorky byly zváženy před a po vysušení a z hmotnostních hodnot byl vypočítán obsah vlhkosti. Relativní vzdušná vlhkost a teplota prostředí odběru byla in situ měřena kapacitním vlhkoměrem/teploměrem *Testo 635*.

##### Místa odběru vzorků



**Obr. 1.** Vz. S1 – středověká odkrytá omítka (výška odběru 213 cm).



**Obr. 2.** Vz. S2 – středověká odkrytá omítka (výška odběru 255 cm).



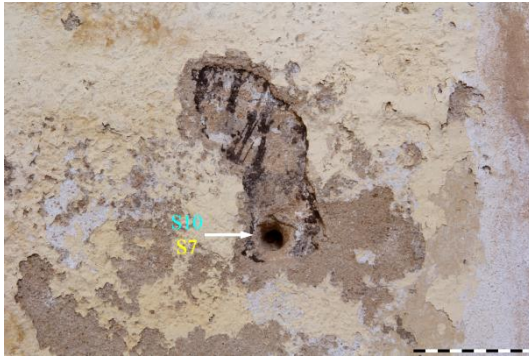
**Obr. 3.** Vz. S3 – středověká odkrytá omítka.

Vz. S6 – středověká překrytá omítka.

Vz. S9 – překryvná omítka,  
(výška odběru 68 cm).



**Obr. 4.** Vz. S4 – středověká odkrytá omítka (výška odběru 158 cm).



**Obr. 5.** Vz. S7 – středověká překrytá omítka.  
Vz. S10 – překryvná omítka,  
(výška odběru 158 cm).



**Obr. 6.** Vz. S5 – středověká odkrytá omítka (výška odběru 213 cm).



**Obr. 7.** Vz. S8 – středověká překrytá omítka.  
Vz. S11 – překryvná omítka,  
(výška odběru 213 cm).

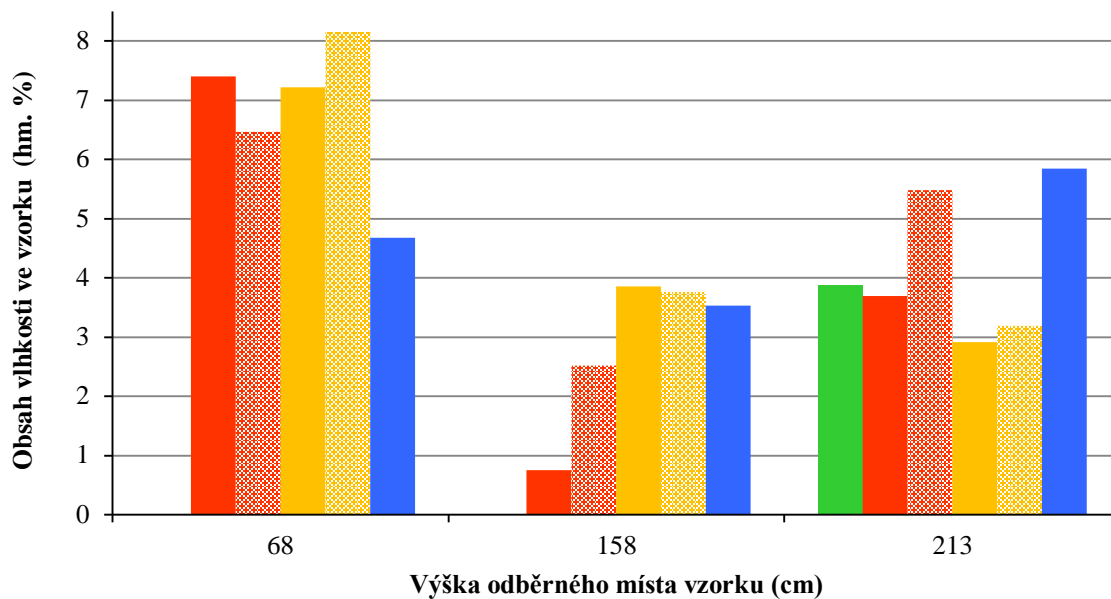
## Výsledky

Pro hodnocení byla použita klasifikační stupnice:

<b>Tab. I. Klasifikace vlhkosti zdiva podle české normy ČSN P 73 0610<sup>280</sup></b>	
<b>Hodnocení stupně zavlhčení</b>	<b>Obsah vody (hm. %)</b>
Nízký	< 5,0
Zvýšený	5,0–7,5
Vysoký	7,5–10,0
Velmi vysoký	> 10,0

<b>Tab. II. Stanovení obsahu vlhkosti ve vzorcích středověkých a novodobých omítek</b>						
<b>Vzorek</b>				<b>Laboratorní měření</b>	<b>Měření klimatických podmínek odběru vlhkoměrem/teploměrem</b>	
<b>Číslo</b>	<b>Lokace (cm)</b>			<b>Gravimetrické stanovení obsahu vlhkosti (hm.%)</b>	<b>Relativní vzdušná vlhkost (%)</b>	<b>Teplota prostředí (°C)</b>
	<b>Délka od levého rohu severní stěny</b>	<b>Výška od podlahy</b>	<b>Hloubka</b>			
<b>Středověká omítka z oblasti nad hranicí novodobé omítky</b>						
<b>S1</b>	58	213	0-1	3,88	80,3	4,9
<b>S2</b>	58	255	0-1	-	76,6	5,4
<b>Středověká omítka, odhalená v místech defektů a sond v novodobé překrývající omítce</b>						
<b>S3a</b>	123	68	0-1	7,40	78,0	5,2
<b>S3b</b>	123	68	3-4	6,46	92,2	5,1
<b>S4a</b>	245	158	0-1	0,75	77,4	5,2
<b>S4b</b>	245	158	3-4	2,51	90,5	5,0
<b>S5a</b>	215	213	0-1	3,69	77,9	5,1
<b>S5b</b>	215	213	3-4	5,48	83,6	5,3
<b>Středověká omítka překrytá novodobou omítkou</b>						
<b>S6a</b>	135	68	0-1	7,22	85,9	5,2
<b>S6b</b>	135	68	3-4	8,15	93,2	5,1
<b>S7a</b>	167	158	0-1	3,86	76,9	5,6
<b>S7b</b>	167	158	3-4	3,76	91,9	4,9
<b>S8a</b>	148	213	0-1	2,91	78,7	5,6
<b>S8b</b>	148	213	3-4	3,19	84,2	4,9
<b>Překryvná novodobá omítka s asfaltovým nátěrem</b>						
<b>S9</b>	135	68	0-1	4,68	79,4	5,3
<b>S10</b>	167	158	0-1	3,53	80,1	5,4
<b>S11</b>	148	213	0-1	5,84	77,6	6,5



**Graf I. Závislost obsahu vlhkosti ve vzorku na výšce a hloubce odběru**

- Středověká omítka z oblasti nad hranicí novodobé omítky  
- hloubka 0-1cm
- Středověká omítka, odhalená v místech defektů a sond v novodobé překryvající omítce  
- hloubka 0-1cm
- Středověká omítka, odhalená v místech defektů a sond v novodobé překryvající omítce  
- hloubka 3-4cm
- Středověká omítka překrytá novodobou omítkou  
- hloubka 0-1cm
- Středověká omítka překrytá novodobou omítkou  
- hloubka 3-4cm
- Překryvná novodobá omítka s asfaltovým nátěrem  
- hloubka 0-1cm

### 7.2.1.2 Stanovení koncentrace vodorozpustných solí omítek

#### Metodika

Vzorky omítek byly vysušeny, zváženy, vyluhovány ve vodě a filtrovány. Vodní extrakty byly připraveny se speciálními činidly pro analýzy jednotlivých anionů vodorozpustných solí – síranů, dusičnanů a chloridů. Následně bylo provedeno stanovení obsahu anionů vodorozpustných solí z vodního extraktu VIS spektrometrem *Beckmann-Coulter DU©720*. Relativní vzdušná vlhkost a teplota prostředí odběru byla in situ měřena kapacitním vlhkoměrem/teploměrem *Testo 635*.

## Výsledky

Pro hodnocení stupně zasolení byly použity tři klasifikační stupnice:

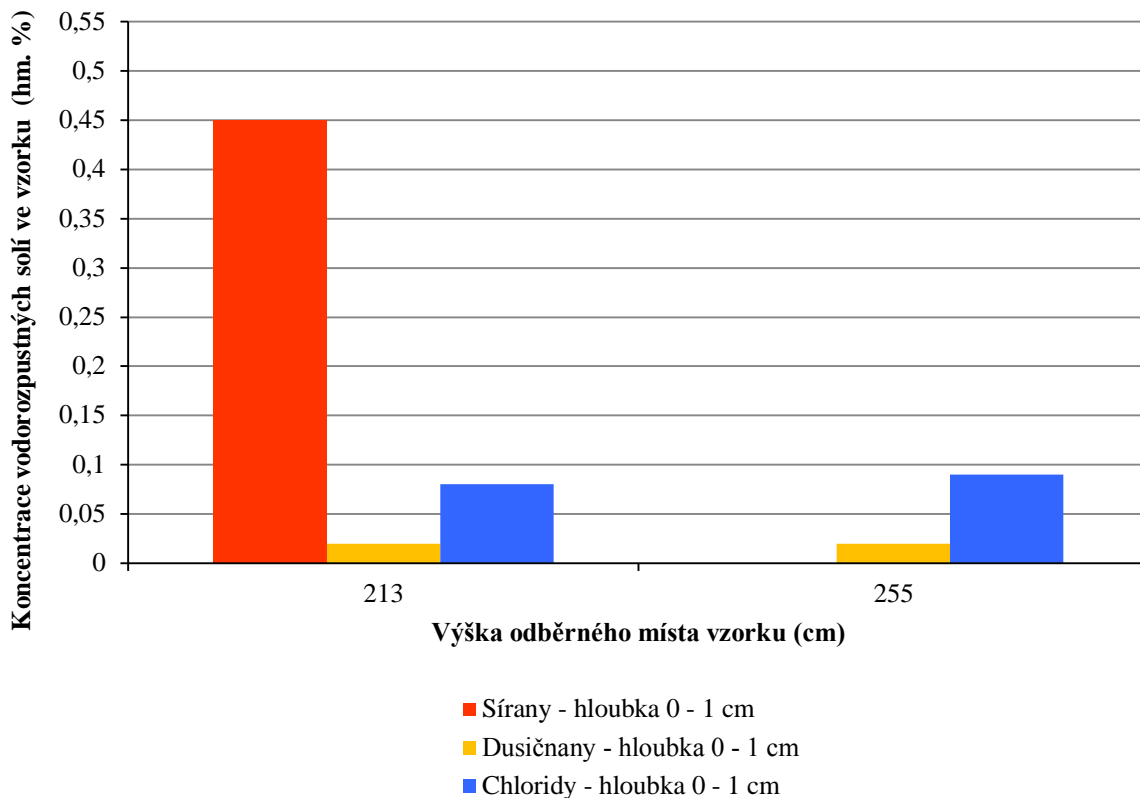
<b>Tab. III. Klasifikace salinity zdiva podle české normy ČSN P 73 0610 <sup>281</sup></b>			
Hodnocení stupně zasolení	Sírany (hm. %)	Dusičnany (hm. %)	Chloridy (hm. %)
Nízký	< 0,5	< 0,1	< 0,075
Zvýšený	0,5–2,0	0,1–0,25	0,075–0,2
Vysoký	2,0–5,0	0,25–0,5	0,2–0,5
Velmi vysoký	> 5,0	> 0,5	> 0,5

<b>Tab. IV. Klasifikace salinity podle rakouské normy Önorm B 3355-1 <sup>282</sup></b>			
Hodnocení stupně zasolení	Sírany (hm. %)	Dusičnany (hm. %)	Chloridy (hm. %)
Nejsou nutná žádná opatření	< 0,10	< 0,05	< 0,03
Je nutné zvážit dílčí opatření	0,10–0,25	0,05–0,15	0,03–0,10
Opatření jsou nezbytná	> 0,25	> 0,15	> 0,10

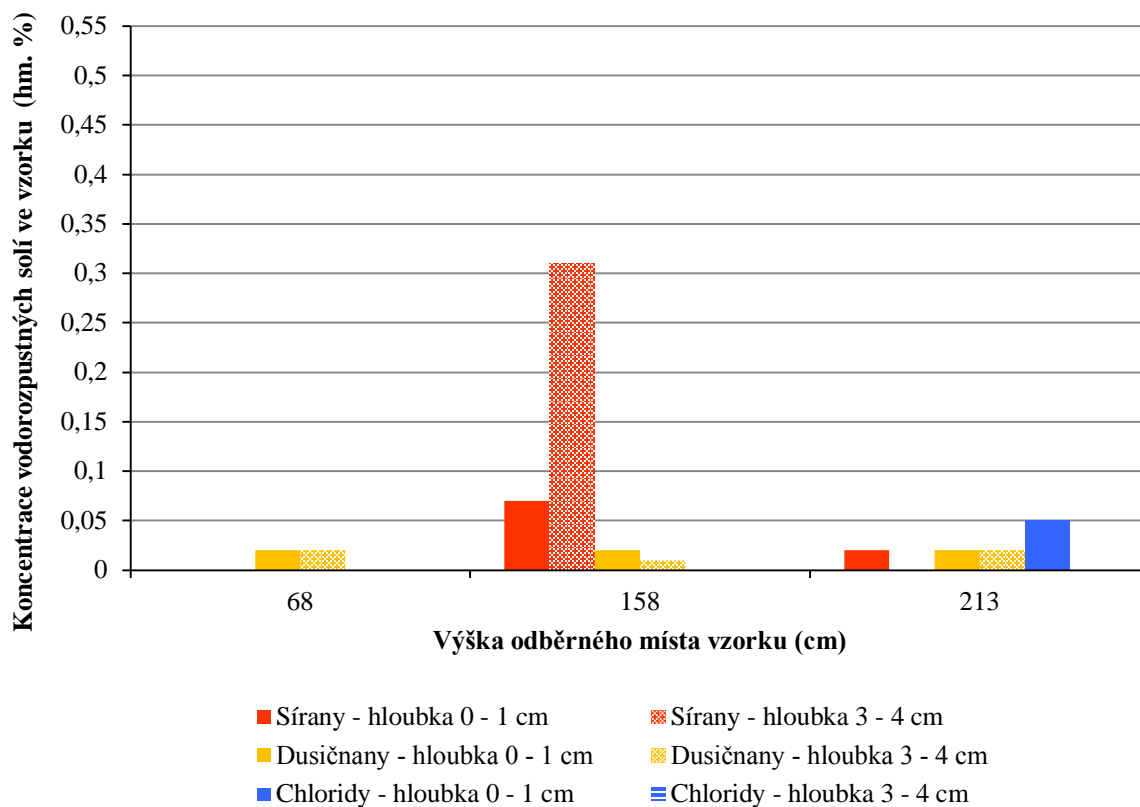
<b>Tab. V. Klasifikace salinity podle Dzieron, 1990 <sup>283</sup></b>		
Stupeň zasolení	Koncentrace solí (mmol/kg)	Vliv na materiál
I.	< 2,5	Jen stopy solí; poškození lze vyloučit
II.	2,5–8	Malé zatížení, při nepříznivých okolnostech může docházet k poškození
III.	8–25	Střední zatížení; při hygroskopických solích může docházet ke zvyšování zavlhčení zdiva; životnost omítek i povrchových úprav je zkrácená
IV.	25–80	Vysoké zatížení; životnost omítek i povrchových úprav je značně omezená; i přes účinná opatření proti vztlínající vlhkosti nedojde k úplnému vysušení zdiva
V.	> 80	Extrémní zavlhčení; vysoká míra hygroskopického zavlhčení; poškození vznikají v průběhu krátké doby

<b>Tab. VI. Stanovení koncentrace vodorozpuštěných solí ve vzorcích středověkých a novodobých omítek</b>									
<b>Vzorek</b>				<b>Sířany</b>		<b>Dusičnany</b>		<b>Chloridy</b>	
Číslo	Lokace (cm)			c (SO <sub>4</sub> ) <sup>2-</sup> (hm.%)	c (SO <sub>4</sub> ) <sup>2-</sup> (mmol/kg)	c (NO <sub>3</sub> ) <sup>-</sup> (hm.%)	c (NO <sub>3</sub> ) <sup>-</sup> (mmol/kg)	c Cl <sup>-</sup> (hm.%)	c Cl <sup>-</sup> (mmol/kg)
	Délka od L rohu	Výška	Hloubka						
<b>Středověká omítka z oblastí nad hranicí novodobé omítky</b>									
<b>S1</b>	58	<b>213</b>	<b>0-1</b>	<b>0,45</b>	<b>47</b>	0,02	4	<b>0,08</b>	<b>22</b>
<b>5</b>	58	<b>255</b>	<b>0-1</b>	0	0	0,02	3	<b>0,09</b>	<b>25</b>
<b>Středověká omítka, odhalená v místech defektů a sond v novodobé překrývající omítce</b>									
<b>S3a</b>	123	<b>68</b>	<b>0-1</b>	0	0	0,02	3	0	1
<b>S3b</b>	123	<b>68</b>	<b>3-4</b>	0	0	0,02	3	0	1
<b>S4a</b>	245	<b>158</b>	<b>0-1</b>	0,07	7	0,02	3	0	1
<b>S4b</b>	245	<b>158</b>	<b>3-4</b>	<b>0,31</b>	<b>32</b>	0,01	3	0	1
<b>S5a</b>	215	<b>213</b>	<b>0-1</b>	0,02	2	0,02	5	<b>0,05</b>	<b>14</b>
<b>S5b</b>	215	<b>213</b>	<b>3-4</b>	0	0	0,02	3	0,03	7
<b>Středověká omítka překrytá novodobou omítkou</b>									
<b>S6a</b>	135	<b>68</b>	<b>0-1</b>	0,02	2	0,01	3	0	1
<b>S6b</b>	135	<b>68</b>	<b>3-4</b>	0	0	0,01	2	0	1
<b>S7a</b>	167	<b>158</b>	<b>0-1</b>	<b>0,53</b>	<b>55</b>	0,03	5	0	1
<b>S7b</b>	167	<b>158</b>	<b>3-4</b>	0	0	0,01	2	0	1
<b>S8a</b>	148	<b>213</b>	<b>0-1</b>	0	0	<b>0,20</b>	<b>38</b>	<b>0,07</b>	<b>20</b>
<b>S8b</b>	148	<b>213</b>	<b>3-4</b>	0,03	3	<b>0,18</b>	<b>35</b>	<b>0,06</b>	<b>17</b>
<b>Překryvná novodobá omítka s asfaltovým nátěrem</b>									
<b>S9</b>	135	<b>68</b>	<b>0-1</b>	<b>0,55</b>	<b>58</b>	0,02	4	0	1
<b>S10</b>	167	<b>158</b>	<b>0-1</b>	0,04	4	0,02	4	0	4
<b>S11</b>	148	<b>213</b>	<b>0-1</b>	<b>0,13</b>	<b>13</b>	<b>0,20</b>	<b>39</b>	<b>0,15</b>	<b>42</b>

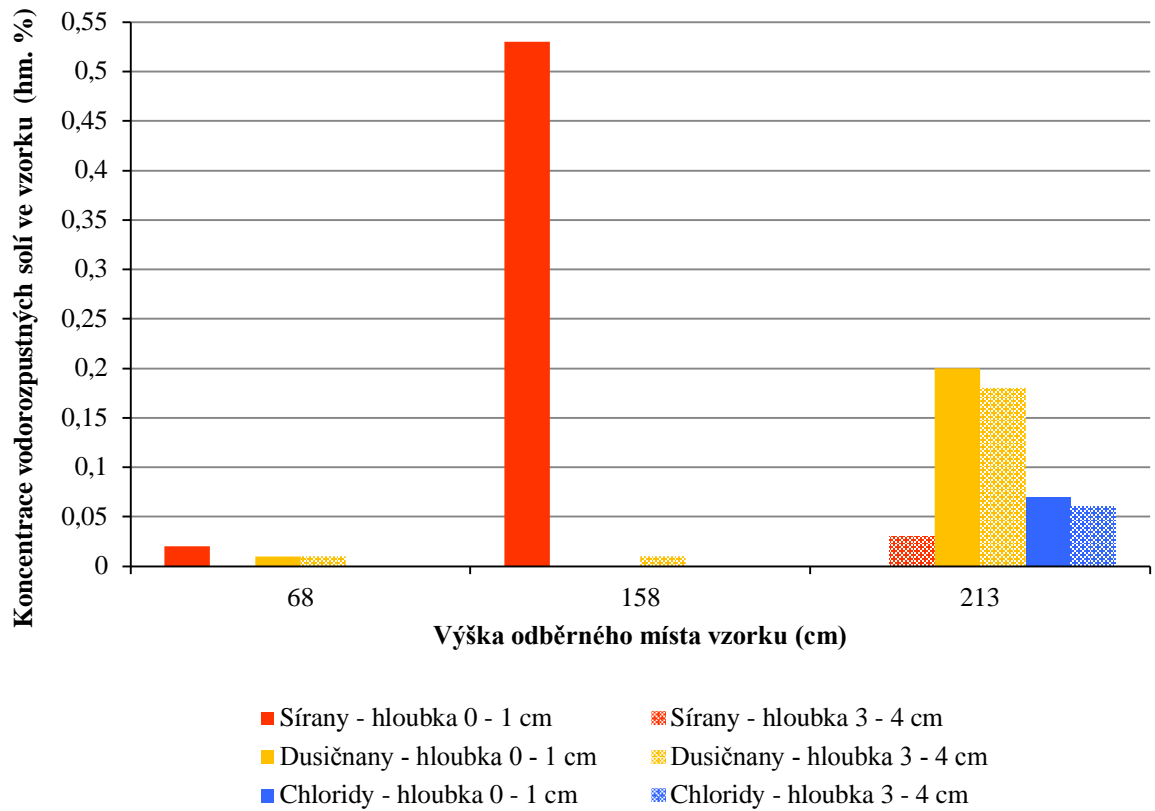
Graf II. Středověká omítka z oblasti nad hranicí novodobé omítky



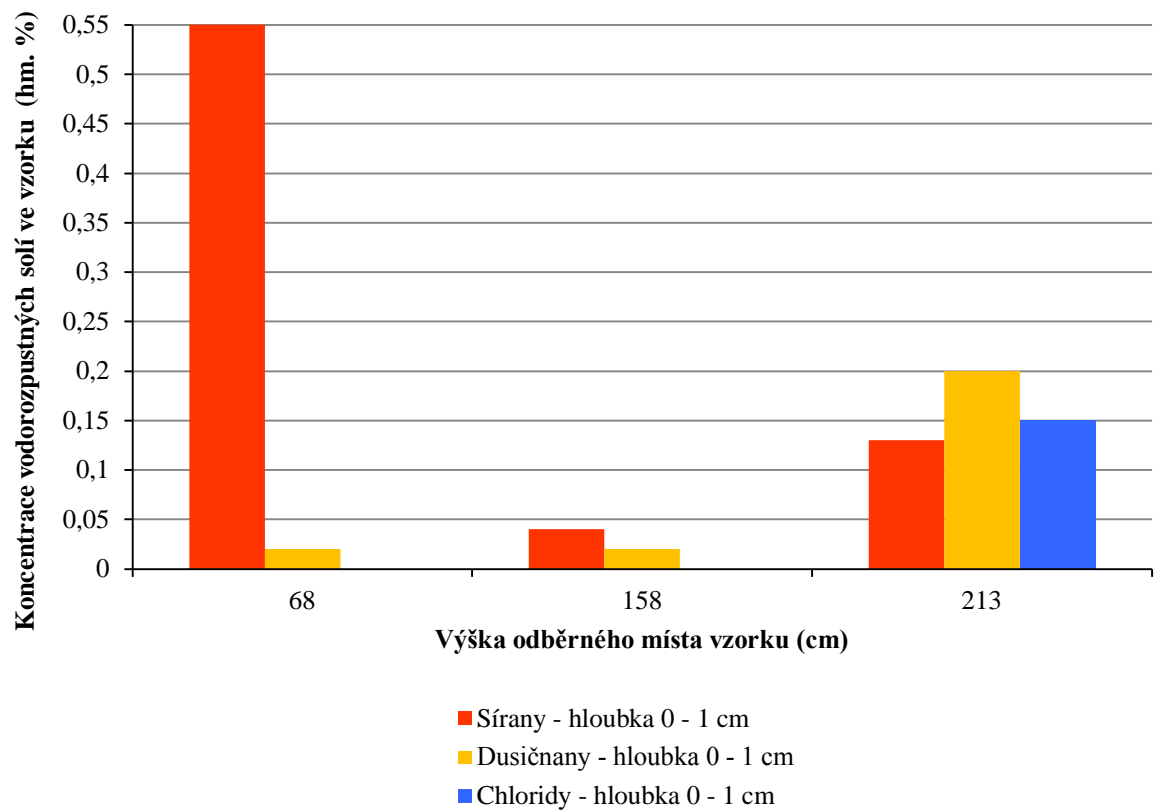
Graf III. Středověká omítka odhalená v místech defektů a sond v novodobé překrývající omítce



Graf IV. Středověká omítka překrytá novodobou omítkou



Graf V. Novodobá překrývající omítka s asfaltovým nátěrem

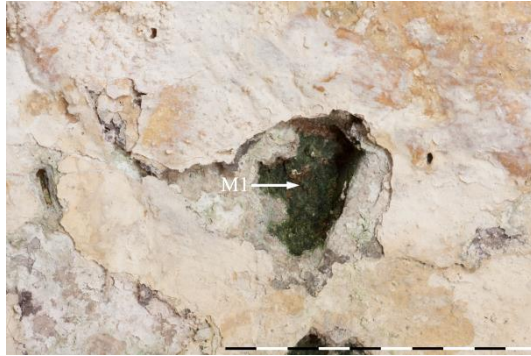


### 7.2.1.3 Průzkum mikrobiologického napadení středověkých vrstev

#### Metodika<sup>284</sup>

Vzorky omítek byly asepticky přeneseny na povrch sladinnového a Czapek-Doxova živného agaru, inkubovány při  $24 \pm 4$  °C po dobu 7 a 14 dní. Kultury plísní byly identifikovány podle typických fyziologických a morfologických znaků.

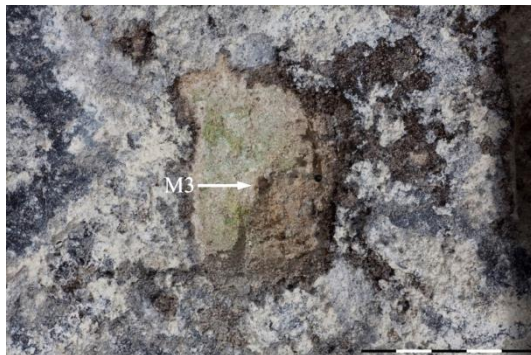
#### Místa odběru vzorků



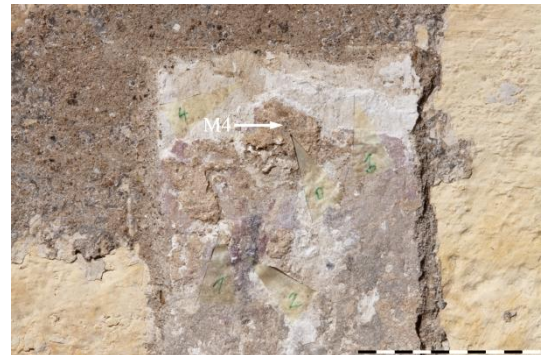
**Obr. 8.** Vz. M1 – středověká odkrytá omítka (výška odběru 39 cm).



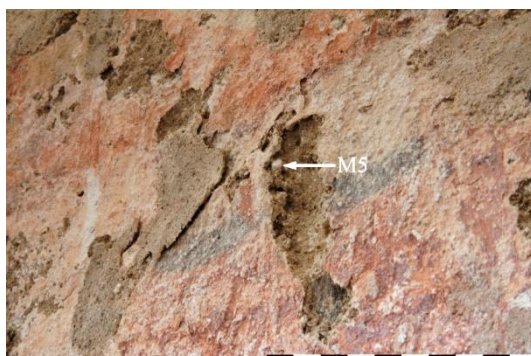
**Obr. 9.** Vz. M2 – středověká odkrytá omítka s váp. nátěry a bar. vrstvou (výška odběru 90 cm).



**Obr. 10.** Vz. M3 – středověká odkrytá omítka (výška odběru 159 cm).



**Obr. 11.** Vz. M4 – středověká odkrytá omítka (výška odběru 182 cm).



**Obr. 12.** Vz. M5 – středověká odkrytá omítka s váp. nátěry a bar. vrstvou (výška odběru 222 cm).



**Obr. 13.** Vz. M6 – středověká odkrytá omítka (výška odběru 255 cm).

## Výsledky

<b>Tab. VII. Výsledky mikrobiologických zkoušek na vzorcích středověké omítky (data převzata viz. Bacílková, 2011, 2012 <sup>285</sup>)</b>						
Vzorek				Obsah živých organismů		
Číslo	Lokace odběru (cm)		Popis vzorku	Živé zárodky plísní		Zelené řasy
	Výška	Délka od L rohu		8. 11. 2011	7. 8. 2012	
M1a, b	39	23	Středověká omítka	Nepočítatelné množství	26	Malé množství
M2a, b	90	50	Středověká omítka s vápennými nátěry a barevnou vrstvou	Nepočítatelné množství	11	Malé množství
M3a, b	159	244	Středověká omítka	18	12	Malé množství
M4a, b	182	114	Středověká omítka	2	3	0
M5a, b	222	88	Středověká omítka s vápennými nátěry a barevnou vrstvou	0	0	0
M6a, b	255	42	Středověká omítka	0	0	0

## 7.2.1.4 Rozbor středověkých a novodobých omítkových vrstev

## Metodika průzkumu

Základní důkazová reakce minerálních pojiv a materiálů s kyselinou chlorovodíkovou <sup>286</sup>

Na vzorky byla kápnuta 10% kyselina chlorovodíková. V přítomnosti uhličitánů (vápna, vápence) dochází k intenzivnímu vývoji plynného oxidu uhličitého, projevujícímu se šuměním a pěněním. V přítomnosti silikátů (cementu, hydraulických pojiv) probíhá reakce pomaleji. V přítomnosti sádry a sádrovce k reakci nedochází.

Mikroskopické vyšetření povrchů, nábrusů omítek <sup>287</sup>

Pro studium omítek pod stereomikroskopem byly dané vzorky o velikosti několika milimetrů zality do samopolymerující metakrylátové pryskyřice *Spořakryl*. Po úplném vytvrzení byly preparáty za mokra na rotační brusce vybroušeny (kolmo k nejbližšímu povrchu zalitého vzorku omítky) Taktó vytvořené nábrusy omítek byly pozorovány pod polarizačním mikroskopem *Olympus BX60* v režimu dopadajícího světla. Fotografie nábrusů omítek byly pořízeny fotoaparátem *Olympus E-520* při vhodném zvětšení.

Rentgenová difrakční analýza (XRD) <sup>288</sup>

Analýza kvalitativního a semikvantitativního složení pojiva a kameniva ve vzorku omítky byla provedena při pokojové teplotě na  $\theta$ - $\theta$  práškovém difraktometru *X'Pert PRO* v Bragg-Brentanově parafokující geometrii s použitím vlnové délky  $\text{CuK}_\alpha$  záření ( $\lambda = 1.5406 \text{ \AA}$ ,  $U = 40 \text{ kV}$ ,  $I = 30 \text{ mA}$ ). Data byla neskenována pomocí detektoru *X'Celerator* v úhlovém rozsahu  $4\text{--}80^\circ$  ( $2\theta$ ) s krokem měření  $0,017^\circ$  ( $2\theta$ ) a časem čtení 20,32 s. Vyhodnocení naměřených dat bylo provedeno programem *HighScore Plus*. Analyzovány byly jemné frakce rozetřeného vzorku, cca 100 mg.

**Výsledky průzkumu**Základní důkazové reakce minerálních pojiv a materiálů s kyselinou chlorovodíkovou

<b>Tab. VIII. Výsledky základní důkazové reakce minerálních pojiv a materiálů omítek</b>				
<b>Vzorek</b>				<b>Výsledek důkazové reakce</b>
Číslo	Lokace odběru (cm)		Popis vzorku	
	Výška	Délka od L rohu		
<b>V25b</b>	533	100	Středověká omítka	Nejsilnější reakce
<b>V26</b>	191	156	Novodobá omítka na asfaltovém nátěru, z 19.–pol. 20. stol.	Střední reakce
<b>V27</b>	533	100	Omítka z tmelu peku z r. 1956.	Střední až nejslabší reakce
<b>V28</b>	600	38	Novodobá omítka nad nástěnnou malbou	Nejslabší reakce

Mikroskopické vyšetření povrchů, nábrusů omítek, rentgenová difrakční analýza (XRD)**Vz. V25b – středověká omítka (výška odběru 533 cm)**

<b>Tab. IX. XRD analýza středověké omítky (tab. převzata viz. Cibulková, 2012 <sup>289</sup>)</b>					
Ref. Code	Score	Compound Name	Mineral Name	Chemical Formula	Semi Quant [%]
01-078-4614	52	Calcium Carbonate	Calcite, syn	$\text{Ca}(\text{CO}_3)$	50
00-046-1045	46	Silicon Oxide	Quartz, syn	$\text{SiO}_2$	35
01-074-0990	24	Calcium Magnesium Silicate	Akermanite	$\text{Ca}_2\text{MgSi}_2\text{O}_7$	5
00-007-0042	17	Potassium Aluminum Silicate Hydroxide	Muscovite-3T	$(\text{K, Na})(\text{Al, Mg, Fe})_2(\text{Si}_{3,1}\text{Al}_{0,9})\text{O}_{10}(\text{OH})_2$	5
00-041-1480	5	Sodium Calcium Aluminum Silicate	Albite, calcian, ordered	$(\text{Na, Ca})\text{Al}(\text{Si, Al})_3\text{O}_8$	náznak
01-071-4809	22	Titanium Oxide	Rutile, syn	$\text{TiO}_2$	5
04-011-0527	Unmatched Strong	Potassium Sodium Aluminum Silicate	Microcline, sodian	$\text{K}_{0,91}\text{Na}_{0,09}\text{AlSi}_3\text{O}_8$	náznak

Fáze, které mají skóre shody  $< 25$ , nejsou identifikovány spolehlivě.



**Vz. V26 – novodobá překryvná omítka z přízemních partií, pravděpodobně z 19.–pol. 20. stol.**  
(výška odběru 191 cm)

**Tab. X. XRD analýza novodobé překryvné omítky na asfaltovém nátěru, pravděpodobně z 19.–pol. 20. stol. (tab. převzata viz. Cibulková, 2012<sup>290</sup>)**

Ref. Code	Score	Compound Name	Mineral Name	Chemical Formula	Semi Quant [%]
00-046-1045	58	Silicon Oxide	Quartz, syn	SiO <sub>2</sub>	49
01-078-4614	54	Calcium Carbonate	Calcite, syn	Ca(CO <sub>3</sub> )	7
00-041-1480	16	Sodium Calcium Aluminum Silicate	Albite, calcian, ordered	(Na, Ca)Al(Si, Al) <sub>3</sub> O <sub>8</sub>	8
01-075-1593	21	Aluminum Silicate Hydroxide	Kaolinite 1A	Al <sub>2</sub> Si <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (OH) <sub>4</sub>	6
04-011-0527	29	Potassium Sodium Aluminum Silicate	Microcline, sodian	K <sub>0.91</sub> Na <sub>0.09</sub> AlSi <sub>3</sub> O <sub>8</sub>	9
01-076-0843	30	Sodium Calcium Aluminum Silicate Hydrate	Faujasite-Na, syn	(Na <sub>2</sub> Ca) <sub>0.075</sub> (Al <sub>0.3</sub> Si <sub>0.7</sub> )O <sub>2</sub> (H <sub>2</sub> O) <sub>0.22</sub>	4
01-074-4144	19	Aluminum Silicate	Mullite, syn	Al <sub>4.52</sub> Si <sub>1.48</sub> O <sub>9.74</sub>	10
00-007-0042	26	Potassium Aluminum Silicate Hydroxide	Muscovite-3T	(K, Na)(Al, Mg, Fe) <sub>2</sub> (Si <sub>3.1</sub> Al <sub>0.9</sub> )O <sub>10</sub> (OH) <sub>2</sub>	6

Fáze, které mají skóre shody < 25, nejsou identifikovány spolehlivě.

**Vz. V27 – omítka z tmelu peku z r. 1956** (výška odběru 533 cm)

**Tab. XI. XRD analýza omítky z tmelu peku z 1956. (tab. převzata viz. Cibulková, 2012<sup>291</sup>)**

	Score	Compound Name	Mineral Name	Chemical Formula	SemiQuant [%]
01-078-4614	59	Calcium Carbonate	Calcite, syn	Ca(CO <sub>3</sub> )	15
00-046-1045	52	Silicon Oxide	Quartz, syn	SiO <sub>2</sub>	42
04-009-1810	44	Calcium Sulfate Hydrate	Gypsum	Ca(SO <sub>4</sub> )(H <sub>2</sub> O) <sub>2</sub>	9
00-041-1480	21	Sodium Calcium Aluminum Silicate	Albite, calcian, ordered	(Na, Ca)Al(Si, Al) <sub>3</sub> O <sub>8</sub>	7
01-071-6449	26	Iron Titanium Oxide	Magnetite, titanian	Fe(Fe <sub>1.17</sub> Ti <sub>0.54</sub> )O <sub>4</sub>	1
01-075-1593	19	Aluminum Silicate Hydroxide	Kaolinite 1A	Al <sub>2</sub> Si <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (OH) <sub>4</sub>	9
04-011-0527	18	Potassium Sodium Aluminum Silicate	Microcline, sodian	K <sub>0.91</sub> Na <sub>0.09</sub> AlSi <sub>3</sub> O <sub>8</sub>	6
00-007-0042	22	Potassium Aluminum Silicate Hydroxide	Muscovite-3T	(K, Na)(Al, Mg, Fe) <sub>2</sub> (Si <sub>3.1</sub> Al <sub>0.9</sub> )O <sub>10</sub> (OH) <sub>2</sub>	10

Fáze, které mají skóre shody < 25, nejsou identifikovány spolehlivě.

**V28 – novodobá omítka z partií nad nástěnnou malbou** (výška odběru 600 cm)

### 7.2.1.5 Sítová analýza středověké omítky, rozbor pojiva a kameniva

Vz. V25a – středověká omítka (defekt v pohledu severní strany oblouku odběr: výška 183 cm)

#### Metodika průzkumu<sup>292</sup>

Vzorek omítky byl nejprve vysušen, částečně rozmělněn a zvážen. Následně byly uhličitanové složky omítky rozloženy 10% roztokem kyseliny chlorovodíkové pro určení poměru pojiva a kameniva omítek. Rozbor vychází z předpokladu, že kamenivo neobsahuje uhličitaný a rozpustnou část vzorku tvoří pouze uhličitanové pojivo malty. Dále bylo kamenivo po zvážení povareno s 10% roztokem Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> pro zjištění obsahu rozpustného SiO<sub>2</sub>. Nerozpustný zbytek (kamenivo) byl podroben sítové analýze pro určení granulometrie kameniva s použitím sít o průměru oka 0,063, 0,125, 0,25, 0,5, 1, 2, 4, 8 a 16 mm. k průzkumu typu pojiva a kameniva byl využit optický mikroskop *OPTIPHOT2-POL* (Nikon, Japan).

#### Výsledky průzkumu

**Tab. XII. Hmotnosti frakcí kameniva vzorku V25a** (tab. převzata viz. Lesniaková, 2012<sup>293</sup>)

velikost oka síta (mm)	záchyt (g)	propad kumulativně (g)	záchyt (hm %)	propad kumulativně (hm %)
<0,063	29,66	0,00	14,08	0,00
0,063	19,12	29,66	9,08	14,08
0,125	25,67	48,78	12,19	23,16
0,25	32,43	74,45	15,40	35,35
0,5	33,15	106,88	15,74	50,75
1	26,14	140,03	12,41	66,49
2	15,47	166,17	7,35	78,90
4	12,33	181,64	5,85	86,25
8	12,82	193,97	6,09	92,10
16	3,81	206,79	1,81	98,19
32	0,00	210,60	0,00	100,00
Σ	210,60		100,00	

### 7.2.1.6 Identifikace pojiv nátěrových a barevných vrstev

#### Metodika průzkumu

##### Mikrochemické důkazové reakce <sup>294</sup>

Pro zkoušky byla použita barevná vrstva vzorků ve formě prášku po jejím seškrábání nebo úlomků po uštípnutí skalpelem.

Postupy byly převzaty z literatury: <sup>295</sup>

**Důkaz přítomnosti proteinů (důkaz na pyrolové deriváty)** – při tepelném rozkladu bílkovin dochází k uvolňování pyrolových derivátů, které jsou prchavé a reagují s p-dimethylaminobenzaldehydem za vzniku Schiffových bází. V kyselém prostředí vzniká rudofialové zbarvení.

Vz. byl umístěn do zatavené kapiláry (mikrozkumavky) a do otevřeného konce kapiláry vložen klínek filtračního papíru s nasyceným roztokem p-dimethylaminobenzaldehydu. Po zahřátí spodního konce mikrozkumavky se vzorkem dochází v přítomnosti bílkovin ve vzorku k rudofialovému zbarvení špičky papíru.

**Důkaz přítomnosti polysacharidů** – při zahřívání polysacharidů se silnými minerálními kyselinami nebo kyselinou šťavelovou dochází k jejich hydrolyze a odštěpování monosacharidů. Dehydratací monosacharidů vzniká jako jeden z produktů furfural a jeho deriváty, které vytvářejí při reakci s anilinacetátem rudě zbarvené Schiffovy báze.

Vz. byl smíchán s kyselinou šťavelovou a směs zasunuta do skleněné kapiláry, která byla na konci zatavena. Do otevřeného konce kapiláry byl vložen klínek filtračního papíru nasycený 10% roztokem anilinacetátu (10% roztok anilinu v 10% kyselině octové). Po zahřátí spodního konce mikrozkumavky se vzorkem dochází v přítomnosti polysacharidů k zčervenání špičky filtračního papíru.

**Důkaz přítomnosti vysychavých olejů (test na alkalické zmýdelnění, pěnový test)** – při reakci olejů s čpavkem dochází ke vzniku amoniových mýdel vyšších mastných kyselin, po reakci s peroxidem vodíku dochází k uvolňování kyslíku z peroxidu a tvorbě stabilní pěny.

Vz. byl umístěn na podložní sklíčko, přidána kapka koncentrovaného čpavku a následně kapka 30% peroxidu vodíku. V přítomnosti olejů vzniká kolem vzorku kroužek stabilní pěny.

**Důkaz přítomnosti škrobů** – test přítomnosti škrobu Lugolovým roztokem. Při kontaktu roztoku se škrobem dojde k modrému zbarvení škrobových zrn.

##### Infračervená spektroskopie (FTIR) <sup>296</sup>

Vzorky byly prohlédnuty pod optickým mikroskopem a skalpelem byla odebrána část vzorku, která se následně nanesla v tenké vrstvě na leštěnou ocelovou podložku. Ke zjištění pojiv byla ještě provedena mikroextrakce vzorku toluenem s měřením IR spektra vzniklého filmu.

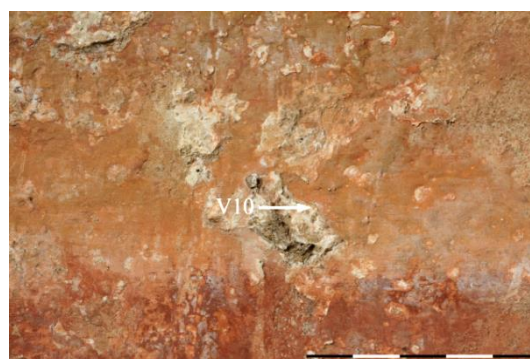
Analýza pojiv byla provedena na FTIR spektrometru *Nicolet 6700* ve spojení s mikroskopem Continuum, detektor MCT, dělič paprsku KBr, parametry měření: spektrální rozsah 4000–650 cm<sup>-1</sup>, rozlišení 8 cm<sup>-1</sup>, počet akumulací spekter 128, apodizace Happ-Genzel. Spektra byla zpracována programem Omnic 7.3 a identifikována s použitím knihovny spekter „Restaurátor“ (VŠCHT Praha).

## Místa odběru vzorků

### Nejstarší dochovaná nástěnná malba ve středním pásu maleb



**Obr. 14.** Vz. V9 – červená středověká barevná vrstva, nepřemalovaná, šat prostřední polofigury



**Obr. 15.** Vz. V10 – oranžová středověká barevná vrstva, přemalby neprokázány, arkáda.

### Pravděpodobně mladší dochovaná nástěnná malba v dolním pásu



**Obr. 16.** Vz. V2 – červená středověká barevná vrstva, přemalby neprokázány, draperie stolu.

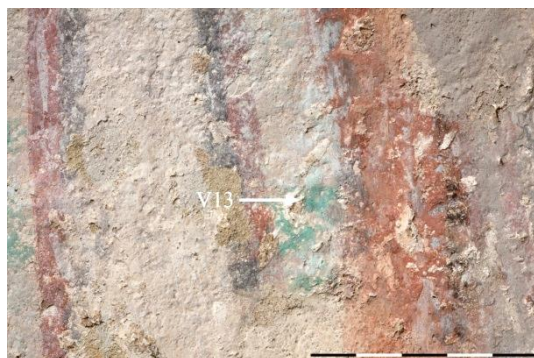


**Obr. 17.** Vz. V3 – červená středověká barevná vrstva, nepřemalovaná, draperie stolu.

### Fragment figury se štětcovou kresbou, náležící pravděpodobně k dolnímu pásu maleb



**Obr. 18.** Vz. V29 – červená středověká barevná vrstva, přemalby neprokázány, fragment figury se štětcovou kresbou.

Mladší dochovaná nástěnná malba v horním pásu maleb

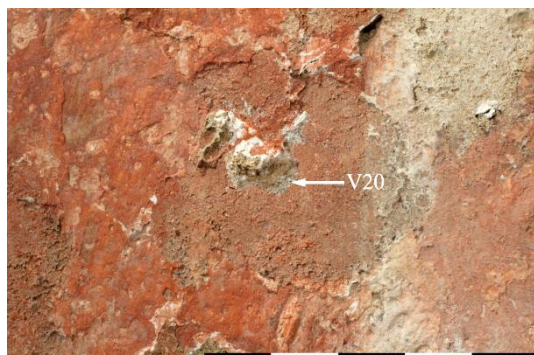
**Obr. 19.** Vz. V13 – Zelená středověká barevná vrstva, přemalby neprokázány, šat sv. biskupa.



**Obr. 20.** Vz. V16 – červená středověká barevná vrstva, přemalby neprokázány, korunka sv. Doroty.



**Obr. 21.** Vz. V18 – tmavě červená středověká barevná vrstva, přemalby neprokázány, šat donátora

Retuše na tmelech z r. 1956

**Obr. 22.** Vz. V20 – červená retuš tmelu z r. 1956., šat prostřední polofigury.



**Obr. 23.** Vz. V21 – růžová retuš tmelu z r. 1956, levá polofigura v arkádách.

Nátěry na novodobých omítkách z r. 1955–56

**Obr. 24.** Vz. V19 – červená retuš tmelu z r. 1956., draperie stolu.

## Výsledky mikrochemických důkazových reakcí

<b>Tab. XIII. Výsledky mikrochemických testů</b> (data převzata viz. Dytrychová, 2013 <sup>297</sup> )							
<b>Vzorek</b>				<b>Výsledky důkazových reakcí</b>			
Číslo	Popis	Lokace odběru (cm)		Důkaz proteinů	Důkaz polysacharidů	Důkaz olejů	Důkaz škrobů
		Výška	Délka od L rohu				
<b>Nejstarší dochovaná nástěnná malba ve středním pásu maleb</b>							
V9	Červená středověká barevná vrstva, nepřemalovaná, šat prostřední polofigury	325	89	–	–	–	–
V10	Oranžová středověká barevná vrstva, přemalby neprokázány, arkáda	392	60	–	–	–	–
<b>Pravděpodobně mladší dochovaná nástěnná malba v dolním pásu</b>							
V3	Červená středověká barevná vrstva, nepřemalovaná, draperie stolu	208	140	–	–	–	–
<b>Fragment figury se štětcovou kresbou, náležící pravděpodobně k dolnímu pásu maleb</b>							
V29	Červená středověká barevná vrstva, přemalby neprokázány, fragment figury se štětcovou kresbou	275	130	–	–	–	–
<b>Mladší dochovaná nástěnná malba v horním pásu maleb</b>							
V13	Zelená středověká barevná vrstva, přemalby neprokázány, šat sv. biskupa	432	81	–	–	–	–
V18	Tmavě červená středověká barevná vrstva, přemalby neprokázány, šat donátora	423	99	–	–	–	–
<b>Retuše na tmelech z r. 1956</b>							
V20	Červená retuš na tmelu z 2. pol. 20. stol., šat prostřední polofigury	325	89	–	–	–	–
<b>Nátěry na novodobých omítkách z r. 1955–56</b>							
V19	Červeno-černý novodobý nátěr z r. 1956, draperie stolu	209	156	–	–	–	–

Vzorek obsahuje velké množství ++, vzorek obsahuje malé množství +, vzorek neobsahuje –.

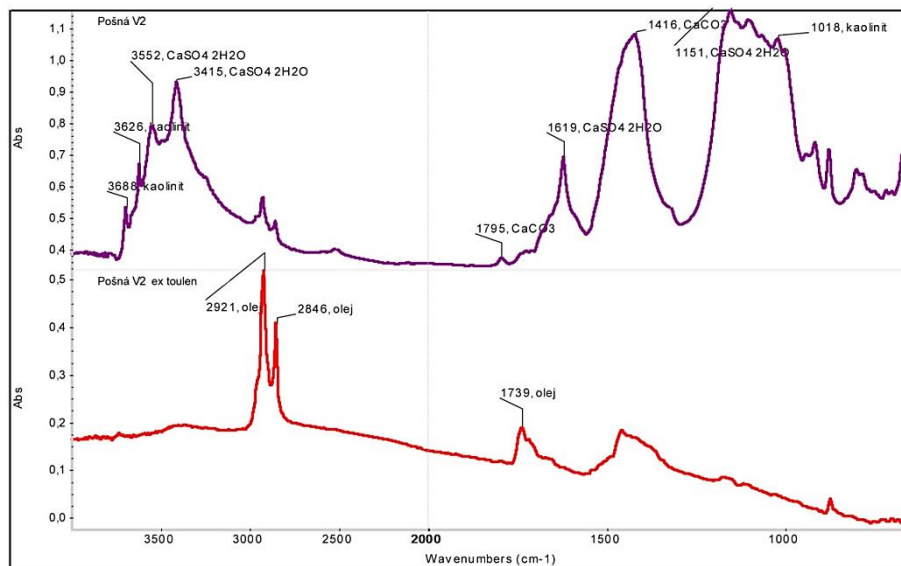
## Výsledky infračervené spektroskopie (FTIR)

### Nejstarší dochovaná nástěnná malba ve středním pásu maleb

#### **Vz. V10 – oranžová středověká barevná vrstva, přemalby neprokázány, arkáda**

(odběr: výška 392 cm, délka od L rohu 60 cm)

Oranžová barevná vrstva je tvořená pigmentem ve směsi s uhličitanem vápenatým a hlinitokřemičitanem kaolinitického typu, organická pojiva nebyla identifikována.<sup>298</sup>

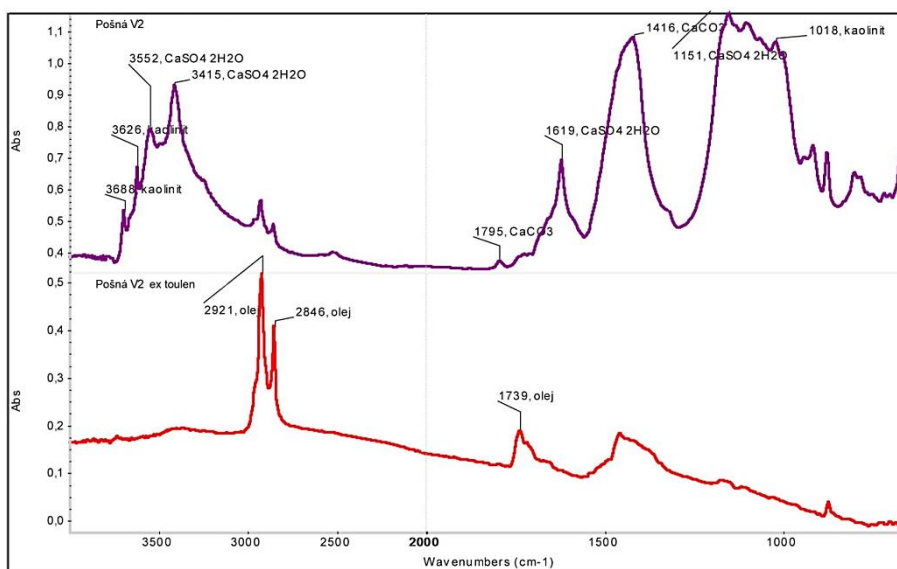


**Graf VI.** IR spektrum vz. V10 Oranžová středověká barevná vrstva, přemalby neprokázány. Spektrum převzato viz. Mišková, 2012.<sup>299</sup>

Pravděpodobně mladší dochovaná nástěnná malba v dolním pásu**Vz. V2 – červeno-černá středověká barevná vrstva, nepřemalovaná, draperie stolu**

(odběr: výška 224 cm, délka od L rohu 3 cm)

Podkladová vrstva pod červenou barevnou vrstvou je tvořena uhličitanem vápenatým ve směsi se sádrou a částmi dřeva. Ve vzorku byla identifikována přítomnost kaolinitické hlíny. Ve vzorku byl vyextrahován esterový vysychavý olej, jeho koncentrace je velice malá a v UV světle nemá vzorek charakteristickou fluorescenci.<sup>300</sup>

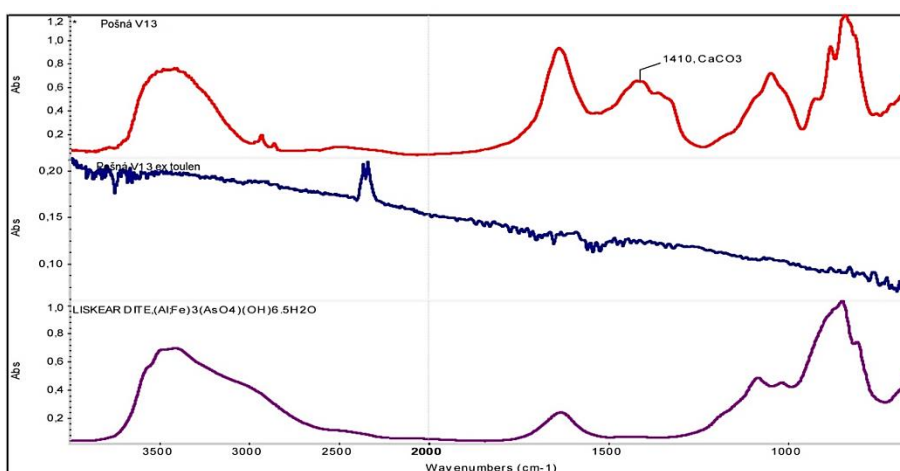


**Graf VII.** IR spektrum vz. V2 Červená středověká barevná vrstva, nepřemalovaná. Spektrum převzato viz. Mišková, 2012.<sup>301</sup>

Mladší dochovaná nástěnná malba v horním pásu maleb**Vz. V13 – zelená středověká barevná vrstva, pravděpodobně nepřemalovaná, šat sv. biskupa**

(odběr: výška 432 cm, délka od L rohu 81 cm)

Barevná vrstva je tvořena pigmentem s uhličitanem vápenatým.<sup>302</sup>



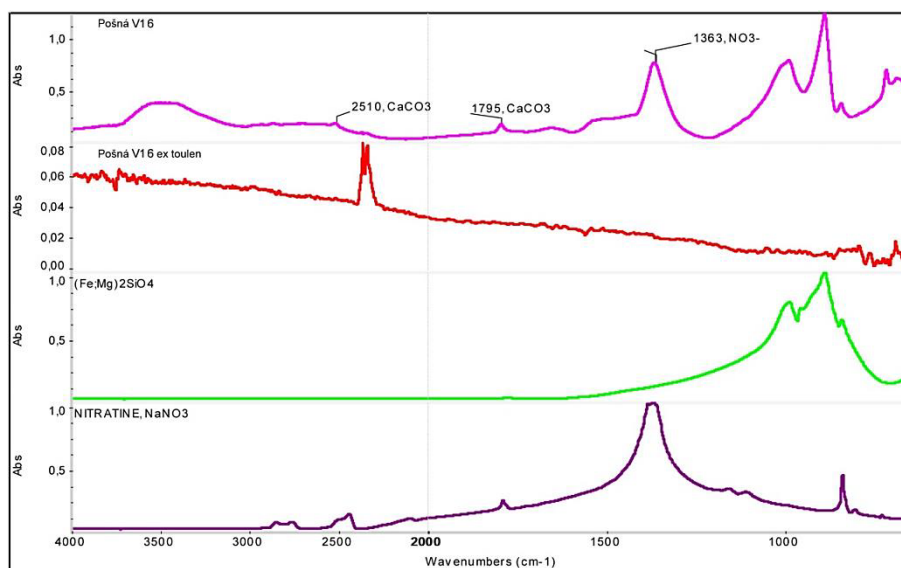
**Graf VIII.** IR spektrum vz. V13 Zeleno-modrá středověká barevná vrstva, pravděpodobně nepřemalovaná. Spektrum převzato viz. Mišková, 2012.<sup>303</sup>



**Vz. V16 Červená středověká barevná vrstva, přemalby neprokázány, korunka sv. Doroty**

(odběr: výška 591 cm, délka od L rohu 88 cm)

Pojivem barevné a podkladové vrstvy jsou uhlíčan vápenatý a křemičitany. Ve vzorku byla identifikována zvýšená koncentrace dusičnanů.<sup>304</sup>

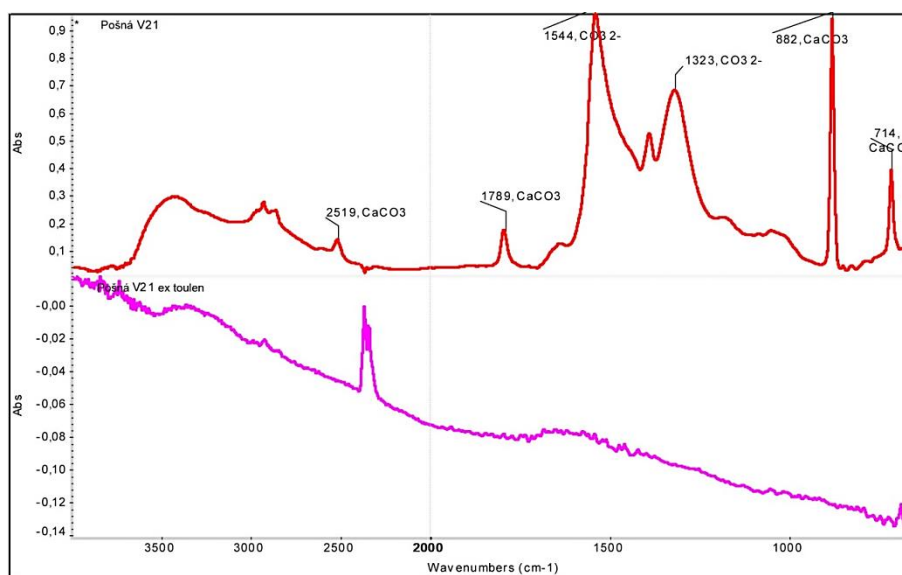


**Graf IX.** IR spektrum vz. V16 Červená středověká barevná vrstva, přemalby neprokázány. Spektrum převzato viz. Mišková, 2012.<sup>305</sup>

**Retuše na tmelech z r. 1956****Vz. V21 – růžová retuš tmelu z r. 1956, levá polofigura**

(odběr: výška 316 cm, délka od L rohu 43 cm)

Podkladová vrstva obsahuje dřevitý materiál (také ve spáleném stavu), spolu s uhlíčanem vápenatým a kaolinitickým hlinitokřemičitanem.<sup>306</sup>



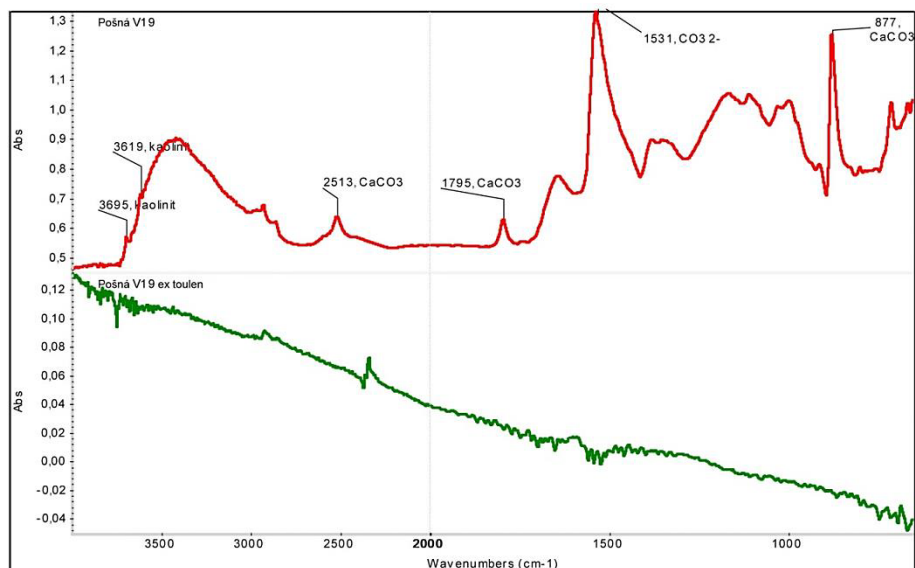
**Graf X.** IR spektrum vz. V21 Růžová retuš tmelu z r. 1956 Spektrum převzato viz. Mišková, 2012.<sup>307</sup>

Nátěry na novodobých omítkách z r. 1955–56

### Vz. V19 – červeno-černý novodobý nátěr z r. 1956, draperie stolu

(odběr: výška 209 cm, délka od L rohu 156 cm)

Ve vzorku je obsažen uhlíčan vápenatý a kaolinitická hlinka.<sup>308</sup>



Graf XI. IR spektrum vz. V19 Červeno-černý novodobý nátěr z r. 1956 Spektrum převzato viz. Mišková, 2012.<sup>309</sup>

## 7.2.1.7 Identifikace pigmentů nátěrových a barevných vrstev

### Metodika průzkumu

#### Mikroskopický průzkum barevné vrstvy<sup>310</sup>

Skalpelem bylo z barevné vrstvy odebráno několik zrněk pigmentu, které se důkladně rozetřely na podložním mikroskopickém skle s kapkou terpentýnové silice na tenkou vrstvu. Vrstva silice byla následně zahřátím odpařena a po jejím vychladnutí zalita glycerinem a překryta krycím sklíčkem. Takto vytvořené preparáty i samotný neupravovaný povrch barevné vrstvy na nosné omítce byly pozorovány pod polarizačním mikroskopem *Olympus BX60* v režimu lineárně polarizovaného světla a v režimu zkřížených nikolů. Fotografie barevné vrstvy a pigmentů byly pořízeny fotoaparátém *Olympus E-520* při vhodném zvětšení. Interpretace byla provedena za pomoci odborné literatury<sup>311</sup>.

#### Mikrochemické důkazové reakce<sup>312</sup>

Mikrochemické reakce většinou vedou ke vzniku charakteristických krystalů, barevné sraženiny nebo ke změně zbarvení roztoků. Mikrochemická identifikace může být prováděna na základě určení pigmentu podle krystalů sloučenin vzorku, resp. jejich tvarů, které vznikly v průběhu mikrokystalografických reakcí. Pokud se využívají kapkovací reakce, neznámý pigment lze určit podle nově vzniklé, odlišně charakteristicky zbarvené sloučeniny.

Reakce se provádějí na zrnkách pigmentů a jejich průběh se pozoruje pod stereomikroskopem nebo optickým mikroskopem. Provedeny byly 1) důkaz přítomnosti trojmocného železa ( $\text{Fe}^{3+}$ )

hexakynoželeznanem draselným ( $K_4[Fe(CN)_6]$ ) pro identifikaci červených a žlutých okrů, 2) důkaz uhlíku (C) převedením na kyanid ( $CN^-$ ) pro identifikaci uhlíkové černi, 3) důkaz mědi (Cu) hexakynoželeznanem draselným ( $K_4[Fe(CN)_6]$ ) pro identifikaci malachite, 4) důkaz vápníku tvorbou krystalů dihydrátu síranu vápenatého ( $CaSO_4 \cdot 2H_2O$ ) pro identifikaci uhličitanu vápenatého.

Postupy jsou převzaty z literatury: <sup>313</sup>

**Důkaz přítomnosti trojmocného železa ( $Fe^{3+}$ ) hexakynoželeznanem draselným ( $K_4[Fe(CN)_6]$ ), identifikace červených a žlutých okrů** – v neutrálním prostředí vzniká v přítomnosti ( $Fe^{3+}$ ) působením hexakynoželeznanu draselného ( $K_4[Fe(CN)_6]$ ) modrá sraženina berlínské modři ( $Fe_4[Fe(CN)_6]_3$ ).

**Důkaz uhlíku (C) převedením na kyanid ( $CN^-$ ), identifikace uhlíkové černi** – vzorek byl smíchán asi s 20-ti násobným množstvím azidu sodného ( $NaN_3$ ) a směs se opatrně zahřívala v mikrozkuhavce do roztavení. Za přítomnosti uhlíku vznikne ve zkuhavce kyanid ( $CN^-$ ). Po zchladnutí byla ke vzniklé sloučenině přidána kapka vody, kapka 0,1 M roztoku síranu železnatého ( $FeSO_4$ ) a po chvíli zředěná kyselina chlorovodíková (HCl) pro okyselení. V přítomnosti kyanidu vznikla modrá sraženina berlínské modři ( $Fe_4[Fe(CN)_6]_3$ ).

**Důkaz vápníku tvorbou krystalů dihydrátu síranu vápenatého ( $CaSO_4 \cdot 2H_2O$ ), identifikace uhličitanu vápenatého** – vzorek barevné vrstvy byl rozpuštěn ve zředěné kyselině chlorovodíkové (HCl) a odpařen do sucha. Následně byl zvlhčen destilovanou vodou a k tomuto roztoku se přidala zředěná kyselina sírová ( $H_2SO_4$ ). V přítomnosti vápenných kationtů ( $Ca^{2+}$ ) se po mírném zahřátí vytvořil paprskovitý shluk krystalů dihydrátu síranu vápenatého ( $CaSO_4 \cdot 2H_2O$ ) ve tvaru jehel.

Ramanova spektroskopie (RS) <sup>314</sup>

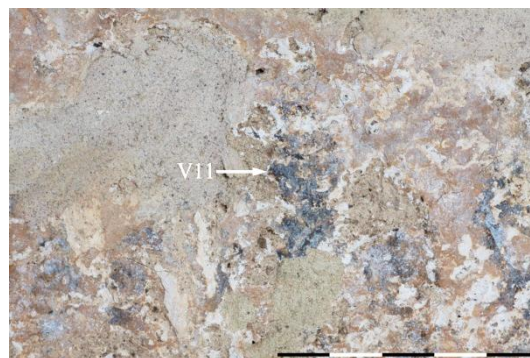
Analýza pigmentů pomocí Ramanovy spektrometrie byla provedena na DRX Ramanově mikroskopu *Nicolet (Thermo Fischer, USA)*, laser 523 nm, výkon 10mW, objektiv zvětšení 50 ×, čas a akumulace spekter 10 × 10s. Spektra byla zpracována programem *Omnisc 8* (Nicolet Instruments Co., USA) a identifikována s použitím knihovny spekter VŠCHT Praha.

## Místa odběru vzorků

### Vzorky středověkých barevných vrstev



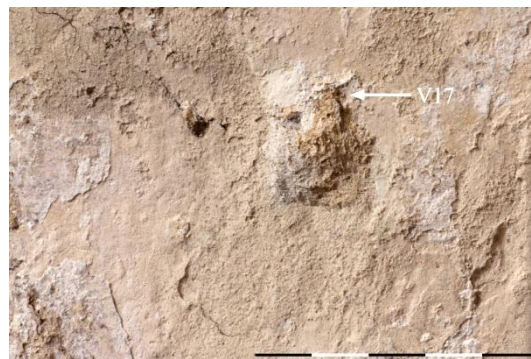
**Obr. 25.** Vz. V9 – červená středověká barevná vrstva, nepřemalovaná, šat prostřední polofigury.



**Obr. 26.** Vz. V11 – žluto-černá středověká barevná vrstva, nepřemalovaná, šat donátora.



**Obr. 27.** Vz. V13 – zelená středověká barevná vrstva, nepřemalovaná, šat sv. biskupa.

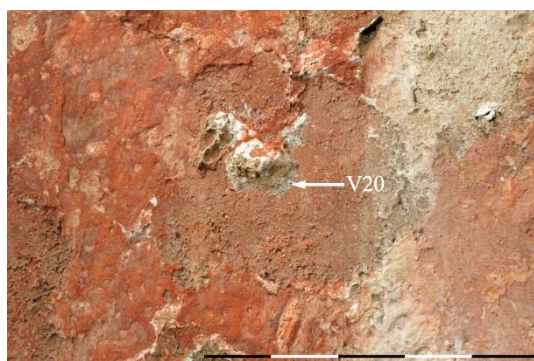


**Obr. 28.** Vz. V17 – bílá středověká barevná vrstva, nepřemalovaná, pozadí za sv. biskupem.

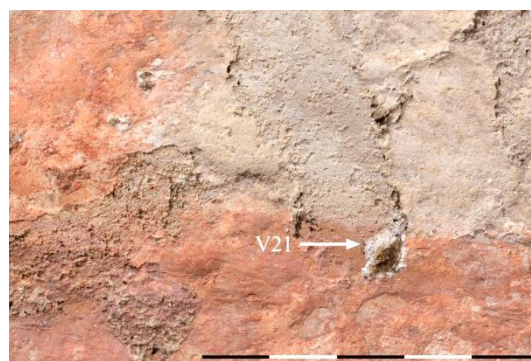


**Obr. 29.** V18 – tmavě červená středověká barevná vrstva, přemalby neprokázány, šat donátora.

Vzorky retuší tmelů z r. 1956



**Obr. 30.** Vz. V20 – červená retuš tmelu z r. 1956., šat prostřední polofigury.



**Obr. 31.** Vz. V21 – růžová retuš tmelu z r. 1956, levá polofigura v arkádách.



**Obr. 32.** Vz. V24 – bílá retuš na tmelu z r. 1956, pozadí za sv. biskupem.

## Výsledky mikroskopického průzkum barevné vrstvy, mikrochemických důkazových reakcí

### Vzorky středověkých barevných vrstev

#### **V9 – červená středověká barevná vrstva, nepřemalovaná, šat prostřední polofigury**

(odběr: výška 325 cm, délka od L rohu 89 cm)

Mikrochemickými reakcemi byla identifikována přítomnost trojmocného železa. V kombinaci s nálezy mikroskopického pozorování lze jako pigment stanovit červený okr, pravděpodobně by mohlo jít o hydratovanou formu goethit  $\text{FeO}(\text{OH})$ .<sup>315</sup>

#### **V11 – žluto-černá středověká barevná vrstva, nepřemalovaná, šat donátora**

(odběr: výška 414 cm, délka od L rohu 121 cm)

Ve žluté barevné vrstvě byla mikrochemickými reakcemi identifikována přítomnost trojmocného železa. V kombinaci s nálezy mikroskopického pozorování lze jako pigment stanovit žlutý okr nebo hlinku. V černé vrstvě byl mikrochemickými reakcemi identifikován uhlík a pravděpodobně se jedná o uhlíkovou čern. <sup>316</sup>

#### **V17 – bílá středověká barevná vrstva, nepřemalovaná, pozadí za sv. biskupem**

(odběr: výška 417 cm, délka od L rohu 6 cm)

V bílé barevné vrstvě byla mikrochemickými reakcemi identifikována přítomnost vápníku. Barevná vrstva je pravděpodobně tvořena na bázi uhličitanu vápenatého  $\text{CaCO}_3$ , ve vzorku barevné vrstvy nebyly stanoveny žádné další prvky. Při porovnání nábrusu této bílé vrstvy s vrstvami vápenných podkladů z jiných barevných vzorků se tato vrstva zdá být ještě plněna bílým pigmentem pro jasnější bílou barevnost, což by nasvědčovalo (na základě průkazu vápníku) o použití křídý. <sup>317</sup>

#### **V18 – středověká tmavě červená barevná vrstva, přemalby neprokázány, šat donátora**

(odběr: výška 423 cm, délka od L rohu 99 cm)

V červené barevné vrstvě byla mikrochemickými reakcemi identifikována přítomnost trojmocného železa. V kombinaci s nálezy mikroskopického pozorování lze jako pigment stanovit červený okr, přesněji nehydratovanou formu hematit  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ . <sup>318</sup>

### Vzorky retuší tmelů z r. 1956

#### **V24 – bílá retuš tmelu z r. 1956, pozadí za sv. biskupem**

(odběr: výška 417 cm, délka od L rohu 6 cm)

V bílé barevné vrstvě byla mikrochemickými reakcemi identifikována přítomnost vápníku. Barevná vrstva je pravděpodobně tvořena na bázi uhličitanu vápenatého  $\text{CaCO}_3$ . Podle nedostatečné kryvosti použitého pigmentu a výsledku mikrochemické reakce je možné pigment označit jako křídý. <sup>319</sup>

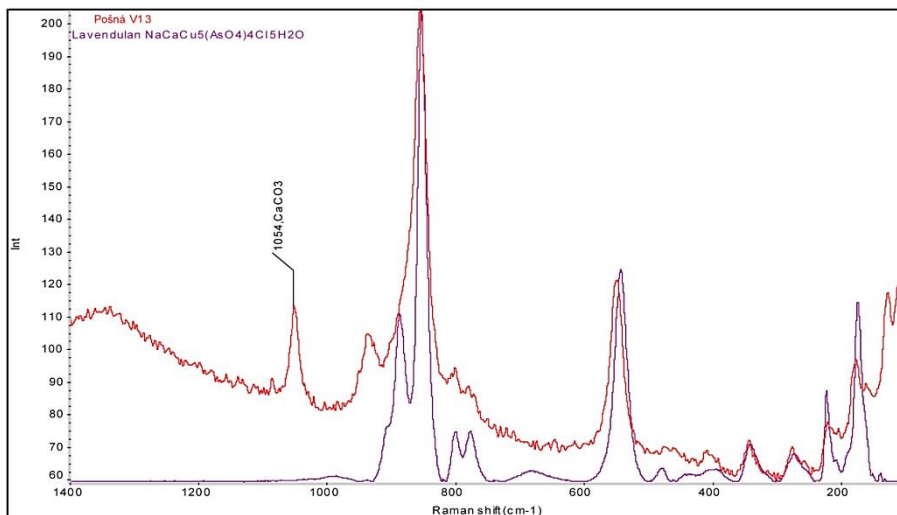
## Výsledky Ramanovy spektroskopie (RS)

### Vzorky středověkých barevných vrstev

#### **V13 – zelená středověká barevná vrstva, nepřemalovaná, šat sv. biskupa**

(odběr: výška 432 cm, délka od L rohu 81 cm)

Analyzován namodralý nerost obsahující prvky Cu, As, Cl, dle Ramanova spektra se jedná o nerost typu lavendulan.<sup>320</sup>



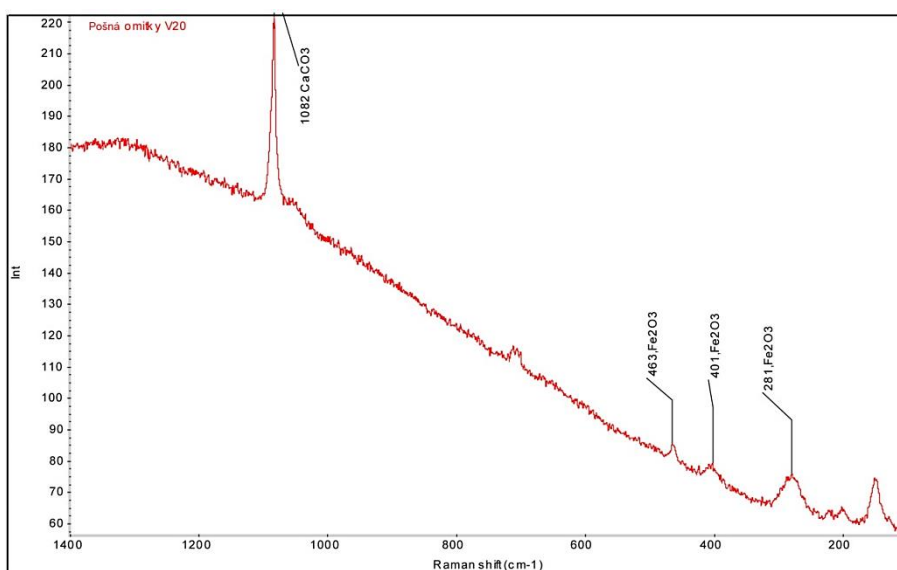
**Graf XII.** Ramanovo spektrum vz. V13 Zeleno-modrá středověká barevná vrstva, pravděpodobně nepřemalovaná. Spektrum převzato viz. Mišková, 2012.<sup>321</sup>

### Vzorky retuší tmelů z r. 1956

#### **V20 – červená retuš tmelu z r. 1956, šat prostřední polofigury**

(odběr: výška 325 cm, délka od L rohu 89 cm)

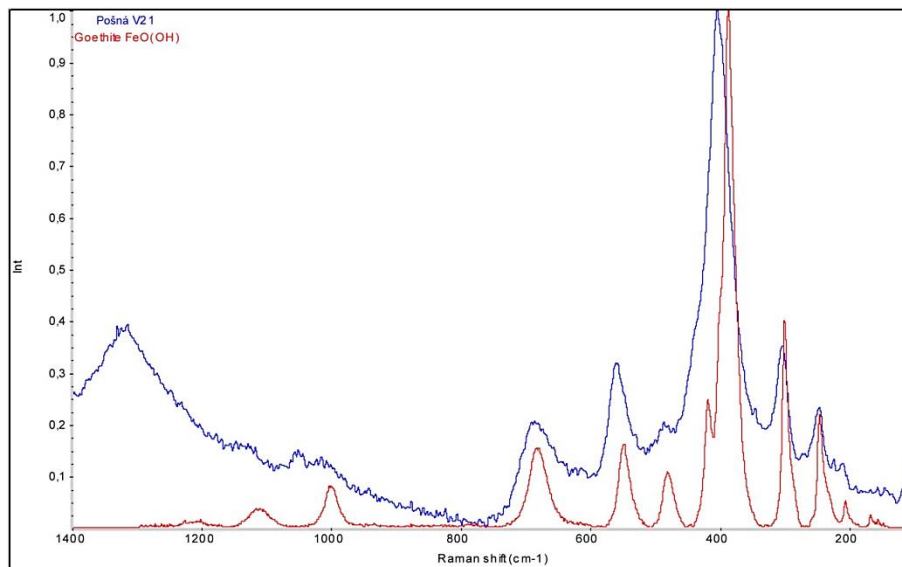
Analyzován oxid železitý<sup>322</sup>



**Graf XIII.** Ramanovo spektrum vz. V20 Červená retuš tmelu z r. 1956. Spektrum převzato viz. Mišková, 2012.<sup>323</sup>

**V21 – růžová retuš tmelu z r. 1956, levá polofigura**

(odběr: výška 316 cm, délka od L rohu 43 cm)

Analyzován hydratovaný oxid železitý, tzv. goethit. <sup>324</sup>**Graf XIV.** Ramanovo spektrum vz. V21 Růžová retuš tmelu z r. 1956. Spektrum převzato viz. Mišková, 2012. <sup>325</sup>**7.2.1.8 Stratigrafie vrstev nástěnné malby, analýzy barevných vrstev****Metodika průzkumu**Optická mikroskopie v dopadajícím světle

Vzorky byly zality do dentální dvousložkové metakrylátové pryskyřice *Spofacryl*. Byly vybroušeny příčné řezy vzorků. Nábrusy byly pozorovány pod stereomikroskopem *NIKON SMZ 800* a optickým mikroskopem *NIKON Eclipse 600* v odraženém bílém viditelném světle, po excitaci modrým světlem a po excitaci ultrafialovým světlem při zvětšení  $50 \times 100 \times$  a  $200 \times$ . Fotografie nábrusů omítek byly pořízeny digitálním foto zařízením *NIKON COOLPIX 990*.

Rastrovací elektronová mikroskopie s energiodisperzním analyzátozem (REM-EDS) <sup>326</sup>

Nábrusy vzorků (připravené pro optickou mikroskopii) byly pozorovány pod elektronovým mikroskopem *Tescan MIRA 3* s energo-disperzním analyzátozem *Bruker*, systém *Quantax*. Nábrusy vzorků byly zkoumány a fotografovány v režimu nízkého vakua pomocí detektoru odražených elektronů. Pomocí REM-EDS bylo zároveň určeno prvkové složení jednotlivých vrstev vzorku.

## Výsledky průzkumu

### Nejstarší dochovaná nástěnná malba ve středním pásu maleb

**Vz. V5 – žlutá středověká barevná vrstva, na povrchu zelený povlak a žluté lazurní přemalby, šat prostřední polofigury**

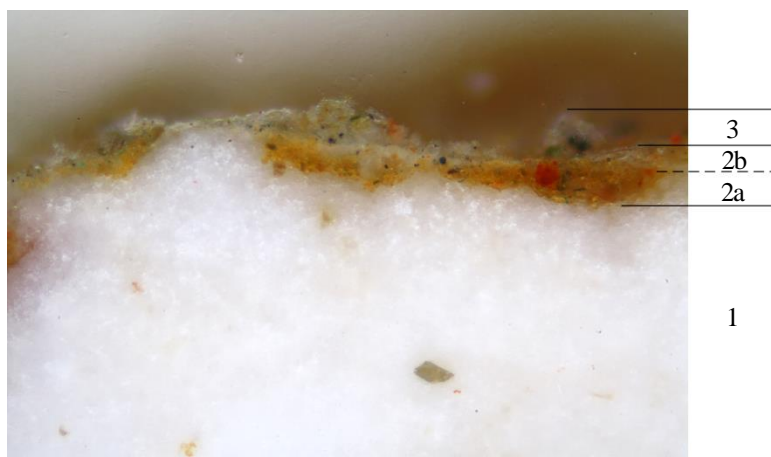
(odběr: výška 309 cm, délka od L rohu 30 cm)



**Obr. 33.** Vz. V5 – místo odběru vzorku.



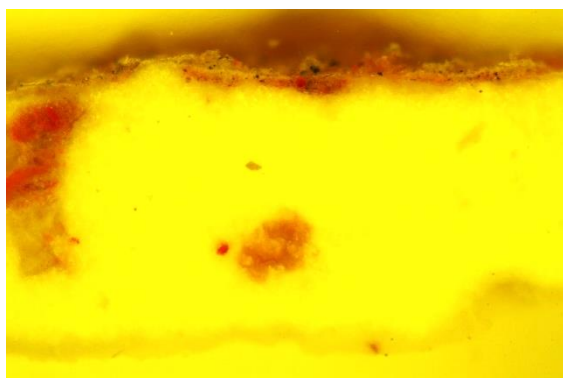
**Obr. 34.** Vz. V5 – mikrofoto nábrusu vzorku v bílém odraženém světle při zvětšení 100 ×.



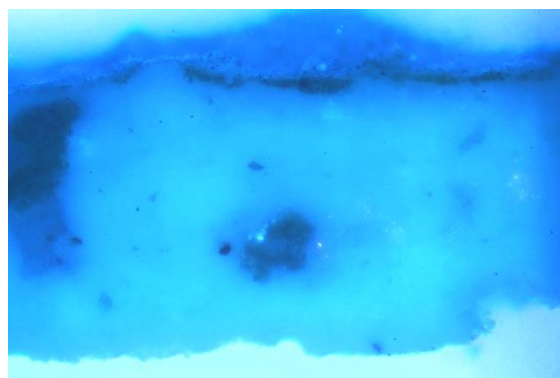
**Obr. 35.** Vz. V5 – mikrofoto v bílém odraženém světle při zvětšení 200 ×. Detail barevné vrstvy.



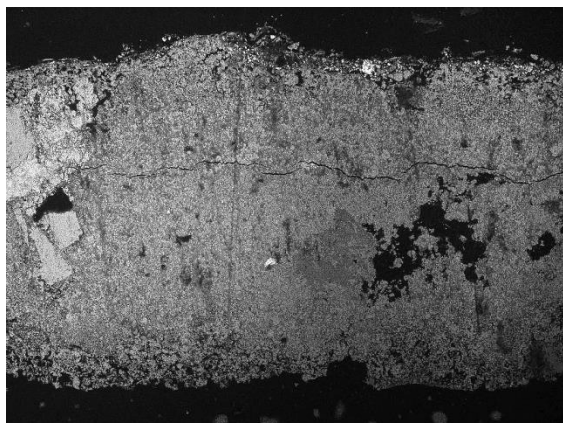
1. Vápenný podkladový nátěr (bílé vzdušné vápno), obsahuje malou příměs jemnozrnného plniva (převážně silikátové částice).
2. Žlutá barevná vrstva, propojena s podkladovým nátěrem bez viditelného rozhraní. Obsahuje uhličitán vápenatý a žlutý okr. Svrchní polovina barevné vrstvy je světlejší (**2b**) a je bez UV luminiscence.
3. Fragменты šedo-zelené vrstvy. Mezi touto a žlutou barevnou vrstvou je patrné rozhraní. Šedo-zelená vrstva je pod mikroskopem světlejší a bez UV luminiscence. Obsahuje uhličitán vápenatý, příměs okru a částice tvořené především železem a fosforem, jedná se pravděpodobně o poměrně vzácný a málo používaný pigment přírodní minerál vivianit (hydratovaný fosforečnan železitý,  $\text{Fe}_3(\text{PO}_4)_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$ ).



**Obr. 36.** Vz. V5 – mikrofóto po excitaci modrým světlem při zvětšení 100 ×.

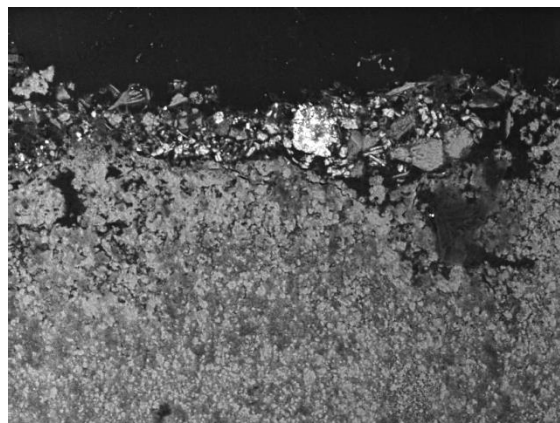


**Obr. 37.** Vz. V5 – mikrofóto po excitaci UV světlem při zvětšení 100 ×.



SEM HV: 15.0 kV Det: BSE MIRA3 TESCAN  
SEM MAG: 275 x WD: 14.95 mm 200 μm 7122

**Obr. 38.** Vz. V5 – mikrofóto REM-EDS. Celek vzorku. Obr. vytvořen viz. Bayer, 2013.<sup>327</sup>

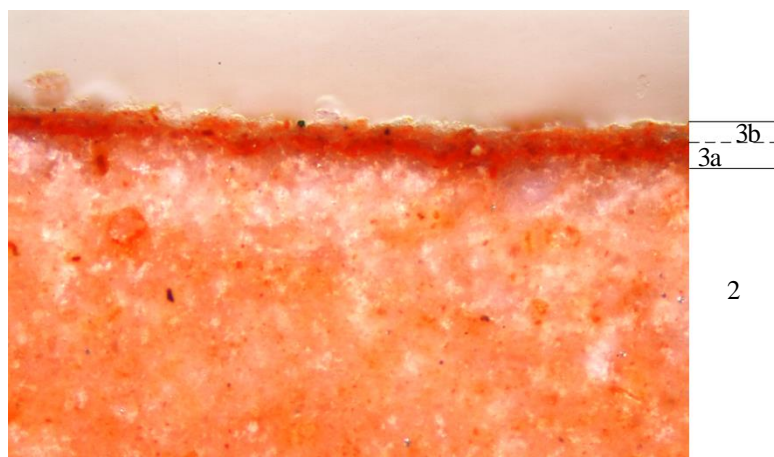


SEM HV: 15.0 kV Det: BSE MIRA3 TESCAN  
SEM MAG: 1.00 kx WD: 14.95 mm 50 μm 7125

**Obr. 39.** Vz. V5 – mikrofóto REM-EDS. Celek vzorku. Obr. vytvořen viz. Bayer, 2013.<sup>328</sup>

**Vz. V8 – červená středověká barevná vrstva, na povrchu červené lazurní přemalby, arkáda**

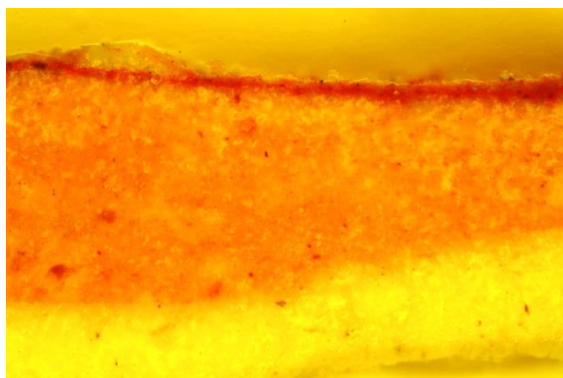
(odběr: výška 385 cm, délka od L rohu 56 cm)

**Obr. 40.** Vz. V8 – místo odběru vzorku.**Obr. 41.** Vz. V8 – mikrofoto nábrusu vzorku v bílém odraženém světle při zvětšení 50 ×.**Obr. 42.** Vz. V8 – mikrofoto v bílém odraženém světle při zvětšení 200 ×. Detail barevné vrstvy.

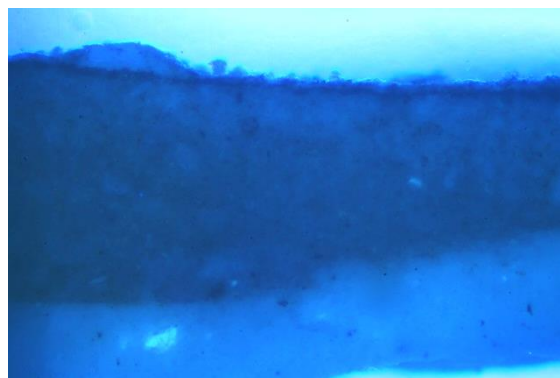
1. Vápenný podkladový nátěr.
2. Světle červená barevná vrstva, resp. tónovaný vápenný nátěr (síla cca 400 μm).
3. Tmavě červená barevná vrstva (síla cca 25 μm). Svrchní polovina barevné vrstvy (**3b**) je světlejší a má méně výraznou UV luminiscenci.

Mezi jednotlivými vrstvami nejsou patrná žádná rozhraní. V elektronovém mikroskopu tyto vrstvy nejsou odlišitelné a jsou velice dobře propojeny. Všechny vrstvy jsou tvořeny uhličitanem vápenatým. Jedná se o karbonatované vápno, přídavek křídly je možné vyloučit. Pigmenty všech

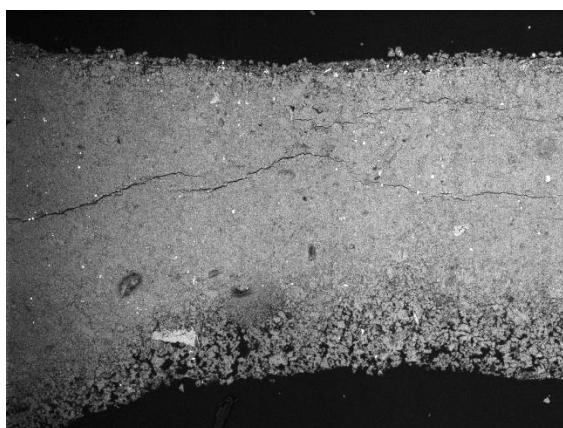
vrstev kromě podkladového bílého vápenného nátěru jsou červené okry. Vzorek byl odebrán z pravděpodobně přemalovaných partií, přítomnost přemaleb není možné mikroskopicky prokázat.



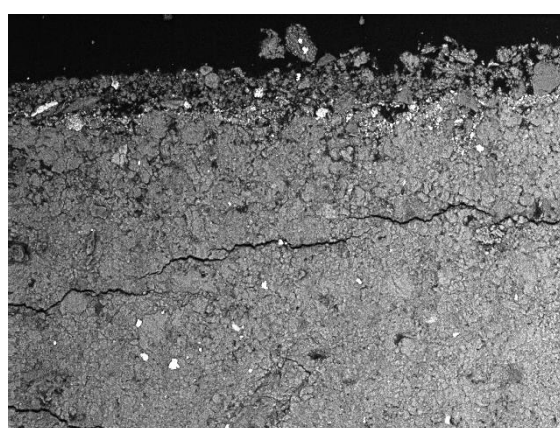
**Obr. 43.** Vz. V8 – mikrofoto po excitaci modrým světlem při zvětšení 100 ×.



**Obr. 44.** Vz. V8 – mikrofoto po excitaci UV světlem při zvětšení 100 ×.



**Obr. 45.** Vz. V8 – mikrofoto REM-EDS. Celek vzorku. SEM HV: 15.0 kV Det: BSE MIRA3 TESCAN 7115  
SEM MAG: 283 x WD: 14.92 mm 200 μm



**Obr. 46.** Vz. V8 – mikrofoto REM-EDS. Detail barevných vrstev. SEM HV: 15.0 kV Det: BSE MIRA3 TESCAN 7115  
SEM MAG: 933 x WD: 14.92 mm 50 μm

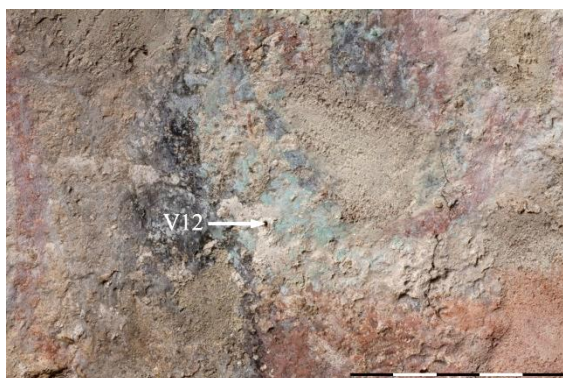
Obr. vytvořen viz. Bayer, 2013.<sup>329</sup>

Obr. vytvořen viz. Bayer, 2013.<sup>330</sup>

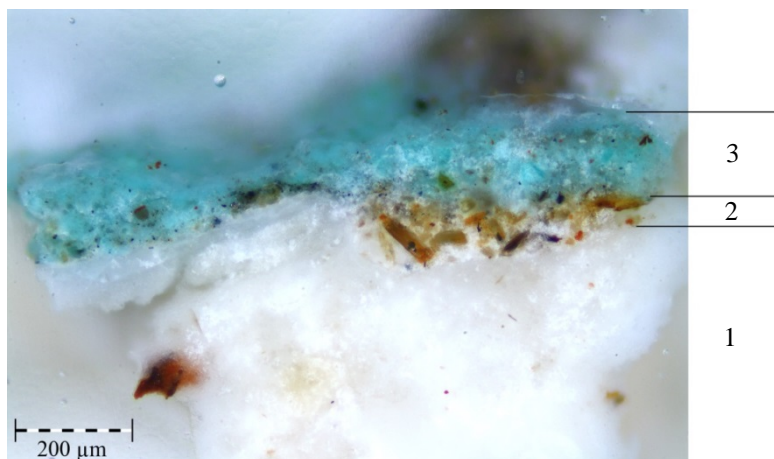
### Mladší dochovaná nástěnná malba v horním pásu maleb

**Vz. V12 – modrá středověká barevná vrstva, přemalby neprokázány, šat sv. Doroty**

(odběr: výška 432 cm, délka od L rohu 129 cm)

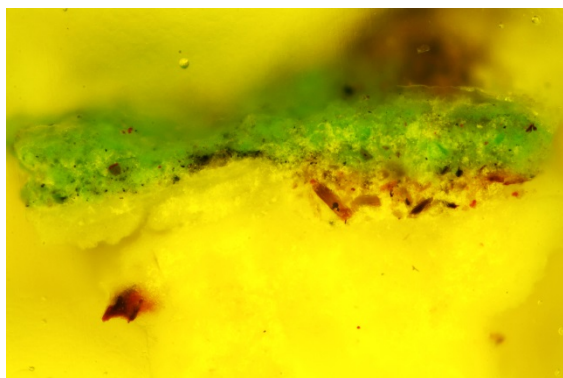


**Obr. 47.** Vz. V12 – místo odběru vzorku.

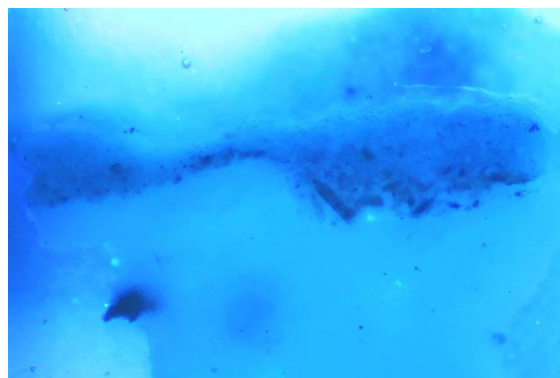


1 **Obr. 48.** Vz. V12 – mikrofoto nábrusu vzorku v bílém odraženém světle při zvětšení 100 ×.

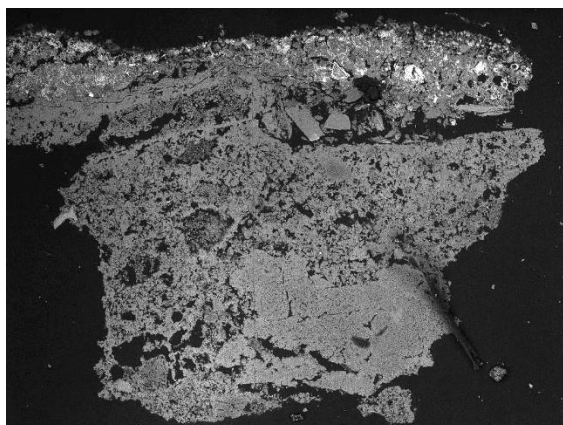
1. Vápenný podkladový nátěr s vrstvičkou uhličitanu vápenatého (následující vrstvy byly nanášeny po vytvrdnutí podkladu).
2. Vápenný nátěr.
3. Modrá barevná vrstva, složená z uhličitanu vápenatého a pigmentu tvořeném částicemi mědi a chloru. S velkou pravděpodobností se jedná o bazický chlorid měďnatý  $\text{Cu}_2(\text{OH})_3\text{Cl}$ , podle tvaru částic připravený synteticky. Uměle připravované měďnaté chloridy jsou poměrně častými středověkými zelenými pigmenty.



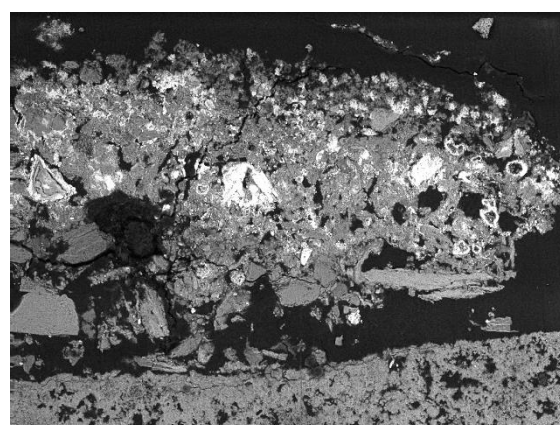
**Obr. 49.** Vz. V12 – mikrofoto po excitaci modrým světlem při zvětšení 100 ×.



**Obr. 50.** Vz. V12 – mikrofoto po excitaci UV světlem při zvětšení 100 ×.



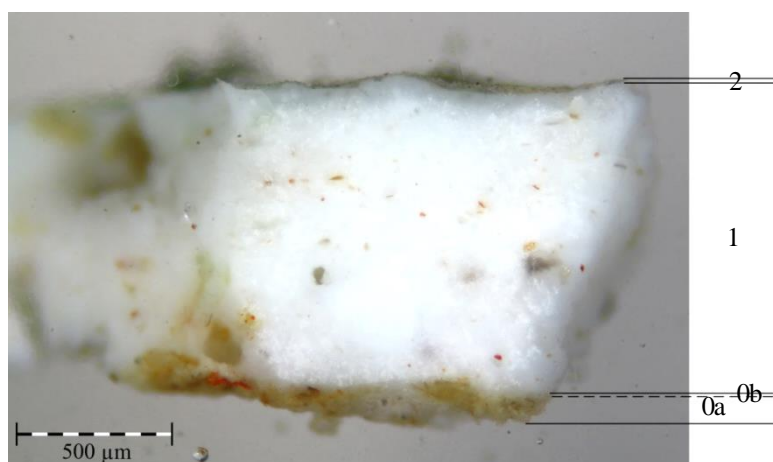
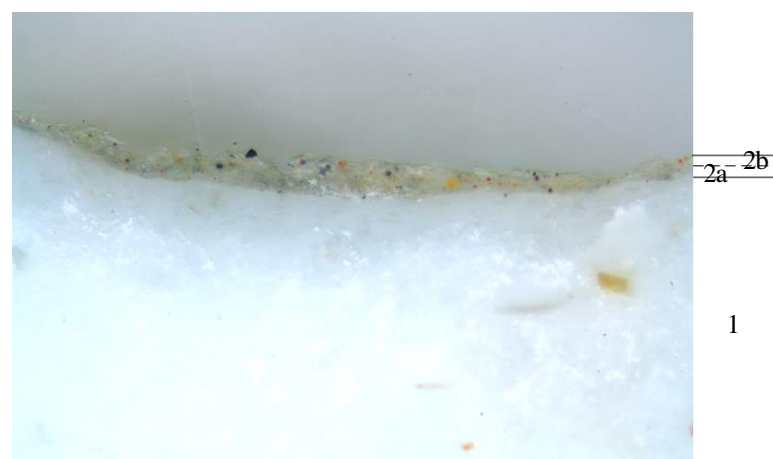
**Obr. 51.** Vz. V12 – mikrofoto REM-EDS. Celek vzorku. Obr. vytvořen viz. Bayer, 2013.<sup>331</sup>



**Obr. 52.** Vz. V12 – mikrofoto REM-EDS. Detail barevných vrstev. Obr. vytvořen viz. Bayer, 2013.<sup>332</sup>

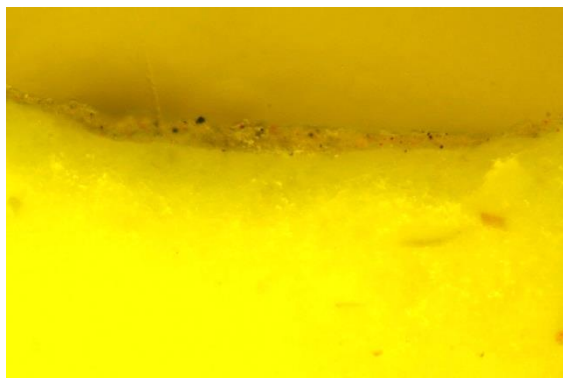
**Vz. V13 Zelená středověká barevná vrstva, přemalby neprokázány, šat sv. biskupa**

(odběr: výška 432 cm, délka od L rohu 81 cm)

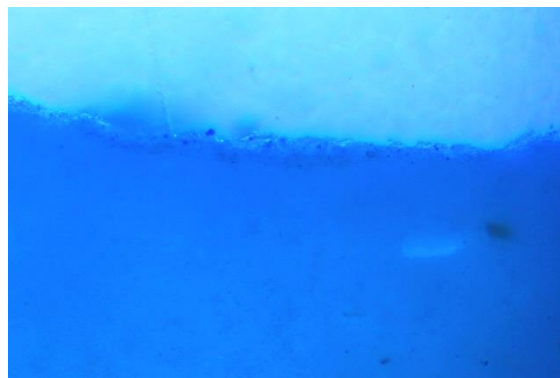
**Obr. 53.** Vz. V13 – místo odběru vzorku.**Obr. 54.** Vz. V13 – mikrofoto nábrusu vzorku v bílém odraženém světle při zvětšení 50 ×.**Obr. 55.** Vz. V13 – mikrofoto v bílém odraženém světle při zvětšení 220 ×. Detail barevné vrstvy.

0. Vápenná omítka (0a) s vrstvičkou uhličitanu vápenatého na povrchu (0b).
1. Vápenný nátěr (síla cca 1,2 mm) s příměsí jemnozrnného pojiva (především silikátových částic), nanesen na vytvrdnutou omítku.
2. Zelená barevná vrstva, složená z uhličitanu vápenatého a pigmentu z jemnozrnných částic na bázi mědi. Částice pigmentů obsahují měď a chlor, jedná se pravděpodobně o bazické chloridy měďnaté  $\text{Cu}_2(\text{OH})_3\text{Cl}$ , buď přírodní (atakamit, parakamit) nebo synteticky připravované. Ojedinele se vyskytují částice obsahující síru a měď, není vyloučena také přítomnost bazického síranu měďnatého (posnjakit  $[\text{Cu}_4\text{SO}_4(\text{OH})_6] \cdot \text{H}_2\text{O}$ ), zřidkavého minerálu, připravovaného

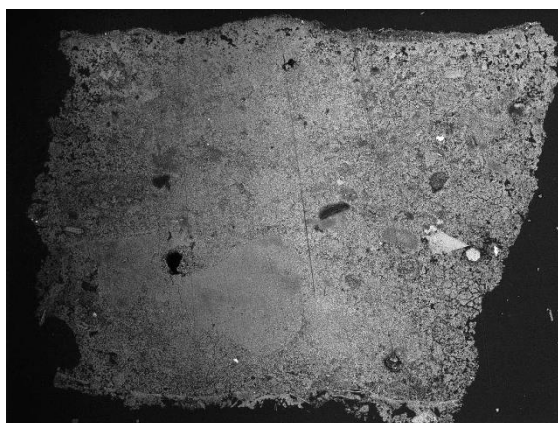
i synteticky. Dále byla detekována přítomnost arsenu, který je doprovodný prvek ložisek měďnatých rud. Nálezy odkazují jak k výběru přírodních minerálů, které nejsou svým složením čisté, tak k umělé přípravě. Možná je také přeměna jiného pigmentu přímo v malbě. V barevné vrstvě byly dále nalezeny křemičitany hlinité. Mezi podkladovým nátěrem a barevnou vrstvou je nevýrazné rozhraní, barevná vrstva byla kladena na zavadlý nebo zatvrdlý vápenný podklad. Svrchní polovina barevné vrstvy je světlejší (2b) a bez UV luminiscence.



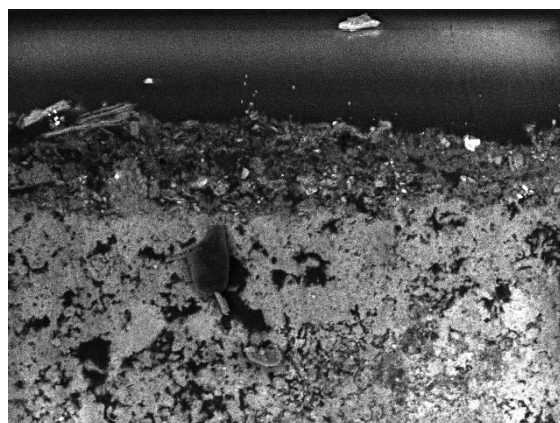
**Obr. 56.** Vz. V13 – mikrofoto po excitaci modrým světlem při zvětšení 200 ×.



**Obr. 57.** Vz. V13 – mikrofoto po excitaci UV světlem při zvětšení 200 ×.



**Obr. 58.** Vz. V13 – mikrofoto REM-EDS. Celek vzorku. Obr. vytvořen viz. Bayer, 2013.<sup>333</sup>



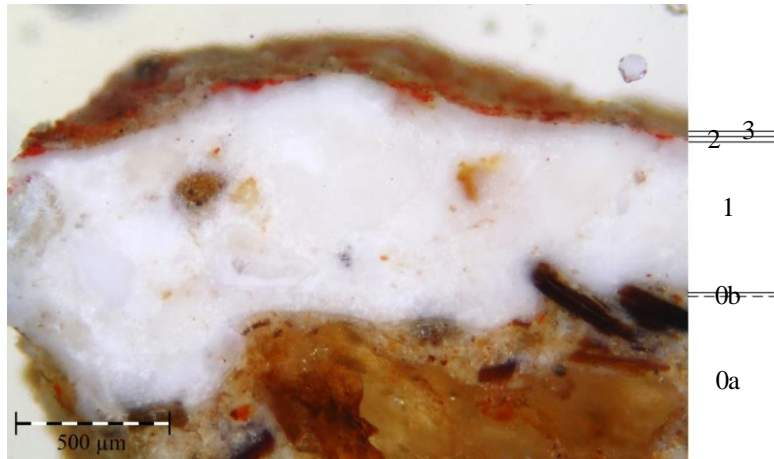
**Obr. 59.** Vz. V13 – mikrofoto REM-EDS. Detail barevné vrstvy. Obr. vytvořen viz. Bayer, 2013.<sup>334</sup>

### **Vz. V15 – červená středověká barevná vrstva, na povrchu červená přemalba a nečistoty, šat sv. biskupa**

(odběr: výška 436 cm, délka od L rohu 83 cm)

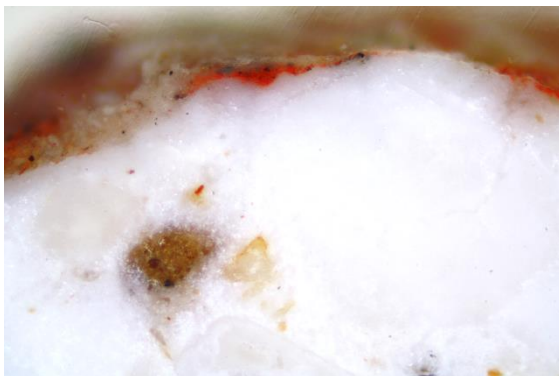


**Obr. 60.** Vz. V15 – místo odběru vzorku.

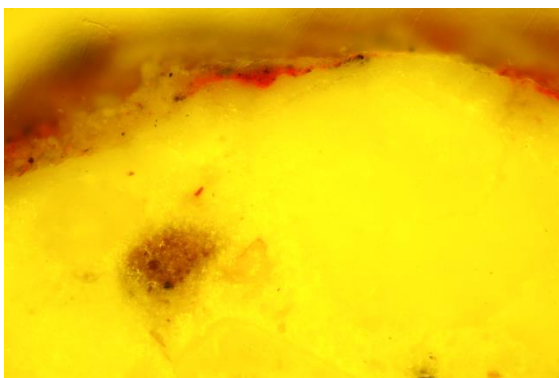


**Obr. 61.** Vz. V15 – mikrofoto nábrusu vzorku v bílém odraženém světle při zvětšení 50 ×.

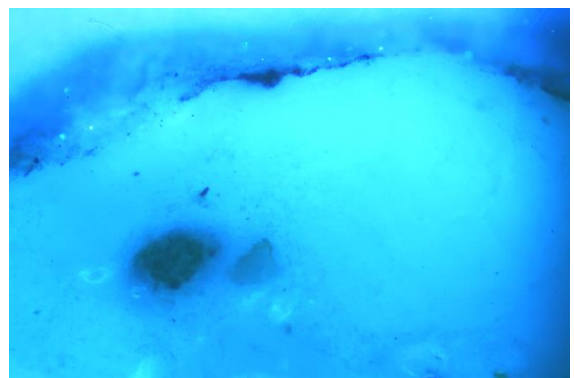
0. Vápenná omítka (**0a**) s vrstvičkou uhličitanu vápenatého na povrchu (**0b**).
1. Vápenný nátěr, nanesen na vytvrdnutou omítku.
2. Červená barevná vrstva, provedena do čerstvého vápenného nátěru, obsahuje uhličitan vápenatý a červený okr.
3. Fragменты šedo-oranžové vrstvy o různé tloušťce, obsahující částice uhličitanu vápenatého. Tyto svrchní vrstvy se jeví nepropojeny se spodní barevnou vrstvou. Může se jednat o fragmenty mladších vrstev, přemalby, nebo silnou vrstvu nečistot.



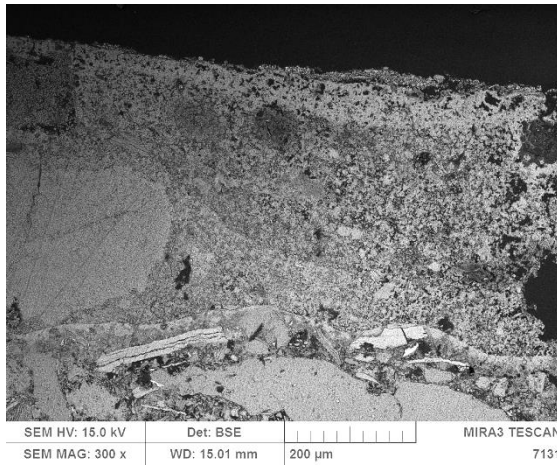
**Obr. 62.** Vz. V15 – mikrofoto v bílém odraženém světle při zvětšení 100 ×. Detail barevné vrstvy.



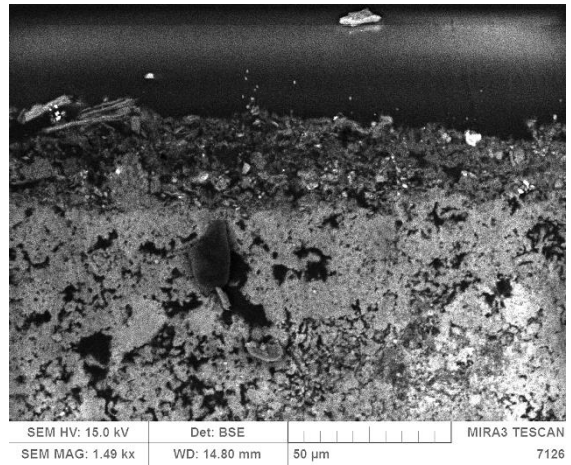
**Obr. 63.** Vz. V15 – mikrofoto po excitaci modrým světlem při zvětšení 100 ×.



**Obr. 64.** Vz. V15 – mikrofoto po excitaci UV světlem při zvětšení 100 ×.



**Obr. 65.** Vz. V15 – mikrofoto REM-EDS. Část vzorku. Obr. vytvořen viz. Bayer, 2013.<sup>335</sup>



**Obr. 66.** Vz. V15 – mikrofoto REM-EDS. Detail barevné vrstvy. Obr. vytvořen viz. Bayer, 2013.<sup>336</sup>

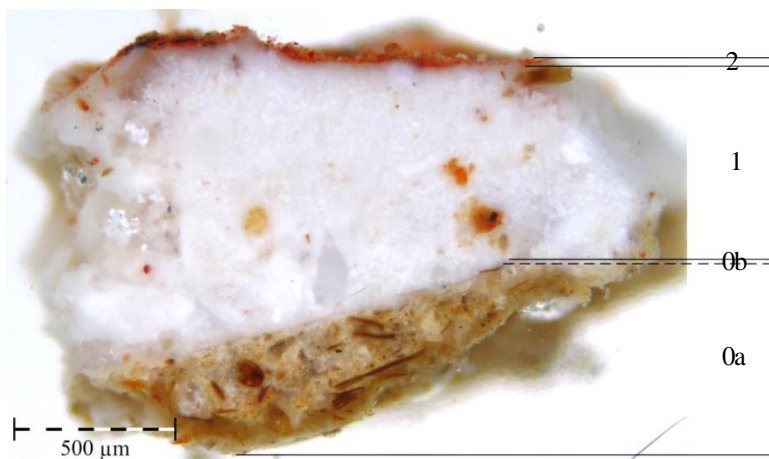
Pravděpodobně mladší dochovaná nástěnná malba v dolním pásu

**Vz. V1 – červená středověká barevná vrstva, přemalby neprokázány, drapérie stolu**

(odběr: výška 229 cm, délka od L rohu 130 cm)



**Obr. 67.** Vz. V1 – místo odběru vzorku.

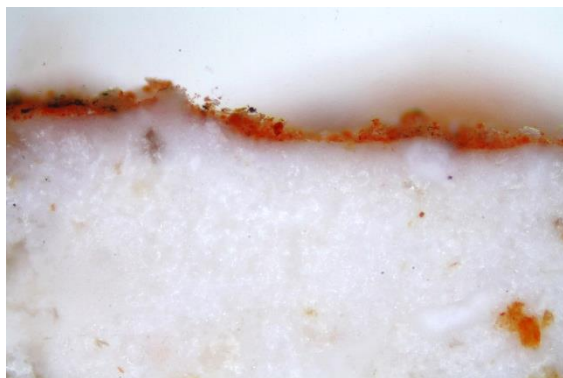


**Obr. 68.** Vz. V1 – mikrofoto nábrusu vzorku v bílém odraženém světle při zvětšení 50 ×.

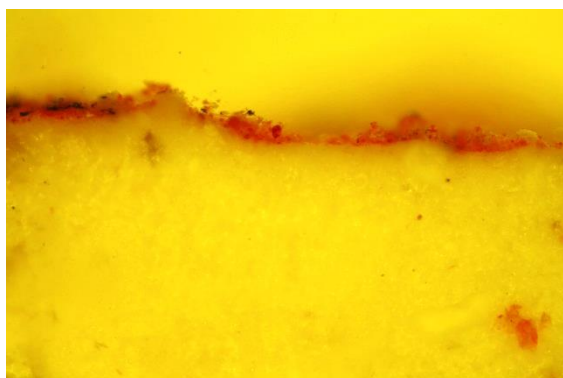
- 0.** Vápenná omítka (**0a**) s vrstvičkou uhličitanu vápenatého na povrchu (**0b**).
- 1.** Vápenný nátěr, nanesen na vytvrdnutou omítku.



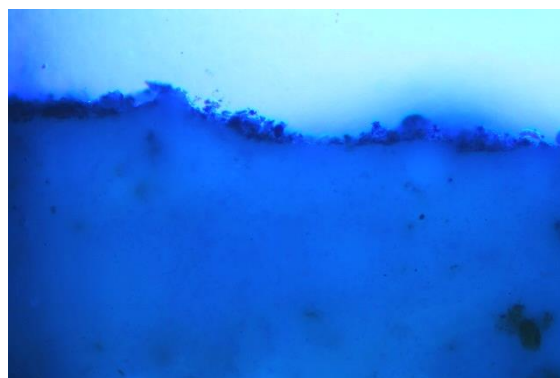
2. Červená barevná vrstva, provedena do čerstvého vápenného nátěru, obsahuje uhlíctan vápenatý a červený okr. Na povrchu barevné vrstvy se již nenachází další vrstva, přemalby nejsou provedeny.



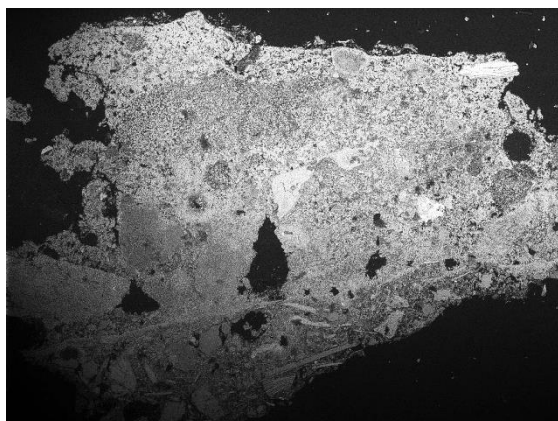
**Obr. 69.** Vz. V1 – mikrofoto v bílém odraženém světle při zvětšení 100 ×. Detail barevné vrstvy.



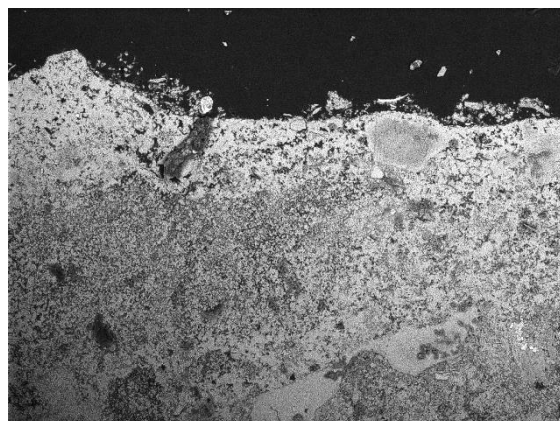
**Obr. 70.** Vz. V1 – mikrofoto po excitaci modrým světlem při zvětšení 100 ×.



**Obr. 71.** Vz. V1 – mikrofoto po excitaci UV světlem při zvětšení 100 ×.



**Obr. 72.** Vz. V15 – mikrofoto REM-EDS. Celek vzorku. Obr. vytvořen viz. Bayer, 2013.<sup>337</sup>



**Obr. 73.** Vz. V15 – mikrofoto REM-EDS. Detail barevné vrstvy. Obr. vytvořen viz. Bayer, 2013.<sup>338</sup>

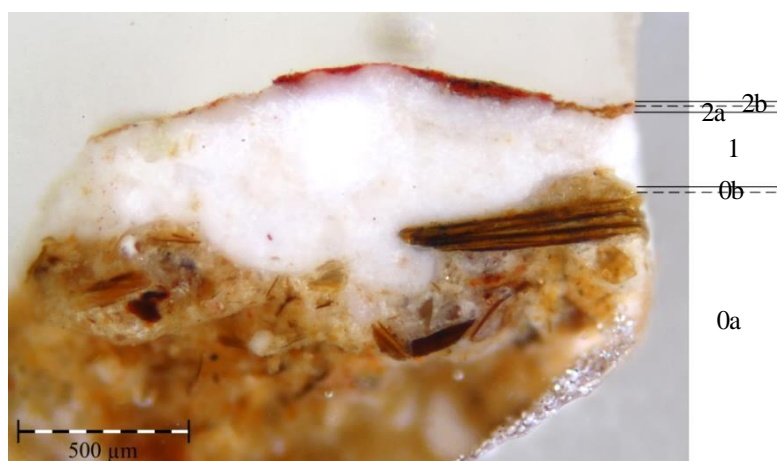
Fragment figury se štětcovou kresbou, náležící pravděpodobně k dolnímu pásu maleb

**Vz. V29 – červená středověká barevná vrstva, přemalby neprokázány, fragment figury se štětcovou kresbou**

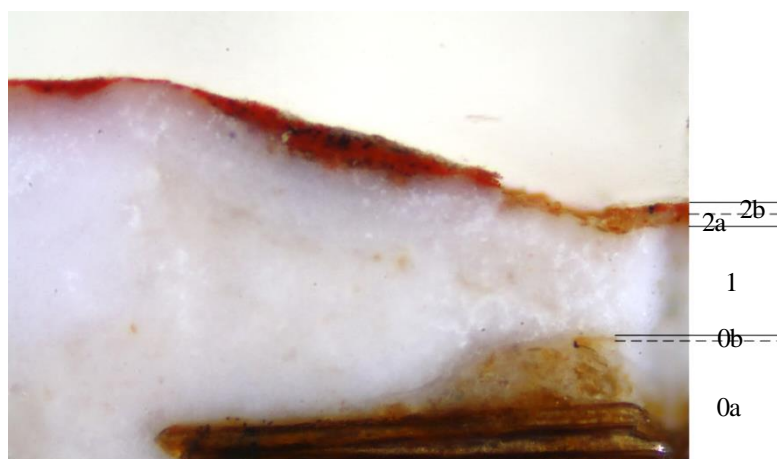
(odběr: výška 275 cm, délka od L rohu 130 cm)



**Obr. 74.** Vz. V29 – místo odběru vzorku.



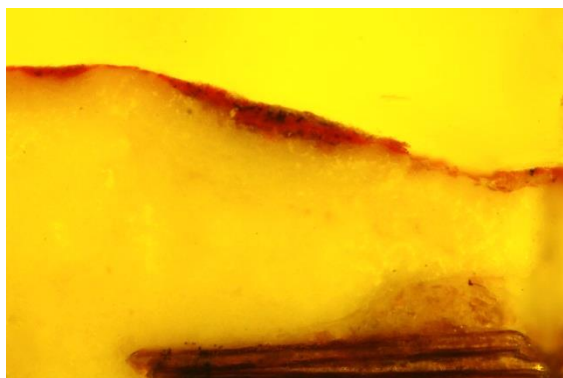
**Obr. 75.** Vz. V29 – mikrofoto nábrusu vzorku v bílém odraženém světle při zvětšení 50 ×.



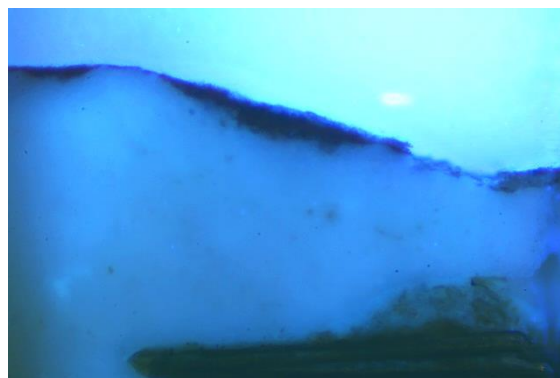
**Obr. 242.** Vz. V29 – mikrofoto v bílém odraženém světle při zvětšení 100 ×. Detail barevné vrstvy.

- 0.** Vápenná omítka (**0a**) s vrstvičkou uhličitanu vápenatého na povrchu (**0b**).
- 1.** Vápenný nátěr, nanesen na vytvrdnutou omítku.
- 2.** Pravděpodobně dvě barevné vrstvy. Spodní subtilní oranžovo-červená (**2a**) a svrchní červená (**2b**) vrstva (ta náleží ke štětcové kresbě figury). Mezi vápenným nátěrem a barevnou vrstvou,

resp. mezi spodní růžovo-oranžovou barevnou vrstvičkou a svrchní červenou vrstvou, je čitelné nevýrazné rozhraní. Barevná vrstva obsahuje uhličitan vápenatý a červený okr.



**Obr. 77.** Vz. V29 – mikrofoto po excitaci modrým světlem při zvětšení 100 ×.



**Obr. 78.** Vz. V29 – mikrofoto po excitaci UV světlem při zvětšení 100 ×.



SEM HV: 15.0 kV Det: BSE  
SEM MAG: 197 x WD: 16.98 mm 200 μm MIRA3 TESCAN 7130

**Obr. 79.** Vz. V29 – mikrofoto REM-EDS. Celek vzorku. Obr. vytvořen viz. Bayer, 2013.<sup>339</sup>



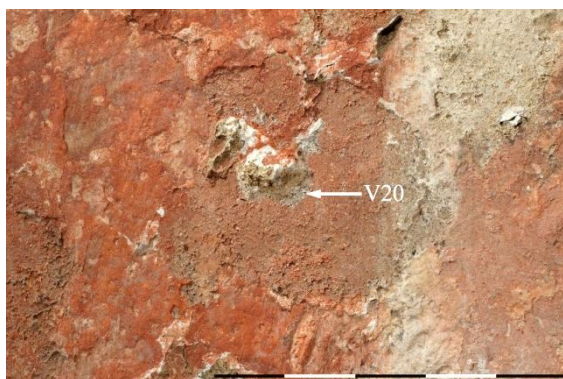
SEM HV: 15.0 kV Det: BSE  
SEM MAG: 994 x WD: 16.98 mm 50 μm MIRA3 TESCAN 7130

**Obr. 80.** Vz. V29 – mikrofoto REM-EDS. Detail barevné vrstvy. Obr. vytvořen viz. Bayer, 2013.<sup>340</sup>

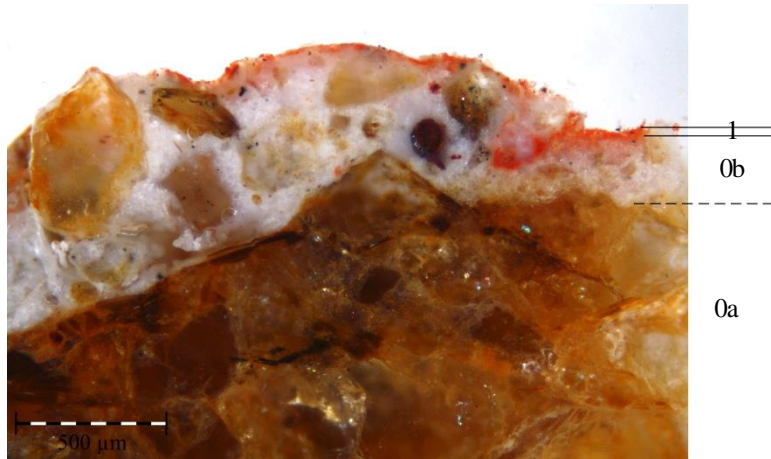
### Retuše na tmelech z r. 1956

#### **Vz. V20 – červená retuš tmelu z r. 1956, šat prostřední polofigury**

(odběr: výška 325 cm, délka od L rohu 89 cm)



**Obr. 81.** Vz. V20 – místo odběru vzorku.



**Obr. 82.** Vz. V20 – mikrofoto nábrusu vzorku v bílém odraženém světle při zvětšení 50 ×.

0. Úloemek horniny (zřejmě pískovec), obsažený v maltovině tmelu (**0a**), s bílou tenkou vápennou omítkou (**0b**) s přidavkem jemnozrnného písku (obsahuje hlavně křemen a silikátové částice, např. živce)
1. Červená barevná vrstva (síla cca 20 μm), dobře propojena s podkladem. Barevná vrstva obsahuje uhličitan vápenatý a červený okr. Vzorek je příkladem hutnějších retuší a přemaleb.



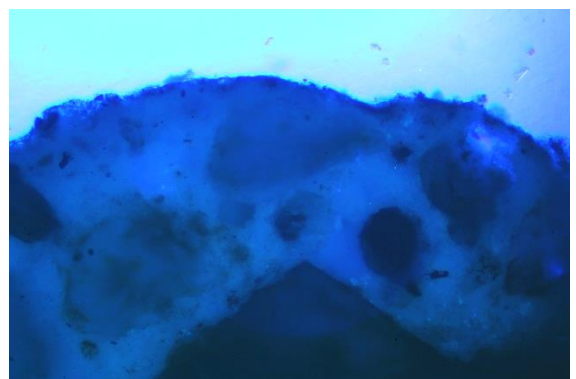
**Obr. 83.** Vz. V20 – mikrofoto v bílém odraženém světle při zvětšení 100 ×.



**Obr. 84.** Vz. V20 – mikrofoto v bílém odraženém světle při zvětšení 200 ×.



**Obr. 85.** Vz. V20 – mikrofoto po excitaci modrým světlem při zvětšení 100 ×.



**Obr. 86.** Vz. V20 – mikrofoto po excitaci UV světlem při zvětšení 100 ×.

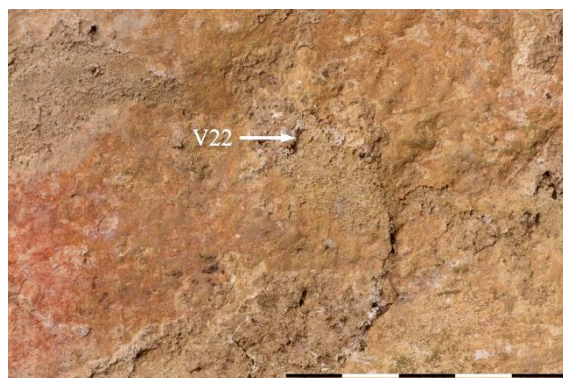


**Obr. 87.** Vz. V20 – mikrofoto REM-EDS. Část vzorku.  
Obr. vytvořen viz. Bayer, 2013.<sup>341</sup>

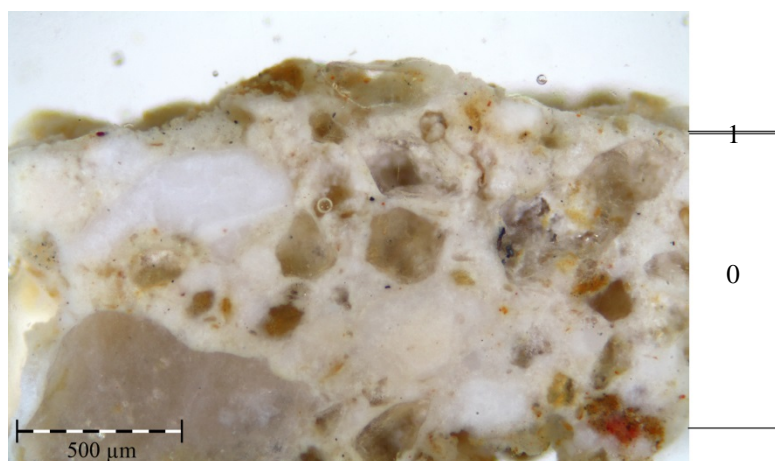
### Retuše na tmelech z r. 1956

#### **Vz. V22 – žlutá retuš na tmelu z r. 1956, šat levé polofigury**

(odběr: výška 318 cm, délka od L rohu 12 cm)



**Obr. 88.** Vz. V22 – místo odběru vzorku.

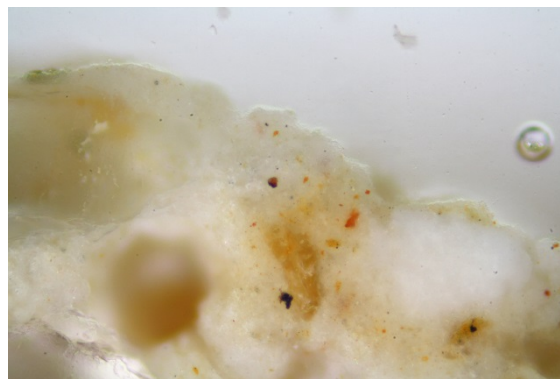


**Obr. 89.** Vz. V22 – mikrofoto nábrusu vzorku v bílém odraženém světle při zvětšení 50 ×.

0. Vápenná omítka tvořena bílým vzdušným vápnem, kamenivo křemenný písek s obsahem dalších silikátových částic (živce, úlomky hornin).
1. Na povrchu je zřejmě tenká barevná vrstva, která je velmi dobře propojena s podkladem. Vzorek je příkladem subtilních retuší a přemaleb. Odebrán byl ze stejných partií jako vz. V5 (žlutá středověká barevná vrstva), která je dle průzkumu in situ přemalována, ale mikroskopicky přemalby nebyly potvrzeny.



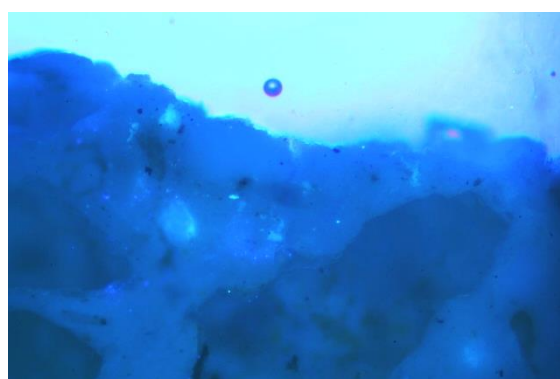
**Obr. 90.** Vz. V22 – mikrofoto v bílém odraženém světle při zvětšení 100 ×.



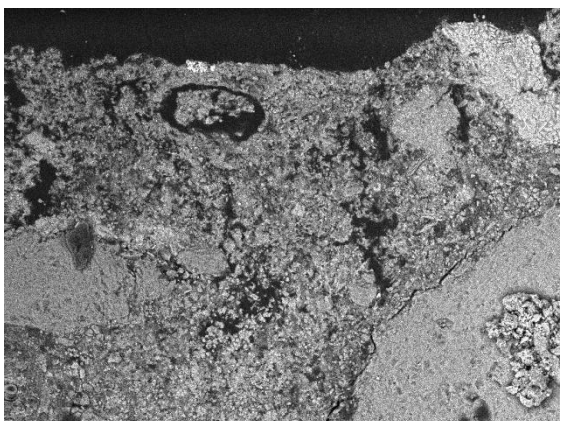
**Obr. 91.** Vz. V22 – mikrofoto v bílém odraženém světle při zvětšení 200 ×.



**Obr. 92.** Vz. V22 – mikrofoto po excitaci modrým světlem při zvětšení 100 ×.



**Obr. 93.** Vz. V22 – mikrofoto po excitaci UV světlem při zvětšení 100 ×.



SEM HV: 15.0 kV Det: BSE  
SEM MAG: 942 x WD: 15.68 mm 50 μm MIRA3 TESCAN 7133

**Obr. 94.** Vz. V22 – mikrofoto REM-EDS. Detail povrchu tmelu se subtilní barevnou vrstvou. Obr. vytvořen viz. Bayer, 2013.<sup>342</sup>

### 7.2.1.9 Mikroskopické vyšetření povrchů barevných vrstev

#### Metodika průzkumu<sup>343</sup>

Pro pozorování povrchu vzorků omítek a barevných vrstev pod mikroskopem *Olympus BX60* nebylo zapotřebí žádné speciální úpravy vzorků. Vzorky byly pouze zasazeny do inertního materiálu jako nosiče tak, aby jejich pozorovatelná plocha byla v kolmé rovině s objektivem mikroskopu. Vzorek (v různých hloubkách zaostření) byl nasnímán fotoaparátem *Olympus E-520* a snímky byly složeny v konečný obraz s velkou hloubkou ostrosti pomocí programu *QuickPHOTO Industrial – modul Deep Focus*.

## 7.2.2 Zkoušky materiálů a technologií pro restaurování

### 7.2.2.1 Celoplošné čištění malby a ztenčení nepůvodních retuší a přemalob

#### Základní zkoušky

1. "Suchá" cesta – otírání suchou vatovou tyčinkou
2. "Mokrá" cesta, deionizovaná voda – otírání smočenou vatovou tyčinkou

#### **ZK1** – základní zkouška citlivosti barevné vrstvy na mechanické namáhání; draperie stolu

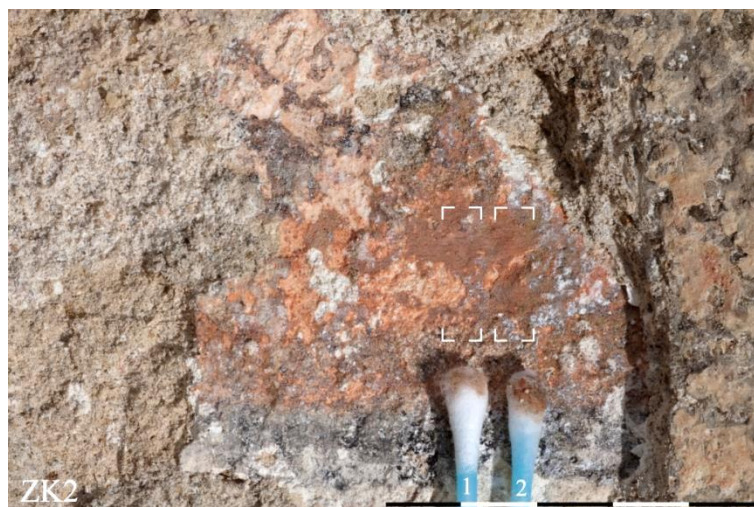
1. "Suchá" cesta
2. "Mokrá" cesta, deionizovaná voda



**Obr. 95.** ZK1 – zkouška citlivosti barevné vrstvy na mechanické namáhání, draperie stolu.

#### **ZK2** – základní zkouška citlivosti barevné vrstvy na mechanické namáhání; draperie stolu

1. "Suchá" cesta
2. "Mokrá" cesta, deionizovaná voda



**Obr. 96.** ZK2 – zkouška citlivosti barevné vrstvy na mechanické namáhání, draperie stolu.

**ZK3** – základní zkouška čištění povrchových nečistot, stůl

1. "Suchá" cesta
2. "Mokrá" cesta, deionizovaná voda



**Obr. 97.** ZK3 – zkouška čištění povrchových nečistot, stůl.

**ZK4** – základní zkouška odstranitelnosti retuší z r. 1956, stůl

1. "Suchá" cesta
2. "Mokrá" cesta, deionizovaná voda



**Obr. 98.** ZK4 – zkouška odstranitelnosti retuší a přemalů z r. 1956, stůl.

**ZK5** – základní zkouška odstranitelnosti retuší z r. 1956, konsolidovaný nátěr z r. 1955–56 na okenní zadržce

1. Deionizovaná voda, houba Viskovita – otírání a tupování smočenou houbou
2. Čisticí štětec štětínový – mechanické ztenčování
3. Skalpel – mechanické ztenčování

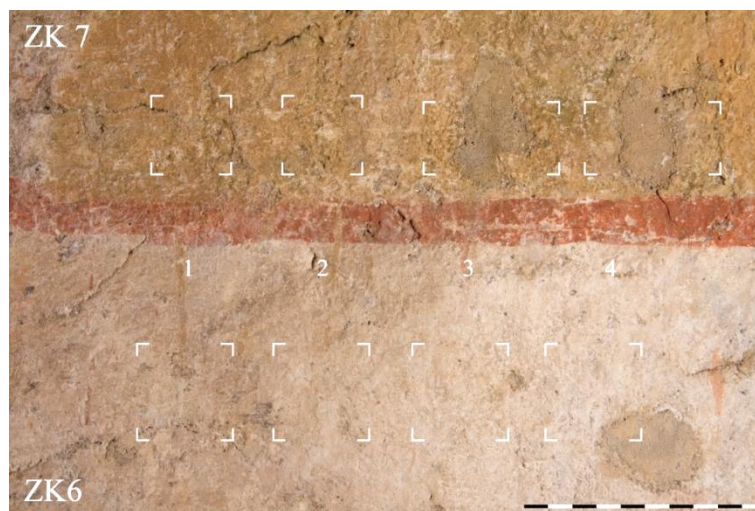


**Zkoušky povrchového čištění a ztenčení nepůvodních retuší a přemaleb****ZK6 – zkouška čištění a ztenčení nepůvodních retuší a přemaleb, stůl**

1. Vlasový štětec – ometání
2. Houba Wallmaster – přitlaky (doteky)
3. Deionizovaná voda, houba Viskovita – přitlaky (tupování) smočenou houbou
4. Houba Wishab soft – přitlaky (doteky)

**ZK7 – zkouška čištění a ztenčení nepůvodních retuší a přemaleb, šat levé polofigury**

1. Vlasový štětec – ometání
2. Houba Wallmaster – přitlaky (doteky)
3. Deionizovaná voda, houba Viskovita – přitlaky (tupování) smočenou houbou
4. Houba Wishab soft – přitlaky (doteky)



**Obr. 99.** ZK6 – zkouška čištění a ztenčení retuší a přemaleb, stůl  
 ZK7 – zkouška čištění a ztenčení retuší a přemaleb, šat levé polofigury.

**ZK8** – zkouška čištění a ztenčení nepůvodních retuší a přemaleb, pozadí a šat donátora a sv. Doroty

1. Deionizovaná voda, houba Viskovita – přitlaky smočenou houbou
2. Vlasový štětec – ometání
3. Houba Wishab soft – přitlaky



**Obr. 100.** ZK8 – zkouška čištění a ztenčení retuší a přemaleb, pozadí a šat donátora a sv. Doroty.



**Obr. 101.** ZK8 – pozorování míry úbytku barevné vrstvy při čištění. U vlasového štětce (2) byl pozorován sprášený materiál během čištění. U hub Wishab (3) a Viskovita (1) byla sledována spráškovatělá barevná vrstva, ulpělá na jejich povrchu.

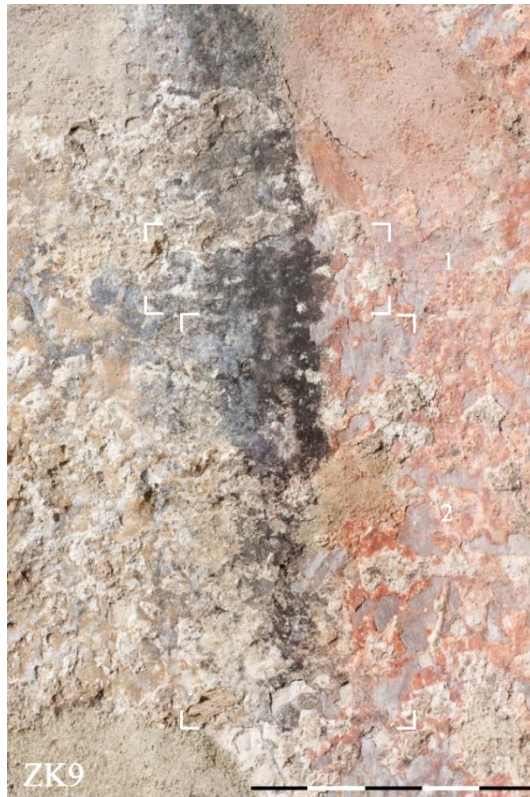
Následující zkoušky byly soustředěny především na tyto materiály, technologie a pracovní postupy:

1. Vlasový štětec – ometení
2. Deionizovaná voda, houba Viskovita – přitlaky smočenou houbou
3. Roztok deionizované vody s 0,05% tenzidem Alvol OMK, houba Viskovita – přitlaky smočenou houbou

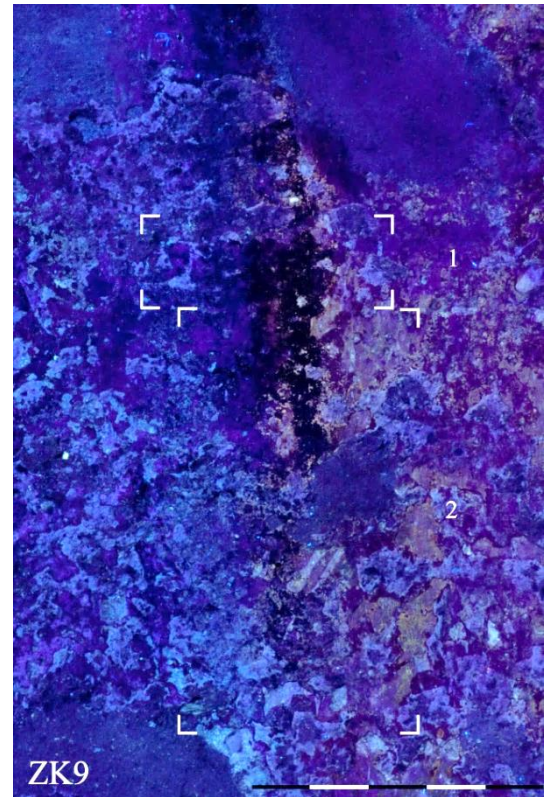
**ZK9** – zkouška čištění a ztenčení nepůvodních retuší a přemaleb, černé pozadí mezi donátorem a sv. Dorotou

1. Vlasový štětec

2. Deionizovaná voda, houba Viskovita



**Obr. 102.** ZK9 – zkouška čištění a ztenčení retuší a přemaleb, pozadí mezi donátorem a sv. Dorotou.



**Obr. 103.** ZK9 – zkouška čištění a ztenčení retuší a přemaleb v ultrafialové luminiscenci, pozadí mezi donátorem a sv. Dorotou. [srov. Obr. 102.] Porovnání zkoušek v denním světle a ultrafialové luminiscenci prokazuje, že čištěním nedochází k pozorovatelným úbytkům barevné vrstvy.

**ZK10 – zkouška čištění a ztenčení nepůvodních retuší a přemaleb, arkáda**

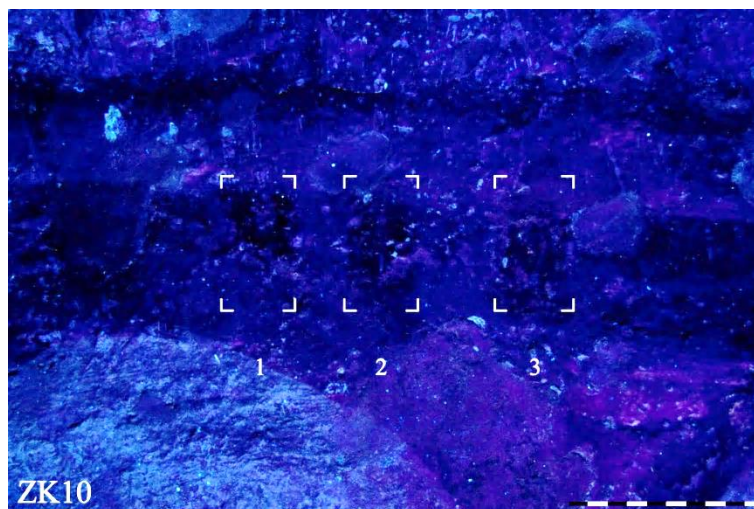
1. Vlasový štětec, roztok deionizované vody s 0,05% tenzidem Alvol OMK, houba Viskovita

2. Vlasový štětec, deionizovaná voda, houba Viskovita

3. Deionizovaná voda



**Obr. 104.** ZK10 – zkouška čištění a ztenčení retuší a přemaleb, arkáda. Je patrné, jakým způsobem povrchové nečistoty v kombinaci s lazurními přemalbami zaslepily povrch malby a ztupily její barevnost. Barevnost a charakter vyčištěných míst odpovídají nepřemalované malbě nalezené ve fragmentech v rámci sondážního průzkumu.



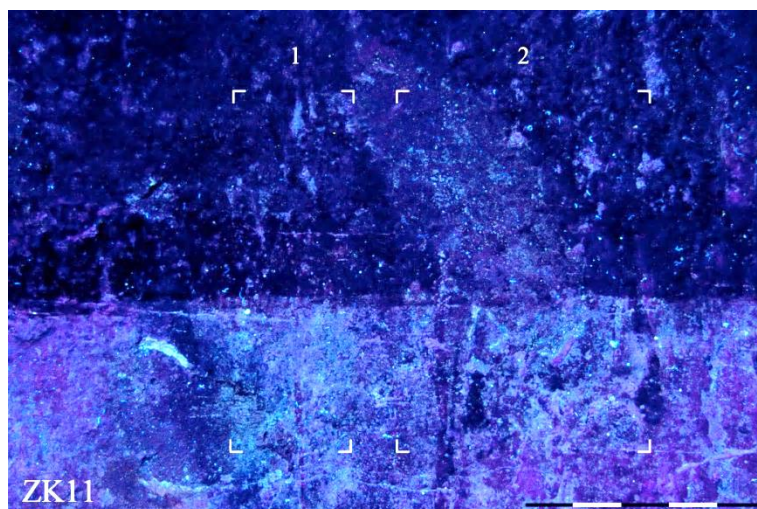
**Obr. 105.** ZK10 – zkouška čištění a ztenčení retuší a přemaleb v ultrafialové luminiscenci, arkáda [srov. Obr. 104.]. UV luminiscence vyčištěných míst odpovídá nalezeným fragmentům původní malby.

**ZK11** – zkouška čištění a ztenčení nepůvodních retuší a přemaleb, rozhraní šatu levé polofigury a stolu

1. Vlasový štětec, roztok deionizované vody s 0,05% tenzidem Alvol OMK, houba Viskovita
2. Vlasový štětec, deionizovaná voda, houba Viskovita



**Obr. 106.** ZK11 – zkouška čištění a ztenčení retuší a přemaleb, rozhraní šatu levé polofigury a stolu. Částečné čištění nezpůsobuje pozorovatelné úbytky barevné vrstvy.



**Obr. 107.** ZK11 – zkouška čištění a ztenčení retuší a přemaleb v ultrafialové luminiscenci, rozhraní šatu levé polofigury a stolu [srov. Obr. 106.].

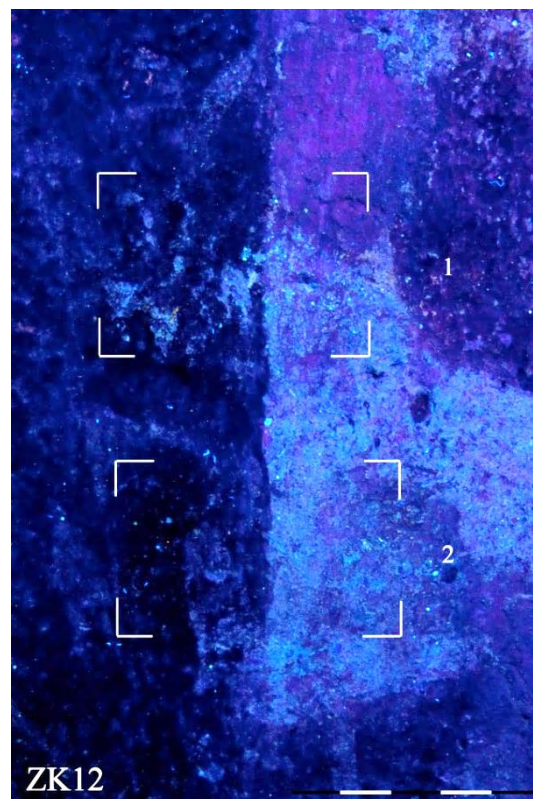
**ZK12 – zkouška čištění a ztenčení nepůvodních retuší a přemaleb, levá polofigura**

1. Vlasový štětec, roztok deionizované vody s 0,05% tenzidem Alvol OMK, houba Viskovita

2. Vlasový štětec, deionizovaná voda, houba Viskovita



**Obr. 108.** ZK12 – zkouška čištění a ztenčení retuší a přemaleb, levá polofigura. Vyčištěná místa odpovídají fragmentům původní malby, nalezeným v rámci sondážního průzkumu.



**Obr. 109.** ZK12 – zkouška čištění a ztenčení retuší a přemaleb v ultrafialové luminiscenci, levá polofigura [srov. Obr. 108.]. Uv luminiscence vyčištěných míst odpovídá nalezeným fragmentům původní malby.

**ZK13** – zkouška čištění a ztenčení nepůvodních vápenných vrstev, černé pozadí mezi donátorem a sv. Dorotou

1. Skalpel, šídlo, čisticí štětinový štětec – mechanické ztenčování



**Obr. 110.** ZK13 – zkouška čištění a ztenčení nepůvodního vápenného zákalu, pozadí mezi donátorem a sv. Dorotou. lazurnější vrstvy a vápenný zákal nebylo možné odstranit ani ztenčit bez částečného úbytku barevné vrstvy.

**ZK14** – rozšířená zkouška čištění a ztenčení nepůvodních retuší a přemaleb, arkáda a pozadí za střední polofigurou

1. Vlasový štětec, roztok deionizované vody s 0,05% tenzidem Alvol OMK, houba Viskovita



**Obr. 111.** ZK14 – rozšířená zkouška čištění a ztenčení retuší a přemaleb, arkáda a pozadí za střední polofigurou. Je patrné, že tyto partie byly lazurně přemalovány.

## ZK15 – rozšířená zkouška čištění a ztenčení nepůvodních retuší a přemaleb, pozadí za sv. biskupem a berla sv. biskupa

### 1. Vlasový štětec, roztok deionizované vody s 0,05% tenzidem Alvol OMK, houba Viskovita



**Obr. 112.** ZK15 – rozšířená zkouška čištění, pozadí za sv. biskupem a berla sv. biskupa. Je patrné, že tyto partie pravděpodobně nebyly přemalovány, nebo byly přemalovány velice subtilně.

### 7.2.2.2 Povrchová konsolidace spráškotělé barevné vrstvy

#### Literární řešerše ke zkoušeným materiálům

##### Ether celulózy Klucel G <sup>344</sup>

*Klucel G* je obchodní název, složením hydroxypropylcelulóza. Jedná se o jeden z nízkoviskózních typů (další *Klucel L, E*). Tyto typy mají přijatelnou penetraci pro účely konsolidace zpráškotělé barevné vrstvy a po odprcháání rozpouštědla vytváří čisté, hladké, transparentní a pružné filmy. Nízkoviskózní typy *Klucelu* jsou obecně stabilnější oproti méně stabilním vysokoviskózním typům (*M, H*). Jejich fotochemická stabilita je výborná, nižší je jejich tepelná stabilita.

Při konsolidaci *Klucel G* nedochází k nežádoucím změnám vlastností konsolidovaného materiálu. Konsolidovaný materiál si zachovává svou paropropustnost, pevnostní profil, optické vlastnosti a vzhled. Z těchto důvodů je *Klucel G* vhodný pro povrchovou konsolidaci matných maleb, jejichž charakter zůstává po konsolidaci nezměněn a bez nežádoucích "lesků". Z těchto důvodů je vhodný pro povrchovou konsolidaci a retuše nástěnných maleb affresco a a secco.

Nevýhodou *Klucelu G* je jeho mírný konsolidační efekt, který je dále snižován vlivem stárnutí. Pozitivem je jeho rekonzervovatelnost (neznemožnění budoucích konzervačních zásahů) a také reverzibilita, je trvale rozpustný ve vodě (do 38°C) či alkoholech. Diskutována je mikrobiologická odolnost *Klucelu G*, ta je ovšem dle laboratorních i praktických zkušeností v porovnání s ostatními



konsolidanty standardní [více kap. 3.3.2.1, 3.3.2.2, 3.3.3]. Úspěšné použití *Klucelu E* při konsolidaci středověkých nástěnných maleb v objektech s nevyhovujícím klimatem viz. <sup>345</sup>

#### Ethylester kyseliny křemičité *Funcosil Steinfestiger 100* <sup>346</sup>

"Organokřemičitý prostředek" na bázi etylesteru kyseliny křemičité *Funcosil Steinfestiger 100* se vyznačuje výbornou penetrací do materiálu, výborným konsolidačním efektem a vynikající fyzikální a chemickou stabilitou vzniklého křemičitého gelu. Při dodržení všech aplikačních podmínek a nižším počtu aplikačních cyklů (u konsolidace zpráškovatělé barevné vrstvy nejlépe pouze jednom) nedochází u konsolidovaného materiálu k nežádoucím změnám jeho vlastností, především paropropustnosti, pevnostního profilu a optických vlastností. Při opakované aplikaci může dojít k prohloubení barevné intenzity konsolidovaného materiálu, snížení paropropustnosti a vzniku pevnostního gradientu. Organokřemičité prostředky jsou nereverzibilní, ovšem při správném a cíleném použití splňují požadavek na rekonzervovatelnost konsolidovaného materiálu.

#### Vodná disperze akrylátového polymeru *Primal WS24 a Medium for Consolidation* <sup>347</sup>

Vodné disperze akrylátového polymeru mají přijatelnou penetraci pro účely konsolidace zpráškovatělé barevné vrstvy. Při dodržení všech aplikačních podmínek a lokálním použitím ve velmi nízkých koncentracích (max. 2%) nezpůsobují zásadní nežádoucí změny vlastností konsolidovaného materiálu. Při celoplošném použití, opakované aplikaci nebo použití ve vysokých koncentracích může docházet k výraznému snížení paropropustnosti a smáčivosti, vzniku pevnostního gradientu a změnám optických vlastností povrchu konsolidovaného materiálu (prohloubení barevné intenzity, žloutnutí a vznik lesků). Konsolidační efekt vodných disperzí akrylátového polymeru je výborný. Chemická a fyzikální stabilita je problematická, filmy stárnutím silně degradují. Negativem je dále vysoká citlivost na vlhkost (botnání a zakalení akrylátového filmu). Vzhledem k výše zmíněným vlastnostem nespĺňují akrylátové disperze požadavek na rekonzervovatelnost konsolidovaného materiálu. Jsou nereverzibilní, jejich odstranitelnost se zhoršuje vlivem stárnutí.

Co se týče konkrétních zkoušených vodných disperzí akrylátového polymeru, *Primal WS24* má dle mých osobních zkušeností při restaurátorských akcích Fakulty restaurování Univerzity Pardubice nejlepší výsledky z komerčně dostupných akrylátových disperzí – při použití v koncentracích až do cca 10% nevytváří lesky na povrchu konsolidované malby a nemění její barevnost. <sup>348</sup> Pozitivem tohoto konsolidantu z hlediska penetrace je velmi nízká velikost částic 0,03  $\mu\text{m}$ . <sup>349</sup>

#### Roztok akrylátového polymeru *Paraloid B72* <sup>350</sup>

Kopolymer etylmetakrylátu s metylakrylátem *Paraloid B72* patří k nejstabilnějším akrylátovým polymerům. Má výbornou penetraci do materiálu a výborný konsolidační efekt. Při dodržení všech aplikačních podmínek a lokálním použitím v nízkých koncentracích má stejné vlastnosti jako vodné disperze akrylátových polymerů, stejně tak při užití ve vysokých koncentracích. Při porovnání má roztok *Paraloidu B72* obecně lepší aplikační schopnosti a také vlastnosti výsledného filmu. V průběhu stárnutí filmu nedochází k natolik výraznému zhoršení mechanických vlastností, jako v případě vodných disperzí. Roztoky akrylátového polymeru nespĺňují požadavek na rekonzervovatelnost konsolidovaného materiálu. *Paraloid B72* je nereverzibilní, jeho odstranitelnost se zhoršuje vlivem stárnutí.

## Provedené zkoušky

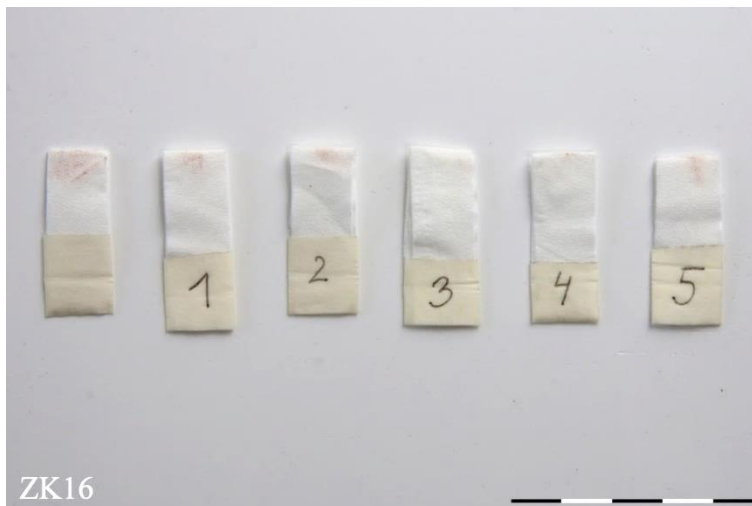
Aplikace materiálů štětcem přes japonský papír.

### ZK16 – zkouška povrchové konsolidace barevné vrstvy, arkáda

1. Klucel G v lihu 3% (ether celulózy)
2. Fungosil Steinfestiger 100 (ethylester kyseliny křemičité)
3. Primal WS24 2% (vodná disperze akrylátového polymeru)
4. Medium for Consolidation 2% (vodná disperze akrylátového polymeru)
5. Paraloid B72 v lihu 3% (roztok akrylátového polymeru)



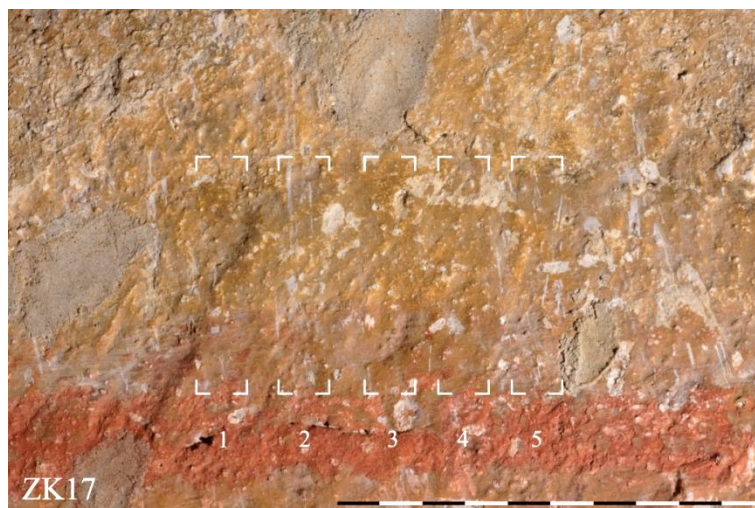
**Obr. 113.** ZK16 – zkouška povrchové konsolidace barevné vrstvy, arkáda.



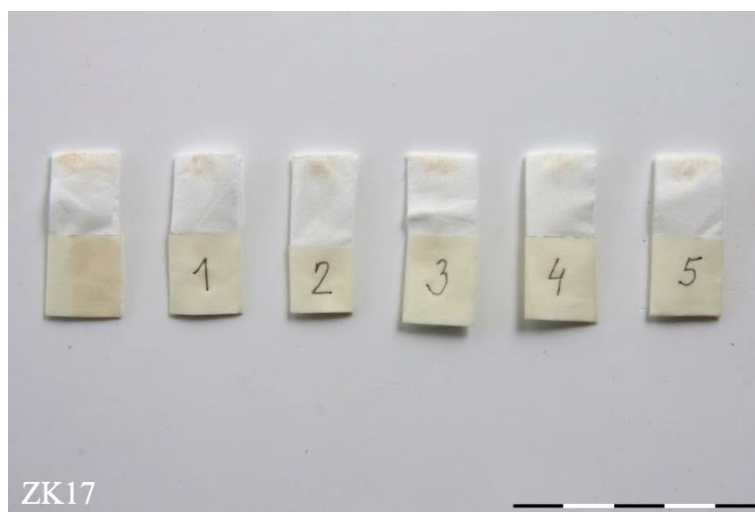
**Obr. 114.** ZK16 – zkouška míry stíratelnosti konsolidované barevné vrstvy. Ubrousky 1–5 odpovídají jednotlivým konsolidantům [srov. Obr. 113.], ubrousek bez čísla byl použit u nekonsolidované malby.

**ZK17 – zkouška povrchové konsolidace barevné vrstvy, šat donátora**

1. Klucel G v lihu 3% (ether celulózy)
2. Fungosil Steinfestiger 100 (ethylester kyseliny křemičité)
3. Primal WS24 2% (vodná disperze akrylátového polymeru)
4. Medium for Consolidation 2% (vodná disperze akrylátového polymeru)
5. Paraloid B72 v lihu 3% (roztok akrylátového polymeru)



**Obr. 115.** ZK17 – zkouška povrchové konsolidace barevné vrstvy, šatu donátora.



**Obr. 116.** ZK17 – zkouška míry stíratelnosti konsolidované barevné vrstvy. Ubrousky 1–5 odpovídají jednotlivým konsolidantům [srov. Obr. 115], ubrousek bez čísla byl použit u nekonsolidované malby.

**ZK18** – zkouška povrchové konsolidace barevné vrstvy, pozadí mezi sv. biskupem a donátorem

1. Klucel G v lihu 3% (ether celulózy)
2. Funcosil Steinfestiger 100 (ethylester kyseliny křemičité)
3. Primal WS24 2% (vodná disperze akrylátového polymeru)
4. Medium for Consolidation 2% (vodná disperze akrylátového polymeru)



**Obr. 117.** ZK18 – zkouška povrchové konsolidace barevné vrstvy, pozadí mezi sv. biskupem a donátorem.

**ZK19** – zkouška povrchové konsolidace barevné vrstvy, šat sv. biskupa

1. Klucel G v lihu 3% (ether celulózy)
2. Primal WS24 2% (vodná disperze akrylátového polymeru)
3. Funcosil Steinfestiger 100 (ethylester kyseliny křemičité)



**Obr. 118.** ZK20 – zkouška povrchové konsolidace barevné vrstvy, šat sv. biskupa.

**ZK20** – zkouška konsolidace nepůvodních retuší a přemaleb, okrový nátěr z r. 1956 na okenní zadržce

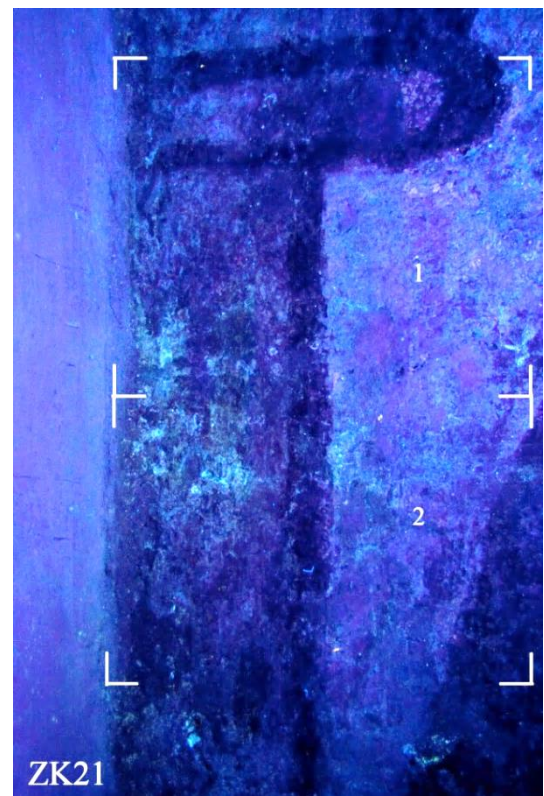
1. Klucel G v lihu 3% (ether celulózy)
2. Primal WS24 2% (vodná disperze akrylátového polymeru)
3. Funcosil Steinfestiger 100 (ethylester kyseliny křemičité)

**ZK21** – rozšířená zkouška povrchové konsolidace a aplikace vybraného konsolidantu, arkáda a pozadí za levou polofigurou

1. Klucel G v lihu 1,5% 2x (ether celulózy) – nástřikem mechanickým rozprašovačem
2. Klucel G v lihu 1,5% 2x (ether celulózy) – štětcem přes japonský papír



**Obr. 119.** ZK21 – rozšířená zkouška povrchové konsolidace a aplikace vybraného konsolidantu, arkáda a pozadí za levou polofigurou.



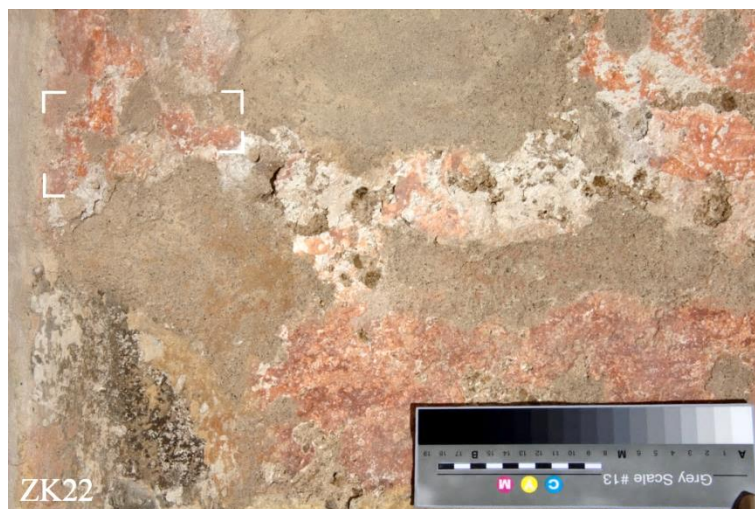
**Obr. 120.** ZK21 – rozšířená zkouška povrchové konsolidace a aplikace vybraného konsolidantu v ultrafialové luminiscenci, arkáda a pozadí za levou polofigurou.

### 7.2.2.3 Dočasná izolace barevné vrstvy

#### Provedené zkoušky

**ZK22** – zkouška dočasného konsolidantu barevné vrstvy, draperie stolu

Cyklododekan ve spreji (alicyklická nepolární sloučenina) – nástřík sprejem



**Obr. 121.** ZK22 – zkouška dočasného konsolidantu barevné vrstvy, draperie stolu. Stav po vysublímování cyklododekanu po cca 1 týdnu od aplikace.

### 7.2.2.4 Strukturální konsolidace nesoudržných omítkových vrstev

#### Literární řešerše ke zkoušeným materiálům

Ethylestery kyseliny křemičité *Funcosil Steinfestiger 100 a 300* <sup>351</sup>

"Organokřemičité prostředky" *Funcosil Steinfestiger 100 a 300* <sup>352</sup> jsou primárně určeny pro konsolidaci silikátových materiálů. S karbonátovými materiály nevytváří křemičitý gel tak silné chemické vazby a jeho mechanické vlastnosti jsou mírně zhoršené. Přesto se i při užití na karbonáty vyznačují výbornou penetrací do materiálu, výborným konsolidačním efektem i v případě silně degradovaného materiálu a vysokou fyzikální a chemickou stabilitou vzniklého křemičitého gelu. Při dodržení všech aplikačních podmínek nedochází u konsolidovaného materiálu k nežádoucím změnám jeho vlastností, především paropropustnosti, porozity a vzniku pevnostního gradientu. Těmito prostředky lze do jisté míry účinně strukturálně konsolidovat také mírně zasolený materiál, ačkoliv přítomnost vodorozpustných solí snižuje kvalitu výsledného křemičitého gelu. Problémem při užití je zvýšená vlhkost v materiálu.

Křemičitý sol ve vodě *Tosil A* <sup>353</sup>

Křemičitý sol ve vodě vykazuje vzhledem ke svému vodnému médiu obecně nižší penetraci do konsolidovaného materiálu. Výsledkem může být nedostatečná konsolidace ve hmotě materiálu, vznik výrazného pevnostního gradientu a estetické změny povrchu materiálu. Ideální pro konsolidaci jsou proto vysoce hrubo-porézní materiály. Pozitivem těchto materiálů je výborný konsolidační efekt i v případě silně degradovaného materiálu. *Tosilem A* lze konsolidovat také mírně vlhký materiál.

Křemičitý nanosol v etanolu *Sebosil S*<sup>354</sup>

Křemičitý nanosol v etanolu *Sebosil S* se užívá pro strukturální konsolidaci dřeva, kamene a omítek a to především v zahraničí. Vzhledem ke svému alkoholovému ředidlu má výbornou penetraci, dále má výborný konsolidační efekt i v případě silně degradovaného materiálu a vysokou fyzikální a chemickou stabilitu vzniklého křemičitého gelu. Při dodržení všech aplikačních podmínek nedochází u konsolidovaného materiálu k nežádoucím změnám jeho vlastností, především paropropustnosti, porozity a vzniku pevnostního gradientu. Těmito prostředky lze do jisté míry účinně strukturálně konsolidovat také mírně zasolený materiál, ačkoliv přítomnost vodorozpustných solí snižuje kvalitu výsledného křemičitého gelu. Problematické je užití na zavlhčený materiál.

Nanosuspenze hydroxidu vápenatého v etanolu *CaLoSil E25 a E50*<sup>355</sup>.

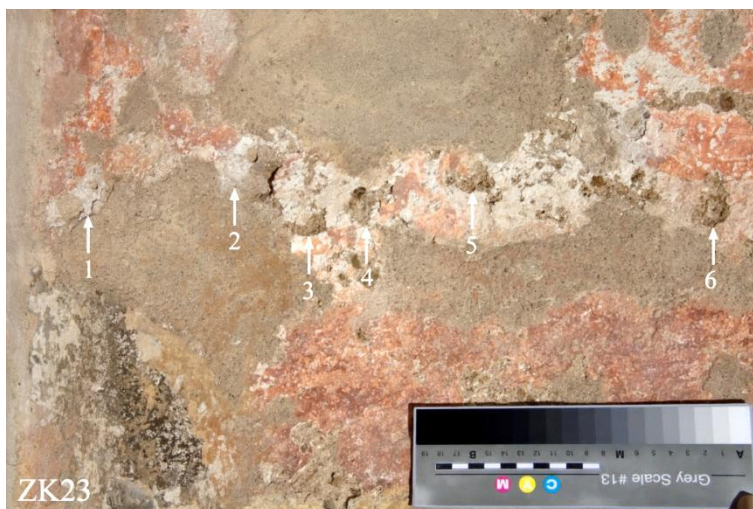
Konsolidant na bázi nanosuspenze hydroxidu vápenatého v etanolu *CaLoSil E25, E50*<sup>356</sup> je plně kompatibilní s materiálem historických vápenných omítek a jeho konsolidační efekt je pro středně degradované materiály výborný. V případě silně degradovaných materiálů je konsolidační efekt obecně nižší než u "organokřemičitých prostředků". Schopnost penetrace se odvíjí především od porozity materiálu. Při dodržení všech aplikačních podmínek nedochází u konsolidovaného materiálu k nežádoucím změnám jeho vlastností, především paropropustnosti, porozity a vzniku pevnostního gradientu. Při snížené penetraci nebo rychlém odpaření rozpouštědla dochází ke vzniku bílého zákalu na povrchu. Problémem při užití *CaLoSilu* je přítomnost vodorozpustných solí a zvýšená vlhkost materiálů.

**Provedené zkoušky**

Aplikace materiálu napuštěním plastovou laboratorní pipetou.

**ZK23 – zkouška strukturální konsolidace omítkových vrstev, draperie stolu**

1. **CaLoSil E50 2x** (vápenná nanosuspenze)
2. **CaLoSil E25 2x** (vápenná nanosuspenze)
3. **Funcosil Steinfestiger 100 2x** (ethylester kyseliny křemičité)
4. **Funcosil Steinfestiger 300 2x** (ethylester kyseliny křemičité)
5. **Tosil A 5% 2x** (křemičitý sol ve vodě)
6. **Sebosil S 5% 2x** (křemičitý sol v etanolu)



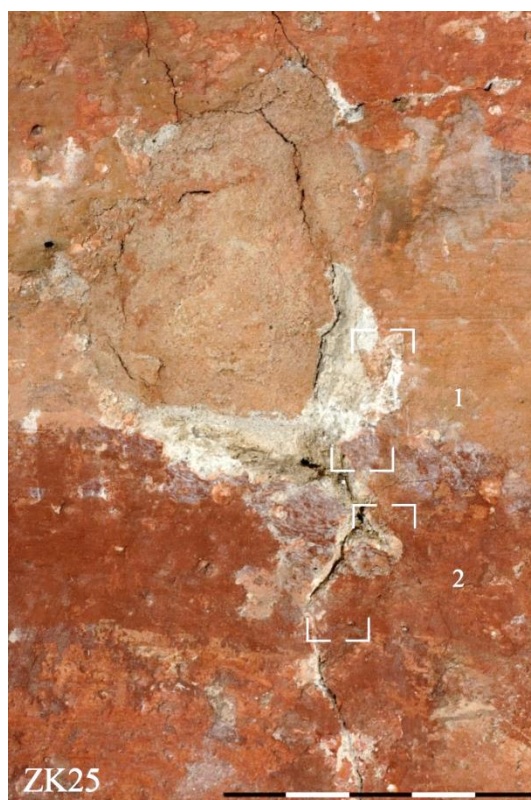
**Obr. 122.** ZK23 – zkouška strukturální konsolidace omítkových vrstev, draperie stolu.

**ZK24 – zkouška strukturální konsolidace omítkových vrstev, stůl**

1. CaLoSil E25 2x (vápenná nanosuspenze)
2. Sebosil S 5% 2x (křemičitý sol v etanolu)
3. Tosil A 5% 2x (křemičitý sol ve vodě)



**Obr. 123.** Zkouška ZK24 – zkouška strukturální konsolidace omítkových vrstev, stůl.

**7.2.2.5 Hlubková konsolidace uvolněných nátěrových a barevných vrstev****Provedené zkoušky****ZK25 – zkouška hloubkové konsolidace vápenných nátěrů s barevnou vrstvou, arkáda**

1. Klucel G v lihu 2,5% 2x (ether celulózy)
2. Primal WS24 5% (vodná disperze akrylátového polymeru)

**Obr. 124.** ZK25 – zkouška hloubkové konsolidace uvolněných vápenných nátěrů s barevnou vrstvou, arkáda.



**ZK26** – zkouška hloubkové konsolidace vápenných nátěrů s barevnou vrstvou, šat sv. biskupa  
Primal WS24 5% (vodná disperze akrylátového polymeru)

**ZK27** – zkouška hloubkové konsolidace vápenných nátěrů s barevnou vrstvou, šat sv. Doroty  
Klucel G v lihu 2,5% 2x (ether celulózy)



**Obr. 125.** ZK26 – zkouška hloubkové konsolidace vápenných nátěrů s barevnou vrstvou, šat sv. biskupa.



**Obr. 126.** ZK27 – zkouška hloubkové konsolidace vápenných nátěrů s barevnou vrstvou, šatu sv. Doroty.

**ZK28** – zkouška hloubkové konsolidace vápenných nátěrů s barevnou vrstvou, draperie stolu  
Sebosil S 10% (křemičitý nanosol v etanolu) s následnou aplikací vápenné vody



**Obr. 127.** ZK28 – zkouška hloubkové konsolidace vápenných nátěrů s barevnou vrstvou, draperie stolu.

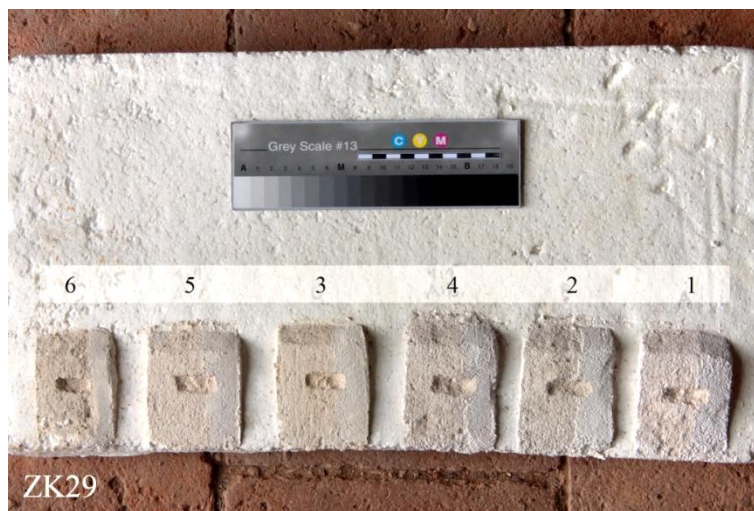
### 7.2.2.6 Tmelení defektů omítkových vrstev.

#### Provedené zkoušky

Poměry jsou uvedeny v hm. dílech.

#### **ZK29** – zkouška maltovin ke tmelení na zkušebním panelu

1. "růžový" písek : vzdušné vápno 1 : 3
2. "šedý" písek : vzdušné vápno 1 : 3
3. "okrový" písek : vzdušné vápno 1 : 3
4. ("růžový" : "šedý" písek 1 : 1) : vzdušné vápno 1 : 3
5. ("růžový" : "okrový" písek 1 : 1) : vzdušné vápno 1 : 3
6. ("růžový" : "okrový" : "šedý" písek 3 : 3 : 0,5) : vzdušné vápno 1 : 4



**Obr. 128.** ZK28 – zkouška maltovin ke tmelení na zkušebním panelu. Zkoušena byla 1) barevnost maltovin a 2) odstranitelnost (tvrdost a pevnost).

#### **ZK30** – zkouška tmelení defektů omítkových vrstev, pozadí za sv. biskupem

Popis a fotografie v následující textové příloze [text. příloha 7.2.2.7].

### 7.2.2.7 Retuše omítkových vrstev a nově provedených tmelů

#### Provedené zkoušky

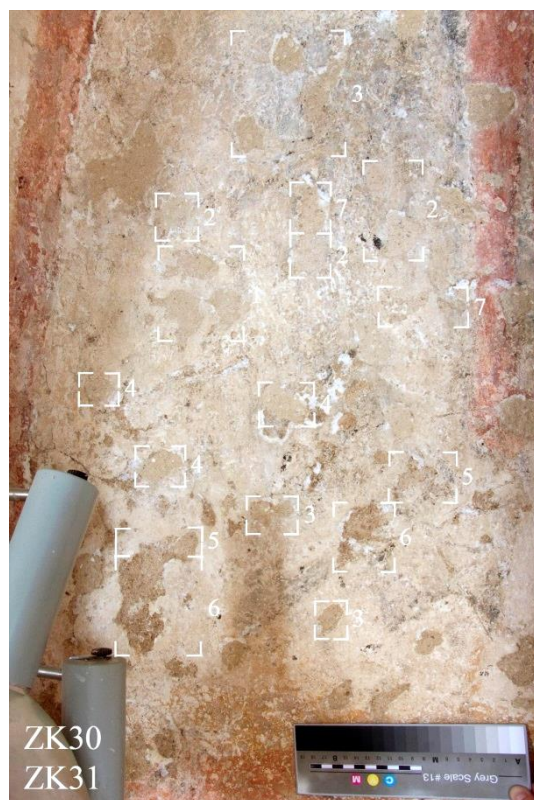
Poměry jsou uvedeny v hm. dílech.

#### **ZK30** – zkouška tmelení defektů omítkových vrstev, pozadí za sv. biskupem

1. ("růžový" : "šedý" písek 1 : 1) : vzdušné vápno 1 : 4
2. ("růžový" : "okrový" písek 1 : 1) : vzdušné vápno 1 : 4
3. ("růžový" : "okrový" : "šedý" písek 3 : 3 : 0,5) : vzdušné vápno 1 : 4,3

#### **ZK31** – zkouška retuší tmelů a konsolidované středověké omítky, pozadí za sv. biskupem

4. ("růžový" : "okrový" : "šedý" písek 3 : 3 : 0,5) : vzdušné vápno 1 : 4,3 – retušováno vápenným mlékem s přidavkem práškových pigmentů zemitých okrů.
5. konsolidovaná středověká omítka v netmelených defektech – retušováno vápenným mlékem s přidavkem práškových pigmentů zemitých okrů.
6. konsolidovaná středověká omítka v netmelených defektech
7. nekonsolidovaná a neretušovaná středověká omítka v netmelených defektech



**Obr. 129.** ZK30 – zkoušky tmelení defektů omítkových vrstev;

ZK31 – zkoušky retuší tmelů a konsolidované středověké omítky, pozadí za sv. biskupem. Pro porovnání sloužily nekonsolidované omítky v netmelených mělkých defektech.



**Obr. 130.** Pozadí za sv. biskupem – po restaurování [srov. Obr. 129.].

### 7.2.3 Použité materiály a technologie

<b>Tab. XIV. Použité materiály a technologie</b>			
<b>Obchodní název</b>	<b>Specifikace</b>	<b>Výrobce / distributor</b>	<b>Použití</b>
<b>Alvol OMK</b>	Neionický tenzid	Výrobce: Chemotex	Průzkum, zkoušky materiálů, čištění
<b>Barevná tabulka a šedá stupnice BST13</b>		Výrobce: Danes-Picta	Dokumentace
<b>Bavlněná vata</b>		Výrobce: Hartmann - Rico	Průzkum, restaurování
<b>Beckmann-Coulter DU©720</b>	VIS spektrometr	Výrobce: Beckmann-Coulter	Průzkum salinity
<b>CaLoSil E 25 a E 50</b>	Nanosuspenze hydroxidu vápenatého v etanolu	Výrobce: IBZ Freiberg	Průzkum, zkoušky materiálů
<b>Comet S3631</b>	Digitálním měřicím teploměrem / vlhkoměrem s externí teplotní sondou	Výrobce: Comet System	Průzkum klimatu
<b>Canon EOS 50E</b>	Fotoaparát	Výrobce: Canon	Dokumentace
<b>Cyklododekan</b>	Alicyklická nepolární sloučenina	Distributor: Art protect	Průzkum, zkoušky materiálů, izolace barevné vrstvy
<b>Deionizovaná voda</b>		Technologická laboratoř Katedry chemické technologie Fakulty restaurování Univerzity Pardubice	Průzkum, zkoušky materiálů, čištění
<b>Dremel 300 JF</b>	Mikrobruska	Výrobce: Dremel	Odkryv
<b>Etanol bezvodý</b>		Výrobce: Zavar	Průzkum, zkoušky materiálů
<b>FLIR FC 3000</b>	Infračervená kamera	Výrobce: Flir	Průzkum
<b>Funcosil Steinfestiger 100, 300</b>	Ethylester kyseliny křemičité	Výrobce: Remmers	Průzkum, zkoušky materiálů
<b>Höhnle UVA Spot 400 T</b>	Ultrafialová lampa	Výrobce: Höhnle UV technology	Průzkum, zkoušky restaurování
<b>Mino Tengujo 9 g / m<sup>2</sup></b>	Japonský papír	Distributor: Ceiba	Průzkum, zkoušky materiálů, ochranné přelepy
<b>Kladívko restaurátorské</b>			Odkryv
<b>Klucel G</b>	Hydroxypropylcelulóza	Výrobce: Aqualon	Průzkum, zkoušky materiálů, povrchová a hloubková konsolidace, ochranné přelepy
<b>Křída plavená malířská</b>		Výrobce: Kittfort	Průzkum, zkoušky

			materiálů, hloubková konsolidace
<b>Láh technický</b>	Směs – etanol, propan-2-ol, butanol, denatonium benzoate	Výrobce: Severochema Liberec	povrchová a hloubková konsolidace, ochranné přelepy, strukturální konsolidace
<b>Medium for Consolidation</b>	Vodná disperze akrylátového polymeru	Výrobce: Lascaux	Průzkum, zkoušky materiálů
<b>Ledan TA1</b>	Směs na bázi hydraulického vápna	Výrobce: Tecno Edile Toscana	Hloubková konsolidace
<b>NIKON COOLPIX 990</b>	Optický mikroskop	Výrobce: Nikon	Laboratorní průzkum
<b>NIKON Eclipse 600</b>	Digitální foto zařízení k optickému mikroskopu	Výrobce: Nikon	Laboratorní průzkum
<b>NIKON SMZ 800</b>	Stereomikroskope	Výrobce: Nikon	Laboratorní průzkum
<b>Paraloid B72</b>	Kopolymer etylakrylátu s metylmetakrylátem	Výrobce: Rohm & Haas	Průzkum, zkoušky materiálů
<b>Primal WS 24</b>	Vodná disperze akrylátového polymeru obsahující styrenakrylát a čistý akrylát	Distributor: Kremer Pigmente	Průzkum, zkoušky materiálů, hloubková konsolidace
<b>Pigmenty práškové</b>		Distributor: Art protect	Retuš
<b>Písky říční</b>		Sklad Fakulty restaurování Univerzity Pardubice	Průzkum, zkoušky materiálů, tmelení
<b>Pitná voda</b>		Místní zdroj	
<b>Sebosil S</b>	Dezalkalizovaný křemičitý nanosol v etanolu	Výrobce: Kallies Feinchemie AG	Průzkum, zkoušky materiálů, strukturální konsolidace
<b>Spofakryl</b>	Dvousložková metakrylátová pryskyřice	SpofaDental a.s	Příprava vzorků pro laboratorní průzkum
<b>Ševcovské šídlo</b>			Průzkum, zkoušky materiálů, čištění, odkryv
<b>Skalpel oční</b>		Výrobce: Medin	Průzkum, zkoušky materiálů, čištění, odkryv
<b>Štětec štětinový</b>		Výrobce: Spokar	Průzkum, zkoušky materiálů, čištění, odkryv
<b>Štětec štětinový čistící</b>		Výrobce: Leonhardy	Průzkum, zkoušky materiálů, čištění, odkryv
<b>Štětec vlasový Seidenmalpinsel 30</b>		Výrobce: DaVinci	Průzkum, zkoušky materiálů, čištění
<b>Tamron AF SP 90mm F/2.8 Di Macro</b>	Makro-objektiv	Výrobce: Tamron	Dokumentace

<b>Tosil A</b>	Křemičitý sol ve vodě	Výrobce: InHeat	Průzkum, zkoušky materiálů
<b>Testo 635</b>	kapacitní vlhkoměr/teploměr	Výrobce: Testo	Průzkum klimatu
<b>Vápenná kaše z bílého vzdušného vápna</b>		Distributor: Aqua obnova staveb	Zkoušky materiálů, tmelení, retuš
<b>Viskovita</b>	porézní syntetická houba	Výrobce: Spontex	Průzkum, zkoušky materiálů, čištění
<b>Wallmaster</b>	houba z latexové gumy	Distributor: Ceiba	Průzkum, zkoušky materiálů
<b>Winsor &amp; Newton Artists' Water Colour</b>	akvarelové barvy	Výrobce: Winsor & Newton	Retuš
<b>Wishab soft</b>	houba jemná	Distributor: Ceiba	Průzkum, zkoušky materiálů

## 7.3 Textové přílohy teoretické části diplomové práce

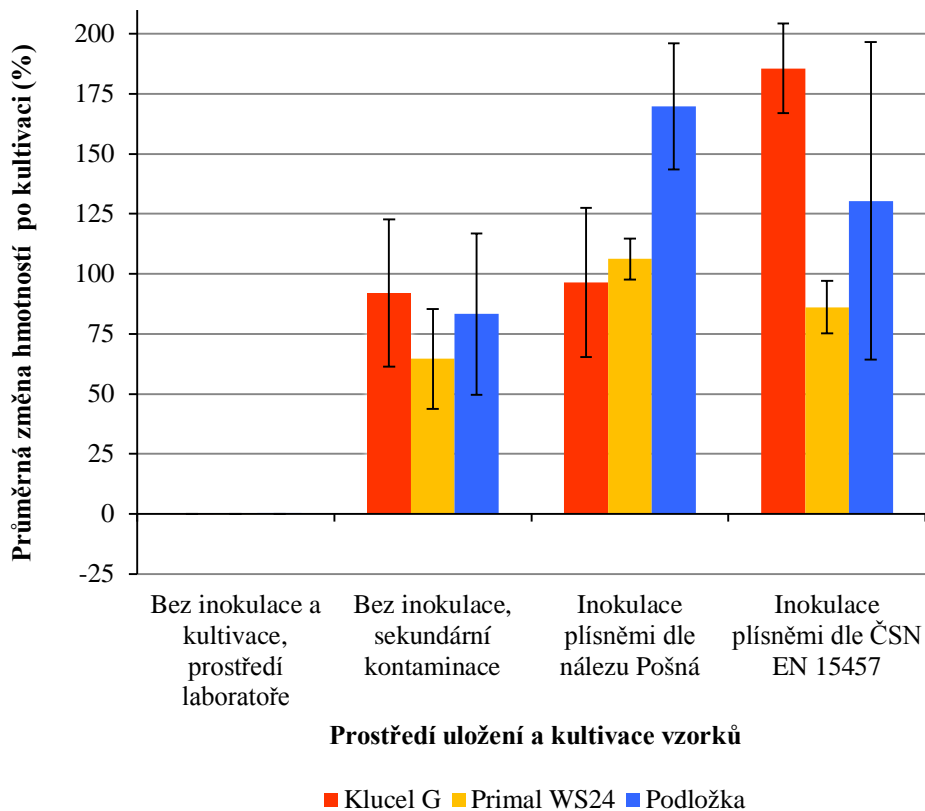
### 7.3.1 Výsledky, tabulky a grafy laboratorních zkoušek

#### 7.3.1.1 Měření pH

Tab. XV. Měření pH povrchu vzorku dotykovým pH metrem						
Materiál	Bez inokulace a kultivace, prostředí laboratoře Hodnoty pH			Kultivace – neúplná živá půda Hodnoty pH		
	1. sada vzorků	2. sada vzorků	Průměr 1. a 2. sady vzorků	3. sada vzorků Inokulace plísněmi dle nálezů Pošná	4. sada vzorků Inokulace plísněmi dle ČSN EN 15457	Průměr 3. a 4. sady vzorků
<b>Klucel G</b>	4,57 <sup>Vz. 1</sup>	4,83 <sup>Vz. 2</sup>	4,70	4,30 <sup>Vz. 21</sup>	4,41 <sup>Vz. 18</sup>	4,36
<b>Primal WS 24</b>	4,40 <sup>Vz. 39</sup>	4,75 <sup>Vz. 40</sup>	4,58	4,37 <sup>Vz. 57</sup>	4,49 <sup>Vz. 56</sup>	4,43
<b>Podložka</b>	4,39 <sup>Vz. 77</sup>	4,96 <sup>Vz. 78</sup>	4,68	4,84 <sup>Vz. 24</sup>	4,95 <sup>Vz. 63</sup>	4,90

## 7.3.1.2 Stanovení hmotnostních změn – kultivace na úplné živné půdě

Graf XV. Hmotnostní změny po kultivaci plísní na úplné živné půdě

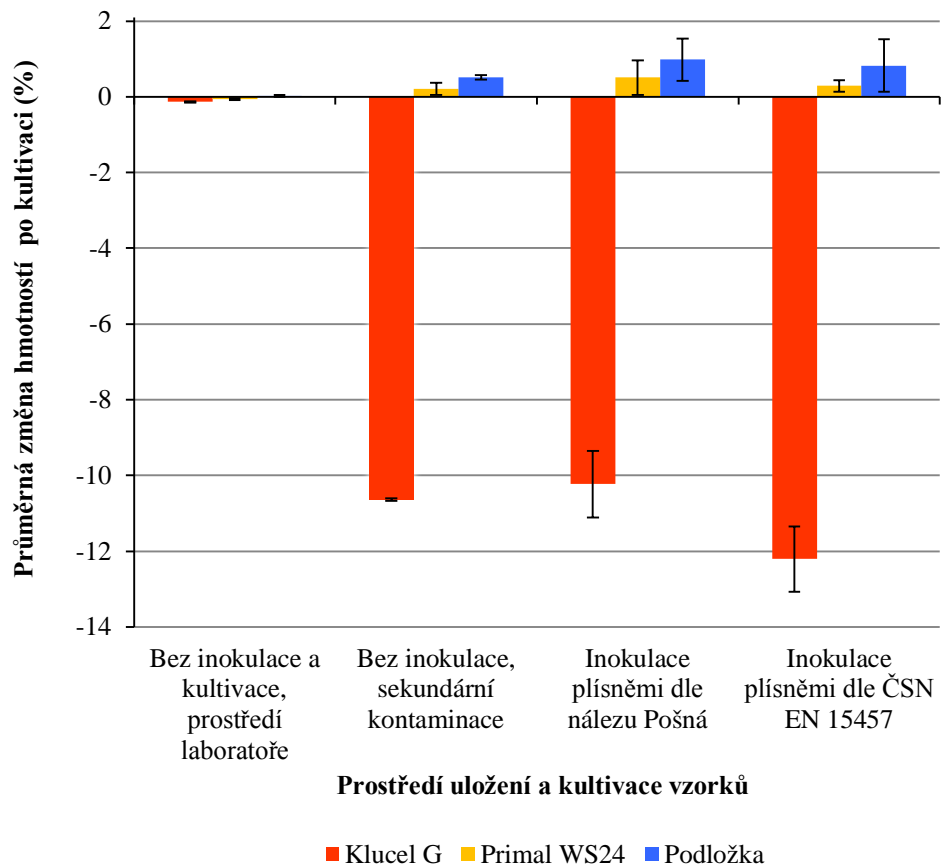




Tab. XVI. Průměrné změny hmotností po kultivaci na úplné živné půdě										
Hmotnosti	Bez inokulace a kultivace, prostředí laboratoře		Kultivace – úplná živá půda							
			Bez inokulace, sekundární kontaminace		Inokulace plísněmi dle nálezu Pošná		Inokulace plísněmi dle ČSN EN 15457		Inokulace plísněmi dle nálezu Pošná a ČSN EN 15457	
			Průměr hmotností (g)	Směrodatná odchylka (g)	Průměr hmotností (g)	Směrodatná odchylka (g)	Průměr hmotností (g)	Směrodatná odchylka (g)	Průměr hmotností (g)	Směrodatná odchylka (g)
<b>Klucel G</b>										
Hmotnost podložky	0,1906	0,0265	0,1957	0,0093	0,1984	0,0025	0,1972	0,0166	0,1978	0,0106
Hmotnost vzorku s konsolidantem	0,2212	0,0328	0,2225	0,0155	0,2207	0,0039	0,2266	0,0147	0,2237	0,0102
Hmotnost filmu konsolidantu	0,0307	0,0063	0,0268	0,0062	0,0223	0,0016	0,0294	0,0020	0,0258	0,0042
Hmotnost vzorku po kultivaci	0,2209	0,0328	0,4247	0,0386	0,4341	0,0735	0,6486	0,0757	0,5413	0,1351
Rozdíl hmotnosti po kultivaci	-0,0003	0,0000	0,2023	0,0541	0,2134	0,0713	0,4220	0,0625	0,3177	0,1290
Průměrná změna hmotností po kultivaci (%)	-0,14	0,02	91,99	30,72	96,50	31,12	185,67	18,59	141,08	53,95
<b>Primal WS24</b>										
Hmotnost podložky	0,2169	0,0023	0,1965	0,0059	0,2153	0,0089	0,2080	0,0139	0,2117	0,0112
Hmotnost vzorku s konsolidantem	0,2427	0,0004	0,2200	0,0091	0,2407	0,0097	0,2330	0,0134	0,2369	0,0113
Hmotnost filmu konsolidantu	0,0258	0,0020	0,0235	0,0032	0,0254	0,0013	0,0250	0,0011	0,0252	0,0011
Rozdíl hmotnosti před a po kultivaci	0,2425	0,0003	0,3630	0,0608	0,4961	0,0153	0,4345	0,0487	0,4653	0,0467
Rozdíl hmotnosti po kultivaci	-0,0002	0,0001	0,1431	0,0517	0,2554	0,0152	0,2015	0,0363	0,2284	0,0386
Průměrná změna hmotností po kultivaci (%)	-0,06	0,03	64,61	20,82	106,27	8,53	86,13	10,99	96,20	14,11
<b>Podložka</b>										
Hmotnost podložky	0,2229	0,0017	0,1975	0,0091	0,2074	0,0146	0,2019	0,0090	0,2047	0,0113
Hmotnost vzorku po kultivaci	0,2230	0,0016	0,3603	0,0496	0,5572	0,0145	0,4612	0,1133	0,5092	0,0893
Rozdíl hmotnosti po kultivaci	0,0000	0,0001	0,1629	0,0588	0,3497	0,0280	0,2594	0,1220	0,3046	0,0934
Průměrná změna hmotností po kultivaci (%)	0,02	0,03	83,25	33,61	169,81	26,18	130,41	66,17	150,11	49,91

## 7.3.1.3 Stanovení hmotnostních změn – kultivace na neúplně živné půdě

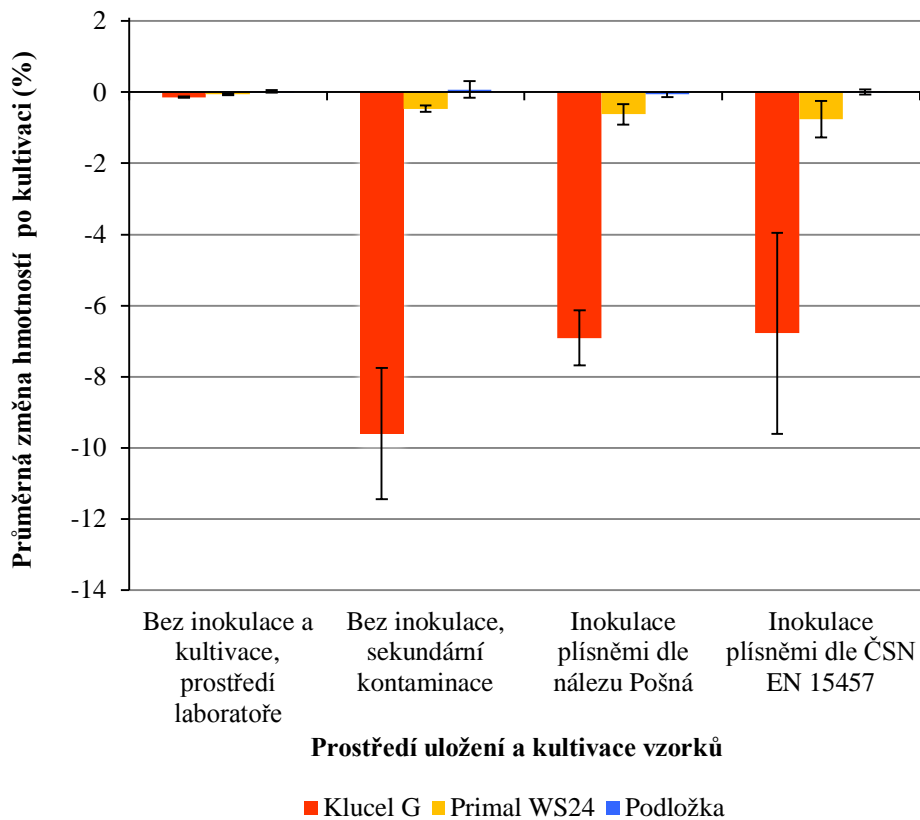
Graf XVI. Hmotnostní změny po kultivaci plísní na neúplně živné půdě



Tab. XVII. Průměrné změny hmotností po kultivaci na neúplné živné půdě										
Hmotnosti	Bez inokulace a kultivace, prostředí laboratoře		Kultivace – neúplná živá půda							
			Bez inokulace, sekundární kontaminace		Inokulace plísněmi dle nálezu Pošná		Inokulace plísněmi dle ČSN EN 15457		Inokulace plísněmi dle nálezu Pošná a ČSN EN 15457	
			Průměr hmotností (g)	Směrodatná odchylka (g)	Průměr hmotností (g)	Směrodatná odchylka (g)	Průměr hmotností (g)	Směrodatná odchylka (g)	Průměr hmotností (g)	Směrodatná odchylka (g)
<b>Klucel G</b>										
Hmotnost podložky	0,1906	0,0265	0,1943	0,0098	0,2005	0,0195	0,1933	0,0217	0,1969	0,0189
Hmotnost vzorku s konsolidantem	0,2212	0,0328	0,2195	0,0107	0,2253	0,0210	0,2224	0,0247	0,2238	0,0205
Hmotnost filmu konsolidantu	0,0307	0,0063	0,0252	0,0010	0,0248	0,0024	0,0291	0,0036	0,0270	0,0036
Hmotnost vzorku po kultivaci	0,2209	0,0328	0,1962	0,0097	0,2023	0,0195	0,1953	0,0221	0,1988	0,0190
Rozdíl hmotností po kultivaci	-0,0003	0,0000	-0,0234	0,0011	-0,0230	0,0024	-0,0271	0,0032	-0,0251	0,0034
Průměrná změna hmotností po kultivaci (%)	-0,14	0,02	-10,64	0,04	-10,23	0,88	-12,21	0,86	-11,22	1,34
<b>Primal WS24</b>										
Hmotnost podložky	0,2169	0,0023	0,1998	0,0079	0,1984	0,0120	0,2190	0,0026	0,2087	0,0137
Hmotnost vzorku s konsolidantem	0,2427	0,0004	0,2257	0,0064	0,2228	0,0142	0,2474	0,0078	0,2351	0,0170
Hmotnost filmu konsolidantu	0,0258	0,0020	0,0259	0,0016	0,0244	0,0027	0,0285	0,0057	0,0264	0,0046
Rozdíl hmotností před a po kultivaci	0,2425	0,0003	0,2262	0,0060	0,2239	0,0142	0,2481	0,0075	0,2360	0,0167
Rozdíl hmotností po kultivaci	-0,0002	0,0001	0,0004	0,0004	0,0011	0,0010	0,0007	0,0004	0,0009	0,0007
Průměrná změna hmotností po kultivaci (%)	-0,06	0,03	0,20	0,16	0,51	0,46	0,29	0,15	0,40	0,33
<b>Podložka</b>										
Hmotnost podložky	0,2229	0,0017	0,1986	0,0240	0,1820	0,0142	0,2075	0,0151	0,1947	0,0192
Hmotnost vzorku po kultivaci	0,2230	0,0016	0,1996	0,0240	0,1837	0,0134	0,2092	0,0143	0,1964	0,0187
Rozdíl hmotností po kultivaci	0,0000	0,0001	0,0010	0,0000	0,0017	0,0008	0,0017	0,0013	0,0017	0,0010
Průměrná změna hmotností po kultivaci (%)	0,02	0,03	0,51	0,06	0,98	0,55	0,82	0,69	0,90	0,57

## 7.3.1.4 Stanovení hmotnostních změn – kultivace bez živné půdy

Graf XVII. Hmotnostní změny po kultivaci plísni bez živné půdy



Tab. XVIII. Průměrné změny hmotností po kultivaci bez živné půdy										
Hmotnosti	Bez inokulace a kultivace, prostředí laboratoře		Kultivace – bez živné půdy							
			Bez inokulace, sekundární kontaminace		Inokulace plísněmi dle nálezů Pošná		Inokulace plísněmi dle ČSN EN 15457		Inokulace plísněmi dle nálezů Pošná a ČSN EN 15457	
			Průměr hmotností (g)	Směrodatná odchylka (g)	Průměr hmotností (g)	Směrodatná odchylka (g)	Průměr hmotností (g)	Směrodatná odchylka (g)	Průměr hmotností (g)	Směrodatná odchylka (g)
<b>Klucel G</b>										
Hmotnost podložky	0,1906	0,0265	0,1984	0,0034	0,1917	0,0085	0,1953	0,0068	0,1935	0,0071
Hmotnost vzorku s konsolidantem	0,2212	0,0328	0,2251	0,0062	0,2157	0,0082	0,2242	0,0087	0,2200	0,0089
Hmotnost filmu konsolidantu	0,0307	0,0063	0,0267	0,0028	0,0240	0,0015	0,0288	0,0019	0,0264	0,0031
Hmotnost vzorku po kultivaci	0,2209	0,0328	0,2034	0,0014	0,2009	0,0092	0,2089	0,0063	0,2049	0,0083
Rozdíl hmotnosti po kultivaci	-0,0003	0,0000	-0,0217	0,0047	-0,0149	0,0011	-0,0153	0,0068	-0,0151	0,0044
Průměrná změna hmotností po kultivaci (%)	-0,14	0,02	-9,59	1,84	-6,91	0,77	-6,78	2,83	-6,84	1,86
<b>Primal WS24</b>										
Hmotnost podložky	0,2169	0,0023	0,2088	0,0077	0,2046	0,0067	0,1937	0,0162	0,1992	0,0126
Hmotnost vzorku s konsolidantem	0,2427	0,0004	0,2347	0,0170	0,2277	0,0072	0,2184	0,0139	0,2231	0,0111
Hmotnost filmu konsolidantu	0,0258	0,0020	0,0260	0,0093	0,0231	0,0009	0,0247	0,0023	0,0239	0,0018
Rozdíl hmotnosti před a po kultivaci	0,2425	0,0003	0,2336	0,0167	0,2263	0,0075	0,2168	0,0148	0,2216	0,0117
Rozdíl hmotnosti po kultivaci	-0,0002	0,0001	-0,0011	0,0003	-0,0014	0,0006	-0,0016	0,0011	-0,0015	0,0008
Průměrná změna hmotností po kultivaci (%)	-0,06	0,03	-0,47	0,09	-0,62	0,28	-0,75	0,51	-0,68	0,38
<b>Podložka</b>										
Hmotnost podložky	0,2229	0,0017	0,2089	0,0134	0,2096	0,0039	0,2067	0,0083	0,2081	0,0060
Hmotnost vzorku po kultivaci	0,2230	0,0016	0,2090	0,0129	0,2094	0,0039	0,2067	0,0083	0,2081	0,0060
Rozdíl hmotnosti po kultivaci	0,0000	0,0001	0,0001	0,0005	-0,0001	0,0002	0,0000	0,0002	0,0000	0,0002
Průměrná změna hmotností po kultivaci (%)	0,02	0,03	0,08	0,24	-0,06	0,07	0,02	0,07	-0,02	0,08

## 7.3.2 Použité materiály a technologie

Tab. XIX. Použité materiály a technologie			
Obchodní název	Specifikace	Výrobce / distributor	Použití
<b>Agar-agar</b>	Polysacharid extrahovaný z mořské řasy rodů Gelidium, Gracilaria aj.	Výrobce: Serva, Distributor BioTech	Příprava živných půd
<b>Ajatin Plus</b>	Antiseptický a dezinfekčním přípravkem na bázi kvartémních amoniových sloučenin – benzyl(alkyl)dimethylamoni chloridy, bromidy nebo hydroxidy	Výrobce: Profarma-produkt	Zneškodnění živných půd po kultivaci
<b>Bavlněná vata</b>	Slisované celulóžové vláknenné rouno	Výrobce: Hartmann-Rico	
<b>Destilovaná voda</b>		Biologická laboratoře Oddělení péče o fyzický stav archiválií Národního archivu v Praze	Příprava zásobního roztoku minerálních solí, zdroj vlhkosti v inkubátoru
<b>Gallenkamp</b>	Inkubátor	Výrobce: Weiss Technik UK	Kultivace zkušebních tělísek
<b>Gemini</b>	Laminární box s UV lampou (253,7 nm, 15 W)	Výrobce: Steril S. p. A.	Sterilizace zkušebních tělísek
<b>D-glukóza monohydrát, p. a.</b>		Lachner	Příprava úplné živné půdy Czapek-Dox
<b>HollyTex 81 g / m<sup>2</sup></b>	Netkaná textilie z polyesterových vláken	Distributor: Ceiba	Podložka pod filmy konsolidantů
<b>Kern ABT 120-4M</b>	Analytické váhy	Výrobce: Verkon	Vázková analýza, stanovení změn hmotnosti
<b>Klucel G</b>	Hydroxypropylcelulóza	Výrobce: Aqualon	Zkoušený konsolidant
<b>Kultury plísní:</b> <i>Penicillium sp., Cladosporium sp., Acremonium sp., Chaetomium sp., Humicola sp., Aspergillus versicolor, Aspergillus niger, Stachybotris chartarum, Penicillium purpurogenum, Rhodotorula mucilaginosa</i>		Biologická laboratoře Oddělení péče o fyzický stav archiválií Národního archivu v Praze	Příprava sporových suspenzí k inokulaci
<b>Lih technický</b>	Směs – ethanol, propan-2-ol, butanol, denatonium benzoate	Výrobce: Severochema Liberec	Příprava konsolidantů, čištění podložky
<b>NaOH, p. a.</b>	Hydroxid sodný	Lachema	Úprava pH při přípravě živných půd
<b>Nikon SMZ-U</b>	Optický mikroskop	Výrobce: Nikon	Mikroskopické pozorování

<b>Orion 370 PerpHecT® LogR® Meter</b>	Dotykový pH metru	Výrobce: Orion	Měření pH povrchu vzorků
<b>Petriho misky</b>		Výrobce: Technosklo	Kultivace zkušebních vzorků
<b>Primal WS 24</b>	Vodná disperze akrylátového polymeru obsahující styrenakrylát a čistý akrylát	Distributor: Kremer Pigmente	Zkoušený konsolidant
<b>Sanyo MAC – 235EX 30</b>	Autokláv	Výrobce: Sanyo	Starilizace zkušebních vzorků
<b>Tween 80</b>	Tenzid složením polyoxyethylensorbitan monooleát	Výrobce: Sigma-Aldrich	Příprava sporových suspenzí
<b>Zásobní roztok minerálních solí:</b> NaNO <sub>3</sub> , KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> , K <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub> , MgSO <sub>4</sub> . 7H <sub>2</sub> O, KCl FeSO <sub>4</sub> . 7H <sub>2</sub> O, vše čistota p. a.		Lachema	Příprava živných půd Czapek-Dox

## 8 POZNÁMKY

- 1 Obr. s grafickým zákresem rozměrů byl vytvořen MgA. Janou Dunajskou v r. 2012.
- 2 HEJHAL, Petr. *Pravěké a raně středověké osídlení české části Českomoravské vrchoviny*. Brno, 2009. Doktorská dizertační práce. Masarykova univerzita v Brně, Filozofická fakulta, Ústav archeologie a muzeologie. Kap. Pošná (okres Pelhřimov): Kostel sv. Bartoloměje, s. 233–235. Dostupné z: [http://is.muni.cz/th/8771/ff\\_d/DIZERTACE.pdf](http://is.muni.cz/th/8771/ff_d/DIZERTACE.pdf).  
     POCHE, Emanuel. *Umělecké Památky Čech: Sv. 3 [P–Š]*. Praha: Academia, 1980. Kap. Pošná, s. 142–143.  
     SOUKUP, Josef. *Soupis památek historických a uměleckých v království Českém: Politický okres pelhřimovský*. Praha: Česká akademie císaře Františka Josefa pro vědy, slovesnost a umění, 1903, č. 18. Kap. Pošná: Kostel zasvěcený sv. Bartoloměji, s. 228–232. Dostupné z: [http://depositum.cz/knihovny/pamatky/tiskclanek.php?id=c\\_6071](http://depositum.cz/knihovny/pamatky/tiskclanek.php?id=c_6071).
- 3 viz. Helhal, 2009 (pozn. 2), s. 233. Podle jiné interpretace je zmíněnou Pošnou rozuměna zaniklá obec v okolí Starého Hrozenkova.
- 4 viz. Hejhal, 2009 (pozn. 2), s. 233.
- 5 FIŠER, František. *Zpráva: o konzervaci gotických nástěnných maleb ve farním kostele sv. Bartoloměje v Pošné u Pacova*. Praha, 1956. Spis je uložen v Národním archivu ve fondu Státní památková správa.  
     PECHOVÁ, Oliva. MINISTERSTVO KULTURY, STÁTNÍ PAMÁTKOVÁ SPRÁVA. *Pošná, far. kostel, restaurování gotických nástěnných maleb, dokončení a proplacení práce*. Praha, 1956. Spis je uložen v Národním archivu ve fondu Státní památková správa.
- 6 viz. Soukup, 1903 (pozn. 2), obr. 283, s. 228. Zde vidíme okna obdélná.  
     Archivní fotografie kostela z r. 1955–1956, uložena v Národním archivu ve fondu Státní památková správa. Zde vidíme okna obdélná, segmentově uzavřená.
- 7 viz. Fišer, 1956, *Zpráva* (pozn. 5); Pechová, 1956, *Pošná, far. kostel, dokončení a proplacení práce* (pozn. 5).
- 8 viz. Helhal, 2009 (pozn. 2), Poche, 1980 (pozn. 2), Soukup, 1903 (pozn. 2).
- 9 viz. Hejhal, 2009 (pozn. 2), s. 233.
- 10 viz. Poche, 1980 (pozn. 2), s. 142.
- 11 viz. Soukup, 1903 (pozn. 2), s. 229.  
     viz. Poche, 1980 (pozn. 2), s. 142.
- 12 viz. Helhal, 2009 (pozn. 2).  
     viz. Poche, 1980 (pozn. 2).  
     viz. Soukup, 1903 (pozn. 2).
- 13 viz. Poche, 1980 (pozn. 2), s. 142.  
     viz. Soukup, 1903 (pozn. 2), s. 228.
- 14 viz. Poche, 1980 (pozn. 2), s. 142.  
     viz. Soukup, 1903 (pozn. 2), s. 229–232.
- 15 MĚŘIČKA, Oldřich. *Pošná – kostel sv. Bartoloměje: Projektová dokumentace*. Pacov, Pošná: 1991, s. 2, 4, 7–8.
- 16 viz. Poche, 1980 (pozn. 2), s. 143.
- 17 Obr. převzat a upraven viz. Pošná kostel – Foto. *Foto.mapy.cz* [online]. [cit. 2013-02-14]. Dostupné z: [http://im.foto.mapy.cz/orig/000/04f/00004fe5b\\_9f0653](http://im.foto.mapy.cz/orig/000/04f/00004fe5b_9f0653).
- 18 viz. Soukup, 1903 (pozn. 2), s. 229.



- 19 viz. Soukup, 1903 (pozn. 2), s. 228.
- 20 viz. Fišer, 1956, *Zpráva* (pozn. 2).  
viz. Pechová, *Pošná, far. kostel, dokončení a proplacení práce* (pozn. 5).
- 21 viz. Poche (pozn. 2).
- 22 viz. Poche (pozn. 2).  
HRINDA, Lukáš a Jaroslav J. ALT. UNIVERZITA PARDUBICE, FAKULTA RESTAUROVÁNÍ. *První část restaurátorského průzkumu omítkových a barevných vrstev interiéru kostela sv. Bartoloměje v Pošné*. Litomyšl, 2010. Archiv Ing. Oldřicha Měříčky, vikariátního stavebního technika Římskokatolické farnosti Pelhřimov, s. 2–3.
- 23 viz. Fišer, 1956, *Zpráva* (pozn. 5).  
viz. Pechová, 1956, *Pošná, far. kostel, dokončení a proplacení práce* (pozn. 5).
- 24 viz. Fišer, 1956, *Zpráva* (pozn. 5).  
viz. Pechová, 1956, *Pošná, far. kostel, dokončení a proplacení práce* (pozn. 5).
- 25 viz. Fišer, 1956, *Zpráva* (pozn. 5).
- 26 viz. Poche, 1956 (pozn. 2).
- 27 viz. Hrinda, 2010 (pozn. 22).
- 28 viz. Hrinda, 2010 (pozn. 22).
- 29 viz. Hrinda, 2010 (pozn. 22).
- 30 viz. Hrinda, 2010 (pozn. 22).
- 31 Pojem "pekovaním" vyjadřuje speciální úpravu staré omítkové vrstvy před nahozením nové, s účelem lepší mechanické přídržnosti nové omítky. Povrch stávající omítky byl mechanicky rozrušen sítí jamkovitých vseků (tzv. peků), provedených většinou špičatým nástrojem.
- 32 viz. Poche, 1980 (pozn. 2).
- 33 signatura SPS, karton 416, složka Pošná
- 34 PECHOVÁ, Oliva. MINISTERSTVO KULTURY, STÁTNÍ PAMÁTKOVÁ SPRÁVA. *Pošná, far. kostel, proplacení faktury Charity*. Praha, 1956. Spis je uložen v Národním archivu ve fondu Státní památková správa.
- 35 viz. Pechová, 1956, *Pošná, far. kostel, proplacení faktury Charity* (pozn. 34).
- 36 MINISTERSTVO KULTURY, STÁTNÍ PAMÁTKOVÁ SPRÁVA. *Faktura za doplňkové práce k restaurování nástěnných maleb v kostele v Pošné u Pacova – pokyn k proplacení z prostředků pro památkové úpravy*. Praha, 1956. Spis je uložen v Národním archivu ve fondu Státní památková správa.  
viz. Pechová, 1956, *Pošná, far. kostel, proplacení faktury Charity* (pozn. 34).
- 37 CHARITA – CHRÁMOVÁ SLUŽBA. *Faktura č. 1284/56*. Praha, 1956. Spis je uložen v Národním archivu ve fondu Státní památková správa.  
viz. Pechová, 1956, *Pošná, far. kostel, proplacení faktury Charity* (pozn. 34).
- 38 PECHOVÁ, Oliva. MINISTERSTVO KULTURY, STÁTNÍ PAMÁTKOVÁ SPRÁVA. *Pošná u Pacova, far. kostel, restaurování gotických maleb, zadání práce F. Fišerovi*. Praha, 1956. Spis je uložen v Národním archivu ve fondu Státní památková správa.
- 39 FIŠER, František. *Účet: za konzervační práce malířské ve farním kostele v Pošné u Pacova*. Praha, 1956. Spis je uložen v Národním archivu ve fondu Státní památková správa.  
viz. Fišer, 1956, *Zpráva* (pozn. 5).
- 40 viz. Fišer, 1956, *Zpráva* (pozn. 5).
- 41 FIŠER, František. *Nabídka: na konzervaci gotických nástěnných maleb ve farním kostele v Pošné*. Praha, 1956. Spis je uložen v Národním archivu ve fondu Státní památková správa.

- viz. Ministerstvo kultury, 1956 (pozn. 36); Pechová, 1956, *Pošná, far. kostel, proplacení faktury Charity* (pozn. 34).
- 42 MAŠÍN, Jiří. *Románská nástěnná malba v Čechách a na Moravě*. Praha: Nakladatelství Československé akademie věd., 1954, s. 17, 19.
- 43 viz. Mašín, 1954 (pozn. 42), s. 33.
- 44 VOSÁTKA, J. JIHOČESKÝ PODNIK PRO ÚDRŽBU PAMÁTEK TÁBOR, PROJEKČNÍ STŘEDISKO. *Pošná – kostel sv. Bartoloměje: Stavebně technický průzkum – statika*. Tábor, 1990.
- 45 HAMPL, Petr. *Restaurátorský průzkum: kostel sv. Bartoloměje, obec Pošná, okres Pelhřimov, Pacov, 2004*.
- 46 NOVOTNÝ, Josef. *Orientační rozšířený průzkum pro stanovení postupu oprav omítek v interiéru kostela sv. Bartoloměje v Pošné*. Josef Novotný, restaurátor, Nad Závěrkou 17, 160 00 Praha 8. Praha, 2005.
- 47 BALÍK, Michal. *Návrh snížení vlhkosti zdiva v úrovni projektu pro stavební povolení: technická zpráva*. Ateliér Ing. Michaela Balíka, CSc. Praha, 2008.
- 48 viz. Hrinda, 2010 (pozn. 22).
- 49 Fotografie z archivu Římskokatolické farnosti Pošná.
- 50 MERHAUTOVÁ, Anežka a Dušan TŘEŠTÍK. *Románské umění v Čechách a na Moravě*. Praha: Odeon, 1983, s. 206.
- 51 viz. Mašín, 1954 (pozn. 42), obr. 49.
- 52 viz. Mašín, 1954 (pozn. 42), obr. 50.
- 53 Budova a její vlastnosti. *Energetika* [online]. [cit. 2012-02-05]. Dostupné z: <http://hestia.energetika.cz/encyklopedie/3.htm>
- HEJHÁLEK, Jiří. Difuze vodní páry v konstrukci. *Stavebnictví a interiér* [online]. roč. 2005, č. 13, s. 16 [cit. 2012-02-05]. Dostupné z: <http://www.stavebnictvi3000.cz/pdf/1473.pdf>.
- Přednáška Ing. Pavla Šťastného, CSc., MBA na téma *Vlhkost, příčiny a následky, omezení a odstranění* na Fakultě restaurování Univerzity Pardubice v r. 2011.
- Přednášky Ing. Karola Bayera k výuce předmětu *Technologie restaurování a konzervace nástěnné malby a sgrafita* na Fakultě restaurování Univerzity Pardubice v letech 2007–2010.
- TRIBULOVÁ, Terezie. *Laboratorní projekt II: Průzkum nástěnných maleb a zdiva v presbytáři kostela sv. Jiljí v Uhlířských Janovicích*. Praha, 2011. Semestrální práce. Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, Fakulta chemické technologie.
- 54 viz. Hejhal, 2009 (pozn. 2).
- 55 viz. Měřička, 1991 (pozn. 15).
- 56 viz. Bayer, 2007–2010, *Přednášky* (pozn. 53).
- viz. Budova a její vlastnosti, 2012 (pozn. 53).
- viz. Hejhálek, 2005 (pozn. 53).
- viz. Šťastný, 2011 (pozn. 53).
- viz. Tribulová, 2011, *Laboratorní projekt* (pozn. 53).
- TŘESOHLAVÁ, Magdalena. *Průzkum a restaurování fragmentů nástěnných maleb na východní stěně presbytáře kostela sv. Martina v obci Sankt Martin (Dolní Rakousko)*. Litomyšl, 2010. Praktická diplomová práce. Univerzita Pardubice, Fakulta restaurování, kap. Průzkum klimatických podmínek, s. 27–29; Průzkum obsahu vlhkosti v omítkách, s. 29–30; Průzkum salinity omítek, s. 30–32; Vyhodnocení restaurátorského průzkumu, s. 35–36.
- 57 viz. Vosátka, 1990 (pozn. 44).
- 58 viz. Hejhal, 2009 (pozn. 2).

- 59 Fotografie z archivu Římskokatolické farnosti Pošná.
- 60 viz. Vosátka, 1990 (pozn. 44).
- 61 viz. Novotný, 2005 (pozn. 46).
- 62 ČSN P 73 0610. Hydroizolace staveb – Sanace vlhkého zdiva – Základní ustanovení. Praha: Český normalizační institut, 2000.
- 63 viz. Balík, 2008 (pozn.47).
- 64 viz. Bayer, 2007–2010, *Přednášky* (pozn. 53).
- 65 viz. ČSN P 73 0610, 2000 (pozn. 62).
- 66 viz. ČSN P 73 0610, 2000 (pozn. 62).
- 67 viz. Bayer, 2007–2010, *Přednášky* (pozn. 53).
- 68 viz. Bayer, 2007–2010, *Přednášky* (pozn. 53).  
viz. Štastný, 2011 (pozn. 53).
- 69 viz. ČSN P 73 0610, 2000 (pozn. 62).
- 70 viz. Bayer, 2007–2010, *Přednášky* (pozn. 53).  
viz. Štastný, 2011 (pozn. 53).
- 71 BACÍLKOVÁ, Bronislava. NÁRODNÍ ARCHIV, ODDĚLENÍ PÉČE O FYZICKÝ STAV ARCHIVÁLIÍ, BIOLOGICKÁ LABORATOŘ. *Mikrobiologické zkoušky: Kostel v Pošné*. Praha, 2011.  
BACÍLKOVÁ, Bronislava. NÁRODNÍ ARCHIV, ODDĚLENÍ PÉČE O FYZICKÝ STAV ARCHIVÁLIÍ, BIOLOGICKÁ LABORATOŘ. *Mikrobiologické zkoušky: Pošná kostel sv. Bartoloměje*. Praha, 2012.
- 72 BACÍLKOVÁ, Bronislava. *Biologická degradace materiálů*. Institut restaurování a konzervačních technik Litomyšl, o.p.s. Litomyšl, 2000, kap. Ochrana zdraví, s. 13.
- 73 Dle interního výzkumu PhMr. Bronislavy Bacílkové z Biologické laboratoře Oddělení péče o fyzický stav archiválií Národního archivu v Praze je množství cca do 10 kolonií, analyzovaných kultivací stěru daného materiálu z plochy 10 cm<sup>2</sup> na půdě sladidového a Czapek-Doxova živného agaru přirozené pro životní prostředí.
- 74 ČERNÝ, Miroslav a Miroslav NĚMEČEK. *Mikroklima v historických interiérech*. Praha: Národní památkový ústav, ústřední pracoviště, 2011. ISBN 978-80-87104-82-8.  
FÁRA, Pavel. *Sanace vlhkého zdiva*. Praha: Společnost pro technologie ochrany památek, 2003. ISBN 80-86657-02-7.  
SPOLEČNOST PRO TECHNOLOGIE OCHRANY PAMÁTEK. *Památky a vnitřní klima: Odborný seminář*. Praha: Společnost pro technologie ochrany památek, 1998.
- 75 viz. Vosátka, 1990 (pozn. 44).
- 76 viz. Hejhal, 2009 (pozn. 2).
- 77 viz. Balík, 2008 (pozn. 47), s. 3.
- 78 viz. Balík, 2008 (pozn. 47), s. 2–4.
- 79 viz. Bayer, 2007–2010, *Přednášky* (pozn. 53).  
viz. Štastný, 2011 (pozn. 53).  
Přednášky Ing. Petra Justy k výuce předmětu *Technologie restaurování: Klimatologie* na Fakultě restaurování Univerzity Pardubice v letech 2010–2011.
- 80 viz. Bayer, 2007–2010, *Přednášky* (pozn. 53).  
viz. Štastný, 2011 (pozn. 53).  
viz. Justa, 2010–2011 (pozn. 79).

- 81** CANEVA, Giulia, Maria Pia NUGARI a Ornella SALVADORI. *Biology in the conservation of works of art*. Rome: ICCROM, 1991. ISBN 92-9077-101-1.
- 82** DOHNAL, Vlastimil a Daniel JUN. Metody detekce a identifikace plísní. *KONTAKT: odborný a vědecký časopis pro zdravotně sociální otázky*. 2012, vol. XIV, no. 4, s. 497–504. ISSN 1804-7122. Dostupné z: <http://casopis-zsfju.zsf.jcu.cz/kontakt/administrace/clankyfile/20121214132306867963.pdf>
- CAPPITELLI, Francesca a Claudia SORLINI. Microorganisms Attack Synthetic Polymers in Items Representing Our Cultural Heritage. *Applied and Environmental Microbiology*. American Society for Microbiology, 2008, vol. 74, no. 3, s. 564–569. DOI: 10.1128/AEM.01768-07. Dostupné z: <http://aem.asm.org/content/74/3/564.full.pdf+html>
- Lišejník. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001–6. 5. 2013 v 13: 15 [cit. 2013-05-16]. Dostupné z: <http://cs.wikipedia.org/wiki/Lišejník>
- Řasy. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001–6. 5. 2013 v 12: 51 [cit. 2013-05-16]. Dostupné z: <http://cs.wikipedia.org/wiki/Řasy>
- SKORKOVSKÝ, Bohuslav et al. *Mikroorganismy jako průvodci degradace archiválií*. Praha: Archivní správa ministerstva vnitra ČSR, 1981, kap. Mikroskopické houby – plísně, s. 23–28.
- 83** viz. Bayer, 2007–2010, *Přednášky* (pozn. 53).  
viz. Štastný, 2011 (pozn. 53).  
viz. Justa, 2010–2011 (pozn. 79).
- 84** viz. Bayer, 2007–2010, *Přednášky* (pozn. 53).  
viz. Štastný, 2011 (pozn. 53).  
viz. Justa, 2010–2011 (pozn. 79).
- 85** viz. Bayer, 2007–2010, *Přednášky* (pozn. 53).  
viz. Štastný, 2011 (pozn. 53).  
viz. Justa, 2010–2011 (pozn. 79).
- 86** viz. Bayer, 2007–2010, *Přednášky* (pozn. 53).  
viz. Štastný, 2011 (pozn. 53).  
viz. Justa, 2010–2011 (pozn. 79).
- 87** viz. Bacílková, 2000, *Biologická degradace materiálů* (pozn. 72).
- 88** viz. Budova a její vlastnosti, 2012 (pozn. 53).  
viz. Hejhálek, 2005 (pozn. 53).  
viz. Justa, 2010–2011 (pozn. 79).
- 89** viz. Budova a její vlastnosti, 2012 (pozn. 53).  
viz. Hejhálek, 2005 (pozn. 53).  
viz. Justa, 2010–2011 (pozn. 79).
- 90** viz. Hrinda, 2010 (pozn. 22).
- 91** viz. Hrinda, 2010 (pozn. 22), s. 3–4.
- 92** viz. Třesohlavá (pozn. 56), s. 25.
- 93** viz. Hrinda, 2010 (pozn. 22).
- 94** viz. Hrinda, 2010 (pozn. 22).
- 95** viz. Hrinda, 2010 (pozn. 22).
- 96** Komparovány byly výsledky dílčích analýz:

- 1) CIBULKOVÁ, Jana. VYSOKÁ ŠKOLA CHEMICKO-TECHNOLOGICKÁ V PRAZE, CENTRÁLNÍ LABORATOŘE, LABORATOŘ RENTGENOVÉ DIFRAKTOMETRIE. *Analýza vzorků z kostela sv. Bartoloměje v Pošné*. Praha, 2012.
- 2) TRIBULOVÁ, Tereza. VYSOKÁ ŠKOLA CHEMICKO-TECHNOLOGICKÁ V PRAZE, ÚSTAV CHEMICKÉ TECHNOLOGIE RESTAUROVÁNÍ PAMÁTEK. *Průzkum nástěnných maleb a omítek v presbytáři kostela sv. Bartoloměje v Pošné*. Praha, 2012.
- 97 viz. Tribulová, 2012, *Průzkum nástěnných maleb* (pozn. 96).
- 98 viz. Cibulková, 2012 (pozn. 96).  
viz. Tribulová, 2012, *Průzkum nástěnných maleb* (pozn. 96).
- 99 viz. Tribulová, 2012, *Průzkum nástěnných maleb* (pozn. 96).
- 100 viz. Cibulková, 2012 (pozn. 96).  
viz. Tribulová, 2012, *Průzkum nástěnných maleb* (pozn. 96).
- 101 viz. Tribulová, 2012, *Průzkum nástěnných maleb* (pozn. 96).
- 102 viz. Tribulová, 2012, *Průzkum nástěnných maleb* (pozn. 96).
- 103 viz. Tribulová, 2012, *Průzkum nástěnných maleb* (pozn. 96).
- 104 LESNIAKOVÁ, Petra. UNIVERZITA PARDUBICE, FAKULTA RESTAUROVÁNÍ, KATEDRA CHEMICKÉ TECHNOLOGIE. *Chemicko-technologický průzkum: Kostel sv. Bartoloměje, Pošná*. Litomyšl, 2012.
- 105 viz. Lesniaková, 2012 (pozn. 104), s. 2.
- 106 Komparovány byly výsledky dílčích analýz:  
1) mikrochemických reakcí, které provedla Ing. Evy Dytrychová z Katedry chemické technologie Fakulty restaurování v Litomyšli Univerzity Pardubice,  
2) infračervené spektrometrie FTIR, které byly provedeny viz. MIŠKOVÁ, Linda a Miroslava NOVOTNÁ. Vysoká škola chemicko-technologická v praze, Centrální laboratoře, laboratoř molekulové spektrometrie. *Analýza vzorků z kostela sv. Bartoloměje v Pošné*. Praha, 2012.
- 107 Komparovány byly výsledky dílčích analýz:  
1) viz. Myšková, 2012 (pozn. 106),  
2) viz. Tribulová, 2012, *Průzkum nástěnných maleb* (pozn. 96).  
Názvosloví a složení pigmentů viz. BAYER, Karol. *Pigmenty*. Fakulta restaurování, Univerzita Pardubice. Litomyšl. Skripta pro studenty předmětu Technologie restaurování.
- 108 Vlastnosti viz. BARTHELMY, David. Lemanskiite Mineral Data. [Http://webmineral.com](http://webmineral.com) [online]. © 1997–2010 [cit. 2013-08-17]. Dostupné z: <http://webmineral.com/data/Lemanskiite.shtml#Ug90xWd8Sy4>
- 109 viz. Bayer, *Pigmenty* (pozn. 107).
- 110 Vyhodnocení REM-EDS a optické mikroskopie provedeno Ing. Karolem Bayerem z FR UPCE v r. 2013.
- 111 viz. Tribulová, 2012, *Průzkum nástěnných maleb* (pozn. 96).
- 112 Komparovány byly výsledky REM-EDS a optické mikroskopie, vyhodnocení bylo provedeno ve spolupráci s Ing. Karolem Bayerem z FR UPCE.  
Názvosloví a složení pigmentů viz. Bayer, *Pigmenty* (pozn. 107).
- 113 Provedeno v r. 2013 Ing. Karolem Bayerem v laboratoři KChT FR UPCE.
- 114 Provedeno v r. 2013 Ing. Karolem Bayerem v laboratoři KChT FR UPCE.
- 115 *The Athens Charter for the Restoration of Historic Monuments*. First International Congress of Architects and Technicians of Historic Monuments. Athens, 1931. Dostupné z: [http://www.icomos.org/docs/athens\\_charter.html](http://www.icomos.org/docs/athens_charter.html)  
BRANDI, Cesare. *Teorie restaurování*. Kutná Hora: Tichá Byzanc, 2000. ISBN 80-86359-03-4.

Mezinárodní charta o zachování a restaurování památek a sídel. In: *Mezinárodní dokumenty ICOMOS o ochraně kulturního dědictví* [online]. Praha: Český národní komitét ICOMOS, 2001, s. 4–5. [cit. 2011-03-18]. Dostupné z: <http://www.krusta.cz/download.php?soubor=6>.

**116** viz. Mezinárodní charta, 2001 (pozn. 115), s. 4.

**117** viz. Brandi, 2000 (pozn. 115), s. 27.

**118** MAPA GMBH – SPONTEX INDUSTRIEPRODUKTE. *Viscovita* [online]. 2011 [cit. 2013-01-22]. Dostupné z: [http://www.viskovita.de/inhalt\\_en/01\\_home\\_01.html](http://www.viskovita.de/inhalt_en/01_home_01.html)

**119** NAVRÁTILOVÁ, Michaela. *Tenzidy a jejich využití pro odstraňování nečistot z objektů s barevnými povrchovými úpravami*. Litomyšl, 2010. Teoretická bakalářská práce. Univerzita Pardubice, Fakulta restaurování, Katedra chemické technologie.

**120** viz. Navrátilová, 2010 (pozn. 119).

**121** PAULUSOVÁ, Hana. STÁTNI ÚSTŘEDNÍ ARCHIV v PRAZE. *Využití cyklododekanu pro přechodnou fixaci vodorozpustných barviv*. Osobní archiv Mgr. art. Veroniky Kopecké, vedoucí Ateliéru restaurování uměleckých děl na papíru Fakulty restaurování Univerzity Pardubice.

viz. Bayer, 2007–2010, *Přednášky* (pozn. 107).

**122** viz. Lesniaková, 2012 (pozn. 104).

**123** RATHOUSKÝ, Jiří a Jan BÁRTA. AQUA OBNOVA STAVEB. Technický list. Vápenná kaše. Praha, 2009. Dostupné z: [http://www.aquabarta.cz/4\\_stahuj/tech\\_listy/Vapenna\\_kase.pdf](http://www.aquabarta.cz/4_stahuj/tech_listy/Vapenna_kase.pdf)

**124** viz. Tribulová, 2012, *Průzkum nástěnných maleb* (pozn. 96).

**125** viz. Tribulová, 2012, *Průzkum nástěnných maleb* (pozn. 96).

**126** viz. Tribulová, 2012, *Průzkum nástěnných maleb* (pozn. 96).

**127** LEDAN TA1 (LEDAN D2). *CSC Stavby s.r.o. - KrustaShop.cz* [online]. 2013 [cit. 2013-01-22]. Dostupné z: [http://krustashop.cscstavby.cz/index.php?main\\_page=product\\_info&products\\_id=3273](http://krustashop.cscstavby.cz/index.php?main_page=product_info&products_id=3273)

**128** KITTFORT. Technický list. *Křída plavená malířská*. Praha, 2010. Dostupné z: [http://www.kittfort.cz/products/pdf\\_download/tech\\_listy/tl-krida\\_plavena.pdf](http://www.kittfort.cz/products/pdf_download/tech_listy/tl-krida_plavena.pdf)

**129** viz. Lesniaková, 2012 (pozn. 104).

**130** Winsor & Newton Artists' Water Colour: *Perfecting the Fine Art of Water Colours*. London: Winsor & Newton, 2005. Dostupné z: <http://www.winsornewton.com/assets/Leaflets/awcenglish.pdf>

**131** Česká republika. Zákon České národní rady o státní památkové péči (ve znění zákona ČNR č. 425/1990 Sb.). In: *Sbírka zákonů*. 1987.

**132** Mikroorganismus. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001–27. 3. 2013 v 07: 56 [cit. 2013-05-16]. Dostupné z: <http://cs.wikipedia.org/wiki/Mikroorganismus>

**133** WASSERBAUER, Richard. Biodeteriorace stavebních materiálů a konstrukcí. *Zpravodaj STOP: Biopoškození stavebních materiálů*. Slaný: Společnost pro technologie ochrany památek, 2004, Vol. 6. No. 2, s. 45 - 55. ISSN: 1212-4168, kap. Symptomatologie a diagnóza biodeteriorací staveb, s. 47.

**134** viz. Skorkovský, 1981 (pozn. 82), s. 15.

**135** KUČEROVÁ, Irena a Jelena PAŘÍKOVÁ. Dezinfekce – součást preventivní péče o historické materiály. *Zpravodaj STOP: Biopoškození stavebních materiálů*. Slaný: Společnost pro technologie ochrany památek, 2004, Vol. 6. No. 2, s. 14–20. ISSN: 1212-4168, s. 18.

**136** viz. Skorkovský, 1981 (pozn. 82), s. 15, s. 23.

**137** KUBIČKA, Roman a Jiří ZELINGER. *Výkladový slovník: Malířství, grafika, restaurátorství*. Praha: Grada Publishing, 2004. ISBN 80-247-9046-7, kap. Polymery, s. 226.

Polymer. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001–8. 3. 2013 v 02: 12 [cit. 2013-05-18]. Dostupné z: <http://cs.wikipedia.org/wiki/Polymer>

- 138** viz. Skorkovský, 1981 (pozn. 82), s. 15, s. 19–23.
- 139** viz. Caneva, 1991 (pozn. 81).  
viz. Cappitelli, 2008 (pozn. 82).  
GU, Ji-Dong. Microbiological deterioration and degradation of synthetic polymeric materials: recent research advances. *International Biodeterioration & Biodegradation*. 2003, v. 52, n. 2. DOI: [http://dx.doi.org/10.1016/S0964-8305\(02\)00177-4](http://dx.doi.org/10.1016/S0964-8305(02)00177-4), ISSN: 0964-8305.
- MOHAN, S Krishna a Tanu SRIVASTAVA. Microbial deterioration and degradation of polymeric materials. *Journal of Biochemical Technology*. 2010, Vol 2, No 4, s. 210–215. ISSN: 0974-2328, s. 212. Dostupné z: [http://www.jbiochemtech.com/index.php/jbt/article/viewFile/JBT245/pdf\\_6](http://www.jbiochemtech.com/index.php/jbt/article/viewFile/JBT245/pdf_6)
- 140** viz. Caneva, 1991 (pozn. 81).
- 141** SCHORNÝ, Lukáš. *Soužití kamenných památek a dřevin v exteriéru*. Litomyšl, 2012. Bakalářská práce. Univerzita Pardubice, Fakulta restaurování, Ateliér restaurování kamene a souvisejících materiálů. Dostupné z: <http://dspace.upce.cz/bitstream/10195/48464/3/1BP-verze%2015.8.%20text%20kostky%20se%20zad%C3%A1n%C3%ADm.pdf>
- 142** viz. Gu, 2003 (pozn. 139), kap. Bioteriation of polymeric materials, s. 71–79.  
viz. Mohan, 2010 (pozn. 139), s. 212.
- 143** viz. Caneva, 1991 (pozn. 81), s. 41.  
viz. Skorkovský, 1981 (pozn. 82), s. 16.
- 144** viz. Caneva, 1991 (pozn. 81), s. 87.  
viz. Skorkovský, 1981 (pozn. 82), s. 16.
- 145** viz. Bacílková, 2000, *Biologická degradace materiálů* (pozn. 72), s. 1–3.
- 146** viz. Mohan, 2010 (pozn. 139), s. 211
- 147** viz. Bacílková, 2000, *Biologická degradace materiálů* (pozn. 72), část Plísně, s. 2.
- 148** viz. Caneva, 1991 (pozn. 81), s. 14–21.
- 149** viz. Cappitelli, 2008 (pozn. 82), s. 565.
- 150** KOTLÍK, Petr. *Stavební materiály historických objektů*. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, 2007. ISBN 978-80-7080-347-9, kap. Bakterie, s. 66–67.  
viz. Kubička, 2004 (pozn. 137), kap. Bakterie, s. 21.  
viz. Skorkovský, 1981 (pozn. 82), kap. Baktérie, s. 17–22.
- 151** Bakterie. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001–6. 5. 2013 v 16: 22 [cit. 2013-05-16]. Dostupné z: <https://cs.wikipedia.org/wiki/Bakterie>
- 152** viz. Kotlík, 2007 (pozn. 150), s. 66.  
viz. Kubička, 2004 (pozn. 137), s. 21.  
viz. Skorkovský, 1981 (pozn. 82), s. 22.
- 153** viz. Dohnal, 2012 (pozn. 82), s. 498.
- 154** viz. Bacílková, 2000, *Biologická degradace materiálů* (pozn. 72), část Plísně, kap. Plísně, s. 1–3.  
viz. Kotlík, 2007 (pozn. 150), kap. Řasy, s. 68.  
viz. Kubička, 2004 (pozn. 137), kap. Houby a plísně, s. 86–87.  
viz. Skorkovský, 1981 (pozn. 82), kap. Mikroskopické houby – plísně, s. 23–28.
- 155** viz. Bacílková, 2000, *Biologická degradace materiálů* (pozn. 72), část Plísně, s. 2.
- 156** viz. Bacílková, 2000, *Biologická degradace materiálů* (pozn. 72), část Řasy, lišejníky, mechy, kap. Sinice a řasy, s. 1–2.

- viz. Kotlík, 2007 (pozn. 150), kap. Řasy, s. 67.
- viz. Kubička, 2004 (pozn. 137), kap. Řasy, lišejníky a mechy, s. 260; Lišejník (pozn. 81); Řasy (pozn. 81).
- 157** viz. Bacílková, 2000, *Biologická degradace materiálů* (pozn. 72), část. Řasy, lišejníky, mechy, s. 1.
- 158** viz. Kotlík, 2007 (pozn. 150), kap. Koroze – příčiny a analýza, s. 57–80.
- 159** viz. Mohan, 2010 (pozn. 139), s. 211.
- 160** FELLER, Robert L. a WILT. *Evaluation of cellulose ethers for conservation*. Marina del Rey: The Getty Conservation Institute, 1990. Research in conservation, 3. ISBN 0-89236-099-2. Dostupné z: [http://www.getty.edu/conservation/publications\\_resources/pdf\\_publications/pdf/ethers.pdf](http://www.getty.edu/conservation/publications_resources/pdf_publications/pdf/ethers.pdf). Kap. Standards of stability s. 37–45.
- 161** KUČEROVÁ, Irena. Úvod do problematiky biokoroze materiálů památkových objektů. *Zpravodaj STOP: časopis Společnosti pro technologie ochrany památek*. Slaný: Společnost pro technologie ochrany památek, 2004, Vol. 6. No. 2, s. 4–7. ISSN: 1212-4168, s. 4.
- viz. Mohan, 2010 (pozn. 139), s. 210.
- 162** viz. Dohnal, 2012 (pozn. 82), s. 498.
- 163** viz. Mohan, 2010 (pozn. 139), s. 212
- 164** viz. Gu, 2003 (pozn. 139), kap. Bioteriation of polymeric materials, s. 71–79.
- 165** viz. Mohan, 2010 (pozn. 139), s. 210.
- 166** viz. Bacílková, 2000, *Biologická degradace materiálů* (pozn. 72), část Plísně, s. 1.
- viz. Dohnal, 2012 (pozn. 82).
- 167** viz. Cappitelli, 2008 (pozn. 82).
- Extracellular polymeric substance. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001–4 May 2013 at 10: 01 [cit. 2013-05-15]. Dostupné z: [http://en.wikipedia.org/wiki/Extracellular\\_polymeric\\_substance](http://en.wikipedia.org/wiki/Extracellular_polymeric_substance)
- viz. Mohan, 2010 (pozn. 139), s. 213
- 168** viz. Extracellular polymeric substance (pozn. 167).
- 169** viz. Caneva, 1991 (pozn. 81), kap. Composite Materials, s. 65–67.
- 170** viz. Dohnal, 2012 (pozn. 82).
- viz. Gu, 2003 (pozn. 139).
- 171** viz. Bacílková, 2000, *Biologická degradace materiálů* (pozn. 72), část Plísně, s. 4.
- 172** Odběrové tampóny. ASKER S.R.O. *Asker* [online]. 2013 [cit. 2013-05-22]. Dostupné z: <http://www.asker.cz/sortiment/vysetreni---odbery/odberove-tampony-.htm>
- Odběrové tampóny DNA. *4n6shop* [online]. 2009–2013 [cit. 2013-05-22]. Dostupné z: <http://www.4n6shop.cz/category/krimi/odberove-tampony-dna/34>
- viz. Skorkovský, 1981 (pozn. 82), s. 51–50.
- 173** SAIZ-JIMENEZ, C. INSTITUTO DE RECURSOS NATURALES Y AGROBIOLOGIA. Biodeterioration: An Overview of the State-of-the-Art and Assessment of Future Directions. Dostupné z: [http://www.arcchip.cz/w08/w08\\_saiz\\_jimenez.pdf](http://www.arcchip.cz/w08/w08_saiz_jimenez.pdf)
- 174** viz. Saiz-Jimenez (pozn. 173).
- 175** viz. Saiz-Jimenez (pozn. 173).
- 176** viz. Dohnal, 2012 (pozn. 82), s. 501–502.
- 177** viz. Dohnal, 2012 (pozn. 82), s. 499



**178** BACÍLKOVÁ, Bronislava. Použití mikroskopu pro rychlou diagnostiku plísní na historickém materiálu. In: SPOLEČNOST PRO TECHNOLOGIE OCHRANY PAMÁTEK. *Mikrologické poškození sbírek 2000: odborný seminář*. Praha: Národní muzeum, 2000, s. 21–23.

KOPECKÁ, Ivana a Vratislav NEJEDLÝ. *Průzkum historických materiálů: Analytické metody pro restaurování a památkovou péči*. Praha: Grada, 2005. ISBN 80-247-1060-9, kap. Neinvazivní a nedestruktivní analytické metody, které používají světlo o různých vlnových délkách a jejichž výstupem je obraz, s. 28–29.

**179** viz. Dohnal, 2012 (pozn. 82).

**180** viz. Dohnal, 2012 (pozn. 82).

**181** viz. Dohnal, 2012 (pozn. 82).

viz. Gu, 2003 (pozn. 139), kap. Kap. Testing methodologies, s. 81.

viz. Mohan, 2010 (pozn. 139), kap. Test methods for biodegradable polymers, s. 213; kap. Field tests, s. 213–214; kap. Simulation tests, s. 214; kap. Laboratory tests, s. 214.

viz. Wasserbauer, 2004 (pozn. 133), kap. Symptomatologie a diagnóza biodeteriorací staveb, s. 45–46.

**182** viz. Gu, 2003 (pozn. 139), kap. Biodeterioration of cultural heritage materials, s. 79–80; kap. Prevention and detection of biodeterioration, s. 80–81; kap. Conclusions, s. 81–82.

**183** ABDEL-KAREEM, Omar. Evaluating the combined efficacy of polymers with fungicides for protection of museum textiles against fungal deterioration in Egypt. *Polish journal of microbiology*. Warsaw, 2010, vol. 59, no. 4, s. 271–280. Dostupné z: <http://www.pjm.microbiology.pl/archive/vol5942010271.pdf>

ABDEL-KAREEM, Omar. Microbiological testing of Polymers and resins used in conservation of Linen Textiles. In: *15th World Conference on Nondestructive Testing Roma (Italy) 15–21 October 2000* [online]. Roma, 2000 [cit. 2013-02-24]. Dostupné z: <http://www.ndt.net/article/wcndt00/papers/idn002/idn002.htm>

ABDEL-KAREEM, Omar a Jadwiga SZOSTAK-KOTOWA. CRACOW UNIVERSITY OF ECONOMICS, DEPARTMENT OF MICROBIOLOGY. Spectrophotometric measurements to detect the role of polymers and resins in prevention of fungal deterioration of ancient egyptian linen textiles. [online]. [cit. 2013-02-24]. Dostupné z: <http://www.kanut.ee/toimetised/konverentsid/consasinvest/omar.rtf>.

**184** viz. Kučerová, 2004 (pozn. 161), s. 5.

**185** viz. Gu, 2003 (pozn. 139), kap. Prevention and detection of biodeterioration, s. 80–81

**186** SPOLEČNOST PRO TECHNOLOGIE OCHRANY PAMÁTEK. *Průzkum mobilních jednotek pro regulaci vlhkosti a teploty vnitřního prostředí*. Praha: Společnost pro technologie ochrany památek, 1998.

**187** viz. Černý, 2011 (pozn. 74).

STOP, 1998, *Památky a vnitřní klima* (pozn. 74).

**188** viz. Bacílková, 2000, *Biologická degradace materiálů* (pozn. 72), s. 13.

**189** viz. Bacílková, 2000, *Biologická degradace materiálů* (pozn. 72), část Plísně, kap. Spad, s. 4.

**190** Analýza mikrobiologická. O.K. SERVIS BIOPRO S.R.O. *Biopro* [online]. [cit. 2013-05-22]. Dostupné z: <http://www.biopro.cz/Pristroje/Mlekarensky-prumysl/Analyza-mikrobiologicka/>

**191** viz. Bacílková, 2000, *Biologická degradace materiálů* (pozn. 72), kap. Měření aeroskopem, s. 5.

KUNOVÁ, Gabriela, Jitka PEROUTKOVÁ, Marta PECHAČOVÁ a Petr ROUBAL. Využití aktivní a pasivní metody při monitoringu mikrobiální kontaminace ovzduší. *Mlékařské listy*. 2010, č. 123., XIII–XVIII. Dostupné z: [http://www.mlekarskelisty.cz/upload/soubory/pdf/2010/123\\_s\\_xiii-xviii.pdf](http://www.mlekarskelisty.cz/upload/soubory/pdf/2010/123_s_xiii-xviii.pdf)

viz. Skorkovský, 1981 (pozn. 82), kap. Průkaz mikroorganismů ve vzduchu, s. 47–50.

**192** viz. Skorkovský, 1981 (pozn. 82), kap. Průkaz mikroorganismů na předmětech a archiváliích, s. 51–53.

**193** viz. Kučerová a Paříková, 2004 (pozn. 135), s. 15–16.

viz. Gu, 2003 (pozn. 139), kap. Prevention and detection of biodeterioration, s. 80–81.

**194** viz. Kučerová a Paříková (pozn. 111), s. 15.

- 195** viz. Skorkovský, 1981 (pozn. 82), s. 21.
- 196** viz. Gu, 2003 (pozn. 139), s. 81.
- 197** SPOLEČNOST PRO TECHNOLOGIE OCHRANY PAMÁTEK. *Průzkum přípravků pro likvidaci plísní*. Slaný: Společnost pro technologie ochrany památek, 2000
- 198** viz. Feller, 1990 (pozn. 160), kap. Properties of cellulose ethers, s. 9–36.
- 199** viz. Feller, 1990 (pozn. 160), s. 9.
- 200** viz. Feller, 1990 (pozn. 160), kap. Complete Characterization of cellulose ethers: distribution of substituents, s. 119–124; Analysis of cellulose ethers, s. 125–134.
- 201** viz. Feller, 1990 (pozn. 160), s. 17.
- 202** viz. Feller, 1990 (pozn. 160), kap. Standards of stability s. 37–45; Summary of previous investigation supported by the National Museum Act, s. 47–55; Results and discussion, s. 63–92; Conclusion, s. 93–96.
- 203** BEZÚCH, Bohuslav. VÝSKUMNÝ ÚSTAV PAPIERU A CELULÓZY. *Enzymatická hydrolyza celulózy a lignocelulózy materiálů*. Bratislava. Dostupné z: [http://www.google.cz/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=4&ved=0CEUQFjAD&url=http%3A%2F%2Fwww.viks.sk%2Fch%2Fpapacel\\_3\\_88\\_15\\_17.doc&ei=3D1TUdifEqny4QTLyICYCg&usq=AFQjCNGhdkxEvWmJRY4qaznFQGg8Q4n-g&bvm=bv.44342787,d.bGE](http://www.google.cz/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=4&ved=0CEUQFjAD&url=http%3A%2F%2Fwww.viks.sk%2Fch%2Fpapacel_3_88_15_17.doc&ei=3D1TUdifEqny4QTLyICYCg&usq=AFQjCNGhdkxEvWmJRY4qaznFQGg8Q4n-g&bvm=bv.44342787,d.bGE)
- viz. Feller, 1990 (pozn. 160), kap. Microbiological rezistence, s. 39.; Enzymatic degradation of cellulose ethers. 113–114.
- REESE, Elwyn T., SIU a LEVINSON. The biological degradation of soluble cellulose derivatives and its relationship to the mechanism of cellulose hydrolysis. *Journal of Bacteriology*. 1950, vol. 59, January 9, s. 485–497. Dostupné z: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC385789/pdf/jbacter00620-0053.pdf>
- ŠVACHOVÁ, Veronika. *Modifikace celulózy pro medicínální účely*. Brno, 2010. Bakalářská práce. Masaríkova Univerzita, Přírodovědecká fakulta, Ústav chemie. Dostupné z: [http://is.muni.cz/th/270274/prif\\_b/finalni\\_bakalarska\\_prace.pdf](http://is.muni.cz/th/270274/prif_b/finalni_bakalarska_prace.pdf) Kap. Celulóza, s. 9–15.
- 204** Stabilita je dle zdroje hodnocena po uložení do normálních interiérových (muzejních) podmínek můžeme za použití stupnice 1) "stabilní" – materiál zůstal nezměněn po dobu 100 let, 2) "středně stabilní" – materiál změnil své vlastnosti v rozmezí od 20–100 let. 3) "nestabilní" – materiál výrazně změnil své vlastnosti do 20 let (viz. viz. Feller, 1990 (pozn. 160), s. 37–45.)
- 205** viz. Bezúch (pozn. 203).
- viz. Feller, 1990 (pozn. 160), kap. Microbiological rezistence, s. 39.; Enzymatic degradation of cellulose ethers. 113–114.
- viz. Reese, 1950 (pozn. 203).
- viz. Švachová, 2010 (pozn. 203), kap. Celulóza, s. 9–15.
- 206** viz. Bezúch (pozn. 203).
- 207** viz. Bacílková, 2000, *Biologická degradace materiálů* (pozn. 72), s. 6.
- 208** viz. Reese, 1950 (pozn. 203).
- 209** viz. Bezúch (pozn. 203).
- viz. Feller, 1990 (pozn. 160), kap. Microbiological rezistence, s. 39.
- viz. Reese, 1950 (pozn. 203).
- viz. Švachová, 2010 (pozn. 203), kap. Celulóza, s. 9–15.
- 210** viz. Reese, 1950 (pozn. 203).
- 211** viz. Feller, 1990 (pozn. 160), kap. Enzymatic degradation of cellulose ethers. 113–114.
- 212** viz. Abdel-Kareem, 2010 (pozn. 183).

- viz. Abdel-Kareem, 2000 (pozn. 183).
- viz. Abdel-Kareem a Szostak-Kotowa (pozn. 183).
- 213** viz. Feller, 1990 (pozn. 160), kap. Enzymatic degradation of cellulose ethers. 113–114.
- 214** viz. Feller, 1990 (pozn. 160), s. 114. Více viz původní data, citována ve zdroji: Wirick, M.G.1968a. A Study of the Enzymic Degradation of CMC and Other Cellulose Ethers. *Journal of Polymer Science* 6(A-1): 1965–1974.
- 215** Produkt fa Wallerstein Laboratories (Staten Island, New York), nyní k získání u fa G. B. Fermentations (Des Plaines, Illinois). Více viz. pozn. 74..
- 216** viz. Reese, 1950 (pozn. 203).
- 217** viz. Feller, 1990 (pozn. 160), kap. Enzymatic degradation of cellulose ethers. 113–114.
- 218** Martinková, Barbora. *Způsoby konsolidace pastelu*. Litomyšl, 2009. Bakalářská práce. Univerzita Pardubice, Fakulta restaurování, kap. Klucel, s. 22–23.
- THUER, Chantal-Helen. *Technical Paper 11: Scottish Renaissance Interiors: Facings and adhesives for size-tempera painted wood*. Edinburgh: Historic Scotland, 2011. Dostupné z: <http://www.historic-scotland.gov.uk/technicalpaper11.pdf>, kap. Klucel, s. 38–39.
- 219** viz. Feller, 1990 (pozn. 160), s. 16.
- 220** viz. Kubička, 2004 (pozn. 137), kap. Polymethakryláty a polyakryláty, s. 226–227.  
viz. Bayer, 2007–2010, *Přednášky* (pozn. 53).
- 221** viz. Bayer, 2007–2010, *Přednášky* (pozn. 53).  
viz. Kubička, 2004 (pozn. 137), s. 227.
- 222** CARRETTI, Emiliano a Luigi DEI. Physicochemical characterization of acrylic polymeric resins coating porous materials of artistic interest. *Progress in Organic Coatings*. 2004, Volume 49, Issue 3, 282–289. Dostupné z: <http://dx.doi.org/10.1016/j.porgcoat.2003.10.011>, s. 282.
- 223** Polyacrylates. DEPARTMENT OF POLYMER SCIENCE, UNIVERSITY OF SOUTHERN MISSISSIPPI. *pslc* [online]. © 1995, 1996 [cit. 2013-05-29]. Dostupné z: <http://www.pslc.ws/french/acrylate.htm>.
- 224** Methacrylate pour point depressants and compositions. *Google* [online]. © 2012 [cit. 2013-05-29]. Dostupné z: <http://www.google.com/patents/EP0329756A4?cl=en>.
- 225** viz. Bayer, 2007–2010, *Přednášky* (pozn. 53).  
viz. Kubička, 2004 (pozn. 137), s. 226–227.
- 226** Einflussfaktoren. *Chemgapedia* [online]. © 1999–2013 [cit. 2013-05-29]. Dostupné z: [http://www.chemgapedia.de/vsengine/vlu/vsc/de/ch/9/mac/polymere\\_werkstoff/molekulare\\_ordnung/glastemperatur/glastemperatur.vlu/Page/vsc/de/ch/9/mac/polymere\\_werkstoff/molekulare\\_ordnung/glastemperatur/einflussfaktoren.vsc.ml.html](http://www.chemgapedia.de/vsengine/vlu/vsc/de/ch/9/mac/polymere_werkstoff/molekulare_ordnung/glastemperatur/glastemperatur.vlu/Page/vsc/de/ch/9/mac/polymere_werkstoff/molekulare_ordnung/glastemperatur/einflussfaktoren.vsc.ml.html)
- 227** viz. Bayer, 2007–2010, *Přednášky* (pozn. 53).
- 228** viz. Bayer, 2007–2010, *Přednášky* (pozn. 53).
- 229** viz. Kubička, 2004 (pozn. 137), kap. Tvorba filmu (obrazového laku nebo barevné vrstvy), s. 308.
- 230** viz. Carretti, 2004 (pozn. 222), s. 282.
- 231** viz. Carretti, 2004 (pozn. 222), s. 287.  
viz. Bayer, 2007–2010, *Přednášky* (pozn. 53).
- 232** viz. Bayer, 2007–2010, *Přednášky* (pozn. 53).
- 233** viz. Carretti, 2004 (pozn. 222), s. 287.
- 234** viz. Carretti, 2004 (pozn. 222), s. 282.  
viz. Bayer, 2007–2010, *Přednášky* (pozn. 53).
- 235** viz. Cappitelli, 2008 (pozn. 82), s. 565.

- 236** viz. Mohan, 2010 (pozn. 139), s. 212.
- 237** viz. Mohan, 2010 (pozn. 139), s. 212.
- 238** viz. Mohan, 2010 (pozn. 139), s. 211.
- 239** CONSERVATION BY DESIGN LIMITED. Product data sheet. *Primal WS24*. Bedford, 2011.  
KREMER, Georg. KREMER PIGMENTE. Material Safety Data Sheet. 75250 – *Primal™ WS24*. Aichstetten, 2011. Dostupné z: [http://www.kremer-pigmente.com/media/files\\_public/75250\\_SHD\\_ENG.pdf](http://www.kremer-pigmente.com/media/files_public/75250_SHD_ENG.pdf)  
KREMER, Georg. KREMER PIGMENTE. 75250 – *Primal™ WS24*. Aichstetten, 2011. Dostupné z: [http://www.kremer-pigmente.com/media/files\\_public/75250e.pdf?xaf26a=98ecda7a6fb732b984ea215865f0055c](http://www.kremer-pigmente.com/media/files_public/75250e.pdf?xaf26a=98ecda7a6fb732b984ea215865f0055c)
- 240** OPULYN™ 301. DOW [online]. © 2009, 1996 [cit. 2013-05-29]. <http://www.dow.com/products/tds/1010106/>
- 241** viz. Carretti, 2004 (pozn. 222), s. 282.
- 242** AHLSTROM. Technický list. *Grade 3266: Spunbonded polyester*. Mount Holly Springs, 2012. Zasláno od dodavatele polyesterové netkané textilie *HollyTex* fa Ceiba s. r. o.  
PÉRILLAT-MERCEROT, Jocelyn. *Echantillonier des matériaux de conservation*. Institut national du patrimoine. Paris. Skripta pro studenty studijního programu Master de conservation préventive k předmětu Les matériaux de conservation, kap. III.2, s. 15–16.
- 243** viz. Périllat-Mercerot (pozn. 242), s. 14.
- 244** ALTIBRANDI, Maria Grazia a Maria Carla SCLOCCHI. Preservation of miniature paintings: microbiological research on a few adhesives. In: *International Conference on Conservation and Restoration of Archive and Library Materials Erice: April 22nd–29th 1996*. Roma: Istituto centrale per la patologia del libro, 1996, s. 227–233.
- 245** Ve zdroji viz. Altibrandi, 1996 (pozn. 244) uvedeno Biological Laboratory of the Centre for Photographic Reproduction, Bookbinding and Restoration of State Archives of Ministry of Cultural and Environmental Property
- 246** MALÁ, Petra. *Porovnání fixážních prostředků nástěnných maleb z hlediska jejich reverzibility a biologické stability*. Litomyšl, 1998. Absolventská teoretická práce. Škola restaurování a konzervačních technik v Litomyšli. Kap. Diskuze, s. 12–13; kap. Závěr, s. 13.
- 247** viz. Abdel-Kareem, 2010 (pozn. 183).  
viz. Abdel-Kareem, 2000 (pozn. 183).  
viz. Abdel-Kareem a Szostak-Kotowa (pozn. 183).
- 248** Ve zdroji viz. Abdel-Kareem, 2010 (pozn. 183) uvedeno Conservation Department, Faculty of Archaeology, Cairo University, Egypt
- 249** viz. Abdel-Kareem a Szostak-Kotowa (pozn. 183).
- 250** TŘESOHLAVÁ, Magdalena. *Srovnání tradičních a moderních konsolidačních prostředků pro zpeňování barevné vrstvy nástěnné malby*. Litomyšl, 2006. Bakalářská práce. Univerzita Pardubice, Fakulta restaurování, kap. Vzorky na zkoušky bioodolnosti, s. 69–70; Vzorky na zkoušky bioodolnosti, s. 80–81; Výsledky měření, s. 71–81; Závěr, s. 82–84.
- 251** viz. Třesořlavá, 2006 (pozn. 250), s. 80–81.
- 252** Inertní podložka pod konsolidanty byla zvolena z důvodů požadavků na:  
1) nízké koncentrace konsolidantů, které se používají při restaurování in situ. Vytvořit zkušební vzorky pouze z filmu konsolidantu by bylo v případě takto nízkých koncentrací problematické;  
2) snadnou mobilnost zkušebních vzorků před a po kultivaci vzhledem k hodnocení změn hmotnosti.
- 253** ČSN EN 15457. *Česká technická norma: Nátěrové hmoty – Laboratorní zkoušení účinnosti ochranných povlaků proti působení hub a plísní*. Praha: Český normalizační institut, 2008.
- 254** ČSN EN ISO 846. *Česká technická norma: Plasty – Hodnocení působení mikroorganismů*. Praha: Český normalizační institut, 1998.

- 255** ČSN 72 4310. *Československá státní norma: Zkoušení odolnosti stavebních výrobků a materiálů proti plísním*. Praha: Český normalizační institut, 1975.
- 256** ČSN EN ISO 3251. *Česká technická norma: Nátěrové hmoty a plasty – Stanovení obsahu netěkavých látek*. Praha: Český normalizační institut, 2008.
- 257** Vzhledem k rozdílným materiálům konsolidantů a rozdílným rozpouštědlům se výsledné směsi konsolidantů lišily svou hustotou a viskozitou. Na zkušební vzorky nebylo možné aplikovat stejný hmotnostní díl konsolidantů pouhým nanesením stejného objemu. Jednotnost ulpělého množství konsolidantu ovlivňoval také způsob aplikace.
- 258** Tato koncentrace byla zvolena pro snadnou penetraci do materiálu inertní podložky a pro umožnění opakované aplikace pro dosažení relativně homogenního filmu po obou stranách podložky a jednotné hmotnosti zkušebních vzorků.
- 259** Vzhledem k dílčím změnám systému zkoušek v průběhu práce není uvedené číslování zkušebních tělísek průběžné.
- 260** Agar (agar-agar) je polysacharid extrahovaný z mořské řasy rodů *Gelidium*, *Gracilaria* aj. Je rozpustný ve vodě při teplotách blízkých bodu varu vody (100°C), při ochlazení roztoku na 32–38 °C v koncentracích nad 0,7 % tuhne v gel. Vzhledem ke své s vysoké gelující schopnosti a odolnosti proti biodegradaci se používá jako živné médium při kultivaci mikroorganismů (viz. HORIE, Velson. *Materials for conservation: Organic consolidants, adhesives and coatings*. second edition. New York: Routledge, 2011. ISBN 978-0-75-066905-4, kap. Agar-Agar, s. 227–228.)
- 261** viz. ČSN EN 15457, 2008 (pozn. 253).
- 262** viz. ČSN EN ISO 846, 1998 (pozn. 254).
- 263** PROFARMA – PRODIUKT. Bezpečnostní list. *Ajatin Plus® roztok 1%*. Jablonec nad Nisou, 2010. Dostupné z: [http://www.bowling-velkoobchod.cz/media/attachments/file\\_31.pdf](http://www.bowling-velkoobchod.cz/media/attachments/file_31.pdf).
- 264** viz. ČSN EN 15457, 2008 (pozn. 253).  
viz. ČSN EN ISO 846, 1998 (pozn. 254).  
viz. ČSN 72 4310, 1975 (pozn. 255).
- 265** viz. Bacílková, 2000, *Biologická degradace materiálů* (pozn. 72), s. 2.
- 266** viz. Třesohlavá, 2006 (pozn. 250), s. 80–81.
- 267** viz. ČSN EN ISO 846, 1998 (pozn. 254), kap. Metoda A: Zkouška růstu plísní, s. 8.
- 268** viz. Bacílková, 2000, *Biologická degradace materiálů* (pozn. 72), část Plísně, kap. Plísně, s. 1–3.  
viz. Kotlík, 2007 (pozn. 150), kap. Řasy, s. 68.  
viz. Kubička, 2004 (pozn. 137), kap. Houby a plísně, s. 86–87.  
viz. Skorkovský, 1981 (pozn. 82), kap. Mikroskopické houby – plísně, s. 23–28.
- 269** viz. Bacílková, 2000, *Biologická degradace materiálů* (pozn. 72), s. 2.
- 270** viz. Malá, 1998 (pozn. 246).
- 271** viz. Abdel-Kareem, 2010 (pozn. 183).  
viz. Abdel-Kareem, 2000 (pozn. 183).  
viz. Abdel-Kareem a Szostak-Kotowa (pozn. 183).
- 272** viz. Malá, 1998 (pozn. 246).
- 273** viz. Třesohlavá, 2006 (pozn. 250).
- 274** viz. Malá, 1998 (pozn. 246).
- 275** viz. Bezúch (pozn. 203).  
viz. Feller, 1990 (pozn. 160), kap. Microbiological rezistence, s. 39; s. 114. Více viz původní data, citována ve zdroji: Wirick, M.G. 1968a. A Study of the Enzymic Degradation of CMC and Other Cellulose Ethers. *Journal of Polymer Science* 6(A-1): 1965–1974.

- viz. Reese, 1950 (pozn. 203).
- viz. Švachová, 2010 (pozn. 203), kap. Celulóza, s. 9–15.
- 276** viz. Feller, 1990 (pozn. 160), kap. Standards of stability s. 37–45; Summary of previous investigation supported by the National Museum Act, s. 47–55; Results and discussion, s. 63–92; Conclusion, s. 93–96.
- 277** viz. ČSN EN ISO 846, 1998 (pozn. 254).
- 278** viz. ČSN EN ISO 846, 1998 (pozn. 254).
- 279** viz. ČSN EN ISO 846, 1998 (pozn. 254).
- 280** viz. ČSN P 73 0610, 2000 (pozn. 62).
- 281** viz. ČSN P 73 0610, 2000 (pozn. 62).
- 282** Önorm B 3355-1. Trockenlegung von feuchtem Mauerwerk: Teil 1 Bauwerksdiagnose und Planungsgrundlagen. Berlin: ASI Austrian Standards Institute, 2011
- 283** DZIERZON, Michael a Johannes ZULL. *Altbauten zerstörungsarm untersuchen: Bauaufnahme, Holzuntersuchung, Mauerfeuchtigkeit*. Köln: Müller Verlag, 1990. ISBN/EAN: 3481001681
- 284** viz. Bacílková, 2011, *Mikrobiologické zkoušky* (pozn. 71).
- viz. Bacílková, 2012, *Mikrobiologické zkoušky* (pozn. 71).
- 285** viz. Bacílková, 2011, *Mikrobiologické zkoušky* (pozn. 71).
- viz. Bacílková, 2012, *Mikrobiologické zkoušky* (pozn. 71).
- 286** BAYER, Karol. *Metody přírodovědného průzkumu v restaurování*. Fakulta restaurování, Univerzita Pardubice. Litomyšl. Skripta pro studenty předmětu Technologie restaurování. Kap. Kvalitativní chemické analýzy (důkazové reakce), s. 3
- 287** viz. Tribulová, 2012, *Průzkum nástěnných maleb* (pozn. 96).
- 288** viz. Cibulková, 2012 (pozn. 96).
- 289** viz. Cibulková, 2012 (pozn. 96).
- 290** viz. Cibulková, 2012 (pozn. 96).
- 291** viz. Cibulková, 2012 (pozn. 96).
- 292** viz. Lesniaková, 2012 (pozn. 104).
- 293** viz. Lesniaková, 2012 (pozn. 104), s. 2.
- 294** Mikrochemické reakce provedla Ing. Eva Dytrychová z Katedry chemické technologie Fakulty restaurování v Litomyšli Univerzity Pardubice.
- 295** viz. Bayer, *Metody přírodovědného průzkumu v restaurování* (pozn. 285), kap. Základní důkazové skupinové reakce pojiv, s. 3–6.
- 296** viz. Myšková, 2012 (pozn. 106), s. 1.
- 297** Mikrochemické reakce provedla Ing. Eva Dytrychová z Katedry chemické technologie Fakulty restaurování v Litomyšli Univerzity Pardubice.
- 298** viz. Myšková, 2012 (pozn. 106), s. 2.
- 299** viz. Myšková, 2012 (pozn. 106), s. 6.
- 300** viz. Myšková, 2012 (pozn. 106), s. 2.
- 301** viz. Myšková, 2012 (pozn. 106), s. 5.
- 302** viz. Myšková, 2012 (pozn. 106), s. 2.
- 303** viz. Myšková, 2012 (pozn. 106), s. 8.
- 304** viz. Myšková, 2012 (pozn. 106), s. 2.
- 305** viz. Myšková, 2012 (pozn. 106), s. 10.

- 
- 306** viz. Myšková, 2012 (pozn. 106), s. 2.
- 307** viz. Myšková, 2012 (pozn. 106), s. 15.
- 308** viz. Myšková, 2012 (pozn. 106), s. 2.
- 309** viz. Myšková, 2012 (pozn. 106), s. 11.
- 310** viz. Tribulová, 2012, *Průzkum nástěnných maleb* (pozn. 96).
- 311** EASTAUGH, N. *Pigment Compendium. Optical Microscopy of Historical Pigments*. Oxford: Elsevier LTD, 2000. ISBN: 0750645539.
- HŘEBÍČKOVÁ, B. Mikroskopická identifikace pigmentů. *Technologia artis*. Praha: Akademie výtvarných umění v Praze, 1996, vol. 4, s. 84–90. ISSN 1211-3018.
- ŠIMŮNKOVÁ E. a J. Karhan. *Pigmenty, barviva a metody jejich identifikace*. Praha: VŠCHT, 1993. ISBN 80-7080-194-8.
- 312** viz. Tribulová, 2012, *Průzkum nástěnných maleb* (pozn. 96).
- 313** ŠIMŮNKOVÁ E. *Mikrochemické metody identifikace pigmentů*. Praha: VŠCHT, 1991, s. 19–33.
- 314** viz. Myšková, 2012 (pozn. 106), s. 2.
- 315** viz. Tribulová, 2012, *Průzkum nástěnných maleb* (pozn. 96).
- 316** viz. Tribulová, 2012, *Průzkum nástěnných maleb* (pozn. 96).
- 317** viz. Tribulová, 2012, *Průzkum nástěnných maleb* (pozn. 96).
- 318** viz. Tribulová, 2012, *Průzkum nástěnných maleb* (pozn. 96).
- 319** viz. Tribulová, 2012, *Průzkum nástěnných maleb* (pozn. 96).
- 320** viz. Myšková, 2012 (pozn. 106), s. 2.
- 321** viz. Myšková, 2012 (pozn. 106), s. 8.
- 322** viz. Myšková, 2012 (pozn. 106), s. 2.
- 323** viz. Myšková, 2012 (pozn. 106), s. 14.
- 324** viz. Myšková, 2012 (pozn. 106), s. 2.
- 325** viz. Myšková, 2012 (pozn. 106), s. 15.
- 326** Provedeno v r. 2013 Ing. Karolem Bayerem v laboratoři KChT FR UPCE.
- 327** Provedeno v r. 2013 Ing. Karolem Bayerem v laboratoři KChT FR UPCE.
- 328** Ibidem
- 329** Ibidem
- 330** Ibidem
- 331** Ibidem
- 332** Ibidem
- 333** Ibidem
- 334** Ibidem
- 335** Ibidem
- 336** Ibidem
- 337** Ibidem
- 338** Ibidem
- 339** Ibidem
- 340** Ibidem
- 341** Ibidem

342 Ibidem

343 viz. Tribulová, 2012, *Průzkum nástěnných maleb* (pozn. 96).

344 *Klucel Hydroxypropylcellulose: Physical and Chemical Properties* [online]. Hercules Incorporated, 2001 [cit. 2013-01-22]. Dostupné z: [http://www.brenntagpecialties.com/en/downloads/Products/Multi\\_Market\\_Principals/Aqualon/Klucel\\_HPC\\_Booklet.pdf](http://www.brenntagpecialties.com/en/downloads/Products/Multi_Market_Principals/Aqualon/Klucel_HPC_Booklet.pdf)

viz. Malá, 1998 (pozn. 246), kap. Diskuze, s. 12–13; kap. Závěr, s. 13.

viz. Martinková, 2009 (pozn. 218), kap. Klucel, s. 22–23; kap. Výsledky a diskuze, s. 36–49.

viz. Thuer, 2011 (pozn. 218), kap. Review of current practices for facings and consolidants of matte paint, s. 15–28.

Třesohlavá, 2006 (pozn. 250), kap. Deriváty celulózy, s. 46–51; Klucel G, s. 58–59; Výsledky měření, s. 71–81; Závěr, s. 82–84.

345 DUNAJSKÁ, Jana. Doplnující průzkum malířské výzdoby presbytáře kostela sv. Víta v Zahrádce u Ledče nad Sázavou a restaurování referenční plochy středověkých maleb v presbytáři. Litomyšl, 2012. Praktická diplomová práce. Univerzita Pardubice, Fakulta restaurování, Ateliér Restaurování a konzervace děl nástěnné malby, sochařských děl a povrchů architektury.

viz. Třesohlavá, 2010 (pozn. 56), kap. Zkoušky povrchové fixáže, s. 33; kap. Konsolidace červeného rostlinného dekoru na vápenném nátěru, s. 49.

346 viz. Třesohlavá, 2006 (pozn. 250), kap. Organokřemičitany, s. 52–53; Funcosil Steinfestiger 100, s. 57; Výsledky měření, s. 71–81; Závěr, s. 82–84.

Po konsolidaci 1 l konsolidantu *Funcosil Steinfestiger 100* by se mělo v materiálu vytvořit 100 g křemičitého gelu, který má funkci pojiva.

347 viz. Carretti, 2004 (pozn. 222),

viz. Malá, 1998 (pozn. 246), kap. Diskuze, s. 12–13; kap. Závěr, s. 13.

viz. Třesohlavá, 2006 (pozn. 250), kap. Akryláty, s. 44–46; Primal SF016, s. 55–56; Výsledky měření, s. 71–81; Závěr, s. 82–84

348 viz. Navrátilová, 2010 (pozn. 119), kap. Zkoušky odkryvu, konsolidace a snímání nepůvodních retuší, s. 28–33.

349 viz. Conservation by design limited, 2011 (pozn. 239).

viz. Kremer, Material Safety Data Sheet, 2011 (pozn. 239).

350 viz. Třesohlavá, 2006 (pozn. 250), kap. Akryláty, s. 44–46; Paraloid B72, s. 56; Výsledky měření, s. 71–81; Závěr, s. 82–84

viz. Malá, 1998 (pozn. 246), kap. Diskuze, s. 12–13; kap. Závěr, s. 13

viz. Martinková, 2009 (pozn. 218), kap. Paraloid B 72, s. 23; Výsledky a diskuze, s. 36–49.

351 BODANSKÁ, Magda. Restaurování části maleb v kupoli baziliky Nanebevzetí Panny Marie na Svatém Kopečku u Olomouce / Praktické srovnání různých typů konsolidantů historických omítek. Zlín, 2012. Bakalářská práce. Univerzita Pardubice, Fakulta restaurování. Kap. Základní vlastnosti vybraných strukturálních konsolidantů historických omítek, s. 37–49; Shrnutí, s. 67–68.

BĚŤÁK, Marek. *Srovnání možností strukturální konsolidace vápenného štuky křemičitými soly a organokřemičitými konsolidanty*. Litomyšl, 2003. Bakalářská práce. Institut restaurování a konzervačních technik Litomyšl, o. p. s. Kap. Shrnutí, s. 43; Závěr, s. 43–44.

GLÁSER, Petr a Vratislav NEJEDLÝ. Úvod, s. 8–10; BÁRTA, Jan a Jiří RATHOUSKÝ. Z historie českých organokřemičitých konzervantů, s. 21–27; KOTLÍK, Petr a Petra LESNIAKOVÁ. Vliv vnějších podmínek na konsolidační účinek organokřemičitých prostředků, s. 28–33; ŠPALE, Václav. Konsolidace omítek a sgrafit organokřemičitými prostředky, s. 68–75. In: *Organokřemičitany v české památkové praxi: Sborník z konference*



*Padesát let používání organokřemičitanů na území České republiky, konané pod záštitou ICOMOS, Národního památkového ústavu a Národního muzea 16. dubna 2008.* Ed.: Petr GLÁSER, Vratislav NEJEDLÝ. Praha: Národní památkový ústav, ústřední pracoviště, 2008. svazek 1. ISBN 978-80-87104-15-6.

HLADÍKOVÁ, Alena. *Porovnání účinnosti konsolidantů při zpevňování vápenných malt.* Praha, 2006. Diplomová práce. Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, Fakulta chemické technologie, Ústav chemické technologie restaurování památek. Diskuze, s. 51–62; Závěr, s. 63.

viz. Bayer, 2007–2010, *Přednášky* (pozn. 53).

CAPRO. Technický list. *Funcosil® Steinfestiger 300.* České Budějovice, 2005. Dostupné z: [http://www.caproc.cz/remmers/abecedne/Funcosil\\_Steinfestiger\\_300.pdf](http://www.caproc.cz/remmers/abecedne/Funcosil_Steinfestiger_300.pdf)

**352** Po konsolidaci 1 l konsolidantu *Funcosil Steinfestiger 100 a 300* by se mělo v materiálu vytvořit 100 a 300 g křemičitého gelu, který má funkci pojiva.

**353** viz. Běžák, 2003 (pozn. 351).

viz. Hladíková, 2006 (pozn. 351), kap. Dezalkalizované vodní sklo, s. 10–12. Diskuze, s. 51–62; Závěr, s. 63

viz. Glázer, 2008 (pozn. 351).

INHEAT. Technický list. *Tvrdidlo Tosil.* Košťany, 2005. Dostupné z: <http://www.inheat.cz/doc/td/cz/111/tosil.pdf>

**354** KALLIES FEINCHEMIE AG. Sicherheitsdatenblatt. *Steinfestiger Sebosil S.* Sebnitz, 2013. Dostupné z: [http://www.feinchemie.de/media/download\\_gallery/Sicherheitsdatenblatt\\_SEBOSIL\\_S.pdf](http://www.feinchemie.de/media/download_gallery/Sicherheitsdatenblatt_SEBOSIL_S.pdf)

KALLIES FEINCHEMIE AG. Technisches Merkblatt. *Steinfestiger Sebosil S.* Sebnitz, 2013. Dostupné z: [http://www.feinchemie.de/media/download\\_gallery/Technisches%20Merkblatt\\_SEBOSIL\\_S.pdf](http://www.feinchemie.de/media/download_gallery/Technisches%20Merkblatt_SEBOSIL_S.pdf)

Sebosil® – Konsolidierung und Konservierung von Holz und Naturstein. *Kallies Feinchemie AG* [online]. 2013 [cit. 2013-01-24]. Dostupné z: <http://www.feinchemie.de/pages/sebosil.php>

Sebosil S obsahuje 20% aktivní látky a 80% ředidla etanol.

**355** DUNAJSKÁ, Jana. *Zhodnocení současných možností konsolidace vápenných omítek konsolidanty na bázi hydroxidu vápenatého.* Litomyšl, 2009. Bakalářská práce. Univerzita Pardubice, Fakulta restaurování, Katedra chemické technologie. Kap. CaLoSil – koloidní disperze Ca(OH)<sub>2</sub> v alkoholových rozpouštědlech, s. 25–26; Závěr, s. 46–47.

MACOUNOVÁ, Dana. Restaurování vápencové sochy anděla z domu čp. 48 v Kutné Hoře s využitím nanosuspenzí na bázi hydroxidu vápenatého / Testování možností využití nanosuspenzí na bázi hydroxidu vápenatého pro konsolidaci organodetrického vápence. Litomyšl, 2011. Bakalářská práce. Univerzita Pardubice, Fakulta restaurování. Kap. Sumarizace výsledků testování konsolidační řady CaLoSil® pro potřeby restaurování, s. 76–78; Závěr, s. 105–107.

MACHAČKO, Luboš et al. Testování „nanosuspenzí“ na bázi hydroxidu vápenatého v rámci projektu Stonecore, s. 32–37. In: *Nanomateriály v památkové péči. Sborník přednášek z odborného semináře Společnosti pro technologie ochrany památek.* Ed.: Olga KOTLÍKOVÁ. Praha: Společnost pro technologie ochrany památek, Národní technické muzeum, 2012. Dostupné z: <http://www.jh-inst.cas.cz/nanocentrum/data/dokument/soubor/sbornik-seminare-stop-nanomaterialy-v-pamatkove-peci.pdf>

IBZ-SALZCHEMIE GMBH & CO.KG. Technical Leaflet. *CaLoSil®.* Freiberg, 2006. Dostupné z: [http://www.ibz-freiberg.de/download/pdf/nanomaterialien/CaLoSiL\\_EN.pdf](http://www.ibz-freiberg.de/download/pdf/nanomaterialien/CaLoSiL_EN.pdf)

viz. Glázer, 2008 (pozn. 351), RATHOUSKÝ, Jiří. Nanovápno pro konsolidaci porézních materiálů – principy, mechanismy, s. 23–31.

**356** v 1 l suspenze hydroxidu vápenatého v etanolu *CaLoSil E25 a E50* je 25 a 50 g hydroxidu vápenatého.