

Univerzita Pardubice  
Fakulta restaurování

Restaurování centrálního výjevu na klenbě kaple  
sv. Isidora v Křenově

BcA. Ivona Kociánová

Diplomová práce

2013

**Vypracovala:** BcA. Ivona Kociánová

**Vedoucí práce:** Mgr. art. Jan Vojtěchovský

**Odborný konzultant:** Ing. Renata Tišlová, PhD.

**Památkový dohled:** Václav Paukert, PhDr.

**Počet vyhotovení restaurátorské dokumentace:** 3

**Místo uložení restaurátorské dokumentace:** Univerzita Pardubice, Fakulta restaurování, archiv fakulty, Jiráskova 3, 570 01 Litomyšl

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **BcA. Ivona Kociánová**  
Osobní číslo: **R11011**  
Studijní program: **N8206 Výtvarná umění**  
Studijní obor: **Restaurování a konzervace děl nástěnné malby, sochařských děl a povrchů architektury**  
Název tématu: **Restaurování centrálního výjevu na klenbě kaple sv. Isidora v Křenově**  
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 :

Diplomovou prací student prokazuje, že je schopen tvůrčím způsobem zpracovat zadané téma s využitím teoretických poznatků a praktických dovedností získaných během studia. Diplomantce byl k provedení práce přidělen centrální výjev na klenbě kaple sv. Isidora v Křenově s námětem Nanebevzetí Panny Marie. Diplomantka má nejdříve provést restaurátorský průzkum zacílený jak na originální techniku malby, tak i na rozbor a určení fenoménů jejího poškození, stejně jako sekundárních zákroků. Také provede všechny nezbytné zkoušky restaurátorských postupů, které prověří možnosti nápravy, či omezení zhoršeného stavu díla. V závěru restaurátorského průzkumu musí být diplomantka schopna vyhodnotit všechna zjištění získaná in situ, v laboratorních podmínkách i z textových pramenů. Poté vypracuje detailní verzi návrhu na restaurování, která bude schválena vedoucím práce. Na základě schváleného návrhu provede diplomantka restaurátorský zákrok. Průběh prací bude konzultován jak s vedoucím práce, tak i s oponentem, zástupcem investora a se zástupci příslušného odborného pracoviště NPÚ. Nedílnou součástí diplomové práce je vyhotovení restaurátorské dokumentace přiděleného úseku malby. Vedoucí práce určí, které součásti této dokumentace se stanou součástí celkové restaurátorské dokumentace, jež bude odevzdána investorovi a na příslušné pracoviště NPÚ. Jako teoretickou část své práce zpracuje diplomantka studii, jež se bude zabývat porovnáním konsolidačních prostředků barevné vrstvy na minerální bázi. Tato studie bude zacílena především na konkrétní případ nástěnné malby, jejíž restaurování je předmětem této diplomové práce. Nejprve shromáždí diplomantka obecné informace k tématu konsolidace barevné vrstvy minerálními konsolidanty. Na základě těchto informací provede po dohodě s konzultantem a vedoucím práce výběr a odzkoušení prostředků na omítkových panelech s modelově vytvořenou simulací degradované barevné vrstvy. Ve zkouškách by mělo být zahrnuto subjektivní vizuální hodnocení, zkoušky odolnosti vůči mechanickému namáhání, hodnocení změny nasákavosti a objektivní hodnocení změny barevnosti po aplikaci prostředků. Další testy mohou být navrženy jak vedoucím práce, tak i konzultantem, či diplomantkou. Navíc shromáždí diplomantka i dostupné informace o těchto konsolidačních prostředcích a jejich aplikaci z literatury. Výsledkem práce by mělo být celkové vyhodnocení porovnávaných materiálů a výběr nejvhodnějšího z nich pro konsolidaci malby restaurované v rámci diplomové práce. Po formální stránce dodrží diplomantka pravidla psaní diplomových prací, stanovená na FR UPa.

Rozsah grafických prací:

Rozsah pracovní zprávy:

Forma zpracování diplomové práce: **tištěná**

Seznam odborné literatury:

Mora P., Mora L., Philippot P., Conservation of Wall Paintings. London 1984.  
Vaněček I., Nástěnné malby. VŠCHT Praha 1997. Zelinger J. a kolektiv, Chemie v práci konzervátora a restaurátora. Praha 1987. Hošek J., Muk J., Omítky historických staveb. Praha 1989. Hloušková, D., Problém fixace barevné vrstvy. Státní restaurátorské ateliéry. Praha 1991. Horie, C.V., Materials for conservation; Organic consolidants adhesives and coatings. Butterworth & Co., 1995. Giorgi R., Dei L., Baglioni P., A new method for consolidating wall paintings based on dispersions of lime in alcohol. in Studies in Conservation, Volume 45, London 2000, str. 154 ? 161 Dei L., Giorgi R., Ambrosi M., Neto Ch., Baglioni P., Colloidal Particles of Ca(OH)<sub>2</sub>: Properties and Applications to Restoration of Frescoes, in Langmuir, Volume 17 (14), str. 4251?4255, New Mexico 2001 Delfort B., Born M., Cuivé A., Barré L., Colloidal Calcium Hydroxide in Organic Medium: Synthesis and Analysis, in Journal of Colloid and Interface Science, Volume 189, Issue 1, New York 1997, str. 151?157 Brajer I., Limewater impregnation of wall paintings, in Zeitschrift für Kunsttechnologie und Konservierung, Jahrgang 13, Heft 2, Worms am Rhein 1999, str. 367 ? 368 Brajer I., Kalsbeek N., Limewater absorbtion and calcite crystal formation on a limewater-impregnated secco wall painting, in Studies in Conservation, Volume 44, London 1999, str. 145 ? 156 Třesořlavá M., Srovnání tradičních a moderních konsolidačních prostředků pro zpeřňování barevné vrstvy nástěnné malby. Teoretická bakalářská práce. Litomyšř 2006. Dunajská J., Zhodnocení současných možností konsolidace vápenných omítek konsolidanty na bázi hydroxidu vápenatého. Teoretická bakalářská práce. Litomyšř 2009.

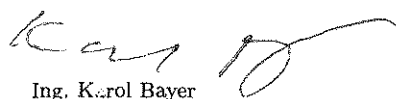
Vedoucí diplomové práce:

**Mgr. art. Jan Vojtěchovský**

Ateliér restaurování malby a sgrafita

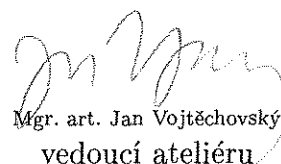
Datum zadání diplomové práce: **30. října 2012**

Termín odevzdání diplomové práce: **23. srpna 2013**



Ing. Karol Bayer  
děkan

L.S.



Mgr. art. Jan Vojtěchovský  
vedoucí ateliéru

V Litomyšřli dne 14. srpna 2013

Prohlašuji:

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

Byla jsem seznámena s tím, že se na moji práci vztahují práva a povinnosti vyplývající ze zákona č. 121/2000 Sb., autorský zákon, 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.

*Práce je podle § 5 odst. 2 autorského zákona dílem souborným a vztahují se na něj ustanovení vyplývající z tohoto odstavce.*

Dále prohlašuji, že při restaurování jsem použila pouze materiálů a postupů uvedených v této rozšířené restaurátorské zprávě a nejsem si vědoma nových zjištění a skutečností na restaurované památce, které by nebyly uvedeny v této zprávě.

Také prohlašuji, že restaurátorský zásah byl proveden v mezích určených zadáním.

Restaurátorská dokumentace je chráněna ve smyslu zákona č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon), ve znění pozdějších předpisů s tím, že právo k užití ve smyslu zákona číslo 20/1987 sb. v plném znění (o památkové péči) má objednavatel a příslušný orgán památkové péče.

V Litomyšli dne .....

.....  
BcA. Ivona Kociánová

## **Poděkování**

*Děkuji všem, kteří se podíleli na vzniku této práce. Upřímně děkuji Ing. Renatě Tišlové, PhD. za odborné vedení, za předání cenných rad a zkušeností kolegům BcA. Michaele Navrátilové, BcA. Haně Čobanové a BcA. Davidovi Zemanovi. Velké poděkování patří BcA. Tereze Vostradovské, Ing. Blance Kolinkeové, Bc. Lucii Kociánové a mé rodině za obětavost a všestrannou podporu během studia.*

#### ANOTACE:

Diplomová práce prezentuje průběh restaurování části štukové výzdoby a nástěnné malby s námětem *Nanebevzetí Panny Marie* na klenbě kaple sv. Isidora v Křenově. Malovaná a štuková výzdoba v kapli pochází pravděpodobně z první třetiny 18. století. Diplomová práce sestává ze dvou částí. První část je zaměřena na rešerši a porovnání konsolidačních prostředků barevné vrstvy na minerální bázi. Práce se především zabývá předběžným výzkumem konsolidačních vlastností vybraných moderních materiálů (vápenných nanosuspenzí a konsolidantů na křemičité bázi), definuje jejich vlastnosti a vzájemně je porovnává. Druhá část zahrnuje restaurátorský průzkum a restaurátorskou dokumentaci.

#### KLÍČOVÁ SLOVA:

restaurátorská zpráva, nástěnné malby, štuková výzdoba, konsolidace, minerální konsolidační prostředky, alkoholové nanosuspenze

#### TITLE:

The restoration of the central scene on the vault of the chapel of St. Isidoro in Krenov in the Czech Republic

#### ANNOTATION:

This diploma thesis presents the progress of the restoration of the stucco decorations and wall paintings of the central scene depicting the Assumption of the Virgin Mary on the vault of the chapel St. Isidoro in Krenov. The painted and stucco decorations are probably dates from the first third of the 18th century. The thesis consists of two parts. The first part is focused on research and comparison of the consolidants on mineral basis used for painted layers. The works is mainly engaged in preliminary research on consolidation properties of some modern materials (nanolime suspensiona and silica-based consolidants), subsequently defines their properties and compares them. The second part involves restoration research and restoration documentation.

#### KEYWORDS:

restoration report, wall paintings, stucco decoration, consolidation, mineral consolidants, alcoholic nanosuspensions

## Obsah:

<b>I. ČÁST DIPLOMOVÉ PRÁCE .....</b>	<b>10</b>
1. ÚVOD.....	10
2. REŠERŠE DOSTUPNÝCH INFORMACÍ K TÉMATU .....	12
2.1. <i>Konsolidace degradované nástěnné malby</i> .....	12
2.1.1. Mechanismy koroze barevné vrstvy .....	12
2.1.2. Obecné zásady pro výběr konsolidačního prostředku .....	14
2.1.3. Konsolidační prostředky pro porézní anorganické materiály .....	14
2.2. <i>Minerální konsolidační prostředky</i> .....	17
2.2.1. Konsolidační prostředky na bázi hydroxidu vápenatého .....	17
2.2.2. Konsolidačních prostředky na bázi oxidu křemičitého .....	26
3. EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST .....	33
3.1. <i>Použité konsolidační prostředky</i> .....	33
3.1.1. Popis konsolidantů na bázi hydroxidu vápenatého .....	33
3.1.2. Popis konsolidantů na bázi oxidu křemičitého .....	36
3.2. <i>Příprava podkladu imitujícího degradovanou nástěnnou malbu a jeho charakteristika</i> .....	37
3.2.1. Simulace šupinující secco malby .....	37
3.2.2. Modelové vzorky – panely se zpraškovatělou barevnou vrstvou .....	39
3.3. <i>Zkoušky konsolidace</i> .....	40
3.4. <i>Metody testování</i> .....	43
3.4.1. Subjektivní optické hodnocení barevných změn .....	44
3.4.2. Hmatové hodnocení a hodnocení pomocí vatových tyčinek .....	44
3.4.3. Objektivní hodnocení barevných změn .....	44
3.4.4. Měření tvrdosti (míry zpevnění) .....	45
3.4.5. Odtrhový test – Scotch Tape test .....	46
3.4.6. Měření nasákavosti .....	47
3.4.7. Mikroskopické techniky .....	48
4. VÝSLEDKY A DISKuze .....	49
4.1. <i>Vlastnosti a charakteristika konsolidačních prostředků</i> .....	49
4.2. <i>Charakteristika modelových vzorků</i> .....	54
4.3. <i>Způsob aplikace a vliv aplikačních podmínek</i> .....	55
4.3.1. Optimální způsob aplikace vápenných nanosuspenzí.....	55
4.3.2. Nejvhodnější způsob aplikace konsolidantů na bázi SiO <sub>2</sub> .....	58
4.3.3. Nejvhodnější koncentrace pro fixáž s SiO <sub>2</sub> konsolidanty.....	60
4.4. <i>Testování různých metod aplikace se snahou omezit tvorbu zákalu</i> .....	64
4.4.1. Vápenné nanosuspenze .....	64
4.4.2. Křemičité konsolidanty.....	68
4.5. <i>Vliv vlastností konsolidantů</i> .....	70
4.5.1. CSGI 1P35 .....	70
4.5.2. CSGI E35 .....	74
4.5.3. ZFB 695p.....	75
4.5.4. CaLoSiL® E25.....	78
4.5.5. Sebosil S.....	82
4.5.6. KSE 300 HV .....	83
4.5.7. Vápenná voda .....	85
4.6. <i>Vliv koncentrace</i> .....	87
4.7. <i>Vliv méně porézního podkladu na výslednou konsolidaci vápennými nanosuspenzemi</i> .....	89
4.8. <i>Zkoušky konsolidantů na nástěnné malbě in situ</i> .....	91
5. ZÁVĚR .....	99

<b>II. ČÁST DIPLOMOVÉ PRÁCE .....</b>	<b>104</b>
1. ZÁKLADNÍ ÚDAJE O PAMÁTCE .....	104
1.1. Lokace památky .....	104
1.2. Údaje o památce .....	104
1.3. Údaje o akci .....	105
2. PRŮZKUMOVÁ ZPRÁVA .....	106
2.1. Úvod .....	106
2.2. Metody průzkumu .....	107
2.3. Uměleckohistorický průzkum ' .....	107
2.3.1. Handke, Jan Kryštof .....	110
2.3.2. Kaple sv. Isidora ' .....	111
2.3.3 Popis nástěnných maleb a štukové výzdoby v kupoli; vymezení dílu určeného k samostatnému restaurování.....	113
2.4. Restaurátorský průzkum .....	115
2.4.1. Vizuální průzkum v rozptýleném denním světle .....	115
2.4.2. Průzkum v bočním osvětlení .....	121
2.4.3. Průzkum v UV světle .....	122
2.4.4. Fotografie detekující IR světlo .....	123
2.4.4. Zkoušky konsolidace .....	123
2.4.5. Zkoušky čištění.....	126
2.4.6. Chemicko-technologický průzkum .....	132
2.4.7. Dendrochronologický průzkum .....	132
2.5. Vyhodnocení průzkumu .....	133
2.6. Návrh postupu restaurátorských prací .....	135
3. RESTAUROVÁNÍ.....	137
3. 1. Postup restaurátorských prací.....	137
3.1.1. Konsolidace malby a štuků .....	137
3.1.1. Čištění malby a štuků .....	141
3.1.6. Tmelení .....	143
3.1.7. Retuš.....	144
3.2. Nová zjištění během restaurování .....	145
3.3. Doporučený režim památky .....	145
3.4. Použité materiály .....	146
SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	147
SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK .....	152
SEZNAM TABULEK.....	153
SEZNAM GRAFŮ.....	155
SEZNAM VYOBRAZENÍ.....	156
OBRAZOVÁ PŘÍLOHA.....	159
TEXTOVÁ PŘÍLOHA .....	191

# I. ČÁST DIPLOMOVÉ PRÁCE

## 1. Úvod

Diplomová práce je rozdělena do dvou částí, přičemž první část se skládá z rešerše a výsledků experimentu a druhá část obsahuje restaurátorský průzkum s dokumentací. První část diplomové práce se zabývá porovnáním minerálních prostředků používaných při konsolidaci barevné vrstvy nástěnné malby, navazující druhá část prezentuje postup konzervačních prací na centrální nástěnné malbě v kupoli hřbitovní kaple sv. Isidora v Křenově.

V rešeršní části práce jsou shromážděny dostupné informace k tématu konsolidace barevné vrstvy nástěnné malby minerálními konsolidanty. Tato část obecně popisuje mechanismy koroze barevné vrstvy, zmiňuje možnosti její konsolidace a stručně popisuje dostupné konsolidanty. Souhrnně jsou sepsány uznávané zásady a parametry konsolidačních prostředků, jež by měly být vhodné po stránce estetické a především po stránce materiální. První část diplomní práce pokračuje experimentem, během něhož byl hodnocen konsolidační účinek, určeny optimální podmínky pro aplikaci jednotlivých konsolidačních látek a popsán mechanismus jejich působení. Konsolidační prostředky byly testovány nejprve na omítkových panelech s modelově vytvořenou degradovanou barevnou vrstvou. Porovnání vlastností konsolidantů bylo provedeno na základě subjektivního vizuálního hodnocení, mikroskopických technik, zkoušek mechanických vlastností, hodnocení změny nasákavosti a objektivního vizuálního hodnocení změny barevnosti technikou kolorimetrie po aplikaci prostředků.

Výběr tématu studia minerálních konsolidantů na křemičité a vápenné bázi vyplynul z dané problematiky na malbě *in situ*, na níž byly v minulosti použity organické polymerní konsolidanty (vodné disperze). Vlivem zatečení do objektu a částečně vlivem snížení porosity malby fixází, došlo k výraznému poškození nástěnných maleb. Snahou bylo vyhnout se dalšímu použití obdobných zpevňovačů, a proto byly zkoušeny dvě skupiny minerálních konsolidantů. První testovanou skupinou byly vápenné nanomateriály v organických rozpouštědlech. Nanovápna v alkoholových rozpouštědlech jsou nově zaváděné konsolidanty,

kteře jsou zatím spíše ve stádiu výzkumu a laboratorního testování, ale již byly zaznamenány úspěchy s jejich použitím při konsolidaci uměleckých děl. Podstatnou výhodou těchto systémů je, že mají shodné mechanické vlastnosti s konsolidovanou nástěnnou malbou na minerálním karbonátovém podkladu, tudíž nedochází ke změně materiálové podstaty díla. Druhou testovanou skupinou byly konsolidanty na křemičité bázi - prostředek *KSE 300 HV*, *Sebosil S* a *Syton X 30*. Křemičité konsolidanty jsou hojně používané v památkové péči při konzervování a restaurování, ale zatím byly více odzkoušené na uměleckých dílech z kamene. Cílem bylo otestovat a prověřit vlastnosti zmíněných konsolidantů v laboratorních podmínkách, najít optimální způsob aplikace a následně použít vybrané konsolidanty na fixáž degradované barevné vrstvy nástěnné malby *in situ*.

## 2. Rešerše dostupných informací k tématu

Konsolidace degradované nástěnné malby je jedním z nejdůležitějších procesů během restaurování. Degradace nástěnné malby je zapříčiněná různými korozivními ději vedoucími k dezintegraci materiálu. Koroze bývá spojena se změnou chemických či fyzikálních vlastností, což vede ke zhoršení mechanických vlastností. Projevem koroze nástěnné malby může být ztráta koheze (vnitřní soudržnost daného materiálu) a adheze (přilnavost dvou vrstev, či oddělených kompaktních částí originálu). Mezi konkrétní typy degradace barevné vrstvy řadíme například práškovatění povrchu, šupinovatění, tvorbu krust a barevné změny. Konsolidace si klade za cíl navrátit se ke stavu blízkému původním mechanickým vlastnostem, které malba z různých příčin ztratila. Konsolidace je obecnější termín používaný ve významu zpevnění povrchové i podpovrchové vrstvy konsolidantem. Pro zpevnění povrchových vrstev se v českém jazyku ustálil termín fixace. Pro hloubkové zpevnění materiálu se častěji používá pouze obecný výraz konsolidace. Hloubkovou konsolidaci můžeme dále rozlišovat na strukturální konsolidaci (úprava koheze materiálu) a hloubkovou injektáž dutin a prasklin (úprava adheze). Konsolidanty se obecně mohou aplikovat postříkem, nátěrem nebo pomocí injektáže. Na trhu je dostupná široká škála komerčně vyráběných konsolidantů na minerální a organické bázi. Při péči o památky by měly být volené takové materiály a postupy, které dostatečně ošetří materiál a při tom zachovají jeho hmotnou podstatu.<sup>1</sup>

### **2.1. Konsolidace degradované nástěnné malby**<sup>2</sup>

#### **2.1.1. Mechanismy koroze barevné vrstvy**<sup>3</sup>

Koroze nástěnné malby souvisí s fyzikálními či chemickými změnami, které vedou ke změně mechanických vlastností a k budoucí degradaci. Degradální příčiny jsou vyvolány fyzikálními, chemickými nebo biologickými pochody. Fyzikální degradace nástěnné malby je ovlivněna především změnou teploty

---

<sup>1</sup> BAYER, Karol. Přednášky k výuce předmětu: *Technologie restaurování a konzervace*. Litomyšl, 2008-2012. Univerzita Pardubice. Fakulta restaurování.

<sup>2</sup> BAYER, Karol. Přednášky k výuce předmětu: *Technologie restaurování a konzervace*. Litomyšl, 2008-2012. Univerzita Pardubice. Fakulta restaurování.

<sup>3</sup> FÁRA, P. *Sanace vlhkého zdiva*. STOP. Praha, 2003. s. 12.

a vlhkosti v její bezprostřední blízkosti. Chemickou degradaci nejčastěji způsobují plynné látky z ovzduší tj. oxidy síry, dusíku, sirovodík a zejména jejich sekundární produkty – kyseliny. Chemickou degradaci také způsobují jiné látky, např. materiály použité při následných opravách či restaurování. Příčin degradace je mnoho a většinou se vzájemně ovlivňují, jedna příčina podmiňuje vznik další. Degradální procesy je možné rozdělit na vnitřní (chybné technologie a materiály) a vnější (vlivy prostředí).

Hlavním vnějším degradačním činitelem, bez kterého by většina korozivních procesů vůbec neprobíhala, je voda. Voda se do objektu může dostat několika způsoby. Obvyklé je kapilární vztlínání, kondenzace vodní páry v objektu nebo kapilární kondenzace, zatékání nebo vázání vody ze vzdušné vlhkosti přes hygroskopické látky například soli. Voda může v různé formě vymývat pojivo z malby nebo s ním interagovat, přičemž, pokud je pojivo vodocitlivé, může dojít k jeho úbytku nebo k jeho úplné ztrátě. Do struktury materiálu společně s vodou mohou pronikat vodorozpustné soli (většinou chloridy, sírany a dusičnany), které mají tendenci měnit svůj objem kvůli hydrataci a krystalizaci. V materiálu vznikají tlaky a pnutí, které při překročení jeho pevnosti způsobují destrukci. Soli mají rozdílnou rozpustnost, takže se v různých hloubkách a výškách vyskytují jiné druhy solí. Na nástěnné malbě se vyskytují především sírany ( $\text{SO}_4^{2-}$ ), dusičnany ( $\text{NO}_3^-$ ) a chloridy ( $\text{Cl}^-$ ). Soli mohou při nízké vzdušné vlhkosti ztrácet krystalovou vodu, ale při vhodných podmínkách ji přibírají zpět a dochází k rekrystalizaci (nárůst krystalů), případně k hydrataci (vznik roztoku soli). Proces se může v nestabilních podmínkách nesčetněkrát opakovat, a tak neošetřený materiál více poškozovat. Degradace může být vyvolána také činností organismů, mezi které patří bakterie, mechy, řasy, lišejníky houby, vyšší rostliny a živočichové.<sup>4</sup>

Jak je zřejmé, v závislosti na zdroji a příčině koroze se poškození netýká jen samotné barevné vrstvy, ale často ovlivňuje i její podklad tj. intonaco, jednu nebo více vrstev omítky a někdy i zdivo. Projevem koroze barevné vrstvy může být zhoršení mechanických vlastností - zpráškovatění, šupinovatění, krakeláč, barevné změny pigmentů a pojiva nebo jiné znečistnění malby (krusty a zákaly). Další poruchou je oddělování barevné vrstvy od omítky nebo odchlipování

---

<sup>4</sup> KOTLÍK, P., *Stavební materiály historických objektů*. 1. vyd. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, 1999. ISBN 80-7080-347-9. s. 57-72.

omítky od zdiva (vrstevnatá dezintegrace materiálu), vznik dutin, trhlin a mikroprasklin.

### **2.1.2. Obecné zásady pro výběr konsolidačního prostředku**

Před konsolidací barevné vrstvy je nutné znát přesné charakteristiky zpevňovaného materiálu a všechny dostupné informace o vybraném konsolidačním prostředku. Konsolidační prostředek nesmí měnit optické ani fyzikální vlastnosti zpevňovaného objektu. Konsolidant by měl vyhovovat esteticky, po impregnaci nesmí docházet ke změně barevnosti a vzhledu originálního materiálu, ale zvláště by měl vyhovovat svým chemickým složením, to znamená, že by neměl měnit vlastnosti originálního materiálu okamžitě a ani po letech. Konsolidační prostředek by se měl co nejvíce blížit svými mechanickými vlastnostmi a způsobem stárnutí (degradací) originálu. Důležitým předpokladem pro výběr konsolidantu je nereaktivnost nově vnesených látek do originálu a dlouhá životnost zásahu. Nové zpevňovací prostředky by měly být používány až po důkladném odzkoušení a po prokázání vhodných vlastností. Důrazným požadavkem je možnost reverzibility zásahu. V mnoha případech je tento přísný požadavek vzhledem k podmínkám téměř nereálný a proto je nezbytné, aby použitý konsolidant alespoň nebránil budoucím zásahům. Ideální konsolidant by měl být vysoce stabilní vůči stárnutí. Podstatná je dostatečná fixační schopnost, hloubka průniku, snadná aplikace, dostupnost prostředku na trhu, zdravotní a ekologická nezávadnost. Mezi další základní zásady patří i to, aby konsolidant nepřevyšoval pevnost konsolidovaného materiálu.<sup>5</sup>

### **2.1.3. Konsolidační prostředky pro porézní anorganické materiály<sup>6</sup>**

Konsolidací rozumíme obnovení mechanických vlastností degradovaných podpovrchových a povrchových vrstev. Konsolidace se snaží zpomalit postup degradace památky a ošetřit materiál tak, aby nedošlo k nevratnému smazání dokladů o jeho minulosti. Nejvhodnější konsolidant by se měl co nejvíce svými

---

<sup>5</sup> MICHONOVÁ, D., Zpevňování historických omítek – dílčí vyhodnocení experimentu z roku 2004. In *Křivoklát 2005 Historické omítky*. Seminář STOP. Praha, 2005. s. 25-26.

<sup>6</sup> HEIDINGSFELD, V., *Technologické aspekty zpevňování omítek*, in *Křivoklát 2004. Zpevňování historických omítek*. Odborný seminář STOP. Praha, 2004. s. 8.

vlastnostmi blížit vlastnostem originálu (např. karbonátové materiály jsou nejlépe kompatibilní s konsolidanty na vápenné bázi) a při jeho použití by neměl zásadně měnit charakter malby. Vhodný konsolidant by po aplikaci neměl ovlivňovat fyzikální vlastnosti malby, zejména se jedná o zachování vlastností, které se týkají výměny vody a vodní páry (nasákavost a paropropustnost).

S vývojem materiálu byly používány různé konsolidační prostředky. Kritérií pro jejich rozdělení je mnoho; můžeme je dělit do několika kategorií například podle původu na přírodní (minerální, živočišné a rostlinné), syntetické a na modifikované přírodní látky. Další dělení je podle chemického složení na anorganické (látky na bázi oxidu křemičitého, příp. hydroxidů kovů alkalických zemin - Ca, Mg, Ba), organické (polysacharidy, bílkoviny, vosky, pryskyřice atd.) a organokřemičitany, které se pohybují na pomezí organické a anorganické látky. Můžeme je kategorizovat podle způsobu zpracování (vodní systémy, rozpouštědlové systémy, olejové a smíšené systémy) a podle mechanismu vytvrzování (fyzikálně schnoucí a chemicky schnoucí). Z konsolidantů aplikovaných v historii, většinou na živočišné nebo rostlinné bázi (vaječné proteiny, kaseináty, vysychavé oleje, ovocné gummy atd.), se v současné době používají jen některé (Fu-nori, vyzina aj.). Ve druhé polovině 20. století se začaly používat syntetické prostředky polyvinylacetáty (PVAC), polyvinylalkoholy (PVA), polyestery (PES), polyakryláty, polymetakryláty a jejich kopolymery. Existují buď ve formě roztoků v organických rozpouštědlech, nebo ve formě vodných disperzí. Takřka u všech z uvedených prostředků byly prokázány nepříznivé vlastnosti a od jejich použití v restaurování se postupně ustupuje. Mezi průmyslově vyráběnými konsolidanty používanými v restaurování nástěnné malby v nedávné době, anebo stále používanými můžeme jmenovat:

- vodní sklo (vodné roztoky křemičitanu draselného, sodného a lithného); není vhodné pro použití vzhledem k obsahu alkálií
- dezalkalizované vodní sklo, tedy koloidní disperze oxidu křemičitého (např. Syton® X 30)
- estery kyseliny křemičité
- roztoky polymerů v organických rozpouštědlech, zejména homopolymerů nebo kopolymerů odvozené od akrylátů nebo metakrylátů
- vodné disperze polymerů na bázi akrylátů nebo metakrylátů, příp. styrenakrylátů nebo vinylacetátů

Organické konsolidanty představují velkou skupinu přírodních a syntetických polymerů využívaných ve formě roztoků nebo disperzí. Zvláštní skupinu tvoří prostředky na bázi esterů kyseliny křemičité; tyto prostředky se využívají ve formě oligomerů alkokysilanů, které při tvrdnutí přecházejí na anorganickou síť oxidu křemičitého. Mezi organické konsolidanty běžně využívané pro konsolidaci nástěnné malby patří polymerní disperze. Tato skupina látek se vyznačuje vysokou lepivostí a dobrou konsolidační schopností, ale omezenou reverzibilitou. Dalším problémem je jejich chemické složení, které je zcela rozdílné od původních složek malby. Z těchto důvodů se v současnosti začínají převážně používat přírodní konsolidanty na minerální bázi a ojediněle i na rostlinné bázi.

Rostlinného původu je konsolidant zvaný Fu-nori. V Asii byl historicky používán, v současné době je znovu objeven a zkoumán. Z chemického hlediska se jedná o polysacharid (galaktózu). Získává se z mořské řasy *Gloiopeltis furcata*, která se nachází především v Japonsku. Mimořádnou vlastností Fu-nori při zpevňování barevné vrstvy je, že zanechává na rozdíl od většiny syntetických polymerů matné povrchy a nemění původní barevnost.<sup>7</sup>

Vyvíjeny a do praxe jsou uváděny minerální konsolidanty jako je vápenná voda a alkoholové nanosuspenze hydroxidu vápenatého a barnatého. Výhodou prostředků na bázi hydroxidu vápenatého je zejména jejich podobné chemické složení s konsolidovaným materiálem. Chybějící pojivo v materiálu se nahrazuje stejně chemicky se chovajícím produktem. Zřejmou nevýhodou je malá rozpustnost hydroxidu vápenatého, tedy nízká koncentrace pojivové složky. Má-li být konsolidovaný materiál dostatečně zpevněný a tedy obsahovat dostatek vápenného pojiva, je nutné aplikaci vápenného konsolidantu několikrát opakovat. Rizikem by mohlo být vysoké zavlhčení objektu a hrozba mobilizace solí, které však lze eliminovat při použití jiného, např. alkoholového media. Křemičité konsolidanty byly původně určeny pro konsolidaci hornin, ale jsou úspěšně používány pro zpevňování omítek především vápenných nástěnných maleb. U použití vodního skla hrozí zanesení nebezpečných solí do zpevňovaného materiálu.

---

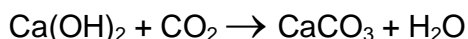
<sup>7</sup> GEIGER, Thomas a Françoise MICHEL. Studies on the Polysaccharide JunFunori Used to Consolidate Matt Paint. *Studies in Conservation* [online]. 2005, č. 3, s. 193-204, 03/04/2012 04:02 [cit. 2012-04-12]. Dostupné z: <http://www.jstor.org/stable/25487745>.

Na úspěšné konsolidaci se primárně podílí volba vhodného konsolidačního prostředku, ale nezanedbatelný vliv má i způsob a podmínky jeho aplikace.

## **2.2. Minerální konsolidační prostředky**

### **2.2.1. Konsolidační prostředky na bázi hydroxidu vápenatého<sup>8,9</sup>**

Do této skupiny konsolidantů patří látky a prostředky, jejichž základní funkční složkou je hydroxid vápenatý. Tradičně se v restaurování nástěnné malby používala vápenná voda, která je v posledních letech opět častěji používána, i když s kontroverzními výsledky při konzervování uměleckých děl. Vápenná voda je čirý nasycený roztok hydroxidu vápenatého (chemický vzorec  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ), který se odlučuje po hašení vápna při tzv. mokřém hašení nebo se získává naložením vápenného hydrátu do vody, kdy se v přebytečné vodě nad vápennou kaší vytvoří právě výše zmíněný roztok. Po odležení vápenné vody se na jejím povrchu vytvoří charakteristická bezbarvá skořápka. Nasycený roztok obsahuje 1,6-1,7 g (0,16 % hm) hydroxidu vápenatého na 1 l vody při 20 °C. Střední velikost iontu vápníku je přibližně 10 μm, z čehož vyplývá schopnost dobré penetrace. Po aplikaci vápenné vody dochází k postupné reakci se vzdušným oxidem uhličitým za vzniku uhličitanu vápenatého. Uhličitan vápenatý se stává novým pojivem konzervovaného materiálu. K ukončení karbonatace dochází po několika týdnech. Průběh chemické reakce může být zachycen následující rovnicí:



Tento konsolidant je výhodné používat na substráty na bázi uhličitanu vápenatého, protože se jedná o látku chemicky identickou s původním pojivem a nedochází ke změně materiálové podstaty konzervovaného díla. Nové mechanické vlastnosti jsou blízké vlastnostem původního karbonátového pojiva. Při konzervování hrozí menší riziko nadměrného přezpevnění povrchu než

---

<sup>8</sup> DAEHNE, A., HERM, Ch., *Calcium hydroxide nanosols for the consolidation of porous building materials - results from EU-STONECORE*, Heritage Science 2013, 1:11, pp. 2.

<sup>9</sup> DELIVERABLE 6.1: Collaborative Project NANOFORART. Project no. ENV-NMP.2011.2.2-5; ENV-NMP.2011.3.2.1-1- 282816; coordinator Prof. Piero Baglioni

u jiných konsolidantů, ale i zde hraje důležitou roli způsob aplikace. Průběh a charakter stárnutí nově vneseného pojiva lze považovat za podobný, vzhledem k chemické stejnorodosti látek. Vápenná voda je UV, fyzikálně i biologicky stabilní, může být aplikována i na mírně vlhký podklad, aniž by došlo ke vzniku nežádoucích látek. Vzhledem ke své zásaditosti (pH 12) je možné ji aplikovat zároveň jako biocidní látku. Nevýhodou může být malý obsah aktivní látky, což je podmíněno malou rozpustností hydroxidu vápenatého, u něhož navíc rozpustnost s rostoucí teplotou klesá. Napouštěcí cykly tak mohou dosahovat desítek až stovek opakování, abychom dodali substrátu požadované množství pojiva. Četnost napouštění s sebou přináší negativní vlivy, jimiž je zejména nadměrné zavlhčení a případná mobilizace solí nebo jiných vodorozpustných složek malby (např. rozpustnost sádrovce je vyšší než rozpustnost hydroxidu vápenatého). Během konzervování vápennou vodou by teplota neměla klesnout pod 0 °C, protože se jedná o vodný roztok. Uhličitán vápenatý je citlivý vůči kyselým atmosférickým škodlivinám a má malou chemickou stabilitu. Konsolidant se nejčastěji aplikuje metodou postřiku nebo nátěru až do nasycení materiálu. Na území České republiky byla vápenná voda použita například ke konsolidaci omítek hradu Pernštejna<sup>10</sup>, na fasádě hradu Rožmberk a na klášteře Zlatá Koruna. Z Dánska je známá úspěšná aplikace vápenné vody na zpevnění středověké secco malby na vápenné omítce. Konsolidant byl aplikován v 70 cyklech postřikem v průběhu deseti dní při průměrné teplotě 17 °C a relativní vlhkosti okolo 75 %.<sup>11</sup> Na místo vápenné vody někdy bývá využívána barytová voda (roztok hydroxidu barnatého ve vodě), protože její rozpustnost je vyšší a roztok koncentrovanější (40 g/l při 20 °C). K dosažení stejné míry konsolidace jako s vápennou vodou stačí méně impregnačních cyklů [graf 1]. U této metody zpevňování opět dochází k nežádoucímu zavlhčování objektu. Hlavním rizikem je možnost tvorby bílého nerozpustného uhličitánu barnatého (BaCO<sub>3</sub>) na povrchu. Navíc se jedná o prudce jedovatý prostředek, manipulace s barytovou vodou je nebezpečná.<sup>12,13</sup>

---

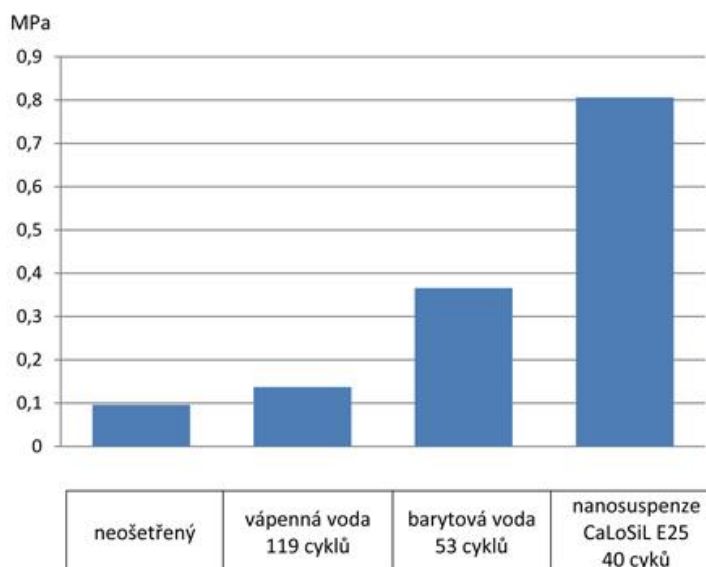
<sup>10</sup> BISKUP, E., Záchrana vzácných omítek SH Pernštejna, In: *Spektra*. 2009. Roč. 9, č. 2, s. 74-75.

<sup>11</sup> BRAJER, Isabelle. Limewater Impregnation of Wall Paintings. In: *Zeitschrift für Kunsttechnologie und Konservierung*. 1999. Roč. 13, č. 2, s. 367-368.

<sup>12</sup> HEIDINGSFELD, V., Technologické aspekty zpevňování omítek. In *Křivoklát 2004. Zpevňování historických omítek*. Odborný seminář STOP. Praha, 2004. s. 9.

<sup>13</sup> MICHOLINOVÁ, D., „Zpevňování omítek vápennou vodou II“, *Zprávy památkové péče*, roč. 72, č. 5, 2012, s. 356.

### Tahová pevnost chudé vápenné malty po aplikaci různých zpevňovačů



Graf 1: Příklady porovnání účinnosti zpevnění historických materiálů impregnací nanovápennem.<sup>14</sup>

Alternativu vápenné vody představují systémy tzv. dispergovaného vápna v alkoholu<sup>15</sup> nebo nová skupina látek - nanosuspenze hydroxidu vápenatého v alkoholech. Jedná se o suspenze částic hydroxidu vápenatého o malé velikosti (v řádu desítek až stovek nm), které jsou dispergované v organickém rozpouštědle, nejčastěji alkoholu. Obecnou výhodou těchto systémů je kompatibilita s původním materiálem. Při aplikaci na porézní substráty se vyznačují dobrou penetrací a dobrým konsolidačním účinkem. Použitím těchto systémů nedochází k nadměrnému zavlhčování materiálu (jako v případě vápenné vody) a k eventuální mobilizaci rozpustných solí. Nevýhodou bohužel je možnost zpětné migrace při vysychání rozpouštědla a tvorba bílých zákalů v důsledku povrchové karbonatace. Z hlediska ekologického se jedná o prostředky šetrné a bez toxických přísad.

Vápenné nanosuspenze jsou z chemického hlediska koloidní roztoky nanočástic na bázi hydroxidu vápenatého (připravují se též obdobné produkty na bázi hydroxidu hořečnatého, hydroxidu barnatého, uhličitanu vápenatého

<sup>14</sup> Příklady porovnání účinnosti zpevnění historických materiálů impregnací nanovápennem. In: [online]. [cit. 2013-07-10]. Dostupné z: <http://abicko.avcr.cz/2012/10/06/>

<sup>15</sup> DEI, L., GIORGI, R., BAGLIONI, P. A New Method For Consolidating Wall Paintings Based on Dispersions of Lime in Alcohol. In: *Studies in Conservation*. London, 2000. Vol. 45, No 3, pp 154-161.

nebo hořečnatého) v organických rozpouštědlech, především v alkoholech. Částice  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  mohou být suspendovány v různých alkoholech - v ethanolu, isopropanolu a n-propanolu, pro úpravu vlastností, zejména zlepšení penetrace a omezení zpětné migrace se přidávají nepolární rozpouštědla s větší retencí (např. n-heptan). Malá velikost částic a elektrostatická odpuzivá síla zajišťují stabilitu těchto solů. Z hlediska velikosti částic se většinou jedná o heterogenní systémy s širší distribucí částic o různé velikosti, typická velikost nanočástic je 50-300 nm, v systémech jsou zastoupeny i větší částice, které však nejčastěji vznikají shlukem primárních částic při výrobě nebo následným skladováním. Střední velikost částic v nanosuspenzi se pohybuje okolo 150-160 nm. Pro srovnání je možné zmínit částice  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  ve vodných suspenzích (vápenná voda), které jsou přibližně šedesát krát větší, střední velikost těchto částic je přibližně 10 000 nm.<sup>16</sup> Pohyb částic je ovlivněn především kinetickou energií, gravitační energie je pravděpodobně ovlivňuje minimálně. Dominantním mechanismem při transportu vápenných nanomateriálů je kapilární vztlínavost v tenké kapiláře (póru). Po odpaření rozpouštědla zůstává v materiálu hydroxid vápenatý bez jakýchkoli dalších reziduí. Konverze na uhličitán vápenatý je obdobná jakou u běžného vápna (vápenné kaše) reakcí se vzdušným oxidem uhličitým za přítomnosti vlhkosti. Voda se významným způsobem podílí na vytváření pevné struktury vápenné matrice. Vlhkost je nezbytný faktor pro karbonataci vápna a rekrystalizaci uhličitánové matrice, tím dochází k nárůstu pevnosti v tlaku a ohybu.<sup>17</sup>

Při kontaktu vápenné nanodisperze s množstvím vody nad 10 % hm dochází ke zvětšování částic hydroxidu vápenatého a tvorbě gelové konzistence, a při ještě vyšším množství vody se stane disperze nestabilní, částice vytvoří shluky a sedimentují. Vápenné nanosuspenze v alkoholech zůstávají stabilní při správném uchování (od 5 °C do 30 °C, bez vzdušné vlhkosti) zhruba po dobu tří měsíců, po delší době může dojít k aglomeraci částic a následné sedimentaci, což má za následek horší penetraci nanosuspenze do konsolidovaného materiálu. V některých případech byla

---

<sup>16</sup> BAYER, K., MACOUNOVÁ, D., MACHAČKO, L. Nanosuspenze hydroxidu vápenatého jako konsolidanty porézních vápenců a vápenných omítek, In: *Acta Artis Academica*. Praha, 2012. Znalost a praxe ve výtvarném umění. Sborník 4. mezioborové konference ALMA. Akademie výtvarných umění v Praze, s. 325-335. ISBN 978-80-87108-33-8.

<sup>17</sup> MICHOLINOVÁ, D., Zpevňování omítek vápennou vodou II. In: *Zprávy památkové péče*, roč. 72, č. 5, 2012, s. 357-360.

pozorována tvorba bílého zákalu na povrchu ošetřovaného materiálu. Důvodem tohoto nepříznivého jevu může být použití zmíněné starší nanosuspenze, nízká porosita ošetřovaného materiálu, rychlé odpaření rozpouštědla, které může způsobit zpětnou migraci nanočástic na povrch materiálu, nebo přesycení substrátu konsolidantem a další.<sup>18</sup> Jak již bylo řečeno, z hlediska velikosti částic jsou nanosuspenze heterogenní systémy s různou velikostí částic. Podstatná část částic dosahuje maximální velikosti 200 nm, takové částice mají dobrou penetraci i do méně porézních systémů. Přítomnost větších částic však může negativně ovlivňovat výsledek zpevňování – způsobují bílé zákal na povrchu v důsledku horší penetrace, mají pouze povrchový zpevňující účinek. Na druhou stranu polydisperzní systémy mohou být vhodné pro více porézní systémy (např. kámen, silně degradovaná omítka), u nichž větší částice mohou vyplnit větší póry mnohem efektivněji než malé částice a docílit tak výraznějšího zpevnění.

Nanosuspenze je mléčně zbarvená kapalina, čím více je koncentrovaná, tím je bělejší. Viskozita nanosuspenzí se pohybuje mezi 150 – 350 mPas v závislosti na obsahu hydroxidu vápenatého.<sup>19</sup>

Vápenné nanosuspenze v alkoholech jsou zkoumány přibližně od roku 1997, kdy skupina vědců ve francouzském institutu<sup>20</sup> za specifických podmínek syntetizovala koloidní disperzi  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  v uhlovodíkovém rozpouštědle hydrolyzou hydridu vápenatého. Stejná skupina vědců v roce 1998 patentovala výrobu vápenných koloidních produktů.<sup>21</sup> Následně se studiem vápenných nanosuspenzí, s cílem aplikovat je na fresco malby, zabýval vědecký tým z univerzity ve Florencii.<sup>22</sup> Teprve v nedávné době (r. 2006) začaly být tyto nanomateriály komerčně dostupné (*CaLoSiL*®; IBZ-Freiberg). V současnosti jsou nové vápenné nanomateriály soustavně studovány a důkladně testovány mnohými odbornými pracovišti.

---

<sup>18</sup> DRDÁČKÝ, M., SLÍŽKOVÁ, Z., *Nanomateriály v péči o památky; Ústav teoretické a aplikované mechaniky AV ČR, v. v. i.; 15. 10. 2012* [online]. [cit. 2013-07-09]. Dostupné z: <http://abicko.avcr.cz/2012/10/06/>

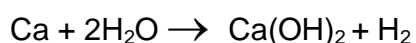
<sup>19</sup> BAYER, K., MACOUNOVÁ, D., MACHAČKO, L. (viz pozn. 13).

<sup>20</sup> Bruno Delfort, Maurice Born, Agnes Cuivé a Loic Barré. *Colloidal Calcium Hydroxide in Organic Medium: Synthesis and Analysis*, Institut Français du Pétrole, 1-4 avenue de Bois-Préau, Rueil Malmaison, France 1997.

<sup>21</sup> DUNAJSKÁ J., *Zhodnocení současných možností konsolidace vápenných omítek konsolidanty na bázi hydroxidu vápenatého*, 2009 Univerzita Pardubice, Fakulta restaurování, Katedra chemické technologie. Bakalářská práce. s. 27.

<sup>22</sup> DEI L., GIORGI R., AMBROSI M., NETO Ch., BAGLIONI P., *Colloidal Particles of  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ : Properties and Applications to Restoration of Frescoes*. In: *Langmuir*, New Mexico 2001, Volume 17, pp. 4251–4255.

Nanosuspenze se od sebe liší procesem syntézy, kterým získávají charakteristickou velikost částic a morfologii krystalů. Nanosloučeniny jsou syntetizovány v procesech, ve kterých jsou látky v homogenní nebo heterogenní fázi (z hlediska skupenství). Výroba se zaměřuje spíše na syntézu krystalických produktů (než produktů amorfních), krystalické látky dodávají vyšší stabilitu konečnému produktu. Úspěšnou syntézou by měly vznikat sloučeniny s částicemi v řádu nanometrů a s požadovanými vlastnostmi jako je malá heterogenita částic (velikostí a tvarů). Reakce může probíhat za přítomnosti vody nebo za přítomnosti bezvodého rozpouštědla. Až dosud bylo možné získat nanočástice buď hydrolyzou hydridu vápenatého  $\text{CaH}_2$  za určitých experimentálních podmínek, nebo reakcí oxidu vápenatého  $\text{CaO}$  nebo hydridu vápenatého  $\text{CaH}_2$  s vodou v organickém prostředí v přítomnosti povrchově aktivních látek. Další známý výrobní proces zahrnuje reakci  $\text{Ca}$  (vápníku) s vodou v alkoholovém prostředí.<sup>23</sup> Tato výroba probíhá podle rovnice:



Rozdílných koncentrací je dosaženo odpařením rozpouštědla už při výrobě. Z tohoto postupu je zřejmé, že je poměrně obtížné vyrobit přesně požadovanou koncentraci. Krystalické nanočástice hydroxidu vápenatého je možné získat ze solných roztoků, smícháním stejného množství  $\text{NaOH}$  a  $\text{CaCl}_2$  ve vodném prostředí za specifických podmínek.<sup>24</sup> Další způsob syntézy nanovápen představuje příprava z roztoku  $\text{CaCl}_2$  a  $\text{NaOH}$ . Hydroxid vápenatý o dané koncentraci se po kapkách přidává do roztoku  $\text{CaCl}_2$  při teplotě  $90\text{ }^\circ\text{C}$ . Při syntéze vzniká  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  a  $\text{NaCl}$ , který je následně odstraněn promýváním demineralizovanou vodou. Voda je odstraněna smícháním s 2-propanolem nebo jiným rozpouštědlem (n-propanolem, alkoholem) v rotační vývěvě za definovaných podmínek.<sup>25</sup> Poslední proces syntézy je založen na kombinaci

---

<sup>23</sup> DUNAJSKÁ, J., *Tests on sustainability of consolidation treatments with CaLoSil® nanosuspensions on plaster reference samples*. Litomyšl, 2012. Diplomová práce Univerzita Pardubice, Fakulta restaurování, Katedra chemické technologie. s. 14-15.

<sup>24</sup> DEI L., GIORGI R., AMBROSI M., NETO Ch., BAGLIONI P., Colloidal Particles of  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ : Properties and Applications to Restoration of Frescoes. In: *Langmuir*, New Mexico 2001, Volume 17, pp. 4251–4255.

<sup>25</sup> DANIELE, V. a G., TAGLIERI, Nanolime suspensions applied on natural lithotypes: The influence of concentration and residual water content on carbonation process and on treatment affectiveness. In: *Journal of Cultural Heritage*. 2010, Volume 11, pp. 102–106.

použití kulového mlýnu s vysokou energií ultrazvuku a centrifugy, která odděluje částice dle jejich velikosti (resp. jejich hmotnosti). Jako vstupní látka se používá suspenze  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ . Částice vápna jsou v kulovém mlýně rozbity na částice o velikosti několika  $\mu\text{m}$  až  $\text{nm}$ , shluky částic jsou odděleny v ultrazvuku.<sup>26</sup>

Zřejmou výhodou při použití vápenných nanosuspenzí ke konsolidaci karbonátových materiálů je, že nemění složení autentického materiálu. Jinými slovy nedochází ke kontaminaci cizím materiálem. Celý systém, tedy barevná vrstva se svým podkladem, je chemicky kompatibilní a nemůže dojít k tvorbě dalších nežádoucích reaktivních látek. Proces konsolidace je předvídatelný a je možné jej snadno kontrolovat četností ošetření a v případě potřeby zastavit. Při přiměřené a kontrolované aplikaci nedochází k výrazné změně porézního systému a nehrozí přezpevnění substrátu, jako tomu v některých případech dochází po zásahu jinými konsolidanty, zejména vodnými disperzemi. Zmíněné argumenty dokládají, že se jedná o šetrnou sanační metodu s možností rekonzervovatelnosti v budoucnu. Díky své zásaditosti jsou vápenné nanosuspenze vhodné i pro likvidaci biologického napadení. Zásaditost vápenných nanosuspenzí je využívána i pro restaurování uměleckých děl na papíru a pergamenu, konkrétně při metodě odkyselování. Použití vápenných nanosuspenzí má však svá úskalí, právě pro svoji zásaditost by mohla být pro barevnou vrstvu (pigmenty a pojivo) nevhodná. Zřejmou nevýhodou vápenných nanosuspenzí je sklon k tvorbě bílých zákalů. Metodám optimálního použití vápenných nanosuspenzí v organických rozpouštědlech na nástěnnou malbu na vápenné omítce se detailněji věnuje experimentální část této diplomové práce.

### Současný výzkum v oblasti vápenných nanomateriálů

Nanosuspenze v organických rozpouštědlech jsou zatím ve stadiu vývoje a jejich vlastnosti byly zatím více zkoumané v laboratorních podmínkách, ale byly úspěšně aplikované i na reálné objekty. Vývoj, zkoumání vlastností a konsolidačního účinku, se do současnosti zabývalo několik mezinárodních výzkumných projektů, především STONECORE a NANOforART, na nichž se jako jeden z partnerů podílí Fakulta restaurování Univerzity Pardubice.

---

<sup>26</sup> *MBNnanomaterialia*. Nanoforart, First Annual Meeting, London 13 and 14 December 2012.

Projekt STONECORE<sup>27</sup> probíhal v letech 2008-2011, jeho hlavní myšlenkou bylo vyvíjet nanomateriály a testovat možnosti jejich aplikace pro konzervování uměleckých památek z anorganických poréznych materiálů (uměleckých děl z kamene, nástěnných maleb, omítek atd.). Snahou bylo vyvinout použitelný nanomateriál k šetrnému a ekologickému odstraňování mikrobiologického poškození a dále vytvořit nové pomůcky a přístroje pro nedestruktivní metody testování míry konsolidace kamene (ultrazvuk a geofyzikální měření). Projektu se účastnilo dvanáct partnerů ze sedmi evropských států, čtyři univerzity, veřejná výzkumná a státní organizace. V rámci projektu byly testovány na trhu dostupné, ale i další na trhu nedostupné nanosuspenze značky *CaLoSiL*® s různými systémy hydroxidu vápenatého rozptýlenými v alkoholu. Projekt se v první fázi zabýval laboratorním výzkumem a následně byly získané poznatky aplikovány na konsolidaci reálných objektů. Během tohoto mezinárodního projektu byla na území ČR strukturálně konsolidována umělecká díla z kamene, konkrétněji z kutnohorského vápence (příbojový kutnohorský mušlový vápenec) a vápenné omítky (např. v interiéru kláštera Rosa Coeli v Dolních Kounicích). Pomocí vápenných nanosuspenzí byly zpevňovány například i antické nástěnné malby v italském Herculaneu nedaleko Neapole. Poškození maleb bylo způsobeno nejvíce výkvětem solí a lokálně jako důsledek předchozích zásahů. Nanosuspenze zde byly kombinovány s ethery celulosy. Tímto způsobem došlo k úspěšné konsolidaci zpráškovatělé i šupinující barevné vrstvy. Účinnost nanosuspenzí na bázi hydroxidu vápenatého v přítomnosti vodorozpustných solí ještě nebyla důkladně probádána. V průběhu projektu byly hledány další možnosti uplatnění vápenných nanosuspenzí např. na hloubkové injektování nebo jejich kombinací s organokřemičitany (estery kyseliny křemičité).<sup>28</sup>

NANOforART<sup>29</sup> je aktuálně běžícím projektem, který začal v roce 2012. Projekt je zaměřen na výrobu disperzí s nanočásticemi, mikroemulzí a gelů použitelných na konsolidaci a čištění movitých a nemovitých uměleckých děl (textilu, pergamenu, papíru, závěsných obrazů, nástěnných maleb, omítek a kamenů). Projektu se účastní 15 výzkumných organizací z celého světa (CZ,

---

<sup>27</sup> Stone Conservation for Refurbishment of Buildings, EU-projekt v 7. rámcovém programu, NMP-SE-2008-213651; <http://www.stonecore-europe.eu/>

<sup>28</sup> BAYER, K., MACOUNOVÁ, D., MACHAČKO, L. Nanosuspenze hydroxidu vápenatého jako konsolidanty poréznych vápenců a vápenných omítek, In: *Acta Artis Academica*. Praha, 2012. Znalost a praxe ve výtvarném umění. Sborník 4. mezioborové konference ALMA. Akademie výtvarných umění v Praze, s. 325-335. ISBN 978-80-87108-33-8.

<sup>29</sup> <http://www.nanoforart.eu/>

D, DK, E, F, GB, I, MEX, SLO). Během projektu bylo vyvinuto a odzkoušeno několik systémů vápenných suspenze s nanočásticemi. Testování aplikace nanosuspenzí probíhalo nejprve v laboratorních podmínkách a následně na památkách *in situ*. Suspenze vyvinuté partnerem projektu *CSGI* (italský ústav *Consorzio Interuniversitario Per LoSviluppo Dei Sistemi A Grande Interfase*) se skládají z nanočástic  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  dispergovaných buď v 1-propanolu (*CSGI 1P35*) nebo v ethanolu (*E35*). Od předchozích produktů vyvinutých v rámci projektu *STONECORE* se liší způsobem syntézy, které dávají produktům jiné vlastnosti z hlediska morfologie a velikosti částic. Další typy nanosuspenzí připravené technologií využívající rozetření částic účinkem mechanického namáhání byli připraveny dalšími partnery projektu – německou institucí *ZFB* (*ZFB Zentrum Fur Bucherhaltung GmbH*) a italskou institucí *MBN* (*MBN Nanomaterialia Spa*). V současnosti vyvinuté nanosuspenze obsahují částice  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  rozptýlené v iso-propanolu, respektive v iso-propanolu ve směsi s butanolem. Všechny systémy se liší procesem syntézy dodávající charakteristickou velikost částic, polydisperzitu a tvar krystalů, jež by ve výsledku mohly ovlivňovat konsolidační efekt. Během projektu *NANOforART* byly nanosuspenze použity v koncentracích 10 g/l pro konsolidaci kamenných děl a omítek, pro nástěnnou malbu se používaly při nižších koncentracích a to ponejvíce při 2,5 g/l až po 10 g/l.

Na trhu je dostupný produkt s komerčním názvem *CaLoSiL®* v koncentracích 5; 15; 25 a 50 g hydroxidu vápenatého/l konsolidantu. Velikost částic v těchto nanosuspenzích se v závislosti na výrobě pohybuje v rozmezí 50 až 150 nm. *CaLoSiL®* vyrábí od října roku 2006 firma *IBZ-Freiberg* (Ingenieurbüro Dr. Ziegenbalg GbR) se sídlem v Německu. Existují také více viskózní produkty o vyšší koncentraci hydroxidu vápenatého 150-300 g/l v ethanolu (*CaLoSiL® pasty*). Jiným komerčně vyráběným konsolidantem je *CaLoSiL®-Micro* o velikosti částic 1–3 micrometry sloužící na injektáž větších trhlin.<sup>30</sup> Jiným na trhu dostupným produktem je nanosuspenze v isopropylalkoholu s komerčním názvem *Nanorestore®* (*Nanorestore* je registrovaná obchodní značka společnosti *CSGI*)<sup>31</sup>. Další nanomateriály na bázi hydroxidu vápenatého jsou ve fázi výzkumu a vývoje a zatím nejsou dostupné na trhu.

---

<sup>30</sup> *IBZ-Salzchemie GmbH & Co.KG. Technický list: 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)*

<sup>31</sup> *In: [online]. [cit. 2013-08-12]. Dostupné z: <http://ceroart.revues.org/1716#ftn1>*

Nanosuspenze byly odzkoušeny více pro konsolidaci poréznych hornin a vápenných omítek, ale jsou známé úspěšné aplikace i na nástěnné malbě. Publikovaný výzkum v ČR provedla například Fakulta restaurování Univerzity Pardubice a partneři projektu NANOforART, výzkumem těchto systému se zabývá i Ústav teoretické a aplikované mechaniky AV ČR. Nanomateriály byly použity v České republice mimo jiné také při restaurování vápencové sochy anděla v Kutné Hoře (Dana Macounová, bakalářská práce 2011), pro konsolidaci historických omítkových vrstev v interiéru bývalého kláštera Rosa Coeli v Dolních Kounicích (Luboš Machačko, Zprávy památkové péče 2012) a v Kolíně v chrámu sv. Bartoloměje na konsolidaci a stabilizaci secco malby. Publikovanými zkouškami vápenných nanosuspenzí na reálných objektech mimo Českou republiku se ve své bakalářské práci zabývala MgA. Jana Dunajská (Zhodnocení současných možností konsolidace vápenných omítek konsolidanty na bázi hydroxidu vápenatého, 2009, s. 22).

### 2.2.2. Konsolidační prostředky na bázi oxidu křemičitého<sup>32,33</sup>

Do této kategorie řadíme materiály na bázi vodného koloidního roztoku kyseliny křemičité a estery kyseliny křemičité. Organokřemičitany (estery kyseliny křemičité, silikony) jsou látky, které se používají v památkové péči ke konsolidaci a případně hydrofobizaci silikátových materiálů (omítek, kamene aj.). Skládají se z anorganické kostry  $\equiv\text{Si-O-Si}\equiv$  a navázaných organických skupin. Křemík je schopný tvořit složité sloučeniny podobné organickým. Jejich složení je příčinou výjimečných vlastností, jimiž je fyzikální stabilita v rozmezí teplot od  $-70\text{ }^{\circ}\text{C}$  do  $300\text{ }^{\circ}\text{C}$ , stabilita proti vnějším a chemickým vlivům a u některých hydrofobita. Organokřemičitany se vyskytují ve formě nízkoviskózních syntetických roztoků esterů typicky v alkoholickém (ethanolovém) nebo ketonickém (acetonovém) rozpouštědle. Z těchto látek bývá

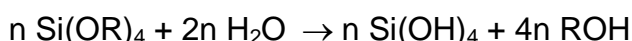
---

<sup>32</sup> 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.: Gláser, Vratislav Nejedlý. Praha: Národní památkový ústav, ústřední pracoviště, 2008. svazek 1. ISBN 978-80-87104-15-6.

<sup>33</sup> BAYER, Karol. Přednášky k výuce předmětu: *Technologie restaurování a konzervace*. Litomyšl, 2008-2012. Univerzita Pardubice. Fakulta restaurování.

používán tetraethoxysilan (tetraethylortosilikát, etylester kyseliny křemičité, ethylsilikát, TEOS - zkratka je odvozená z anglického názvu tetraethoxyorthosilikate), methyltrimethoxysilan (MTMOS), tetramethoxysilan (TMOS), butyltrimethoxysilan (BTMS) a další. Někdy bývají používány méně těkavé oligomerní produkty (např. *Ethylsilikát 40*).<sup>34,35,36</sup>

Vytvrzování, tvorbu gelu oxidu křemičitého, je možné rozdělit do dvou zásadních kroků na hydrolýzu a kondenzaci. První reakce (hydrolýza) probíhá podle následující rovnice:



Reakce je většinou iniciovaná katalyzátorem buď kyselým (např. HCl), zásaditým nebo neutrálním. V závislosti na pH katalyzátoru vzniká různě síťovaný gel. Pro citlivé materiály je většinou používán neutrální katalyzátor. Ve druhém kroku vzniká gel se strukturou prostorové sítě. Kondenzace probíhá podle rovnice:



Tyto konsolidační prostředky na bázi organokřemičitých esterů se dají využít jak v interiéru, tak v exteriéru. Prvotně byly určeny pro konsolidaci porézních silikátových materiálů (kámen, cihly, keramiku, malty, omítky a další). Mezi konsolidantem a křemičitým podkladem totiž dochází k vytvoření chemické vazby, jež je pevnější než fyzikální vazba. Modifikované varianty organokřemičtanů byly odzkoušeny i pro ošetření skla (konsolidace mozaiky na jižní straně katedrály sv. Víta). Bývají využívány také na fixáž barevných vrstev a jako pojivo retuší a tmelů. Silikony by měly být aplikovány na prakticky suchý povrch, který by měl obsahovat asi jen 3 % vlhkosti, ale neměl by být příliš přesušený (příklad muzejních místností).

---

<sup>34</sup> PINTO, A. P. F. a J. D. RODRIGUES, Stone consolidation: The role of treatment procedure. *Journal of Cultural Heritage*. 2008, č. 9, s. 38-53.

<sup>35</sup> VANĚČEK, Ivan. *Nástěnné malby*. Praha, 2000. STOP. ISBN 80-902668-3-5. s. 47.

<sup>36</sup> KUNEŠ, Petr, *Studium chování esterů kyseliny křemičité v zásaditém prostředí*. Praha, 2004. Diplomová práce. Vysoká škola chemicko-technologická v Praze. Fakulta chemické technologie. Ústav chemické technologie restaurování památek, s. 4.

Organokřemičitany byly vyrobeny už v roce 1845. Jejich výzkum byl na Československé akademii věd v Praze zahájen roku 1948 a výroba v r. 1960 v Lučebních závodech v Kolíně. Výrobci v ostatních evropských zemích objevovali tyto prostředky až o několik let po té (Německo – *Tegovakon* firmy Th. Goldschmidt, *Steinfestiger* firmy Wacker; Francie – *Rhodosil* firmy Rhone Poulenc). První úspěšné aplikace (už r. 1959) na reálných objektech, konkrétně na části pískovcového zábradlí Letohrádku královny Anny v Praze, proběhly s produktem nazvaným *Silgel* (ČSAV). Komerční výroba organokřemičitanů v České republice byla zahájena v důsledku různých okolností až v r. 1991 firmou Aqua (některé produkty řady *Porosil*).

Výhodou těchto systémů je komplexní schopnost hydrofobizovat a konsolidovat zároveň. Vyznačují se výbornou penetrací, vysokým konsolidačním efektem a stabilitou (UV, fyzikální a chemickou). Organokřemičité konsolidační prostředky vytvářejí do určité míry pružný gel s trvale elastickými vlastnostmi. Do konsolidovaného materiálu nezanášejí žádné nežádoucí reaktivní látky. Památku zatíženou solemi je možné i po ošetření organokřemičitany odsolovat, ale je třeba mít na zřeteli, že zasolený materiál působí negativně na kvalitu vzniklého křemičitého gelu. Oprávněnou námitkou proti organokřemičítým konsolidantům je, že do karbonátových materiálů vnáší cizorodý prvek – pojivo původně vápenné se mění na křemičité. Použitím organokřemičitanů na konsolidaci karbonátových materiálů nedochází k tak pevným vazbám jako při použití na silikáty. Někteří výrobci komerčně vyráběných produktů kupodivu doporučují kombinovat ošetření konsolidanty na vápenné bázi s následnou aplikací organokřemičitanu. „*Produkty CaLoSil® lze používat v kombinaci s organokřemičítými prostředky. Doporučuje se v prvním kroku provést konsolidaci CaLoSilem®, např. E25 nebo IP25 a po odpaření alkoholu aplikovat organokřemičitany. CaLoSil® podporuje adhezi a katalyzuje vytvoření křemičitého gelu. Finální pevnost je v mnoha případech mnohem vyšší než při konsolidaci pouze organokřemičitany.*“<sup>37</sup> Z provedených experimentů však vyplývá, že hydroxid vápenatý má negativní dopad na kvalitu vzniklého polykondenzátu i na dosažené zpevnění.<sup>38</sup> V přítomnosti uhličitanů (vápenatého,

---

<sup>37</sup> BODANSKÁ, M., *Restaurování části maleb v kupoli baziliky Navštívení Panny Marie na Svatém Kopečku u Olomouce*. 2012. Bakalářská práce. Univerzita Pardubice. Fakulta restaurování. s.40.

<sup>38</sup> KUNEŠ, Petr, *Vliv hydroxidu vápenatého na zpevnění vápenné malty organokřemičítým esterem*. Praha, 2012. Disertační práce. Vysoká škola chemicko-technologická v Praze. Fakulta chemické technologie. Ústav chemické technologie restaurování památek.

hořečnatého a sodného) bývá křemičitý gel popraskán a jeho dobré mechanické vlastnosti jsou oslabené.

Mezi konsolidanty na bázi oxidu křemičitého se řadí prostředky označované jako vodní skla. Jedná se o taveniny alkalických křemičitanů (sodného, draselného nebo lithného) a vodné roztoky těchto tavenin. Jedním z typů vodních skel jsou dezalkalizovaná vodní skla, ve kterých je alkalické činidlo (buď hydroxid amonný  $\text{NH}_4\text{OH}$  nebo snížený obsah alkalického kovu). Jako zástupce komerčně dostupných dezalkalizovaných vodních skel můžeme jmenovat *Tosil* (*Silchem, spol. s. r. o.*), *Aida* (*Remmers*) aj.<sup>39</sup>

V experimentální části byly testovány v současnosti používané konsolidační prostředky, které se používají k fixaci barevné vrstvy na nástěnné malbě. První skupiny tvořily konsolidanty na bázi sloučenin obsahujících křemík.

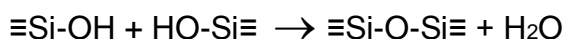
Konsolidant obchodní značky *KSE* (nově firma Remmers nepoužívá pro organokřemičitany označení *Funcosil®*, ale pouze *KSE*) jsou z chemického hlediska estery kyseliny křemičité, nejčastěji etylestery. *KSE* je svým vzhledem čirá, lehce nažloutlá kapalina. Velikost částic je menší než 1 nm. Po aplikaci konsolidant reaguje s vodou uloženou v porézním systému, fakticky se vzdušnou vlhkostí. Během reakce se jako pojivo vylučuje amorfni vodný oxid křemičitý tzv. křemičitý gel ( $\text{SiO}_2 \times \text{H}_2\text{O}$ ). Degradované pojivo je nahrazeno novým minerálním pojivem, křemičtým gelem. Rychlost reakce, vylučování gelu, je závislá na teplotě a vzdušné vlhkosti. Ve standardních podmínkách při 20 °C a 50% relativní vzdušné vlhkosti je proces tvorby gelu ukončen přibližně po třech týdnech. Pokud je během hydrolyzy esteru nedostatek vody, reakce se výrazně zpomalí, nebo úplně zastaví. Vyšší teploty a vyšší vlhkost vzduchu reakční proces zrychlují. Nadbytečné množství vody vede k vyloučení gelu v povrchové vrstvě, což se může projevit vznikem bílého závoje. Vytvořený gel je téměř neodstranitelný, lze jej redukovat mechanickou cestou nebo chemicky za použití kyseliny fluorovodíkové, použití těchto čistících metod může být pro památkový objekt destruktivní. Podíl vzniklého křemičitého gelu jako pojiva je závislý na konkrétním druhu prostředku. Množství pevné složky v jednom litru prostředku je uvedeno v názvu, 30 % křemičitého gelu vyloučí *KSE 300 HV* (300 g/l).

---

<sup>39</sup> ŠRÁMKOVÁ, E., *Srovnávání možností strukturální konsolidace vápenných omítek různými křemičitých solů*. Litomyšl, 2003. Bakalářská práce. Institut restaurování a konzervačních technik Litomyšl, o. p. s., s. 15-20.

Křemičitý gel nezaplňuje póry materiálu, ale vytváří se jen na jejich stěnách. To je důležitý jev, který umožňuje materiálu „dýchat“ a tedy zásadně neovlivňuje jeho paropropustnost. Některé prostředky jsou dočasně hydrofobní jiné trvale hydrofobní, to způsobuje chemický systém (ester kyseliny křemičité). U dočasně hydrofobních prostředků se vodoodpudivost ztrácí v průběhu tvorby gelu.<sup>40</sup>

*Syton X30* je obchodní název komerčně vyráběného produktu firmy DuPont Chemicals, dodavatelem je Kremer Pigmente GmbH & Co. KG. Produkty řady *Syton* nejsou prvotně určeny k restaurátorským potřebám, vznikly, a více se používají, pro průmyslové účely. Při restaurování je tento prostředek používán na konsolidaci silikátových a karbonátových materiálů (pojivo v maltách, plošná fixáž a příp. injektáž). Po chemické stránce se jedná o jednosložkový křemičitý sol, konkrétněji koloidní roztok oxidu křemičitého ve vodě (částičky SiO<sub>2</sub> submikroskopických rozměrů jsou rozptýleny ve vodném roztoku). Stabilizátorem tohoto konsolidantu je hydroxid sodný (NaOH). Po odpaření vody z roztoku vzniká pevný křemičitý gel. Rychlost tvrdnutí je ovlivněna vnější teplotou, optimální tvrdnutí probíhá při 15 až 25 °C. Vznik křemičitého gelu probíhá podle reakce:



Jedná se o čistě minerální prostředky s dobrou stabilitou (UV, fyzikální a chemickou). Jejich použitím nedochází ke vzniku nežádoucích vedlejších produktů. Koloidní roztoky oxidu křemičitého mají kvůli vodnému mediu a vyšší velikosti částic nižší penetraci oproti alkoholovým roztokům oxidu křemičitého (např. produkt *Sebosil*) a organokřemičitanům (*KSE*). Komerčně dostupný produkt s obchodním názvem *Sebosil*<sup>41</sup> je nízko viskózní koloidní roztok (sol) oxidu křemičitého (SiO<sub>2</sub>) v ethanolu. Velikost částic se pohybuje kolem 1 nm. Vyrábí se v různých koncentracích, případně s dalšími aditivy. *Sebosil* proniká poměrně hluboko do struktury minerálního materiálu. Na vnitřním povrchu velmi malých kapilár se tvoří tenká vrstva z oxidu křemičitého, která ošetřované struktury materiálu trvale posiluje. Konsolidace probíhá bez chemické reakce. Dochází k odparu rozpouštědla (ethanolu) a sol se hydrolýzou změní na formu

---

<sup>40</sup> REMMERS CZ S.R.O. *Technický list: Funcosil KSE300 HV*. Říčany u Prahy. Dostupné z: [http://artrestauro.sk/content/pdfs/KSE\\_300\\_HV\\_na\\_vapence.pdf](http://artrestauro.sk/content/pdfs/KSE_300_HV_na_vapence.pdf)

<sup>41</sup> KALLIES FEINCHEMIE AG SEBNITZ. *Technický list: Sebosil S*. 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)

gelu. Výrobce uvádí, že *Sebosil* je ekologický prostředek v ethanolu, který neznečišťuje prostředí. Vzniklý křemičitý gel  $\text{SiO}_2$  má trvalý účinek, je stabilní a odolný vůči povětrnostním vlivům a UV. Zpevňovač typu *Sebosil* byl vyvinut na porézní materiály na porézní horniny, omítky a na dřevo, konkrétně na tesařské konstrukce v interiéru jako ochrana proti požáru a proti napadení dřevokazným hmyzem a houbami. Křemičitý sol vytváří film na povrchu buněčných stěn, tím dřevo prakticky zkamení. Využit může být jako strukturální konsolidant nebo jako zpevňovač nesoudržných povrchových částí v tenkých vrstvách (na odchlupující se intonaco a šupinující barevnou vrstvu). Hloubka penetrace konsolidantu závisí na pórovitosti materiálu. Míra zpevnění závisí na hloubce průniku, koncentraci a množství solu. Nevýhodou může být, že není schopen vyplnit větší dutiny a u zasolených omítek je konsolidační efekt snížený. Jedním z mnoha produktů Kallies Feinchemie AG je prostředek nazvaný *Sebosil S*. *Sebosil S* může obsahovat 5 %, 10 % nebo 20 % pevné látky  $\text{SiO}_2$  na 1 litr nanodisperze. Množství rozpouštědla (ethanolu) v jednom litru se pohybuje v rozmezí od 780 g/l po 900 g/l. Dalším zpevňovacím produktem je *Sebosil H*, který obsahuje přídavek kyseliny borité a polymetakrylátu. *Sebosil H+S* se dodává s 5 – 20 % obsahu oxidu křemičitého v etanolové nanosuspenzi. *Sebosil HB* obsahuje kyselinu boritou, která poskytuje odolnost proti dřevokaznému hmyzu a houbám, jeho aplikace také snižuje nasákavost dřeva. *Sebosil HP* obsahuje polymetakrylát, což při použití na dřevě vytváří ochranný film.<sup>42</sup>

Úspěšné použití *Sebosilu S* ke konsolidaci degradovaného povrchu nástěnné malby je známé především z Německa a Rakouska, kde se používá zejména k fixaci šupinující malby (použitý byl např. při restaurování maleb v Rakousku na zámku Auroldmünster nebo při restaurování sgrafitové výzdoby na litomyšlském zámku v ČR). Metoda aplikace na šupinující barevnou vrstvu je následující: pod šupinu injekční stříkačkou stříknout požadované množství neředěného *Sebosilu S* a hned v zápětí obdobné množství filtrované vápenné vody. Ošetřené místo je třeba na moment pomocí tampónu lehce přitlačit a dočistit od přebytku zpevňovače.

Vodné koloidní roztoky kyseliny křemičité nebo estery kyseliny křemičité vnášejí do konsolidovaného systému v kyselině rozpustný oxid křemičitý. Vytvrzením zůstane v konsolidovaném materiálu čistý  $\text{SiO}_2$ . U původně

---

<sup>42</sup> [www.feinchemie.de/pages/downloads.php](http://www.feinchemie.de/pages/downloads.php)

nehydraulických vápenných omítek ošetřených těmito prostředky (konkrétně konsolidantem *KEIM Silex OH* na 1 m<sup>2</sup> 3-5 l) byl zjištěn modul hydraulicity odpovídající silně hydraulickým pojivům např. portlandskému cementu, což může být v oblasti památkové péče spatřováno spíše jako negativum.<sup>43</sup>

---

<sup>43</sup> MICHOLINOVÁ, D., Zpevňování omítek vápennou vodou II. In: *Zprávy památkové péče*, 2012. Roč. 72, č. 5, 356-361.

### 3. Experimentální část

Vybrané minerální konsolidační prostředky byly testovány na omítkových panelech s modelově vytvořenou simulací degradované barevné vrstvy. Byly vytipovány dvě formy degradace barevné vrstvy a to práškovatění a šupinovatění. Tato problematika byla zvolena na základě existujícího poškození malby *in situ*, jejíž restaurování je předmětem II. části diplomové práce. Do zkoušek efektu konsolidace jsme zahrnuli subjektivní vizuální hodnocení, zkoušky odolnosti vůči mechanickému namáhání, hodnocení změny nasákavosti a objektivní hodnocení změny barevnosti po aplikaci prostředků. Na základě poznatků získaných v laboratorních podmínkách byly vybrány konsolidanty a metody jejich aplikace, jež jsme následně odzkoušeli na nástěnné malbě v kupoli kaple sv. Isidora v Křenově. Vytipované konsolidační prostředky jsme použili během restaurování centrálního výjevu Nanebevzetí Panny Marie v kupoli kaple sv. Isidora, kterému se důkladně věnuje II. část diplomové práce.

#### **3.1. Použité konsolidační prostředky**

Testovány byly vápenné nanosuspence v alkoholech a fixativy na křemičité bázi. Mezi vápennými nanosuspencemi byl zkoumán *CaLoSiL®*, *CSGI 1P35* a *E35* a *ZFB 695p*. Z křemičitých zpevňovačů byl vybrán *KSE 300 HV*, *Sebosil S* a *Syton® X 30*.

##### **3.1.1. Popis konsolidantů na bázi hydroxidu vápenatého**

Přehled a vlastnosti nanosuspencí použitých v experimentální části jsou uvedeny v tabulce 1. Hlavní důraz byl kladen na popis morfologie částic, jejich velikosti a distribuce.

- 1) Systém 1: Ca(OH)<sub>2</sub> nanočástice rozptýlené v 1-propanolu (10 g/l). Název: **CSGI 1P35**
- 2) Systém 2: Ca(OH)<sub>2</sub> nanočástice rozptýlené v ethanolu (10 g/l). Název: **CSGI E35**
- 3) Systém 3: Ca(OH)<sub>2</sub> nanočástice rozptýlené ve 2-propanolu (10% butanol) (10-20 g/l), vyvinutý partnerem MBN. Název: **MBN Nf064** Ca(OH)<sub>2</sub>.
- 4) Systém 4: Ca(OH)<sub>2</sub> nanočástice rozptýlené ve 2-propanolu (75 g/l) vyvinutý partnerem ZFB. Název: **ZFB 695p**
- 5) Systém 5: Ca(OH)<sub>2</sub> nanočástice rozptýlené ve 2-propanolu (75 g/l) vyvinutý partnerem ZFB. Název: **ZFB 703k**.

Název produktu	Velikost částic a distribuce	Morfologie krystalů (TEM, XRD)	Poznámky
CSGI 1P35	přibližně 290-390 nm (DLS, TEM)	krystalické, dobře vyvinuté	lokálně tvorba shluků - částic s větší velikostí (TEM)
CSGI E35	přibližně 200 nm (DLS, TEM)	krystalické, dobře vyvinuté	lokálně tvorba shluků - částic s větší velikostí (TEM)
ZFB 695p	30-70 nm (DLS, TEM), shluky cca 500 nm	částečně amorfní	vyšší tvorba shluků - částic s větší velikostí (TEM)
MBN Nf064	přibližně 80-100 nm (TEM), shluky cca 500 nm	částečně amorfní	vyšší tvorba shluků - částic s větší velikostí (TEM)
ZFB 703k	60-160 nm (DLS)	-	-
CaLoSiL® E 25*	80-200 nm <sup>44</sup>	krystalické, dobře vyvinuté	lokálně tvorba shluků - částic s větší velikostí (TEM)

Tab. 1: Velikost částic a distribuce Ca(OH)<sub>2</sub> uvedených nanosuspenzí. Tyto systémy (mimo nanosuspence zvané CaLoSiL®) byly vyvinuté a testované během projektu NANOforART.<sup>45</sup>

\* CaLoSiL E 25: Ca(OH)<sub>2</sub> nanočástice rozptýlené v ethanolu (25 g/l) výrobce IBZ Freiberg

<sup>44</sup> IBZ-Salzchemie GmbH & Co.KG. *Technický list: CaLoSiL®*. Freiberg.

<sup>45</sup> DELIVERABLE 6.1: Collaborative Project NANOforART. Project no. ENV-NMP.2011.2.2-5; ENV-NMP.2011.3.2.1-1- 282816. coordinator Prof. Piero Baglioni

### CaLoSiL® E25

CaLoSiL® E25 je obchodní název konsolidantu, který vyrábí firma IBZ Freiberg (Ingenieurbüro Dr. Ziegenbalg GbR)<sup>46</sup>. Složením se jedná o suspenzi nanočástic Ca(OH)<sub>2</sub> rozptýlených v ethanolu o koncentraci 25 g/l. Vzhled – mléčně bílá kapalina. Střední velikost částic je přibližně 150 nm. Doporučená teplota skladování je 5 až 25 °C. Hodnota pH je >12.<sup>47</sup>

### CSGI E35 - CSGI 1P35

Nanosuspenzi CSGI vyvinul v rámci projektu NANOforART italský partner Consorzio Interuniversitario per lo Sviluppo dei Sistemi a Grande Interfase (Center for Colloid and Surface Science). Nanomateriál CSGI existuje ve dvou formách buď jako CSGI 1P, tento systém obsahuje Ca(OH)<sub>2</sub> nanočástice rozptýlené v 1-propanolu se střední velikostí částic 340 nm. Druhý systém, CSGI E, obsahuje Ca(OH)<sub>2</sub> nanočástice rozptýlené v ethanolu. Obsah sušiny u obou prostředků je 35 g/l. Jedná se o mléčně bílé kapaliny. Skladování nanosuspenzí je doporučeno v chladu. Nanosuspenze CSGI má pH 8,5. Více dat není dostupných.<sup>48</sup>

### ZFB 695p

Nanosuspenzi ZFB vyvinul v rámci projektu NANOforART německý partner Zentrum für bucherhaltung GmgH, Leipzig. Nanosuspenze je v isopropanolu, její koncentrace je 75 g/l. Makroskopicky se jedná o mléčně bílou kapalinu. Střední velikost částic je přibližně 50 nm. Doporučená doba skladování je cca 3,5 měsíce. Doporučená teplota skladování je od 5 do 15 °C. Hodnota pH je >12. Hodnota pH je >12.<sup>49,50</sup>

---

<sup>46</sup> www.ibz-freiberg.de (CaLoSiL®; IBZ Salzchemie, Freiberg/Germany)

<sup>47</sup> Safety Data Sheet CaLoSiL: products based on Ethanol. IBZ-Salzchemie GmbH & Co. KG. Halsbruecke, Germany, 2012.

<sup>48</sup> DELIVERABLE 6.1: Collaborative Project NANOFORART. Project no. ENV-NMP.2011.2.2-5; ENV-NMP.2011.3.2.1-1- 282816. coordinator Prof. Piero Baglioni

<sup>49</sup> Ibidem

### 3.1.2. Popis konsolidantů na bázi oxidu křemičitého

#### KSE 300 HV

*KSE 300 HV* je obchodní název konsolidantu vyráběného firmou Remmers Baustofftechnik GmbH.<sup>51</sup> Jedná se o jedno složkový systém, vedlejším reakčním produktem je ethanol. Po chemické stránce se jedná o tetraethyl silikát. Podíl vyloučeného křemičitého gelu jako pojiva činí přibližně 30 % (cca 300 g/l). Po aplikaci způsobuje chemický systém (ester kyseliny křemičité) dočasnou hydrofobitu. Vodoodpudivost se ztrácí v průběhu tvorby gelu. Dochází-li na povrchu ke srážení kapiček vody na povrchu při navazujících pracích, existuje možnost tento rušivý efekt potlačit smočením povrchu alkoholem. Dle doporučení výrobce je možné prostředek používat min. 12 měsíců, aplikaci lze provádět při teplotách mezi 8 až 25 °C.

*KSE 300 HV* je konsolidační prostředek s vylepšenou přilnavostí k vápenným materiálům speciálně určený pro konsolidaci jemně a středně nasákavých karbonátových materiálů. „V řídkých případech se vápenec, na základě obsahu jílových minerálů, vyznačuje výrazným bobtnáním a smršťováním. Takový kámen vyžaduje předběžné ošetření prostředkem snižujícím bobtnavost Antihygro (č. výr.: 0616).“<sup>52</sup>

#### Sebosil S

*Sebosil S* je křemičitý nanosol v ethanolu, který vyvinula laboratoř Kallies Feinchemie AG Sebnitz.<sup>53</sup> Zpevňovač je určen na porézní materiály, na přírodní kámen, omítky, štuky, malty a cihly. Původně byl vytvořen pro konzervaci dřeva a přírodního kamene. Ethanolový roztok obsahuje až 20 % (cca 200 g/l) nanočástic oxidu křemičitého. Vedlejším reakčním produktem je ethanol. Viskozita při 20 ° C je 3-5 MPa·s. Podmínky aplikace jsou mezi 5 až 25 °C (pod

---

<sup>50</sup> ZFB. *Safety data sheet: Version 1.0.* ZFB-Zentrum für Bucherhaltung GmgH. Leipzig, Germany, 2006.

<sup>51</sup> [www.remmers.cz](http://www.remmers.cz) (Bernhard-Remmers-Strasse 13, 49624 Löningen)

<sup>52</sup> REMMERS CZ S.R.O., *Technický list: Funcosil KSE 300 HV*. Říčany u Prahy. Dostupné z: [http://artrestauro.sk/content/pdfs/KSE\\_300\\_HV\\_na\\_vapence.pdf](http://artrestauro.sk/content/pdfs/KSE_300_HV_na_vapence.pdf)

<sup>53</sup> [www.feinchemie.de](http://www.feinchemie.de) (feinchemie@t-online.de; +49/35971506-0; PO Box 1145 – 01851 Sebnitz, Germany; Ridgewag 9 – 01855 Sebnitz)

5 °C by se neměl používat). Skladovatelnost přibližně po dobu 4 měsíců (bez přístupu vzduchu, mimo sluneční záření a mráz). Výrobce je doporučená aplikace mokrý do mokrého štětcem, sprejem nebo poléváním.<sup>54</sup>

### Syton® X 30

Syton® X 30 je disperze na vodní bázi kyseliny křemičité, je ředitelný vodou. Výrobce je DuPont Chemicals - dodává Kremer Pigmente GmbH & Co. KG. Jedná se o bezbarvou tekutinu, bez zápachu. Hodnota pH je 9,8 – 10,4. Množství vyloučeného gelu je cca 300 g/l. Vedlejším reakčním produktem je voda. Složení: oxid křemičitý, hydroxid sodný a ethylenglycol. Podle doporučení výrobce by během aplikace teplota neměla klesnout pod 0 °C – jedná se o vodnou disperzi. Skladovat při teplotě > 2°C.<sup>55</sup>

## **3.2. Příprava podkladu imitujícího degradovanou nástěnnou malbu a jeho charakteristika**

### **3.2.1. Simulace šupinující secco malby<sup>56</sup>**



Na modelovém panelu z vápenné omítky (1:3 hmotnostních dílů vápenné kaše s křemenným pískem) s povrchem upraveným vápenným nátěrem jsme se snažili najít vhodnou recepturu pro vytvoření šupinující barevné vrstvy. Naším cílem bylo pokusit se imitovat secco malbu tzv. *kalkmalerei*, která obsahuje vápno (v podobě mramorové moučky) a kasein nebo klíh jako pojivo. Šupinovatění se nám povedlo dosáhnout za použití Laponitu® (syntetický jílový minerál) nebo více koncentrovaného pojiva (klíhu nebo technického kaseinu). Připravili jsme několik receptur s různými poměry přidávaných složek – pigmentu (umbra pálená), pojiva (klíh, kasein), mramorové moučky, destilované vody


<sup>54</sup> KALLIES FEINCHEMIE AG SEBNITZ. *Technický list: Sebosil S*. 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)

<sup>55</sup> Kremer Pigmente GmbH & Co. KG, *Technický list: Syton® X 30*. Dostupné z: [http://www.kremer-pigmente.com/media/files\\_public/31430\\_SHD\\_ENG.pdf](http://www.kremer-pigmente.com/media/files_public/31430_SHD_ENG.pdf)

<sup>56</sup> DELIVERABLE 6.1: Collaborative Project NANOFORART. Project no. ENV-NMP.2011.2.2-5; ENV-NMP.2011.3.2.1-1- 282816; coordinator Prof. Piero Baglioni – kapitola 3.1.2.1 Composition of the flaking secco paint s. 94-95.

a Laponitu®. Zkoušeli jsme upravovat podmínky aplikace předvlhčováním povrchu, přehříváním povrchu, zahříváním během schnutí, odležením připravené směsi atd. Přibližně z 20 receptur jsme pro laboratorní testování konsolidace vybrali pouze tři, jejichž složení je uvedeno v [tab. 2], které svým charakterem vytvářely homogenní vrstvu s celoplošným šupinatěním. Orientačně se také zkoušela smáčivost povrchu vodou, která měla přibližně ukázat, jak bude barevná vrstva přijímat konsolidant. Při přípravě jsme jednotlivé komponenty utřeli v hmoždíři, bezprostředně po jejich přípravě jsme je natřeli ve vrstvě silné přibližně 0,5-1 mm plochým štětem na panel a nijak jsme neovlivňovali průběh schnutí. Po vyschnutí se vytvořily šupinky s průměrnou velikostí 1-2 mm.

Označení zkoušky	Receptura	Obrázek
12B	1 g Laponitu® 0,5 g pigmentu (umbra pálená) 0,5 g mramorové moučky 2 ml 5,5 % technického kaseinátu amonného 7 ml destilované vody	
13A	1 g Laponitu® 0,5 g pigmentu (umbra pálená) 0,5 g mramorové moučky 1 ml 9 % technického kaseinátu amonného 6 ml destilované vody	

13B	1 g Laponitu® 0,5 g pigmentu (umbra pálená) 0,5 g mramorové moučky 1,5 ml 9 % technického kaseinátu amonného 7 ml destilované vody	
-----	---	--

Tab. 2: vybrané receptury imitace šupinující barevné vrstvy.

I přes množství zkoušek nebylo snadné dosáhnout charakteru šupinující barevné vrstvy, která by se vizuálně podobala nástěnné malbě *in situ*. Při zvýšeném množství kaseinu se vytvořily větší šupiny, ale barevná vrstva se stala velmi rigidní a nenasákavá. Použitím Laponitu® se nám povedlo dosáhnout lepšího výsledku vzhledem k originálu, ale ve všech případech byly získány velmi pevné, křehké šupiny, které snadno odpadávaly. Tuto vrstvu se nám nepovedlo nijak zpevnit a to ani více koncentrovanou (3%) akrylátovou disperzí *K9*. Vrstvu jsme nejprve zkusili změkčit párovým skalpelem a následně sprejovat vápennými nanosuspensemi (*CaLoSiL® E 25 a CSGI 1P35*) v koncentraci 5 g/l a také organokřemičitanem (*KSE 300 HV*). Naprostou rigidnost vrstvy mohl způsobit Laponite®, který nereaguje na organická rozpouštědla, není ho možné danými konsolidanty aktivovat. Od laboratorních zkoušek zpevňování šupin bylo ustoupeno.

### 3.2.2. Modelové vzorky – panely se zpráškovatělou barevnou vrstvou

Pro potřeby experimentu konsolidace barevné vrstvy na vápenné omítce, byly vytvořeny dva panely [obr. 1 a obr. 3]. Zkoušky s nanosuspensemi byly dodatečně rozšířeny a provedeny na další třetí panel se stejnými vlastnostmi a se stejným postupem přípravy. Důraz byl kladen na vytvoření nasákavé porézní omítky s vhodnou povrchovou úpravou napodobující povrch barokní malby. Experimenty byly prováděny na barevném povrchu, který imitoval zpráškovatělou originální malbu. Panely s rozměry 100 x 50 cm byly připraveny

z hrubší jádrové omítky o složení 1:3 hmotnostních dílů vápenné kaše s křemenným pískem. Následně byla nanesena jemnější omítka o maximální tloušťce 0,5 cm, vytvořená o poměru 1:1:1 z jemného křemenného písku, mramorové moučky a bílého vzdušného vápna. Panely byly uměle stárnuty dodáním zvýšené koncentrace CO<sub>2</sub> po dobu tří týdnů. Karbonatace byla ověřena na hloubkové sondě pomocí 1% roztoku fenolftaleinu v ethanolu.

Barevná vrstva byla připravena z pigmentu umbry pálené utřeného s vodou (20 g vody a 35 g pigmentu; 1:1,75) ve hmoždíři. Směs byla štětcem natřena vždy na předem zvlhčený povrch. Následovně byl povrch barevně sjednocen velmi řídkým nátěrem (1x horizontálně a 1x vertikálně) z vody a pigmentu, čímž se dosáhlo homogenní barevné vrstvy se stejným barevným odstínem. Na povrch barevné vrstvy byly po důkladném vyschnutí aplikovány konsolidanty, a poté zjišťovány fyzikálně-mechanické vlastnosti (nasákavost, adheze, pevnost a barevnost), které byly porovnány s nekonsolidovaným povrchem.

### **3.3. Zkoušky konsolidace**

Během experimentu byly nanosuspence použity v nízkých koncentracích: 1,25 g/l, 2,5 g/l, 5 g/l a 10 g/l. Všechny nanosuspence byly před použitím sonifikovány v ultrazvukové lázni<sup>57</sup> při 20 °C a 20 kHz po dobu 15 minut, abychom získali lépe dispergované nanočástice v suspenzi a byly odstraněny případné shluky částic, které se v nanosuspencích v různé míře tvoří v průběhu skladování.

Křemičité konsolidanty byly při prvních testech použity bez ředění. Posléze byla u některých konsolidantů testována koncentrační řada (100 g/l, 50 g/l, 10 g/l a 5 g/l) pro zjištění optimální koncentrace pro každý konkrétní prostředek.

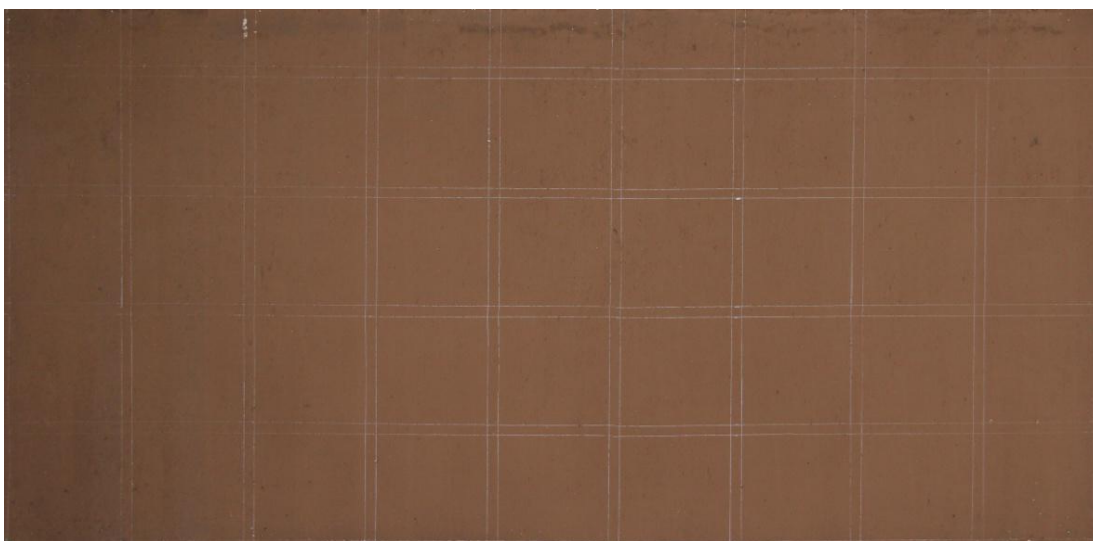
Aplikace konsolidantů byla provedena postřikem stříčkou, natíráním štětcem nebo poléváním injekční stříkačkou. Po vyhodnocení optimální aplikační metody se ostatní zkoušky aplikovaly pouze postřikem.

Velikost vzorkových polí na modelačních panelech byla vždy stejná 100 cm<sup>2</sup> – výjimkou je horní řada se zkouškami metod aplikace s rozměry zkouškových polí 50 cm<sup>2</sup>; v textu je tato řada označovaná jako nultá.

---

<sup>57</sup> <http://ultrasound.cz/>

## Panel 1



Obr. 1: Barevná vrstva panelu 1 před aplikací zkoušek.

1a	2b	3c	4a	5b	6c	7a	8b	9c
A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9
NR-1P <sub>1</sub>	NR-1P <sub>2</sub>	NR-1P <sub>3</sub>	NR-1P <sub>4</sub>	NR-1P <sub>5</sub>	NR-1P <sub>6</sub>	NR-1P <sub>7</sub>	NR-1P <sub>8</sub>	NR6-E <sub>9</sub>
C <sub>1</sub>	C <sub>2</sub>	C <sub>3</sub>	C <sub>4</sub>	C <sub>5</sub>	C <sub>6</sub>	C <sub>7</sub>	C <sub>8</sub>	NR2-E <sub>9</sub>
ZFB <sub>1</sub>	ZFB <sub>2</sub>	ZFB <sub>3</sub>	ZFB <sub>4</sub>	ZFB <sub>5</sub>	ZFB <sub>6</sub>	ZFB <sub>7</sub>	ZFB <sub>8</sub>	NR1-E <sub>9</sub>
Aplikace	CSGI 1P35	CSGI E35	CaLoSiL® E	ZFB 695p				

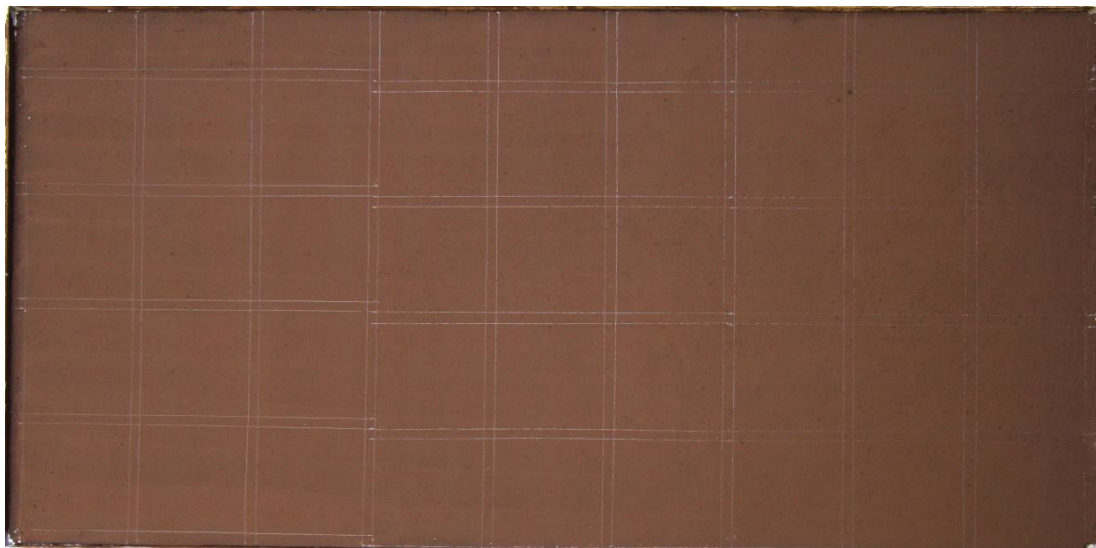
Obr. 2: Zkoušky vápenných nanosuspenzí na panelu 1.

Přehled jednotlivých zkoušek konsolidace zpráškovatělé barevné vrstvy pomocí vápenných nanosuspenzí v organických rozpouštědlech na panelu 1 je graficky znázorněn na obrázku 2.

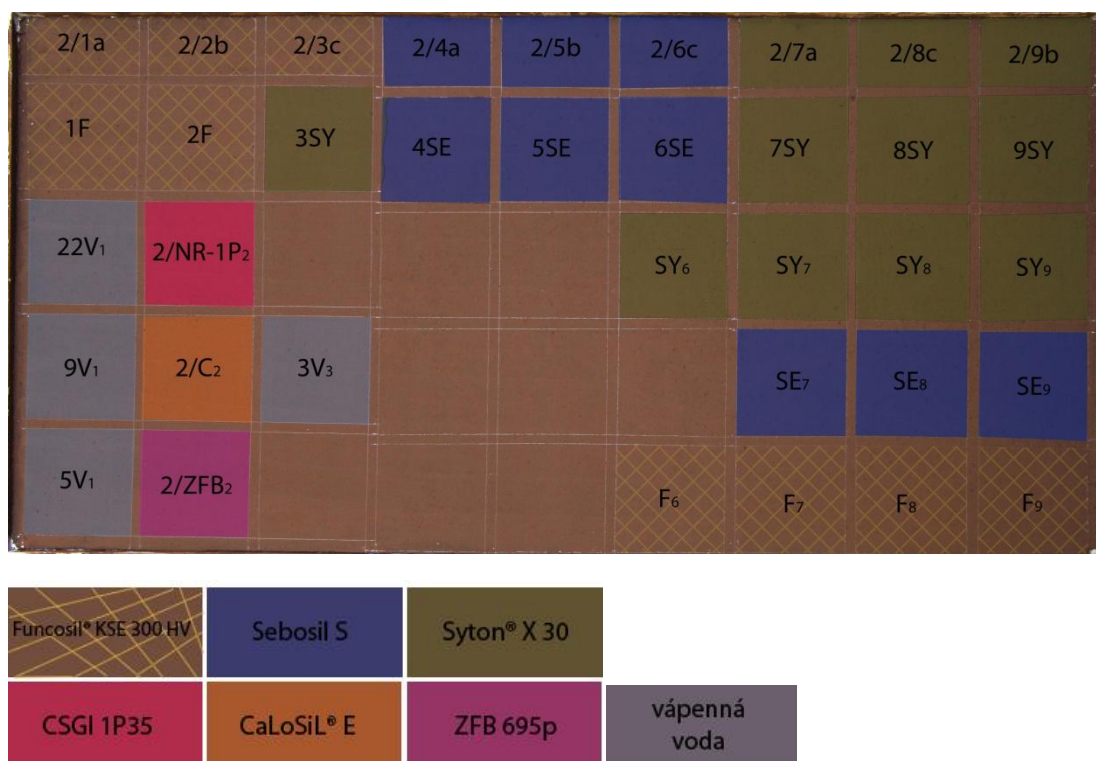
Testován byl vhodný způsob aplikace a různé koncentrace, s cílem určit a popsat dosažený konsolidační efekt. Současně byl sledován vliv podmínek na výsledek (podmínky aplikace, opakování konsolidačních cyklů, vliv podmínek okolí).

## Panel 2

Konsolidace zpráškovatělé barevné vrstvy pomocí křemičitých konsolidantů.



Obr. 3: Barevná vrstva panelu 2 před aplikací zkoušek.



Obr. 4: Grafické znázornění jednotlivých zkoušek konsolidantů.

Na panelu 2 byly přednostně testovány křemičité konsolidanty, ale vyskytují se zde i dodatečné zkoušky s vápennými nanosuspencemi (2/NR-1P<sub>2</sub>; 2/C<sub>2</sub>;

2/ZFB<sub>2</sub>) a vápennou vodou (22V<sub>1</sub>, 9V<sub>1</sub>, 5V<sub>1</sub> a 3V<sub>3</sub>), protože se objevily nové skutečnosti, které bylo třeba otestovat [obr. 4].

### **3.4. Metody testování**<sup>58</sup>

Vápenné nanosuspenze používané během tohoto experimentu byly charakterizované pomocí makroskopických a mikroskopických technik (optické a elektronové mikroskopie) s cílem ohodnotit optický charakter a vzhled filmu, v mikroskopickém měřítku byla hodnocena morfologie a vzhled částic, které mohou mít vliv na konsolidační účinek.

Na samotných panelech byl konsolidační efekt hodnocen několika způsoby a metodami. Laboratorní testy byly prováděny se snahou určit povrchovou konsolidaci a testovat a změřit vybrané fyzikálně-mechanické vlastnosti – porositu, nasákavost, hodnocení změny barevnosti pomocí UV-VIS spektrofotometrie, testování míry zpevnění tvrdoměrným testem a ověření adheze pomocí odtrhového testu. Konsolidační efekt byl porovnáván s neošetřeným vzorkem. Vzhledem k možnostem restaurátora nástěnné malby však bylo přidáno hodnocení konsolidačního účinku pro restaurátora dostupnými metodami (stírání vatovým tampónem a dotekem ruky a vizuální popis a hodnocení). V rámci hodnocení byl studován vliv různých parametrů, které mohou ovlivnit aplikaci v podmínkách historických objektů, tj. zejména proměnlivé podmínky, různá míra zpráškovatění barevné vrstvy, vliv vlastností podkladu. Při studiu vlivu podmínek byl testován vliv různého RH prostředí, simulovány byly suché podmínky (RH=30 %), které jsou např. v zimních měsících, v klimatizovaných prostorech, v interiérech s regulovaným klimatem. Druhé podmínky (RH=50-60 %) simulovaly průměrné podmínky v interiérech historických objektů. Otestovat detailněji vliv vyšší relativní vzdušné vlhkosti na výsledky konsolidace by byl jistě přínosem, ale vzhledem k rozsahu práce, nebyl více sledován.

---

<sup>58</sup> DELIVERABLE 6.1: Collaborative Project NANOFORART. Project no. ENV-NMP.2011.2.2-5; ENV-NMP.2011.3.2.1-1- 282816; coordinator Prof. Piero Baglioni

### 3.4.1. Subjektivní optické hodnocení barevných změn

Zkoušková pole a jejich barevné změny byly posuzovány subjektivně optickým pozorováním. Hodnotili jsme tvorbu zákalu, tvorbu lesků a zateklin, změny struktury a barevné změny.

### 3.4.2. Hmatové hodnocení a hodnocení pomocí vatových tyčinek

Stav konsolidovaného povrchu byl hodnocen subjektivně dotekem ruky a pomocí vatových tyčinek. Pro tento test jsme použili bavlněné vatové tyčinky<sup>59</sup>. Suchou tyčinkou bylo taženo 5 cm po konsolidovaném povrchu za různých podmínek - jednou stranou tyčinky bylo taženo bez přitlaku a druhou s mírným přitlakem. Míra stíratelnosti byla hodnocena stupnicí:

- stírá se, povrch není dostatečně konsolidovaný
- + - stírá se, velmi mírná konsolidace
- + stírá se minimálně, povrch je konsolidovaný
- ++ téměř se nestírá, povrch je konsolidovaný
- +++ nestírá se, povrch je velmi dobře konsolidovaný;
- ! povrch je přezpevněný

### 3.4.3. Objektivní hodnocení barevných změn

Hodnocení změny barevnosti po aplikaci konsolidačního prostředku bylo zjišťováno pomocí techniky kolorimetrie spektrofotometrem MINOLTA CM-2600d za použití systému barevného prostoru CIELAB [obr. 5].

Barva je popisována na základě třech hlavních faktorů: odstínu, sytosti a jasů. Z tohoto důvodu lze určitou barvu vnímat, jako bod v trojrozměrném prostoru.

*„Základním barevným prostorem, je CIEXYZ, z něhož byl odvozen plošný diagram chromatičnosti CIE x, y nazývaný kolorimetrický trojúhelník. V praxi se nejčastěji používá model barevného prostoru CIELAB. Pravoúhlý souřadnicový*

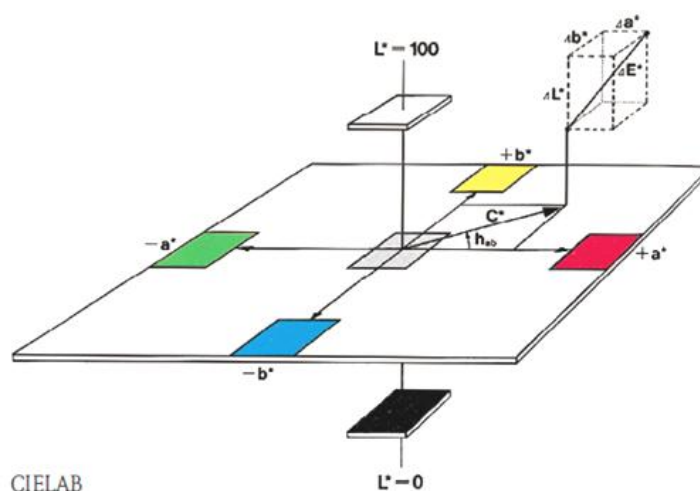
---

<sup>59</sup> bavlněné vatové tyčinky Ebelin (prodejce dm drogerie)

systém barevného prostoru CIELAB je vymezen třemi osami: osou světelnosti ( $L^*$ ), chromatickou osou zeleno-červenou ( $a^*$ ) a chromatickou osou modrožlutou ( $b^*$ ). Tyto souřadnice určují barvu v jejím odstínu, sytosti a jasnu. Dále ( $C^*$ ) je chroma (sytost barvy) a ( $h$ ) je úhel odstínu.<sup>60</sup> Změna barevnosti  $\Delta E$  se počítá podle následujícího vzorce:

$$\Delta E^* = ((\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2)^{1/2}$$

Vzorky byly měřeny na třech místech za denního světla, úhel pozorovatele byl  $10^\circ$ . Měřená místa byla porovnávána s údaji naměřenými na neošetřeném vzorku *standardu*.



Obr. 5: Model barevného prostoru CIELAB.<sup>61</sup>

#### 3.4.4. Měření tvrdosti (míry zpevnění)

Wolff-Wilborn Test, označovaný také jako Pencil Hardness Test, hodnotí míru zpevnění povrchu. Testování se provádí posuvným pohybem speciálně vyvinutým přístrojem zvaným VF2391 Prolnex [obr. 7], do kterého se vloží tužka s cylindricky upravenou tuhou. Přítlak o 750 g a sklon tužky je vždy stejný (konstantní úhel  $45^\circ$ ), měkkost tužek se mění podle potřeby testu. Tento test

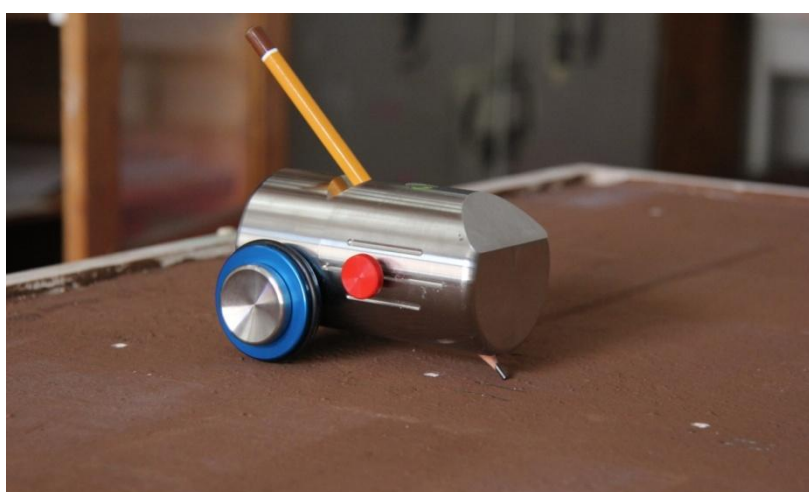
<sup>60</sup> PAŘENICOVÁ, P., *Možnosti konzervace povrchu lešitelných vápenců*. 2011 Univerzita Pardubice, Fakulta restaurování. Diplomová práce. s. 74.

<sup>61</sup> CIELAB. In: [online]. [cit. 2013-06-11]. Dostupné z: <http://www.mappe.de/blog/fachbegriff-der-woche-2.html>

využívá škálu měkkých a tvrdých tužek v rozmezí od 9B po 9H [obr. 6]. Testování bylo provedeno podle normy ASTM D3363.



Obr. 6: Stupnice tvrdosti - škála měkkých a tvrdých tužek používaných při Wolff-Wilborn Pencil Hardness Testu.<sup>62</sup>



Obr. 7: Tvrdoměr VF2391 Prolnex pro měření tvrdosti dle Wolff-Wilborn Pencil Hardness Test.

### 3.4.5. Odtrhový test – Scotch Tape test

Pomocí tohoto testu se zjišťuje adheze barevné vrstvy ke svému podkladu a změna vnitřní koheze barevné vrstvy. Hodnocení testu je založeno na předpokladu, že čím je povrch konsolidovanější (soudržnější), tím méně částec by se z něj při odtrhu pásky mělo uvolňovat. Při tomto testu jsme použili univerzální oboustranně lepicí pásku<sup>63</sup> o rozměru 19 x 20 x 1,5 mm. Předem zvažovanou pásku jsme přiložili na testovaný povrch a překryli podložním sklíčkem. Páska byla rovnoměrně zatížena 0,5 kg těžkým závažím po dobu 30 sekund. Poté byla pomalu pomocí pinzety stržena. Každé zkouškové pole bylo

<sup>62</sup> Stupnice tvrdosti - škála měkkých a tvrdých tužek. In: [online]. [cit. 2013-06-11]. Dostupné z: <http://www.gardco.com/pages/hardness/wolffwilbornbyk.cfm>

<sup>63</sup> v našem případě byly použity oboustranně lepicí pěnová montážní páska Scotch®331915B12

testováno dvakrát. V případě, že se získané hodnoty výrazně lišily, bylo testování zopakováno. Konsolidační efekt byl posuzován gravimetricky, porovnáním váhy strženého materiálu před a po konsolidaci. Z jednotky plochy odtrženého materiálu byla vypočtena průměrná specifická hmotnost ( $\text{mg}/\text{mm}^2$ ).

Při interpretaci Pencil Hardness Testu a Scotch Tape Testu je nutné zdůraznit, že výsledky jednotlivých zkoušek jsou ovlivněny vlastnostmi svého substrátu. Nebylo možné během přípravy modelačního panelu dosáhnout celoplošně kompaktního povrchu s naprosto stejnými vlastnostmi. V místech kde byl barevný nátěr silnější, byl i křehčí a více podléhal destrukci.

#### 3.4.6. Měření nasákavosti

Nasákavost je schopnost materiálu přijímat vodu, která závisí na stavu porézního systému, jenž se po konsolidaci může výrazně měnit. V případě našeho testování (konsolidace nástěnné malby) byla metoda měření nasákavosti použita pro stanovení změn porézního systému před a po konsolidaci. Standardní metoda měření nasákavosti na porézních systémech (kámen, omítka) využívá Karstenovy trubice, jejíž využití je v případě nástěnné malby naprosto nevhodné. Na zkouškách na modelových panelech (ale i na malbě *in situ*) bylo měření koeficientu nasákavosti zjištěno pomocí vysoce nasákavé mikroporézní houby BliztFix<sup>®</sup> s měrnou plochou o rozměrech 1 cm na 2,5 cm. Vodou zcela nasátá mikroporézní houba byla přiložena k povrchu malby a v různých časových intervalech se odečítala její hmotnost, která s množstvím odsáté vody substrátem klesá. Finální koeficient nasákavosti byl získán ze tří naměřených hodnot z každého testovaného vzorku. Nasákavost  $W$  ( $\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}$ ) udává množství vody, které materiál během určitého času absorbuje. Následující rovnice popisuje časovou závislost nasákavosti  $W$ :<sup>64</sup>

$$W = w \cdot \sqrt{t}$$

---

<sup>64</sup> KOTLÍK, P., *Stavební materiály historických objektů*. 1. vyd. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, 1999. ISBN 80-7080-347-9. s. 44.

Koeficient nasákavosti  $w$  ( $\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{h}^{-1/2}$ ) lze vypočítat na základě sklonu křivky v lineárním segmentu grafu. Nasákavost ukazuje změny v porézním materiálu konsolidovaného substrátu.

### **3.4.7. Mikroskopické techniky**

Mikroskopickými technikami byly sledovány filmy vybraných konsolidantů. Na Petriho miskách jsme nechali vyschnout filmy konsolidačních prostředků, následně byly pozorovány pomocí optické mikroskopie v dopadajícím světle (optický mikroskop NIKON Eclipse 600, digitální fotozařízení NIKON COOLPIX 990). Na vzniklém filmu jsme se snažili charakterizovat vzhled filmu a jeho vlastnosti (barevnost, elasticitu, tvorbu prasklin atd).

Charakterizace změn povrchu malby po aplikaci konsolidantů byla provedena na vybraných vzorcích mikroanalýzou SEM-EDX (rastrovací elektronový mikroskop s RTG s energodisperzním analyzátozem, TESCAN MIRA 3 LMU s analyzátozem Quantax 200) v sekundárním modu elektronů SE.

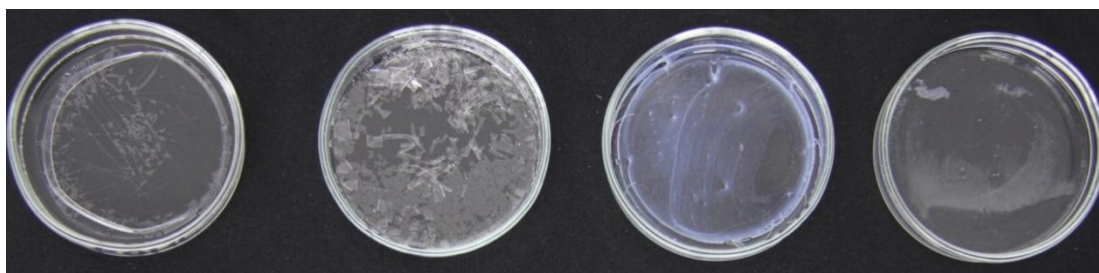
## 4. Výsledky a diskuze

V této kapitole jsou prezentovány výsledky laboratorního testování konsolidace zpráškovatěného barevného povrchu na modelačních panelech. Z jeho výsledků byl následně určen optimální konsolidační systém, který se použije pro konsolidaci nástěnné malby v kapli sv. Isidora v Křenově.


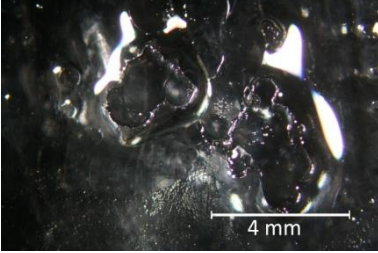
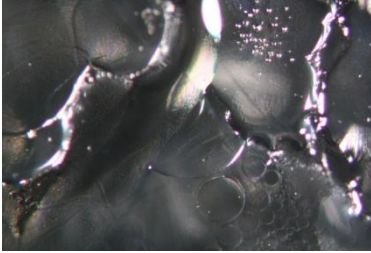
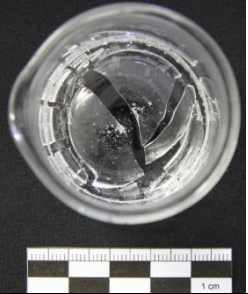
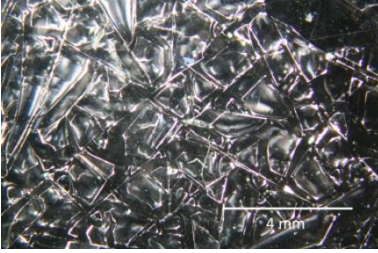
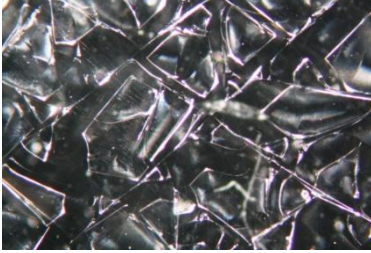

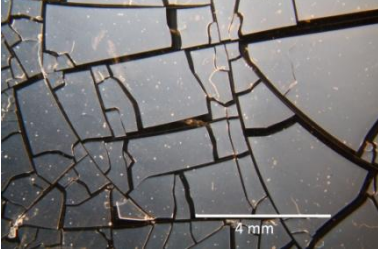


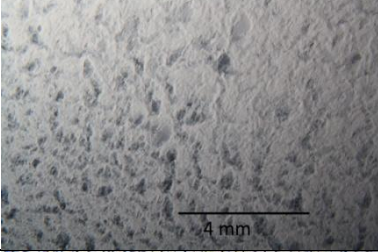

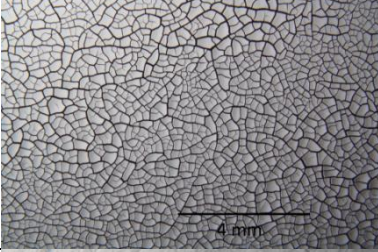
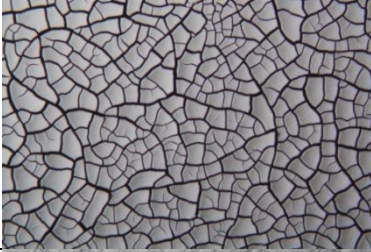
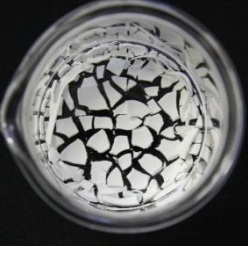
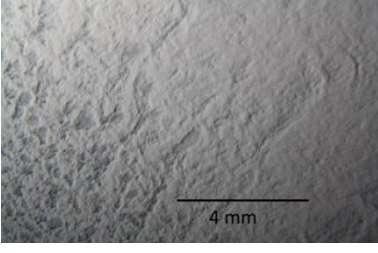

Uvedené konsolidanty jsme vzájemně porovnávali, testovali jsme jejich optimální způsob aplikace a vliv aplikačních podmínek, jejich ideální koncentraci a různé metody aplikace se snahou zlepšit efekt konsolidace (předvlhčování před aplikací, zakrývání konsolidovaného místa, vlhčení po konsolidaci aj.). Sledovali jsme průběh konsolidace na různých typech substrátů. Z poznatků získaných při laboratorním experimentu jsme vycházeli během testování *in situ*.

### 4.1. Vlastnosti a charakteristika konsolidačních prostředků

Vápenné nanosuspenze a křemičité konsolidanty byly aplikovány na Petriho misky a nechány vyschnout v laboratorních podmínkách (20 °C a 55% RH). Na Petriho misky (miska o průměru 35 mm) jsme aplikovali 3 ml konsolidantu - nanosuspenze byly ředěny tak, že obsah látky v rozpouštědle byl 5 g/l a u křemičitých konsolidantů 100 g/l. Vytvrzené filmy byly sledovány pomocí stereomikroskopu při zvětšení 1x a 3x [tab. 3]. U vybraných konsolidantů byl zjištěn obsah sušiny a hodnota pH [tab. 4]. U prostředku *KSE 300 HV* byl sledován průběh jeho hydrofobity po 31 dní od jeho aplikace [graf 2]. Výsledky jsou uspořádány v následujících tabulkách [tab. 3 a 4] a grafu 2.



Obr. 8: Vzhled filmu konsolidantů po vyschnutí. Na obrázku zleva: *KSE 300 HV*, *Sebosil S*, *ZFB 695p* a *CaLoSiL® E 25*.

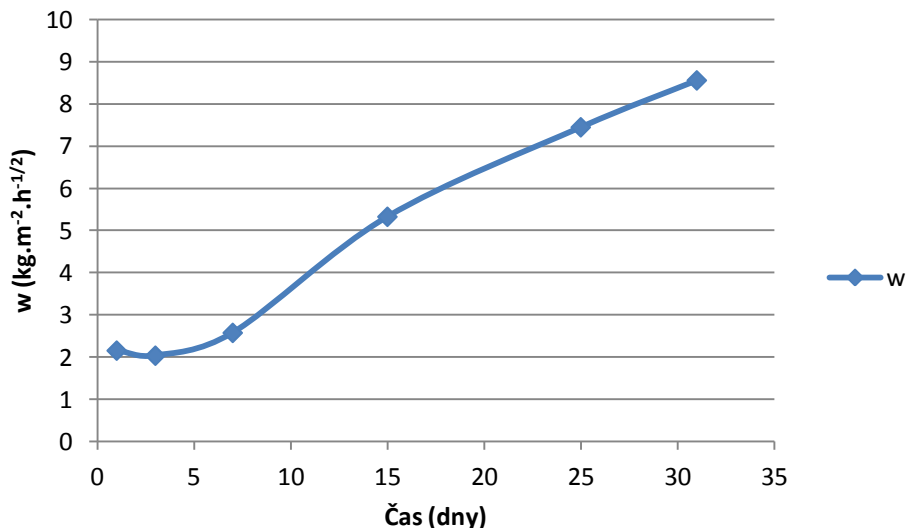
	Vyschlý film*	1 x zvětšeno	3 x zvětšeno
KSE 300 HV			
Sebosil S			
Syton® X 30			
CaLoSIL® E 25			
CSG/1P35	Fotografie není k dispozici		
ZFB 695p			

Tab. 3: Optický charakter filmů jednotlivých konsolidantů v dopadajícím světle při zvětšení 1x a 3x. \* Vyschlé filmy z 10 ml konsolidantů; aplikované bez ředění.

Konsolidant	Obsah sušiny g/l	Hodnota pH
<b>CaLoSiL® E 25</b>	25,3	13
<b>CSGI 1P35</b> (ředěno na 10 g/l)	11,6	12,5
<b>ZFB 695p</b> (ředěno na 25 g/l)	23,9	13
<b>KSE 300 HV</b>	371,2*	7
<b>Sebosil S</b>	177,9	7
<b>Syton® X 30</b>	316,2	12

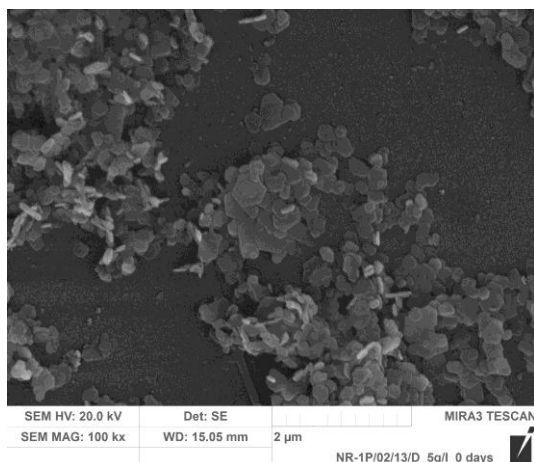
Tab. 4: Zjištěný obsah sušiny a hodnoty pH u vybraných konsolidantů.\* Delší dobu uskladněn, mohlo dojít k odparu rozpouštědla.

Hydrofobita u konsolidantu *KSE 300 HV* byla hodnocena na základě měření koeficientu nasákavosti v průběhu času, který dobře ilustroval změnu chování povrchu vůči působení vody, tj. hydrofobní charakter. Hodnoty koeficientu nasákavosti u křemičitého konsolidantu *KSE 300 HV* ukazuje pokles hydrofobity, který se projevil jako nárůst nasákavosti v průběhu 31 dnů [graf 2].

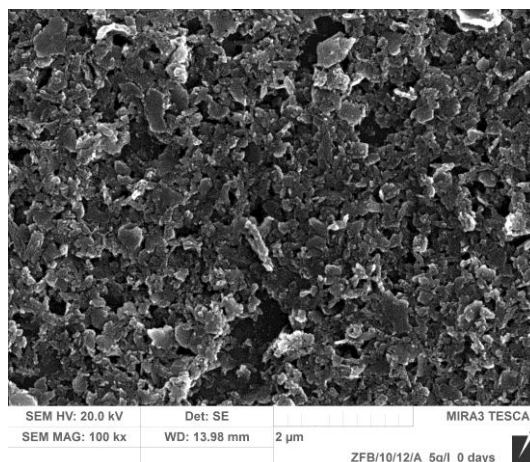


Graf 2: Změna koeficientu nasákavosti w u vzorku konsolidovaného organokřemičitanem *KSE 300 HV* v čase.

Fotografie vybraných nanosuspenzí z elektronového mikroskopu:<sup>65</sup>



Obr. 9: Film nanosuspenze *CSGI 1P35* (5 g/l).



Obr. 10: Film nanosuspenze *ZFB 695p* (5 g/l).

Filmy vápenných konsolidantů vytváří bílou kompaktní vrstvu. Při větším zvětšení filmu vápenných nanosuspenzí na Petriho miskách ve stereomikroskopu je pozorovatelný charakteristický povrch jednotlivých konsolidantů. Nanosuspenze *CSGI 1P35* tvoří pravidelnou síť prasklin, zatímco ostatní dva systémy mají kompaktnější povrch bez prasklin. Po vyschnutí většího množství konsolidantu viz Vyschlý film [tab. 3], tzn. na několik mm silném filmu, jsou pouhým okem pozorovatelné charakteristické typy prasklin. *CaLoSiL® E 25* tvoří pravidelnější síť prasklin s téměř pravoúhlými tvary zatímco *ZFB 695p* vytváří miskovitě se zvedající mnohoúhelné nepravidelné tvary. Rozdíl mezi charakterem filmů může do jisté míry souviset s vlastnostmi částic  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ , jejichž popis je uveden v kapitole 2.2.1. *Konsolidační prostředky na bázi hydroxidu vápenatého*. Například systém *CSGI 1P35* se vyznačuje větší heterogenitou částic. Tento systém tvoří malé částice v řádu desítek nm, ale také shluky částic v řádu stovek nm. *CSGI 1P35* má pravidelné částice s krystalickým charakterem typickým pro portlandit. Jejich karbonatací mohou vznikat jiné formy  $\text{CaCO}_3$ , které mohou, díky své morfologii, velikosti aj. ovlivňovat kvalitu filmu.

Křemičité konsolidanty po vyschnutí tvoří průhledný křehký film, který je u jednotlivých konsolidantů jasně odlišitelný ve stereomikroskopu [tab. 3]. Všechny křemičité konsolidanty v průběhu vytvrzování mění svůj objem

<sup>65</sup> Autorkou fotografií je BcA. Dana Macounová, zaměstnankyně Katedry chemické technologie Fakulty restaurování Univerzity Pardubice.

(smršťují se). Objemové změny a malá soudržnost filmu mají za následek deformaci filmů a jejich praskání. *Syton X 30* má lehce mléčně zakalený film, který tvoří pravidelnou síť prasklin s většími mezerami mezi jednotlivými šupinami. *Sebosil S* má průhledný film, který vytváří zvláštní trojrozměrnou strukturu s nepravidelnými zvlněnými útvary. Film konsolidantu *KSE 300 HV* je křehký a průhledný (na fotografii v dopadajícím světle v tab. 3 nebyl film ještě zcela vyschlý). Film křemitých konsolidantů při vytvrzování přechází přes gelovitou formu, takže je potřeba dostatečně dlouhá doba pro dosažení finálních vlastností konsolidantu. Doba vytvrzování daného množství konsolidantu za normálních laboratorních podmínek trvá u *Sebosilu S* přibližně 3 hodiny a u *Sytonu X 30* cca 20 hodin. Všeobecně lze říci, že rychlost vytvrzování záleží na rozpouštědlovém systému; vodné systémy (*Syton X 30*) vytvrzují déle než systémy v organických rozpouštědlech. *KSE 300 HV* je po dobu několika dnů silně hydrofobní. Podle experimentu měření nasákavosti ošetřeného povrchu [graf 2], byla zjištěna silná hydrofobita po dobu cca 5 dnů, po té začíná být povrch smáčivější a hydrofobita klesá. U vápenných nanosuspenzí závisí doba vytvrzení na karbonataci a její rychlosti, tímto jevem se dopodrobna zabývala BcA. Dana Macounová v rámci své diplomní práce (diplomová práce bude obhájena na podzim v r. 2013). Ta uvádí, že doba karbonatace se pro jednotlivé typy nanosuspenzí liší a pravděpodobně souvisí s morfologií a velikostí částic. V tenké vrstvě, což je příklad aplikace i na nástěnou malbu, je karbonatace velmi rychlá v řádu 1-5 dnů. Toto pozorování bylo potvrzeno i na zkušebních panelech pomocí jednoduchého testu s fenolftaleinem. Fenolftalein se barví v alkalickém prostředí do fialova.

Hodnota pH vápenných systémů a *Sytonu X 30* je vysoká, naopak *KSE 300 HV* a *Sebosil S* jsou neutrální, což odpovídá složení systémů. Tento údaj je důležitý zejména pro aplikaci na nástěnnou malbu s přítomností organických pojiv, které mohou vlivem kyselých a zásaditých vlastností hydrolyzovat. Také některé pigmenty mohou být citlivé na prostředí s různým pH. Obsah sušiny přibližně koresponduje s hodnotami uvedenými v materiálových listech.

Filmy vybraných vápenných konsolidantů, konkrétně prostředku *CSGI 1P35* a *ZFB 695p*, byly analyzovány pomocí rastrovací elektronové mikroskopie (REM) [obr. 9-10]. Nanosuspenze byly pro tuto analýzu ředěny příslušným bezvodým rozpouštědlem tak, aby jejich systém obsahoval 5 g/l pevné složky. Fotografie byly pořízeny ze středu kapky nakápnuté na laboratorní sklíčko.

V tomto místě by měla být charakteristická distribuce částic nanosuspenze tzn., že v těchto systémech může být menší podíl menších a větších částic, které jsou patrné spíše při okrajích filmu.

Z rastrovací elektronové mikroskopie je evidentní, že částice  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  v CSGI 1P35 nanosuspenzi jsou krystalické a dobře vyvinuté a mají vzhled šestiúhelných destiček s tloušťkou několika nanometrů. Distribuce velikosti částic je široká, systém tvoří částice s velikostí desítek nanometrů, součástí systému jsou ale i částice větší v řádu stovek nanometrů. Tento fakt může ovlivňovat konsolidační efekt, zejména hloubku penetrace a tvorbu bílých zákalů. Oproti tomu jsou nanočástice ZFB 695p uniformní z hlediska velikosti a distribuce, morfologie částic je také odlišná – částice jsou amorfni a odpovídají odlišnému procesu výroby mletím (více viz *Deliverable 6.1: Collaborative Project NANOFORART*).

#### **4.2. Charakteristika modelových vzorků**

Vlastnosti podkladů mohou zásadně ovlivňovat chování a aplikaci konsolidantu. Z těchto důvodů byly vlastnosti substrátu charakterizovány měřeními nasákavosti, které vyjadřují kapilární aktivitu při konsolidaci a jeho případné změny po ošetření povrchu. Stanoven byl koeficient nasákavosti u všech modelových ploch, hodnota  $w$  byla stanovena jako průměr ze tří měření, aby se vyloučily případné nehomogenity podkladu. Pro srovnání situace s restaurovanou plochou v kapli sv. Isidora bylo měření shodně provedeno *in situ* a diskutovány rozdíly. Hodnoty  $w$  jsou uvedeny v tabulce 5.

<b>lokalizace</b>	<b><math>w</math> (<math>\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{h}^{-1/2}</math>)</b>	<b>poznámky</b>
Panel 1 – omítka	12,2	měření na omítce
Panel 1 – barevná vrstva	11,4	měření na barevné vrstvě
Panel 2 – omítka	11,2	měření na omítce
Panel 2 – barevná vrstva	9,5	měření na barevné vrstvě
Doplňkový panel 3	7,8	měření na barevné vrstvě
Křenov – omítka	20,4	na omítce v defektu malby
Křenov – malba	17,4	měřeno přes výkvěty solí
Křenov – malba	9,5	silně fixovaný povrch

Tab. 5: Hodnoty  $w$  modelačních panelů a referenční plochy malby v kapli sv. Isidora v Křenově.

V tabulce 5 jsou uvedeny hodnoty koeficientu nasákavosti ( $w$ ) na modelačních vzorcích a na nástěnné malbě *in situ*. Na malbě *in situ* byla naměřena nasákavost na různých typech povrchu – na omítce v defektu malby, na silně konsolidované barevné vrstvě a na barevné vrstvě s výkvěty solí. Mezi naměřenými hodnotami koeficientu  $w$  je vidět zásadní rozdíl, což bude bráno v potaz při diskuzi výsledků a aplikaci *in situ*, výsledky laboratorního experimentu mohou být jiné.

### **4.3. Způsob aplikace a vliv aplikačních podmínek**

#### **4.3.1. Optimální způsob aplikace vápenných nanosuspenzí**

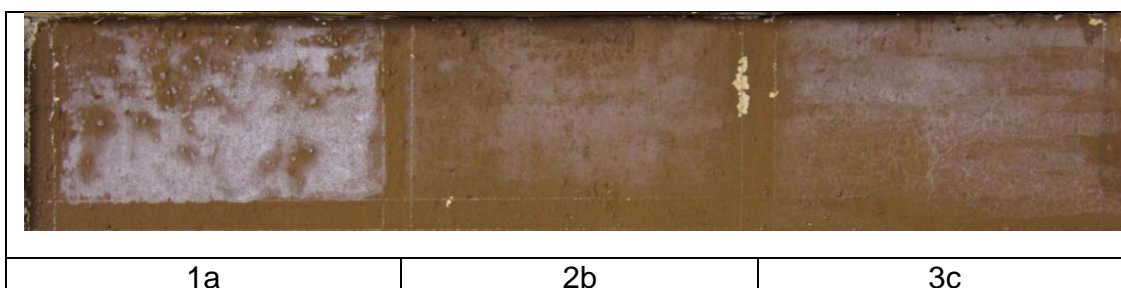
Testování bylo provedeno se záměrem nalézt optimální způsob konsolidace zpráškovatělé barevné vrstvy, se snahou omezit tvorbu zákalu. Jedná se o zkoušky na panelu 1 s označením 1a-9c [tab. 6-8] v řadě nula. Odzkoušeny byly tři základní techniky aplikace:

- a) natíráním pomocí štětce přes japonský papír (zkoušky - 1a; 4a; 7a)
- b) sprejováním stříčkou přes šablonu (zkoušky – 2b; 5b; 8b)
- c) poléváním stříkačkou s jehlou (zkoušky – 3c; 6c; 9c)

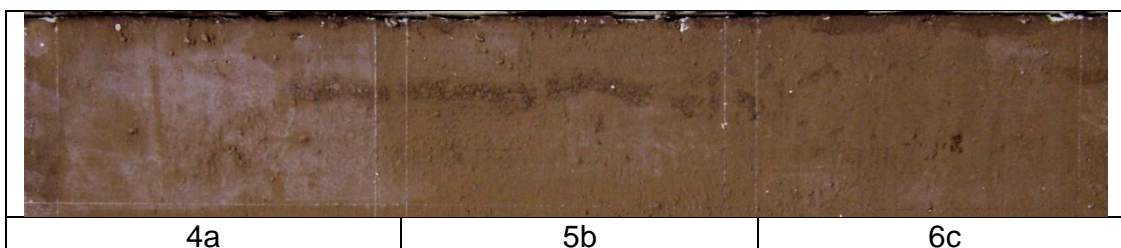
Testování u zkoušek 1a-3c proběhlo při průměrné RH 29 % a teplotě 23,3 °C. Konsolidace zkoušek 4a-9c proběhla při průměrné RH 56,7 % a teplotě 16,1 °C s cílem simulovat různé podmínky v interiéru historických objektů. Odzkoušen byl *CaLoSiL® E25*, *CSGI 1P35* a *ZFB 695p*. Nanosuspenze byly před použitím sonifikovány v ultrazvukové lázni. Konsolidanty byly aplikovány ve dvou cyklech po 15 minutách o koncentraci 2,5 g/l. Testovaná pole nebyla předem vlhčena, nebyla zakrývána po aplikaci a ani vlhčena vodou po aplikaci. Během aplikace byl panel umístěn kolmo k zemi tak, aby se svou orientací přibližoval nástěnné malbě. Napouštění konsolidantem bylo přerušeno

v momentě, kdy došlo k nasycení substrátu, tedy ve chvíli, když se suspenze delší dobu držela na povrchu.

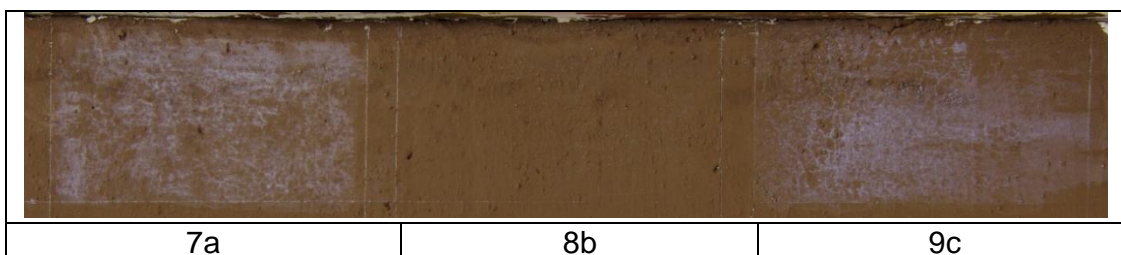
Teplotní a vlhkostní podmínky prostředí jednotlivých památkových objektů se značně liší. Z tohoto důvodu byl během těchto a dalších zkoušek zkoumán vliv relativní vzdušné vlhkosti na výslednou konsolidaci.



Tab. 6: Aplikace vápenné nanosuspenze *CSGI 1P35* různými aplikačními technikami v suchých podmínkách (RH 30%).



Tab. 7: Aplikace vápenné nanosuspenze *CaLoSiL® E25* různými aplikačními technikami při průměrné RH 56,7 %.



Tab. 8: Aplikace vápenné nanosuspenze *ZFB 695p* různými aplikačními technikami při průměrné RH 56,7 %.

<b>Zkouška</b>	<b>Nanosuspenze – koncentrace (g/l)</b>	<b>Počet aplikací (způsob)</b>	<b>Tvorba zákalu: ano/ne</b>	<b>Spotřeba konsolidantu (g/mm<sup>2</sup>) na 1 aplikaci</b>
1a	CSGI 1P35 – 2,5	2 (natíráním)	ano	2,53
2b	CSGI 1P35 – 2,5	2 (sprejováním)	ano	2,59
3c	CSGI 1P35 – 2,5	2 (poléváním)	ano	1,57
4a	CaLoSiL® E25 – 2,5	2 (štetcem)	ano	-
5b	CaLoSiL® E25 – 2,5	2 (sprejováním)	ano – mírný	-
6c	CaLoSiL® E25 – 2,5	2 (poléváním)	ano – mírný	-
7a	ZFB 695p – 2,5	2 (natíráním)	ano	-
8b	ZFB 695p – 2,5	2 (sprejováním)	ne	-
9c	ZFB 695p – 2,5	2 (poléváním)	ano	-

Tab. 9: Zkoušky aplikace nanosuspenzí, optické hodnocení tvorby zákalu, subjektivní hodnocení. Zkoušky 1a-3c byly testovány v prostředí s nižší RH a vyšší teplotou. Množství absorbovaného konsolidantu na mm<sup>2</sup> testované plochy bylo vypočítáno z váhy konsolidantu ve stříčce před a po aplikaci.

Z testovaných aplikací byla jednoznačně vybrána metoda nanášení konsolidantu sprejováním stříčkou. Tímto způsobem došlo k nejnižší tvorbě zákalu a zároveň k vysokému vpravenému množství nanosuspenze do substrátu. Aplikace stříčkou byla vyhodnocena také jako nejjednodušší z hlediska manipulace. Poléváním stříkačkou je takřka nemožné dosáhnout rovnoměrné aplikace, navíc hrozí poškození citlivého zpráškovatěného povrchu hrotem jehly. Při nanášení nanosuspenzí štetcem přes japonský papír a rovněž stříkačkou vznikl výrazný bílý zákal (např. zkouška 1a) a bylo obtížné prostředek aplikovat rovnoměrně. U aplikace štetcem byl citlivý povrch mechanicky namáhán a docházelo ke stírání pigmentu. Způsob aplikace, teplota okolního prostředí a relativní vzdušná vlhkost se evidentně podílejí na výsledné konsolidaci. Po prvních testech konsolidace (zk. č. 1a-3c) s konsolidantem CSGI 1P35 při nízké RH se vytvořil výrazný bílý zákal [tab. 6]. Při stejném způsobu aplikace stříčkou (řada 1, zk. A1), ale za vyšší RH a nižší teploty, vznikl pouze nepatrný zákal [tab. 19]. Předpokládáme, že k omezení vzniku zákalu přispívá pomalejší odpar rozpouštědla.

U CaLoSiLu® E25 byla vysledována rychlejší schopnost penetrace oproti ostatním testovaným nanosuspenzím pravděpodobně jako důsledek menší velikosti částic tohoto konsolidantu (viz kapitola 3.1.1. Popis konsolidantů na bázi hydroxidu vápenatého). Jakmile se během konsolidace konsolidant vsakoval pomaleji a držel se delší dobu na povrchu malby, téměř vždy došlo k tvorbě zákalu.

Při měření nasákavosti v místech, kde byl zákal, se po přiložení mikroporézní houbičky, zákal ztratil nebo omezil. To znamená, že voda aplikovaná po nanesení vápenných nanosuspenzí redukuje tvorbu bílých zákalů, a to dokonce i když je aplikovaná dodatečně (po čtyřech týdnech od konsolidace je možné redukovat bílý zákal dlouhodobějším zavlhčením např. přiložením vlhké houby cca na 10 min.). Efekt vody nelze jednoznačně vysvětlit, ale pravděpodobně dochází ke zlepšení penetrace částic do hloubky substrátu, protože voda je vysoce polární rozpouštědlo s dobrou penetrací a pomalým odparem. Měření bylo do určité míry ovlivněno strukturou povrchu. Čím byl povrch hrubší a zrnitější, tím byla nasákavost výrazně nižší. Lokálně, kde byla o trochu silnější barevná vrstva, byl povrch více nasákavý. U zkoušek s bílým zákalem byly naměřené hodnoty většinou o trochu nižší oproti neošetřenému povrchu, ale ne nijak výrazně.

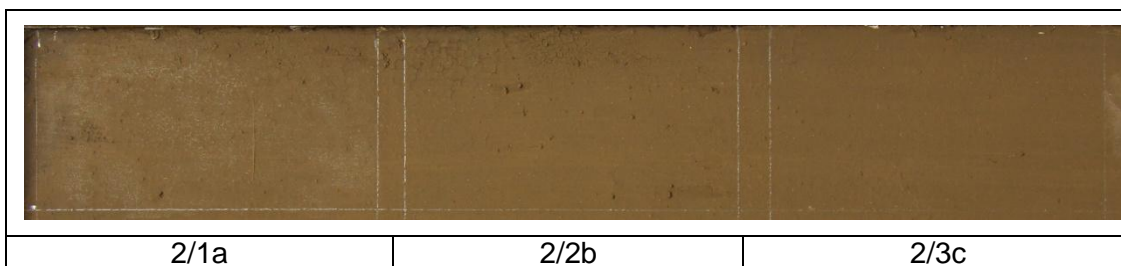
U Peeling testu docházelo u zkoušky 1a k odtrhávání povrchu v šupinách – byl zde větší bílý zákal. Bílý zákal na povrchu pravděpodobně způsobuje strhávání povrchu v šupinách. Výsledky Pencil testu jsou závislé na stejnoměrné úpravě povrchu – v místech s více zrnitým povrchem docházelo k vyšší destrukci barevné vrstvy.

#### **4.3.2. Nejvhodnější způsob aplikace konsolidantů na bázi SiO<sub>2</sub>**

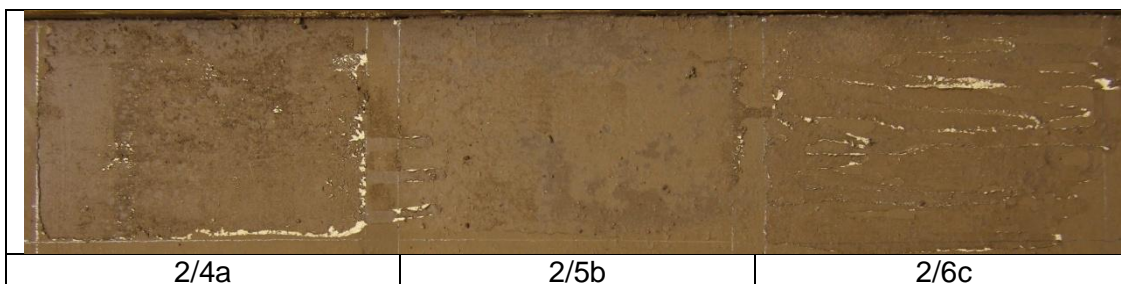
Testování proběhlo na panelu 2 v řadě 0. Jedná se o zkoušky s označením 2/1a-2/9b [tab. 10-12]. V testu bylo zahrnuto testování následujících aplikací:

- a) natíráním pomocí štětce přes japonský papír (zkoušky – 2/1a; 2/4a; 2/7a)
- b) sprejováním stříčkou přes šablonu (zkoušky – 2/2b; 2/5b; 2/9b)
- c) poléváním stříkačkou s jehlou (zkoušky – 2/3c; 2/6c; 2/8c)

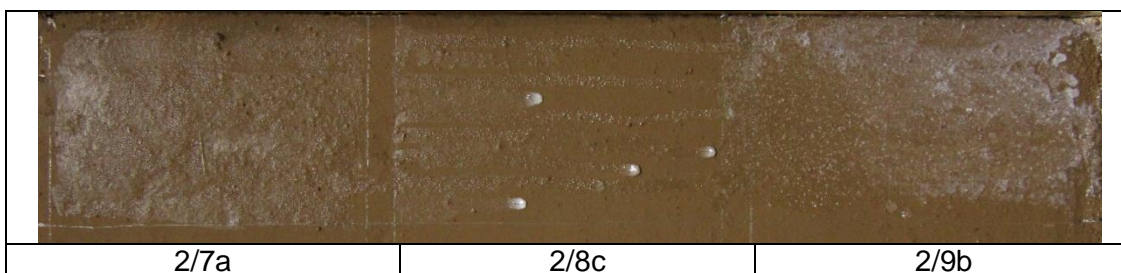
Testování proběhlo při průměrné 50 % RH a 16 °C. Konsolidanty byly aplikovány jedenkrát bez ředění. Odzkoušen byl *KSE 300 HV*, *Sebosil S* a *Syton® X 30*.



Tab. 10: Aplikace KSE 300 HV různými aplikačními technikami při průměrné 50 % RH.



Tab. 11.: Aplikace konsolidantu Sebosil S různými aplikačními technikami při průměrné 50 % RH.



Tab. 12: Aplikace konsolidantu Syton® X 30 při průměrné 50 % RH.

Zkouška	Konsolidant	Způsob aplikace	Tvorba zákalu: ano* /ne	Poznámky
2/1a	KSE 300 HV	natíráním	ano	mírný zákal se sítí prasklin
2/2b	KSE 300 HV	sprejováním	ne	nejlepší výsledek
2/3c	KSE 300 HV	poléváním	ne	nerovnoměrná aplikace
2/4a	Sebosil S	natíráním	ano (!!!)	lesklý povrch; odchlíplé okraje
2/5b	Sebosil S	sprejováním	ano (!!!)	lesklý povrch
2/6c	Sebosil S	poléváním	ano (!!!)	nerovnoměrná aplikace; barevné ztráty
2/7a	Syton X 30	natíráním	ano (!!!)	japonský papír přilnul na povrch
2/8c	Syton X 30	poléváním	ano (!!!)	nerovnoměrná aplikace
2/9b	Syton X 30	sprejováním	ano	výrazný mléčně bílý zákal

Tab. 13: Zkoušky aplikace křemičitých konsolidantů. Subjektivní optické hodnocení.  
\* !/!/!!! = hodnocení míry prohloubení barevnosti od nejmenší po největší.

Optimální aplikační technikou pro tuto skupinu fixativ je sprejování, ostatními technikami (štětce, stříkačkou) se konsolidanty aplikují nerovnoměrně. Důležitou roli hraje i viskozita prostředků, která je obzvlášť v případě *Sebosilu S* a *Syton® X 30* značná. Je zřejmé, že je v této koncentraci nelze používat, neboť vytvářejí změny v odstínu barevné vrstvy, lokálně lesklá místa a zásadní změnu optického charakteru. *KSE 300 HV* je v porovnání s ostatními prostředky mnohem méně viskózní, tudíž lépe penetruje a jeho aplikace je rovnoměrná. Po aplikaci konsolidantu štětce (zkouška 2/1a) došlo k tvorbě mírného zákalu (v silnějších vrstvách s drobnými prasklinkami). *Sebosil S* a *Syton® X 30* nebylo možné nanést v celé ploše stejnoměrně, zejména štětce a stříkačkou. Prostředky stékaly z povrchu a vytvářely lesklé plochy. *Sebosil S* se během schnutí smrštil, okraje zateklého filmu se odchlíply společně s barevnou vrstvou (zkouška 2/4a; 2/6c) a došlo k výrazné destrukci zpevnovaného povrchu. *Syton® X 30* se téměř nevsakoval, měl tendenci stékat po povrchu (zkouška 2/8c). Během aplikace štětce u zkoušky 2/7a japonský papír okamžitě přilnul k povrchu a následně ho nebylo možné odstranit. Tento konsolidant ve všech testovaných případech aplikace tvoří výrazný leskle bílý zákal.

#### 4.3.3. Nejvhodnější koncentrace pro fixáž s $\text{SiO}_2$ konsolidanty

Cílem tohoto experimentu bylo u silikátových konsolidantů otestovat, jaká koncentrace je pro daný typ konsolidantu optimální, vzhledem k aplikaci na nástěnnou malbu. Koncentrované systémy, jak se ukázalo z předchozích experimentů, nejsou pro aplikaci vhodné a vyžadují silné zředění rozpouštědlem. Vzhledem k tomu, že tyto materiály jsou pro konsolidaci nástěnných maleb využívány, ale je jen málo informací o jejich aplikaci, účinku, a případných negativních změnách na podkladu, byly v rámci diplomové práce odzkoušeny nejen různé formy aplikace, ale také koncentrace, jejichž vliv na barevný podklad byl hodnocen vizuálně i na základě měření vybraných fyzikálně-mechanických charakteristik.

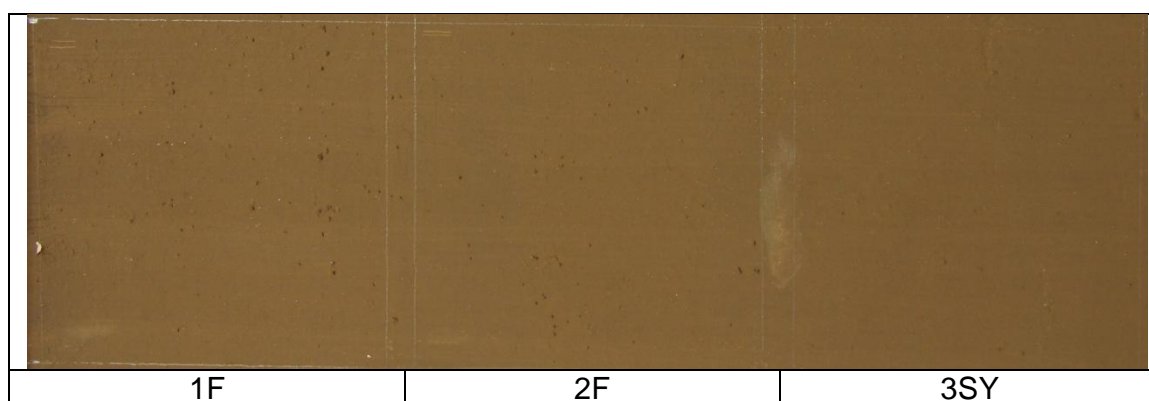
Základními kritérii při řešení otázky vhodné aplikační koncentrace takovýchto systémů je přiměřený konsolidační efekt (ne však příliš velký, aby nedocházelo ke vzniku vrstvy s jinými fyzikálně-mechanickými vlastnostmi a jiným povrchovým napětím, které by mohlo samotnou barevnou vrstvu

poškodit), zároveň by však nemělo docházet k optickým změnám (vznik zákalů, lesků, prohloubení barevnosti a optického charakteru původní malby).

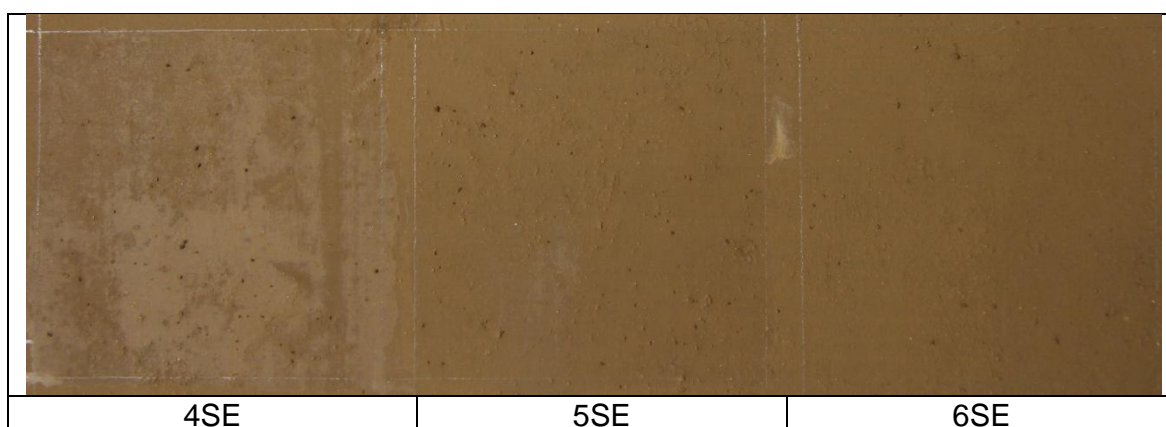
Testování proběhlo na panelu 2 v řadě 1. Použity byly konsolidanty *KSE 300 HV* (zkoušky 1F, 2F), *Sebosil S* (zkoušky 4SE, 5SE a 6SE) a *Syton® X 30* (zkoušky 7SY, 8SY, 9SY a 3SY) [tab. 14-16]. Konsolidanty jsme aplikovali vždy jedenkrát do nasycení substrátu technikou sprejování stříčkou. Testována byla koncentrační řada 100 g/l, 50 g/l, 10 g/l a 5 g/l. *KSE 300 HV* a *Sebosil S* byly ředěny ethanolem (čistým rozpouštědlem) a *Syton X 30* destilovanou vodou. Aplikace proběhla při cca 50 % RH a 16 °C.

Označení zkoušek:

**F** = *KSE 300 HV*  
**SE** = *Sebosil S*  
**SY** = *Syton® X 30*



Tab. 14: Zkoušky křemičitých konsolidantů: zleva *KSE 300 HV* (1F, 2F), *Syton® X 30* (3SY). Dokumentace optických změn po konsolidaci.



Tab. 15: Zkoušky křemičitého konsolidantu *Sebosilu S* (4SE, 5SE a 6SE). Dokumentace optických změn po konsolidaci.



Tab. 16: Zkoušky křemičitého konsolidantu Sytonu® X 30 (7SY, 8SY a 9SY). Dokumentace optických změn po konsolidaci.

Zkouška	Konsolidant a jeho koncentrace (g/l)	Počet aplikací	Prohloubení barevnosti: ano*/ne	Změna barevnosti $\Delta E$	Poznámky
1F	KSE 300 HV – 100	1	ne	-	žádné změny barevnosti
2F	KSE 300 HV – 50	1	ne	-	-
3SY	Syton® X 30 – 5	1	ne	-	-
4SE	Sebosil S – 100	1	ano (!!!)	5,18	vytvořil se tmavý film
5SE	Sebosil S – 50	1	ano (!/!!)	-	-
6SE	Sebosil S – 10	1	ano - velmi mírné	-	-
7SY	Syton® X 30 – 100	1	ano (!!!)	4,08	tmavý lesklý film
8SY	Syton® X 30 – 50	1	ano (!!!)	2,73	výrazné prohloubení barevného tónu
9SY	Syton® X 30 – 10	1	ano (!)	3,43	-

Tab. 17: Zkoušky aplikace křemičitých konsolidantů. Změna barevnosti byla měřena pouze u zkoušek s výraznými barevnými změnami (4SE; 7SY-9SY). \* !/!/!!! = hodnocení míry prohloubení barevnosti od nejmenší po největší.

Zkouška	Nasákavost $w$ ( $\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{hod}^{1/2}$ )	Tužkový test (9B-9H)	Peeling test $\Delta m$ ( $\text{mg}/\text{mm}^2$ )	Test stíratelnosti -/+/-+/++/+++
<b>standard</b>	9,5	6H	0,82±0,13	-
1F	9,1	>9H	0,86±0,17	++/+++
2F	8,6	>9H	2,47±0,40	+/++
3SY	8,0	>9H	1,07±0,01	++/+++
4SE	8,4	>9H	0,63±0,05	+++
5SE	5,9	>9H	1,49±0,07	++/+++
6SE	5,7	>9H	1,11±0,13	++
7SY	4,7	8H	1,06±0,08	+++ !
8SY	4,0	8H	0,93±0,02	++
9SY	7,4	8H	0,92±0,02	+/+++

Tab. 18: Změny vybraných fyzikálně-mechanických vlastností před konsolidací (standard) a po konsolidaci křemičitými konsolidanty.


Konsolidovaný povrch pomocí *KSE 300 HV* je i bez ředění subjektivním optickým hodnocením beze změn. Během Peeling testu měla páska tendenci silně přilnout na konsolidovaný povrch, následkem čehož se s páskou strhával ve větší míře i barevný povrch. Konkrétně na zkoušku 2F se během testu páska silně přisála, nebylo ji téměř možné odtrhnout. Povrch je dostatečně konsolidovaný už při koncentraci 50 g/l (zkouška 2F). Na zkoušce 1F bylo po dobu 4 dnů od konsolidace prováděno testování hydrofobity pomocí kapky vody – kapka vody se po dobu testovaných 4 dnů nevsakovala. Po čtyřech týdnech byla měřena nasákavost, která prokázala nejmenší změny nasákavosti u konsolidantu *KSE 300 HV* oproti nekonsolidovanému povrchu. U *Syton® X 30* se nasákavost oproti neošetřené malbě výrazně snížila, tento trend je patrný i u vzorků *Sebosilu S*. Po aplikaci těchto konsolidantů došlo ke snížení nasákavosti povrchu přibližně o polovinu. *Syton® X 30* navíc při koncentraci 100g (zkouška 7SY), 50 g/l (8SY) výrazně prohlubuje barevnost a mění barevný tón. Optické změny lze zaznamenat i v nižší koncentraci 10 g/l (zkouška 9SY). Optické změny nebyly pozorovatelné u tohoto konsolidantu při koncentraci 5 g/l (zkouška 3SY). Při této koncentraci je prostředek snadno aplikovatelný a dobře penetruje. Průměrná spotřeba *Sytonu X 30* při koncentraci 100 g/l na jednu aplikaci je 1,7 g. *Sebosil S* ředěný na 100 g/l (zkouška 4SE) povrch uzavírá a tvoří lesky. Na povrch konsolidovaný *Sebosilem S* se páska během Peelig testu výrazněji lepila, tento jev je velmi rozdílný oproti testovanému konsolidovanému povrchu vápennými nanosuspensemi, což by mohlo indikovat vznik vrstvy s jinými mechanickými vlastnostmi. Všechny zkoušky jsou na dotek dostatečně zpevněné, některé jsou přezpevněné (4SE, 7SY).

## **4.4. Testování různých metod aplikace se snahou omezit tvorbu zákalu**


### **4.4.1. Vápenné nanosuspenze**

Zásadním problémem vápenných nanosuspenzí, který byl popsán v kapitole 2.2.1. *Konsolidační prostředky na bázi uhličitanu vápenatého*, je tvorba bílých zákalů. Cílem další skupiny experimentů tedy bylo pokusit se minimalizovat bělání pomocí různých aplikačních postupů. V první řadě byl otestován vliv předvlhčení vodou nebo rozpouštědlem (isopropanolem), jehož cílem bylo zlepšit penetraci systému a zabránit povrchové konsolidaci. V druhé řadě se sledoval vliv následné úpravy povrchu zavlhčením vodou nebo prodloužení doby odpaření rozpouštědla s cílem zabránit zpětné migraci rozpouštědla. V rámci tohoto experimentu byl povrch zavlhčen vodou nebo zakrýván igelitovou folií po dobu vysychání. Z předchozího testování (viz kapitola 4.3.1. *Optimální způsob aplikace vápenných nanosuspenzí*) je zřejmé, že na omezení tvorby zákalu se podílí vyšší relativní vlhkost prostředí a nižší teplota vzduchu. Proto byl panel umístěn do podmínek o průměrné RH 56,1 % a teplotě 16,2 °C.


Pro testování účinku těchto vlivů jsme zvolili prostředek *CSGI 1P35* ředěný isopropanolem, který se během předešlých testů vyznačoval vyšší mírou tvorby zákalu. Toto testování se týká zkouškových polí na panelu 1 v řadě 1 zkoušky A1-A9 [tab. 19-21]. Konsolidant byl vždy aplikován sprejováním ve dvou cyklech po patnácti minutách při stejné koncentraci 2,5 g/l. Aplikace konsolidantu byla zastavena v momentě nasycení substrátu. U předvlhčení vodou trvala technologická pauza 2 minuty a následovně byla aplikována nanosuspenze. U předvlhčení rozpouštědlem trvala technologická pauza 1 minutu. K zakrytí zkoušky jsme použili igelitovou fólii, která byla na testovaném místě ponechána 24 hodin. Rosení vodou po aplikaci nanosuspenze následovalo po odpaření rozpouštědla ze substrátu. Rosení proběhlo jen jednou - na závěr dvou aplikovaných cyklů konsolidantu. Rosení bylo ukončeno v momentě nasycení substrátu vodou a nebylo vícekrát opakováno.

		
A1	A2	A3
<b>Aplikační podmínky:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ bez aplikace vody nebo igelitové fólie</li> </ul>	<b>Aplikační podmínky:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ po konsolidaci zakryto igelitovou fólií</li> </ul>	<b>Aplikační podmínky:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ po konsolidaci vlhčeno vodou</li> </ul>

Tab. 19: Zkoušky vápenné nanosuspenze *CSGI 1P35* – vliv podmínek aplikace na tvorbu zákalu.

		
A4	A5	A6
<b>Aplikační podmínky:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ předvlhčeno vodou</li> </ul>	<b>Aplikační podmínky:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ předvlhčeno vodou</li> <li>▪ po konsolidaci vlhčeno vodou</li> </ul>	<b>Aplikační podmínky:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ předvlhčeno isopropanolem</li> </ul>

Tab. 20: Zkoušky vápenné nanosuspenze *CSGI 1P35* – vliv podmínek aplikace na tvorbu zákalu.

		
A7	A8	A9
<b>Aplikační podmínky:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ předvlhčeno isopropanolem</li> <li>▪ po konsolidaci vlhčeno vodou</li> </ul>	<b>Aplikační podmínky:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ předvlhčeno vodou</li> <li>▪ po konsolidaci vlhčeno vodou</li> <li>▪ zakryto igelitovou fólií</li> </ul>	<b>Aplikační podmínky:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ předvlhčeno isopropanolem</li> <li>▪ po konsolidaci vlhčeno vodou</li> <li>▪ zakryto igelitovou fólií</li> </ul>

Tab. 21: Zkoušky vápenné nanosuspenze *CSGI 1P35* – vliv podmínek aplikace na tvorbu zákalu.



Hloubka penetrace a rychlost karbonatace byla po třech a šesti dnech od aplikace konsolidantu zjištěna u zkoušky A3, A5 a A9 na hloubkové sondě (cca 0,5 cm) pomocí roztoku z 1% fenolftaleinu. Tento test potvrdil, že karbonatace 2x aplikované nanosuspenze o koncentraci 2,5 g/l je ukončena přibližně po šesti dnech - zkouška A3 byla již po šesti dnech zcela zkarbonatovaná a u zkoušek A5 a A6 se obarvilo jen několik krystalků. Konsolidant u zkoušky A9 penetroval do hloubky cca 0,5 mm. Maximální hloubka penetrace 1,5 mm byla naměřena u zkoušky A5. Zkouška A5 byla vlhčena vodou před i po konsolidaci, domníváme se, že tento způsob aplikace by mohl výrazně zlepšovat hloubku penetrace nanosuspenzí. Bylo by užitečné se tomuto jevu a různým metodám aplikace věnovat důkladněji


Předvlhčení zkoušky bylo testováno z důvodu zlepšení penetrace nanosuspenze do porézního systému. Domnívali jsme se, že prostředek nebude vysychat na povrchu, ale bude pronikat hlouběji do systému. U předvlhčování vodou nebo isopropanolem byl zjištěn jednoznačně negativní účinek. Předvlhčením pravděpodobně dochází k uzavření porézního systému, protože zákal na povrchu se vytvořil ve všech případech ve větší míře než bez předvlhčení. Vysvětlením také může být nízká stabilita těchto systémů v přítomnosti vody, která způsobuje vznik shluků a sedimentaci částic při kontaktu s vodou (v tomto případě ihned na povrchu).

Rosení vodou po aplikaci vápenné nanosuspenze se zdá být stěžejním momentem pro omezení tvorby zákalu. U všech na závěr vodou rosených zkoušek se žádný zákal nevytvořil.


Vliv aplikačních metod (předvlhčení, zakrývání igelitovou fólií aj.) na míru zpevnění nebyl vysledován, všechny zkoušky jsou na dotek zpevněné podobně. U konsolidovaných vzorků nedošlo k výraznější změně nasákavosti. Výsledek odtrhového testu se od ostatních více odchyluje u zkoušky A4, podobně se u testu tvrdosti odlišuje výsledek u zkoušky A1. Při těchto testech je třeba přihlížet k jejich omezenému vypovídacímu efektu zapříčiněné nestejností povrchu modelového panelu, naměřené hodnoty zároveň více vypovídají o adhezi než o kohezi barevné vrstvy. Míra konsolidace se v některých případech lépe vyhodnocuje subjektivním testováním např. testem stíratelnosti.

#### 4.4.2. Křemičité konsolidanty

Testování různých postupů při konsolidaci se snahou omezit tvorbu zákalu bylo odzkoušeno na konsolidantu Syton® X 30 [tab. 24-25], který se v předešlém testování projevoval jako nejvíce problematický z hlediska tvorby zákalu. Aplikační metody byly následující – předvlhčení povrchu vodou (zkouška SY<sub>8</sub>) a vlhčení vodou po aplikaci konsolidantu (zkouška SY<sub>7</sub>). Konsolidace byla provedena metodou sprejování. Průměrná RH během testování byla přibližně 50 % a teplota okolo 16 °C. Zkouškové plochy konsolidované Sytonem X30 jsou označeny SY<sub>6</sub>-SY<sub>9</sub>.

	
SY <sub>6</sub>	SY <sub>7</sub>
<b>Aplikační podmínky:</b>	<b>Aplikační podmínky:</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ bez aplikace vody před nebo po konsolidaci</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ po aplikaci vlhčeno vodou</li> </ul>

Tab. 24: Zkoušky konsolidace Sytonem® X 30 (SY<sub>6</sub> a SY<sub>7</sub>) - vliv metod aplikace na tvorbu zákalu.

	
SY <sub>8</sub>	SY <sub>9</sub>
<b>Aplikační podmínky:</b>	<b>Aplikační podmínky:</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ předvlhčeno vodou</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ bez aplikace vody před nebo po konsolidaci</li> </ul>

Tab. 25: Zkoušky konsolidace Sytonem® X 30 (SY<sub>8</sub> a SY<sub>9</sub>) - vliv metod aplikace na tvorbu zákalu.

<b>Zkouška</b>	<b>Koncentrace konsolidantu (g/l)</b>	<b>Počet aplikací</b>	<b>Prohloubení barevnosti: ano/ne</b>	<b>Předvlhčení vodou (pv) Závěrečné vlhčení vodou (zv)</b>
SY <sub>6</sub>	2,5	2	ne	-
SY <sub>7</sub>	10	1	ano – velmi mírné	zv
SY <sub>8</sub>	10	1	ano – velmi mírné	pv
SY <sub>9</sub>	5	2	ano (!/!!)*	-

Tab. 26: Zkoušky aplikace Sytonu X 30 - optické hodnocení tvorby zákalu, subjektivní hodnocení. \* !/!!/!!! = hodnocení míry prohloubení barevnosti od nejmenší po největší.

<b>Zkouška</b>	<b>Nasákavost <math>w</math> (<math>\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}, \text{hod}^{-1/2}</math>)</b>	<b>Tužkový test (9B-9H)</b>	<b>Peeling test <math>\Delta m</math> (<math>\text{mg}/\text{mm}^2</math>)</b>	<b>Test stíratelnosti -/+/-/+ /++/+++</b>
<b>standard</b>	9,5	6H	0,82±0,13	-
SY <sub>6</sub>	6,7	>9H	0,78±0,34	+-/+
SY <sub>7</sub>	6,4	8H	0,70±0,22	+-/+
SY <sub>8</sub>	6,4	8H	0,11±0,03	+-/+
SY <sub>9</sub>	8,7	8H	1,15±0,04	+

Tab. 27: Změny vybraných fyzikálně-mechanických vlastností před (standard) a po konsolidaci Sytonem X 30.

Zkouška SY<sub>7</sub> (1x 10 g/l) byla vlhčena vodou po konsolidaci, v porovnání se zkouškou SY<sub>9</sub> (1x 10 g/l), která nebyla po konsolidaci vlhčena a výrazně změnila barevnost, se barevnost u SY<sub>7</sub> téměř vůbec nezměnila. Porovnatelně kladného efektu jsme docílili s předvlhčením vodou před konsolidací u zkoušky SY<sub>8</sub>. U zkoušky SY<sub>7</sub> a SY<sub>8</sub> se barevnost prohloubila minimálně, rozhodně méně než u zkoušky SY<sub>9</sub> a nebo u zkoušky 9SY umístěné také na panelu 2 v řadě 1 [tab. 16]. Z těchto experimentů jednoznačně vyplývá pozitivní vliv vody na změnu optických vlastností. Aplikace vody je možná před i po samotné konsolidaci. Pro porovnání vlivu koncentrace na výsledný optický efekt i míru konsolidace byl Syton X 30 aplikován ve třech různých koncentracích – 2,5; 5 a 10 g/l. Nejméně výrazné optické změny, avšak dostatečný konsolidační efekt, byly zaznamenány u nejnižší koncentrace 2,5 g/l. U vyšších koncentrací se projevily změny v optickém charakteru malby. Při opakované aplikaci SY<sub>9</sub> (2x 5 g/l) došlo k výraznějším změnám optického charakteru než u zkoušky 9SY s aplikovanou stejnou dávkou konsolidantu avšak v 1 kroku (1x 10 g/l). Z tohoto

testu vyplynulo, že je lepší nalézt optimální koncentraci a nenavyšovat počet aplikací. Během testování došlo k drobným barevným ztrátám (zkouška SY<sub>6</sub> a SY<sub>8</sub>), což se pravděpodobně stalo vlivem vyšší míry zavlhčení vodocitlivého substrátu.

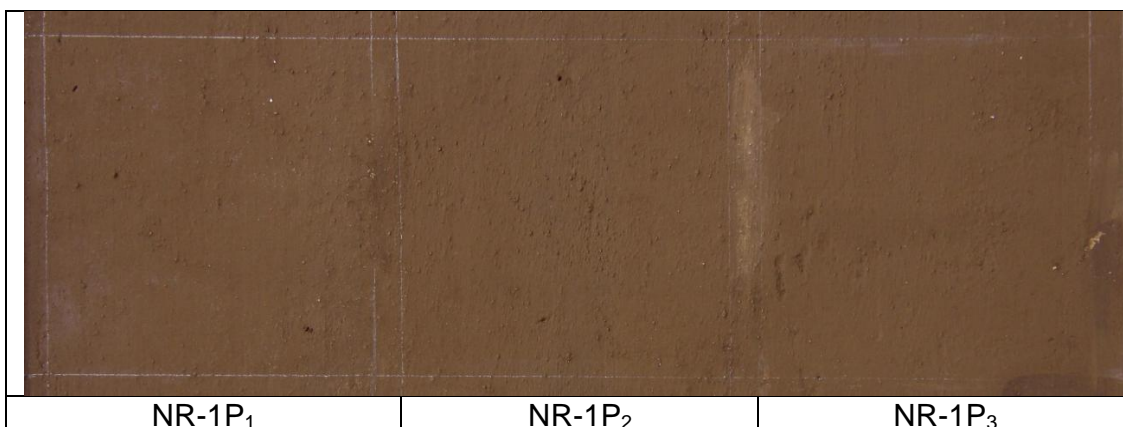
*Syton® X 30* je použitelný ve velmi nízkých koncentracích, maximálně do koncentrace 5 g/l, nejlépe s mírným zavlhčením po konsolidaci a bez dalšího opakování aplikace konsolidantu, aby nedošlo k žádné barevné změně povrchu. Úspěšná byla i aplikace 10 g/l u zkoušek SY<sub>7</sub> a SY<sub>8</sub>, kde došlo k pozitivnímu efektu. V případě vyšších koncentrací je však nezbytné předvlhčení nebo závěrečného vlhčení vodou po konsolidaci. Tímto postupem se zlepší penetrace konsolidantu do porézního systému. Konsolidant se pravděpodobně zředil, a proto nedošlo k výrazné vizuální změně.

#### **4.5. Vliv vlastností konsolidantů**

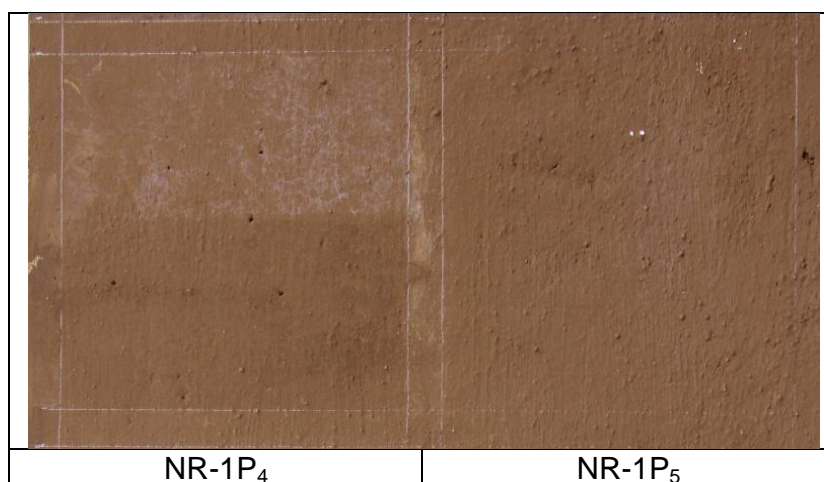
##### **4.5.1. *CSGI 1P35***

Cílem tohoto experimentu bylo zjistit, nakolik ovlivňují vlastnosti samotného prostředku výslednou konsolidaci. Jedná se o zkoušky NR-1P<sub>1</sub> až NR-1P<sub>8</sub> [tab. 28-30]. Během tohoto testování byla sprejováním nejprve aplikována koncentrační řada 5 g/l (jedna aplikace), 2,5 g/l (dvě aplikace) a 1,25 g/l (čtyři aplikace) nanosuspenze *CSGI 1P35*. Poté byla vybrána koncentrace 2,5 g/l a byl navyšován počet aplikací až na maximum šesti aplikací s jedním zavlhčením vodou na závěr. Tento experiment měl ukázat vliv na výslednou míru zpevnění, a také je-li jedno rosení na závěr po tolika konsolidačních cyklech dostatečné.

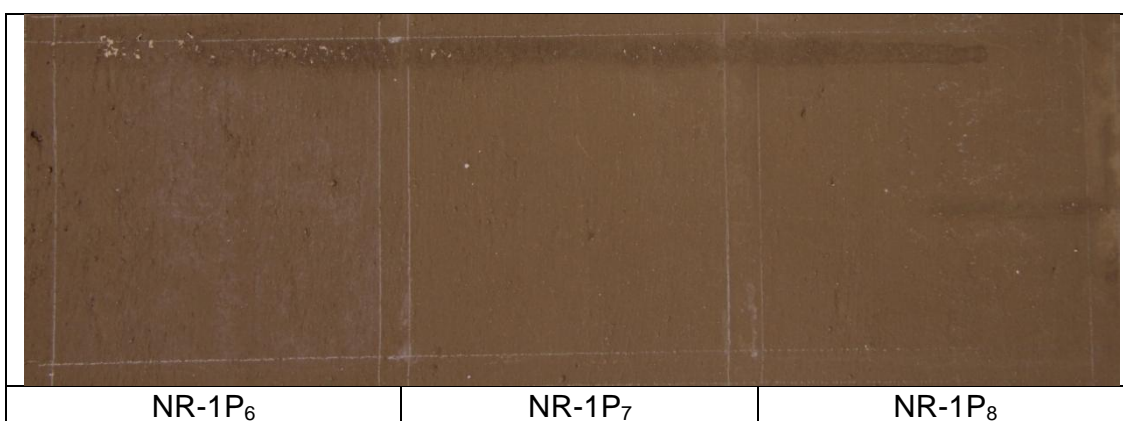
Testování proběhlo při dvou podmínkách: při vyšší průměrné relativní vlhkosti (RH=56,3 %) a teplotě 16,8 °C (zkoušky NR-1P<sub>1</sub> . NR-1P<sub>5</sub> ) a při nižší relativní vzdušné vlhkosti (RH=28,6 %) a teplotě 20,1 °C (zkoušky NR-1P<sub>6</sub> . NR-1P<sub>8</sub>). Snahou těchto zkoušek bylo zjistit, do jaké míry se relativní vzdušná vlhkost podílí na výsledné konsolidaci.



Tab. 28: Testování nanosuspenze *CSGI 1P35*; zkoušky NR-1P<sub>1</sub>, NR-1P<sub>3</sub>. Dokumentace optických změn po konsolidaci.



Tab. 29: Testování nanosuspenze *CSGI 1P35*; zkoušky NR-1P<sub>4</sub> a NR-1P<sub>5</sub>. Dokumentace optických změn po konsolidaci.



Tab. 30: Testování nanosuspenze *CSGI 1P35* při nižší RH; zkoušky NR-1P<sub>6</sub> až NR-1P<sub>8</sub>. Dokumentace optických změn po konsolidaci.

<b>Zkouška</b>	<b>Koncentrace nanosuspenze (g/l)</b>	<b>Počet aplikací</b>	<b>Sprejování vodou po aplikaci: ano/ne</b>	<b>Tvorba zákalu: ano/ne</b>
NR-1P <sub>1</sub>	5	1	ano	ano – velmi neparný
NR-1P <sub>2</sub>	2,5	2	ano	ne
NR-1P <sub>3</sub>	1,25	4	ano	ne
NR-1P <sub>4</sub>	2,5	2	ne*	ano
NR-1P <sub>5</sub>	2,5	6	ano	ne
NR-1P <sub>6</sub>	2,5	2	ne	ano
NR-1P <sub>7</sub>	2,5	2	ano	ne
NR-1P <sub>8</sub>	2,5	6	ano	ano -mírný

Tab. 31: Zkoušky aplikace nanosuspenze *CSGI 1P35*, optické hodnocení tvorby zákalu, subjektivní hodnocení. \* Spodní polovina zkouškového pole byla po 24 h 2 x po sobě rosená vodou. Na této polovině se zákal ztratil, ale došlo k prohloubení barevnosti. Pravděpodobně se hlinkový pigment vlivem vyššího zvlhčení vyplavil na povrch.

<b>Zkouška</b>	<b>Nasákavost <math>w</math> (<math>\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}, \text{hod}^{1/2}</math>)</b>	<b>Tužkový test (9B-9H)</b>	<b>Peeling test <math>\Delta m</math> (<math>\text{mg}/\text{mm}^2</math>)</b>	<b>Test stíratelnosti -/+/-/+/+</b>
<b>standard</b>	11,4	4H	0,86±0,04	-
NR-1P <sub>1</sub>	10,1	7H	1.22±0.01	+-
NR-1P <sub>2</sub>	6,8	9H	0.86±0.19	+
NR-1P <sub>3</sub>	6,9	6H/7H	1.84±0.17	+-
I. NR-1P <sub>4</sub>	7,8	9H	0.46±0.03	+-
II. NR-1P <sub>4</sub>	7,9	9H	-	+-
NR-1P <sub>5</sub>	7,5	7H	0.42±0.01	+
NR-1P <sub>6</sub>	9,0	-	-	+-
NR-1P <sub>7</sub>	10,2	7H	0.46±0.01	+-
NR-1P <sub>8</sub>	9,5	8H	0.71±0.04	+

Tab. 32: Změny vybraných fyzikálně-mechanických vlastností před (standard) a po konsolidaci nanosuspenzí *GSGI 1P35*.

Z odzkoušených koncentrací nanosuspenze se jako nejvhodnější koncentrace pro nástěnnou malbu jeví 2,5 g/l. Při této koncentraci se po zvlhčení netvoří zákal ani po několika aplikacích. Ve vlhčích podmínkách se nevytvořil zákal ani po šesti aplikacích s jedním zvlhčením na závěr. Při nižší RH (cca 28,6%) se po stejné aplikaci vytvořil jen mírný zákal. U zkoušky NR-1P1 (1x 5 g/l se závěrečným vlhčením) už nebylo možné po jedné aplikaci navýšit počet konsolidačních cyklů z důvodu tvorby zákalu. U zkoušky NR-1P6 (2x 2,5 g/l) aplikované v sušším prostředí se vytvořil větší zákal než u stejné probíhající zkoušky ve vlhčím prostředí [zk. A1, tab. 19]. U zkoušky NR-1P4 (2x 2,5 g/l bez vlhčení po konsolidaci) se zákal vytvořil. Spodní polovina zkoušky byla po 24 h 2 x zvlhčena vodou a zákal se zredukoval. Vliv vody s určitostí

omezuje tvorbu bílého zákalu, a to jak formou vyšší relativní vlhkosti, ale především vlhčením zkoušky po konsolidaci. Nevysledovali jsme, že by zavlhčování vodou po konsolidaci, kromě bílého zákalu, ovlivňovalo také výslednou míru konsolidace.

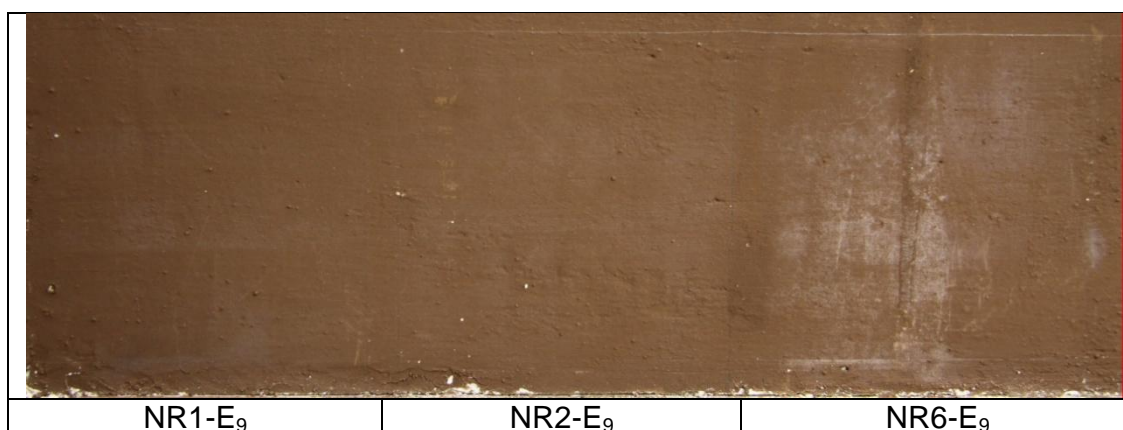
Výsledky měření fyzikálně-mechanických vlastností jasně vykazují konsolidační efekt na malbě, a to již při aplikacích systémů s velmi nízkou koncentrací 1,25 g/l a 2,5 g/l (nanášené opakovaně na celkovou koncentraci 5 g/l). Opakovaná aplikace (zkouška NR-1P<sub>5</sub>) a její vliv na zpevnění nebyl měřením jednoznačně zaznamenán, což se shoduje i se subjektivním hodnocením konsolidačního účinku. Stejně jako se ve všech případech neprokázal vliv aplikačních podmínek, zejména RH. U všech vzorků, i při aplikaci nízkých koncentrací došlo ke zpevnění povrchu a snížení jeho nasákavosti, které souvisí se změnou jeho povrchových vlastností. Výsledky peeling testu jsou dosti rozdílné. Podle něj došlo k nejnižšímu zpevnění u zkoušky NR-1P<sub>3</sub>. Nasákavost také výrazněji poklesla u této zkoušky a u zkoušky NR-1P<sub>2</sub>. Číselné údaje těchto měření ne vždy vychází, tak jak by se dalo předvídat. V tomto případě nejsou naměřené údaje logické, proto usuzujeme, že jsou subjektivně ovlivněny nerovnoměrnostmi na modelovém povrchu. Lokálně je povrch více zrnitý, na takových místech během odtrhového testu docházelo k většímu odtrhávání barevného povrchu a zároveň zde byla naměřena nižší nasákavost, protože mikroporézní houbička nebyla celoplošně v kontaktu s měřeným povrchem. Dalším subjektivním vlivem je to, že tloušťka barevné vrstvy na modelovém panelu se místy různí, sice velice nepatrně, ale během tužkového testu a peeling testu jsou taková místa snadněji destruovatelná. Během peeling testu se zpevněný substrát často odtrhává ve větších šupinách barevné vrstvy, zatímco u nezpevněného vzorku je odtržena pouze povrchová zpráškovatělá vrstva. Proto se ukázalo použití peeling testu jako ne zcela vypovídající, respektive nevypovídající číselnými hodnotami, ale je evidentní, že poskytuje určité informace, které vyplývají spíše z vizuálního vyhodnocení testu.

Vzhledem k tomu, že u zkoušky NR-1P<sub>5</sub> byl konsolidant aplikován několikrát opakovaně a množství konsolidantu vpraveného do podkladu tak bylo nejvyšší, byla po třech dnech od aplikace nanosuspenze ověřena hloubka penetrace a průběh karbonatace 1 % fenolftaleinem. Bylo zjištěno, že nanosuspenze ještě neukončila karbonataci a zbarvila se do fialova. Z tohoto testu vyplývá, že opakovaná aplikace, která zvyšuje koncentraci Ca(OH)<sub>2</sub> prodlužuje dobu zrání,

(což je důležitá informace pro praxi - konsolidaci a její hodnocení in-situ), a to i přesto, že přibližná hloubka penetrace 6 x aplikované nanosuspenze byla stejná jako u jednoho cyklu, tj. 1 mm.

#### 4.5.2. CSGI E35

Odzkoušení nanosuspenze *CSGI E35* bylo provedeno s cílem porovnat a vyhodnotit rozdíly mezi systémem v ethanolu a *CSGI 1P35* v 1-propanolu, které se liší ve velikosti částic a jejich distribuci (viz kapitola 3.1.1. *Popis konsolidantů na bázi hydroxidu vápenatého*). Porovnání bylo provedeno u zkoušek se stejnými aplikačními podmínkami a koncentrací 2,5 a 5 g/l [tab. 33].



Tab. 33: Testování nanosuspenze *CSGI E35* při průměrné RH 48,7 % a teplotě 19,6 °C: zleva 5 g/l; 2,5 g/l; 2,5 g/l. Dokumentace optických změn po konsolidaci.

Zkouška	Koncentrace nanosuspenze (g/l)	Počet aplikací	Sprejování vodou po aplikaci: ano/ne	Tvorba zákalu: ano/ne
NR1-E <sub>9</sub>	5	1	ne	ano – velmi mírný
NR2-E <sub>9</sub>	2,5	2	ne	ano – velmi mírný
NR6-E <sub>9</sub> *	2,5	6	ano	ano

Tab. 34: Zkoušky aplikace nanosuspenze *CSGI E35*; hodnocení tvorby zákalu, subjektivní hodnocení.\* Pravá polovina zkoušky byla po aplikaci rosena vodou, zákal se redukoval.

<b>Zkouška</b>	<b>Nasákavost <math>w</math> (<math>\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}, \text{hod}^{1/2}</math>)</b>	<b>Tužkový test (9B-9H)</b>	<b>Peeling test <math>\Delta m</math> (<math>\text{mg}/\text{mm}^2</math>)</b>	<b>Test stíratelnosti -/+/-+/++/+++</b>
<b>standard</b>	11,4	4H	0,86±0,04	-
NR1-E <sub>9</sub>	10,5	-	0,95±0,01	+-
NR2-E <sub>9</sub>	10,1	-	0,91±0,11	+-
NR6-E <sub>9</sub>	12,6	>9H	0,67±0,01	+

Tab. 35: Změny vybraných fyzikálně-mechanických vlastností před konsolidací (standard) a po konsolidaci nanosuspenzí *CSGI E35*.

Výsledná míra tvorby zákalu u nanosuspenze *CSGI E35* je téměř srovnatelná s výsledky *CSGI 1P35*. U zkoušky NR1-E<sub>9</sub> (1 x 5 g/l) se vytvořil mírný zákal. Zkouška A1 (2 x 2,5 g/l *CSGI 1P35* bez zavlhčení) je z hlediska koncentrace a techniky aplikace porovnatelná s NR1-E<sub>9</sub> (1 x 5 g/l bez zavlhčení). U zkoušky A1 se vytvořil mírný zákal podobně jako u NR1-E<sub>9</sub>. Porovnáme-li dále oba prostředky na zkouškách NR-1P<sub>5</sub> a NR6-E<sub>9</sub>, které byly 6 x aplikovány v koncentracích 2,5 g/l ve stejných podmínkách a na závěr vlhčeny, u zkoušky NR-1P<sub>5</sub> se ve výsledku nevytvořil zákal, zatímco u zkoušky NR6-E<sub>9</sub> se v pravé polovině rosené vodou mírný zákal objevuje. Zde je výsledek kladný pro nanosuspenzi *CSGI 1P35*. Konsolidační efekt je u obou typů nanosuspenze *CSGI* také porovnatelný. Nasákavost po konsolidaci je výrazně vyšší u zkoušek provedených s prostředkem *CSGI E35*, z čehož lze usuzovat, že tento systém s menšími částicemi Ca(OH)<sub>2</sub> lépe penetruje a méně uzavírá povrch.

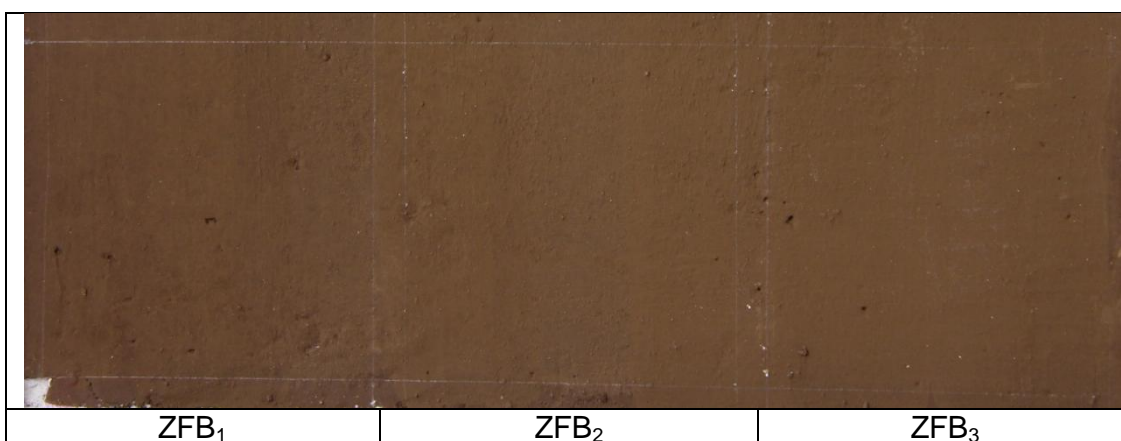
#### 4.5.3. ZFB 695p

Testování další nanosuspenze je označeno ZFB<sub>1</sub> - ZFB<sub>5</sub>. Výsledky testování a metoda aplikace jsou shrnuty v [tab. 39-40]. Cílem tohoto testu bylo odzkoušet různé koncentrace konsolidantu *ZFB 695p* a četnost aplikací, a dovědět se tak více informací o jeho vlastnostech a možnostech použití pro konsolidaci nástěnné malby.

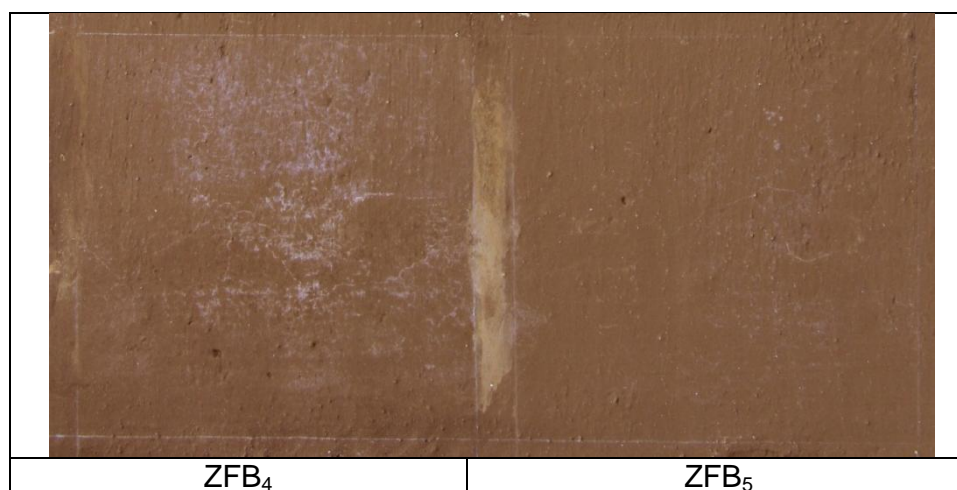
Nejprve byla testována koncentrační řada 5 g/l o jedné aplikaci, dvakrát 2,5 g/l a čtyřikrát 1,25 g/l nanosuspenze *ZFB 695p* ředěné isopropanolem [tab. 36]. Dalším testem bylo stanovit maximální počet aplikací (bez závěrečného rosení vodou), které jsou možné, dokud se neprojeví optické změny povrchu (zkouška ZFB<sub>4</sub>). Pro tento test byla zvolena koncentrace 2,5 g/l. Test byl opakován

u zkoušky ZFB<sub>5</sub> – počet aplikací nanosuspenze byl navýšen na šest se závěrečným rosením vodou po šesti aplikacích. Konsolidace zkoušek ZFB<sub>1</sub> - ZFB<sub>5</sub> proběhlo při vyšší průměrné RH 56,3 % a teplotě 16,8 °C [tab. 36 a 38].

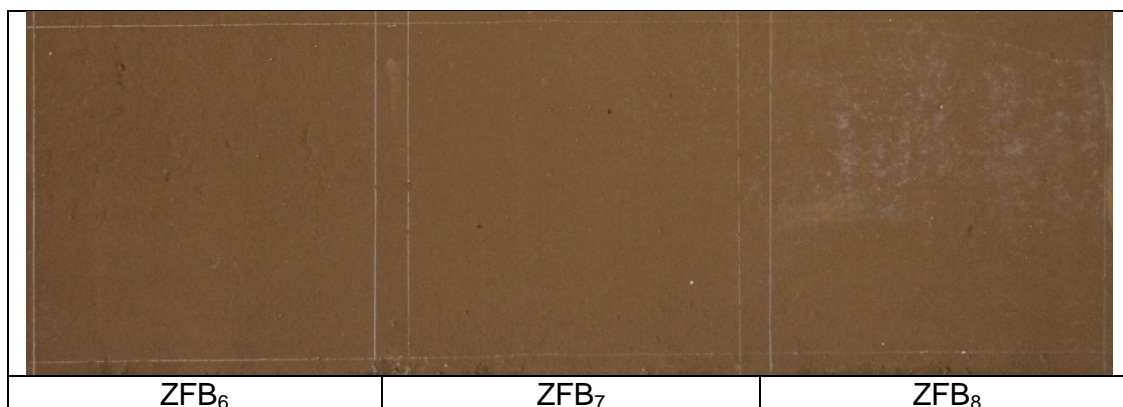
Po dvou týdnech, kdy byla ukončena karbonatace (ověřeno 1% fenolftaleinem) byl panel přemístěn do prostředí s nižší RH a vyšší teplotou. Tato část testování byla provedena se snahou imitovat prostředí malby v parném létě a ověřit vlastnosti nanosuspenzí. Zkoušky NR-1P<sub>6</sub> - NR-1P<sub>8</sub> byly aplikovány při průměrné RH 28,6 % a teplotě 20,1 °C [tab. 38]. Aplikace byla provedena sprejováním pomocí stříčky do nasycení substrátu konsolidantem.



Tab. 36: Testování koncentrační řady ZFB 695p při vyšší RH: zleva 5 g/l; 2,5 g/l; 1,25 g/l. Dokumentace optických změn po konsolidaci.



Tab. 37: Testování nanosuspenze ZFB 695p (2,5 g/l) při vyšší RH.



Tab. 38: Testování nanosuspenze ZFB 695p (2,5 g/l) při nižší RH. Dokumentace optických změn po konsolidaci.

Zkouška	Koncentrace nanosuspenze (g/l)	Počet aplikací	Sprejování vodou po aplikaci: ano/ne	Tvorba zákalu: ano/ne	Poznámky
ZFB <sub>1</sub>	5	1	ano	ne	
ZFB <sub>2</sub>	2,5	2	ano	ne	
ZFB <sub>3</sub>	1,25	4	ano	ano	velmi mírný zákal, lokálně zatekliny
ZFB <sub>4</sub>	2,5	3	ne*	ano	
ZFB <sub>5</sub>	2,5	6	ano	ano	mírný zákal
ZFB <sub>6</sub>	2,5	2	ne	ne	
ZFB <sub>7</sub>	2,5	2	ano	ne	
ZFB <sub>8</sub>	2,5	6	ano	ano	mírný zákal

Tab. 39: Zkoušky aplikace nanosuspenze ZFB 695p, optické hodnocení tvorby zákalu, subjektivní hodnocení. Zkoušky ZFB<sub>6</sub>–ZFB<sub>8</sub> byly testovány v prostředí s nižší RH a vyšší teplotou. \* Spodní polovina zkoušky byla po 24 hodinách vlhčena; zákal se zmínil.

Zkouška	Nasákavost $w$ ( $\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}, \text{hod}^{-1/2}$ )	Tužkový test (9B-9H)	Peeling test $\Delta m$ ( $\text{mg}/\text{mm}^2$ )	Test stíratelnosti -/+ /+ /++ /+++
<b>standard</b>	11,4	4H	0,86±0,04	-
ZFB <sub>1</sub>	7,5	>9H	0,96±0,15	+
ZFB <sub>2</sub>	8,3	6H	0,16±0,01	+-
ZFB <sub>3</sub>	10,7	7H/8H	0,36±0,01	+-
I. ZFB <sub>4</sub>	11,4	9H	0,30±0,04	+-
II. ZFB <sub>4</sub>	12,2	9H	-	+-
ZFB <sub>5</sub>	11,0	7H/8H	0,54±0,06	+
ZFB <sub>6</sub>	13,8	-	0,36±0,01	+-
ZFB <sub>7</sub>	12,5	7H	0,25±0,05	+-
ZFB <sub>8</sub>	12,8	8H/9H	-	+

Tab. 40: Změny vybraných fyzikálně-mechanických vlastností před (standard) a po konsolidaci nanosuspenzí ZFB 695p. Odchylka  $w$  je  $\pm 10\%$ .

I.= tato polovina zkoušky nebyla vlhčena vodou

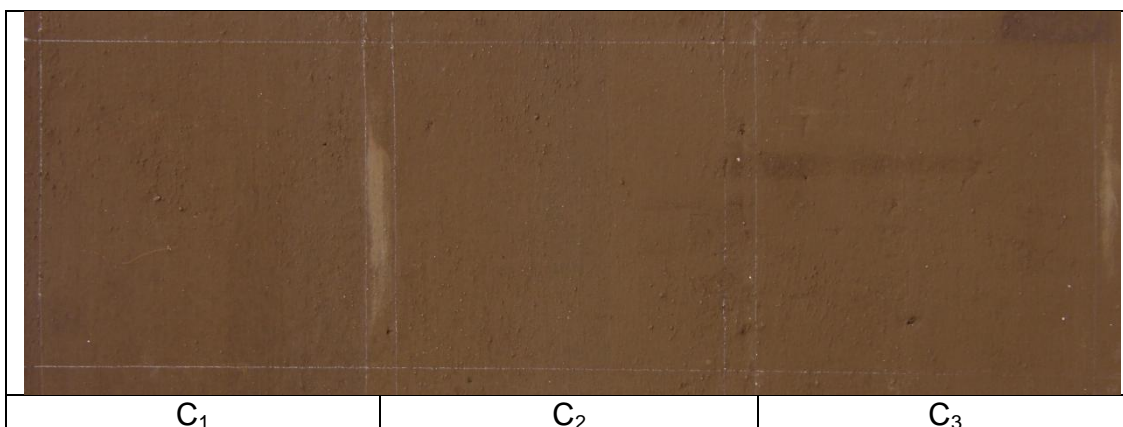
II.= tato polovina zkoušky byla vlhčena vodou po konsolidaci

U zkoušky ZFB<sub>4</sub> se začal tvořit zákal už po třetí aplikaci. Zkouška byla z poloviny zakryta a 2 x zvlhčena vodou po 24 hodinách. Chtěli jsme zjistit, je-li možné po delší době omezit již vytvořený bílý zákal. Po vyschnutí prvního rosení zkoušky vodou byl zákal ještě viditelný, proto bylo rosení na stejné polovině zkoušky opakováno. Ve výsledku se zákal zmírnil, ale zůstal stále znatelný. Z tohoto pokusu jednoznačně vyplývá, že se na omezení zákalu nejlépe osvědčila metoda bezprostředního zvlhčení zkoušky vodou po impregnaci (po odparu rozpouštědla). Vlhčení vodou po několika dnech od konsolidace nedosahuje stejné míry redukce zákalu.

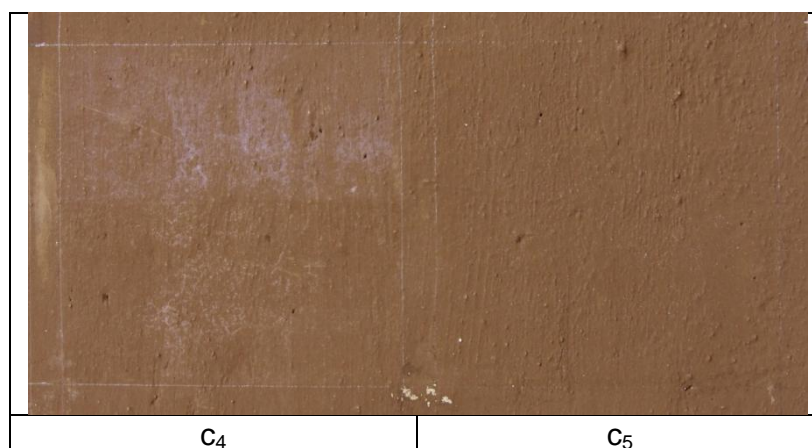
Optimální koncentrace pro konsolidaci je při. 2,5 g/l, což je stejné jako u předchozích testovaných systémů. Tuto nanosuspenzi je možné bez problémů aplikovat 2x. Po třetí aplikaci (bez závěrečného vlhčení) došlo k tvorbě zákalu. Hodnoty nasákavosti jsou poměrně vysoké, což by opět mohlo souviset s velikostí částic Ca(OH)<sub>2</sub> rozptýlených v tomto systému, jejichž velikost a distribuce se pohybuje v desítkách nanometrů. Konsolidace je u všech zkoušek obdobná, nepatrná.

#### **4.5.4. CaLoSiL® E25**

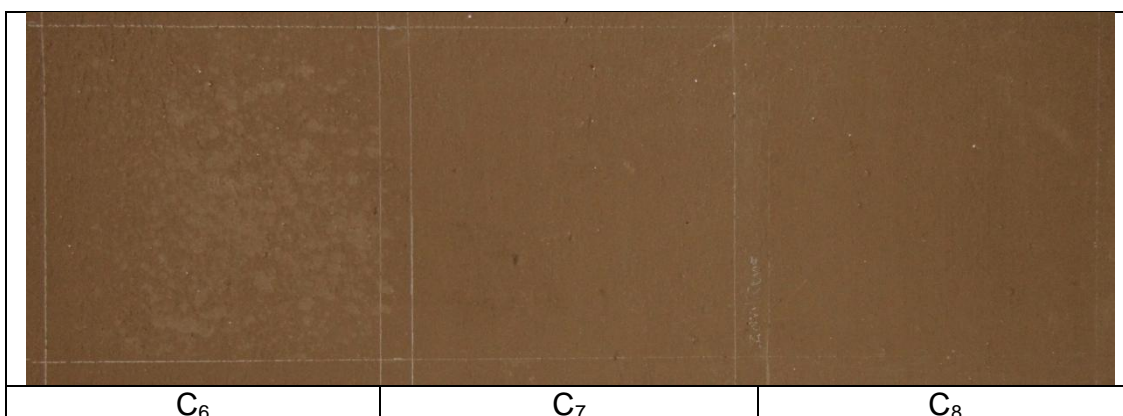
Zkoušky konsolidace s vápennou nanosuspenzí *CaLoSiL® E25* jsou označeny C<sub>1</sub>-C<sub>8</sub>. Optické změny po konsolidaci jsou dokumentovány v [tab. 41-43]. Výsledky změn vybraných fyzikálně-mechanických vlastností a hodnocení konsolidačního účinku je uvedeno v [tab. 44-45]. Mezi každou aplikací byla dodržena 15 minutová technologická pauza. Jestliže byla zkouška na závěr vlhčena vodou, tak vždy přibližně 1 až 2 minuty po aplikaci nanosuspenze. Aplikace proběhla za suchých (RH=28,6 %) i za normálních (RH=56,3 %) podmínek s cílem potvrdit efekt podmínek vnějšího prostředí na konsolidaci.



Tab. 41: Zkoušky s nanosuspenzí *CaLoSiL E25*. Zleva: 5 g/l; 2,5 g/l a 1,25 g/l. Dokumentace optických změn po konsolidaci při průměrné RH 56,3 % a teplotě 16,8 °C.



Tab. 42: Zkoušky s nanosuspenzí *CaLoSiL E25*: 2,5 g/l.



Tab. 43: Zkoušky s nanosuspenzí *CaLoSiL E25*. Zleva aplikace se nezdařila; 2,5 g/l a 2,5 g/l. Dokumentace optických změn po konsolidaci při průměrné RH 28,6 % a teplotě 20,1 °C.

Zkouška	Koncentrace nanosuspenze (g/l)	Počet aplikací	Sprejování vodou po aplikaci: ano/ne	Tvorba zákalu: ano/ne
C <sub>1</sub>	5	1	ano	ne
C <sub>2</sub>	2,5	2	ano	ne
C <sub>3</sub>	1,25	4	ano	ne
c <sub>4</sub> (horní polovina – I.)	2,5	7	ne	ano
c <sub>4</sub> (spodní polovina – II.)	2,5	7	ano*	ano
C <sub>5</sub>	2,5	6	ano	ne
c <sub>7</sub> (horní polovina – I.)	2,5	2	ne	ne
c <sub>7</sub> (spodní polovina – II.)	2,5	2	ano	ne
C <sub>8</sub>	2,5	6	ano	ne

Tab. 44: Zkoušky aplikace nanosuspenze *CaLoSiLu® E25*, optické hodnocení tvorby zákalu, subjektivní hodnocení. Zkoušky C<sub>7</sub>–C<sub>a</sub> byly testovány v prostředí s nižší RH a vyšší teplotou. \* Po 24 h zvlhčena (2x). Zákal se zvlhčením vodou mírně potlačil.

Zkouška	Nasákavost $w$ ( $\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}, \text{hod}^{1/2}$ )	Tužkový test (9B-9H)	Peeling test $\Delta m$ ( $\text{mg}/\text{mm}^2$ )	Test stíratelnosti -/+/-+/++/+++
<b>standard</b>	11,4	4H	0,86±0,04	-
C <sub>1</sub>	7,2	>8H	0,23±0,07	+
C <sub>2</sub>	8,1	4H	0,36±0,19	+-
C <sub>3</sub>	8,8	8H	0,66±0,08	+-
I. C <sub>4</sub>	7,4	6H	0,59±0,05	+-
II. C <sub>4</sub>	7,4	6H	0,61±0,03	+
C <sub>5</sub>	8,7	7H	0,81±0,13	+
I. C <sub>7</sub>	8,6	7H	-	+-
II. C <sub>7</sub>	9,9	7H	0,49±0,01	+
C <sub>8</sub>	9,2	8H	0,39±0,04	+-

Tab. 45: Změny vybraných fyzikálně-mechanických vlastností před konsolidací (standard) a po konsolidaci *CaLoSiLem® E25*.

I.= tato polovina zkoušky nebyla vlhčena vodou

II.= tato polovina zkoušky byla vlhčena vodou po konsolidaci

První zkoušky zahrnovaly aplikaci nanosuspenze ve stejných koncentracích a opakováních jako u předchozích typů, tj. 5 g/l (1 x); 2,5 g/l (2 x) a 1,25 g/l (4 x) [tab. 41]. Při tomto testování nedošlo k tvorbě bílého zákalu a projevil se konsolidační účinek. Zpevnění bylo nejvyšší u zkoušky C<sub>1</sub>, při aplikaci 5 g/l nanoseném v jednom cyklu. Cílem zkoušky C<sub>4</sub> bylo stanovit hranici tvorby zákalu, tedy opakovat aplikaci nanosuspenze dokud se nevytvoří zákal. Jak se ukázalo, je možné nanosuspenzi aplikovat 6x beze změny optického charakteru barevné vrstvy, při sedmé aplikaci se už vytvořil zákal. Tato opakovaná aplikace je však překvapivě jen částečně účinná i vzhledem k míře konsolidace, která se zásadně neprojevila na měřených parametrech. Nasákavost se mírně snížila, ale tvrdost nebo přídržnost barevné vrstvy k podkladu se výrazněji nezvýšila, ani

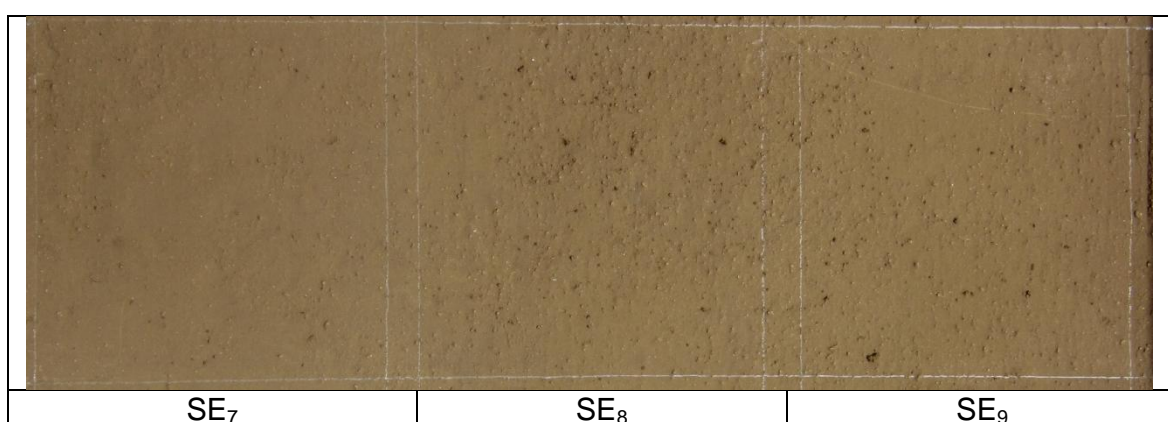
při subjektivním posouzení míry zpevnění. Mírné zlepšení konsolidace zkoušky C<sub>4</sub> proběhlo subjektivně po aplikaci vody na ošetřený povrch. Spodní část zkoušky byla po 24 hodinách ošetřena vodou a to ve dvou krocích, čímž bylo dosaženo jen částečného omezení tvorby zákalu. Z tohoto pokusu evidentně vyplývá, že pro omezení zákalu lze jednoznačně doporučit při praktické aplikaci bezprostřední zavlhčení zkoušky vodou, protože dodatečné vlhčení vodou nedosahuje stejné efektivity, pravděpodobně z důvodu částečně karbonatace aplikované nanosuspenze.

Zajímavý výsledek ukázal experiment provedený s koncentrací 2,5 g/l, který byl nanesen 6x na dva typy podkladů, které se lišily svojí nasákavostí. U zkoušky C<sub>5</sub> (2,5 g/l), která byla bezprostředně po šesté aplikaci rosena vodou - nedošlo k tvorbě bílého zákalu, zatímco u stejného postupu aplikace zkoušky 3/C na doplňkovém panelu 3 (méně nasákavý povrch), došlo při stejných podmínkách k zblednutí povrchu zkoušky [tab. 60]. Ještě překvapivější výsledek byl pozorován při stejné aplikaci, ale za suchých podmínek na panelu 1 s vyšší nasákavostí (zkouška C<sub>8</sub> - 6x 2,5 g/l). Ani v tomto případě nedošlo k tvorbě zákalu, pravděpodobně z důvodu dobré nasákavosti podkladu, která je, jak se ukazuje zásadní pro aplikaci a výsledný efekt při konsolidaci.

Ze subjektivního pozorování lze jednoznačně diskutovat rozdíly mezi studovanými nanosuspenzemi: *ZFB 695p*, *CSGI 1P35*, *CSGI E35* a *CaLoSiLem® E25*. Míra zpevnění a tvorby zákalu je u uvedených nanosuspenzí přibližně stejná. Podle vizuálního subjektivního hodnocení je tvorba zákalu po konsolidaci většinou menší u zkoušek provedených nanosuspenzí *CaLoSiLem® E25*. U této nanosuspenze byla také vysledována rychlejší schopnost penetrace oproti ostatním testovaným nanosuspenzím. Výrazně pomalejší penetrací se projevuje systém *CSGI 1P35*. Tento systém výrazněji snížil nasákavost konsolidovaných zkoušek [tab. 32]. Tyto fenomény jsou pravděpodobně ovlivněny velikostí a distribucí částic v jednotlivých systémech (viz kapitola 3.1.1. *Popis konsolidantů na bázi hydroxidu vápenatého*). Systémy s menšími částicemi Ca(OH)<sub>2</sub> se vyznačují rychlejší penetrací a menší tendencí uzavírat konsolidovaný povrch a tvořit bílý zákal, zatímco nanosuspenze s většími částicemi konsolidovaný povrch rychleji uzavírají, čímž se snižuje jeho nasákavost a zvyšuje pravděpodobnost vzniku bílého zákalu.

#### 4.5.5. *Sebosil S*

Vliv vlastností křemičitého prostředku *Sebosil S* na výslednou konsolidaci byl sledován na zkouškách SE<sub>7</sub>- SE<sub>9</sub> [tab. 46]. Prostředek byl ředěn na 10 a 5 g/l a aplikován ve více cyklech, protože z předchozího testování vyplynulo, že ve vyšších koncentracích má tendenci prohlubovat barevnost malby. Každá další aplikace *Sebosilu S* byla aplikována po odparu rozpouštědla, tedy přibližně po 10 minutách. *Sebosil S* byl aplikován sprejem. Konsolidace byla provedena při průměrné 50 % RH a teplotě 16 °C, vliv suchých podmínek nebyl u křemičitých prostředků studován.



Tab. 46: Zkoušky *Sebosilu S* (SE<sub>7</sub>, SE<sub>8</sub> a SE<sub>9</sub>): zleva 5 g/l; 10 g/l; 5 g/l. Dokumentace optických změn po konsolidaci.

Zkouška	Koncentrace konsolidantu (g/l)	Počet aplikací	Prohloubení barevnosti: ano/ne	Poznámky
SE <sub>7</sub>	5	4	ano –velmi mírné	Průměrná RH 50 % a teplota 16 °C
SE <sub>8</sub>	10	2	ne	
SE <sub>9</sub>	5	2	ne	

Tab. 47: Zkoušky aplikace *Sebosilu S* a optické hodnocení tvorby zákalu, subjektivní hodnocení.

Zkouška	Nasákavost $w$ ( $\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{hod}^{1/2}$ )	Tužkový test (9B-9H)	Peeling test $\Delta m$ ( $\text{mg}/\text{mm}^2$ )	Test stíratelnosti -/+ /+ /++ /+++
standard	9,5	6H	0,82±0,13	-
SE <sub>7</sub>	5,7	8H	1,53±0.36	+++
SE <sub>8</sub>	4,5	8H	1,28±0.14	++
SE <sub>9</sub>	5,0	8H	1,49±0.03	++

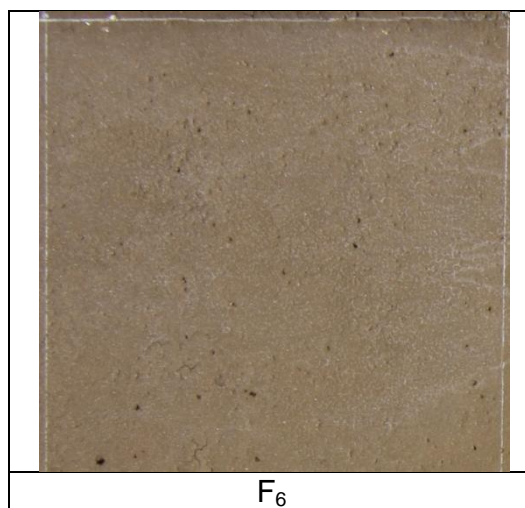
Tab. 48: Změny vybraných fyzikálně-mechanických vlastností před konsolidací (standard) a po konsolidaci *Sebosilem S*.

Sebosil S má vzhledem k výsledkům a pozorování jednoznačně pozitivní konsolidační efekt. U všech zkoušek došlo ke zpevnění barevné vrstvy, nejvíce patrný je efekt čtyřnásobného opakování prostředku v koncentraci 5 g/l. Jediný rozpor je patrný v hodnotách získaných z Peeling testu. Během tohoto testu barevná vrstva pevně přilnula k pásce a strhávala se ve větších šupinách, z tohoto důvodu jsou získané hodnoty vyšší. Nevýhodou je mírné prohloubení barevnosti malby, které lze pozorovat při opakované aplikaci. Otázkou také je, do jaké míry je zpevnění odpovídající požadovanému výsledku. Konsolidační efekt musí být vždy posuzován vzhledem k originálu, jehož stav a požadavky na míru konsolidace se můžou značně lišit. Z tohoto hlediska lze za nejlepší výsledek, který se vztahuje k danému substrátu a stavu barevné vrstvy, považovat zkoušku S<sub>9</sub>, která byla aplikována při koncentraci 5 g/l ve dvou aplikačních cyklech. U této zkoušky nedošlo k barevným změnám a míra zpevnění je dostatečná.

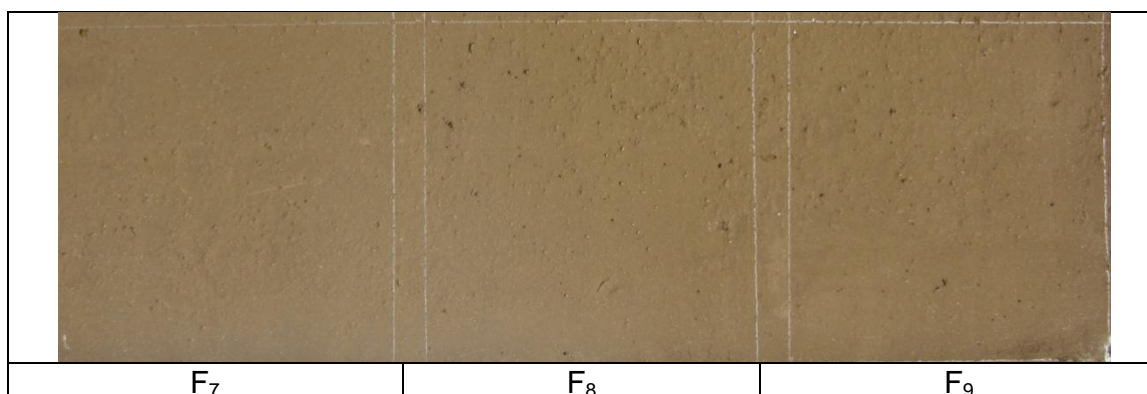
Všeobecně z tohoto testování vyplynulo, že je vhodnější *Sebosil S* aplikovat při nižší koncentraci. Opakování konsolidace je možné, ale jen do určité míry, neboť při opakované aplikaci dochází k podobným problémům jako při aplikaci vyšších koncentrací.

#### **4.5.6. KSE 300 HV**

Vlastnosti konsolidantu *KSE 300 HV* byly testovány při různých koncentracích a různém počtu opakování cyklů. Jedná se o zkoušky F<sub>6</sub>- F<sub>9</sub> [tab. 49-50]. Konsolidant byl buď použitý bez ředění (zkouška F<sub>7</sub> a F<sub>9</sub>) anebo ředěný (zkouška F<sub>6</sub> a F<sub>8</sub>) na koncentraci 100 g/l. Průměrná spotřeba konsolidantu při 100 g/l během jedné aplikace byla 2,5 g. Zkouška F<sub>9</sub> (2 x 300 g/l) byla provedena se záměrem ověření, dělá-li zákal, protože po jedné aplikaci *KSE 300 HV* se zákal nevytvořil (zkouška 1F). Zkouška F<sub>8</sub> (3 x 100 g/l) byla rovněž porovnávána se zkouškou F1 (1 x 300 g/l). Zkouška F<sub>6</sub> byla aplikována několikrát až do té doby, dokud se nezačal tvořit zákal. Po konsolidaci byla měřena nasákavost v průběhu zrání. *KSE 300 HV* byl testován při průměrné 50 % RH a teplotě 16 °C.



Tab. 49: Zkoušky konsolidantu *KSE 300 HV*.



Tab. 50: Zkoušky konsolidantu *KSE 300 HV*.

Zkouška	Koncentrace konsolidantu (g/l)	Počet aplikací	Tvorba zákalu: ano/ne	Změna barevnosti $\Delta E$	Poznámky
F <sub>6</sub>	100	7	ano	5,3	Průměrná RH 50 % a teplota 16 °C
F <sub>7</sub>	300	1	ne	-	
F <sub>8</sub>	100	3	ne	-	
F <sub>9</sub>	300	2	ne	-	

Tab. 51: Zkoušky aplikace *KSE 300 HV* a optické hodnocení tvorby zákalu. Měření změny barevnosti bylo provedeno jen zkoušky se zákalem (F<sub>6</sub>).

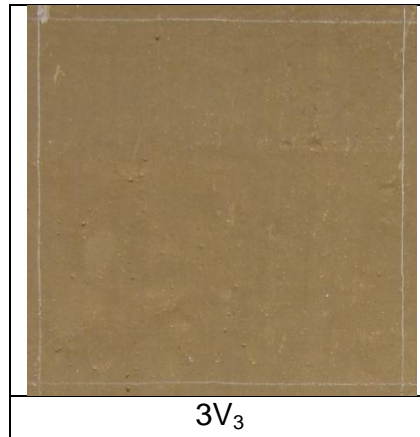
Zkouška	Nasákavost $w$ ( $\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{hod}^{-1/2}$ )	Tužkový test (9B-9H)	Peeling test $\Delta m$ ( $\text{mg}/\text{mm}^2$ )	Test stíratelnosti -/+ /+ /++ /+++
standard	9,5	6H	0,82±0,13	-
F <sub>6</sub>	8,8	9H	3,3±0,28	+++
F <sub>7</sub>	5,9	9H	0,79±0,05	+++
F <sub>8</sub>	4,5	>9H	0,88±0,06	++/+++
F <sub>9</sub>	6,8	>9H	1,02±0,15	+++

Tab. 52: Změny vybraných fyzikálně-mechanických vlastností před (standard) a po konsolidaci *KSE 300 HV*.

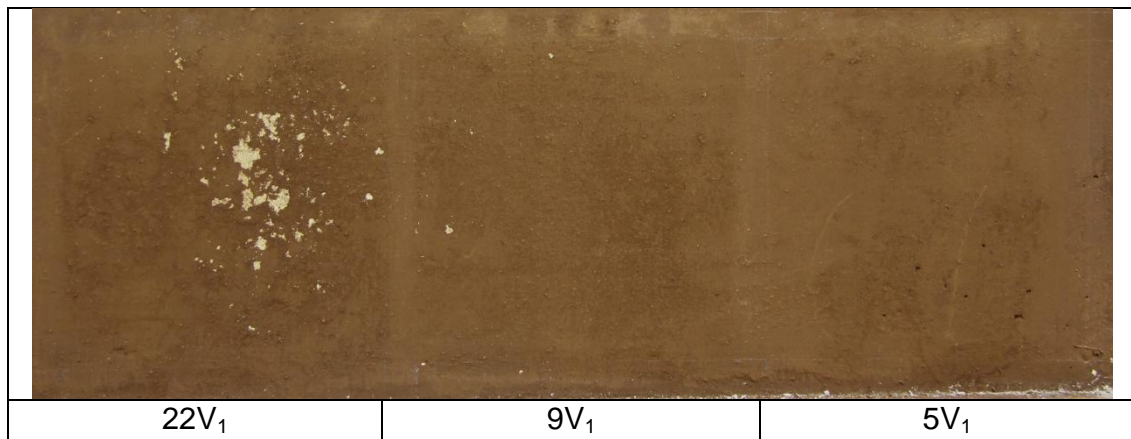
Konsolidované plochy mají výborné vlastnosti, nedochází téměř k žádným změnám barevnosti, přičemž jsou konsolidované zkoušky dostatečně zpevněné. K drobné změně v barevnosti došlo jen zkoušky F<sub>6</sub>, na které bylo testováno maximální možné množství aplikací *KSE 300 HV* zředěného na 100 g/l. Při poslední, sedmé aplikaci vytvořil bílý závoj [tab. 49]. Pozoruhodné je, že u zkoušky F<sub>6</sub> nedošlo k výraznému poklesu nasákavosti, ale u Peeling testu se povrch strhával ve velkých šupinách – páska silně přilnula. Průměrná spotřeba konsolidantu na zkoušce F<sub>9</sub> během jedné aplikace je 2,5 g. Na konsolidovaném vzorku F<sub>6</sub> byla měřena nasákavost po 31dní od dne aplikace. Průběh hydrofobity je znázorněn v grafu 2. Měření nasákavosti pomocí mikroporézní houby nezanechalo stopy (u nanovápen ano). Měřená místa na stejné zkoušce se značně lišila, každé místo bylo různě nasákové. Dostačující konsolidace nastává už po jedné aplikaci konsolidantu ředěného na 100 g/l (zkouška F<sub>7</sub>).

#### **4.5.7. Vápenná voda**

Doplňující oblastí laboratorního testování konsolidantů bylo ověření konsolidačních vlastností vápenné vody, především pro jejich porovnání s vápennými nanosuspensemi. Jedná se o zkoušky 22V<sub>1</sub>; 9V<sub>1</sub>; 5V<sub>1</sub> a 3V<sub>3</sub> [tab. 53-54]. Během testování byla průměrná RH 51,2 % a teplota 18,1 °C. Zkoušeli jsme opakovat aplikace - 22 cyklů, 9 cyklů, 5 cyklů a 3 cykly. Četnost aplikací byla zvolena tak, abychom se přiblížili koncentraci nanosuspensí v organických rozpouštědlech např. 5 x aplikovaná nanosuspence o 2,5 g/l se přibližně rovná koncentraci 9 x aplikované vápenné vodě. Konsolidace byla provedena sprejováním vždy po vyschnutí předchozí aplikace tzn. cca po 4 hodinách.



Tab. 53: Zkoušky konsolidace vápennou vodou.



Tab. 54: Zkoušky konsolidace vápennou vodou - 22V<sub>1</sub>; 9V<sub>1</sub>; 5V<sub>1</sub>

Zkouška	Počet aplikací	Tvorba zákalu <i>ano/ne</i>	Změna barevnosti $\Delta E$	Poznámky
22V <sub>1</sub>	22	ne	2,17	lokální ztráta barevných šupin
9V <sub>1</sub>	9	ne	2,97	prohloubení barevnosti
5V <sub>1</sub>	5	ne	3,91	
3V <sub>3</sub>	3	ne	-	

Tab. 55: Zkoušky aplikace vápenné vody na panelu 2. U zkoušky 3V<sub>3</sub> nebyla měřena změna barevnosti.

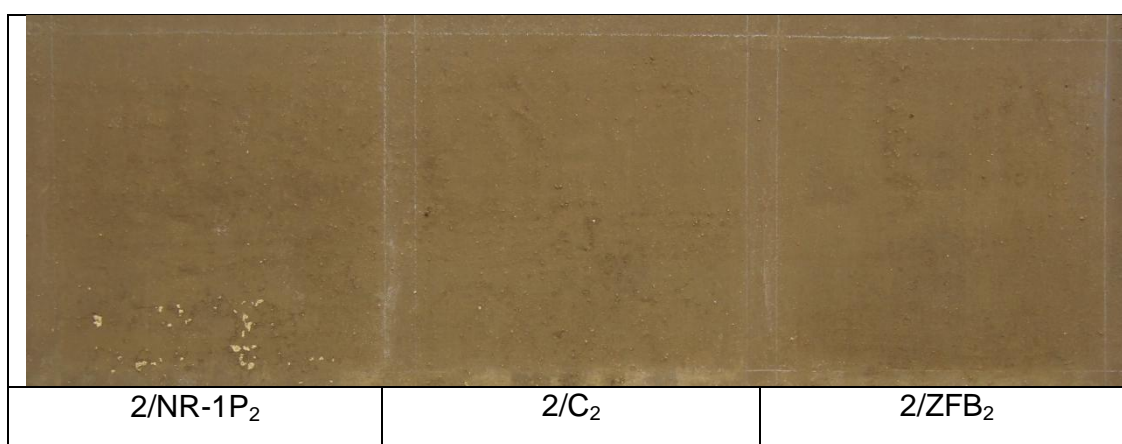
Zkouška	Nasákavost $w$ ( $kg \cdot m^{-2} \cdot hod^{-1/2}$ )	Tužkový test (9B-9H)	Peeling test $\Delta m$ ( $mg/mm^2$ )	Test stíratelnosti -/+/-+/++/+++
<b>standard</b>	9,5	6H	0,82±0,13	-
22V <sub>1</sub>	10,7	8H	3,11±0,25	-
9V <sub>1</sub>	7,3	8H	1,10±0,7	-
5V <sub>1</sub>	7,3	8H	0,54±0,07	-
3V <sub>3</sub>	5,9	8H	0,46±0,03	-

Tab. 56: Změny vybraných fyzikálně-mechanických vlastností před (standard) a po konsolidaci vápennou vodou.

Po konsolidaci došlo k vyšší míře zpráškovatění povrchu než před konsolidací. Lokálně se uvolnily a odpadly barevné šupiny, což pravděpodobně způsobilo přílišné zatěžování barevné vrstvy bez pojiva vodou. Z tohoto důvodu vychází při Peeling testu mnohem větší barevné ztráty u zkoušky 22V<sub>1</sub>. Tužkový test prokázal určité zpevnění vzorků. Bílý zákal se nevytvořil u žádné zkoušky, ale u mnohonásobných aplikací došlo k mírnému prohloubení barevného tónu (zkouška 22V<sub>1</sub> a 9V<sub>1</sub>). Průměrná spotřeba vápenné vody během jedné aplikace byla 7,5 g (vypočteno z váhy stříčky před a po konsolidaci - průměrem ze čtyř hodnot).

#### **4.6. Vliv koncentrace**

Snahou tohoto testování bylo, vpravit větší množství nanosuspenze do substrátu, a tím dosáhnout vyšší míry konsolidace. Testovali jsme dvanáct aplikací nanosuspenze *CSGI 1P35*, *ZFB 695p* a *CaLoSiLu® E25*; jedná se o zkoušky 2/NR-1P<sub>2</sub>; 2/C<sub>2</sub> a 2/ZFB<sub>2</sub> [tab. 57]. Po každé aplikaci nanosuspenze sprejem byla zkouška rosená vodou. Proběhlo tedy dvanáct aplikací nanosuspenze a dvanáct rosení zkoušky vodou. Zkouška byla rosená vždy po odparu rozpouštědla. Další aplikace nanovápen byla opakována po vyschnutí substrátu, tedy minimálně po čtyřech hodinách. Během testování byla průměrná RH 51,2 % a teplota 18,1 °C.,



Tab. 57: Testování nanosuspenze *ZFB 695p*, *CSGI 1P35* a *CaLoSiLu® E25*; zkoušky 2/NR-1P<sub>2</sub>; 2/C<sub>2</sub> a 2/ZFB<sub>2</sub> na panelu 2.

<b>Zkouška</b>	<b>Konsolidant – koncentrace (g/l)</b>	<b>Počet aplikací</b>	<b>Tvorba zákalu: ano/ne</b>	<b>Změna barevnosti <math>\Delta E</math></b>	<b>Poznámky</b>
2/NR-1P <sub>2</sub>	CSGI 1P35 – 2,5	12	ne	3,60	Průměrná RH 51,2 % a teplota 18,1 °C. Došlo k prohloubení barevnosti.
2/C <sub>2</sub>	CaLoSiL® E25 – 2,5	12	ne	4,61	
2/ZFB <sub>2</sub>	ZFB 695p – 2,5	12	ne	4,21	

Tab. 58: Průběh aplikace vápenných nanosuspenzí a hodnocení tvorby zákalu.

<b>Zkouška</b>	<b>Nasákavost <math>w</math> (<math>\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{hod}^{1/2}</math>)</b>	<b>Tužkový test (9B-9H)</b>	<b>Peeling test <math>\Delta m</math> (<math>\text{mg}/\text{mm}^2</math>)</b>	<b>Test stíratelnosti -/+/-+/++/+++</b>
<b>standard</b>	9,5	6H	0,82±0,13	-
2/NR-1P <sub>2</sub>	8,4	8H	0,54±0,02	-
2/C <sub>2</sub>	7,8	9H	0,58±0,03	-/+
2/ZFB <sub>2</sub>	10,6	8H	0,51±0,09	-

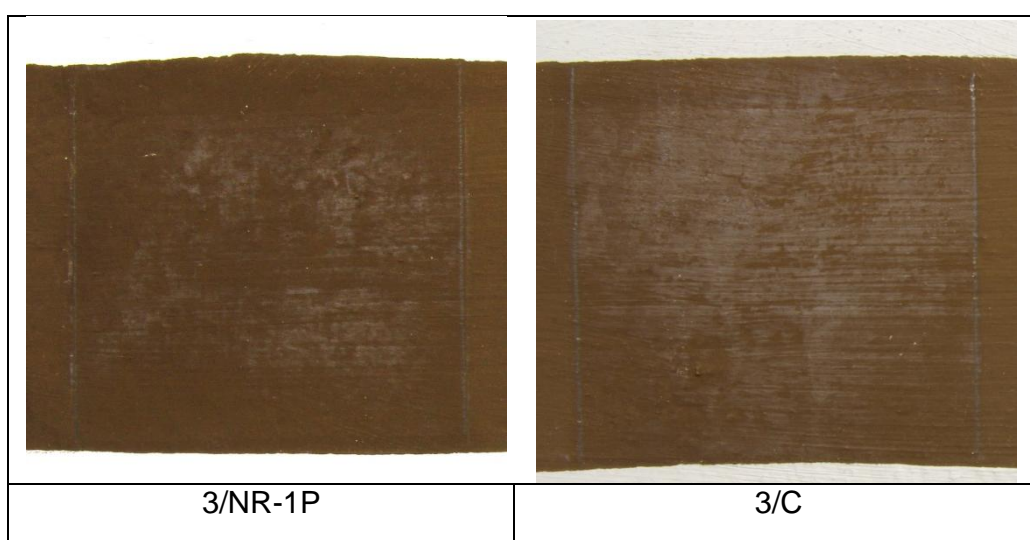
Tab. 59: Změny vybraných fyzikálně-mechanických vlastností před (standard) a po konsolidaci vápennými nanosuspensemi.

Výsledky testování jsou poměrně překvapující – po dvanácti aplikacích vápenných nanosuspenzí sice nedošlo k tvorbě bílého zákalu, ale ani k téměř žádnému zpevnění. U konsolidovaných zkoušek se prohloubil barevný odstín. K prohloubení barevnosti došlo patrně z důvodu zanesení většího množství vody do vodocitlivého modelačního povrchu panelu. Zkoušky byly opakovaně roseny vodou po každé aplikaci nanosuspense. U zkoušky 2/NR-1P<sub>2</sub> dokonce došlo k lokální ztrátě šupin. Šupinovatění se stupňovalo po každé aplikaci.

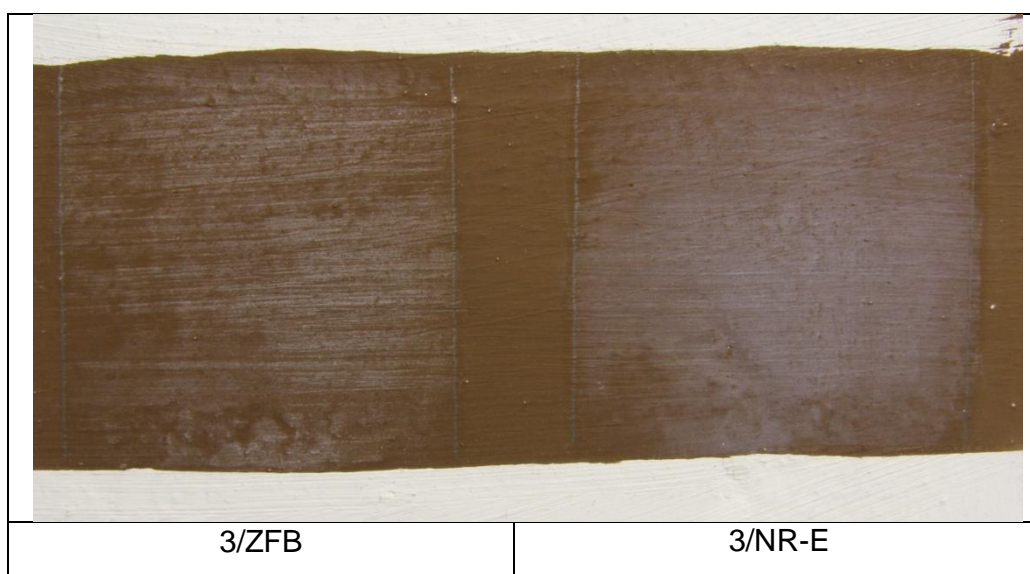
Přestože test stíratelnosti nepotvrdil vyšší míru zpevnění [tab. 59], Peeling test má nízké hodnoty, což bylo pravděpodobně ovlivněno tím, že se na pásku více přichytávaly drobné prachové částičky a ne větší šupiny. Ke slabé konsolidaci patrně došlo kvůli namáhání velmi citlivého povrchu na vodu, jejímž působením došlo k vyplavení pigmentu na povrch. S tímto jevem souvisí i naměřené vysoké hodnoty nasákavosti.

#### 4.7. Vliv méně porézního podkladu na výslednou konsolidaci vápennými nanosuspenzemi

Doplňující testování nanosuspenzí bylo provedeno na panelu 3. Cílem tohoto testování bylo porovnat vliv vlastností podkladu na vlastnosti konsolidace. Tento panel byl méně nasákvavý než předchozí panely 1 a 2 [tab. 5]. Testovány byly nanosuspenze - *CaLoSiL® E25*, *ZFB 695p*, *CSGI E35* a *CSGI 1P35* [tab. 60-61]. Aplikace těchto systémů byla opakována šestkrát a po poslední aplikaci byla konsolidovaná místa rosená vodou. Konsolidace byla provedena sprejováním při průměrné RH 46 % a teplotě 18,6 °C.



Tab. 60: Panel 3. Doplnující testování vápenných nanosuspenzí (*CSGI 1P35* a *CaLoSiL® E25*).



Tab. 61: Panel 3. Doplnující testování vápenných nanosuspenzí (*ZFB 695p* a *CSGI E35*).

Zkouška	Nanosuspenze – koncentrace (g/l)	Počet aplikací	Sprejování vodou po aplikaci: ano/ne	Tvorba zákalu: ano/ne	Změna barevnosti $\Delta E$	Poznámky
3/NR-1P	CSGI 1P35 – 2,5	6	ano	ano	3,18	zákal se rosením výrazně omezil
3/C	CaLoSiL® E25 – 2,5	6	ano	ano	8,21	
3/ZFB	ZFB 695p – 2,5	6	ano	ano	9,46	
3/NR-E	CSGI E35 – 2,5	6	ano	ano	17,8	nejvýraznější zákal

Tab. 62: Průběh aplikace nanosuspenzí CSGI 1P35 , CaLoSiLu® E25 , ZFB 695p a CSGI E35 na doplňkovém panelu 3.

Zkouška	Nasákavost $w$ ( $\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}, \text{hod}^{1/2}$ )	Tužkový test (9B-9H)	Peeling test $\Delta m$ ( $\text{mg}/\text{mm}^2$ )	Test stíratelnosti -/+ /+ /++ /+++
<i>standard</i>	7,75	4H	0,47±0,04	-
3/NR-1P	8,85	6H	0,29±0,09	+
3/C	7,52	6H	0,38±0,08	+
3/ZFB	6,91	7H	0,43±0,06	+-
3/NR-E	6,39	7H	0,43±0,10	+-

Tab. 63: Změny vybraných fyzikálně-mechanických vlastností před konsolidací (standard) a po konsolidaci.

Z provedeného testování jednoznačně vyplývá, že zákal se tvoří v závislosti na porositě podkladu. Tam, kde se barevné vrstvy překrývají, a v místech, kde byla barevná vrstva štětcem tažena přes sebe, se na konsolidované zkoušce vytvořil výraznější zákal. Zkouška 3/NR-1P po šesti aplikacích nanosuspenze CSGI 1P35 vytvořila nejvýraznější zákal ze všech zkoušek na panelu 3. Po zvlhčení vodou zákal skoro zmizel, ve výsledku je zákal nejnižší ze všech nanosuspenzí. Nanosuspenze CSGI 1P35 vysychá výrazně pomaleji oproti ostatním. Nejrychleji penetruje a i vysychá CaLoSiL® E25. Zkouška 3/NR-E (nanosuspenze CSGI E35) vytvořila největší zákal ze všech testovaných nanosuspenzí, což se pravděpodobně stalo v závislosti na méně nasákavém podkladu – panel 3 byl upraven vápenným nátěrem (panel 1 a 2 ne), tato úprava mohla vést ke zmenšení pórů a tím k zmenšení penetrace nanosuspenzí. Zkoušky 3/ZFB (ZFB 695p) a 3/C (CaLoSiL® E25) mají porovnatelnou míru zákalů. Při Peeling testu se páska strhávala i s šupinami barevné vrstvy.

#### **4.8. Zkoušky konsolidantů na nástěnné malbě *in situ***

Během laboratorního bádání jsme vytipovali určité konsolidanty, které jsme následně odzkoušeli na nástěnné malbě a štukové výzdobě v raně barokní kapli svatého Isidora v Křenově. Malba Nanebevzetí Panny Marie ve štukovém zrcadle ve středu klenby kupole je datována do pozdních dvacátých let 18. století. Autorství se připisuje olomouckému freskaři Janu Kryštofovi Handkemu (Poche E., 1978), ale dle ohledání malby a srovnáním s ostatními Handkeho díly se tato hypotéza nejeví jako příliš pravděpodobná. Technikou malby je pravděpodobně fresco-secco, u secco malby bylo použito pojivo na bázi bílkovin [Textová příloha; I. Chemicko-technologický průzkum]. Podklad malby tvoří hrubší do červena zbarvená jádrová omítka, následuje tenká (cca 0,8 cm) a jemnozrnější vrstva intonaca, na kterou bylo bez dalších povrchových úprav malováno. Nástěnné malby v kupoli kaple jsou značně poškozené vlivem zatékání do objektu, ke kterému docházelo řadu let až do roku 2007, kdy byl opraven krov se střešní krytinou. Na malbě došlo ke značným ztrátám a k výrazným barevným změnám některých pigmentů. Z předešlých restaurátorských zásahů je známo zajištění malby z let 2005 a 2006, které provedly restaurátorky Radana a Dagmar Hamsíkovi. Na základě našeho restaurátorského průzkumu se domníváme, že poškození maleb je z velké části zapříčiněno nevhodně zvoleným silně koncentrovaným konsolidantem, pravděpodobně polymerní vodnou disperzí. Při povrchu malby je zvýšená koncentrace solí (konkrétně síranů), které lokálně v ploše malby vytvořily solné výkvěty. Povrch malby je silně zpráškovatělý, na některých místech se vyskytují drobné puchýřky, lokálně barevná vrstva odpadává ve formě šupin.

Mezi testovanými prostředky ke konsolidaci zpráškovatělé barevné vrstvy jsme po předchozím laboratorním experimentu zvolili vápenné nanosuspenze *CaLoSiL E25*, *CSGI 1P35* a *ZFB 695p*. Vlastnosti těchto systémů jsou vhodnější pro konsolidaci nástěnné malby. Laboratorním testováním se prokázaly jako vhodnější z hlediska naší problematiky. Plošným použitím křemičitých prostředků, zejména *Sytonu X30* a *Sebosilu S*, by mohlo dojít k výraznějšímu uzavření povrchu a snížení nasákavosti malby. V případě organokřemičitanu *KSE 300 HV* by se stal povrch minimálně na tři týdny hydrofobní [graf 2], což pro potřeby našeho restaurování (mokrého čištění aj.) bylo nežádoucí.

Vápenné nanosuspenze byly aplikovány při průměrné 75% relativní vzdušné vlhkosti a za teploty, která neklesla pod 7°C. Testovány byly základní způsoby aplikace (sprejování jemně rosící stříčkou, natírání štětcem přes japonský papír a polévání pomocí stříkačky). Vlastnosti konsolidantů byly sledovány při různých koncentracích. Do experimentu jsme zahrnuli různé metody aplikace např., následné rosení vodou nebo zakrývání konsolidovaného místa vodným zábalem. Prostředky, které byly aplikovány v několika kolech, byly znovu naneseny přibližně po pěti minutách, měřítkem technologické pauzy byl odpar rozpouštědla.

Některé ze zkoušek *in situ* (IT1; IT2; IT3 a ZFB1) byly provedeny jako orientační, ještě před zkouškami laboratorními. Proto je u nich např. testováno prosycení povrchu rozpouštědlem před konsolidací, které pozdější laboratorní testování prokázalo jako kontarproduktivní.

První zkoušky provedené na silně zpráškovatěném barevném povrchu se solnými výkvěty jsme zakrývaly po dobu několika hodin zábalem z buničiny, který byl svrchu překrytý igelitovou folií (zkoušky 5-8; N; N1; N2; N5-1; N5-2; IT1; IT2; IT3 a ZFB1). Konsolidovaná místa, na které nebyl aplikován vodný zábal, byla po aplikaci konsolidantu tupována tampónem tak, aby se degradovaný povrch vrátil do roviny.

Na šupinující barevnou vrstvu jsme rovněž odzkoušeli vápenné nanosuspenze, které byly aplikované většinou sprejováním a následně tupovány, a také *Sebosil S*. *Sebosil S* byl aplikován injekční stříkačkou přímo pod šupiny malby. Testován byl při různých koncentracích (bez ředění anebo při 100 g/l). Odzkoušena byla kombinace tohoto prostředku s filtrovanou vápennou vodou. Metoda aplikace byla následující - dostatečné množství konsolidantu se injektuje pod šupinu malby, v druhém kroku se na toto místo kápne kapka vápenné vody. Tímto způsobem se okamžitě vytvoří gel, na který šupina malby přilne.

Následující tabulka popisuje podmínky aplikace jednotlivých konsolidantů a subjektivně opticky hodnotí změny barevnosti, tvorbu bílého zákalu nebo zateklin a míru zpevnění na dotek.

<b>Zkouška</b>	<b>Průběh aplikace</b>	<b>Hodnocení konsolidace</b>
5	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 3 aplikace <i>CaLoSiLu® E25</i> – 1 g/l;</li> <li>- aplikace poléváním stříkačkou;</li> <li>- zakryto japonským papírem, zábaelem z buničiny a igelit. folií;</li> <li>- zkouška o velikosti 4 x 4 cm</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- zákal se nevytvořil;</li> <li>- velmi mírné zpevnění</li> </ul>
6	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 3 aplikace <i>CaLoSiLu® E25</i> – 3 g/l;</li> <li>- aplikace poléváním stříkačkou;</li> <li>- zakryto japonským papírem, zábaelem z buničiny a igelitovou folií;</li> <li>- zkouška o velikosti 4 x 4 cm</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- zákal se nevytvořil;</li> <li>- mírná konsolidace;</li> <li>- zpevnění je vyšší než u zkoušky 5 a 7</li> </ul>
7	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 3 aplikace <i>ZFB 695p</i> – 1 g/l;</li> <li>- aplikace poléváním stříkačkou;</li> <li>- zakryto japonským papírem, zábaelem z buničiny a igelitovou folií;</li> <li>- zkouška o velikosti 4 x 4 cm</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- nepatrný zákal;</li> <li>- velmi mírné zpevnění</li> </ul>
8	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 3 aplikace <i>ZFB 695p</i> – 3 g/l;</li> <li>- aplikace poléváním stříkačkou;</li> <li>- zakryto japonským papírem, zábaelem z buničiny a igelitovou folií;</li> <li>- zkouška o velikosti 4 x 4 cm</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- nepatrný zákal;</li> <li>- mírné zpevnění</li> </ul>
N	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 5 aplikací <i>CSGI 1P35</i> – 5 g/l</li> <li>- aplikace poléváním stříkačkou;</li> <li>- zakryto japonským papírem, zábaelem z buničiny a igelitovou folií;</li> <li>- zkouška o velikosti 4 x 4 cm;</li> <li>- spotřeba - 8 ml</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- zákal se nevytvořil;</li> <li>- povrch se mírně sprašuje, ale je dostatečně zpevněný</li> </ul>
N1	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 1 aplikace <i>CSGI 1P35</i> – 5 g/l</li> <li>- aplikace poléváním stříkačkou;</li> <li>- zakryto japonským papírem, zábaelem z buničiny a igelitovou folií;</li> <li>- zkouška o velikosti 4 x 4 cm;</li> <li>- spotřeba 3,5 ml</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- zákal se nevytvořil;</li> <li>- povrch se ještě sprašuje, ale došlo ke zpevnění</li> </ul>
N2	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 1 aplikace <i>CSGI 1P35</i> – 5 g/l</li> <li>- aplikace jemným štětcem přes japonský papír;</li> <li>- zakryto japonským papírem, zábaelem z buničiny a igelitovou folií;</li> <li>- zkouška o velikosti 4 x 4 cm;</li> <li>- spotřeba 2 ml</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- zákal se nevytvořil;</li> <li>- povrch se mírně sprašuje, ale je dostatečně zpevněný</li> </ul>
N5 - 1	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 1 aplikace <i>CSGI 1P35</i> – 5 g/l</li> <li>- aplikace stříčkou přes šablonku;</li> <li>- zakryto japonským papírem, zábaelem z buničiny a igelitovou folií;</li> <li>- zkouška o velikosti 4 x 4 cm</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- zákal se nevytvořil</li> <li>- povrch se mírně sprašuje, ale je zpevněný</li> </ul>
N5 - 2	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 2 aplikace <i>CSGI 1P35</i> – 5 g/l</li> <li>- aplikace stříčkou přes šablonku;</li> <li>- zakryto japonským papírem, zábaelem z buničiny a igelitovou folií;</li> <li>- zkouška o velikosti 4 x 4 cm</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- zákal se nevytvořil;</li> <li>- povrch se mírně sprašuje, ale je dostatečně zpevněný</li> </ul>

IT 1	<p>Tři různé aplikace:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 1 aplikace <i>CSGI 1P35</i> – 5 g/l</li> <li>- 2 aplikace <i>CSGI 1P35</i> – 5 g/l</li> <li>- 3 aplikace <i>CSGI 1P35</i> – 5 g/l</li> <li>- před konsolidací prosyceno isopropanolem;</li> <li>- aplikace stříčkou přes šablonku;</li> <li>- zakryto japonským papírem, zábalen z buničiny a igelitovou folií;</li> <li>- zkouška o velikosti 4 x 4 cm</li> <li>- spotřeba během jedné aplikace 0,8 g</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- zákal se nevytvořil u žádné ze zkoušek</li> <li>- dostatečná konsolidace ve všech případech</li> </ul>
IT 2	<p>Tři různé aplikace:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 1 aplikace <i>CSGI 1P35</i> – 2,5 g/l</li> <li>- 2 aplikace <i>CSGI 1P35</i> – 2,5 g/l</li> <li>- 3 aplikace <i>CSGI 1P35</i> – 2,5 g/l</li> <li>- před konsolidací prosyceno isopropanolem;</li> <li>- aplikace stříčkou přes šablonku;</li> <li>- zakryto japonským papírem, zábalen z buničiny a igelitovou folií;</li> <li>- zkouška o velikosti 4 x 4 cm</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- zákal se nevytvořil u žádné ze zkoušek</li> <li>- mírná konsolidace</li> </ul>
IT 3	<p>Tři různé aplikace:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 1 aplikace <i>CSGI 1P35</i> – 1,25 g/l</li> <li>- 2 aplikace <i>CSGI 1P35</i> – 1,25 g/l</li> <li>- 3 aplikace <i>CSGI 1P35</i> – 1,25 g/l</li> <li>- před konsolidací prosyceno isopropanolem;</li> <li>- aplikace stříčkou přes šablonku;</li> <li>- zakryto japonským papírem, zábalen z buničiny a igelitovou folií;</li> <li>- zkouška o velikosti 4 x 4 cm</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- zákal se nevytvořil u žádné ze zkoušek</li> <li>- velmi mírná konsolidace ve všech případech</li> </ul>
ZFB 1	<p>Tři různé aplikace:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 1 aplikace <i>ZFB 695p</i> – 5 g/l</li> <li>- 2 aplikace <i>ZFB 695p</i> – 5 g/l</li> <li>- 3 aplikace <i>ZFB 695p</i> – 5 g/l</li> <li>- před konsolidací prosyceno isopropanolem;</li> <li>- aplikace stříčkou přes šablonku;</li> <li>- zakryto japonským papírem, zábalen z buničiny a igelitovou folií;</li> <li>- zkouška o velikosti 4 x 4 cm</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- zákal se nevytvořil u žádné ze zkoušek</li> <li>- zkouška s třemi aplikacemi je dostatečně zpevněná</li> </ul>
Z1-5	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 1 aplikace <i>ZFB 695p</i> – 5 g/l</li> <li>- aplikace štětcem přes japonský papír následně tupováno tamponem</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- zákal se nevytvořil</li> <li>- mírná konsolidace</li> </ul>
Z2-5	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 2 aplikace <i>ZFB 695p</i> – 5 g/l</li> <li>- aplikace štětcem přes japonský papír následně tupováno tamponem</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- zákal se nevytvořil</li> <li>- dostatečná konsolidace</li> </ul>
NR5-2	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 2 aplikace <i>CSGI 1P35</i> – 5 g/l;</li> <li>- aplikace štětcem přes japonský papír, následně tupováno tamponem</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- zákal se nevytvořil</li> <li>- dostatečná konsolidace</li> </ul>
C 10	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 1 aplikace <i>CaLoSiLu® E25</i> 10 g/l;</li> <li>- aplikováno štětcem přes japonský papír na závěr tupováno tamponem;</li> <li>- 1 x aplikováno v levé polovině a 2x aplikováno v pravé polovině zkoušky</li> <li>- zkouška o velikosti 15 x 15 cm</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- zákal se nevytvořil</li> <li>- dostatečná konsolidace</li> </ul>

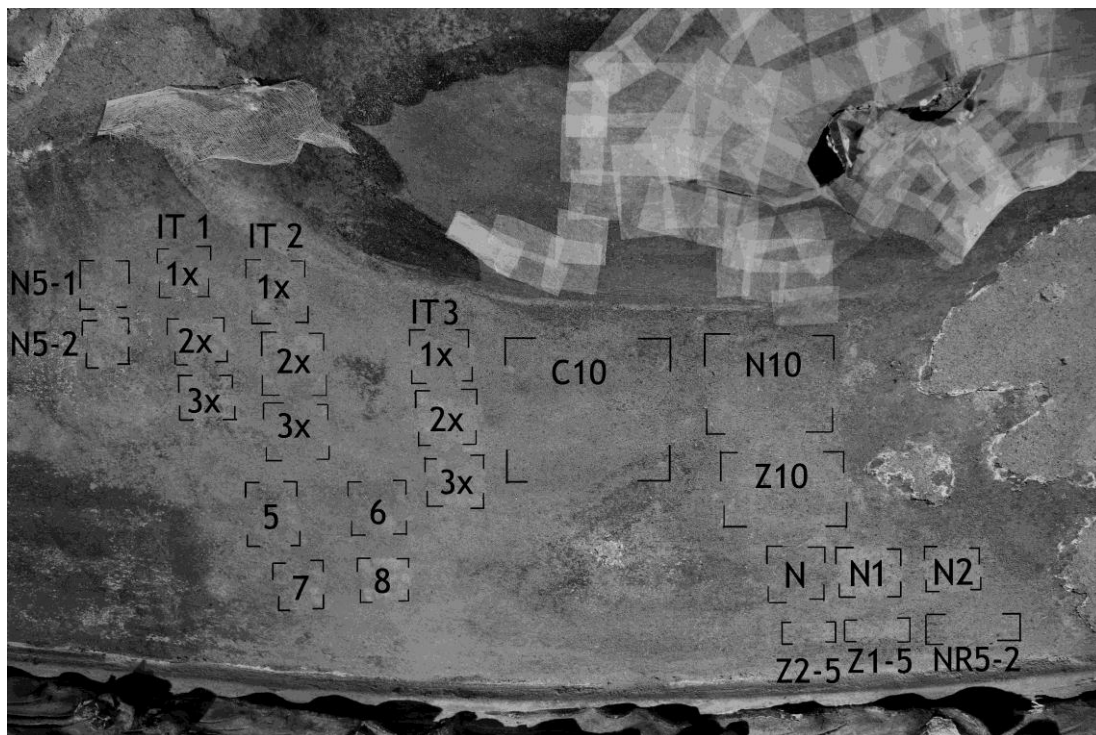
N 10	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 1 aplikace <i>CSGI 1P35</i> 10 g/l;</li> <li>- aplikováno štětcem přes japonský papír na závěr tupováno tamponem;</li> <li>- 1 x aplikováno v levé polovině a 2 x aplikováno v pravé polovině zkoušky</li> <li>- zkouška o velikosti 15 x 15 cm</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- zákal se nevytvořil</li> <li>- dostatečná konsolidace</li> </ul>
Z 10	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 1 aplikace <i>ZFB 695p</i> 10 g/l;</li> <li>- aplikováno štětcem přes japonský papír na závěr tupováno tamponem;</li> <li>- 1 x aplikováno v levé polovině a 2 x aplikováno v pravé polovině zkoušky</li> <li>- zkouška o velikosti 15 x 15 cm</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- zákal se nevytvořil</li> <li>- dostatečná konsolidace</li> </ul>
ISV	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Injektáž <i>Sebosilem S</i> a následně filtrovanou vápennou vodou</li> <li>- bez ředění nebo při koncentraci 100 g/l (ředěno etanolem – čistým rozpouštědlem)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- šupiny dobře přilnuly zpět k povrchu</li> <li>- mírná tvorba bělavých zateklin</li> <li>- vrstva je křehká</li> </ul>

Tab. 64: Fixáž barevné vrstvy malby *in situ*.

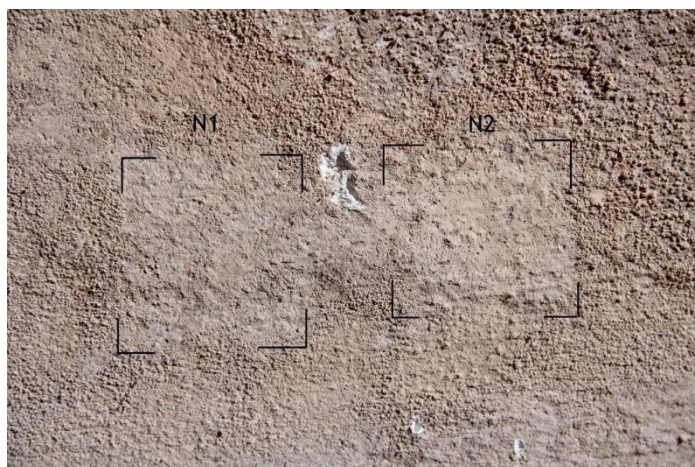
Rozmístění jednotlivých zkoušek je graficky znázorněné na obrázku 11 a 12.



Obr. 11: Malba po aplikaci zkoušek.



Obr. 12: Grafické znázornění jednotlivých zkoušek na malbě v kapli sv. Isidora.



Obr. 13: CSGI 1P35 při 5 g/l; N1=aplikace sprejem; N2=aplikace štětcem přes japonský papír.



Obr. 14: Tyčinka vlevo=před zpevněním barevné vrstvy; tyčinka vpravo=po zpevnění



Obr. 15: Barevná vrstva před konsolidací.

Obr. 16: Barevná vrstva po konsolidaci *CaLoSiLem E25* při 10 g/l.

<i>lokalizace</i>	<i>w (kg.m<sup>-2</sup>.h<sup>-1/2</sup>)</i>	<i>poznámky</i>
před konsolidací	17,4	měřeno přes výkvěty solí
po konsolidaci	13,2	2 aplikace <i>CSGI 1P35</i> (5 g/l)

Tab. 65: Nasákavost malby před a po konsolidaci.

Na silně zpráškovatělé barevné vrstvě v ploše malby při použití nanomateriálů na bázi hydroxidu vápenatého (*CaLoSiL® E25*, *CSGI 1P35* a *ZFB 695p*) nedocházelo k výraznější tvorbě bílého zákalu ani při koncentraci 10 g/l [tab. 64]. K tomuto jevu pravděpodobně přispěl výběr testovaného místa, tedy silně degradovaný „otevřený“ povrch malby, na němž se objevují buď výkvěty solí a drobné puchýřky anebo je značně zpráškovatělý. Zkoušky C10 (*CaLoSiL E25* 10 g/l), Z 10 (*ZFB 695p* 10 g/l) a N 10 (*CSGI 1P35* 10 g/l) [obr. 13] byly aplikovány štětcem přes japonský papír, v pravé polovině zkoušky byla aplikace opakována. Po aplikaci konsolidantu byla zkouška tupována tamponem. Při druhé aplikaci nanosuspenze penetrovala pomaleji, ale bílý zákal se nevytvořil ani při takto vysoké koncentraci. Míra zpevnění je u těchto zkoušek dostatečná a proto bude stejná koncentrace (10 g/l) použita při fixáži nástěnné malby. Nasákavost po konsolidaci mírně poklesla [tab. 66], zde je třeba brát v potaz subjektivnost měření, které způsobuje nestejný povrch malby (práškovatění, puchýře, výkvěty solí).

U zkoušek, na které jsme po konsolidaci aplikovali vodný zábal z buničiny, jsme nevypozorovali žádné změny – zlepšení mechanických vlastností.

Prosycení povrchu rozpouštědlem před aplikací konsolidantu nemělo na testované místo žádný vliv. Rychlost penetrace nanomateriálů je při stejných koncentracích největší u *Calosilu E25 a IP*, nižší je u prostředku *CSGI 1P35* a nejnižší u *ZFB 695p*.

Z testování *in situ* vyplynulo, že ze základních způsobů aplikace (natíráním, sprejováním a poléváním) je optimální metoda aplikace štětcem přes japonský papír v prvním kroku s tupováním tamponem po aplikaci konsolidantu (vatou obalenou v igelitu) a ve druhém kroku aplikace postříkem. Aplikace štětcem přes japonský papír umožňuje vpravit větší množství konsolidantu do povrchu a zároveň se tak vyrovnávají nerovnosti degradovaného povrchu (puchýře aj.). Konsolidace pomocí sprejování je rovnoměrnější a snadnější z hlediska manipulace.

## 5. Závěr

Možnosti konsolidace degradovaných nástěnných maleb pomocí minerálních konsolidačních prostředků dosud málo využívaných při restaurování nástěnné malby spolu s přispěním vlastních poznatků z provedeného experimentu byly hlavním tématem I. části diplomové práce. V této části byly nejprve shromážděny v současné době dostupné informace k tématu konsolidace barevné vrstvy a charakteristiky dvou základních skupin minerálních konsolidantů na vápenné a křemičité bázi. Cílem bylo představit jejich vlastnosti, mechanismus působení a jejich použití při restaurování. Hlavním cílem experimentální části bylo seznámit se s moderními materiály prakticky pro konsolidaci barevné vrstvy nástěnné malby. U vybraných prostředků byly systematicky vyhodnoceny jejich vlastnosti a na modelových vzorových plochách byl studován jejich konsolidační účinek na degradovanou barevnou vrstvu.

Experiment probíhal nejprve na zkuškových panelech v laboratorních podmínkách a následně na nástěnné malbě *in situ*. Zabývali jsme se konkrétními typy degradace nástěnné malby – práškovatěním a šupinovatěním. Výběr těchto fenoménů degradace vyplynul z existující problematiky na nástěnné malbě v kupoli kaple sv. Isidora v Křenově, jejíž konzervací se zabývá II. část diplomové práce. Rozsáhlé laboratorní testování proběhlo zejména na zkuškových panelech s práškovatěním barevnou vrstvou. Přiblížit se reálně šupinující malbě, se nám na modelačním panelu nezdařilo, a proto jsme od laboratorních zkoušek v tomto směru ustoupili. Výsledky získané v laboratorních podmínkách se nemusí shodovat s reálnou situací malby. Během laboratorních zkoušek bylo prokázáno, že podmínky, substrát a jeho vlastnosti hrají významnou roli při aplikaci konsolidantů, obzvláště pak jejich porozita a nasákavost. Z těchto důvodů jsme s vytipovanými konsolidanty pokračovali ve zkouškách aplikace na konzervované malbě *in situ*. Snahou bylo najít vhodný konsolidační prostředek pro konzervování degradované nástěnné malby v kapli sv. Isidora v Křenově.

Pro hodnocení konsolidačního účinku bylo použito několik metod, které napomáhaly při hodnocení změny vybraných fyzikálně mechanických vlastností. Konsolidace byla vyhodnocena na základě subjektivního vizuálního hodnocení, mikroskopických technik, odolnosti vůči mechanickému namáhání (Scotch Tape Test, Pencil Hardness Test a dotekové hodnocení), hodnocení změny

nasákavosti a objektivního vizuálního hodnocení změny barevnosti technikou kolorimetrie. Hodnocení efektu konsolidace nástěnné malby je dosti obtížné, protože metod prověřujících mechanické vlastnosti barevné vrstvy není mnoho a použitelné metody mají své limity. Z tohoto důvodu je nezbytné zařadit subjektivní hodnocení a pozorování.

Pro testování konsolidace byly využity dvě skupiny minerálních konsolidantů. První testovanou skupinou byly konsolidanty na bázi vápna – vápenné nanosuspenze v organických rozpouštědlech (*CaLoSiL® E25*, *CSGI 1P35 CSGI E35* a *ZFB 695p*) – a doplňkově vápenná voda (vodný roztok).

Alkoholové nanosuspenze jsou suspenze částic hydroxidu vápenatého o velmi malé velikosti (v řádu desítek až stovek nm), které jsou dispergované v organickém rozpouštědle. Malá velikosti částic indikuje schopnost dobré penetrace i do méně porézních systémů. Při jejich přiměřené a kontrolované aplikaci nedochází k výrazné změně porézního systému a nehrozí přezpevnění substrátu. Díky svému složení jsou tyto konsolidanty vhodné pro konzervaci karbonátových uměleckých děl, protože nezanášejí do autentického materiálu žádné nežádoucí reaktivní látky. Konsolidace nanovápny je šetrnou metodou z hlediska budoucích restaurátorských zásahů, protože ji lze rekonzervovat. Nanosuspenze jsou díky svému systému stabilnější a více koncentrované než vodné roztoky (vápenná voda) a případně použitelné i při teplotách pod 0 °C. Jejich použití vylučuje zatěžování materie památek vodou, která je hlavní příčinou degradačních procesů. Ke konsolidaci nástěnné malby jsou tyto systémy použitelné při nižších koncentracích, ale volba ideální koncentrace je pro jednotlivé památkové objekty individuální. Během laboratorního testování jsme vápenné nanosuspenze používali nejčastěji při 2,5 g/l, zatímco na nástěnné malbě *in situ* bylo možné koncentraci navýšit až na 10 g/l. Koncentrace je volena tak, aby po konsolidaci nedocházelo k tvorbě nežádoucího bílého zákalu. Aplikaci konsolidantu je vhodné začít při nižších koncentracích a pokračovat směrem k vyšším, přičemž je nutné kontrolovat, nezačíná-li se tvořit zákal. Případné přebytky konsolidantu, které nepenetrovaly do materiálu, je lepší odstranit například odsátím. Tvorba povrchového bílého zákalu je nepříznivá tendence těchto systémů, jež většinou vzniká rychlým odparem rozpouštědla a zpětnou migrací částic na povrch, malou porositou konsolidovaného systému nebo přesycením substrátu konsolidantem. Pravděpodobnost vzniku bílého zákalu lze snížit zpomalením vypařování

rozpouštědla, např. zvýšením RH v prostředí, snížením teploty nebo zavlhčením vodou po konsolidaci. Míra vytvoření zákalu je při vyšší vzdušné vlhkosti výrazně menší. Z našeho testování jednoznačně vyplývá, že se na omezení tvorby bílého zákalu mimořádně podílí voda aplikovaná bezprostředně po konsolidaci. Bílý zákal je možné částečně omezit i po několika týdnech od aplikace rosením vodou nebo dlouhodobějším zavlhčením (např. přiložením vlhké mikroporézní houby na konsolidovaný povrch). Některé zkoušky s aplikovanými vápennými konsolidanty byly zakrývány po dobu karbonatace zábalem z buničiny s vodou nebo jen fólií a to z důvodu, aby nedocházelo k rychlému odparu a vzniku bílého zákalu. Tyto techniky se výrazně neprojevují při redukci zákalu. Je zřejmé, že dalším faktorem výrazně ovlivňujícím tvorbu bílého zákalu je podklad samotný – jeho porosita a nasákavost. Více porézní substrát je schopen přijímat větší množství konsolidantu a nedochází k takové míře tvorby bílého zákalu jako u méně porézního substrátu. Bílý zákal je možné odstranit abrazivní metodou (mikropískováním) nebo chemicky pomocí kyseliny citronové, tyto zmíněné metody nejsou ani trochu vhodné pro použití na nástěnnou malbu. Použití vápenných konsolidantů je výhodné při komplexním restaurátorském zásahu, například při kombinaci dezinfikování a konsolidaci. Zásaditost vápenných nanosuspenzí je využívána i pro restaurování uměleckých děl na papíru a pergamenu, konkrétně při metodě odkyselování.

Druhou tetovanou skupinu tvořily konsolidanty na křemičité bázi – *KSE 300 HV*, *Sebosil S* a *Syton® X 30*. Jedná se o čistě minerální prostředky s dobrou stabilitou (UV, fyzikální a chemickou), které do konsolidovaného materiálu vnášejí nové pojivo – křemičitý gel.

*Syton® X 30* je koloidní roztok  $\text{SiO}_2$ . Tyto koloidní roztoky mají kvůli vodnému médiu a vyšší velikosti částic nižší penetraci, a sklon snižovat nasákavost a měnit barevnost konsolidovaného materiálu, oproti alkoholovým roztokům oxidu křemičitého (např. konsolidant *Sebosil S*). *Syton® X 30* je k fixáži nástěnné malby použitelný jen při velmi nízkých koncentracích tzn. maximálně při 5 g/l. Při vyšších koncentracích okamžitě prohlubuje barevný odstín, bez ředění je pro svou vysokou viskozitu nepoužitelný. Konsolidant *Sebosil S* je vhodnější používat, kvůli své vysoké viskozitě a tendenci měnit barevnost, ředěný na nižší koncentrace (10 g/l; 5 g/l). Dvě aplikace při koncentraci 10 g/l ještě sice nemění barevnost, ale dochází k výraznějšímu poklesu nasákavosti, což indikuje vyšší míru zpevnění

a současně uzavření povrchu. Změny barevnosti způsobené křemičitými konsolidanty jsou téměř neodstranitelné, z tohoto důvodu, ale i jiných se z testovaných křemičitých konsolidantů jako nejvhodnější jeví *KSE 300 HV*, při jehož použití nedochází k posunům barevnosti ani po více cyklech aplikace. Konsolidant *KSE 300 HV* byl speciálně vyvinutý pro karbonátové materiály. *KSE 300 HV* je svým vzhledem čirá kapalina, z chemického hlediska se jedná o ester kyseliny křemičité (organokřemičitan). Tento typ křemičitého konsolidantu se dá využít jak v interiéru, tak v exteriéru. Nejmenší změny nasákavosti po konsolidaci křemičitými prostředky byly zjištěny právě při použití *KSE 300 HV* (viz kapitola 4.3.3. *Nejvhodnější koncentrace pro fixáž s SiO<sub>2</sub> konsolidanty*).

Testování fixace zpráškovatěného povrchu *in situ* bylo provedeno s vápennými nanosuspensemi. Jejich vlastnosti se prokázaly jako vhodnější z hlediska naší problematiky. Při konsolidaci křemičitými prostředky by mohlo dojít k barevným změnám, přezpevnění povrchu nebo k výraznějšímu snížení nasákavosti (*Sebosil S*, *Syton X 30*) a v případě *KSE 300 HV* k dlouhodobější hydrofobitě, která vyžaduje 3-4 týdny technologické pauzy. Zmíněné důvody nebyly příznivé z hlediska našich podmínek při aplikaci *in situ*.

Na konsolidaci zpráškovatělé nástěnné malby *in situ* byly jednoznačně vybrány vápenné nanosuspense, konkrétně *CaLoSil® E25*. Tento konsolidant vykazoval nejspokojivější výsledky z hlediska optického v laboratorních podmínkách a především z hlediska míry zpevnění *in situ*. Během testování v laboratorních podmínkách jsme získali určité závěry, které se ne vždy potvrdily při testování na malbě s konkrétní problematikou. Během laboratorního testování se jako nejvhodnější způsob aplikace jevila metoda sprejování štíčkou. *In situ* se jako optimální způsob provádění konsolidace ukázal způsob aplikace konsolidantu štětcem přes japonský papír s tupováním konsolidovaného místa tampónem (vatou obalenou v igelitové fólii) v prvním kroku a ve druhém kroku aplikace postříkem. Aplikace štětcem umožňuje vpravit větší množství konsolidantu do povrchu a konsolidace provedená sprejem je rovnoměrnější a snadnější z hlediska manipulace. Z rozsáhlého testování je zřejmé, že je možné nanosuspenci *in situ* použít ve vysoké koncentraci (při obsahu hydroxidu vápenatého 10 g/l) bez negativního vizuálního účinku.

Během plošné fixace nástěnné malby se ukázalo, že zpevnění maleb nebude ve větší ploše možné jen pomocí vápenných nanosuspencí. Na povrchu malby se lokálně vyskytovaly drobné puchýřky (výkvěty solí) v kombinaci se

silným zpráškovatěním, na takovém místě jsme aplikovali až osm cyklů nanosuspenze při obsahu hydroxidu vápenatého 10 g/l. První dvě až čtyři aplikace jsme nanесли štětcem, dalších osm sprejováním. Ale výsledná míra konsolidace nebyla dostatečná. Z literatury (Daehne, Herm, 2013) je známý případ úspěšného použití nanosuspenze společně s 0,5 % *Klucelem*. A proto jsme malbu dozpevnili *CaLoSilem® E25* s obsahem 10 g/l hydroxidu vápenatého s 0,5 % *Klucelem G*.

Hledání ideálního konsolidantu barevné vrstvy je náročný úkol, přestože škála na trhu dostupných prostředků je poměrně pestrá. Výběr šetrného prostředku pro konkrétní problematiku je vždy značně limitován (materiálová kompatibilita, reverzibilita, předvídatelnost reakce se substrátem, vhodné optické vlastnosti a mnoho dalších). Nutným kritériem pro výběr konsolidantu je důkladné prozkoumání restaurovaného díla, protože každý materiál má svá omezení za určitých podmínek.

Vápenné nanosuspenze jsou poměrně nově zaváděné konsolidanty (na trhu dostupné od r. 2006). Mechanické vlastnosti těchto látek jsou ideální pro použití při konsolidaci nástěnné malby. Komplikovaná je jejich aplikace, vzhledem k tendenci tvořit bílý zákal a nižšímu efektu zpevnění, ale po tomto studiu lze faktory, které působí na výsledek konsolidace zásadně ovlivnit a pozitivně regulovat.

## II. ČÁST DIPLOMOVÉ PRÁCE

Konzervace centrálního výjevu Nanebevzetí Panny Marie a restaurování části štukové výzdoby v kupoli kaple sv. Isidora v Křenově

### 1. Základní údaje o památce

#### 1.1. Lokace památky

**Okres:** Svitavy

**Obec:** Křenov

**Adresa:** Křenov 26, 569 22 Křenov

**Název objektu, jehož je restaurované dílo součástí:** hřbitovní kaple sv. Isidora

**Bližší lokalizace:** kaple stojí na stavební parcele č. 37 v obci Křenov

**Klasifikace památky:** KP

**Rejstříkové číslo objektu v ÚSKP:** 28 0066/6-3094

**Název restaurovaného díla:** Část malby Nanebevzetí Panny Marie a část štukové výzdoby v kupoli kaple sv. Isidora

#### 1.2. Údaje o památce

**Autor malby; autor štuků:** Neznámý, nesignováno.

**Sloh, datace:** Baroko, nedatováno. Z úvodního průzkumu je patrných více fází barokní výzdoby, vznik malby patří k té mladší, snad do 20. let 17. stol.

**Technika, materiál:** Fresco-secco malba na vápenné omítce, u secco malby bylo použito pojivo na bázi bílkovin. Vápenný štuk s příměsí sádry, barevná vrstva byla provedena technikou tempéry.

**Rozměry referenční plochy:** Centrální výjev s částí štukového rámu a dvě hlavy andělů ze štuky v kupoli: plocha cca 20 m<sup>2</sup>.

**Předchozí známé restaurátorské zásahy:**

- 2005–2006 zajištění malby a štuky - fixáž, hloubková injektáž, odsolení (restaurátorky Radana a Dagmar Hamsíkovi).
- 19. a 20. století dílčí úpravy v přízemí kaple

### **1.3. Údaje o akci**

**Předmět restaurování:** štuková a malířská výzdoba v interiéru kaple sv. Isidora v Křenově.

**Vlastník a objednatel:** Obec Křenov, Křenov 26, 569 22 Křenov

**Investor:** Obec Křenov, Křenov 26, 569 22 Křenov

**Zhotovitel chemicko-technologického průzkumu:**

Ing. Renata Tišlová, PhD.; FR UPCE

**Pedagogický dozor:** Mgr. art. Jan Vojtěchovský

**Památkový dohled:** PhDr. Václav Paukert, NPÚ Pardubice

**Závazné stanovisko ze dne:** 28. 3. 2012

**Termín začátku a ukončení akce (úseku určenému k samostatnému restaurování):** 2. 10. 2012 – 23. 8. 2013

## 2. Průzkumová zpráva

### 2.1. Úvod

Kaple sv. Isidora v obci Křenov v Pardubickém kraji byla postavena na počátku 18. století. Interiér centrální kaple tvoří práce malířské a štukové jedinečné kvality. Malby pocházejí pravděpodobně z konce dvacátých let 18. století. V uměleckých památkách Čech 2 (Poche, E., Hořejší J., Kořán I., Krčálová J., 1978) se malby datují rokem 1727 a autorství se připisuje Janu Kryštofovi Hadkemu.<sup>66</sup>

V centru klenby kaple se nachází medailon s výjevem Nanebevzetí Panny Marie lemovaný štukovým rámem z vavřínových lístků. Centrální výjev obklopuje pás maleb s osmi andělskými postavami, které představují osm andělských kůrů. Jednotlivé andělské postavy se střídají se štukovou výzdobou z akantových rozvilin a s plastickými hlavami putti [obr.41]. Malba v medailonu a část štukové výzdoby v kupoli kaple je předmětem II. části této diplomové práce.

Nástěnné malby v kupoli kaple jsou značně poškozené vlivem zatékání do objektu, ke kterému docházelo řadu let až do roku 2007, kdy byl opraven krov i střešní krytina. Vlivem zatékání a zřejmě i následných zásahů došlo ke značným ztrátám a poškození malby a k výrazným barevným změnám některých pigmentů. Z předešlých restaurátorských zásahů v kupoli kaple je známé zajištění malby a štuků z let 2005–2006, které provedly restaurátorky Radana a Dagmar Hamsíkovi. Z dokumentace vypracované akad. mal. Radanou Hamsíkovou a akad. soch. Jiřím Kašparem<sup>67</sup>, ale i z fotografické dokumentace z roku 2004 Mgr. Jarmily a Mgr. Petra Kovaříkových<sup>68</sup> vyplývá, že poškození v tomto roce nebyla zdaleka tak rozsáhlá, jaká jsou dnes. Vzniká tedy otázka, zda došlo k dalšímu poškození maleb vlivem masivního zatečení v průběhu oprav zastřešení, či vlivem nevhodně použitých technologií při restaurátorském zásahu.

---

<sup>66</sup> POCHE, Emanuel. *Umělecké památky Čech 2: K - O*. 1. vyd. Praha: Academia, 1978, s. 157–159.

<sup>67</sup> HAMSÍKOVÁ, Radana a Jiří KAŠPAR. *Křenov, hřbitovní kaple sv. Isidora: Restaurátorská zpráva - vyhodnocení stavu malířské a sochařské výzdoby kaple*. 2004. (archiv OÚ v Křenově)

<sup>68</sup> KOVAŘÍK, P., KOVAŘÍKOVÁ, J., *Hřbitovní kaple sv. Isidora – vyhodnocení současného stavu objektu*, březen 2004 (archiv OÚ v Křenově).

Cílem průzkumu je získat všechny možné informace týkající se dochované památky a zdokumentovat aktuální stav malby. Na základě získaných informací se rozhoduje o následující koncepci a metodách restaurování.

## **2.2. Metody průzkumu**

### ***Uměleckohistorický průzkum***

- U uměleckohistorického průzkumu jsme čerpali z dostupné literatury, pramenů a vzpomínek pamětníků.

### ***Restaurátorský průzkum***

- Vizuální prohlídka v denním rozptýleném světle, v bočním světle a UV světle; IR průzkum; průzkum poklepem; sledování klimatu.

- Odběr vzorků pro chemicko-technologický průzkum (pro analýzy pigmentů, pojiv a případně pro mikrobiální analýzu; pro zjištění stratigrafie; pro stanovení obsahu vodorozpustných solí).

- Zkoušky čištění povrchu malby (nečistot, staré fixáže, síranových krust aj.). Zkoušky konsolidace a fixáže.

- Fotodokumentace všech etap průzkumu a orientační grafická dokumentace.

### ***Přírodovědný průzkum***

- Chemicko-technologický průzkum

- Dendrochronologický průzkum

## **2.3. Uměleckohistorický průzkum**<sup>69,70</sup>

Hřbitovní kaple svatého Isidora se nachází v obci Křenov, která je situovaná přibližně deset kilometrů na jih od města Moravská Třebová [obr. 17]. První zmínka o Křenovu je z r. 1365, kterou je zápis v moravských zemských deskách o prodeji moravskotřebovského panství. Obec je zmiňována jako „oppidum

---

<sup>69</sup> KOVAŘÍK M., *Nástěnné malířství ve službách církve na moravskotřebovsku*. Litomyšl, 2008. Bakalářská práce. Univerzita Pardubice, Fakulta restaurování, s. 36 – 37.

<sup>70</sup> POCHE, Emanuel. *Umělecké památky Čech 2: K - O*. 1. vyd. Praha: Academia, 1978, 157-159.

Crenowia“ městečko Křenová, jejímž novým vlastníkem se stal moravský markrabě Jan Jindřich, bratr římského císaře a českého krále Karla IV. Název obce Křenov pravděpodobně vychází ze slovanského slova Chřen česky křen. V obci Křenov působili významní umělci např. Jan Blažej Santini-Aichel a Jan Kryštof Handke (kostel sv. Jana Křtitele) a zároveň je rodištěm malíře Eduarda Kasparida (1858), který prováděl i restaurátorské práce např. v křenovském kostele sv. Jana Křtitele.<sup>71</sup>

Dohledat archiválie a literaturu vztahující se ke kapli sv. Isidora není jednoduché, zdrojů neexistuje mnoho. Dokumenty týkající se obce Křenov by měly být archivované v Arcibiskupské konzistoři Olomouc (ACO), ale informace týkající se vzniku kaple sv. Isidora pravděpodobně nebudou k nalezení, protože fondy jsou datovány o sto nebo dvě stě let později. Z literatury je známý spis Die Markgrafschaft Mähren tedy Markrabství moravské od benediktinského mnicha Řehoře Wolného (1793-1871), který se v tomto spise zmiňuje o kapli. Mezi dostupnou literaturu patří Umělecké památky Čech 2 a studie Křenovská farnost v historii.<sup>72</sup>

Malby v kupoli hřbitovní kaple jsou v literatuře připisovány olomouckému freskaři Janu Kryštofovi Handkemu (například Poche E., 1978). Handke napsal vlastní biografii, ale malby v kapli sv. Isidora ve svém životopise neuvádí. Naopak se jako autor hlásí k malbám v blízkém křenovském kostele sv. Jana Křtitele, který byl postaven r. 1729. Za autora maleb v kapli sv. Isidora někdy bývá považován Juda Tadeáš Josef Supper. Malíř, který se usadil v Moravské Třebové a působil i v jejím okolí. J. T. Supper se narodil v roce 1712, přičemž výzdoba kaple vznikla pravděpodobně v roce 1727, kdy Supperovi bylo pouhých 15 let. Jeho autorství je dost nepravděpodobné, připadalo by v úvahu pouze v případě, že by se výrazně posunula datace maleb.<sup>73</sup>

Na rozkvět barokního umění na Moravě a v okolí měl významný vliv návrat biskupského dvora do Olomouce za Karla II. hraběte z Lichtenstein-Castelcornu. V této době se na utváření uměleckých děl podíleli italští umělci, jejichž služby

---

<sup>71</sup> ŠMERAL, Jiří, P. Jan TURKO a Georg B. BOUCHAL. *Křenovská farnost v historii: Pfarrei Krönau in der Geschichte*. 1. vydání. Jevíčko: Římskokatolická farnost Křenov, 2010.

<sup>72</sup> DANIELOVÁ, I., *Malířská a sochařská výzdoba kaple sv. Isidora v Křenově*. Brno, 2011. Bakalářská práce. Masarykova univerzita v Brně. Filozofická fakulta. Seminář dějin umění, s. 7.

<sup>73</sup> KOSTELNÍČKOVÁ, H., *Barokní památky v Křenově*, seminární práce C 101, školní rok 1996–1997 (archiv FR v Litomyšli), s. 5.

byly biskupem a aristokracií vyhledávány. Domníváme se, že vysoce kvalitní štuková výzdoba křenovské kaple by mohla souviset s tvorbou italských mistrů.

Během 19. a 20. století probíhaly v kapli částečné restaurátorské práce, ale malba v kupoli nebyla pravděpodobně v tomto období restaurována, restaurování se týkalo pouze přízemní části kaple. Dataci předchozích zásahů pomohl upřesnit nálezný zeleného pigmentu s příměsí arsenu (pravděp. svinibrodská zeleň – vyráběná a dostupná na trhu v letech 1814-1960<sup>74</sup>) na štukové výzdobě kolem niky v přízemí kaple.<sup>75</sup> Vnější plášť a krov kaple se střešní krytinou byl opravován v r. 2007, dílčí opravy vnějšího pláště kaple probíhaly ve 20. století, což je patrné z dochovaných fotografií a pohlednic.

Z předchozích restaurátorských zásahů provedených na malbě a štukové výzdobě v kupoli kaple jsme si jisti jen jedním z let 2005–2006. V roce 2005 bylo provedeno provizorní zajištění nástěnných maleb a štuků. Zároveň na štukových částech pravděpodobně provedl restaurátor Jiří Kašpar a zajištění maleb uskutečnily restaurátorky Radana a Dagmar Hamsíkovi, které podaly o zásahu stručnou restaurátorskou zprávu. V této restaurátorské zprávě se píše, že v roce 2005 byla zpráškovatělá malba fixována, svinuté části upevněny a zpevněna narušená omítka. Malbu desinfikovaly a odsolily, následně provedly hloubkovou injektáž. V roce 2006 proběhla další etapa zajištění nástěnných maleb. Ve zprávě je zmíněno, že malby byly opět fixovány. Dále se píše, že štuky byly napuštěny hydrofilním prostředkem. Ve zprávě nejsou uváděny názvy prostředků, jejich složení a použité koncentrace. Fotodokumentace centrálního výjevu v kupoli kaple v této zprávě není. Autorství maleb připisují J. K. Handkemu.<sup>76</sup>

Dokumentace manželů Kovaříkových z března roku 2004 popisuje stav kaple jako havarijný. Střešní krytina byla poškozená a do objektu zatékalo, rovněž byla narušena statika objektu. Došlo k poškození a následnému lokálnímu odpadání omítek vně i uvnitř objektu. Z fotografické dokumentace je jasné, že poškození malby a štuků nebylo zdaleka tak rozsáhlé, jako je dnes. Krov a střešní krytina byla opravena až v roce 2007. Při opravě pravděpodobně

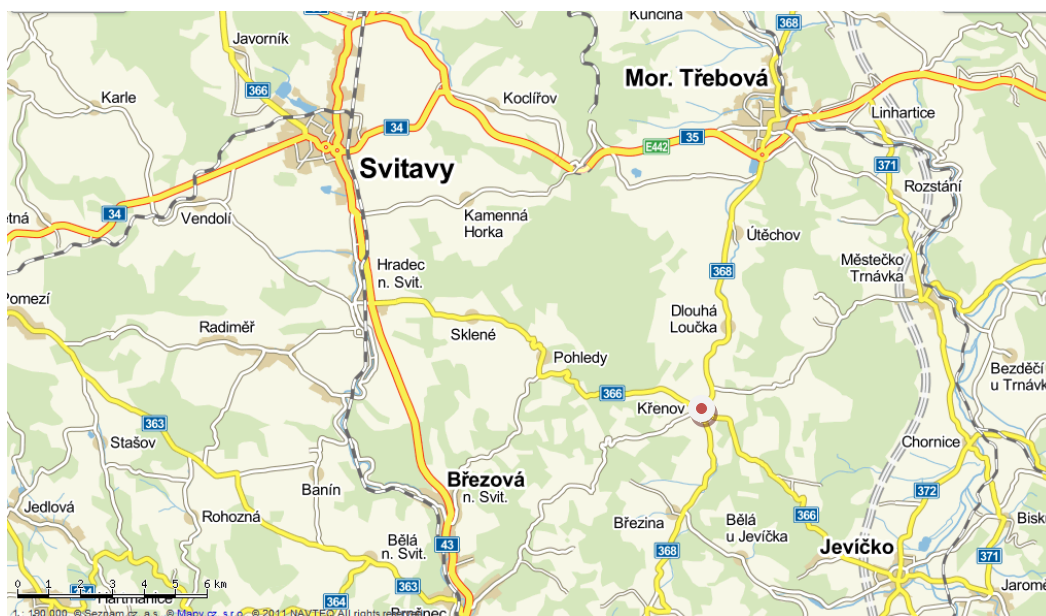
---

<sup>74</sup> BAYER, Karol. Přednášky k výuce předmětu: *Technologie restaurování a konzervace*. Litomyšl, 2008-2012. Univerzita Pardubice. Fakulta restaurování.

<sup>75</sup> BAYER, Karol a Blanka KOLINKEOVÁ. 5. Chemicko-technologický průzkum, s. 87. UNIVERZITA PARDUBICE, Fakulta restaurování. *Restaurátorský průzkum: Nástěnné malby, štuková výzdoba a omítky interiéru kaple sv. Isidora v Křenově*. Litomyšl, březen 2012.

<sup>76</sup> HAMSÍKOVÁ, D. a R., HAMSÍKOVÁ, *Restaurátorská zpráva*, II. etapa v roce 2006 fresky J. K. Handkeho v klenbě hřbitovní kaple sv. Isidora. (archiv OÚ v Křenově)

došlo k zatečení vody do objektu a k následnému poškození maleb do takového stavu, ve kterém se aktuálně nachází.<sup>77</sup>



Obr. 17: Mapa s vyznačenou obcí Křenov .<sup>78</sup>

### 2.3.1. Handke, Jan Kryštof

Handke (také Hancke, Hankhe a Hanke) byl malířem nástěnných maleb i závěsných obrazů. Narodil se v Janovicích u Rýmařova na Moravě dne 18. února 1694. Jako dvanáctiletý odešel do učení k malíři J. D. Langerovi do Bruntálu. V roce 1712 se přemístil do Olomouce, kde se stal mistrem až roku 1723. Malířsky činný byl především na severní Moravě, ale i ve Slezsku a Čechách. Jeho práce známe z poutního kostela na sv. kopečku u Olomouce, z Opavy, z Uničova a z kostela Narození sv. Jana Křtitele v Křenově u Moravské Třebové. Handke zemřel 31. prosince 1774. Jeho syn Jan Josef Vincenc Handke byl také malířem.<sup>79</sup>

<sup>77</sup> KOVAŘÍK, P., KOVAŘÍKOVÁ, J., *Hřbitovní kaple sv. Isidora – vyhodnocení současného stavu objektu*, březen 2004 (archiv OÚ v Křenově).

<sup>78</sup> Mapa s vyznačenou obcí Křenov. In: [online]. [cit. 2013-06-21]. Dostupné z: <http://www.mapy.cz/#!x=16.614283&y=49.709508&z=10>

<sup>79</sup> Kostelníčková, H., *Barokní památky v Křenově*, seminární práce C 101, školní rok 1996–1997 (archiv UPCE-FR v Litomyšli) s. 10

### 2.3.2. Kaple sv. Isidora<sup>80,81</sup>

Centrální stavba hřbitovní kaple se nalézá na vyvýšeném místě na západním okraji obce. Vystavena je v barokním slohu. Základní kámen kaple byl položen roku 1707<sup>82</sup>, toto datum pokládáme za vznik kaple. Stěny kaple umístěné na oválném půdorysu jsou postaveny ze smíšeného zdiva. Vnitřní průměr kaple je přibližně 8 m. Vnější plášť kaple je členěn sdruženými toskánskými pilastry a v polích mezi nimi oválnými okénky bez šambrán. Pilastry jsou postavené na soklech a podpírají bohatě profilovanou korunní římsu. Architektonické prvky (pilastry, římsy a sokl) jsou pojednány ve světle žlutém tónu barvy, plášť kaple je bílý.

Původní barevnost vnějšího pláště kaple byla pravděpodobně tmavá snad zelená (barevnost podobná zemi zelené české), pilastry a římsy byly pojednány ve světlé barvě. Tato domněnka vznikla na základě portrétní olejomalby faráře Schindlera, stavitele kostela Sv. Jana Křtitele, ve kterém je malba umístěna. Malba zobrazuje kněze Schindlera a významné barokní stavby (kostel, kapli, faru a starobinec), jejichž stavbu v Křenově inicioval [obr. 23]. Z černobílých fotografií a pohlednic z počátku 20. století (30. léta?) je patrné, že vnější barevnost kaple byla provedena ve světlém odstínu barvy. Z archiválií je zřejmý dnes zazděný obdélný vchod s kamenným ostěním ze západní strany kaple ústící nalevo od vřetenovitého schodiště uvnitř kaple. Původně byl vnějším plášť kaple bohatší o římsu, která probíhala pod korunní římsou přibližně středem hlavic pilastrů [obr. 24]. V devadesátých letech byla plocha pláště žlutá a architektonické prvky bílé. Dnes je plášť pojednán přesně naopak tedy ve světlých barvách a architektonické prvky světle žlutě [obr. 26].

Břidlicovou střechu kaple tvoří zvonice s osmiúhelnou lucernou. Podélná osa oválného půdorysu kaple je orientována od východu na západ. Z východní strany je přistavěna čtvercová sakristie s valbovou střechou. Ze strany severovýchodní kapli obklopuje hřbitov. K jižnímu vchodu do kaple s kamenným portálem a s frontonem v nadpraží vedou pískovcové schody [obr. 25-26].

---

<sup>80</sup> KOVAŘÍK, P., KOVAŘÍKOVÁ, J., *Hřbitovní kaple sv. Isidora – vyhodnocení současného stavu objektu*, březen 2004 (archiv OÚ v Křenově) s. 2

<sup>81</sup> POCHE, Emanuel. *Umělecké památky Čech 2: K - O*. 1. vyd. Praha: Academia, 1978, 157-159.

<sup>82</sup> Základní kámen (GRUNT.STEIN) s vyrytou datací 1707 nalezla restaurátorka BcA. Hana Čobanová na zadní straně oltářní menzy dne 30. 5. 2013.

Vnitřní prostor kaple opět člení sdružené toskánské pilastry s kompozitními hlavicemi osazené na soklu a nesou výrazně profilovanou korunní římsu (na vlysu festony s ovocem) se sedícími postavami putti. Putti většinou drží hudební nástroje. Vzorec pilastrových os a nik je rytmický (2:1:2:1:2:1:2:1:2:1). V polích mezi pilastry se nachází niky se štukovými plastikami sv. Isidora (umístěná za oltářem), Evou, Adamem, pravděpodobně Markétou a neznámým mladíkem. Niky završují drobné štukové postavy putti a girlandy s lístky a ovocem. Kaple je zaklenuta kupolí, která je bohatě zdobena malbami a štukem [obr. 41]. Kruchta na širokém oblouku je podklenuta valenou klenbou, nesena je nízkými sdruženými pilastry a přístupná je vřetenovým dřevěným schodištěm. Sakristie údajně z roku 1727 (Kovaříkovi, 2004) je sklenutá křížovou klenbou se štukovou výzdobou. Štuková výzdoba v sakristii je odlišná a jemněji provedená než v kapli, má mělký reliéf, představuje ozdobné pásy a rostlinné motivy.

Vnitřek kaple je bohatě zdoben malbami. Kupoli pokrývá malovaný výjev Nanebevzetí Panny Marie s devíti andělskými kůry. Malba v kupoli je tvořena dvěma soustřednými ovály. Na vnějším pásu je zobrazeno osm postav andělů představujících jednotlivé kůry. Devátý kůr je zobrazen v centrálním zrcadle společně s Pannou Marií. Na pilastrech a korunní římsě je vytvořena malovaná imitace mramorů, zatímco hlavice pilastrů, festony a štuková výzdoba v kupoli kaple je světle okrová. Výzdoba kaple není datovaná, ale podle autorů Uměleckých památek Čech 2 malířská výzdoba vznikla až v roce 1727, což znamená, že by kaple od svého vzniku byla přibližně 20 let bez výzdoby.

### Svatý Isidor

Isidor byl podle legendy prostým kastilským sedlákem. Svatořečen byl dne 12. března 1622 papežem Řehořem XV. společně s Ignácem z Loyoly, Františkem Xaverským, Terezou z Ávily a s Filipem z Neri. Isidor se narodil ve druhé polovině 11. století a celý život prožil v blízkosti Madridu. Za manželku měl zbožnou Marii Toribii. Jeho život byl poklidný, bez zvrátů, ale plný mnoha rozmanitých zázraků. Například když odešel na mši, vykonali za něj zameškanou práci andělé. Obilí a jídlo, které rozdal chudým, či nasypal zvěři, mu neubývalo. Na jeho příkaz začaly v nehostinných a vyschlých místech prýštit prameny. Měl nadpřirozenou schopnost zázračně oživovat mrtvé. I po jeho smrti se udála řada zázraků. Isidor býval ještě před svatořečením žádán, aby seslal

životadárný děšť. Je patronem a ochráncem rolníků. Jistým důvodem proč byl o 400 let dříve žijící Isidor kanonizován r. 1622 společně s významnými osobnostmi protireformační katolické církve, je ve zkratce následující. Isidor jakožto patron velmi početného obyvatelstva rolníků, byl vhodný nástroj pro obnovení katolické církve na venkově, kde byla mnohdy pěstována nekatolická vyznání. Isidorská úcta byla na venkově v pobělohorské době zaváděna jezuitským řádem, který se snažil o rekatolizaci obyvatelstva.<sup>83</sup>

### **2.3.3 Popis nástěnných maleb a štukové výzdoby v kupoli; vymezení dílu určeného k samostatnému restaurování**

Nástěnné malby v kupoli kaple jsou tvořeny dvěma soustřednými ovály - centrálním výjevem Nanebevzetí Panny Marie ve štukovém rámu a malbou andělských kůrů okolo centrálního medailonu [obr. 41]. Jednotlivé postavy andělů, které představují andělské kůry, se střídají s bohatou štukovou výzdobou tvořenou akantovými rozvilinami završenými okřídlenými andělskými hlavičkami.

V období baroka byl kult sv. Isidora šířen pomocí zakládání zbožných svatoisidorských bratrstev, která byla často spojována s mariánskými družinami, kde Isidor figuroval jako spolupatron (confraternitates B. Virginis Mariae sub invocatione sancti Isidori). V Křenově existovalo obdobné bratrstvo, a proto je v kapli sv. Isidora zobrazen výjev Nanebevzetí Panny Marie.<sup>84</sup>

V oválném zrcadle ve středu klenby s přibližnými rozměry 5 m (delší průměr), 4,5 m (kratší průměr) a 18 m (obvod) je namalováno celkem pět postav usazených v oblacích. Výjevu dominuje ženská postava sedící na pomyslném trůnu. Jedná se o postavu Panny Marie, která je nesena čtyřmi anděly (okřídlenými postavami) do nebe. Panna Marie je zobrazena s rozpuštěnými světlými vlasy a s korunkou na hlavě. Postava Marie je bosá, oděna v bílých šatech a zahalena do modrého pláště, v pravé ruce drží bílou lilii a za její levou ruku ji přidržuje klečící anděl. Modrý plášť Panny Marie symbolizuje barvu nebe a poukazuje přitom na úlohu Panny Marie jakožto Královny nebes. Lilie je od

---

<sup>83</sup> MIKULEC, J. Svatý Isidor: španělský sedlák na českém venkově. In: *Dějiny a současnost*. Roč. 92, č. 5, s. 26-27.

<sup>84</sup> Ibidem.

starověku symbol čistoty a je tradičně zobrazovanou květinou Panny Marie.<sup>85</sup> Z pravé a levé strany Marii podpírají klečící andělé. Anděl po pravé ruce Marii má červený přepásaný šat a oranžový plášť, anděl nalevo má přepásaný žlutý šat a modrý plášť. Za P. Marií jsou umístěni další dva andělé. Za pravým ramenem Mariiným je anděl oděn do žlutého šatu a nalevo je anděl v oranžovém šatu, u něhož je viditelná část žlutohnědého pláště. Andělské postavy nesoucí P. Marii se na ni zbožně dívají. Oblaka jsou pojednána především v růžových a světle žlutých barvách s modrými akcenty – temnými ve stínech a bleděmodrými na světle. Nebe za postavami je převážně červené a směrem nahoru (k západní části kapse) přechází do citronově žluté barevnosti [obr. 50-51].

Andělé se podle Pseudodionýsova spisu dělí do tří triád o devíti kůrech. V první a nejvyšší triádě jsou zařazeni serafové, cherubové a trúnové, ve druhé panstva, síly a mocnosti, ve třetí pak knížectva, andělé a archandělé. Andělské kůry lemující centrální výjev v kupoli kapse prezentuje osm samostatných postav andělů nesených na oblaku (devátý kůr je zobrazen v centrálním výjevu). Jednotlivé andělské postavy s charakteristickými atributy jsou v horní části malby doprovázeny latinskými nápisy Serafim (serafové), Cherubim (cherubové), Virtutes (mocnosti, vládcové), Potestates (síly), Dominationes (panstva), Archangeli (archandělé), Angeli (andělé) a Principatus (knížectva). Trúnové (thrónoi), přestože jejich nápis chybí, jsou zobrazeni v centrálním zrcadle. Podle židovské tradice mají vzhled kol nebo bytostí s mnoha očima. Zde jsou však zobrazeni jako andělé, kteří nesou Pannu Marii na nebesa.<sup>86</sup>

Vypozorovali jsme různé rukopisy na malovaných postavách v kupoli kapse, domníváme se, že malby jsou dílem několika autorů. Rukopisy se liší zejména v bohatosti a v ostrosti zalamování řasení rouch, ve výstavbě a stylu modelace obličejů a v malbě figur. Pozadí maleb vnějšího kruhu v kupoli kapse je pojednáno v růžovém tónu. Celkově je na nástěnných malbách kolorit řešen v teplejších odstínech – převažuje růžová, červená a žlutá. Dalšími použitými barvami jsou například modrá, zelená, černá, žlutá, černá a bílá. Štuková výzdoba je pojednána jednotně v okrové barvě. Okraje křídel andělských hlav a vavřínové lístečky a bobule štukového rámu nesou prvky zlacení.

---

<sup>85</sup> HALL, James. *Slovník námětů a symbolů ve výtvarném umění*. Vydání 1. Praha: Mladá fronta, 1991. ISBN 80-204-0205-5, s. 329-331.

<sup>86</sup> ROYT, J., *Poslové nebes: doprovodná publikace k výstavě o andělech ve výtvarném umění od středověku do 20. století*, Muzeum Šumavy v Sušici, květen – říjen 2001, s. 13.

Na první pohled je zřejmý rozdíl v povrchu omítky mezi pozadím štukové výzdoby a malovanými výjevy andělských kůrů. V okolí štuků se vyskytuje hladká kletovaná omítka, zatímco malba je provedena na hrubší omítce s vytaženým zrnem. Předpokládáme, že hrubá omítka byla pravděpodobně nahozena a upravena krátce před započítím malby (ve fresce). Malba byla dokončena s největší pravděpodobností technikou secca, a proto zasahuje i do hladké omítky v okolí štuku. Centrální malba je namalována na hrubší omítce, která je svým charakterem podobná omítce pod malbami postav andělských kůrů.

Této části diplomové práce se týká průzkum a restaurování malovaného centrálního výjevu, západní části štukového rámu a dvou okřídlených štukových hlaviček andělů v kupoli kaple. Od dubna 2013 byla vymezena část centrální malby k samostatnému restaurování BcA. Davidovi Zemanovi, přesné vymezení jednotlivých úseků je zakresleno v obrazové příloze [obr. 27].

## **2.4. Restaurátorský průzkum**

### **2.4.1. Vizuální průzkum v rozptýleném denním světle**

Výzdoba v kupoli kaple je poničena vinou zanedbání údržby kaple, do které po několik let zatékalo poškozenou střechou. Zatékáním společně s nevhodně zvoleným restaurátorským zásahem, který byl proveden v letech 2005 a 2006 před opravou střechy kaple (2007), došlo k vážnému poškození maleb a štuku.

Z vizuálního průzkumu vyplývá, že malba v kupoli kaple a barevnost štukových prvků byly provedeny současně, což je patrné z některých míst, kdy je taženo okrovou barvou ze štuku do plochy malby a někdy naopak růžovou barvou z plochy malby do okrového štuku.

Jednotlivá poškození centrálního výjevu Nanebevzetí Panny Marie jsou vyznačena na [obr. 43].

## **Malba**

Referenční plocha malby je provedena typicky barokně na poměrně hrubém povrchu s vytaženým zrnem písku. Malba je vytvořena na dvou omítkových vrstvách, které s největší pravděpodobností vznikly v různých časových etapách (vysvětleno výše). První vrstvu tvoří hrubší jádrová omítka, která je místy silná až 6 cm, což je patrné z defektu v centru malby, jenž dosahuje až na zdivo klenby. Druhá jemnější povrchová vrstva zvaná intonaco je nanášena v tenčí vrstvě, v nejsilnějších místech jsme naměřili její tloušťku přibližně 0,7 cm. V defektech malby, kde je odhalená jádrová omítka, je viditelný kompaktní pevný povrch, zatímco intonaco je zpískovatělé a velmi křehké. Obě omítkové vrstvy mají téměř identické růžové zbarvení. Na povrchu intonaca jsou viditelné drobné kousky uhlí, které prosvítají v celé ploše malby.

Malované zrcadlo je nejvíce poškozené ve své západní části, v této části malba spolu s intonacem ztratila adhezi ke svému podkladu tedy k jádrové omítce a je deformovaná tj. vypouklá, čímž se vytvořily dutiny, je odchlíplá, takže volně visí do prostoru nebo se svitkově stáčí a odlupuje anebo už zcela chybí [obr. 37; 39; 74]. Tam, kde se vápenné intonaco vyboulilo, zvětšilo svou plochu – například v partii andělova obličejů za P. Marií aj. [obr. 38]. V takových místech bude velmi obtížné vyřešit zpevnění a případné navrácení malby.

Malba je znečištěna prachovými depozity, pilinami, exkrementy hmyzu a pavučinami. Povrch barevné vrstvy je lokálně silně zpráškovatělý, především v partiích modré, zelené a žluté barevnosti. Na mnoha místech malba odpadá v drobných šupinkách, v těchto oblastech je barevná vrstva značně křehká. V různých úsecích malby jsou přítomny malé křehké puchýřky, jedná se pravděpodobně o výkvěty solí. Místy se odlupují šupiny malby společně se silnou vrstvou fixáže. Některé pasáže malby změnily barevný tón, např. inkarnát ve tvářích postavy anděla zčernal [obr. 29]. Z obdobné partie malby v kupoli kaple, konkrétně z andělského kůru (*Angeli*) byl odebrán a analyzován vzorek, který prokázal přítomnost červeného pigmentu minia citlivého na vlhkost.<sup>87</sup> Vzorek zčernalého minia byl během tohoto průzkumu znovu analyzován, analýzu fázového složení provedl Dr. RNDr. Petr Bezdička [textová příloha; I. Chemicko-technologický průzkum]. V oblasti tmavých stínů ve vlasech a v drapériích postav se vytvořil šedý zákal [obr. 33-34], zde předpokládáme

---

<sup>87</sup> BAYER, Karol a Blanka KOLINKEOVÁ. 5. Chemicko-technologický průzkum, s. 79-80. UNIVERZITA PARDUBICE, Fakulta restaurování. *Restaurátorský průzkum: Nástěnné malby, štuková výzdoba a omítky interiéru kaple sv. Isidora v Křenově*. Litomyšl, březen 2012.

degradující fixáž, biologické poškození pojiva malby, sírany a nebo kombinaci zmíněných vlivů. Malba modrého pláště Panny Marie se dochovala fragmentárně, modrý pigment (pravděpodobně na vlhkost citlivý smalt) se sprášil a zůstal jen v místech malby světel, kde byl patrně smíchán s vápnem [obr. 36]. Díky ztrátě modrého pigmentu se nám odhalila přípravná podmalba vytvořená pravděpodobně ve fresce v barevném tónu pompejské červené. Dále bylo možné vysledovat prvotní malbu tedy nasazení světel (snad vápnem) a stínů (pravděpodobně uhlím) následující finální malby [obr. 36]. Finální malba draperie modrého pláště, tam kde se dochovala, příliš nerespektuje přípravnou podmalbu. Podmalba je v draperiích bohatší a více řasená než finální malba. Při retušování případně rekonstrukci bude obtížné navrhnout ideální řešení – rekonstrukce bude hypotetická.

Celá plocha malby byla v roce 2005 a 2006 fixována zřejmě silně koncentrovanou vodnou disperzí, která místy utvořila lesklý povrch, stékance a bílé kapky. Při průzkumu v UV světle tato místa výrazně luminovala. Zda se jedná, jak předpokládáme, o vodnou disperzi akrylátovou nebo polyvinylacetátovou nebo o jiný konsolidant bude analyzováno chemicko-technologickým průzkumem. V restaurátorské dokumentaci ze zásahů provedených v letech 2005 a 2006 nejsou uvedeny použité materiály. V této dokumentaci se pouze píše, že malba byla v r. 2005 i v r. 2006 fixována a hloubkově injektována. My jsme v centrálním zrcadle našli pouze dva možné vpichy po hloubkové injektáži.

V průběhu průzkumu bylo upraveno lešení tak, aby byl umožněn přístup k celé ploše malby. Lešení bylo původně v několika místech vzepřené o malbu, ve styku s malbou byla dřevěná plocha vypořádaná textilií [obr. 31]. Dříve lešením zakrytá malba byla odhalena, tato odhalená místa jsou nyní zpráškovatělá a výrazně světlejší nebo naopak sytější barevná oproti okolní malbě. Na světlejších místech mohlo dojít k částečnému otěru barevné vrstvy, ale spíše se zdá, že malba zakrytá lešením nebyla fixována, protože malba v okolí je výrazněji degradovaná a má jiný barevný odstín - je zežloutlá, tento jev přisuzujeme negativnímu vlivu fixáže. Tento předpoklad by měl potvrdit průzkum v UV světle.

Přibližně v centru malby se nachází průduch zakrytý organitýnovým přepletem, který byl na malbu aplikován v rámci výše zmíněného restaurátorského zásahu, nyní je značně degradovaný [obr. 29; 68]. Funkce

tohoto otvoru si vysvětlujeme buď jako odvětrávací anebo to mohl být otvor pro provaz ke zvonu. Druhý gázový přelep byl aplikován na malbu v okolí defektu, který odhaluje zdivo [obr. 38].

### Štuk





Barevnost štukového rámu a okřídlených andělských hlav je světle okrová. Okraje křídel andělů, vavřínových lístků a pohledová strana bobulí na štukovém rámu jsou zvýrazněny zlacením. Zlacení je značně poškozené, lokálně je ztmavlé, částečně chybí nebo je nesoudržné se svým podkladem a má tendenci odpadávat ve formě šupin [obr. 59-60]. Podél zlacení tj. na křídlech andělů a podél okrajů vavřínových listů a bobulích jsou přítomny malé bílé puchýřky [obr. 54], jedná se pravděpodobně o výkvěty solí, které destruovaly barevnou vrstvu. Povrch barevné vrstvy je v celé ploše zpráškovatělý, některé pasáže okrového povrchu změnilo barevný tón (prohloubily svoji barevnost) anebo barevný nátěr místy zcela chybí. Štuk je v celé ploše silně znečištěn prachovými depozity, pilinami, hmyzem a jeho exkrementy a pavučinami. Lokálně jsou pozorovatelné drobné lesklé skvrny, jedná se zřejmě o fixáž z předchozího restaurátorského zásahu. Štukový rám je nejvíce poškozený ve své západní části, které se týká tato dokumentace, v těchto místech došlo k četným ztrátám barevné a povrchové štukové vrstvy, místy je barevná vrstva vypouklá (zpuchýřovatělá) a nesoudržná se svým podkladem, mnohde se svitkově odchlípuje. V místech ztráty omítkové vrstvy štuku se znečistila modelace jednotlivých prvků. Obnažená hmota štuku je extrémně křehká a rozdrolená [obr. 54]. Pravé křídlo štukového andílka, který je umístěn pod odvětrávacím otvorem, je uvolněné od podkladu. Tento andílek je více poškozený (barevná vrstva je více degradovaná) než druhý andílek určený k restaurování.

Na povrchu štuku lze sledovat rytou kresbu, místy s otřepanými okraji, která byla provedena ještě do čerstvé omítky. Do štuku jsme neprováděli invazivní hloubkovou sondu, ale domníváme se, že štuk je modelován na místě, pravděpodobně na armatury (železné dráty), na které byla aplikována první štuková vrstva, následně hrubší růžově zbarvené jádrová vrstva a naposledy finální tenká okrově zbarvená a jemnější povrchová vrstva. Podobnou strukturu jsme zjistili na ostatních štukových prvcích v kapli.

Za štukovým rámem centrálního výjevu v západní části klenby kaple se nachází historický otvor, pravděpodobně větrací průduch. V tomto místě je silný

proud vzduchu, který proudí směrem ven z interiéru kaple. Prostor mezi krovem a klenbou je příliš těsný, takže není možné vystoupit na krov, ale pořídili jsme alespoň filmový záznam o současném stavu krovu tím, že jsme otvorem prostrčili kamerové zařízení. K dispozici jsou také fotografie z r. 2007, kdy byl krov opravován.

### Charakteristika a popis jednotlivých typů poškození

	<ul style="list-style-type: none"> <li>- zpuchýřování</li> <li>- ztráta adheze malby (svitkově odchlíplá barevná vrstva spolu s intonacem)</li> <li>- lokální ztráta barevné vrstvy</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ztráta omítkových vrstev</li> <li>- degradující gázový přelep z předchozího restaurátorského zásahu</li> <li>- plíseň v levém dolním rohu přelepu</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- silně pojený přelep z předchozího restaurátorského zásahu, který překrývá tvář centrální postavy malby</li> <li>- přelep zakrývá otvor v centru kupole, kterým propadávají nečistoty a zachycují se v přelepu</li> <li>- přelep je degradovaný, roste na něm plíseň</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- patrné lesklé zatekliny silně koncentrovaného fixativu</li> <li>- povrch je v stínech malby mléčně zakalený (biologické napadení pojiva nebo degradující fixáž?)</li> </ul>



- barevná vrstva je silně zpráškovatělá a zpuchýřovatělá patrně v důsledku výkvětů vodorozpustných solí
- patrné zatekliny (fixativ?)



- v malbě šatu Panny Marie se sprášil modrý pigment (pravděpodobně na vlhkost citlivý smalt)
- došlo k odhalení přípravné podmalby (fresco?)



- barevné změny pigmentů
- zčernalý červený pigment (minium)
- šedý zákal v oblasti vlasů (příměs jiného pojiva organického původu, degradující fixáž nebo biologické napadení?)



- křehká a šupinující barevná vrstva



- exkrementy hmyzu na povrchu malby
- fotografie z USB mikroskopu



- poškození štukového rámu
- poškození jak barevné vrstvy, tak hmoty štuky
- odchlíplé nebo zcela chybějící zlacení

#### 2.4.2. Průzkum v bočním osvětlení

V ostrém bočním nasvícení je pozorovatelné, že plocha malby je provedena na poměrně nerovném povrchu se značně vytaženým zrnem písku. Ve středu malby přibližně v oblasti figury Panny Marie, a zejména v partii jejího obličej, je omítka nejhrubší. Vysledovali jsme hrubší a nepravidelně nanesenou linii tmelu vedoucí středem malby přibližně v ose užšího průměru zrcadla. Mohlo by se jednat o dva denní díly tzv. giornate [obr. 41]. Hranice těchto dílů místy probíhá přes obličej figur.

V celé ploše malby je snadno pozorovatelná rytá kresba. Soudíme, že byla z větší části nakreslena ostrým nástrojem přímo do mokré omítky. Důkazem tohoto předpokladu jsou linie, které se v jistých partiích opakují tolikrát, dokud malíř nenalezl požadovaný tvar. Některé rýhy mají otřepané okraje, během rytí evidentně překážely větší částice na povrchu, které se posléze vytrhly. V největších hloubkách dosahuje rytá kresba až 0,6 cm. Na některých místech jsme našli hluboké vpichy vytvořené ještě do mokré omítky a překryté barevnou vrstvou. Zde předpokládáme, že se jedná o otvory po hřebících nebo jiných pomůckách sloužících k uchycení kartónů s návrhem kresby. Rytá kresba ve figurách se nachází především na malbě v centrálním zrcadle, pouze několik

lokálních tahů jsme vysledovali v malbě postav andělských kůrů v pásu kolem centrálního výjevu.

Na povrchu jsou pozorovatelné lesklé zatekliny nepravidelně aplikovaného silně koncentrovaného fixativu, které místy tvoří kapky, jež se odchlípají od malby. Tímto průzkumem jsme také přesněji lokalizovali mechanická poškození malby např. vypouklá a nesoudržná místa, sprašující se a vločkovitě odpadávající barevnou vrstvu.

### **2.4.3. Průzkum v UV světle**

*Proveden ve spolupráci s MgA. Lucií Bartůňkovou a BcA. Hanou Čobanovou*

*Použitá technika: UV světlo UVA SPOT 400T značky Hönle UV Technology; středně žlutý filtr G3 ORWO*

Průzkum v UV světle napomáhá k odhalení sekundárních zásahů (přemalby a fixáže), identifikaci některých pigmentů a ukazuje poškození materiálu (mikrobiologického napadení nebo zasolení).

V celé ploše malby luminovaly bledě modré nepravidelné zatekliny, které si vysvětlujeme jako důsledek zatékání, při kterém mohlo dojít k vyplavení organických látek nebo solí na povrch, anebo jako značně degradovanou fixáž v důsledku zatečení. V rámci zásahu z let 2005-2006 byly na malbu aplikovány gázové přeplepy, nyní jsou značně degradované, místy s drobnými černými skvrnami, tyto skvrny v UV světle nezářily, ale svým charakterem připomínají plísně. Stékance a silné nánosy fixáže luminovaly světle modře [obr. 44]. Několik snímků jsme pořídili se středně žlutým filtrem, díky kterému se některé luminescence zvýrazní. Kontrastněji se zobrazila místa s fixáží a nefixovaná místa. Po úpravě lešení jsme během UV průzkumu zjistili, že místa, kde bylo lešení vzepřené o malbu, nejsou fixovaná (neluminují).

Místa na okrajích štku, kde je poškozené zlacení, silně luminovala. Tyto luminescence mohou být vysvětleny možnou přítomností organických přísad v podkladu pro zlacení štku. V hloubkách štku tam, kde není okrový nátěr, se objevovala světle modrá luminescence - mohlo by se jednat o izolační vrstvu na povrchu štku.

#### 2.4.4. Fotografie detekující IR světlo

Tento průzkum je založen na předpokladu, že všechna žhnoucí tělesa vyzařují infračervené paprsky. Nástěnnou malbu jsme nasvítily umělým zdrojem světla (lampou) a vyfotografovali za použití filtru, který propouští jen infračervené paprsky. Infračervené paprsky mají větší pronikavost než paprsky viditelného světla, a proto jsou v některých případech schopné zobrazovat malbu pod tenkými vrstvami (krustami, přemalbami). Naším cílem bylo, pokusit se zviditelnit malbu v obličejích anděla, kterému zčernal inkarnát [obr. 48]. Bohužel se malba obličejů nijak výrazněji neprokreslila.<sup>88</sup>

#### 2.4.4. Zkoušky konsolidace

Pro konsolidaci omítek a pro fixáž barevné vrstvy nástěnné malby a štuku byly odzkoušeny přípravky na bázi oxidu křemičitého a dále nanomateriály na bázi hydroxidu vápenatého. Tyto materiály jsou minerální, kritériem jejich výběru byla vysoká paropropustnost, protože další použití polymerních disperzí by mohlo porézní povrch malované výzdoby ještě výrazněji uzavřít. Jednotlivé zkoušky a jejich výsledky jsou shrnuty v tabulkách 66 a 67. V tabulce 68 jsou hodnoty *w*, metoda měření nasákavosti je popsána v I. části diplomové práce v kapitole 3.4.6. *Měření nasákavosti*.

<b>Zkouška</b>	<b>Průběh aplikace</b>	<b>Hodnocení konsolidace</b>
1	<ul style="list-style-type: none"><li>- 2 aplikace <i>CaLoSiLu® E 25</i>;</li><li>- aplikace měkkým štětcem přes japonský papír</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- mírný zákal;</li><li>- penetrace je přibližně 1,5 mm;</li><li>- mírné zpevnění</li></ul>
2	<ul style="list-style-type: none"><li>- 2 aplikace <i>ZFB 695p – 25 g/l</i>;</li><li>- aplikace měkkým štětcem přes japonský papír</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- silný bílý zákal;</li><li>- penetrace je přibližně 1,5 mm;</li><li>- pomalejší penetrace než u zkoušky „1“;</li><li>- mírné zpevnění</li></ul>
3	<ul style="list-style-type: none"><li>- 4 aplikace <i>CaLoSiLu® E25 – 12,5 g/l</i>;</li><li>- aplikace měkkým štětcem přes</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- bělejší zákal než u zkoušky „1“;</li><li>- penetrace je přibližně 1,5 mm;</li><li>- mírné zpevnění</li></ul>

<sup>88</sup> SLÁNSKÝ, Bohuslav. *Technika malby díl II.: průzkum a restaurování obrazů*. Vydání druhé. Praha a Litomyšl: Paseka, 2003. ISBN 80-7185-623-1, s. 53-54.

	japonský papír	
4	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 4 aplikace ZFB 695p – 12,5 g/l;</li> <li>- aplikace měkkým štětcem přes japonský papír</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- výrazný bílý zákal, bělejší než u zkoušky „3“, ale méně než zkouška „2“;</li> <li>- penetrace je přibližně 1,5 mm;</li> <li>- mírné zpevnění</li> </ul>
11	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 5 aplikací filtrované vápenné vody;</li> <li>- aplikace měkkým štětcem přes japonský papír</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- žádné barevné změny a zákaly;</li> <li>- zpevnění téměř nezatelné</li> </ul>
12	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 3 aplikace CaLoSiLu® IP 25;</li> <li>- aplikován měkkým štětcem přes japonský papír</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- při druhé a třetí aplikaci se hůře vsakoval;</li> <li>- mírná tvorba zákalu;</li> <li>- znatelné zpevnění, ale nedostatečné</li> </ul>
13	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 2 aplikace Sebosilu S;</li> <li>- aplikace měkkým štětcem přes japonský papír</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- špatná penetrace kvůli vyšší viskozitě</li> <li>- omítka přijímá malé množství prostředku;</li> <li>- konsolidant prohlubuje barevnost;</li> <li>- dostatečné zpevnění</li> </ul>
14	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 1 aplikace KSE 300 HV;</li> <li>- aplikace měkkým štětcem přes japonský papír</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- velmi dobré zpevnění;</li> <li>- má nižší viskozitu a penetruje rychleji než Sebosil S;</li> <li>- prohlubuje barevnost</li> </ul>
1o	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 3 aplikace Sebosilu S s ethanolem (1/2);</li> <li>- aplikace měkkým štětcem přes japonský papír</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ředěný penetruje lépe;</li> <li>- zpevnění je dostatečné;</li> <li>- mírně prohlubuje barevnost</li> </ul>
2o	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 2 aplikace Sebosilu S s etanolem (1/1);</li> <li>- aplikace měkkým štětcem přes japonský papír</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- dobrá penetrace;</li> <li>- dostatečné zpevnění;</li> <li>- mírně prohlubuje barevnost</li> </ul>
3o	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 1 aplikace Sebosilu S;</li> <li>- aplikován měkkým štětcem přes japonský papír</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- dobrá penetrace;</li> <li>- dostatečné zpevnění;</li> <li>- prohlubuje barevnost</li> </ul>
S	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 2 aplikace Sebosilu S s ethanolem (1/5);</li> <li>- aplikace poléváním pomocí stříkačky</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 1x aplikovaný nebyl účinný;</li> <li>- zpevnění je minimální;</li> <li>- bez barevných změn;</li> <li>- mírná konsolidace</li> </ul>
S <sub>1</sub>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 3 aplikace Sebosilu S s etanolem (1/5);</li> <li>- aplikace poléváním pomocí stříkačky</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- zpevnění je stále nižší než u zkoušky „C“;</li> <li>- žádné barevné změny;</li> <li>- mírná konsolidace</li> </ul>
C	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 2 aplikace CaLoSiLu® IP 25;</li> <li>- aplikace poléváním pomocí stříkačky</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- bílý zákal;</li> <li>- v porovnání s CaLoSiLem® E25 tvoří bělejší zákaly a míra zpevnění je na dotek nižší</li> </ul>

Tab. 66: Konsolidace vysoce zpískovatělé vápenné omítky v defektech malby.

Zkouška	Průběh aplikace	Hodnocení konsolidace
---------	-----------------	-----------------------

9	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 3 aplikace ZFB 695p - 1 g/l;</li> <li>- aplikace poléváním stříkačkou;</li> <li>- zakryto japonským papírem, zábalen z buničiny a igelit. folií</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- mírný bílý zákal;</li> <li>- mírné zpevnění</li> </ul>
10	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 3 aplikace ZFB 695p - 3 g/l;</li> <li>- Aplikace poléváním stříkačkou;</li> <li>- zakryto japonským papírem, zábalen z buničiny a igelit. folií</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- při okrajích zkoušky se utvořil bílý zákal;</li> <li>- mírné zpevnění (vyšší než u zkoušky 9)</li> </ul>

Tab. 67: Fixáž zpraškovatělé barevné vrstvy na štku.

<i>lokalizace měření</i>	<i>w (kg.m<sup>-2</sup>.h<sup>-1/2</sup>)</i>	<i>poznámky</i>
omítka před konsolidací	20,4	na omítce v defektu malby
omítka po konsolidaci	12,7	2 aplikace ZFB 695p 25 g/l
omítka po konsolidaci	12,2	4 aplikace ZFB 695p 12,5 g/l
malba před konsolidací	17,4	měřeno přes výkvěty solí
malba p konsolidaci	13,2	2 aplikace CSGI 1P35 (5 g/l)

Tab. 68: Měření nasákavosti před a po konsolidaci.

Ke strukturální konsolidaci, zpevnění omítkových vrstev a rubové strany puchýřů a svitků malby, byla vybrána vápenná nanosuspenze *CaLoSiL® E25*, a to jednak kvůli materiálové kompatibilitě a především kvůli podobným mechanickým vlastnostem konsolidantu s konsolidovaným substrátem. Jeho aplikace musí být opakována minimálně 2 x, aby došlo k znatelnému zpevnění. Během konsolidace tímto systémem dochází k poklesu nasákavosti, což může být způsobeno bílým zákaem, který se vytvořil na povrchu. Naším prvotním záměrem nebylo testování omezení míry tvorby bílého zákalu, ale především odzkoušení dostatečné míry konsolidace. Bílý zákal se tvořil ve větší míře pravděpodobně proto, že povrch omítky je velmi suchý a patrně došlo k rychlému odparu rozpouštědla, jehož důsledkem je zpětná migrace částic na povrch. Tento nechtěný efekt je možné omezit zvlhčením vodou po konsolidaci (těsně po odparu rozpouštědla). Hloubka penetrace byla zjišťována pomocí 1 % fenolftaleinu u zkoušek 1–4 na omítce (u *CaLoSiLu® E25* - 2x, *CaLoSiLu® E25* 12,5 g/l - 4x, *ZFB 695p* 25 g/l - 2x a *ZFB 695p* 12,5 g/l - 4x). Ve všech případech se hloubka penetrace pohybovala okolo 1,5 mm. Na barevné vrstvě štku docházelo k mírným zateklinám a tvorbě bílého zákalu (zkouška 9 a 10), což bylo pravděpodobně způsobeno hladkým a méně porézním povrchem. Pro fixaci barevné vrstvy nástěnné malby byl zvolen *CaLoSiLu® E25*. Zkouškám fixace

barevné vrstvy se dopodrobna věnuje I. části diplomové práce, kapitola 4.8. *Zkoušky konsolidantů na nástěnné malbě in situ.*

#### 2.4.5. Zkoušky čištění

Jak již bylo výše zmíněno, malba byla plošně fixována v letech 2005 a 2006. Povrch malby bylo třeba očistit, aby nedocházelo k dalšímu poškození kvůli snížené paropropustnosti. Restaurátorská dokumentace předešlého zásahu je stručná, bez popisu použitých metod a prostředků. Po telefonické komunikaci<sup>89</sup> s restaurátorkou Radanou Hamsíkovou jsme se dozvěděli, že během společného zásahu s Dagmar Hamsíkovou na hloubkovou injektáž malby snad použily vodnou akrylátovou disperzi *Hydrogrund* a na plošnou fixáž vodnou disperzi *Mowilith*, a to údajně ve formě polyvinylalkoholu, přestože konsolidant *Mowilith* existuje jen ve formě polyvinylacetátu. Polyvinylacetát je pro malbu škodlivý, časem se rozkládá na kyselinu octovou a aceton. Předpokládáme, že zde mohl být spíše aplikován prostředek *Mowiol*, který svým složením odpovídá polyvinylalkoholu. Na přelepy zajišťující odchlíplé barevné vrstvy prý použily organotýn pojený *Lovosou*. *Lovosa* je fixační prostředek složený z vodorozpustné methylhydroxycelulózy.

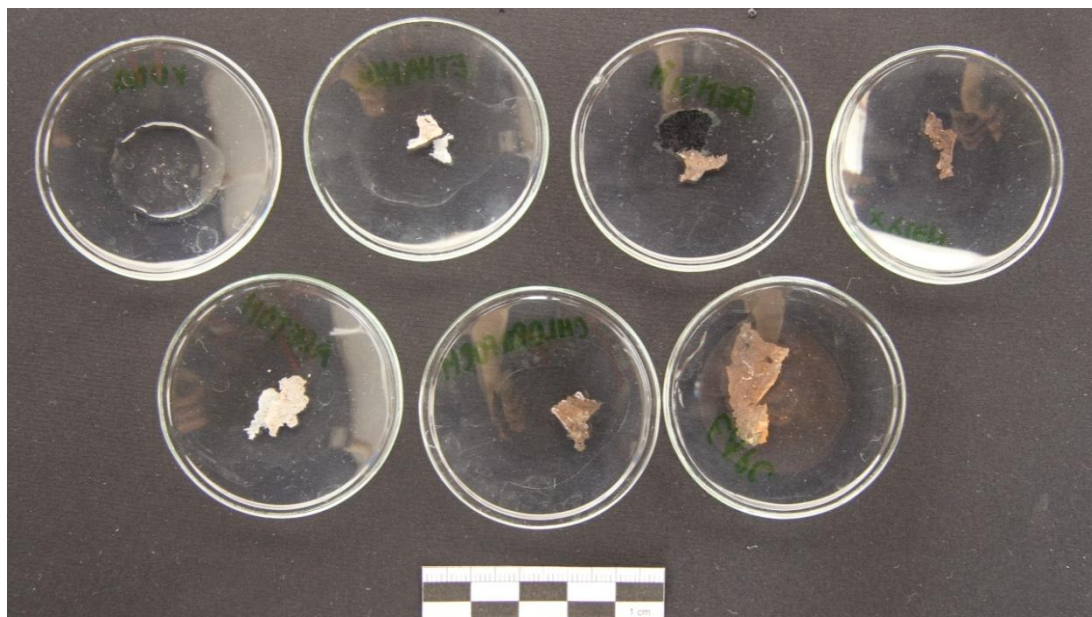
Z různých míst malby jsme odebrali několik kapek a odchlípující se degradovaný povlak staré fixáže. V laboratoři jsme pomocí řady polárních a nepolárních rozpouštědel testovali rozpustnost odebraných vzorků [obr. 18]. Odkoušeli jsme teplou a studenou destilovanou vodu, ethanol, aceton, benzín, xylen a chloroform. Testovali jsme čisticí mikroemulzi EAPC<sup>90</sup>, která byla vyvinuta v rámci mezinárodního projektu NANOforART<sup>91</sup>.

---

<sup>89</sup> dne 13. 2. 2013

<sup>90</sup> Složení: voda 70 %, sodiumdodecylsulfát (SDS) 4 % a dvě rozpouštědla - 1 pentanol (PeOH) etylacetát (EA) 10 %, propylenkarbonát (PC) 10 %.

<sup>91</sup> <http://www.nanoforart.eu/>



Obr. 18: Rozpustnost fixáže. Rozpouštědla; v horní řadě zleva: teplá destilovaná voda, ethanol, lakový benzín a xylen. Spodní řada zleva: aceton, chloroform a mikroemulze EAPC.

Mikroemulze odebraný vzorek změkčila, ale nerozpustila. Po jejím vyschnutí se na povrchu vzorku vytvořily výkvěty solí. Z odzkoušených rozpouštědel nejlépe fungovala teplá destilovaná voda, která fixativ rozpustila téměř beze zbytku [obr. 18]. Výsledky a testování ostatních rozpouštědel, je podrobněji popsáno v chemicko-technologickém průzkumu [viz Textová příloha I.]. Se zkouškami rozpustnosti byla zároveň v laboratoři provedena FTIR analýza (metoda Infračervené spektroskopie s Fourierovou transformací v ATR modu na přístroji Nicolet 380 v rozsahu vlnočtů  $600\text{-}4000\text{ cm}^{-1}$ ) odebraných vzorků fixáže z různých míst malby. FTIR analýza neposkytla dostatečně jednoznačný výsledek, aby z něj bylo možné odvodit složení fixáže.

V průběhu zkoušek čištění *in situ* byla teplá destilovaná voda schopná redukovat fixáž jen lokálně. Odzkoušeli jsme různé metody zlepšující čistící efekt. Teplou vodu jsme nanесли přes japonský papír v gelu (*Tylosa MH 300*) nebo v zábalu (*Arbocel* a *Tylosa MH 300*) a zahřivali horkovzdušnou pistolí. Čištěné místo bylo vždy následně omyto zahřátou destilovanou vodou a pomocí buničiny sušeno, tímto způsobem došlo k odsátí rozpuštěné fixáže z povrchu malby. Následně bylo místo ještě jednou čištěno tampony s teplou destilovanou vodou. Zkusili jsme použít párový skalpel a tam, kde to malba umožňovala (kde byl povrch silně fixovaný a kompaktní), jsme použili parní čistič. Do destilované vody jsme zkusili přidat 1% tenzid (*Alvol*). Čištění s tenzidem se na několika

testovaných místech osvědčilo. Všechny tyto metody byly úspěšné lokálně, z čehož usuzujeme, že povrch malby mohl být plošně fixován různými prostředky vodorozpustnými a vodonepropustnými (vodnými akrylátovým nebo polyvinylacetátovými disperzemi). Malba byla během předchozího restaurátorského zásahu fixována v r. 2005 a i v r. 2006, i z tohoto důvodu je možné, že byly použity dva zcela rozdílné typy fixativů.

Charakter fixovaných míst se v ploše malby odlišuje. Na některých místech je pozorovatelný nepravidelně aplikovaný fixativ, který tvoří výrazné stékance s odchlupujícími se kapkami, místy je tento film degradovaný a odlupuje se ve větších šupinách a částečně strhává i barevnou vrstvu. Tento typ filmu fixativu je lehce mléčně zbarvený (šedý) a je do jisté míry vodou rozpustný. Druhý typ fixovaných povrchů je lesklý kompaktní a není ho možné očistit ani dlouhodobým působením teplé destilované vody.

Na silně fixovaném a málo porézním povrchu malby, do které pravděpodobně migroval vodou nerozpustný fixativ, jsme provedli mnoho zkoušek chemického čištění. Rozpouštědla jsme zkusili aplikovat v gelu (v Tylose MH 300, výjimečně v Carbopolu), v zábalu z Arbocelu, anebo jsme povrch čistili tamponem nebo štětcem namočeným v rozpouštědle. Přehled použitých prostředků, způsob jejich aplikace a výsledky čištění vodou nerozpustné fixáže, jsou uvedeny v tabulce 69.

<b><i>Použité prostředky</i></b>	<b><i>Popis aplikace</i></b>	<b><i>Výsledky</i></b>
Ethanol	- čištěno vatovým tampónem, tvrdšími štětci	-
Ethanol s vlažnou destilovanou vodou	- čištěno vatovým tampónem, tvrdšími štětci	-
Ethanol v gelu (Tylose)	-v zahřátém gelu, přes japonský papír na předvlhčené místo - doba působení – 15 min.	+ - čistí jen lokálně
Ethanol v gelu (Carbopolu)	-přes japonský papír na předvlhčené místo - doba působení 10 a 15 min.	+ - čistí jen lokálně
Aceton	- vatovým tampónem	-
Aceton v Arbocelu	-přes japonský papír na předvlhčené místo - doba působení 10 a 15 min.	+ - došlo k omezení lesků - čistí jen lokálně
Aceton v gelu (Tylose)	-přes japonský papír (i bez) na předvlhčené místo - doba působení 10, 15 a 20 min.	+ - došlo k omezení lesků - čistí jen lokálně
Aceton Carbopolu	-přes japonský papír na předvlhčené místo - doba působení 10 a 15 min.	+ - došlo k omezení lesků - čistí jen lokálně

Toluen	- vatovým tampónem	-
Toluen v Arbocelu	-přes japonský papír na předvlhčené místo	-
Toluen v gelu (Tylose) s tenzidem Tritonem	- místo bylo předvlhčeno - doba působení 10 a 15 min.	-
Toluen v gelu (Carbopolu)	- místo bylo předvlhčeno - doba působení 10 min.	-
Hydrogenuhlíčan amonný 5% v gelu (Tylose)	- místo bylo předvlhčeno - doba působení 5 a 10 min.	+++ - došlo k omezení lesků - čištěné místo už není zažloutlé
Hydrogenuhlíčan amonný 10% v gelu (Tylose)	- místo bylo předvlhčeno - doba působení 10 min.	+++ - čištěné místo je výrazně světlejší - došlo k omezení lesků a zežloutlé fixáže
Hydrogenuhlíčan amonný 10% v Arbocelu	- místo bylo předvlhčeno - doba působení 5 min. - následně zakryto vodným zábalením z Arbocelu	+++ - čištěné místo je výrazně světlejší než okolní malba
Uhlíčan amonný 10 % v gelu (Tylose)	-místo bylo předvlhčeno - doba působení 5 min.	+++ - čištěné místo je výrazně světlejší - došlo k omezení lesků a zežloutlé fixáže
Uhlíčan amonný 10% v Arbocelu	- místo bylo předvlhčeno - doba působení 5 min. - následně zakryto vodným zábalením z Arbocelu	+++ - čištěné místo je výrazně světlejší než okolní malba
Komplexotvorná sloučenina 0,2% (trojsodná sůl kyseliny nitriltriocetové) v gelu (Tylose)	-přes japonský papír na předvlhčené místo - doba působení 2min.	+++ - ale působí jen lokálně
Komplexonát tetrasodný (kyselina ethylendiamintetraoctová tetrasodná sůl) 0,5% v gelu (Tylose)	-přes japonský papír na předvlhčené místo - doba působení 2 a 5 min.	+ -velice mírně čistí (snižuje lesk fixovaných míst)
Triton X-100 2% v Arbocelu	- aplikace za tepla na předvlhčené místo - doba působení 2min.	-
Puerlite IK 120 H v gelu (Tylose)	- aplikace na předvlhčené a již čištěné místo hydrogenuhlíčanem amonným - doba působení 20 min.	+ - mírně dočišťuje bílý zákal (pravděpodobně síranovou křustu)
Puerlite IK 120 H s vodou	- předvlhčeno vodou - doba působení cca 20 min.	+
Amberlite IR 120 H v gelu (Tylose)	- aplikace na předvlhčené a již čištěné místo hydrogenuhlíčanem amonným - doba působení 20 min.	++ - malba je bez síranové křusty - vyšším zvlhčením dochází k drobným ztrátám malby
Amberlite IR 120 H ve vodě	- předvlhčeno vodou - doba působení cca 20 min.	++
Amberlite IR 120 H	- předvlhčeno vodou	+

s uhličitanem amonným 10% v gelu (Tylose)	- doba působení cca 2 a 6 min.	- čištěné místo je bílé (čištěním se pravděpodobně odstranila jen fixáž, ale ne síranová krusta)
Amberlite 4 400 OH v gelu (Tylose)	- předvlhčeno vodou - na místě čištěním uhličitanem, ale i na nečištěném místě	+ - Amberlite IR 120 H (katex) je účinnější
Amberlite 4 400 OH s uhličitanem amonným 10% v gelu (Tylose)	- předvlhčeno vodou - doba působení cca 5 min.	+ - místo je bělejší než okolní malba - došlo k omezení lesků

Tab. 69: Zkoušky odstraňování vodou nerozpustné fixáže. Hodnocení čistícího efektu: -neznatelný, +mírný, ++ dostatečný, +++ výborný. Modře jsou zvýrazněné zkoušky účinného čištění fixáže.

<i>popis měřeného místa</i>	<i>w (kg.m<sup>-2</sup>.h<sup>-1/2</sup>)</i>	<i>lokalizace měření</i>
silně fixovaný lesklý povrch	9,5	růžová oblaka v pozadí malby; východní část zrcadla
povrch čištěný vodou	10,1	na stejném místě jako předchozí
povrch čištění uhličitanem amonným a katexem	14,4	ve stejné oblasti jako předchozí, ale na jiném místě

Tab. 70: Měření nasákavosti malby před a po čištění.

Povrch malby a chování fixáže je různorodé. Některé úspěšné zkoušky čištění se po zopakování na jiném místě neosvědčily. Z polárních rozpouštědel lokálně fungoval etanol a aceton, při jejich použití se redukovala lesklá místa na malbě. Pro zlepšení čistícího efektu jsme tato rozpouštědla zkusili aplikovat v gelu *Carbopolu*, což je polymer kyseliny akrylové (pro neutralizaci kyselosti byl *Cabopol* smíchan se čpavkem). *Carbopol* má schopnost vázat ředidlo delší dobu, čímž se prodlužuje doba jeho působení. Ani tyto zkoušky nebyly příliš účinné. Obdobné výsledky jsme získali čištěním s komplexotvornými sloučeninami nebo tenzidy v gelu, které byly účinné také jen lokálně.

Vyzkoušeli jsme různé aplikace a koncentrace hydrogenuhličitanu a uhličitanu amonného. Zkoušky s hydrogenuhličitanem a uhličitanem amonným evidentně odstranily zažloutlou fixáž, ale po vyschnutí byla testovaná místa bíle zakalená, objevila se zde pravděpodobně síranová krusta, která je pravděpodobně lokálně přítomná na malbě pod zažloutlou fixáží a oslepuje barevný povrch. Z takového místa jsme odebrali vzorek, abychom na stratigrafickém nábrusu zjistili, co se děje s čištěním povrchem. Laboratorní analýza neprokázala přítomnost fixáže v tomto vzorku, z čehož usuzujeme, že jsme fixovaný povrch vyčistili. Dalším důkazem, že jsme z povrchu odstranili

fixáž, je zvýšená nasákavost malby, kterou jsme ověřili tahem mokrým štětcem přes čištěný i nečištěný povrch – na čištěném místě se voda vsakovala daleko rychleji – a měřením nasákavosti mikroporézní houbou (metoda měření nasákavosti viz kapitola 3.4.4. *Měření nasákavosti*) [tab. 70]. Zkoušky čištění byly kontrolovány v UV světle, čímž se prokázalo, že jsme z povrchu odstranili fixativ, protože čištěná místa v UV světle nezářila [obr. 67].

Na dočištění síranových krust jsme odzkoušeli syntetické iontoměniče. Jedná se o syntetické pryskyřice, které jsou schopné vyměňovat ionty. Iontoměniče se dělí na katexní (kationaktivní iontoměniče) a anexní (anionaktivní). Vlastností iontoměničů, které se mohou chovat buď jako zásada nebo jako kyselina, se využívá při odstraňování určitých jevů, např. katexy se používají při odstraňování síranových krust. Pro čištění síranových krust se nejlépe osvědčil katex s komerčním názvem Amberlite IR 120 H (silně kyselý katex). Jako optimální způsob čištění se jeví v prvním kroku aplikace uhličitanu amonného a ve druhém kroku aplikace katexního iontoměniče (Amberlite IR 120 H). Iontoměnič jsme zkusili aplikovat společně s uhličitanem amonným, protože jsou známé publikované výsledky úspěšné aplikace této směsi při čištění nástěnných maleb s obdobnou problematikou (polymerní fixáž a síranové krusty) z Itálie.<sup>92</sup> Tímto čištěním se nám podařilo odstranit jen fixáž, ale ne síranovou krustu.

Poslední oblastí zkoušek čištění bylo odstranění silně pojených gázových přelepů z předchozího restaurování. Ty jsme zkusili odstranit pomocí dlouhodobějšího zvlhčení teplou destilovanou vodou aplikovanou v gelu přes japonský papír. Místo po odstranění přeplepu bylo dočištěno vatovými tampónky s teplou destilovanou vodou. Tato metoda se ukázala jako dostačující.

---

<sup>92</sup> BOURSOVÁ, Sean., *Možnost čištění povrchu nástěnných maleb pomocí iontoměničů*. Litomyšl, 2006. Bakalářská práce. Univerzita Pardubice, Fakulta restaurování. Katedra chemické technologie.

#### 2.4.6. Chemicko-technologický průzkum

Na průzkum barevné vrstvy (stratigrafie barevné vrstvy, určení pigmentů a pojiv) bylo odebráno celkem šest vzorků. Pro určení zčernání inkarnátů ve tvářích andělů byl analyzován archivovaný vzorek z předchozího restaurátorského průzkumu provedeného FR UPCE.<sup>93</sup> Z fixovaných míst na malbě jsme odebrali několik vzorků, abychom mohli identifikovat složení fixáže a laboratorně testovat její rozpustnost. Ze dvou hloubek malby byly odebrány vzorky pro stanovení obsahu vodorozpustných solí. Jednotlivé vzorky, popis jejich odběru, metody zkoumání a výsledky analýzy jsou zařazeny v textové příloze [Textová příloha; I. Chemicko-technologický průzkum].

Od listopadu 2012 probíhá měření klimatu (snímání T a RH pomocí dataloggeru Comet) v interiéru kaple, které by mělo pokračovat až do listopadu 2013. Data jsou graficky znázorněny v grafu v chemicko-technologickém průzkumu [Textová příloha; I. Chemicko-technologický průzkum].

#### 2.4.7. Dendrochronologický průzkum

*Provedl Ing. Josef Kyncl (Dendrochronologická laboratoř Josef Kyncl, Brno)*

Dendrochronologie je vědecká metoda, která umožňuje určit stáří dřeva jednotlivých stavebních konstrukcí (schodiště, nosných trámů apod.) nebo samotných uměleckých děl. Metoda je založená na analyzování letokruhů dřeva, které během růstu stromu nabývají charakteristickou podobu. Měření je možné provést neinvazivně pomocí vyhodnocení letokruhů z fotografie ve speciální počítačové aplikaci, anebo invazivně – odběrem vzorků pomocí dendrochronologického vrtáku. Pro odběr vzorku je důležité, aby na měřeném místě nechyběl poslední (podkorní) letokruh. Jestliže je tento letokruh dochován, je možné určit stáří dřevěného prvku s přesností na roční období v kalendářním roce.

---

<sup>93</sup> UNIVERZITA PARDUBICE, Fakulta restaurování. *Restaurátorský průzkum: Nástěnné malby, štuková výzdoba a omítky interiéru kaple sv. Isidora v Křenově*. Litomyšl, březen 2012.



Dendrologický vrták pro pořizování vzorků dřeva a odebrané vzorky<sup>94</sup>

Tento průzkum je doplňkový pro naše bádání. Naším cílem bylo určit stáří vřetenovitého schodiště, které vede na kruchtu, a tím upřesnit dataci jednotlivých stavebních počinů v kapli sv. Isidora. K dendrochronologické analýze byly odebrány čtyři vzorky (d914, d915, d9161 a d9162) za třech stupňů schodiště a byly pořízeny fotografie v místech, kde byly viditelné všechny letokruhy. U všech třech stupňů bylo prokázáno, že pochází ze stejného stromu, jedle staré přibližně 170 let, která byla pokácena v období pozdního léta až podzimu r. 1706 (viz textová příloha).

## **2.5. Vyhodnocení průzkumu**

Vznik hřbitovní kaple sv. Isidora v Křenově datujeme do r. 1707, kdy byl položen její základní kámen. Dataci víceméně potvrdil i dendrochronologický průzkum ze vzorků ze schodiště v kapli, jež je vytvořené ze dřeva, které bylo pokácené zřejmě na podzim v r. 1706. Datace a autorství malovaných a štukových prací v kupoli kaple nejsou známé, na malbě jsme nenalezli autorský podpis ani dataci. Nástěnné malby podle autorů Uměleckých památek Čech 2 vznikly v roce 1727 a jejich tvůrcem je údajně Jan Kryštof Handke.

Centrální malba a štuková výzdoba v západní části kupole kaple, kterých se týká tento průzkum, jsou značně poškozené v důsledku zanedbaní oprav kaple. Do kaple zatékalo řadu let až do r. 2007, kdy byl opraven poškozený krov. Vlivem zatékání se zejména na povrch malby dostal vyšší obsah vodorozpustných solí – síranů, které do malby zřejmě migrovaly ze štukových

---

<sup>94</sup> Dendrologický vrták pro pořizování vzorků dřeva a odebrané vzorky. In: [online]. [cit. 2013-08-18]. Dostupné z: <http://cs.wikipedia.org/wiki/Dendrochronologie>

prvků, které obsahují příměs sádry. V interiéru kaple je monitorováno klima (T a RH), z těchto dat vyplývá, že klima v kapli je poměrně stabilní. Relativní vlhkost v kapli je poměrně vysoká, neklesá pod 75 %. Vzhledem k tomu, že na malbě byly identifikovány pouze sírany, jejichž rovnovážná vlhkost je velmi vysoká (kolem 100 %), a tudíž nepodléhají cyklickým přeměnám krystalizace a hydratace, nebude nutné provádět odsolování s ohledem na vysokou citlivost povrchu nástěnné malby. Odsolování síranů je komplikované kvůli jejich nízké rozpustnosti, v tomto případě by při odsolování mohlo hrozit nebezpečí migrace síranů ze štukových prvků.

Malba je provedena přímo na vrstvě intonaca. Na povrchu je zřetelná přípravná rytá kresba a lokálně, v místech ztráty finální malby, se vyskytuje přípravná podmalba v červenohnědé barvě. Techniku malby nelze jednoznačně určit. Na určitých snímcích vzorků z elektronového mikroskopu je patrné, že barevná vrstva je velmi dobře propojená se svým podkladem, což indikuje spíše fresco malbu. Ve dvou vzorcích byla mikrochemickými zkouškami prokázána přítomnost bílkovin. Ze zmíněných důvodů usuzujeme, že se nejspíše jedná o fresco-secco malbu. Zlacení (plátek zlata) na štuku je aplikováno na olejový podklad, ve kterém jsou přítomné olovnaté pigmenty. Barevná vrstva štuku je pravděpodobně vytvořená technikou tempery (mikrochemickými zkouškami nebyla potvrzena přítomnost olejů; podle výsledků chemicko-technologického průzkumu barevná vrstva neobsahuje uhličitán vápenatý).

Jediný známý restaurátorský zásah na malbách a štuku je z r. 2005 a 2006, kdy restaurátorky Radana a Dagmar Hamsíkovi provedly zajišťovací restaurátorské práce. V rámci zmíněného zásahu byla nástěnná malba během obou let fixována silně koncentrovaným fixativem. Tento prostředek s největší pravděpodobností zapříčinil vysokou míru degradace nástěnné malby, a proto bude nezbytné se během restaurování pokusit fixáž odstranit, což soudě podle provedených rozsáhlých zkoušek čištění, nebude snadné.

## **2.6. Návrh postupu restaurátorských prací**

Koncepce restaurátorského zásahu je navrhována na základě výsledků uměleckohistorického a restaurátorského průzkumu. Na základě získaných poznatků navrhujeme následující postup restaurování:

### **I) Konsolidaci**

- Strukturální konsolidaci rozdrolené omítkové vrstvy a rubové strany puchýřů a odchlíplých barevných vrstev: vápennou nanosuspenzí *CaLoSiLem® E 25*.
- Zajištění odchlíplých barevných vrstev a puchýřů: japonským papírem a gázou, jako pojivo bude použita nízko koncentrovaná *Tylosa MH 300*.
- Hloubkovou konsolidaci dutin a prasklin: injektážní směsí na vápenné bázi *Ledanem TA1* (případně jiným konsolidantem na vápenné bázi).
- Celoplošnou fixáž zpráškovatělé nástěnné malby nejlépe minerálními konsolidanty: např. vápennou nanosuspenzí *CaLoSiLem® E* (10 g/l).
- Zpevnění šupinující nástěnné malby: injektováním *Sebosil S* (křemičitý sol) v kombinaci s filtrovanou vápennou vodou pod jednotlivé šupiny malby.
- Plošnou fixáž barevné vrstvy štuku: *Medium for Consolidation 2%* (vodná akrylátová disperze).
- Zpevnění degradovaného zlacení: pomocí injektáže cca 3% konsolidantem *K9* (vodná akrylátová disperze) pod jednotlivé šupiny s následným přitažením šupiny tamponem.

### **II) Očištění malby a štuku**

- Suchou cestou: např. měkkými a tvrdšími štětci, koňskými žíněmi, skelným vláknem, skalpelem, polyuretanovými houbami různé tvrdosti *Wishab* anebo *Wallmaster* aj.
- Mokrou cestou: malba a štuk budou nejprve čištěny destilovanou vodou (a možnými variacemi její aplikace – např. v gelu, zábalu; za studena, za tepla) a na silně fixovaných místech s vodou nerozpustnou fixází bude malba čištěna rozpouštědly (etanolem a acetonem) anebo uhličitánem amonným s následným dočištěním iontoměničem (katexem).

### III) Tmelení

- Tmely v defektech na malbě budou provedeny konzervačně. Malba bude tmelena vápenným tmelem (1:3 vápno písek), který bude barevně tónován tak, aby svým vzhledem napodobil originální barevnost tmelů. Nové tmely budou vytvořeny v méně výrazné barevnosti oproti originálu tak, aby nechávaly otevřenou možnost případným budoucím retuším. Jemnější defekty budou tmeleny opět tónovaným štukem z vápna s mramorovou moučkou.
- Tmely v defektech štku budou v silnějších vrstvách provedeny vápenným tmelem s pískem. V defektech kolem zlacení bude použit akrylátový tmel s příměsí mramorové moučky.

### IV) Retuš

- Retuš malby: koncepce retuše bude teprve diskutována.
- Retuš štku: nápodobivá retuš bude provedena na nových tmelech a v místech ztráty okrové barevnosti pomocí minerálních pigmentů určených k restaurování (distributor: Deffner a Johann, Kremer Pigmente), které budou pojeny 1 – 2% akrylátovou disperzí K9. Rekonstrukce zlacení navrhujeme provést pomocí barevných slíd jako pigmentů opět za použití zmíněného pojiva. Tento způsob doplnění zlacení poměrně přesvědčivě imituje svým leskem chybějící plátek zlata, přičemž z blízka je doplněk snadno rozpoznatelný od originálu.

## 3. Restaurování

### 3. 1. Postup restaurátorských prací

#### 3.1.1. Konsolidace malby a štuků

##### Malba

Odchlíplé barevné vrstvy a rozsáhlé puchýře, které byly z rubové strany rozdrolené a zpískovatělé, byly nejprve strukturálně konsolidovány vápennou nanosuspenzí *CaLoSiLem® E 25*. Aplikace byla 2-4x zopakována. Po technologické pauze, kdy probíhala karbonatace vápenné nanosuspenze, jsme konsolidovaná místa zkontrolovali. Na různých místech bylo třeba konsolidaci zopakovat, a protože na některých místech malby by se už měly tendenci tvořit bílé prosáklé zákaly, konečnou konsolidaci jsme provedli organokřemičitanem *KSE 300 HV*, po jeho aplikaci jsme se po dobu třech týdnů zdrželi všech metod využívajících vodu.

Po strukturální konsolidaci těchto nejohroženějších částí malby, u kterých hrozilo odpadnutí, jsme mohli přistoupit k aplikaci zajišťovacích přelepů. Pro přelepy byl vybrán japonský papír pro svou poddajnost k citlivému povrchu. Přelepy byly pojeny karboxymethylcelulosou *Tylosou MH 300* přibližně 3% ve vodě. Japonský papír jsme v malých kouscích aplikovali přes sebe pomocí jemného vlasového štětce, tak aby bylo zpevnění co nejefektivnější a celoplošně v bezprostředním kontaktu s citlivým povrchem malby [obr. 72;77]. Na vrstvu s japonským papírem, který je poddajný a velmi dobře přilnul k povrchu malby, jsme nanесли druhou zajišťující vrstvu z gázy, která celkovému přelepě dodala pružnost. Některé svitky malby už nebylo možné uchytit na japonský papír, proto jsme je transferovali a z rubové strany zpevnili řídkým *Ledanem TA1*.

Lokálně před aplikací zajišťujících přelepů bylo nezbytné zafixovat zpráškovatělou barevnou vrstvu, to bylo provedeno 2x postřikem do nasycení substrátu nanovápnem *CaLoSiLem® E25* při koncentraci 5 g/l.

Zajišťovací práce pokračovala etapou hloubkové konsolidace dutin a prasklin, ke které jsme použili injektážní směs na vápenné bázi *Ledan TA1*. *Ledan TA1* (původně D2) je směs, která se skládá ze speciálního pojiva z čisté křemičité moučky extrémně nízké frakce, jemně mletých pucolánů a speciální

přísady ztekutělovače a ze složky tvořící póry - během 20 minut by se z této směsi měl vytvořit homogenní produkt.<sup>95</sup> *Ledan TA1* jsme si podle potřeby připravovali pastóznější nebo řidší. Silnější vrstvy odchlíplé malby jsme si nejprve předvlhčili lihem s vodou přibližně v poměru 1:1. Menší dutiny jsme zkusili vyplnit konsolidantem s nanočásticemi na bázi vápna s komerčním názvem *CaLoSiL „Paste-like“*. Tento prostředek nemá schopnost zatékat a také nedisponuje lepivou schopností, z tohoto důvodu jsme ve větší míře používali *Ledan TA1*. Veliké kry odchlíplé barevné vrstvy (někdy až 30 cm rozsáhlé) jsme postupně zpevňovali injektováním a okamžitě po nanesení *Ledanu TA1* jsme malbu pomocí vypořazených destiček vraceli do původní polohy, a malbu jsme okamžitě zajistili vzpěrou [obr. 73]. V některých případech bylo nezbytné větší kry rozříznout skalpelem, případně nastříhnout kadeřnickými nůžkami, které jsou velmi ostré a mají delší ostří, tak aby bylo možné postupně navracet jednotlivé barevné vrstvy [obr. 71-76]. Injektážní směs jsme se snažili do rozsáhlých dutin vpravit v různé konzistenci (např. i s mramorovou moučkou) podle potřeby a různými způsoby, např. pomocí delších injektážních jehel, trubiček (kanyl) [obr. 72], špachtlí, štětcem aj. Vzpěry zajišťující malbu byly průběžně kontrolovány. Vzpěry jsme nechali vzepřené o malbu až do úplného vyschnutí *Ledanu TA1*. Tato vzpěra je teleskopicky nastavitelná a jejími komponenty jsou dvě plochy umístěné na obou koncích tyče - plocha nahoře i vespod má pohyblivý kloub, což umožňuje použít tuto vzpěru téměř v jakémkoli požadovaném úhlu. Povrch vzpěry jsme změkčili několika vrstvami buničiny eventuálně polystyrenem s několika vrstvami buničiny, na rozsáhlejší krusty jsme používali jako podklad sololitovou desku s upravenými rozměry pro každý konkrétní případ. Po odejmutí vzpěr byly krusty kontrolovány a zbylé dutiny doinjektovány. Tímto způsobem konsolidace nedošlo k téměř žádným ztrátám malby. Kupodivu bylo obtížnější vracet menší svitkově zkroucené barevné vrstvy než rozsáhlé odchlíplé barevné kry. Transferované a nalezené kousky malby na lešení byly po zajištění okolní malby navraceny na své původní místo [obr. 76;82]. Pod několik tenkých odchlíplých barevných vrstev nebylo možné vtěsnat *Ledan TA1*, z tohoto důvodu jsme na pár místech použili ke konsolidaci akrylátovou disperzi *K9 3- 4%*. Navracené svitky barevné vrstvy měly křehké okraje, bylo nutné je napouštěním (retušovacím štětcem nebo injekční stříkačkou) dozpevnit

---

<sup>95</sup> TECNO EDILE TOSCANA. *Ledan TA1*. Italy. Dostupné z: [www.tecnoediletoscana.com](http://www.tecnoediletoscana.com)

*CaLoSilem E25*<sup>®</sup>. Tato etapa restaurování (konsolidace puchýřů a svitků malby a jejich navrácení pomocí vzpěr) byla provedena s asistencí restaurátora BcA. Davida Zemana. Tato problematika by byla nezvládnutelná k vyřešení pro jednu osobu, daná práce vyžadovala účast několika osob (rukou).

Defekty sahající až na zdivo byly při svých okrajích zajištěny respektive podtmeleny vápenným tmelem (váno:písek; 1:3) a dozpevněny *CaLoSiLem*<sup>®</sup> *E25*.

Celoplošná fixáž zpráškovatělé nástěnné malby byla nejprve provedena minerálními konsolidanty, a to konkrétně vápennou nanosuspenzí *CaLoSiLem*<sup>®</sup> *E25* při koncentraci 10 g/l. Tento konsolidant byl zvolen po rozsáhlých laboratorních zkouškách a zkouškách *in situ* (viz I. část diplomové práce). Vápenná nanosuspenze byla vždy ředěna čistým rozpouštědlem etanolem, použitím technického lihu tento systém totiž ztrácí svoji stabilitu a nanočástice se okamžitě začnou usazovat na dně nádoby. Z testování *in situ* vyplynulo, že optimální koncentrace pro fixování zpráškovatělé malby je při 10 g/l. Několik prvních aplikací se osvědčilo nanášet metodou natírání pomocí jemného štětce přes japonský papír s následným tupováním povrchu tamponem (vatou obalenou v jemné igelitové folii). Vysledovali jsme, že tímto způsobem se vpraví vyšší množství konsolidantu do substrátu. V ploše malby se lokálně vyskytovaly drobnými puchýřky (výkvěty solí) v kombinaci se silným zpráškovatěním, na takovém místě jsme nejprve provedli zkoušku o velikosti 15 x 15 cm, na kterou jsme aplikovali až osm cyklů nanosuspenze při 10 g/l se závěrečným rosením po konsolidaci (ne, po každé aplikaci, protože by docházelo ke zbytečnému namáhání povrchu vodou). Zákal se nevytvořil, a proto jsme tuto metodu uplatnili v celé ploše malby. První dvě až čtyři aplikace jsme nanесли štětcem, dalších osm sprejováním. Metodou sprejování se konsolidant aplikuje rovnoměrněji a zároveň je tato metoda snazší pro manipulaci. Na některých místech byla fixáž dostačující, jiná místa byla potřeba ještě dozpevnit, ale protože na malbě by se už měl tendenci tvořit bílý zákal (pravděpodobně snížením její porosity) při dalším použití vápenné nanosuspenze, hledali jsme jiné varianty použití tohoto konsolidantu. Z literatury<sup>96</sup> je znám případ použití nanosuspenze společně s 0,5 % *Klucelem*. Kombinace nanosuspenzí s jinými látkami mohou vzájemným

---

<sup>96</sup> DAEHNE, A., HERM, Ch., *Calcium hydroxide nanosols for the consolidation of porous building materials - results from EU-STONECORE*, Heritage Science 2013, 1:11.

spolupůsobením dosahovat lepších výsledků. Do posledních tří aplikací vápenné nanosuspenze přidali 0,5 % *Klucel G*. I přes vysokou četnost aplikací vápenných nanosuspenzí lokálně nedošlo k dostatečnému zpevnění. Malba byla na silně zpráškovatělých místech (zejména v pozadí malby v západní části výjevu) dofixována dvěma až třemi cykly 1% *Klucel G* ředěného vodou s příměsí etanolu.

Šupinující barevná vrstva byla lokálně zpevňována *Sebosilem S* (křemičitý sol). *Sebosil S* jsme injektovali přímo pod šupinu malby a následně zakápli dostatečným množstvím filtrované vápenné vody tak, aby se vytvořil křemičitý gel, na který šupina dobře přilnula. Tato metoda konsolidace byla uplatnitelná opět jen lokálně, protože na některých místech docházelo k mírnému bílému zákalu (i přestože jsme *Sebosil S* zkusili ředit i na nízkou koncentraci přibližně 50 g/l) nebo barevná vrstva zkřehla a nadále měla tendenci odpadávat. Proto jsme přistoupili ke konsolidaci organickým konsolidantem 1% *Klucelem G*, který jsme aplikovali ve dvou až třech cyklech metodou postřiku až do nasycení substrátu a následně tupovali tamponem. Tento konsolidant je vodorozpustný, z čehož plyne jeho schopnost určité reverzibility.

### Štuk

Štuk byl strukturálně konsolidován organokřemičitanem *KSE 300 HV*. Konsolidant byl aplikován injekční stříkačkou nebo štětcem přímo do defektů se zpískovatělým povrchem [obr. 54]. Po konsolidaci následovala třítydenní technologická pauza.

Odchlíplé barevné krusty byly buď podtmeleny vápenným tmelem (vápno:písek; 1:3) nebo navraceny na pastózní *Ledan TA1* smíchaný s mramorovou moučkou. Injektáž dutin a prasklin *Ledanem TA1* byla provedena ve vyšší míře v oblasti štukového rámu. Okřídlená hlava andílka, která je lokalizovaná v blízkosti větracího otvoru, měla odchlíplé své pravé křídlo. Dutinu jsme vyplnili *Ledanem TA1* a pomocí vzpěry jsme křídlo zajistili a navrátili do původní polohy.

Pro plošnou fixáž šuku byla odzkoušena aplikace vápenné nanosuspenze *CaLoSiLu® E25* při koncentraci 5 g/l. Při konsolidaci jsme se snažili vyhýbat zlaceným prvkům. Zlacení šuku je provedeno na olejové medium, které by mohlo být citlivé na zásadité prostředí, proto jsme zpráškovatělou okrovou vrstvu na štukových prvcích dofixovali vodnou akrylátovou disperzí *Mediem for*

*Consolidation 2%. Medium for Consolidation* bylo zvoleno na základě svých dobrých vlastností, mezi které zejména patří to, že netvoří lesky ani jinak neovlivňuje barevnost substrátu.<sup>97</sup>

Zlacení, které odpadávalo ve formě šupin, jsme zpevňovali pomocí injektaže vodné akrylátové disperze *K9* 3-4%. Konsolidant jsme injektovali pod jednotlivé šupiny s následným přitažením šupiny tamponem. Disperze *K9* se vyznačuje vyšší lepivostí než *Mediem for Consolidation*, které se nalepení šupin neosvědčilo.

### 3.1.1. Čištění malby a štuků

Malba byla mírně čištěna ještě před konsolidací. V místech, kde povrch nebyl příliš křehký a zpráškovatělý, byl povrch čištěn suchou cestou - jemnými vlasovými štětci od pavučin a prachu. Lokálně se nacházely exkrementy much, které jsme odstranili skalpelem. Během předchozího restaurátorského zásahu byla malba zafixována i s pavučinami. Pavučiny a další nečistoty, které silně přilnuly k povrchu, jsme na kompaktních a silně fixovaných místech malby čistili mokrou cestou pomocí vatových tampónků smočených v teplé destilované vodě [obr. 65]. Odstranili jsme přeplepy z organitýnu údajně pojeného *Lovosou*, jenž byly aplikované během předchozího zásahu. Tyto přeplepy byly lokálně napadeny plísní a rozpadaly se po jednotlivých vláknech, anebo byly silně přepojené, tudíž je nebylo možné odstranit suchou cestou pomocí pinzet, skalpelů nebo štětců. Přeplepy bylo nutné dlouhodoběji překrýt zábalem z *Arbocelu* s vlažnou destilovanou vodou. Po několika minutách působení, bylo možné přeplepy sundat a přebytek pojiva odmyvat vatovými tampony s vlažnou destilovanou vodou aniž by docházelo ke ztrátám barevného povrchu. Štuk jsme před konsolidací také lehce očistili jemnými vlasovými štětci a vatovými tampony s vlažnou destilovanou vodou 1:1 s ethylalkoholem od silných prachových depozitů, pilin pocházejících ze stavebních úprav, pavučin a hmyzu.

---

<sup>97</sup> KOCIÁNOVÁ, Ivona. *Restaurování části nástěnné malby v místnosti m 315 (Čínský salónek) ve třetím nadzemním podlaží zámku Vizovice: východní stěna*. Litomyšl, 2011. Bakalářská práce. Univerzita Pardubice, Fakulta restaurování. Vedoucí práce Mgr. Art. Jan Vojtěchovský.

## Malba

Po konsolidaci jsme barevnou vrstvu dočistili suchou cestou pomocí měkkých a tvrdých štětců, koňských žíní, skelných vláken, skalpelu a polyuretanových hub *Wishab* různé tvrdosti anebo houbou *Wallmaster* atd.

Jak již bylo zmíněno výše, na malbě se nacházely dva různé typy fixáže. První typ fixáže byl částečně vodorozpustný a bylo ho tedy možné čistit teplou destilovanou vodou za využití různých metod zlepšujících čistící efekt. Teplou vodu jsme například aplikovali přes japonský papír v gelu (*Tylose MH 300*) nebo v zábalu (*Arbocelu* s příměsí *Tylosy MH 300*). Vodné obklady jsme také zahřívali horkovzdušnou pistolí, aby se zvýšila rozpustnost fixativu. Čištěné místo bylo vždy následně omyto vatovým tamponem nebo štětcem se zahřátou destilovanou vodou a pomocí buničiny sušeno, tímto způsobem došlo k odsátí rozpuštěné fixáže z povrchu malby. Lokálně jsme používali párový skalpel a více kompaktní místa jsme čistili silnější párou, která je využívána např. při restaurování uměleckých děl z kamene.

Druhý typ fixáže byl vodou nerozpustný. Tento kompaktní silně lesklý film se nám lokálně povedlo odstranit polárními rozpouštědly (etanolem a acetonem) aplikovanými v gelu nebo zábalu (doba působení cca 15 min.). Komplexotvorná sloučenina byla použita víceméně jen v rámci zkoušek, úspěšnost čištění byla také jen lokálního charakteru. Jako úspěšná metoda čištění fixované nástěnné malby v kombinaci s poškozením síranovými krustami se prokázala aplikace uhličitanu amonného (amonná sůl; chemický vzorec  $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ ) v prvním kroku a dočištění iontoměničem (katexem) v kroku druhém. Kombinace iontoměniče s uhličitanem amonným byla úspěšně použita při čištění maleb s obdobnou problematikou v kapli Brancacciů v Santa Maria del Carmine ve Florencii.<sup>98</sup>

## Štuk

Štuk byl nejprve čištěn suchou cestou pomocí polyuretanové houby *Wishab* a *Wallmaster*, štětčinových štětců, koňských žíní a skelných vláken. Výkvěty solí kolem zlacení se nám zdařilo očistit skelným vláknem. Prach a jiné nečistoty v některých partiích okrové barevné vrstvy pevně přilnuly nebo částečně migrovaly do barevné vrstvy a suchou cestou se je zdařilo očistit jen částečně, a proto bylo nutné vyzkoušet možnosti čištění mokrou cestou. Plochu barevné

---

<sup>98</sup> BOURSOVÁ, Sean. *Možnost čištění povrchu nástěnných maleb pomocí iontoměničů*. 2006. Univerzita Pardubice, Fakulta restaurování, Katedra chemické technologie. Bakalářská práce, s. 27.

vrstvy (i zlacení) jsme čistili teplou destilovanou vodou, eventuálně s příměsí ethanolu, s různými variacemi metod aplikace – např. v gelu, zábalu, koňskými žíněmi, tamponem aj. Čištění gelem (silně koncentrovanou zahřátou *Tylosou MH 300*) se osvědčilo na nánosy prachových depozitů, které částečně migrovaly do barevné vrstvy, tímto způsobem se nám podařilo omezit. Vyzkoušeli jsme i chemické čištění (zkouška komplexonátem a katexním iontoměničem), ale neprokázalo se, že by bylo účinné.

### 3.1.6. Tmelení



Ilustrační fotografie přípravy optimální barevnosti tmelů pro konzervační zásah na nástěnné malbě.

Před tmelením jsme si barevnou vrstvu v bezprostřední blízkosti defektů odizolovali 70 % *cyklododekanem* v lakovém benzínu. *Cyklododekan* (CDD) je netoxický prostředek s vodoodpudivými vlastnostmi, který má schopnost velmi rychle sublimovat, a proto je používán jako dočasný konsolidant nebo jako izolační nátěr.

## Malba

Tmely v defektech na malbě jsme provedli konzervačně za použití vápenného tmelu. Hlubší defekty byly nejprve tmeleny hrubším vápenným štukem v poměru 3 díly písku na 1 díl bílého vzdušného vápna. Jemné intonaco, svrchní vrstva tmelů, byla vytvořena z jemně přesátého písku v poměru 3:1 s bílým vzdušným vápnem. U svrchní vrstvy tmelů jsme se snažili dosáhnout obdobné načervenalé barevnosti, jakou mají originální omítky. Této barevnosti se nám povedlo dosáhnout příměsí červeného písku s vysokým obsahem oxidů železa, který se nachází v bezprostřední blízkosti kaple sv. Isidora. Nové tmely byly vytvořeny v méně výrazné barevnosti oproti originálu, čímž jsme zároveň nechali otevřenou možnost případným budoucím retuším. Jemnější defekty v malbě jsme vytmelili také tónovaným štukem z vápna s mramorové moučky. Zkoušky vhodné barevnosti jsou patrné na ilustrační fotografii, viz výše.

## Štuk

Defekty a praskliny ve štuku jsme vytmelili vápenným tmelem s jemně přesátým pískem (1:3). V defektech v blízkosti zlacení jsme použili akrylátový tmel s příměsí mramorové moučky (1:1).

### **3.1.7. Retuš**

Barevná retuš byla provedena pouze na štukových prvcích (štukovém rámu a dvou okřídlených hlavičkách). Zvolili jsme nápodobivý typ retuše, který byl prováděn na nových tmelech a v místech ztráty okrové barevnosti pomocí minerálních pigmentů určených k restaurování (distributor: Deffner a Johann, Kremer Pigmente). Pojivem retuší byla 1 – 2% akrylátová disperze K9. Rekonstrukce zlacení jsme provedli pomocí barevných slíd jako pigmentů opět za použití stejného pojiva.

Na nástěnné malbě byl prozatím proveden jen konzervační zásah.

### **3.2. Nová zjištění během restaurování**

Během čištění jsme pod přelepem z předchozího restaurátorského zásahu v oblasti obličeje Panny Marie našli odhalenou malovanou vrstvu, která se nalézá pod současnou malbou. Předpokládáme, že se jedná o autorské pentimenti [obr. 70].

### **3.3. Doporučený režim památky**

Jakékoliv opravy a stavební úpravy týkající se kaple sv. Isidora je nutné konzultovat s restaurátory a příslušnými orgány památkové péče. Veškeré zásahy (čištění aj.) týkající se nástěnné malby by měl provádět odborný restaurátor. Péče by měla být věnována pravidelné údržbě kaple, především je nutné kontrolovat stav střechy, protože při jejím porušení by mohlo dojít k destrukci maleb. V interiéru kaple je důležité monitorovat klima a pokusit se omezit teplotní a vlhkostní výkyvy, které by mohly zapříčinit migraci vodorozpuštěných solí a následné poškozování maleb.

### **3.4. Použité materiály**

#### **Prekonsolidace**

- *Tylose MH 300* (dodavatel: Ceiba s. r. o.)
- japonský papír (dodavatel: Ceiba s. r. o.)
- *Sebosil S* (Kallies Feinchemie AG Sebnitz) v kombinaci s filtrovanou vápennou vodou

#### **Čištění:**

- Wishab soft (polyurethanová čistící houba; distributor: Deffner&Johann GmbH)
- Wallmaster (měkká 100% latexová čistící guma; fa Drychem)
- deionizovaná voda
- líh technický (výrobce: Severochema)
- ethanol (čisté rozpouštědlo; Penta Praha)
- toluen (Penta Praha)
- aceton (Penta Praha)
- arboceel (derivát celulózy, distributor: Kremer Pigmente GmbH & Co. KG)
- japonský papír (dodavatel: Ceiba s. r. o.)

#### **Konsolidace:**

- Ledan TA1 (dříve Ledan D2, výrobce: Tecno Edile Toscana)
- líh technický (výrobce: Severochema)
- *Medium for Consolidation* (akrylátová disperze; distributor: Lascaux)
- *Dispersion K 9* (akrylátová disperze; distributor: Kremer Pigmente GmbH & Co. KG)
- *Klucel G* (derivát celulózy; výrobce: Aqualon)
- *CaLoSiL® E* (vápenná ethanolová nanosuspenze; výrobce: IBZ Freiberg)

#### **Tmelení**

- mramorová moučka (distributor: Kremer Pigmente GmbH & Co. KG)
- bílé vzdušné vápno  $\text{Ca}(\text{OH})_2$
- křemičitý písek (Střeleč)
- akrylátový tmel (Kittfort®)
- Cyklododekan (distributor: Kremer Pigmente GmbH & Co. KG)
- Technický benzín (Severochema Liberec)

#### **Retušování**

- křída plavená (výrobce: Kittfort)
- minerální pigmenty (distributor: Deffner a Johann, Kremer Pigmente GmbH & Co. KG)
- *Dispersion K 9* (akrylátová disperze; distributor: Kremer Pigmente GmbH & Co. KG)
- demineralizovaná voda

# SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

## Literatura:

BAGLIONI, M.; RENGSTL, D.; BERTI, D.; BONINI, M.; GIORGI, R.; BAGLIONI, P. *Removal of Acrylic Coatings from Works of Art by Means of Nanofluids: Understanding the Mechanism at the Nanoscale*. *Nanoscale* 2010, 2, 9, 1723-1732.

BAYER, K., MACOUNOVÁ, D., MACHAČKO, L. Nanosuspence hydroxidu vápenatého jako konsolidanty porézních vápenců a vápenných omítek, In: *Acta Artis Academica*. Praha, 2012. Znalost a praxe ve výtvarném umění. Sborník 4. mezioborové konference ALMA. Akademie výtvarných umění v Praze, s. 325-335. ISBN 978-80-87108-33-8.

BISKUP, E., Záchrana vzácných omítek SH Pernštejna, In: *Spektra*. 2009. Roč. 9, č. 2, s. 74-75.

BODANSKÁ, Magda. *Restaurování části maleb v kupoli baziliky Navštívení Panny Marie na Svatém Kopečku u Olomouce*. 2012. Bakalářská práce. Univerzita Pardubice. Fakulta restaurování.

BOURSOVÁ, Sean., *Možnost čištění povrchu nástěnných maleb pomocí iontoměníčů*. Litomyšl, 2006. Bakalářská práce. Univerzita Pardubice, Fakulta restaurování. Katedra chemické technologie.

BRAJER I., Limewater impregnation of wall paintings, In: *Zeitschrift für Kunsttechnologie und Konservierung*. Worms am Rhein 1999, Jahrgang 13, Heft 2, pp. 367 – 368.

BRAJER, I., KALSBECK, N. "Limewater absorption and calcite crystal formation on a limewater-impregnated secco wall paintings", In: *Studies in Conservation*, London 1999, vol. 44, no. 3, pp. 145-156.

BROMMELLE, N. S, *Adhesives and consolidants* : preprints of the contributions to the Paris congress, 2-8 September, IIC, London 1984.

CARRETI, E., L. DEI, B. SALVADORI, and P. BAGLIONI, Mikroemulsions and Micellar Solutions for Cleaning Wall Painting Surfaces. In: *Studies in Conservation*. London 2005, vol. 50, pp. 128-136,

DAEHNE, A., HERM, Ch., *Calcium hydroxide nanosols for the consolidation of porous building materials - results from EU-STONECORE*, *Heritage Science* 2013, 1:11.

DANIELE, V. a G., TAGLIERI, Nanolime suspensions applied on natural lithotypes: The influence of concentration and residual water content on carbonation process and on treatment affectiveness. In: *Journal of Cultural Heritage*. 2010, Volume 11, pp. 102–106.

DANIELOVÁ, I., *Malířská a sochařská výzdoba kaple sv. Isidora v Křenově*. Brno, 2011. Bakalářská práce. Masarykova univerzita v Brně. Filozofická fakulta. Seminář dějin umění.

DE SILVA, R. H., The problem of the binding medium particularly in wall paintin. In: *Wandmalerei*, 1968, pp. 56-64,

DEI, L., GIORGI, R., BAGLIONI, P. A New Method For Consolidating Wall Paintings Based on Dispersions of Lime in Alcohol. In: *Studies in Conservation*. London, 2000. Vol. 45, No 3, pp 154-161.

DEI, L., GIORGI, R., AMBROSI, M., NETO, Ch., BAGLIONI, P. Colloidal Particles of Ca(OH)<sub>2</sub>: Properties and Applications to Restoration of Frescoes. In: *Langmuir*, New Mexico 2001, Volume 17, pp. 4251–4255.

DELFORT, B., BORN, M., CUIVÉ, A., BARRÉ, L., Colloidal Calcium Hydroxide in Organic Medium: Synthesis and Analysis. In: *Journal of Colloid and Interface Science*, New York 1997, Volume 189, Issue 1, pp. 151–157.

DRDÁČKÝ, M., SLÍŽKOVÁ, Z., *Nanomateriály v péči o památky; Ústav teoretické a aplikované mechaniky AV ČR, v. v. i.; 15.10.2012* [online]. [cit. 2013-07-09]. Dostupné z: <http://abicko.avcr.cz/2012/10/06/>

DUNAJSKÁ J., *Zhodnocení současných možností konsolidace vápenných omítek konsolidanty na bázi hydroxidu vápenatého*. Litomyšl 2009. Bakalářská práce. Univerzita Pardubice, Fakulta restaurování, Katedra chemické technologie. Vedoucí práce Ing. Karol Bayer.

DUNAJSKÁ, J., *Tests on sustainability of consolidation treatments with CaLoSil® nanosuspensions on plaster reference samples*. Litomyšl, 2012. Diplomová práce Univerzita Pardubice, Fakulta restaurování, Katedra chemické technologie.

FELLER, R. L., WILT, M. H. *Evaluation of Celulose Ethers for conservation*. The Getty Conservation Institute, 1990.

FÁRA, P. *Sanace vlhkého zdiva*. STOP. Praha, 2003.

GEIGER, Thomas a Françoise MICHEL. Studies on the Polysaccharide JunFunori Used to Consolidate Matt Paint. *Studies in Conservation* [online]. 2005, č. 3, s. 193-204, 03/04/2012 04:02 [cit. 2012-04-12]. Dostupné z: <http://www.jstor.org/stable/25487745>.

HALL, James. *Slovník námětů a symbolů ve výtvarném umění*. Vydání 1. Praha: Mladá fronta, 1991. ISBN 80-204-0205-5.

HLOUŠKOVÁ, D., *Problém fixace barevné vrstvy*. Státní restaurátorské ateliéry. Praha, 1991.

HORIE, C.V., *Materials for conservation; Organic consolidants adhesives and coatings*. Butterworth & Co., 1995.

HOŠEK J., MUK J., *Omítky historických staveb*. Praha, 1989.

*Ilustrovaný glosář projevů poškození kamene: Illustrated glossary on stone deterioration patterns : English-Czech version*. 1. vydání. Praha: ITAM, 2011. ICOMOS: Monuments and sites, 15. ISBN 978-80-86246-38-3 (brož.).

KOCIÁNOVÁ, Ivona. *Restaurování části nástěnné malby v místnosti m 315 (Čínský salónek) ve třetím nadzemním podlaží zámku Vizovice: východní stěna*. Litomyšl, 2011. Bakalářská práce. Univerzita Pardubice, Fakulta restaurování. Vedoucí práce Mgr. A. Jan Vojtěchovský.

Kol. autorů, Vápno, STOP, 2001.

KOPECKÁ, I. a kol, *Preventivní péče o historické objekty a sbírky v nich uložené, příloha časopisu ZPP, roč. 62, Praha 2002*.

KOTLÍK, P., *Stavební materiály historických objektů*. 1. vyd. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, 1999. ISBN 80-7080-347-9.

KOVAŘÍK M., *Nástěnné malířství ve službách církve na moravskotřebovsku*. Litomyšl, 2008. Bakalářská práce. Univerzita Pardubice, Fakulta restaurování.

KUNEŠ, Petr, *Studium chování esterů kyseliny křemičité v zásaditém prostředí*. Praha, 2004. Diplomová práce. Vysoká škola chemicko-technologická v Praze. Fakulta chemické technologie. Ústav chemické technologie restaurování památek.

KUNEŠ, Petr, *Vliv hydroxidu vápenatého na zpevnění vápenné malty organokřemičitým esterem*. Praha, 2012. Disertační práce. Vysoká škola chemicko-technologická v Praze. Fakulta chemické technologie. Ústav chemické technologie restaurování památek.

MACOUNOVÁ D., *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 organodetritického vápence, Rozšířená restaurátorská zpráva*. Litomyšl, 2011. Bakalářská práce. Univerzita Pardubice. Fakulta restaurování.

MACHAČKO, L., *Konsolidace historických omítkových vrstev v druhém NP ambitu bývalého kláštera Rosa Coeli v Dolních Kounicích pomocí vápenné nanosuspenze CaLoSiL*. In: *Zprávy památkové péče*. 2012, roč. 72, č. 2, 122-128.

MALÁ, P., *Porovnání fixáčních prostředků nástěnných maleb z hlediska jejich reverzibility a biologické stability*. Litomyšl, 1998. Absolventská teoretická práce.

MICHOINOVÁ, D., *Zpevnování historických omítek – dílčí vyhodnocení experimentu z roku 2004*. In *Křivoklát 2005 Historické omítky*. Seminář STOP. 2005.

MICHOINOVÁ, D., *Příprava vápenných malt v péči o stavební památky*, Informační centrum ČKAIT, Praha 2006.

MICHOINOVÁ, D., Konsolidace omítek vápennou vodou I. In: *Zprávy památkové péče*, 2002. Roč. 62, č. 5, 130-134.

MICHOINOVÁ, D., Zpevňování omítek vápennou vodou II. In: *Zprávy památkové péče*, 2012. Roč. 72, č. 5, 356-361.

MIKULEC, J., Svatý Isidor – španělský sedlák na českém venkově. In: *Dějiny a současnost*. 1992, roč. 92, č. 5, 26-30.

MORA, P., MORA, L., PHIPIPPOT, P. *Conservation of Wall Paintings*. ICCROM, London 1984.

*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.

PAŘENICOVÁ, P., *Možnosti konzervace povrchu leštitelných vápenců*. 2011 Univerzita Pardubice, Fakulta restaurování. Diplomová práce.

PETR, F., *O starých malbách a jejich restaurování*. Státní nakladatelství krásné literatury, hudby a umění. Praha 1954.

PINTO, A. P. F. a J. D. RODRIGUES, Stone consolidation: The role of treatment procedure. *Journal of Cultural Heritage* [online]. 2008, č. 9, s. 38-53 [cit. 2012-05-12]. Dostupné z: [www.sciencedirect.com](http://www.sciencedirect.com).

POCHE, Emanuel. *Umělecké památky Čech 2: K - O*. 1. vyd. Praha: Academia, 1978.

PRICE, C., ROSS, K. and WHITE, G., A further appraisal of the „lime technique“ for limestone consolidation, using a radioactive tracer. In: *Studies in Conservation*. London, 1988, vol. 33, no. 4, pp. 178-186.

ROYT, J., *Poslové nebes: doprovodná publikace k výstavě o andělech ve výtvarném umění od středověku do 20. století*. Muzeum Šumavy v Sušici, květen–říjen 2001.

SLÁNSKÝ, Bohuslav. *Technika malby díl I.: malířský a konzervační materiál*. Vydání druhé. Praha a Litomyšl: Paseka, 2003. ISBN 80-7185-610-X.

SLÁNSKÝ, Bohuslav. *Technika malby díl II.: průzkum a restaurování obrazů*. Vydání druhé. Praha a Litomyšl: Paseka, 2003. ISBN 80-7185-623-1.

ŠEVCŮ, O., *Křivoklát 2004. Zpevňování historických omítek*. Odborný seminář STOP, Praha 2004.

ŠMERAL, Jiří, P. Jan TURKO a Georg B. BOUCHAL. *Křenovská farnost v historii: Pfarrei Krönau in der Geschichte*. 1. vydání. Jevíčko: Římskokatolická farnost Křenov, 2010.

ŠRÁMKOVÁ, E., *Srovnávání možností strukturální konsolidace vápenných omítek různými křemičitých solí*. Litomyšl, 2003. Bakalářská práce. Institut restaurování a konzervačních technik Litomyšl, o. p. s.

TORRACA G., *Solubility and Solvents for Conservation Problems*. 3. vydání, ICCROM, Roma, 1984.

TŘESOHLAVÁ M., *Srovnání tradičních a moderních konsolidačních prostředků pro zpevňování barevné vrstvy nástěnné malby*. Litomyšl 2006. Bakalářská práce. Univerzita Pardubice. Fakulta restaurování.

VANĚČEK, Ivan. *Nástěnné malby*. Praha, 2000. STOP. ISBN 80-902668-3-5.

ZELINGER, J., a kolektiv. *Chemie v práci konzervátora a restaurátora*. Praha: Academia, 1987.

## Prameny:

- BAYER, Karol. Přednášky k výuce předmětu: *Technologie restaurování a konzervace*. Litomyšl, 2008-2012. Univerzita Pardubice. Fakulta restaurování.
- *DELIVERABLE 6.1: Collaborative Project NANOFORART*. Project no. ENV-NMP.2011.2.2-5; ENV-NMP.2011.3.2.1-1- 282816
- fotografie interiéru hřbitovní kaple sv. Isidora (archiv OÚ v Křenově; soukromý archiv Miroslavy Sejnohové)
- HAMSÍKOVÁ, D. a HAMSÍKOVÁ, R., *Restaurátorská zpráva*, II. etapa v roce 2006 fresky J. K. Handkeho v klenbě hřbitovní kaple sv. Isidora (archiv OÚ v Křenově).
- HAMSÍKOVÁ, Radana a Jiří KAŠPAR. *Křenov, hřbitovní kaple sv. Isidora: Restaurátorská zpráva - vyhodnocení stavu malířské a sochařské výzdoby kaple*. 2004. (archiv OÚ v Křenově)
- IBZ-Salzchemie GmbH & Co.KG. *Technický list: 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)
- KALLIES FEINCHEMIE AG SEBNITZ. *Technický list: Sebosil S*. 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)
- KOSTELNÍČKOVÁ, H., *Barokní památky v Křenově*, seminární práce C 101, školní rok 1996–1997 (archiv FR v Litomyšli).
- KOVAŘÍK, P., KOVAŘÍKOVÁ, J., *Hřbitovní kaple sv. Isidora – vyhodnocení současného stavu objektu*, březen 2004 (archiv OÚ v Křenově) - Půdorysné plány – ing. Josef Kusák, ing. Rostislav Lorenc (archiv OÚ v Křenově).
- Kremer Pigmente GmbH & Co. KG, *Technický list: Syton® X 30*. Dostupné z: [http://www.kremer-pigmente.com/media/files\\_public/31430\\_SHD\\_ENG.pdf](http://www.kremer-pigmente.com/media/files_public/31430_SHD_ENG.pdf)
- MORA, P., MORA, L., PHIPIPPOT, P. *Conservation of Wall Paintings*. ICCROM, London 1984 – překlad do českého jazyka; příčiny poruch maleb; část II.
- REMMERS CZ S.R.O. *Technický list: KSE300 HV*. Říčany u Prahy. Dostupné z: [http://artrestauro.sk/content/pdfs/KSE\\_300\\_HV\\_na\\_vapence.pdf](http://artrestauro.sk/content/pdfs/KSE_300_HV_na_vapence.pdf)
- *Safety Data Sheet CaLoSiL: products based on Ethanol*. IBZ-Salzchemie GmbH & Co. KG. Halsbruecke, Germany, 2012.
- UNIVERZITA PARDUBICE, Fakulta restaurování. *Restaurátorský průzkum: Nástěnné malby, štuková výzdoba a omítky interiéru kaple sv. Isidora v Křenově*. Litomyšl, březen 2012.
- ZFB. *Safety data sheet: Version 1.0*. ZFB-Zentrum für Bucherhaltung GmgH. Leipzig, Germany, 2006.

### Databáze a internetové zdroje:

- [www.aata.getty.edu](http://www.aata.getty.edu) (Analytical and archeological abstracts; AATA)
- [abicko.avcr.cz](http://abicko.avcr.cz) (akademický bulletin, Oficiální časopis Akademie věd ČR)
- [www.alma-lab.cz](http://www.alma-lab.cz) (Akademická laboratoř materiálového průzkumu malířských děl; ALMA)
- [www.bcin.ca](http://www.bcin.ca) (bibliografická databáze)
- [www.ceiba.cz](http://www.ceiba.cz) (materiály pro restaurování)
- [www.ctseurope.com](http://www.ctseurope.com) (produkty, vybavení a systémy pro restaurování; C. T. S.)
- [www.getty.edu](http://www.getty.edu) (Getty)
- [www.feinchemie.de](http://www.feinchemie.de) (informace o konsolidantu *Sebosil®*)
- [www.ibz-freiberg.de](http://www.ibz-freiberg.de) (CaLoSiL®; IBZ Salzchemie, Freiberg/Germany)
- [www.lascaux.ch](http://www.lascaux.ch) (materiály pro restaurování)
- [www.nanoforart.eu](http://www.nanoforart.eu) (mezinárodní projekt NANOforART)
- [www.purolite.com](http://www.purolite.com) (Česke stránky Purolite: [www.purolite.cz](http://www.purolite.cz))
- [www.remmers.cz](http://www.remmers.cz) (materiály pro restaurování)
- [www.sciencedirect.com](http://www.sciencedirect.com) (bibliografická databáze)
- [www.stonecore-europe.eu](http://www.stonecore-europe.eu) (mezinárodní projekt STONECORE)

## SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

atd. – a tak dále

cca – přibližně

cm – centimetry

č. – číslo

DLS – mikroskopická metoda využívající dynamického rozptylu světla

g/l – gram na litr

kg – kilogram

m – metry

μm – mikro metr

nm – nanometr

obr. – obrázek

pozn. – poznámka

tab. – tabulka

SEM – rastrovací elektronová mikroskopie

TEM – transmisní elektronová mikroskopie

TEOS – etylester kyseliny křemičité

tzn. – to znamená

zk. – zkouška

## SEZNAM TABULEK

Tab. 1: Velikost částic a distribuce $\text{Ca}(\text{OH})_2$ uvedených nanosuspenzí. Tyto systémy (mimo nanosuspenze zvané CaLoSiL®) byly vyvinuté a testované během projektu NANOforART.....	34
Tab. 2: vybrané receptury imitace šupinující barevné vrstvy.....	39
Tab. 3: Optický charakter filmů jednotlivých konsolidantů v dopadajícím světle při zvětšení 1x a 3x. * Vyschlé filmy z 10 ml konsolidantů; aplikované bez ředění.....	50
Tab. 4: Zjištěný obsah sušiny a hodnoty pH u vybraných konsolidantů.* Delší dobu uskladněn, mohlo dojít k odparu rozpouštědla.....	51
Tab. 5: Hodnoty w modelačních panelů a referenční plochy malby v kapli sv. Isidora v Křenově. ....	54
Tab. 6: Aplikace vápenné nanosuspenze <i>CSGI 1P35</i> různými aplikačními technikami v suchých podmínkách (RH 30%). ....	56
Tab. 7: Aplikace vápenné nanosuspenze <i>CaLoSiL® E25</i> různými aplikačními technikami při průměrné RH 56,7 %. ....	56
Tab. 8: Aplikace vápenné nanosuspenze <i>ZFB 695p</i> různými aplikačními technikami při průměrné RH 56,7 %. ....	56
Tab. 9: Zkoušky aplikace nanosuspenzí, optické hodnocení tvorby zákalu, subjektivní hodnocení. Zkoušky 1a-3c byly testovány v prostředí s nižší RH a vyšší teplotou. Množství absorbovaného konsolidantu na $\text{mm}^2$ testované plochy bylo vypočítáno z váhy konsolidantu ve stříčce před a po aplikaci. ....	57
Tab. 10: Aplikace <i>KSE 300 HV</i> různými aplikačními technikami při průměrné 50 % RH. ....	59
Tab. 11: Aplikace konsolidantu <i>Sebosil S</i> různými aplikačními technikami při průměrné 50 % RH. ....	59
Tab. 12: Aplikace konsolidantu <i>Syton® X 30</i> při průměrné 50 % RH. ....	59
Tab. 13: Zkoušky aplikace křemičitých konsolidantů. Subjektivní optické hodnocení. * !/!/!!! = hodnocení míry prohloubení barevnosti od nejmenší po největší.....	59
Tab. 14: Zkoušky křemičitých konsolidantů: zleva <i>KSE 300 HV</i> (1F, 2F), <i>Syton® X 30</i> (3SY). Dokumentace optických změn po konsolidaci.....	61
Tab. 15: Zkoušky křemičitého konsolidantu <i>Sebosilu S</i> (4SE, 5SE a 6SE). Dokumentace optických změn po konsolidaci.....	61
Tab. 16: Zkoušky křemičitého konsolidantu <i>Sytonu® X 30</i> (7SY, 8SY a 9SY). Dokumentace optických změn po konsolidaci.....	62
Tab. 19: Zkoušky aplikace křemičitých konsolidantů. Změna barevnosti byla měřena pouze u zkoušek s výraznými barevnými změnami (4SE; 7SY-9SY). * !/!/!!! = hodnocení míry prohloubení barevnosti od nejmenší po největší. ....	62
Tab. 20: Změny vybraných fyzikálně-mechanických vlastností před konsolidací (standard) a po konsolidaci křemičitými konsolidanty. ....	62
Tab. 19: Zkoušky vápenné nanosuspenze <i>CSGI 1P35</i> – vliv podmínek aplikace na tvorbu zákalu. ....	65
Tab. 20: Zkoušky vápenné nanosuspenze <i>CSGI 1P35</i> – vliv podmínek aplikace na tvorbu zákalu. ....	65
Tab. 21: Zkoušky vápenné nanosuspenze <i>CSGI 1P35</i> – vliv podmínek aplikace na tvorbu zákalu. ....	65
Tab. 22: Zkoušky aplikace nanosuspenze <i>CSGI 1P35</i> . Měření změny barevnosti bylo provedeno především u zkoušek s bílým zákalem (A1-A4; A6). Pozoruhodný je jednoznačně příznivý vliv vody na omezení tvorby zákalu (vyznačeno modře). ....	66
Tab. 23: Změny vybraných fyzikálně-mechanických vlastností před konsolidací (standard) a po konsolidaci. Množství absorbovaného konsolidantu na $\text{mm}^2$ testované plochy během jedné aplikace bylo vypočítáno z váhy konsolidantu ve stříčce před a po aplikaci. * Barevná vrstva je zde extrémně křehká. ....	66
Tab. 24: Zkoušky konsolidace <i>Sytonem® X 30</i> (SY <sub>6</sub> a SY <sub>7</sub> ) - vliv metod aplikace na tvorbu zákalu. ....	68
Tab. 25: Zkoušky konsolidace <i>Sytonem® X 30</i> (SY <sub>8</sub> a SY <sub>9</sub> ) - vliv metod aplikace na tvorbu zákalu. ....	68
Tab. 26: Zkoušky aplikace <i>Sytonu X 30</i> - optické hodnocení tvorby zákalu, subjektivní hodnocení. * !/!/!!! = hodnocení míry prohloubení barevnosti od nejmenší po největší. ....	69
Tab. 27: Změny vybraných fyzikálně-mechanických vlastností před (standard) a po konsolidaci <i>Sytonem X 30</i> . ....	69
Tab. 28: Testování nanosuspenze <i>CSGI 1P35</i> ; zkoušky NR-1P <sub>1</sub> . NR-1P <sub>3</sub> . Dokumentace optických změn po konsolidaci.....	71
Tab. 29: Testování nanosuspenze <i>CSGI 1P35</i> ; zkoušky NR-1P <sub>4</sub> a NR-1P <sub>5</sub> . Dokumentace optických změn po konsolidaci.....	71
Tab. 30: Testování nanosuspenze <i>CSGI 1P35</i> při nižší RH; zkoušky NR-1P <sub>6</sub> až NR-1P <sub>8</sub> . Dokumentace optických změn po konsolidaci.....	71
Tab. 31: Zkoušky aplikace nanosuspenze <i>CSGI 1P35</i> , optické hodnocení tvorby zákalu, subjektivní hodnocení. * Spodní polovina zkouškového pole byla po 24 h 2 x po sobě rosena vodou. Na této polovině se zákal ztratil, ale došlo k prohloubení barevnosti. Pravděpodobně se hlinkový pigment vlivem vyššího zavlhčení vyplavil na povrch. ....	72
Tab. 32: Změny vybraných fyzikálně-mechanických vlastností před (standard) a po konsolidaci nanosuspenzí <i>GSGI 1P35</i> . ....	72

Tab. 33: Testování nanosuspenze <i>CSGI E35</i> při průměrné RH 48,7 % a teplotě 19,6 °C: zleva 5 g/l; 2,5 g/l; 2,5 g/l. Dokumentace optických změn po konsolidaci. ....	74
Tab. 34: Zkoušky aplikace nanosuspenze <i>CSGI E35</i> ; hodnocení tvorby zákalu, subjektivní hodnocení. * Prává polovina zkoušky byla po aplikaci rosena vodou, zákal se redukoval. ....	74
Tab. 35: Změny vybraných fyzikálně-mechanických vlastností před konsolidací (standard) a po konsolidaci nanosuspenzí <i>CSGI E35</i> . ....	75
Tab. 36: Testování koncentrační řady <i>ZFB 695p</i> při vyšší RH: zleva 5 g/l; 2,5 g/l; 1,25 g/l. Dokumentace optických změn po konsolidaci. ....	76
Tab. 37: Testování nanosuspenze <i>ZFB 695p</i> (2,5 g/l) při vyšší RH. ....	76
Tab. 38: Testování nanosuspenze <i>ZFB 695p</i> (2,5 g/l) při nižší RH. Dokumentace optických změn po konsolidaci. ....	77
Tab. 39: Zkoušky aplikace nanosuspenze <i>ZFB 695p</i> , optické hodnocení tvorby zákalu, subjektivní hodnocení. Zkoušky <i>ZFB<sub>6</sub>–ZFB<sub>8</sub></i> byly testovány v prostředí s nižší RH a vyšší teplotou. * Spodní polovina zkoušky byla po 24 hodinách vlhčena; zákal se zmírnil. ....	77
Tab. 40: Změny vybraných fyzikálně-mechanických vlastností před (standard) a po konsolidaci nanosuspenzí <i>ZFB 695p</i> . Odchylka <i>w</i> je ±10%. ....	77
Tab. 41: Zkoušky s nanosuspenzí <i>CaLoSiL E25</i> . Zleva: 5 g/l; 2,5 g/l a 1,25 g/l. Dokumentace optických změn po konsolidaci při průměrné RH 56,3 % a teplotě 16,8 °C. ....	79
Tab. 42: Zkoušky s nanosuspenzí <i>CaLoSiL E25</i> : 2,5 g/l. ....	79
Tab. 43: Zkoušky s nanosuspenzí <i>CaLoSiL E25</i> . Zleva aplikace se nezdařila; 2,5 g/l a 2,5 g/l. Dokumentace optických změn po konsolidaci při průměrné RH 28,6 % a teplotě 20,1 °C. ....	79
Tab. 44: Zkoušky aplikace nanosuspenze <i>CaLoSiLu® E25</i> , optické hodnocení tvorby zákalu, subjektivní hodnocení. Zkoušky <i>C<sub>7</sub>–C<sub>8</sub></i> byly testovány v prostředí s nižší RH a vyšší teplotou. * Po 24 h zvlhčena (2x). Zákal se zvlhčením vodou mírně potlačil. ....	80
Tab. 45: Změny vybraných fyzikálně-mechanických vlastností před konsolidací (standard) a po konsolidaci <i>CaLoSiLem® E25</i> . ....	80
Tab. 46: Zkoušky <i>Sebosilu S</i> ( <i>SE<sub>7</sub></i> , <i>SE<sub>8</sub></i> a <i>SE<sub>9</sub></i> ): zleva 5 g/l; 10 g/l; 5 g/l. Dokumentace optických změn po konsolidaci. ....	82
Tab. 47: Zkoušky aplikace <i>Sebosilu S</i> a optické hodnocení tvorby zákalu, subjektivní hodnocení. ....	82
Tab. 48: Změny vybraných fyzikálně-mechanických vlastností před konsolidací (standard) a po konsolidaci <i>Sebosilem S</i> . ....	82
Tab. 49: Zkoušky konsolidantu <i>KSE 300 HV</i> . ....	84
Tab. 50: Zkoušky konsolidantu <i>KSE 300 HV</i> . ....	84
Tab. 51: Zkoušky aplikace <i>KSE 300 HV</i> a optické hodnocení tvorby zákalu. Měření změny barevnosti bylo provedeno jen zkoušky se zákalem ( <i>F<sub>6</sub></i> ). ....	84
Tab. 52: Změny vybraných fyzikálně-mechanických vlastností před (standard) a po konsolidaci <i>KSE 300 HV</i> . ....	84
Tab. 53: Zkoušky konsolidace vápennou vodou. ....	86
Tab. 54: Zkoušky konsolidace vápennou vodou - 22V <sub>1</sub> ; 9V <sub>1</sub> ; 5V <sub>1</sub> . ....	86
Tab. 55: Zkoušky aplikace vápenné vody na panelu 2. U zkoušky 3V <sub>3</sub> nebyla měřena změna barevnosti. ....	86
Tab. 56: Změny vybraných fyzikálně-mechanických vlastností před (standard) a po konsolidaci vápennou vodou. ....	86
Tab. 57: Testování nanosuspenze <i>ZFB 695p</i> , <i>CSGI 1P35</i> a <i>CaLoSiLu® E25</i> ; zkoušky 2/NR-1P <sub>2</sub> ; 2/C <sub>2</sub> a 2/ZFB <sub>2</sub> na panelu 2. ....	87
Tab. 58: Průběh aplikace vápenných nanosuspenzí a hodnocení tvorby zákalu. ....	88
Tab. 59: Změny vybraných fyzikálně-mechanických vlastností před (standard) a po konsolidaci vápennými nanosuspenzemi. ....	88
Tab. 60: Panel 3. Doplnující testování vápenných nanosuspenzí ( <i>CSGI 1P35</i> a <i>CaLoSiL® E25</i> ). ....	89
Tab. 61: Panel 3. Doplnující testování vápenných nanosuspenzí ( <i>ZFB 695p</i> a <i>CSGI E35</i> ). ....	89
Tab. 62: Průběh aplikace nanosuspenzí <i>CSGI 1P35</i> , <i>CaLoSiLu® E25</i> , <i>ZFB 695p</i> a <i>CSGI E35</i> na doplňkovém panelu 3. ....	90
Tab. 63: Změny vybraných fyzikálně-mechanických vlastností před konsolidací (standard) a po konsolidaci. ....	90
Tab. 64: Fixáž barevné vrstvy malby <i>in situ</i> . ....	95
Tab. 65: Nasákavost malby před a po konsolidaci. ....	97
Tab. 66: Konsolidace vysoce zpískovatělé vápenné omítky v defektech malby. ....	124
Tab. 67: Fixáž zpráškovatělé barevné vrstvy na štuk. ....	125
Tab. 68: Měření nasákavosti před a po konsolidaci. ....	125
Tab. 69: Zkoušky odstraňování vodou nerozpustné fixáže. Hodnocení čistícího efektu: -nezatelný, +mírný, ++ dostatečný, +++ výborný. Modře jsou zvýrazněné zkoušky účinného čištění fixáže. ....	130
Tab. 70: Měření nasákavosti malby před a po čištění. ....	130

## SEZNAM GRAFŮ

Graf 1: Příklady porovnání účinnosti zpevnění historických materiálů impregnací nanovápem. ....	19
Graf 2: Změna koeficientu nasákavosti $w$ u vzorku konsolidovaného organokřemičitanem <i>KSE 300 HV</i> v čase.....	51

## SEZNAM VYOBRAZENÍ

<b>Obr. 1:</b> Barevná vrstva panelu 1 před aplikací zkoušek. ....	41
<b>Obr. 2:</b> Zkoušky vápenných nanosuspenzí na panelu 1. ....	41
<b>Obr. 3:</b> Barevná vrstva panelu 2 před aplikací zkoušek. ....	42
<b>Obr. 4:</b> Grafické znázornění jednotlivých zkoušek konsolidantů. ....	42
<b>Obr. 5:</b> Model barevného prostoru CIELAB. ....	45
<b>Obr. 6:</b> Stupnice tvrdosti - škála měkkých a tvrdých tužek používaných při Wolff-Wilborn Pencil Hardness Testu. ....	46
<b>Obr. 7:</b> Tvrdoměr VF2391 Prolnex pro měření tvrdosti dle Wolff-Wilborn Pencil Hardness Test. ....	46
<b>Obr. 8:</b> Vzhled filmu konsolidantů po vyschnutí. Na obrázku zleva: <i>KSE 300 HV</i> , <i>Sebosil S</i> , <i>ZFB 695p</i> a <i>CaLoSiL® E 25</i> . ....	49
<b>Obr. 9:</b> Film nanosuspenze <i>CSGI 1P35</i> (5 g/l). ....	52
<b>Obr. 10:</b> Film nanosuspenze <i>ZFB 695p</i> (5 g/l). ....	52
<b>Obr. 11:</b> Malba po aplikaci zkoušek. ....	95
<b>Obr. 12:</b> Grafické znázornění jednotlivých zkoušek na malbě v kapli sv. Isidora. ....	96
<b>Obr. 13:</b> <i>CSGI 1P35</i> při 5 g/l; N1=aplikace sprejem; N2=aplikace štětcem přes japonský papír. ....	96
<b>Obr. 14:</b> Tyčinka vlevo=před zpevněním barevné vrstvy; tyčinka vpravo=po zpevnění. ....	96
<b>Obr. 15:</b> Barevná vrstva před konsolidací. ....	97
<b>Obr. 16:</b> Barevná vrstva po konsolidaci <i>CaLoSiLem E25</i> při 10 g/l. ....	97
<b>Obr. 17:</b> Mapa s vyznačenou obcí Křenov. ....	110
<b>Obr. 18:</b> Rozpuštěná fixáže. Rozpuštědla; v horní řadě zleva: teplá destilovaná voda, ethanol, lakový benzín a xylen. Spodní řada zleva: aceton, chloroform a mikroemulze EAPC. ....	127
<b>Obr. 19:</b> Panel 1; barevná vrstva po konsolidaci vápennými nanosuspenzemi. ....	159
<b>Obr. 20:</b> Zkoušky vápenných nanosuspenzí na panelu 1. ....	160
<b>Obr. 21:</b> Barevná vrstva panelu 2 po konsolidaci. ....	1431
<b>Obr. 22:</b> Grafické znázornění jednotlivých zkoušek konsolidantů. ....	1432
<b>Obr. 23:</b> Portrétní olejomalba faráře Schindlera, stavitele barokních staveb (zobrazeny v pozadí malby) v Křenově. ....	143
<b>Obr. 24-26:</b> Změny vnějšího pláště kaple sv. Isidora v Křenově během 20. a 21. Století. Z obr. 24 je patrné, že původně byl vnější plášť členěn ještě jednou římsou probíhající v oblasti hlavic pilastrů. ....	143
<b>Obr. 27:</b> Úsek určený k samostatnému restaurování, který se týká této diplomové práce, je vyznačen modře. Postava anděla vpravo byla vymezena k samostatnému restaurování BcA. Davidovi Zemanovi. ....	164
<b>Obr. 28:</b> Úsek určený k samostatnému restaurování je vyznačen modře. ....	164
<b>Obr. 29:</b> Výjev Nanebevzetí Panny Marie v centrálním zrcadle. Stav malby před konzervací. Viditelné jsou defekty barevné vrstvy a omítkové vrstvy. Hlubší defekty jsou opatřené zajišťujícím přelepem, aplikovaným během předchozího restaurátorského zásahu v letech 2005 a 2006. Dnes jsou značně degradované (napadené plísněmi). ....	165
<b>Obr. 30:</b> Spodní partie výjevu Nanebevzetí Panny Marie v centrálním zrcadle. Barevná vrstva je zpráškovatělá. ....	165
<b>Obr. 31:</b> Levá (severní) část výjevu Nanebevzetí Panny Marie. Na postavě anděla, zejména v oblasti malovaných stínů, se objevuje šedý zákal. Barevná vrstva ztratila adhezi a svítkově se odlupuje. Lešení je vzepřené přímo o malbu. ....	166
<b>Obr. 32:</b> Pravá (jižní) část výjevu Nanebevzetí Panny Marie. Inkarnáty v obličeji anděla zčernaly. ....	166
<b>Obr. 33:</b> Levá (severní) část výjevu Nanebevzetí Panny Marie. Šedý zákal je zřetelný v oblasti vlasů. ....	167
<b>Obr. 34:</b> Levá (severní) část výjevu Nanebevzetí Panny Marie. Na ruce anděla je zřejmý šedý zákal. ....	167
<b>Obr. 35:</b> Anděl napravo nadnáší Pannu Marii. V razantním bočním světle je velmi dobře viditelná rytá kresba provedená ještě do mokré omítky. V modrém šatu Panny Marie došlo k velkým ztrátám barevné vrstvy. V oblastech ztráty modrého pigmentu je patrná červenohnědá podmalba. ....	168
<b>Obr. 36:</b> Šat Panny Marie v razantním bočním nasvícení. Viditelná je rytá kresba a v místech ztráty malby modrého šatu červenohnědá podmalba. Malba je provedena typicky barokně na poměrně hrubém povrchu s vytaženým znem písku. ....	168
<b>Obr. 37:</b> Detail poškození barevné vrstvy v bočním osvětlení. V obličeji anděla se vytvořil puchýř. Barevná vrstva je křehká a silně zpráškovatělá. Viditelný je defekt s degradujícím přelepem. ....	169
<b>Obr. 38:</b> Malba ztratila adhezi a odchlipuje se ve větších krách. V obličeji anděla se vytvořil puchýř. Viditelný je degradovaný přelep (napadený plísněmi). ....	169
<b>Obr. 39:</b> V bočním nasvícení se zdůraznily nerovnosti povrchu zapříčiněné zpuchýřováním malby. ....	170
<b>Obr. 40:</b> Zpráškovatělá malba, lokálně s drobnými puchýřky a výkvěty solí. Viditelné je znečištění povrchu malby hmyzem. V defektu malby je patrná narůžovělá barevnost omítky. ....	170

<b>Obr. 41:</b> Nástěnné malby v kupoli kaple sv. Isidora v Křenově (archivní snímek z NPÚ z r. 1977). V centru je zobrazen výjev Nanebevzetí Panny Marie ve štukovém rámu a okolo něj se nachází malba andělských kůrů, které se střídají se štukovou výzdobou. Andělské kůry prezentuje osm postav andělů doprovázených latinskými nápisy (devátý kůr je zobrazen v centrálním výjevu).....	171
<b>Obr. 42:</b> Výjev Nanebevzetí Panny Marie ve štukovém (archivní snímek z NPÚ z r. 1977). Graficky je znázorněna linie, která je pozorovatelná na povrchu omítky. Tato linie by mohla vymezovat dva denní díly zv. giornate.....	171
<b>Obr. 43:</b> Výjev Nanebevzetí Panny Marie v centru kupole kaple sv. Isidora. Grafické znázornění jednotlivých poškození.....	172
<b>Obr. 44:</b> Fotografie v UV světle. Viditelná je bledě modrá luminiscence zateklin fixáže.....	173
<b>Obr. 45:</b> V denním světle je patrná lesklá silně koncentrovaná fixáž, která vytvořila zatekliny.....	173
<b>Obr. 46:</b> Fotografie v UV světle. Viditelná je bledě modrá luminiscence degradující fixáže a v horní partii obr. světle žlutá luminiscence, pravděpodobně se jedná o vyplavení organických složek z podkladových vrstev malby.....	174
<b>Obr. 47:</b> Silně poškozená (zprášená a zpuchýřovatělá) malba v oblasti postavy anděla vpravo (jižně) od Panny Marie.....	174
<b>Obr. 48:</b> Fotografie detekující IR světlo byla pořízena na postavě anděla se zčernalým inkarnátem. Naším cílem bylo, pokusit se zviditelnit malbu v obličejí.....	175
<b>Obr. 49:</b> Postava anděla se zčernalým inkarnátem. Viditelný je šedý zákal v partii vlasů a celoplošně zpráškovatělý pigment.....	175
<b>Obr. 50:</b> Výjev Nanebevzetí Panny Marie lemovaný štukovým rámem z zavřínových lístků. V průběhu restaurátorského průzkumu bylo upraveno lešení tak, že bylo možné vyfotografovat malbu jako celek. Dobře viditelný je rozsah ztrát barevné vrstvy.....	176
<b>Obr. 51:</b> Fotografie ze soukromého archivu Miroslavy Sejnohové z r. 2004. Rozsah poškození nebyl zdaleka tak veliký, jako je dnes.....	176
<b>Obr. 52:</b> Horní (západní) část malby je nejvíce poškozená zatékáním. Barevná vrstva je silně zpráškovatělá. Lokálně se změnil barevný tón malby, povrch ztmavil. Štukový rám v této partii byl zahrnut do referenční plochy určené k samostatnému restaurování.....	177
<b>Obr. 53:</b> Západní část štukového rámu; lokálně došlo ke ztrátě jeho barevné vrstvy. Viditelný je větrací otvor vedoucí do krovu. Ve spodní části obrázku se nachází okřídlené hlavičky andělů, které byly také restaurovány v rámci této práce.....	177
<b>Obr. 54:</b> Detail štukového rámu; lokálně došlo ke ztrátě okrové barevné vrstvy. Zlacení odpadáva ve formě šupin.....	178
<b>Obr. 55:</b> Západní část štukového rámu; viditelný je větrací otvor vedoucí na krov kaple.....	178
<b>Obr. 56-58:</b> Detaily obličejů okřídlené hlavy andělka umístěné těsně pod větracím otvorem v kupoli kaple. Barevná vrstva je v tomto místě silně namáhána, poškození této plastiky je vyšší než u ostatních andělských hlaviček. Barevná vrstva je zprášená a zpuchýřovatělá, lokálně zcela chybí.....	179
<b>Obr. 59-60:</b> Detaily okřídlené hlavy andělka umístěné těsně pod větracím otvorem v kupoli kaple. Zlacení o okrová vrstva jsou degradovány.....	180
<b>Obr. 61:</b> Okřídlená hlava andělka, umístěná nalevo od předchozí, určená k samostatnému restaurování. Barevná vrstva je mírně poškozená.....	180
<b>Obr. 62:</b> Fotografie v UV světle. Výraznější světle modrá luminiscence se objevuje v místech barevné ztráty anebo v hloubkách štuků, mohlo by se jednat o izolační nátěr.....	181
<b>Obr. 63:</b> Fotografie v UV světle za použití středně žlutého filtru G3 ORWO. Některé luminiscence se zvýraznily např. organický podklad v místech defektů zlacení.....	181
<b>Obr. 64:</b> Okřídlená hlava anděla v blízkosti větracího otvoru po očištění.....	181
<b>Obr. 65-66:</b> Průběh čištění nástěnné malby pomocí mokré cesty. Na obr. 65 vatové tyčinky s povrchovými nečistotami. Obr. 66 - čištění párovým skalpelem.....	182
<b>Obr. 67:</b> UV fotografie pořízená v průběhu čištění fixáže. Zkoušky čištění jsou úspěšné, protože se na jejich povrchu neobjevuje luminiscence. O neluminující oblast ve spodní části obr. bylo vzepřené lešení, tato část zřejmě nebyla během předchozího zásahu fixována.....	182
<b>Obr. 68:</b> Přelep z předchozího zásahu je aplikovaný přes obličej Panny Marie. V přelepu se zachytávají nečistoty, které propadávají otvorem z krovu.....	183
<b>Obr. 69:</b> Malba po odstranění přelepu a očištění.....	183
<b>Obr. 70:</b> Šipka vyznačuje místo, kde se po odstranění přelepu pod intonacem objevila barevná vrstva. Předpokládáme, že se jedná o autorskou přemalbu.....	183
<b>Obr. 71-73:</b> Průběh konsolidace malby. Malba byla nejprve z rubové strany zpevněna strukturálně, následně jsme provedly přelepy z japonského papíru a gázy. Na obr. 72 je viditelná hloubková konsolidace pomocí injekční stříkačky s kanylou. Na obr. 73 je malba po injektáži zajištěná vzpěrou se sololitovou deskou vypodloženou buničinou, která odsávala přebytečnou vodu.....	184
<b>Obr. 74:</b> Stav malby před konzervací. V defektu malby je patrný růžový odstín omítky.....	185
<b>Obr. 75:</b> Stav malby po konsolidaci. Graficky jsou znázorněna místa, které bylo nezbytné při navrácení odchlíplých barevných krust naříznout.....	185
<b>Obr. 76:</b> Stav malby po navrácení odchlíplých vrstev a drobných transferů. Defekt malby je vytmelen tónovaným štukem.....	185

<b>Obr. 77:</b> Stav malby v průběhu konsolidace. Malba je lokálně zpevněná přely z japonského papíru.....	186
<b>Obr. 78:</b> Stav malby v průběhu konsolidace. Hloubkově injektovaná malba je zajištěna vzpěrami.....	186
<b>Obr. 79:</b> Stav malby po konzervaci. Svrchní vrstva tmelů byla tónována do růžova, aby se svým barevným odstínem přiblížila originálním omítkám.....	186
<b>Obr. 80:</b> Celkový pohled na centrální výjev po restaurování. Nástěnná malba byla konzervována a štuková výzdoba byla restaurována, byla retušována nápodobivým typem retuší.....	187
<b>Obr. 81:</b> Celkový pohled na centrální výjev po restaurování. Zásah na nástěnné malbě byl konzervační. Štuková výzdoba byla retušována nápodobivým typem retuší.....	187
<b>Obr. 82:</b> Detail tmelů. Oblast s navracenými transfery anebo kousky barevné vrstvy nalezenými na lešení ještě před restaurováním.....	187
<b>Obr. 83:</b> Západní část štukového rámu po vytmelení defektů v oblasti vavřínových lístků.....	188
<b>Obr. 84:</b> Západní část štukového rámu po úpravě větracího otvoru a po vyretušování tmelů v oblasti vavřínových lístků.....	188
<b>Obr. 85:</b> Polychromovaná štuková výzdoba před restaurováním.....	189
<b>Obr. 86:</b> Polychromovaná štuková výzdoba (okřídlená andělská hlavička a levá část štukového rámu s větracím otvorem) po restaurování.....	189
<b>Obr. 87:</b> Detail polychromované andělské hlavičky ze štuku ve stavu po restaurování.....	190
<b>Obr. 88:</b> Detail polychromované andělské hlavičky ze štuku ve stavu po restaurování. Defekty barevné vrstvy byly retušovány nápodobivým typem retuše.....	190



Obr. 19: Panel 1; barevná vrstva po konsolidaci vápennými nanosuspensemi.

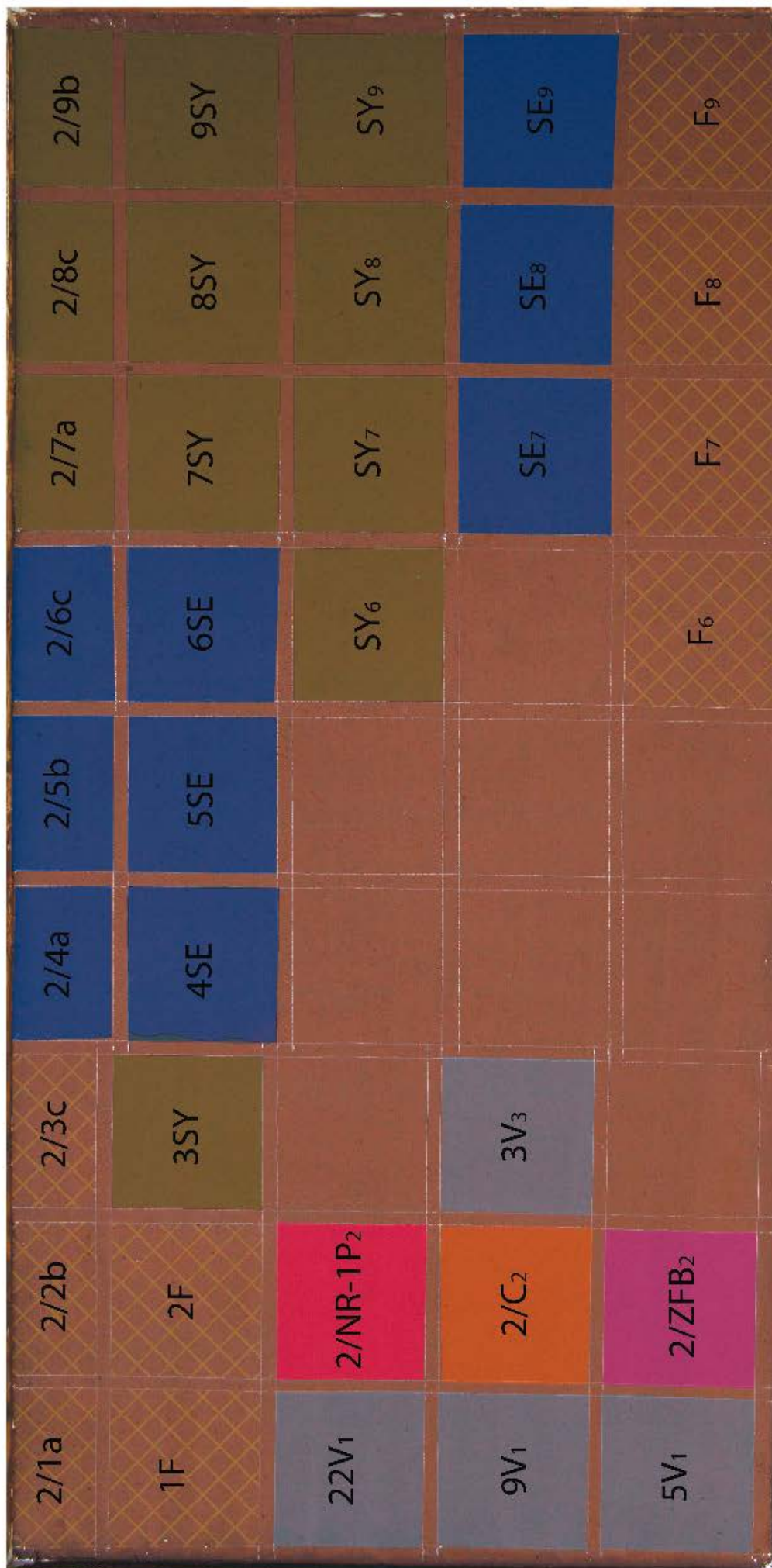
1a	2b	3c	4a	5b	6c	7a	8b	9c
A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9
NR-1P <sub>1</sub>	NR-1P <sub>2</sub>	NR-1P <sub>3</sub>	NR-1P <sub>4</sub>	NR-1P <sub>5</sub>	NR-1P <sub>6</sub>	NR-1P <sub>7</sub>	NR-1P <sub>8</sub>	NR6-E <sub>9</sub>
C <sub>1</sub>	C <sub>2</sub>	C <sub>3</sub>	C <sub>4</sub>	C <sub>5</sub>	C <sub>6</sub>	C <sub>7</sub>	C <sub>8</sub>	NR2-E <sub>9</sub>
ZFB <sub>1</sub>	ZFB <sub>2</sub>	ZFB <sub>3</sub>	ZFB <sub>4</sub>	ZFB <sub>5</sub>	ZFB <sub>6</sub>	ZFB <sub>7</sub>	ZFB <sub>8</sub>	NR1-E <sub>9</sub>

Obr. 20: Zkoušky vápenných nanosuspenzi na panelu 1.





Obr. 21: Barevná vrstva panelu 2 po konsolidaci.



Obr. 22: Grafické znázornění jednotlivých zkoušek konsolidantů.





Obr. 23: Portrétní olejomalba faráře Schindlera, stavitele barokních staveb (zobrazeny v pozadí malby) v Křenově.



Obr. 24-26: Změny vnějšího pláště kaple sv. Isidora v Křenově během 20. a 21. století. Z obr. 24 je patrné, že původně byl vnější plášť členěn ještě jednou římsou probíhající v oblasti hlavic pilastrů.



Obr. 27: Úsek určený k samostatnému restaurování, který se týká této diplomové práce, je vyznačen modře. Postava anděla vpravo byla vymezena k samostatnému restaurování BcA. Davidovi Zemanovi.



Obr. 28: Úsek určený k samostatnému restaurování je vyznačen modře.



Obr. 29: Výjev Nanebevzetí Panny Marie v centrálním zrcadle. Stav malby před konzervací. Viditelné jsou defekty barevné vrstvy a omítkové vrstvy. Hlubší defekty jsou opatřené zajišťujícím přelepem, aplikovaným během předchozího restaurátorského zásahu v letech 2005 a 2006. Dnes jsou značně degradované (napadené plísněmi).



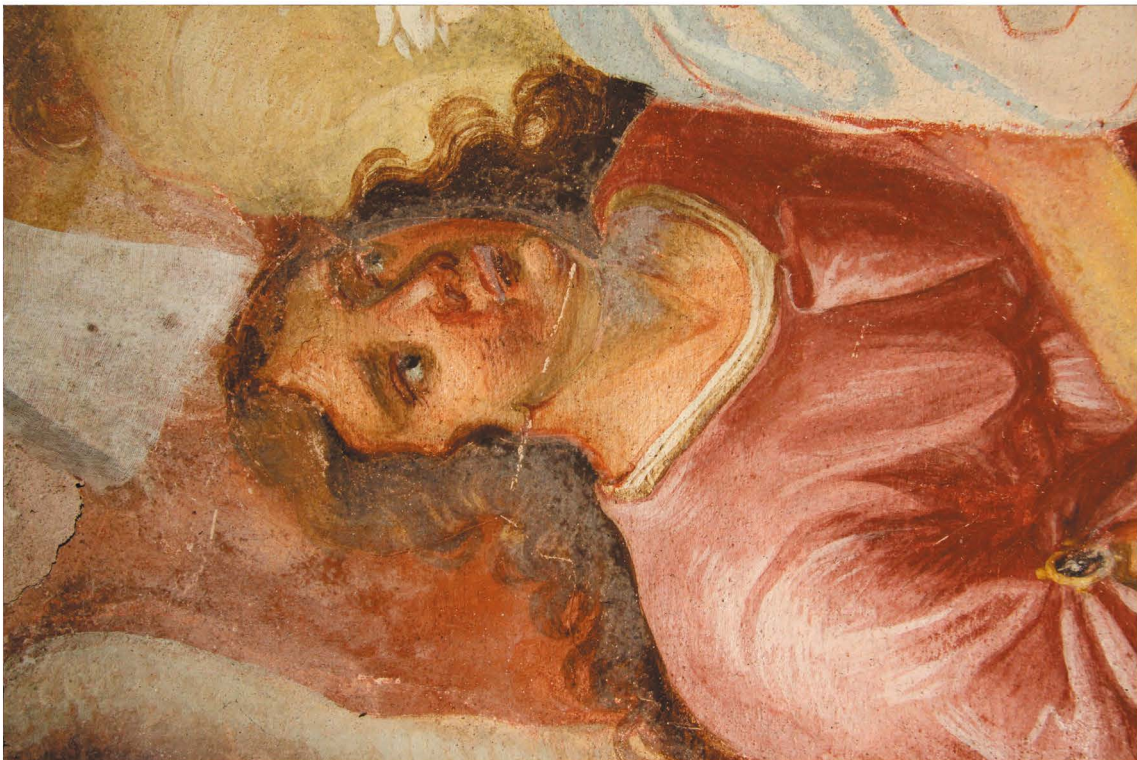
Obr. 30: Spodní partie výjevu Nanebevzetí Panny Marie v centrálním zrcadle. Barevná vrstva je práškovatělá.



Obr. 31: Levá (severní) část výjevu Nanebevzetí Panny Marie. Na postavě anděla, zejména v oblasti malovaných stínů, se objevuje šedý zákal. Barevná vrstva ztratila adhezi a svítkově se odlupuje. Lešení je vzeptřené přímo o malbu.



Obr. 32: Pravá (jižní) část výjevu Nanebevzetí Panny Marie. Inkarnáty v obličejí anděla zčernaly.



Obr. 33: Levá (severní) část výjevu Nanebevzetí Panny Marie. Šedý zákal je zřetelný v oblasti vlasů.



Obr. 34: Levá (severní) část výjevu Nanebevzetí Panny Marie. Na ruce anděla je zřejmý šedý zákal.



Obr. 35: Anděl napravo nadnáší Pannu Marii. V razantním bočním světle je velmi dobře viditelná rytá kresba provedená ještě do mokré omítky. V modrém šatu Panny Marie došlo k velikým ztrátám barevné vrstvy. V oblastech ztráty modrého pigmentu je patrná červenohnědá podmalba.



Obr. 36: Šat Panny Marie v razantním bočním nasvícení. Viditelná je rytá kresba a v místech ztráty malby modrého šatu červenohnědá podmalba. Malba je provedena typicky barokně na poměrně hrubém povrchu s vytaženým zrnem písku.



Obr. 37: Detail poškození barevné vrstvy v bočním osvětlení. V obličejí anděla se vytvořil puchýř. Barevná vrstva je křehká a silně zpráškovatělá. Viditelný je defekt s degradujícím přelepem.



Obr. 38: Malba ztratila adhezi a odchlípuje se ve větších krátech. V obličejí anděla se vytvořil puchýř. Viditelný je degradovaný přelep (napadený plísněmi).



Obr. 39: V bočním nasvícení se zdůraznily nerovnosti povrchu zapříčiněné způsobyřováním malby.



Obr. 40: Zpraškovaná malba, lokálně s drobnými puchýřky a výkvěty soli. Viditelné je znečištění povrchu malby hmyzem. V defektu malby je patrná narušovaná barevnost omítky.



Obr. 42: Výjev Nanebevzetí Panny Marie ve štukovém (archivní snímek z NPU z r. 1977). Graficky je znázorněna linie, která je pozorovatelná na povrchu omítky. Tato linie by mohla vymezovat dva denní díly zv. giornate.



Obr. 41: Nástěnné malby v kupoli kaple sv. Isidora v Křenově (archivní snímek z NPU z r. 1977). V centru je zobrazen výjev Nanebevzetí Panny Marie ve štukovém rámu a okolo něj se nachází malba andělských kúr, které se střídají se štukovou výzdobou. Andělské kúry prezentuje osm postav andělů doprovázených latinskými nápisy (devátý kúr je zobrazen v centrálním výjevu).



Obr. 43: Výjev Nanebevzetí Panny Marie v centru kupole kaple sv. Isidora. Grafické znázornění jednotlivých poškození:

**oranžová** - ztráty barevné vrstvy

**žlutá** - odchlíplá barevná vrstva nebo dutiny v malbě

**modrá** - defekty omítkové vrstvy

**červená** - ztráty pigmentu v partii modrého šatu Panny Marie



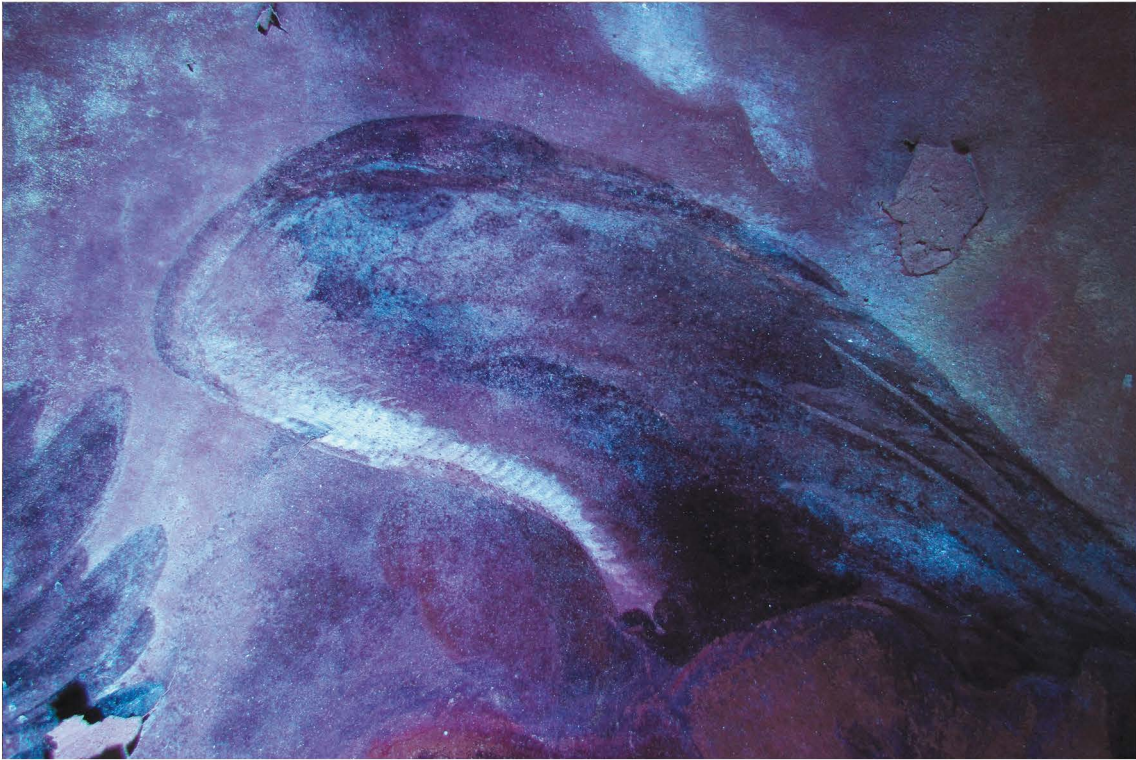
Obr. 45: V denním světle je patrná lesklá silně koncentrovaná fixáž, která vytvořila zatekliny.



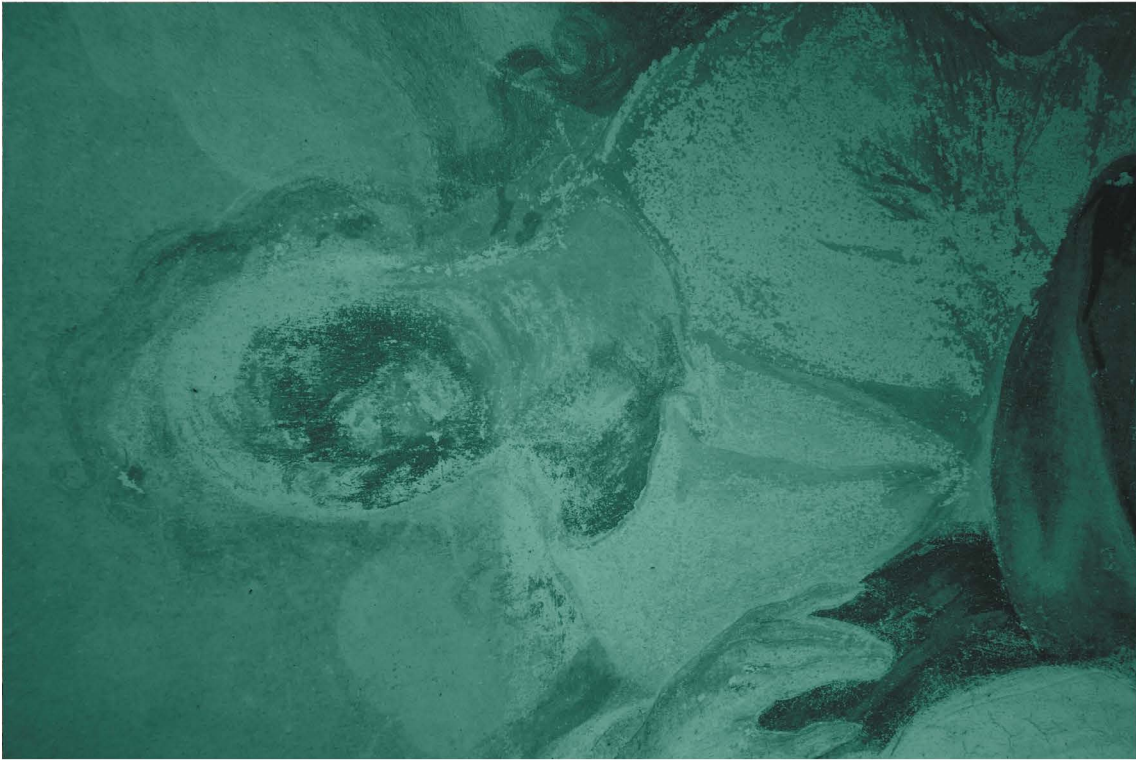
Obr. 44: Fotografie v UV světle. Viditelná je bledě modrá luminescence zateklin fixáže.



Obr. 47: Silně poškozená (zprášená a zpuchňovatělá) malba v oblasti postavy anděla vpravo (jizně) od Panny Marie.



Obr. 46: Fotografie v UV světle. Viditelná je bledě modrá luminescence degradující fixáže a v horní části obr. světle žlutá luminescence, pravděpodobně se jedná o vyplavení organických složek z podkladových vrstev malby.



Obr. 48: Fotografie detekující IR světlo byla pořízena na postavě anděla se zčernalým inkarnátem. Naším cílem bylo, pokusit se zviditelnit malbu v obličejí.



Obr. 49: Postava anděla se zčernalým inkarnátem. Viditelný je šedý základ v partii vlasů a celoplošně zpráškovatělý pigment.



Obr. 50: Výjev Nanebevzetí Panny Marie lemovaný štukovým rámem z vavřínových lístků. V průběhu restaurátorského průzkumu bylo upraveno lešení tak, že bylo možné vyfotografovat malbu jako celek. Dobře viditelný je rozsah ztrát barevné vrstvy.



Obr. 51: Fotografie ze soukromého archivu Miroslavy Sejnohové z r. 2004. Rozsah poškození nebyl zdaleka tak veliký, jako je dnes.



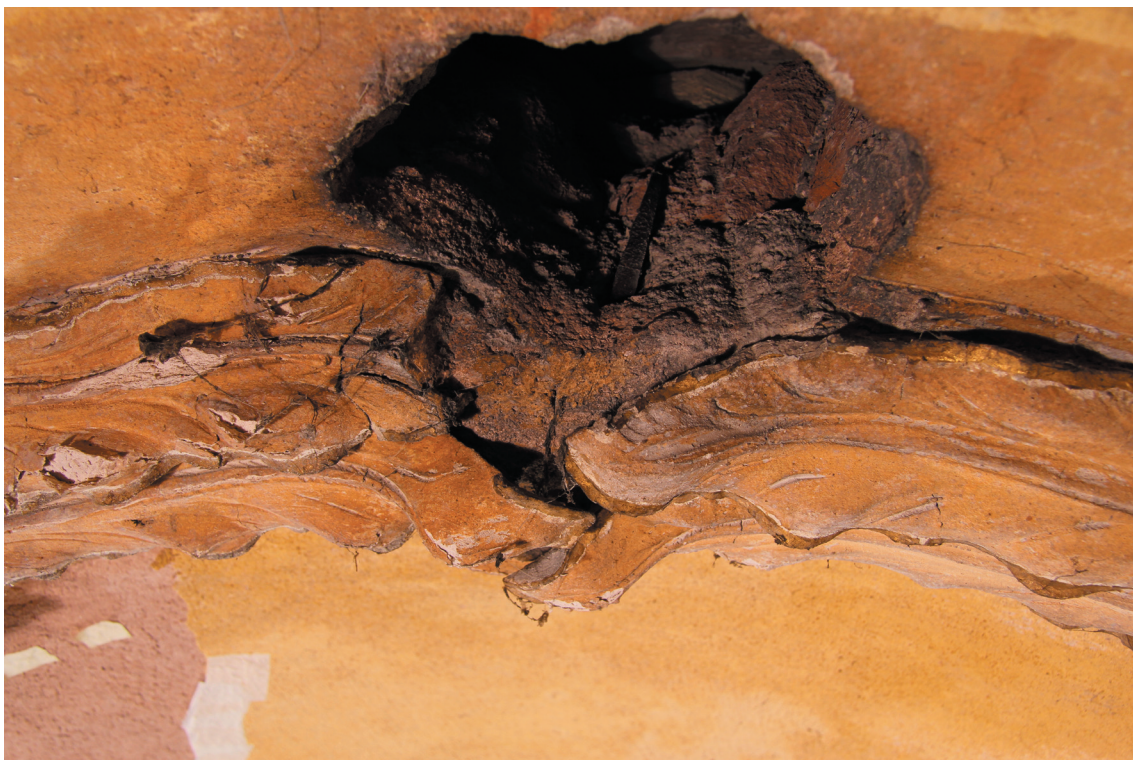
Obr. 52: Horní (západní) část malby je nejvíce poškozená zatékáním. Barevná vrstva je silně zpráškovatělá. Lokálně se změnil barevný tón malby, povrch ztmavl. Štukový rám v této partii byl zahrnut do referenční plochy určené k samostatnému restaurování.



Obr. 53: Západní část štukového rámu; lokálně došlo ke ztrátě jeho barevné vrstvy. Viditelný je větrací otvor vedoucí do krovu. Ve spodní části obrázku se nachází okřídlené hlavičky andělů, které byly také restaurovány v rámci této práce.



Obr. 54: Detail štukového rámu; lokálně došlo ke ztrátě okrové barevné vrstvy. Zlacení odpadáva ve formě šupin.



Obr. 55: Západní část štukového rámu; viditelný je větrací otvor vedoucí na krov kaple.



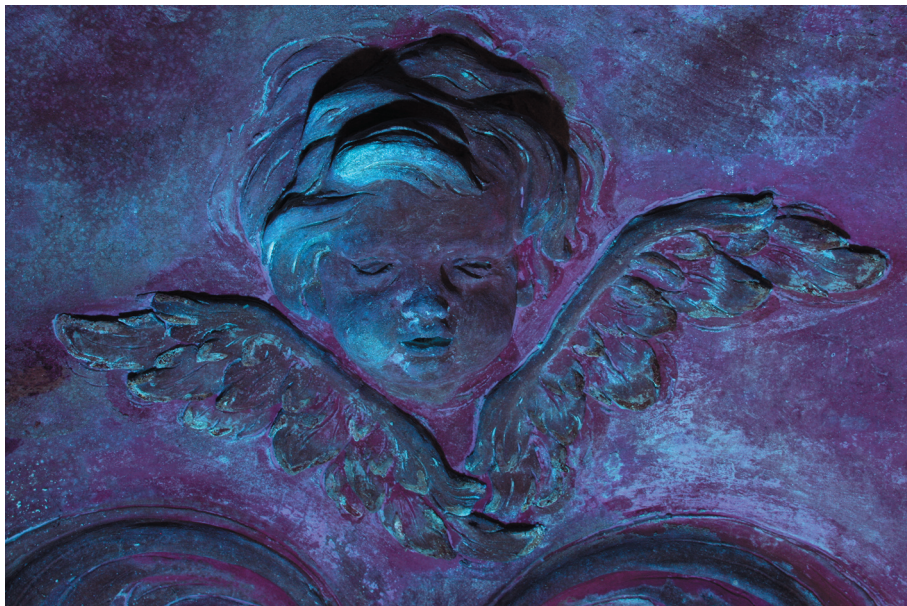
Obr. 56-58: Detaily obličejů okřídlené hlavy andělů umístěné těsně pod větracím otvorem v kupoli kaple. Barevná vrstva je v tomto místě silně namáhána, poškozování této plastiky je vyšší než u ostatních andělských hlaviček. Barevná vrstva je zprášena a zpuchýřovatělá, lokálně zcela chybí.



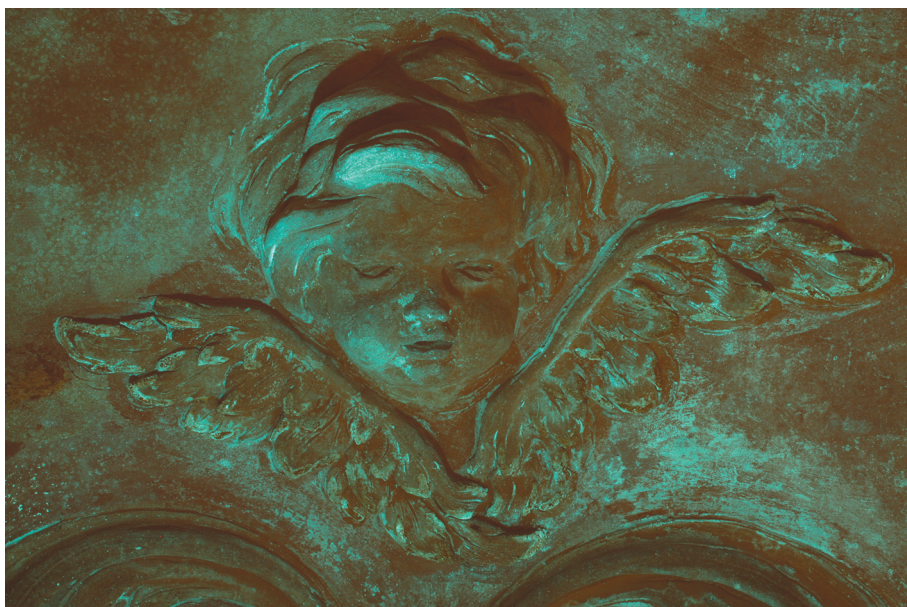
Obr. 59-60: Detaily okřídlené hlavy andílka umístěné těsně pod větracím otvorem v kupoli kapele. Zlacení a okrová vrstva jsou degradovány.



Obr. 61: Okřídlená hlava andílka, umístěná nalevo od předchozí, určená k samostatnému restaurování. Barevná vrstva je mírně poškozená.



Obr. 62: Fotografie v UV světle. Výraznější světle modrá luminescence se objevuje v místech barevné ztráty anebo v hloubkách štuků, mohlo by se jedna o izolační nátěr.



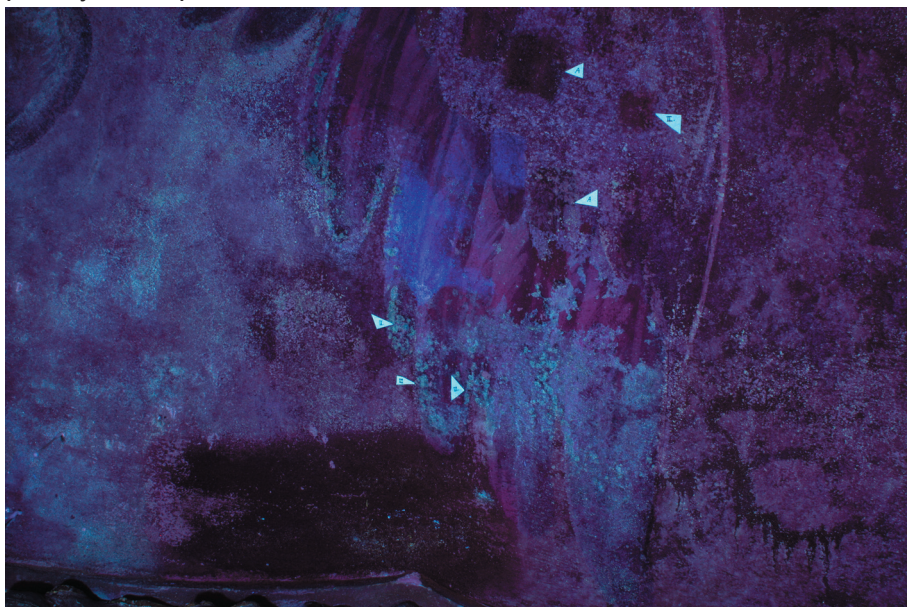
Obr. 63: Fotografie v UV světle za použití středně žlutého filtru G3 ORWO. Některé luminescence se zvýraznily např. organický podklad v místech defektů zlacení.



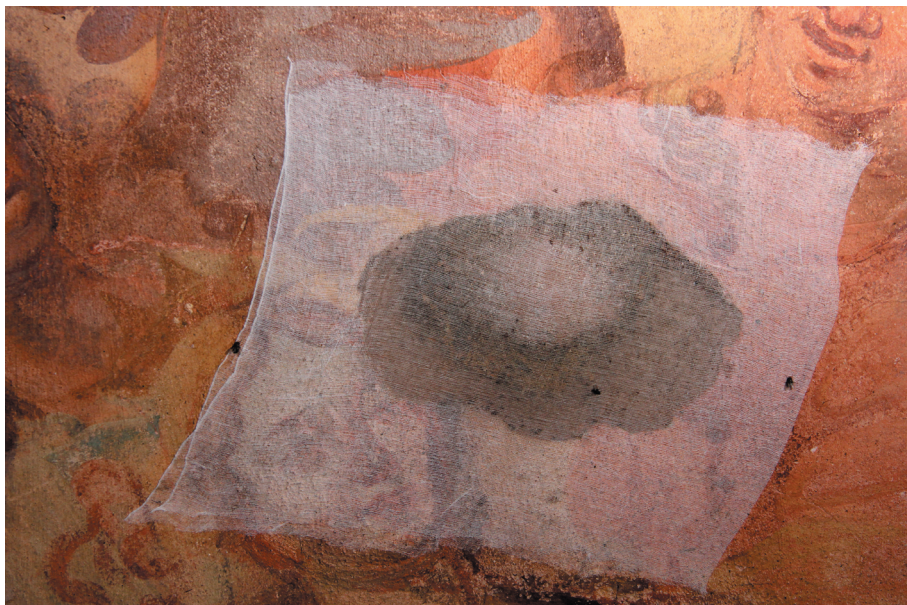
Obr. 64: Okřídlená hlava anděla v blízkosti větracího otvoru po očištění.



Obr. 65-66: Průběh čištění nástěnné malby pomocí mokré cesty. Na obr. 65 vatové tyčinky s povrchovými nečistotami. Obr. 66 - čištění párovým skalpelem.



Obr. 67: UV fotografie pořízená v průběhu čištění fixáže. Zkoušky čištění jsou úspěšné, protože se na jejich povrchu neobjevuje luminiscence. O neluminující oblast ve spodní části obr. bylo vzepřené lešení, tato část zřejmě nebyla během předchozího zásahu fixována.



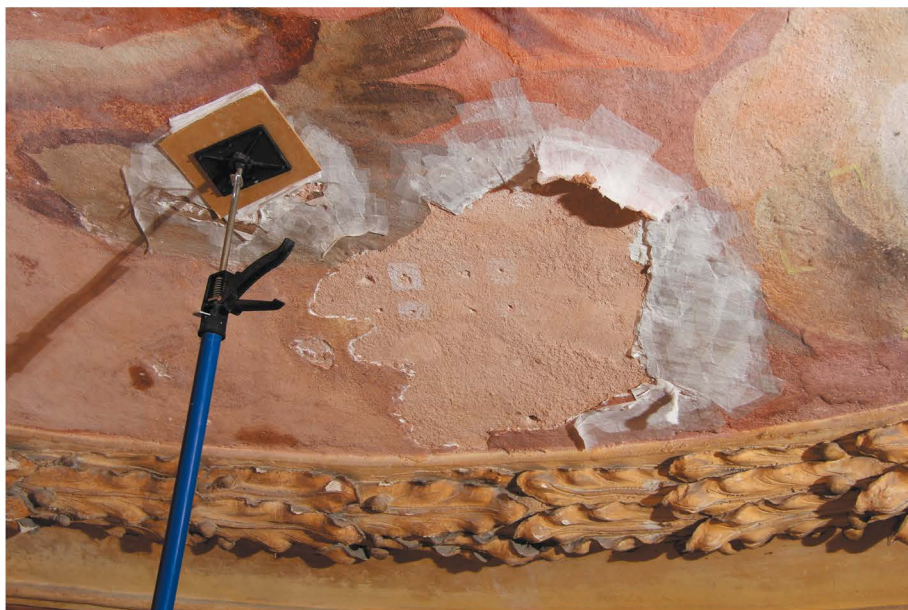
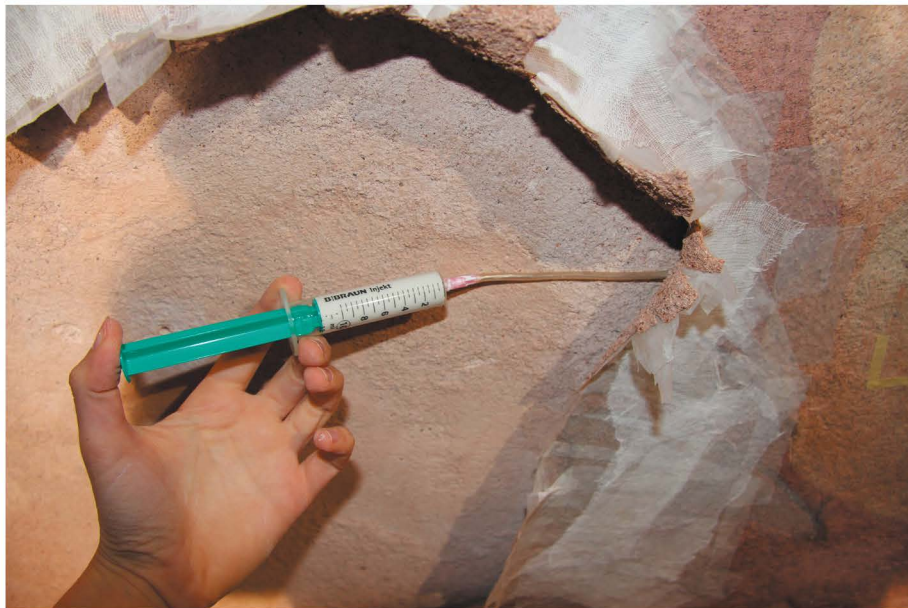
Obr. 68: Přelep z předchozího zásahu je aplikovaný přes obličej Panny Marie. V přelepě se zachytávají nečistoty, které propadávají otvorem z krovu.



Obr. 69: Malba po odstranění přelepů a očištění.



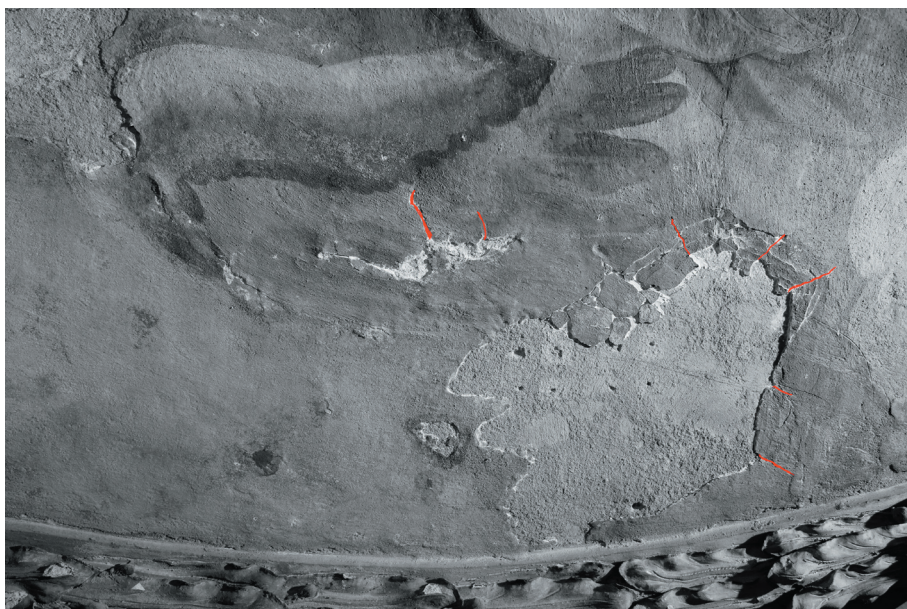
Obr. 70: Šipka vyznačuje místo, kde se po odstranění přelepů pod intonacem objevila barevná vrstva. Předpokládáme, že se jedná o autorskou přemalbu.



Obr. 71-73: Průběh konsolidace malby. Malba byla nejprve z rubové strany zpevněna strukturálně, následně jsme provedly přelepy z japonského papíru a gázy. Na obr. 72 je viditelná hloubková konsolidace pomocí injekční stříkačky s kanylou. Na obr. 73 je malba po injekční zajištění vzperou se sololitovou deskou vypodloženou buničinou, která odsávala přebytečnou vodu.



Obr. 74: Stav malby před konzervací. V defektu malby je patrný růžový odstín omítky.



Obr. 75: Stav malby po konsolidaci. Graficky jsou znázorněna místa, které bylo nezbytné při navrácení odchlíplých barevných krust naříznout.



Obr. 76: Stav malby po navrácení odchlíplých vrstev a drobných transferů. Defekt malby je vytmelen tónovaným štukem.



Obr. 77: Stav malby v průběhu konsolidace. Malba je lokálně zpevněná přely z japonského papíru.



Obr. 78: Stav malby v průběhu konsolidace. Hloubkově injektovaná malba je zajištěna vzpěrami.



Obr. 79: Stav malby po konzervaci. Svrchní vrstva tmelů byla tónována do růžova, aby se svým barevným odstínem přiblížila originálním omítkám.



Obr. 80: Celkový pohled na centrální výjev po restaurování. Nástěnná malba byla konzervována a štuková výzdoba byla restaurována, byla retušována nápodobivým typem retuší.



Obr. 81: Celkový pohled na centrální výjev po restaurování. Zásah na nástěnné malbě byl konzervační. Štuková výzdoba byla retušována nápodobivým typem retuší.



Obr. 82: Detail tmelů. Oblast s navrácenými transfery anebo kousky barevné vrstvy nalezenými na lešení ještě před restaurováním.



Obr. 83: Západní část štukového rámu po vytmelení defektů v oblasti vavřínových lístků.



Obr. 84: Západní část štukového rámu po úpravě větracího otvoru a po vyretušování tmelů v oblasti vavřínových lístků.



Obr. 85: Polychromovaná štuková výzdoba před restaurováním.



Obr. 86: Polychromovaná štuková výzdoba (okřídlená andělská hlavička a levá část štukového rámu s větracím otvorem) po restaurování.



Obr. 87: Detail polychromované andělské hlavičky ze štuku ve stavu po restaurování.



Obr. 88: Detail polychromované andělské hlavičky ze štuku ve stavu po restaurování. Defekty arevné vrstvy byly retušovány nápodobivým typem retuše.

## TEXTOVÁ PŘÍLOHA

- I. Chemicko-technologický průzkum
- II. Kopie závazného stanoviska
- III. Dendrochronologický průzkum

**Chemicko-technologický průzkum**  
**centrální výjev Nanebevzetí Panny Marie ve štukovém rámu**  
**kupole kaple sv. Izidora v Křenově**

**Předmět průzkumu:** nástrovní malba Nanebevzetí Panny Marie ve štukovém rámu

**Stručné údaje o památce:**

Technika: fresco-secco (?)

Orientační datace: konec 20. let 18. století

Předchozí restaurátorské zásahy: 2005-2006 fixáž malby a štku (restaurátorky Radana a Dagmar Hamsíková)

**Zadání průzkumu:** Požadavkem průzkumu bylo zpracovat a doplnit chemicko-technologický průzkum v kapli sv. Izidora v Křenově. Průzkum byl proveden na centrálním výjevu Nanebevzetí Panny Marie v kupoli kaple. Průzkum je součástí doplňkového průzkumu provedeného na objektu a svým obsahem navazuje na průzkum provedený v letech 2009 a 2011/2012, který se převážně zabýval průzkumem barevných vrstev, identifikace poškození a degradace maleb a omítek, určení stavu podkladových vrstev (obsah vodorozpustných solí). Součástí průzkumu byl monitoring změn klimatu.

**Cíle doplňkového průzkumu:**

- Zjistit stratigrafii vybraných barevných vrstev v místech malby a štukového rámu kolem výmalby. Na základě stratigrafie a analýzy pojiva potvrdit techniku a technologii provedené malby.
- Určení fázového složení lokálních zčernání, které se projevuje na povrchu červených barevných odstínech.
- Vyhodnotit obsah vodorozpustných solí a obsahu vlhkosti.
- Zjistit a ověřit účinek restaurátorského zásahu (čištění, konsolidace), které jsou z hlediska účinnosti zásahu zásadní.

**Metody průzkumu:**

- i) *Optická mikroskopie v bílém světle, UV a modrém světle* pro zjištění výstavby barevných povrchových úprav (stratigrafii), určení jejich barevnosti. Analýza příčných řezů v UV a modrém světle poskytuje informace o složení organických složek vrstev a technologii

malby. Analýza byla provedena na optickém mikroskopu OPTIPHOT2-POL (Nikon) na příčných řezech vzorky.

- ii) *REM-EDX*, elektronová mikroskopie s energiodisperzivním analyzátořem.
- iii) *UV/VIS spektrofotometrie* – provedeno na spektrofotometru Beckman Coulter DU<sup>®</sup> 720 ve viditelném spektru světla v rozsahu vlnových délek 345-525 nm. Obsah vodorozpustných solí byl stanoven z výluhů vzorků v destilované vodě. Stanoven byl obsah síranů, dusičnanů a chloridů v hm.% a mmol/kg.
- iv) *Gravimetrické stanovení vlhkosti* – stanoveno na základě měření hmotnosti před a po vysušení vzorku při teplotě 80°C. Obsah vlhkosti byl stanoven v hm.%.
- v) *Fázové složení zčernalých ploch* – analýza byla provedena pomocí práškové rentgenové difrakce. Analýza byla provedena na přístroji PANalytical X'Pert PRO v uspořádání v reflexním módu, který umožnil měření mikrodifrakce in situ na vzorku. Kvalitativní fázová analýza byla provedena pomocí programu PANalytical X'Pert HighScore (verze 1.0d) a databáze PDF2 (vydání 2004). Analýzu provedl RNDr. Petr Bezdička, PhD., z Ústavu anorganické chemie AV ČR, v.v.i. v Praze.
- vi) *Infračervená spektroskopie* – provedeno na infračerveném spektrofotometru s Fourierovou transformací (FTIR) Nicolet 380 s ATR krystalem.
- vii) *Mikrochemické zkoušky* – orientační určení pojiva barevné vrstvy.
- viii) *Monitoring klimatu pomocí sondy S3631 (fa Comet)*. Datalogger měří T a RH, je připojen na externí sondu. Záznam dat je prováděn do paměti. Monitoring klimatu v interiéru kaple byl započat v listopadu 2012 a bude pokračovat pro získání dat z ročních změn v kapli. Data uváděna ve zprávě jsou uvedena do května 2013.

#### **Vzorky k analýze:**

<b>Označení vzorku</b>	<b>Popis vzorku</b>	<b>Místo odběru</b>	<b>Cíl analýzy</b>
Vzz (6851)	hnědá	postava anděla nalevo od P. Mare, vlasy	stratigrafie, analýza bílého zákalu
Vzš (6889)	zlacení	štukový rám, zlacení	stratigrafie, složení zlacení, pojivo zlacení
VzP1 (6853)	hnědo-červená na modré	místo překrytí roucha P. Marie a	analýza pojiva

		anděla	
VzP2 (6854)	růžová na omítce	pozadí malby, růžová oblaka	analýza pojiva
VzF (6888)	červeno-hnědá	šat Panny Marie, podmalba	stratigrafie, určení technika malby (fresco?)
povrchová fixáž	bílý film z povrchu malby	z více míst na malbě	určení složení, zjištění rozpustnosti
Vz (7134)	okrová	štukový rám kolem centrálního výjevu	stratigrafie porovnání složení pojiva se vzorkem Vzš
CU2 (6614)	zčernalá červená (inkarnát)	postava anděla zastupující kůr Angeli, tvář dítěte	určení fázového složení

**Datum zadání průzkumu:** 1. 11. 2012

**Zpracoval:** Ing. Renata Tišlová, PhD., Katedra chemické technologie, Fakulta restaurování, Univerzita Pardubice

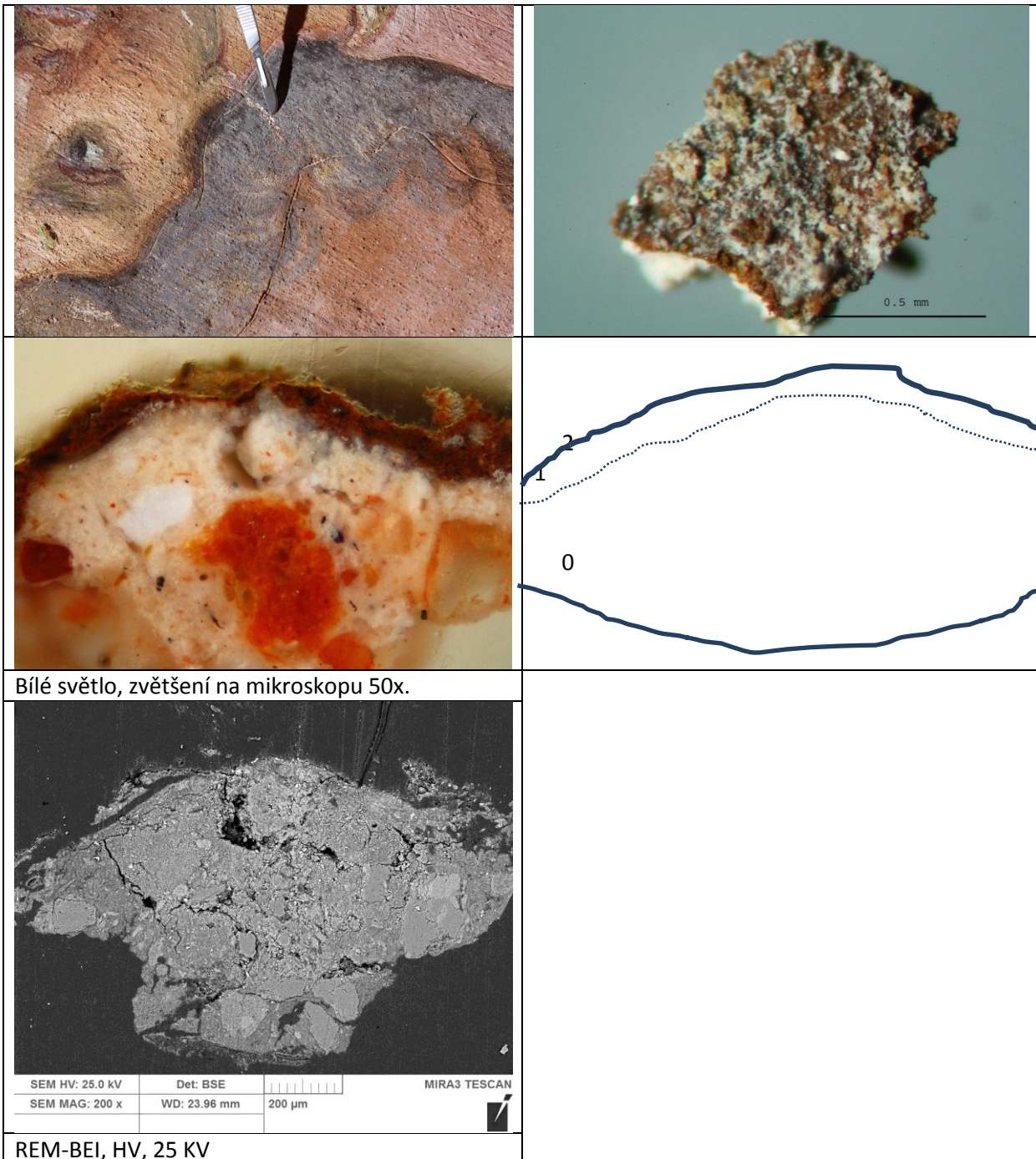
## Výsledky průzkumu

### A/ Stratigrafie barevných vrstev, složení vrstev

#### Vzorek (Vz.)(6851)

Makroskopický popis: hnědá s bílým zákalem na povrchu

Místo odběru: postava anděla nalevo od P. Mare, vlasy



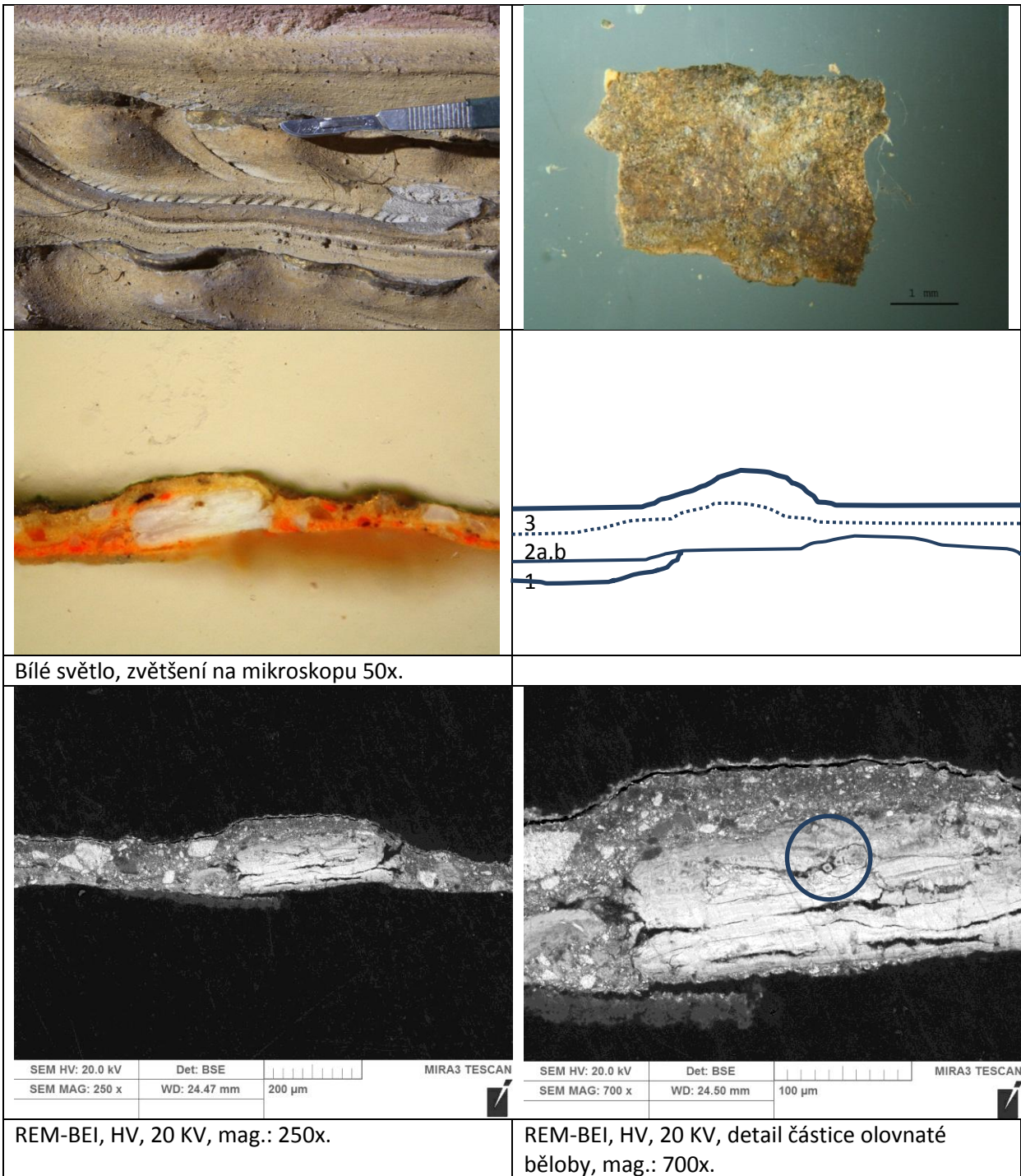
**Popis vrstev:**

<b>vrstva</b>	<b>barva</b>	<b>popis</b>
0	sv. okrová	vrstva vápenného intonaka, matrix obsahuje uhličitán vápenatý, na povrchu není patrná sklovitá karbonatizovaná vrstva (fresco?). Plnivo křemičité s vysokou příměsí složek obsahující Fe. <i>složení dle SEM-EDS: Ca, Si, Al(Fe, Mg)</i>
1	červeno-hnědá	barevná úprava nanesená v jedné vrstvě, obsahuje uhličitán vápenatý, červený okr, příměs minerálů obsahující Ti (rutil?), pocházející pravděpodobně z přírodních zdrojů <i>složení dle SEM-EDS: Ca, Si, Al(Fe, K, Ti), lokálně svítící zrna: Ti, Fe</i>
2	šedo-bílá	lokálně patrná vrstva organického charakteru, reprezentuje sekundární povrchovou úpravu (fixáž?), vrstva částečně analyzována metodou FTIR ( <i>ad D</i> ).

**Vzorek (Vzš.) (6852)**

Makroskopický popis: zlacení s vrstvou nečistot

Místo odběru: zlacení štukového rámu



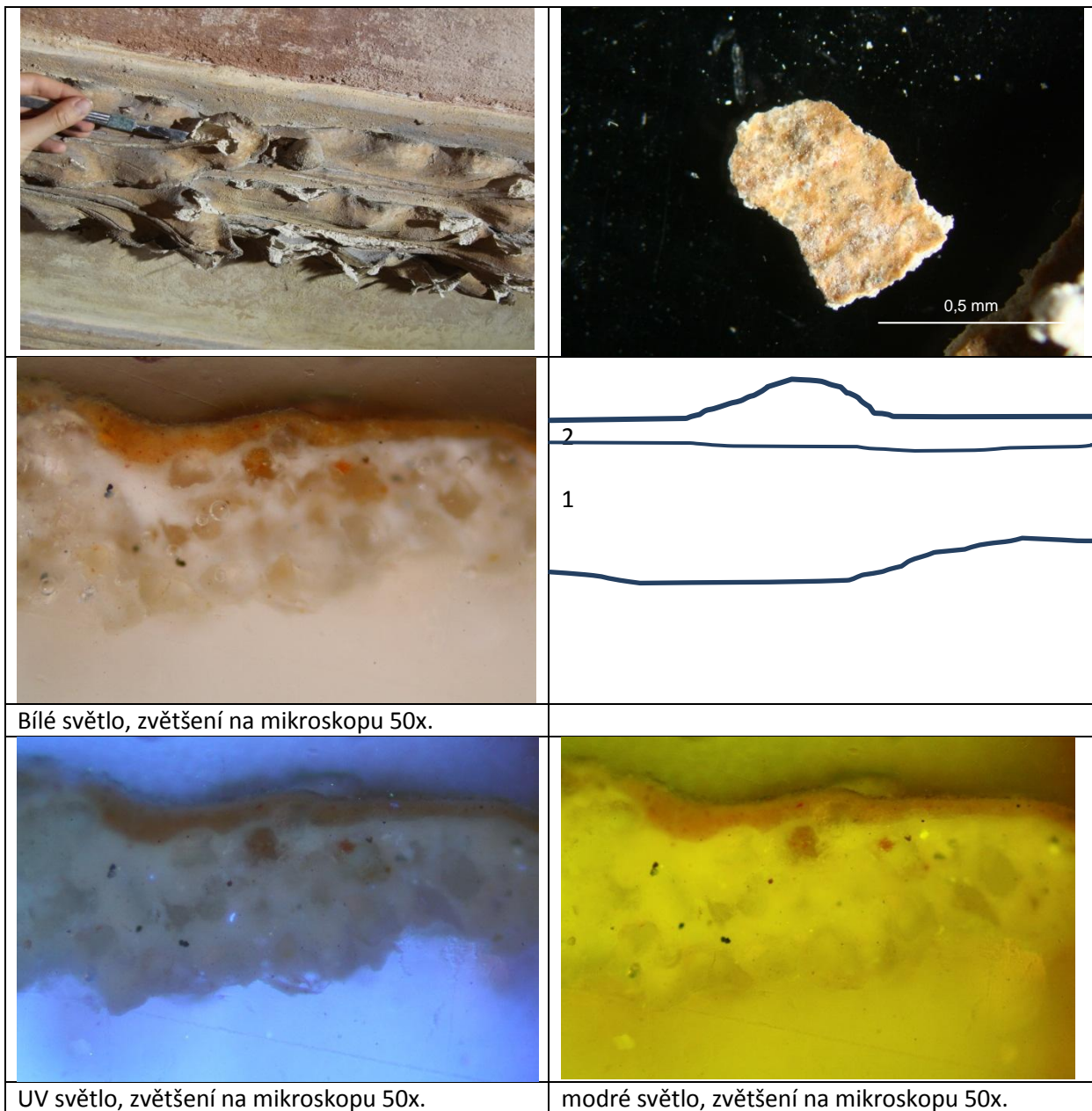
**Popis vrstev:**

<b>vrstva</b>	<b>barva</b>	<b>popis</b>
1	sv. okrová	vrstva vápenného intonaka nebo okrového nátěru <i>složení dle SEM-EDS: neanalyzována</i>
2a,b	žluto-oranžová	podklad pod zlacení s vysokým podílem organické složky (z dřívějších analýz vyplývá obsah vysýchavých olejů; obsahuje olovnaté pigmenty olovnatou bělobu, masikot, (olovnatá běloba se vyznačuje charakteristickou morfologií částic, resp. jejich shluků (vrstevnaté struktury, kulovité částice – viz. detailní fotografie) o velikosti až 200-300 μm. Dále ve vrstvě analyzována příměs červené nebo žluté hlínky.  <i>složení dle SEM-EDS: org., Pb, Si, Sr (Cl, Ni, P); hlínka: Si, Al (1:1), Fe, (Pb, Cl, Ni, K, Ca)</i>
3	zlacení	nesouvislá tenká vrstva zlacení, na povrchu zčernalá vrstva (oxidační vrstva nebo sekundární lazura obsahující olovnatou bělobu, hlínku – viz. složení REM, případně vrstva organického laku). <i>složení dle SEM-EDS: Au (Cu, Ni); povrchová vrstva: Au, Pb, Si, K, Al</i>

**Vzorek (Vz) (7134)**

Makroskopický popis: okrová

Místo odběru: štukový rám kolem centrálního výjevu



**Popis vrstev:**

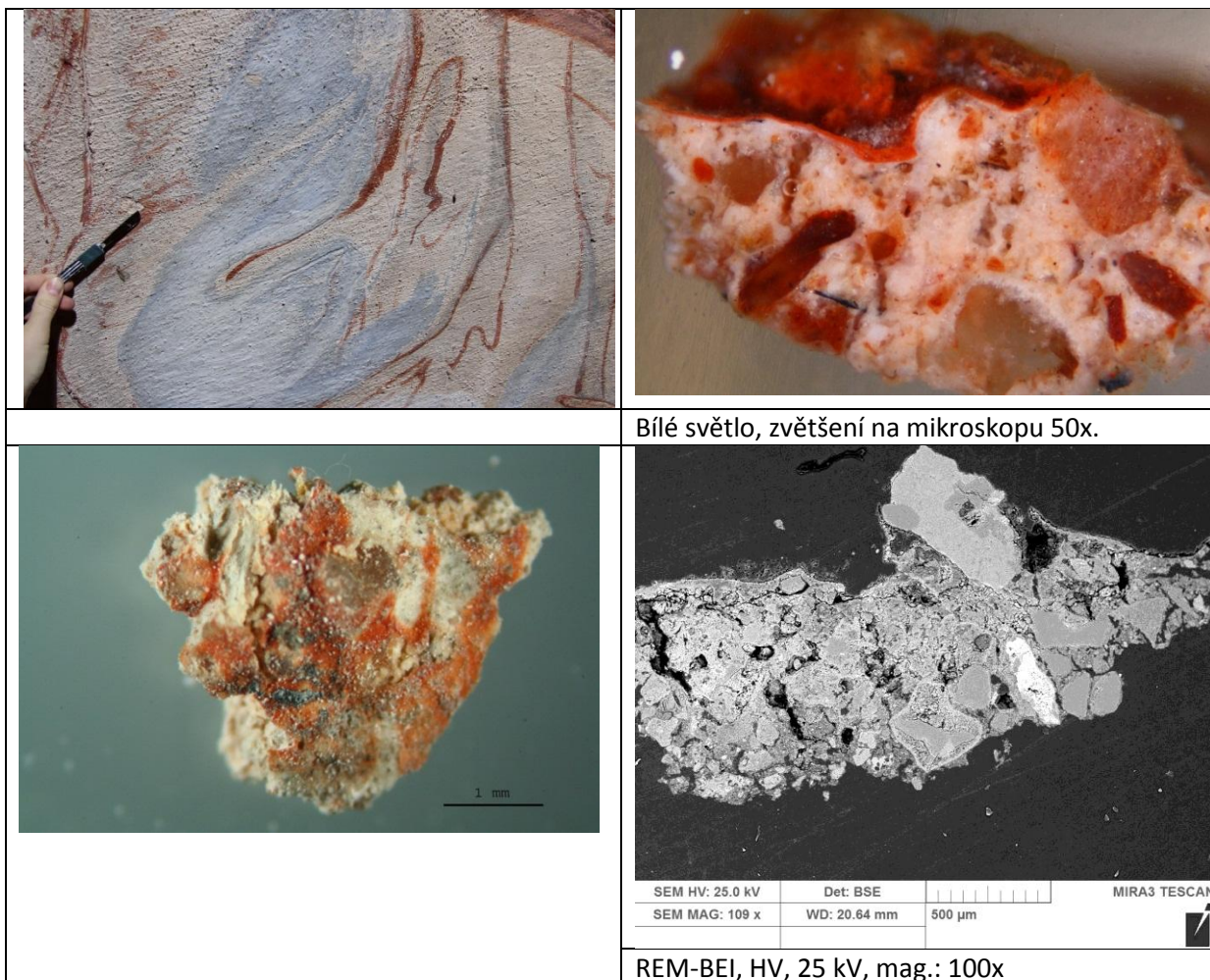
<i>vrstva</i>	<i>barva</i>	<i>popis</i>
1	bílá	vrstva omítky nebo intonaka
2	okrová	jedna vrstva s přítomností jemnozrných částic žlutého a červeného pigmentu nanesená technikou secco (patrné rozhraní mezi podkladovou vrstvou). Na povrchu vrstva nečistot a zbytky fixáže (v UV světle patrná bílá fluorescence). Pojivo identifikované mikrochemickými zkouškami není na bázi olejů (na rozdíl od vzorku Vžš ze zlaceného štukového rámu). Jedná se pravděpodobně o temperu (barevná vrstva neobsahuje uhličitán vápenatý).

**Vzorek (VzF) (6888)**

Vzorek byl odebrán z podmalby s cílem určit techniku malby (fresco-secco?).

Makroskopický popis: červená (rozkresba)

Místo odběru: šat Panny Marie



Bílé světlo, zvětšení na mikroskopu 50x.

REM-BEI, HV, 25 kV, mag.: 100x

**Popis vrstev:**

<b><i>vrstva</i></b>	<b><i>barva</i></b>	<b><i>popis</i></b>
1	sv. okrová	Intonako s křemičitým plnivem s vysokým obsahem složek obsahujících železo. <i>složení dle SEM-EDS: neanalyzována</i>
2	červená	Obsahuje uhličitan vápenatý, minium, malou příměs červeného okru. Sádrovec vznikl chemickou přeměnou uhličitanu vápenatého, příp. migrací sádry z okolí v důsledku zatékání. <i>složení dle SEM-EDS: Ca, Pb, Si, Al, S (Fe, K)</i>
3	černá	fragmenty povrchové úpravy

### Vzorek (CU2) (6614)

Vzorek CU2 (odebrán během předchozího průzkumu) byl analyzován s cílem určit složení zčernalé vrstvy, která se lokálně objevuje v červených partiích malby (inkarnáty andělů, drapérie). Analýza fázového složení byla provedena ve spolupráci s Centrem Instrumentálních technik, Ústavu anorganické chemie v Řeži, (CIT, ÚACH, AV ČR), Dr. RNDr. Petrem Bezdičkou. Analýza byla provedena pomocí práškové rentgenové mikrodifrakce (mikro-XRD) na úlomku vzorku s originálním povrchem. Difrakční záznam byl proveden na difraktometru PANalytical X'Pert PRO vybavené rentgenkou (Co K $\alpha$  záření, 40 kV, 30 mA). Difrakční záznam byl pořízen v úhlovém intervalu 4-80° 2theta, načítací krok a doba měření nebyly uvedeny. Zpráva o měření je součástí přílohy průzkumu, v této části dokumentace jsou pouze shrnuty výsledky.

Makroskopický popis: červená (inkarnát)

Místo odběru: postava anděla zastupující kůr Angeli, tvář dítěte

#### **Shrnutí výsledků:**

Ve vrstvě byly identifikovány tři fáze: uhličitán vápenatý, sádrovec a plattnerit, minerál, který vzniká přeměnou olovnatých pigmentů v tomto případě minia. Uhličitán vápenatý a sádrovec je součástí barevné vrstvy, sádrovec vznikl dlouhodobým působením vlhkosti v objektu, kde se nachází i sádrové prvky. Vlhkost je pravděpodobně také příčinou chemické přeměny minia.

## B/ Analýza pojiva barevných vrstev

Analýza pojiva vybraných vrstev byla provedena orientačně, pomocí mikrochemických zkoušek. Analyzovány byly vrstvy provedené v secco technice. Pro analýzu byly provedeny následující mikrochemické reakce:

**Proteiny:** důkaz pyrollových derivátů, přítomnost organicky vázaného P (test na kasein)

**Vysýchavé oleje:** pěnový test, důkaz na glycerol

**Uhličitan vápenatý:** rozpustnost v kys. chlorovodíkové

### Vzorek (VzP1)(6853)

Popis: červená na modré (analýza pojiva)

Místo odběru: místo překrytí roucha P. Marie a anděla



VzP1

Analýza pojiva:

proteiny: +++

vysýchavé oleje: -

uhličitan vápenatý: +++

### Vzorek (VzP2)(6854)

Popis: růžová na omítce (analýza pojiva)

Místo odběru: pozadí malby, růžová oblaka



VzP2

Analýza pojiva:

proteiny: +++

vysýchavé oleje: -

uhličitan vápenatý: +++

**Obsah složek byl hodnocen na základě intenzity průběhu mikrochemické reakce.**

## C/ Obsah vodorozpustných solí

Na povrchu malby se v rozsáhlých partiích vyskytují výkvěty vodorozpustných solí. Pro jejich identifikaci byla provedena destruktivní analýza odběrem materiálu malby a podkladových vrstev. Koncentrace solí byla zjištěna ve dvou hloubkách – na povrchu (vzorek S1, hl. 0-1 cm) a v hloubce (vzorek S2, 1-2 cm) – vzorky byly získány odvrtáním vzorků v jednom místě.

Ze vzorků byly připraveny výluhy v destilované vodě a v nich stanoven obsah jednotlivých anionů (chloridů, síranů a dusičnanů). Koncentrace solí byla stanovena v hm.% (vztaženo na suchý vzorek) a mmol/kg. Výsledky jsou uvedeny v Tab. 1.

### Výsledky:

**Tab.1:** Koncentrace vodorozpustných solí v hm.% a mmol/kg.

Vzorek	váha vzorku	objem vody	Koncentrace síranů (SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> )		Koncentrace chloridů (Cl <sup>-</sup> )		Koncentrace dusičnanů (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )		Pozn.
	m (g)	V (ml)	mmol/kg	hm.%	mmol/kg	hm.%	mmol/kg	hm.%	
S1 (0-1 cm)	1,0	50	0,221	<b>0,94*</b>	0,118	<0,01	0,058	0,02	*analyzován síran vápenatý
S2 (1-2 cm)	1,0	50	0,055	<b>0,21*</b>	0,056	<0,01	0,124	0,03	

### Shrnutí výsledků:

Ve vzorcích odebraných z nástěnné malby byla zjištěna vysoká koncentrace síranů, mikrochemickými zkouškami byla upřesněna přítomnost síranu vápenatého (sádrovce), který vzniká přeměnou karbonátových složek podkladu. Nejvyšší koncentrace byla zjištěna na povrchu (vizuálně patrné puchýřování barevné vrstvy, práškovatění v důsledku přeměny pojiva barevných vrstev, změna barevnosti). Vysoká koncentrace je i v podkladu, v hloubce 1-2 cm. Zvýšená koncentrace síranů souvisí se zatékáním, ke kterému došlo v masivní míře v minulosti v důsledku konstrukčních poruch objektu. Vzhledem k přítomnosti sádrových prvků na stropě není přítomnost síranů způsobena chemickou přeměnou v důsledku působení atmosférických vlivů, ale rozpuštěním a migrací sádrovce ze sádrových prvků.

Řešení problému vyžaduje komplexní řešení, které zahrnuje odsolení, příp. stabilizaci solí, které by měla, vzhledem ke špatnému stavu barevné vrstvy maleb předcházet konsolidace. Nedílnou součástí řešení by měla stabilizace klimatických podmínek v interiéru kostela. Studium změn klimatu v interiéru kape bylo součástí průzkumu a dílčí výsledky jsou uvedeny v oddíle E.

## D/ Analýza povrchové fixáže

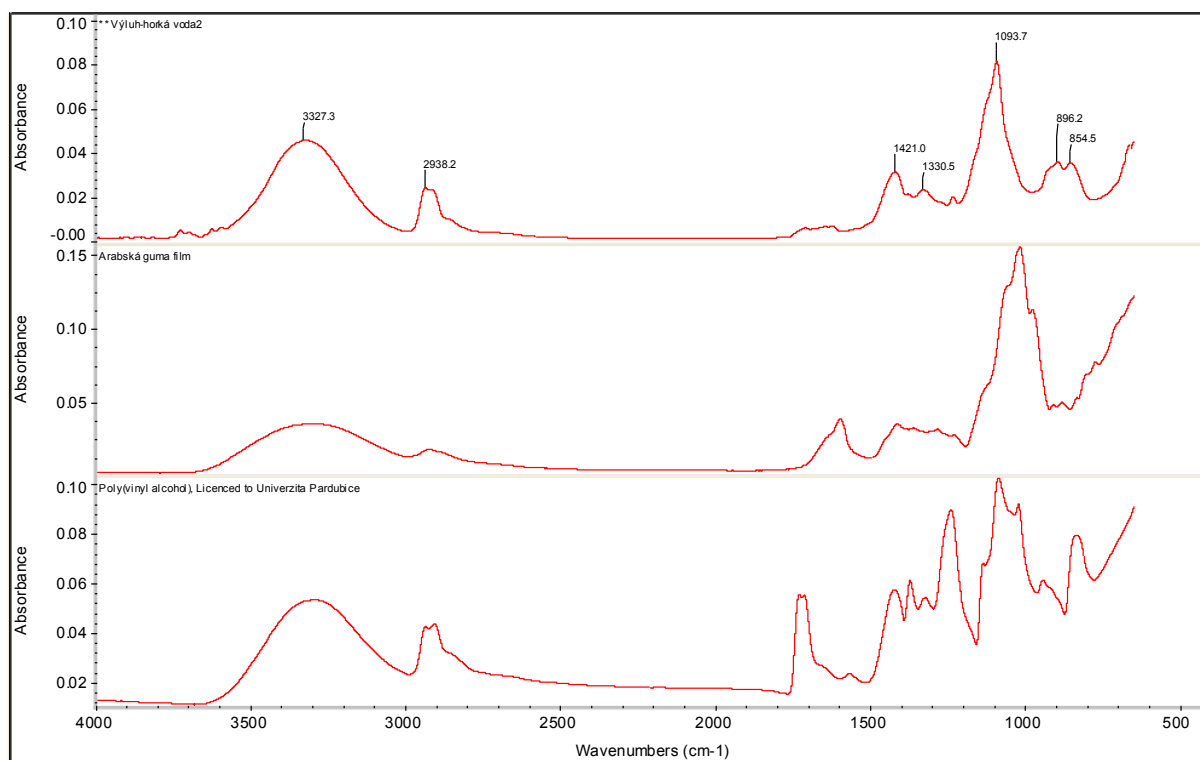
Na povrchu nástrojní malby se nachází organická transparentní vrstva fixáže pocházející z předchozích restaurátorských zásahů. Organická vrstva se lokálně odděluje z povrchu malby ve formě transparentního filmu, který částečně strhává barevnou vrstvu malby. Na jiných místech malby (zejména ve figurách) se sekundární fixáž projevuje vznikem lesklých nepropustných míst.

Složení organického filmu bylo provedeno metodou Infračervené spektroskopie s Fourierovou transformací v ATR modu na přístroji Nicolet 380 v rozsahu vlnočtů  $600\text{--}4000\text{ cm}^{-1}$ . Pro identifikaci byly provedeny orientační zkoušky rozpustnosti v polárních a nepolárních rozpouštědlech (voda, aceton, chloroform). Pro analýzu byly odebrány dva typy vzorků:

*Film 1* – odlupující se film z povrchu, bílý, křehký, měkký

*Film 2* – vzorek odebraný z lesklé barevné vrstvy, odebráno v souvrství

Film 1 – analýza separovaného filmu odlupující se z povrchu, spektrum bylo porovnáno se spektry vybraných standardních polymerních látek.



*FTIR spektra filmu 1*

Film 2: Analýza byla provedena z extraktu vzorku v rozpouštědlech: vodě, acetonu, chloroformu. Ani jedna analýza neprokázala přítomnost organických složek.

Zkoušky rozpustnosti: kousky filmu byly smíchány s malým množstvím rozpouštědla v PP vzorkovnici. Po rozpuštění byl připraven film vzorku na Petriho misku.

Rozpouštědlo	Film 1	Film 2
voda	+, bobtná	+, bobtná, redukce lesků
teplá voda	++, rozpouští	0, bobtná
aceton	0	+, částečná rozpustnost, redukce lesklých ploch
chloroform	0	-

#### Shrnutí výsledků:

Na povrchu nástrovní malby se pravděpodobně nacházejí dva typy povrchových fixází. Jedna, rozpustná ve vodě, pravděpodobně na bázi polyvinylalkoholu, která se odlupuje z povrchu (typ *Film 1*). Povrchová fixáž byla snadno identifikovatelná (analyzován byl separovaný film), film se rozpouštěl ve vodě, rozpustnost se výrazně zlepšila aplikací teplé vody. Druhý typ, *Film 2*, soudržný, migrovaný do malby, vytvářející lesklé plochy, nebylo možné pomocí FTIR jednoznačně identifikován; odlišný charakter filmu byl potvrzen na základě zkoušek rozpustnosti in-situ, film se rozpouští v acetonu, ve vodě pouze měkne, bobtná.

## E/ Monitoring klimatu

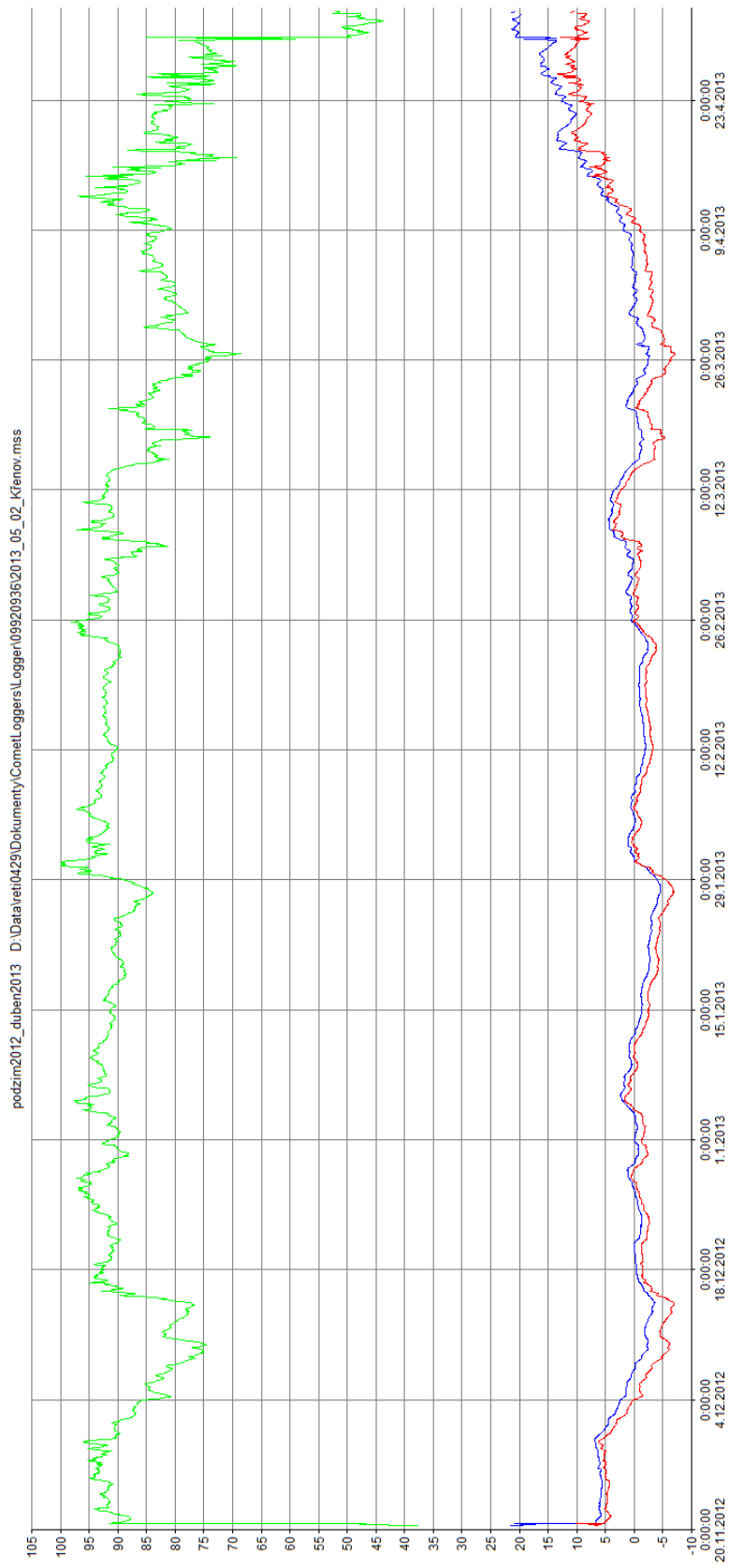
Od listopadu 2012 probíhá v kapli sv. Izidora v Křenově monitoring klimatu (snímání T a RH), který je průběžně sledován pomocí dataloggeru T a RH. Cílem bylo zjistit stabilitu klimatu v interiéru v průběhu ročního cyklu, které je důležité pro hodnocení stability stávajícího stavu maleb a ostatního mobiliáře a stabilitu probíhajícího restaurátorského zásahu. Data jsou přehledně graficky znázorněny kontinuálními křivkami T, RH a T rosného bodu, poslední prezentovaná data jsou k dubnu 2013, monitoring bude nadále pokračovat, minimálně do listopadu 2013.

### Shrnutí:

Monitoring klimatu zahrnuje data T a RH v průběhu podzimu, zimy a jara 2013, tedy měsíců velmi komplikovaných na změny obou parametrů. Z dat však vyplývá, že v kapli je v tomto období relativně stabilní klima, především vzhledem ke změnám relativní vlhkosti. Teplota se mění v závislosti na venkovních podmínkách - v zimním a brzkém jarním období klesá pod bod mrazu, avšak jen výjimečně klesá pod  $-5^{\circ}\text{C}$ . Nárůst teploty nastává až v měsíci dubnu. Relativní vlhkost v interiéru je relativně vysoká a neklesá pod 75%. Tento fakt je velmi komplikovaný vzhledem k vysokému obsahu vodorozpustných solí, přítomností sekundárních fixází citlivých na vlhkost, možné migraci a degradaci vodocitlivých složek malby. Vzhledem k možnostem migrace vodorozpustných solí, příp. jejich krystalizace je nutné zdůraznit, že na malbě byly identifikovány pouze sírany, jejichž vysoký obsah pravděpodobně souvisí se zjištěným stavem v interiéru (sádrovec je silně hydroskopický, s rovnovážnou vlhkostí kolem 100%). Z tohoto hlediska jsou tyto podmínky vůči zasoleným partiím nedestruktivní (síran vápenatý nepodléhá fázovým přeměnám, ani cyklům krystalizace-hydratace).

Z dosud naměřených dat vyplývají některá doporučení pro postupy a materiály použité v průběhu probíhajícího restaurování. V rámci restaurátorského zásahu by mělo být provedeno:

- Odstranění nebo redukce fixážních prostředků (eliminace vlivu vlhkosti na jejich degradaci a tím i degradaci malby)
- Redukce nebo stabilizace obsahu síranů v malbě (snížení případného negativního vlivu solí – hydratace, krystalizace, hydroskopické sorpci vlhkosti)
- Konsolidace silně degradované barevné vrstvy vhodnými fixačními prostředky (zvýšení soudržnosti barevné vrstvy, náhrada degradovaného pojiva barevné vrstvy).



Obr. 1: Změny T, Tc a RH v kapli sv. Izidora v Křenově (stav 11/2012-04/2013)

- Legenda:
- Relativní vlhkost, %
  - Teplota v interiéru, °C
  - Teplota rosného bodu, °C

## Shrnutí výsledků:

Detailní průzkum centrálního výjevu v kupoli kaple sv. Izidora v Křenově byl proveden v souvislosti s jeho restaurováním. Současně byl vypracován jako doplňkový a rozšiřující průzkum k detailním průzkumům vypracovaným v letech 2009 a 2011/2012. Požadavky na jeho obsah vyplynuly ze stávajícího restaurování. Hlavní cíle byly:

- *Upřesnit stratigrafii vybraných vzorků* barevných úprav (průzkum zahrnoval zjištění složení anorganických složek vrstvy), průzkum zahrnoval analýzu sekundárních vrstev (analýza pojiva)
- *Analýza hlavních degradačních fenoménů* – analýza vodorozpustných solí, povrchových fixází z předchozích restaurátorských zásahů a možnosti jejich odstranění, příp. redukci), černání lokálních barevných úprav a možnosti jejich konverze.
- *Vyhodnocení stavu klimatu a jeho vývoje* (důležité z hlediska hodnocení životnosti a trvanlivosti postupů použitých při stávajícím restaurování).

Výsledky lze stručně shrnout:

Malba je v původním stavu provedena na vrstvě intonaka nebo jádrové omítky, použité pigmenty jsou okry, uhličitán vápenatý, olovnaté pigmenty. Pod malbou se lokálně nachází vrstva podmalby v červené barevnosti. Techniku nelze jednoznačně určit, z optické mikroskopie lze spíše usuzovat na techniku *secco* (patrné rozhraní mezi barevnou vrstvou a podkladem), na snímcích z elektronového mikroskopu však toto rozhraní mezi vrstvami patrné nebylo a barevné vrstvy jsou velmi dobře propojené s podkladem indikující možnost *fresco* techniky, příp. *fresco-secco* techniky (pravděpodobnější, vzhledem k optickému charakteru vrstvy, obsahu vápna v barevných vrstvách). Jeden vzorek byl odebrán ze zlacení na štukovém rámu rámujiící centrální výjev. Stratigrafie, složení a charakter vrstev je totožný s výsledky nalezenými při předchozím průzkumu – zlacení je provedeno na olejovém podkladu s olovnatými pigmenty, zlacení je provedeno zlatou fólií. Štukový rám kolem centrálního výjevu je proveden v okrové barevnosti, jejíž optický charakter i složení vrstvy je odlišné od zlacených částí.

Hlavními degradačními fenomény, které zásadně ovlivňují stav maleb je přítomnost sádrovce, přítomnost fixativ na povrchu malby a černání v důsledku přeměny minia v barevných vrstvách, vše jako důsledek předchozího havarijního stavu, při kterém došlo k masivnímu zatékání do objektu. Přítomnost fixačních látek souvisí s posledním restaurátorským zásahem provedeným v roce 2005 a 2006.

Klima v kapli je v současném stavu stabilní, v daném monitorovaném období se vyznačuje vyšší, ale relativně stabilní, relativní vlhkostí. Vývoj teploty reaguje na venkovní změny podmínek, v zimních měsících však neklesá pod  $-5^{\circ}\text{C}$ . Z tohoto hlediska lze podmínky v kapli hodnotit jako stabilní vůči stávajícímu stavu a příčin poškození (především z hlediska přítomností sádrovce a fixativ), přesto však navrhujeme provést několik dílčích opatření, které by vedly k redukci případného negativního stavu na malbu (odsolení nebo stabilizace solí, odstranění nebo částečná redukce obsahu fixativ, nová konsolidace barevné vrstvy vhodnými fixativy na minerální bázi).

# MĚSTSKÝ ÚŘAD MORAVSKÁ TŘEBOVÁ

## odbor výstavby a územního plánování

nám. T. G. Masaryka č.o. 29

571 01 Moravská Třebová

Váš dopis zn.:

Ze dne:

Naše značka: MUMT 8703/2012/OVUP6-411.1

Spisová značka : S MUMT 8107/2012

Vyřizuje: Blanka Žouželková

Tel.: 461 353 020

Fax: 461 353 074

E-mail: bzouzelkova@mtrebova.cz

Účastník řízení :

Obec Křenov, IČ 00276871

Křenov 26

569 22 Křenov

Datum vyhotovení : 28.3.2012

## ROZHODNUTÍ

Městský úřad v Moravské Třebové, odbor výstavby a územního plánování jako příslušný orgán státní památkové péče podle ustanovení § 14 zákona č. 20/1987 Sb., o státní památkové péči, ve znění pozdějších předpisů, k žádosti o vydání závazného stanoviska Obce Křenov, podané dne 22.3.2012, vydává podle § 14 odst. 1 zákona č. 20/1987 Sb., o státní památkové péči, ve znění pozdějších předpisů a zákona č. 500/2004 Sb., o správním řízení, v platném znění toto:

### **závazné stanovisko.**

V souladu s ustanovením § 14 odst. 3 zákona č. 20/1987 Sb., o státní památkové péči v platném znění ( dále jen památkový zákon), je provedení navržených prací spočívajících v :

- **restaurování nástěnných maleb, štukových reliéfů na klenbě kupole**, v rozsahu podle provedeného restaurátorského průzkumu zpracovaného Univerzitou Pardubice, Fakultou restaurování, Jiráskova 3, Litomyšl, datum březen 2012 zahrnující :
  - › fotodokumentaci a grafickou dokumentaci
  - › rozšíření restaurátorského průzkumu
  - › biocidní ošetření
  - › zpevnění nesoudržných omítek a štuků
  - › zpevnění barevné vrstvy
  - › čištění od hrubých nečistot, prachových depozitů, vápenných povlaků
  - › redukci konsolidantů z předchozích barevných zásahů
  - › revizi tmelů
  - › hloubkovou injektáž statických trhlin
  - › tmelení defektů omítkových vrstev
  - › lokální plasticou retuš chybějící modelace štuků
  - › barevnou retuš poškozených částí a tmelů
  - › obnovu poškozeného zlacení
  - › restaurátorskou dokumentaci

Úřední dny a hodiny:

Pondělí , středa  
8:00 – 11:30, 12:30 – 17:00

Bankovní spojení:

Komerční banka Svitavy  
1929-591/0100

IČO:

00277037

Telefonní ústředna:

461 353 111

- **restaurování štukových figurálních plastik a dekorativních reliéfů (plastiky spojené s nikami, andělé na římsě, vlys kladí, hlavice pilastrů),** v rozsahu podle provedeného restaurátorského průzkumu zpracovaného Univerzitou Pardubice, Fakultou restaurování, Jiráskova 3, Litomyšl, datum březen 2012 zahrnující :

- fotodokumentaci a grafickou dokumentaci
- rozšíření restaurátorského průzkumu
- zpevnění nesoudržných částí omítek a štuků
- zpevnění povrchových vrstev
- čištění depozitů a nečistot
- odstranění sekundárních povrchových úprav zaslepujících modelaci
- konzervaci železných výztuží a kotvicích zádoových trnů
- lepení odlomených částí štuků
- injektáž prasklin
- lokální rekonstrukci štuků
- lokální plastickou retuš
- lokální barevnou retuš
- obnovu ztraceného a poškozeného zlacení
- restaurátorskou dokumentaci

**v kapli sv. Isidora, stojící na pozemku parcelní číslo 37 v obci Křenov, nemovitě kulturní památky zapsané v ÚSKP pod rejstříkovým číslem 280066/6-3094 z hlediska zájmů státní památkové péče p ř í p u s t n é za dodržení následujících podmínek:**

1. Účastník řízení zajistí, aby v doplňujícím průzkumu byla detailně graficky zachycena poškozená místa maleb i štuků, z barevných vrstev byly odebírány další vzorky a provedeny jejich nábrusy, na štukové výzdobě byla ve větší míře zachycena stratigrafie jednotlivých barevných vrstev až na podklad, místa odběrů byla graficky zachycena na pohledech na výzdobu, ve spodních partiích stěn byla zjištěna salinita omítek.
2. Účastník řízení zajistí, aby uvolněné tmely maleb z předchozích zásahů byly sejmuty a nahrazeny vápenným štukem stejné barevnosti a struktury jako je originál, barevné retuše byly reverzibilní, nahrazení železných výztuží a kotvicích zádoových trnů nerezem v případě špatného stavu, nové štuky budou stejné barevnosti a struktury jako je originál.
3. Účastník řízení zajistí, aby doplňující průzkum a vlastní restaurování prováděl restaurátor s povolením Ministerstva kultury ČR k restaurování malířských uměleckých děl a k restaurování sochařských uměleckých děl ze štuku .
4. Průběh prací bude účastník řízení prostřednictvím restaurátora konzultovat s Městským úřadem Moravská Třebová, odborem výstavby a územního plánování za účasti odborného pracovníka Národního památkového ústavu, územní odborné pracoviště v Pardubicích, na pravidelných kontrolních dnech.
5. Účastník řízení zajistí, v termínu do 60 dní od dokončení prací, prostřednictvím Městského úřadu Moravská Třebová, odboru výstavby a územního plánování, předání restaurátorské zprávy Národnímu památkovému ústavu ÚOP Pardubice.
6. Zahájení a dokončení restaurátorských prací bude písemně oznámeno Městskému úřadu Moravská Třebová, odboru výstavby a územního plánování.

## Odůvodnění:

Městský úřad Moravská Třebová, odbor výstavby a územního plánování, jako příslušný orgán státní památkové péče (dále orgán SPP), obdržel dne 22.3. 2012 žádost o vydání závazného stanoviska Obce Křenov ve věci „Restaurování nástěnných maleb, štukových reliéfů na klenbě kupole; restaurování štukových figurálních plastik a dekorativních reliéfů (plastiky spojené s nikami, andělé na římse, vlys kladí, hlavice pilastrů); v kapli sv. Isidora, stojící na pozemku parcelní číslo 37 v obci Křenov, nemovitě kulturní památky zapsané v ÚSKP pod rejstříkovým číslem 280066/6-3094“. Tímto dnem bylo podle § 44 zákona č. 500/2004 Sb. o správním řízení v platném znění, zahájeno správní řízení.

Podle § 14 odst. 6 zákona č. 20/1987 Sb., o státní památkové péči, ve znění pozdějších předpisů, obdržel orgán SPP v této věci písemné vyjádření Národního památkového ústavu, územní odborné pracoviště v Pardubicích č.j. NPÚ-361/25725/2012/Prk.

V této věci není příslušný rozhodovat stavební úřad podle zvláštního právního předpisu, proto orgán státní památkové péče vydává samostatné rozhodnutí ve správním řízení podle § 44a zákona o státní památkové péči č. 20/1987 Sb.

Odborný dohled zabezpečuje dle ustanovení § 32 odst. 2 písm. g) zákona o státní památkové péči Národní památkový ústav, územní odborné pracoviště v Pardubicích.

Orgán SPP seznámil účastníka řízení s podklady pro vydání rozhodnutí a podle § 36 odst. 3 zákona č. 500/2004 Sb., o správním řízení, v platném znění, mu dal možnost vyjádřit se před vydáním rozhodnutí.

S ohledem na současný stupeň poznání historického vývoje se jedná o centrální kapli na elipsovitém půdorysu se zaklenutou kupolí, u paty kupole je kladí se štukovými rozvilinami a festony, které nesou pilastry. Na vrchní hraně kladí jsou sedící andělci s hudebními nástroji (celkem osm). Mezi pilastry niky se štukovými postavami Adama, Evy, sv. Isidora a sv. Notburgy. Na klenbě je malba Osm kūrů andělských. Jedná se o dílo výtvarného umění z období baroka, štuk (patně z roku 1701), malby – secco, z roku 1727, autor maleb Jan Kryštof Handke (1694-1774).

Příslušný orgán v průběhu správního řízení posuzoval žádost z hlediska jejího souladu s platnými právními předpisy. Při vyhotovení závazného stanoviska vycházel z písemného vyjádření Národního památkového ústavu ÚOP Pardubice a předložené žádosti a došel k závěru, že požadované práce jsou přípustné za předpokladu, že budou plně respektovány podmínky tohoto rozhodnutí. Podmínky uvedené ve výroku tohoto rozhodnutí stanovil orgán SPP podle § 14 odst. 3 zákona č. 20/1987 Sb., o státní památkové péči, ve znění pozdějších předpisů:

Podmínky 1, 2 – podmínky 1 (provedení doplňujícího průzkumu) byla stanovena na základě § 10 odst. 3 písm. b) vyhlášky č. 66/1988 Sb., v platném znění, a vzhledem k charakteru věci, jelikož při současném stavu poznání (bez provedených průzkumů) této kulturní památky nelze jednoznačně stanovit způsob provedení restaurátorských prací, podmínka 2 - zásady provedení restaurátorských prací byly stanoveny na základě hlediska zachování autentického materiálu a vzhledu, včetně patiny (pouze lokální retuše bez celkového barevného překrytí originálu, z důvodu zachování samotné fyzické podstaty neboť stav je velmi vážný, místy havarijní. Barevná vrstva je zašpiněná, uvolněná od podkladu, zpráškovatělá, v podkladní omítce i v malbě jsou praskliny, došlo i k odpadnutí barevné vrstvy s omítkou, jsou zde četná zateklá místa na malbě včetně biologického napadení řasami. Štuk – velmi vážný stav. Na zašpiněných andělcích jsou mechanická poškození, chybí části rukou, nohou i hudební nástroje, římse kladí je na mnoha místech odpadlá až na cihly. Na stěnách i v nikách jsou vertikální praskliny, špína, v dolních partiích stěn jsou výkvěty solí. Sochy v nikách jsou zašpiněny, povrchová úprava (bílá) je místy uvolněná, stírá se.

Podmínka 3 - byla stanovena na základě ustanovení § 14 odst. 8 zákona č. 20/1987 Sb., o státní památkové péči, ve znění pozdějších předpisů.

Podmínka 4. – jednotlivé fáze průzkumu a zjištěné skutečnosti je nutné průběžně konzultovat s pracovníkem Národního památkového ústavu, jak z hlediska metodického přístupu, tak pro dokumentaci maximálního množství informací, aby nedošlo k nevratným ztrátám vypovídacích schopností této kulturní památky. Každý jednotlivý postup restaurování a konzervování je třeba řešit individuálně – příprava musí být řešena v těsné spolupráci s památkářem, popř. s technologem (viz. metodická publikace: Štule J. – Suchomel M. – Maxová I.: Péče o kamenné sochařské a stavební památky, in: Odborné a metodické publikace, svazek 16, Praha 1998).

Podmínka č. 5 – byla stanovena podle § 10 odst. 3 písm. c) a odst. 4 písm. a) až h) vyhlášky č. 66/1988 Sb., v platném znění. Restaurátorská zpráva musí obsahovat :

- a) komplexní vyhodnocení průzkumných a výzkumných prací,
- b) dokumentaci provedeného restaurování,
- c) popis použitých technických a technologických postupů,
- d) popis použitých materiálů,
- e) nová zjištění o kulturní památce a pokyny pro další ochranný režim,
- f) fotodokumentaci jednotlivých fází restaurování a výsledného stavu,
- g) další dokumentaci podle povahy věci,
- h) předávací protokol a vyčíslení nákladů restaurování.

Podmínka 6 – byla ustanovena podle § 9 odst.5 vyhl. č.66/1988 Sb. v platném znění.

S provedením navržených prací orgán SPP souhlasí, neboť předmětnými restaurátorskými pracemi bude zjištěn stav věci a teprve poté bude stanoven definitivní postup restaurátorských prací. Tak bude v maximální možné míře zachována autenticita této kulturní památky, její charakter a vzhled. Realizace prací povede ke zlepšení stavu kulturní památky a k uchování její fyzické podstaty. Vzhledem k výše uvedeným skutečnostem rozhodl orgán SPP tak, jak je uvedeno ve výroku tohoto rozhodnutí.

#### **Poučení o odvolání:**

Proti tomuto rozhodnutí je možné podat odvolání do 15 dnů od jeho doručení, ke Krajskému úřadu Pardubického kraje, podáním učiněným u Městského úřadu v Moravské Třebové, odboru výstavby a územního plánování.

**Blanka Žouželková - oprávněná úřední osoba**

*(dle §15, odst. 2, zák. č. 500/2004 Sb. v platném znění)*

odbor výstavby a územního plánování

Městského úřadu Moravská Třebová

#### **Na vědomí :**

Národní památkový ústav, územní odborné pracoviště Pardubice

*Úřední dny a hodiny:*  
Pondělí, středa  
8:00 – 11:30, 12:30 – 17:00

*Bankovní spojení:*  
Komerční banka Svitavy  
1929-591/0100

*IČO:*  
00277037

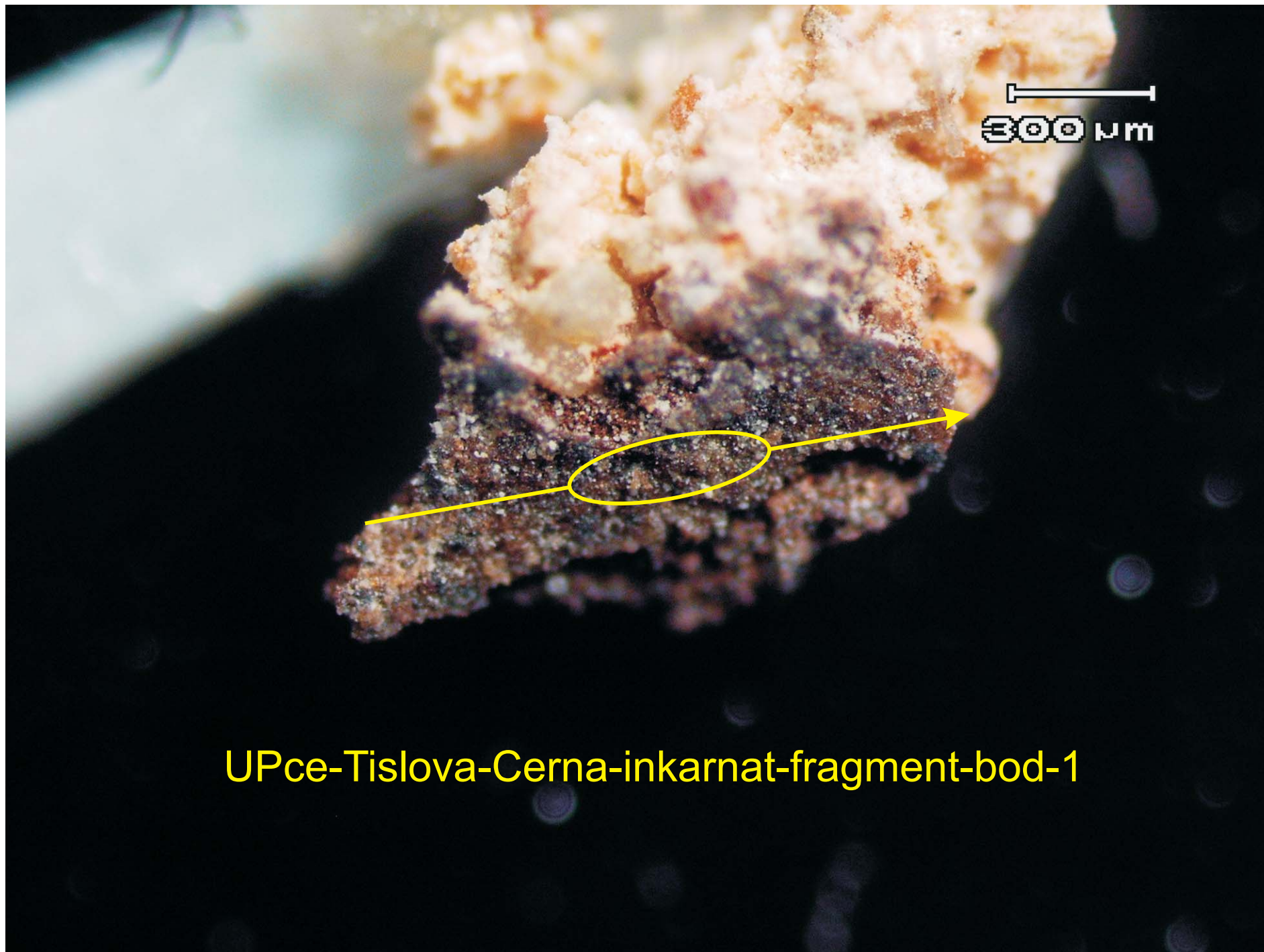
*Telefonní ústředna:*  
461 353 111

objednal	Mgr. VI. Říhová	kraj / okres	Jihomoravský / Svitavy	číslo ZP	528-11/13
adresa		obec	Křenov	číslo souboru	d102
telefon		ulice (orientační číslo)			
e-mail		číslo popisné		zpracoval	VI. Říhová
datum odběru	27. 06. 2013	objekt	kaple sv. Isidora	datoval	J. Kyncl

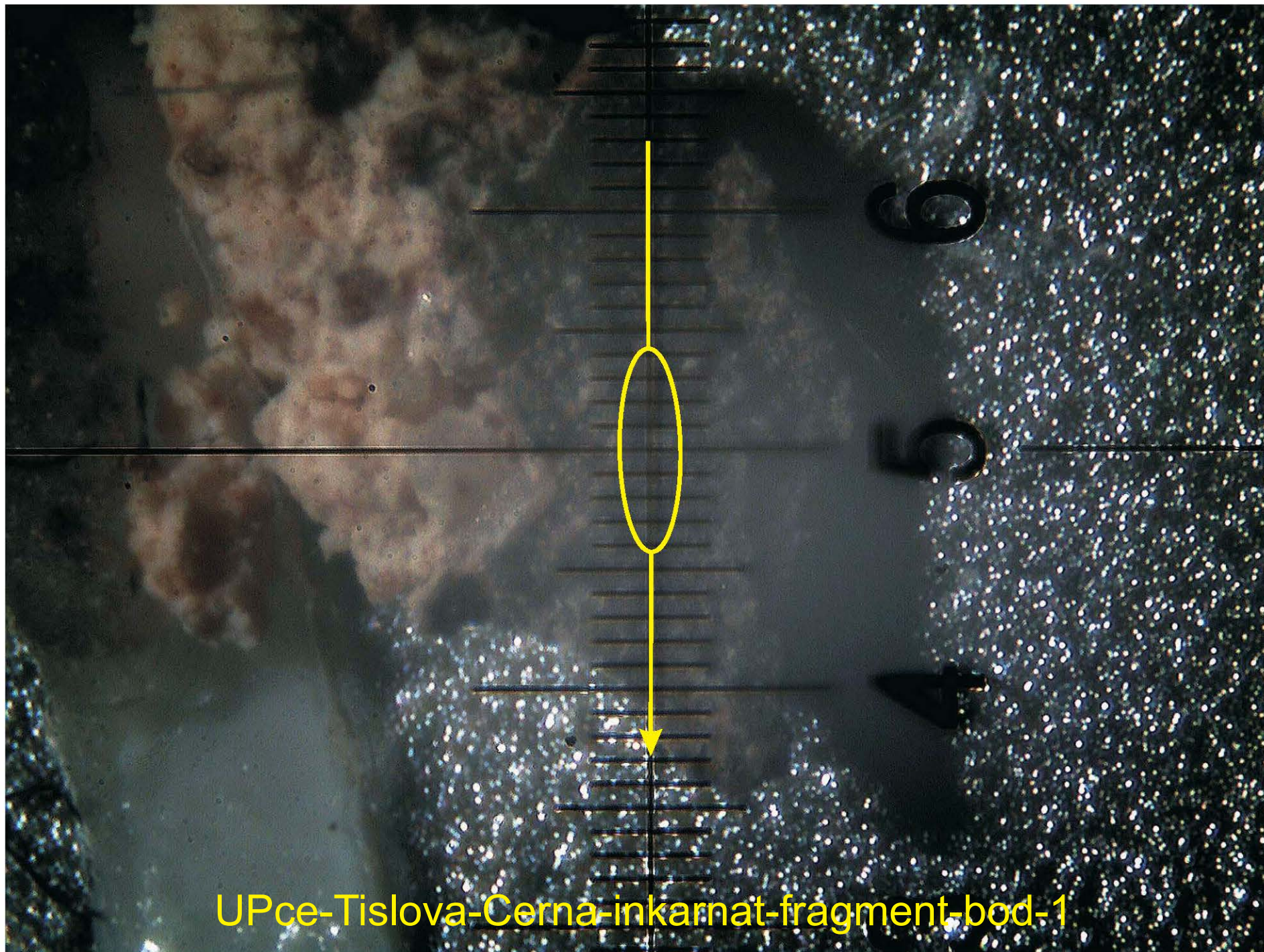
konstrukce	popis prvku	způsob odběru	odběr. číslo	číslo vzorku	podkorní letokruh	druh dřeviny	počet letokruhů	poslední letokruh	datace smýcení
schodiště	6. úplný schod	vert	1	d914	ano	jedle	103	1706	<b>1706 L</b>
	5. úplný schod	vert	2	d915	ne		70	1705	1705+
	9. úplný schod - přední poloměr	vert	3	d9161	ne		138	1679	1679+
	9. úplný schod - zadní poloměr	vert (za střed)	3	d9162	ne		53	1594	1679+
d102krenovAB: d914 + d915 + d916						jedle	165	1706	

**Závěr:** Všechny tři zkoumané stupně schodiště pocházejí z téhož stromu, z více než 170-leté jedle, skácené někdy v období pozdní léto až podzim roku 1706.

Poznámky: Vysoký stupeň podobnosti středně- až dlouhodobých přírůstkových trendů odpovídá původu z téhož stromu, viz graf. Poslední letokruh 1706, zachycený i s kůrou na vzorku d914, je téměř kompletní. Pozdní dřevo je však ve srovnání s předchozími roky přece jen poněkud slabší a řidší, asi se v době smýcení stromu ještě tvořila jeho závěrečná část. Z toho vyplynul závěrečný odhad.



UPce-Tislova-Cerna-inkarnat-fragment-bod-1



UPce-Tislova-Cerna-inkarnat-fragment-bod-1

File: UPce-Tislova-Cerna-inkarnat-fragment-bod-1.raw - Type: 2Th/Th locked - Start: 4.014 ° - End: 79.950 ° - Step: 0.033 ° - Step time: 2. s - Temp.: 25 °C (Room) - 36-0432 (D) - Gypsum - CaSO4·2H2O - Y: 50.00 % - d x by: 1. - WL: 1.78901 - Monoclinic - a 5.68000 - b 15.18000 - c 6.52000 - alpha 90.000 - beta 118.383 - gamma 90.89-2805 (C) - Plattnerite - synthetic - PbO2 - Y: 50.00 % - d x by: 1. - WL: 1.78901 - Tetragonal - a 4.95500 - b 4.95500 - c 3.38300 - alpha 90.000 - beta 90.000 - gamma 85-1108 (C) - Calcium Carbonate - CaCO3 - Y: 10.00 % - d x by: 1. - WL: 1.78901 - Hexagonal (Rh) - a 5.01767 - b 5.01767 - c 17.15309 - alpha 90.000 - beta 90.000 - gamma

