

Univerzita Pardubice

Fakulta Restaurování

Ateliér restaurování kamene a souvisejících materiálů

Jiráskova 3, 570 01 Litomyšl

Restaurování reliéfu sv. Bernarda na morovém sloupu v Kutné Hoře

Kateřina Šibravová

Vedoucí práce: Mgr. art. Jakub Ďoubal, Ph.D.

Bakalářská práce

2018

Univerzita Pardubice
Fakulta restaurování
Akademický rok: 2017/2018

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Kateřina Šibravová**
Osobní číslo: **R14029**
Studijní program: **B8206 Výtvarná umění**
Studijní obor: **Restaurování a konzervace kamene a souvisejících materiálů**
Název tématu: **Restaurování reliéfu sv. Bernarda z morového sloupu v Kutné Hoře**
Zadávající katedra: **Ateliér restaurování kamene**

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

Zadáním bakalářské práce se bude skládat z restaurování reliéfu zobrazující sv. Bernarda, který je součástí morového sloupu v Kutné Hoře. Bude se jednat o komplexní restaurátorský zásah v plném rozsahu včetně zpracování a vyhodnocení restaurátorského průzkumu, popsání koncepce přes vlastní restaurátorský zákrok. Všechny postupy budou pečlivě dokumentovány podle standardů pro restaurátorské dokumentace. V rámci restaurátorského průzkumu bude věnována zvláštní pozornost výběru metody čištění a optimalizaci uvažované techniky (čištění laserem) ve vztahu k celkovému estetickému vyznění.

Práce budou průběžně konzultovány s konzultanty a vedoucím práce, a budou probíhat pod dohledem pedagogů restaurátorů. Použité postupy a technologie budou voleny na základě důkladných zkoušek.

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

Vedoucí bakalářské práce: **Mgr. art. Jakub Ďoubal, Ph.D.**
Ateliér restaurování kamene

Datum zadání bakalářské práce: **15. listopadu 2017**
Termín odevzdání bakalářské práce: **14. srpna 2018**


Mgr. BcA. Radomír Slovák
děkan

L.S.


Mgr. art. Jakub Ďoubal, Ph.D.
vedoucí ateliéru

V Litomyšli dne 1. srpna 2018

Příloha zadání bakalářské práce

Seznam odborné literatury:

- Základní: Viñas S. M. *Contemporary Theory of Conservation*. Oxford, 2005.
- Základní: Didaktické návody (vydáno v rámci projektu DOCEO PRO CULTURA).
- Základní: Henry, A., ed. *Stone conservation, principles and Practice* (vybrané kapitoly přeloženy v rámci projektu DPC). Donhead Publishing Ltd. 2006.
- Základní: Syllabus - Organizační pokynyn a formální úprava závěrečných prací na Fakultě restaurování. Litomyšl, 2014.
- Doporučená: Zelinger J. a kol. *Chemie v práci konzervátora a restaurátora*. Academia Praha, 1987.
- Doporučená: Ďoubal, J. *Kamenné památky Kutné Hory: restaurování a péče o sochařské památky* (vydáno v rámci projektu DPC). Univerzita Pardubice, 2015.
- Doporučená: Torraca, G. *Lectures on materials Science For Architectural Conservation*. GCI, Los Angeles, 2009.
- Doporučená: Šimůnková E., Bayerová T. *Pigmenty*. STOP Praha, 1999.
- Doporučená: Henry A., ed. *Principles and Practice (Polychrome Stone by Christopher Weeks: s. 237-255)*. Donhead Publishing Ltd., 2006.
- Doporučená: Koller, M. *Probleme und Methoden der Retusche polychromer Skulptur*, in: *maltechnik Restauro 85 /1979*, s. 14-40 (přeloženo v rámci projektu DPC).
- Doporučená: Kopecká I., Nejedlý V. *Průzkum hist. materiálů, analytické metody pro rest. a pam. péči*. Grada Pub., 2005.
- Doporučená: Knoepfli A., ed. *Reclams Handbuch der Künstlerischen Techniken*. Stuttgart, 1990.
- Doporučená: Price C., Doehne E. *Stone conservation* (vybrané kapitoly přeloženy v rámci projektu DOCEO PRO CULTURA). The Getty Conservation Institute, Los Angeles, 2010.
- Doporučená: Slánský, B. *Technika malby*. Praha, 2003.
- Doporučená: Slánský, B. *Technika v malířské tvorbě (malářský a restaurátorský materiál)*. Praha, 1976.
- Doporučená: BRANDI, C. *Teorie restaurování*. Kutná Hora: Tichá Byzanc, 2000.
- Doporučená: Kubička R., Zelinger J. *Výkladový slovník malířství, grafiky a restaurátorství*. Grada, 2004. ISBN 0-247-9046-7.

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.

Beru na vědomí, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, a směrnicí Univerzity Pardubice č. 9/2012, bude práce zveřejněna v Univerzitní knihovně a prostřednictvím Digitální knihovny Univerzity Pardubice.

V Pardubicích dne 14.8.2018

Kateřina Šibravová

Poděkování

Ráda bych v první řadě poděkovala vedoucímu práce Mgr. art. Jakubu Ďoubalovi, Ph.D. za cenné rady a odborné vedení nejen během této práce, ale také po celou dobu studia. Dále bych chtěla poděkovat Ing. Petře Lesniakové, Ph.D. za vypracování chemicko-technologického průzkumu, její vstřícnost a pomoc během této bakalářské práce. Děkuji taktéž všem konzultantům za praktické rady v průběhu práce, zejména Mgr. Jiřímu Kašemu, PhDr. Zdeňce Paukrtové, Mgr. Petře Hečkové PhD, MgA. Petře Zítkové a MgA. Romanu Kolářovi.

V neposlední řadě bych ráda poděkovala své rodině, partnerovi a blízkým za podporu během celého svého studia.

Anotace

Bakalářská práce se skládá z praktické části zahrnující komplexní restaurátorský zásah a rozšířeného restaurátorského průzkumu.

Předmětem komplexního restaurátorského zásahu byl polychromovaný vápencový reliéf sv. Bernarda, který se nachází na západní straně morového sloupu v Kutné Hoře. V textu lze nalézt celou historii díla, souhrnný restaurátorský průzkum, stejně tak i metody a materiály použité při restaurování.

Rozšířený restaurátorský průzkum se věnuje čištění kutnohorského vápence laserem. V rámci prováděných experimentů byl sledován vliv různé intenzity laseru, velikost bodu i pohybu ramenem laseru při čištění na výsledný vizuální vjem. Výsledky rozšířeného průzkumu a získané zkušenosti byly využity v praktické části bakalářské práce.

Klíčová slova

Laser, vápenec, čištění, restaurování, sv. Bernard, vápenec, Kutná Hora, morový sloup

Title

Restoration of the relief St. Bernard from the plague column in Kutná Hora

Annotation

The bachelor thesis consists of a practical part involving a complex restoration intervention and extended restoration research.

The object of the complex restoration intervention was a polychrome limestone relief of St. Bernard, located on the western side of the plague column in Kutná Hora. The text can be found throughout the history of the work, a comprehensive restoration survey, as well as the methods and materials used in the restoration.

The extensive restoration research is dedicated to laser cleaning of limestone of Kutná Hora. Within the experiments conducted, the effect of different laser intensities, size of the point and the movement of the laser arm during the cleaning on the resulting visual perception were monitored. Results of the extended survey and the acquired experience were used in the practical part of the bachelor thesis.

Keywords

Laser, limestone, cleaning, restoration, Saint Bernard, limestone, Kutná Hora, plague column

Obsah

1	Úvod	10
2	Praktická část	11
2.1	Základní údaje o památce	12
2.1.1	Lokalizace památky	12
2.1.2	Údaje o památce.....	12
2.1.3	Údaje o akci	13
3	Popis památky	13
3.1	Popis objektu.....	13
3.2	Popis reliéfu sv. Bernarda	14
3.3	Předchozí restaurátorské zásahy – stručný přehled	15
4	Průzkum díla	16
4.1	Umělecko-historický průzkum	17
4.2	Ikonografie sv. Bernarda.....	17
5	Restaurátorský průzkum	19
5.1	Průzkum v denním světle.....	19
5.2	Průzkum UV fluorescence	20
5.3	Měření nasákavosti kamene Karstenovou trubicí.....	21
6	Chemicko-technologický průzkum	23
6.1	Shrnutí dosavadních poznatků	23
6.2	Analýza vodorozpustných solí.....	25
6.3	Stratigrafie povrchových úprav	26
7	Vyhodnocení průzkumů	27
8	Koncepce restaurátorského zásahu.....	28
9	Postup prací.....	29
9.1	Čištění a zpevňování	29
9.2	Odsolování	30
9.3	Čištění zlacených prvků a zažehlování povrchové úpravy	31

9.4	Plastická retuš	31
9.5	Barevná retuš	32
10	Doporučený režim	33
11	Použité materiály a technologie	34
12	Grafická příloha – zákresy poškození a doplňků	36
13	Obrazová příloha – fotodokumentace restaurátorského zásahu	42
14	Rozšířený restaurátorský průzkum	50
14.1	Úvod do tématu.....	51
14.2	Příklad nežádoucího výsledku	53
14.3	Experimentální část.....	54
14.4	Vyhodnocení.....	59
14.5	Výsledné čištění reliéfu sv. Bernarda	60
15	Závěr	62
16	Použitá literatura	64
17	Seznam obrázků	67
18	Seznam tabulek	68
19	Textová příloha	69

1 Úvod

Bakalářská práce se skládá ze dvou hlavních částí. Jsou jimi praktická část a rozšířený restaurátorský průzkum. Praktická část bakalářské práce se zabývá komplexním restaurátorským zásahem, který byl proveden na polychromovaném reliéfu sv. Bernarda zhotoveném z kutnohorského vápence. Tento reliéf se nalézá na západní straně spodní soklové části morového sloupu, který je umístěn v Šultysově ulici v Kutné Hoře. V návaznosti na restaurování byl v druhé části bakalářské práce realizován rozšířený restaurátorský průzkum zaměřený na estetickou optimalizaci čištěním kutnohorského vápence laserem. Obě tyto části jsou podrobně fotograficky a graficky zdokumentovány.

Reliéf sv. Bernarda byl restaurován v rámci třetí etapy obnovy morového sloupu, jejíž součástí jsou reliéfy a sochy horníků na nároží spodního soklu. Restaurátorský zásah probíhal na základě již odzkoušených metod a technologií, které se osvědčily v předchozích dvou etapách a jejich výsledky byly ověřeny a aplikovány pro tuto část sochařského díla. Celý zákrok je podrobně popsán níže v dokumentaci, jejíž součástí jsou tyto průzkumy: umělecko-historický, restaurátorský a chemicko-technologický. Chemicko-technologický průzkum byl doplněn o dílčí analýzy jako je zjištění aktuálního stavu solí v kameni a povrchové úpravy.

Rozšířený restaurátorský průzkum se zaměřuje na estetickou optimalizaci čištění laserem na kutnohorském vápenci. Tento průzkum se zabývá zejména vizuální problematikou čištění laserem, tmavé krusty a jiných povrchových nečistot na povrchu tohoto kutnohorského vápence. V tomto rozšířeném restaurátorském průzkumu je zdokumentována a popsána tato problematika. Průběh celé experimentální části a její odzkoušení výsledné metody bylo aplikováno na reliéfu sv. Bernarda.

**Restaurování reliéfu sv. Bernarda na morovém sloupu
v Kutné Hoře**



**Obrázek 1 - Historická fotografie morového sloupu v Kutné Hoře
z roku 1930**

2.1 Základní údaje o památce

2.1.1 Lokalizace památky

Kraj:	Středočeský
Okres:	Kutná Hora
Obec:	Kutná Hora
Adresa:	Šultysova ulice
Název Památky:	Morový sloup
Bližší určení místa popisem:	Reliéf sv. Bernarda na západní straně spodní soklové části morového sloupu
GPS:	49.9494267N, 15.2668461E
Klasifikace památky:	Kulturní památka
Rejstříkové číslo objektu v ÚSKP:	38738/2 - 1043

2.1.2 Údaje o památce

Autor:	František Baugut
Datace:	1713–1715
Materiál/technika:	Kutnohorský vápenec/sekané
Rozměry sloupu:	Výška - 16,6 m
Rozměry reliéfu:	Výška - 200 cm, šířka 130 cm, hloubka cca 20 cm
Předchozí známé restaurátorské zásahy:	1964, ak. soch Miroslav Smrkovský ak. soch Ladislav Šobr 1981–1982, Votánek, restaurátor 2003 a 2005, ak. soch Jaroslav Kreml

2.1.3 Údaje o akci

Vlastník památky:	Město Kutná Hora
Objednavatel:	Město Kutná Hora
Zhotovitel:	Kateřina Šibravová
Vedoucí práce:	Mgr. art. Jakub Ďoubal, Ph.D.
Konzultanti:	Ing. Petra Lesniaková, Ph.D. Mgr. Jiří Kaše MgA. Petra Zítková
Termín započetí a ukončení prací:	Říjen 2017 – Srpen 2018

3 Popis památky

3.1 Popis objektu

Morový sloup se nachází na konci Horního rynku – dnes v Šultysově ulici v Kutné Hoře. Barokní sloup vznikl v letech 1713–1715 a skládá se ze čtyř částí, kterými jsou schodiště s balustrádou, spodní soklová část, střední soklová část a oblačný pylon završený sochou Panny Marie.

Čtyřstupňové schodiště je ohraničeno balustrádou, jež kopíruje konvexní a konkávní čtvercový půdorys schodiště. Balustráda je rozdělena do dvanácti polí, v nichž se nachází kuželky s profilovanými hlavicemi a patkami. Nad sloupky, oddělující jednotlivá pole balustrády jsou umístěny čučky střídavě zakončené motivem piniových šišek a koulí. Na čelní (jižní) a zadní (severní) straně se namísto jednoho balustrádového pole nalézají původní kované ploty.

Spodní soklová část má čtvercový půdorys s vysazeným a výrazně profilovaným nárožím, které podpírají sochy kutnohorských havířů. Všichni havíři jednou rukou podpírají vrchní římsu, zatímco druhou rukou přidržují štít s nápisy, skládající se z chronogramů. Jednotlivé plochy soklu mezi nárožními jsou zdobeny reliéfy s vyobrazením sv. Bernarda, sv. Rozálie, sv. Jana Nepomuckého, a na posledním z nich jsou latinské nápisy „*Matce Boží, vždy Panně bez poskvrny počaté, řádně postavila morové rány zbavená, milostné Marii oddaná*“

a zavázaná Kutná Hora.“ Každý jednotlivý reliéf je zapuštěn do jednoduše profilovaného rámu.

Střední soklovou část tvoří sochy jezuitských světců – sv. Šebestiána, sv. Karla Boromejského, sv. Františka Xaverského a sv. Rocha, které jsou umístěné volně na nároží. Plochy základny jsou zdobeny reliéfy - sv. Jakuba, Zvěstování Panně Marii, sv. Barbory také městským znakem. Reliéfy doplňují na nároží hermovky, jedná se o stylizované postavy andělů se zkříženými rukama na prsou.

Oblačný pylon ve tvaru komolého jehlanu začíná dvojicí andílků na každé straně znázorňující symbolický předmět odkazující se k reliéfu pod nimi. Pylon je dále bohatě zdoben obláčky a okřídlenými hlavičkami anděličků. Oblačný pylon je završen sochou Panny Marie, která je zobrazena jako Immaculata. Pod sochou Panny Marie je na každé straně jeden andílek nesoucí zeměkouli.

Celkový popis tohoto objektu je podrobně popsán v restaurátorském průzkumu morového sloupu v Kutné Hoře, v předchozích restaurátorských dokumentacích I a II etapy restaurování morového sloupu a v mnoha dalších pramenech.^{1,2,3}

3.2 Popis reliéfu sv. Bernarda

Reliéf sv. Bernarda se nachází na západní straně spodního soklu morového sloupu v Kutné Hoře. Zapuštěné pole reliéfu je ohraničeno jednoduše profilovaným rámem. Světec je vyobrazen tváří z profilu a s tělem natočeným ze tří čtvrtin směrem k divákovi v poklekající pozici na zemi. Oděný je do cisterciáckého řádového šatu, ze kterého jsou viditelné pouze končetiny a prostovlasá hlava. Vyobrazen je sv. Bernard jako mnich nesoucí kříž, kopí a houby neboli nástroje umučení Krista, opřené o své levé rameno a přidržuje jej svou levou rukou, pravou ruku má přiloženu k hrudi v adoračním gestu. V pozadí po obou stranách jsou vyobrazeny kameny, a nad hlavou stylizované obláčky. V pravém rohu vycházejí z těchto obláčků zlaté paprsky světla. Zbytek pozadí pokrývají reliéfní vlnovky, pravděpodobně znázorňují vodu.

¹ ĐOUBAL Jakub, Lukáš BROTÁNEK A KOL. *Restaurátorský průzkum morového sloupu v Kutné Hoře*. Litomyšl, 2013.

² ĐOUBAL, Jakub, Petra ZÍTKOVÁ a Roman KOLÁŘ. *Restaurátorská dokumentace I. Etapa restaurování morového sloupu v Kutné Hoře: (Oblačný pylon se sochou Panny Marie)*. Litomyšl, 2016.

³ ĐOUBAL, Jakub; KOLÁŘ, Roman. *Zprávy památkové péče: Morový sloup v Kutné Hoře – komplexní příprava restaurátorského zásahu*. Praha, 2016, č. 76(4) s.424-432

3.3 Předchozí restaurátorské zásahy – stručný přehled

Během své existence byl morový sloup v Kutné Hoře restaurovaný mnohokrát, nicméně dokumentováno je pouze pět restaurátorských zásahů.

Pravděpodobně první restaurování proběhlo roku 1876 Liberatem Kundtem z Polné. Z tohoto zákroku byla dochována pouze informace, že po tomto restaurování byla na radu konzervátora Fr. Jos. Beneše socha (nejspíše celý sloup), ošetřena šedou pokostou (fermeží) z toho důvodu, aby takto měkký a porézní materiál odolal další dlouhá léta povětrnostním vlivům.^{4,5}

Restaurátorský zásah provedený roku 1964 restaurátorem Miloslavem Smrkovským a akademickým sochařem Ladislavem Šobrem. Stav před restaurováním poukazoval na rozrušený povrch, chybějící části drapérie, rukou, nohou, části obličeje jako nosy, brady a uši. V některých částech se již nacházely starší doplňky z předchozího restaurování, které byly ponechány. Balustráda již byla doplněna o nové doplňky kuželek, které se výrazně barevně lišily. Všechny tyto defekty byly nově doplněny, následně zaretušovány a zakonzervovány, nicméně autoři ve své dokumentaci neuvádějí materiál. Jen u hydrofobizace, která byla provedena methyilsilanelátem sodným.⁶

Následující restaurování proběhlo mezi roky 1981-1982 restaurátorem Votánkem, který provedl lokální odsolování buničinou a odstranil předchozí cementové tmely. Opravovaná místa byla konsolidována roztokem epoxidu v toluenu. Jako nově doplňované tmely, tak i výdusky, byly na bázi epoxidu. Hydrofobizace byla provedena sigelem JHM 20.⁷

Další restaurování proběhlo roku 2003 akademickým sochařem Jaroslavem Kerelem. Jednalo se o první etapu, kdy se restauroval pouze morový sloup. Sloup byl značně degradován, opět došlo ke ztrátě nejen plasticity, ale také částí končetin a obličejových částí. Povrch kamene byl pokryt silnými krustami a biologickým napadením (mechy a lišejníky). Vysprávky a výdusky z předchozích zásahů byly ve značném rozpadu. Čištění bylo

⁴ ĐOUBAL, Jakub; KOLÁŘ, Roman. *Zprávy památkové péče: Morový sloup v Kutné Hoře – komplexní příprava restaurátorského zásahu*. Praha, 2016, č. 76(4) s.424-432

⁵ HEJNIC, Otokar. *Mor roku 1713 v Kutné Hoře a Boží Muka*. Zvláštní otisk z programu c. k. vyšší reálky. Kutná Hora: nákladem vlastním – tiskem Karla Šolce, 1898, s. 16.

⁶ SMRKOVSKÝ, Miloslav; ŠOBR, Ladislav. *Restaurátorská dokumentace Morový sloup z Kutné Hory*. Kutná Hora, 1965. Restaurátorská dokumentace uložena v archívu NPÚ střeďočeského kraje.

⁷ VOTÁNEK. *Restaurátorská dokumentace Morový sloup*. 1981-82. Restaurátorská dokumentace uložena v archívu odboru památkové péče Kutná Hora.

provedeno párou, systémem JOS a pro odstranění krust byl použit Remmers alkutex. Biosanace se provedla BFA Remmers. Pro konsolidaci byl použit Remmers 100 a Imesta OH. Nově doplněná místa byla doplněna cementovými tmely s drceným vápencem. Na závěr byla aplikována hydrofobizace Remmers SNL neutral.

V roce 2005 akademický sochař Jaroslav Kerel provedl druhou etapu restaurování zaměřenou na restaurování balustrády kolem morového sloupu. Poškození balustrády bylo veliké, materiál byl silně degradován a došlo k velkému úbytku originální hmoty. Z toho důvodu byly některé kuželky nahrazeny kopiemi z hořického pískovce. Použité prostředky se téměř shodovaly s použitými materiály při restaurování v roce 2003.⁸

4 Průzkum díla

Restaurátorský průzkum si klade za cíl zdokumentovat nynější stav díla, zjistit příčiny poškození a možnosti jejich redukce. Průzkum vychází již z realizovaných průzkumů, které byly provedeny v letech 2002–2003, 2013–2015 a 2016–2017^{9,10,11} většinou v souvislosti s aktuálním restaurováním. Je tedy nutné výsledky z těchto průzkumů ověřit, zda jsou pro tuto část sloupu stále aktuální a doplnit je na základě konkrétních požadavků na restaurátorský zásah.

Nedílnou součástí je seznámení se s historií, dřívějšími podobami díla, a jeho vývojem, a to v rámci umělecko-historického průzkumu.

V rámci chemicko-technologického průzkumu budou provedeny neinvazivní a invazivní metody průzkumu. Neinvazivní metody budou spočívat v měření nasákavosti kamene a v obhlídce reliéfu v UV světle. Zatímco invazivní metody budou zaměřeny na odběr vzorků pro analýzu vodorozpustných solí a zjištění stratigrafie povrchových úprav. Poté proběhne vyhodnocení a následné zvážení postupů restaurování díla.

⁸ KEREL, Jaroslav. *Restaurátorská dokumentace Morový sloup z Kutné Hory*. Hořice v P., 2003-2005. Restaurátorská dokumentace. Uložena v archívu NPÚ střeďočeského kraje.

⁹ Musilová J. – zhotovitel zprávy Restaurátorská zpráva, Čerčany 2002, zadavatel průzkumu. Součástí zprávy: Pechová D. Mikroskoická analýza a průzkum barevnosti, Morový sloup se sochou Panny Marie na vrcholu, Kutná Hora. Praha, 2002.

¹⁰ ĎOUBAL, Jakub, Petra ZÍTKOVÁ a Roman KOLÁŘ. *RESTAURÁTORSKÁ DOKUMENTACE II. Etapa restaurování morového sloupu v Kutné Hoře: (Střední soklová část se sochami světců na nárožích)*. Litomyšl, 2016

¹¹ KOLÁŘ Roman, Restaurování reliéfu sv. Rozálie z morového sloupu v Kutné Hoře a technologie čištění sádrovcových krust na kutnohorském vápenci. Diplomová práce. Univerzita Pardubice, Fakulta restaurování, Litomyšl 2016.

4.1 Umělecko-historický průzkum

Souhrnná historie objektu

Poté co roku 1713 celé Čechy zachvátila druhá morová epidemie, se dne 9.11.1713 městská rada rozhodla nechat postavit morový sloup jako dík za odvrácení této nákazy.¹² Jednatel městské rady byl Bernard Ignác Dačický, bratr arciděkana Jana Dačického.¹³ Rada měla možnost výběru ze dvou sochařů, kteří působili v té době v Kutné Hoře. Byl to Matěj Václav Jackel, působící převážně v Sedlci a František Baugut, který zhotovoval sochy před jezuitskou kolej. Městskou radou byl vybrán František Baugut, který následně dostal za úkol vyhotovit kresebný a sochařský návrh. Místo pro tuto stavbu bylo zvoleno s pomocí Jakuba Voglera na zelném trhu (dnes Šultysova ulice), kde byl předtím umístěn pranýř. Materiál byl z obecního lomu, kde byl také lámán.¹⁴ Při položení základního kamene dne 15.6.1714 byly do cínového pouzdra vloženy arciděkanem svaté ostatky. Posvěcení morového sloupu proběhlo 15.12.1715. Rok poté na jaře bylo provedeno zlacení atributů soch městským písařem Vojtěchem Keglerem.¹⁵

4.2 Ikonografie sv. Bernarda

Přestože sv. Bernard nepatří mezi morové patrony, jeho vyobrazení na morovém sloupu v Kutné Hoře může mít hned několik opodstatnění. Jedním z nich je souvislost s Bernardem Ignácem Dačickým, který byl jednatelem za městskou radu při rozhodování o realizaci morového sloupu. Bernard Ignác Dačický si před realizací tohoto morového sloupu nechal vytvořit tři pískovcové sochy od sochaře Matěje Václava Jäckela mezi lety 1707–1709. Jednou z těchto tří soch byl sv. Bernard jako jeho osobní patron.¹⁶ Tato socha se dnes nachází v lokalitě Žižkov v Kutné Hoře.¹⁷

¹² SLOUKA, Jiří. *Mariánské a morové sloupy Čech a Moravy*. Praha: Grada, 2010, s.131-132.

¹³ HEJNIC, Otokar. *Mor roku 1713 v Kutné Hoře a Boží Muka*. Zvláštní otisk z programu c. k. vyšší reálky. Kutná Hora: nákladem vlastním – tiskem Karla Šolce, 1898, s. 7

¹⁴ ŠTROBLOVÁ, Helena a ALTOVÁ, Blanka. *Kutná Hora*. Praha: Nakladatelství Lidové noviny, 2000, s. 438, 439.

¹⁵ SLOUKA, Jiří. *Mariánské a morové sloupy Čech a Moravy*, Praha, 2010, s. 131-132.

¹⁶ ŠTROBLOVÁ, Helena a ALTOVÁ, Blanka. *Kutná Hora*

¹⁷ *Památkový katalog* [online]. In: [cit. 2018-07-30]. Dostupné z: <http://pamatkovykatalog.cz/?element=14837613&sequence=37063&page=1483&resultsDisplay=list&action=element&presenter=ElementsResults>

Přijatelnou hypotézou i když nepodloženou, přesto velice pravděpodobnou, je souvislost s tehdy působícím cisterciáckým řádem v Sedlci u Kutné Hory a v okolí. Bezpochyby tento významný kulturní a náboženský řád dlouhodobě ovlivnil zdejší prostředí, a to nejen ve středověku, ale také v baroku, v době mimořádného duchovního i uměleckého rozvoje kláštera a města. V době realizace morového sloupu, podléhal tento nejstarší cisterciácký klášter rozsáhlé rekonstrukci. V rámci této obnovy kláštera bylo vytvořeno několik soch a obrazů sv. Bernarda. Je tedy velice možné, že cisterciácký řád přispěl na zhotovení morového sloupu a zároveň tak měl možnost zasahovat do programu výzdoby. Nicméně „kult“ tohoto světce byl nejen v Kutné Hoře ale například i v Praze, kde roku 1709 zhotovil Matěj Václav Jäckel Bernardovu vizi Panny Marie na Karlově mostě. Zde je světec v téměř stejném postoji jako na morovém sloupu, jen zde postrádá své atributy. V Horuších, nedaleko od Kutné Hory, se nachází v rezidenci sedleckého kláštera nástěnná malba sv. Bernarda ve stejném gestu a se stejnými atributy.

Dalším možným spojením je oddanost, kterou sv. Bernard z Clairvaux ctil k Panně Marii a také jeho patronát, kdy byl vzýván jako pomocník v hodině smrti a proti dětským chorobám, kterých bylo v té době mnoho.

Zobrazován bývá sv. Bernard jako opat nebo mnich v dlouhém řeholním oděvu bílé barvy. Většinou klečí a má v ruce Arma Christi (tj. nástroje mučení Krista) nebo je jeho tělo vyobrazeno v adoračním postoji tak jako na morovém sloupu. Může být zobrazen i s dalšími jeho atributy, a to se včelím úlem, mitrou či tiárou u nohou (jako odmítnutí církevního úřadu).^{18,19}

¹⁸ RULÍŠEK, Hynek. *Postavy, atributy, symboly: slovník křesťanské ikonografie*. České Budějovice: Karmášek, 2006.

¹⁹ WEIS, Martin. *Mariánské květy: "od této chvíle mě budou blahoslavít všechna pokolení"*. Tišnov: Sursum, 2003. Studie teologické fakulty Jihočeské univerzity. s. 110

5 RESTAURÁTORSKÝ PRŮZKUM

V první fázi bylo nutné provést vizuální průzkum a zdokumentovat tak dosavadní stav díla fotograficky a následně vypracovat grafické zákresy všech poškození a znečištění (viz. grafická příloha). Poté se mohlo přejít k neinvazivním metodám průzkumu, nejprve se provedla obhlídka v denním a v ultrafialovém záření a následně byla měřena kapilární nasákavost kamene.

5.1 Průzkum v denním světle

Na celém díle je možné pozorovat značnou ztrátu originální hmoty, dosahující až několika milimetrů. Příčinou těchto ztrát je kombinace více faktorů, zejména sulfatizace horniny, případně jejích povrchových úprav, vlivu povětrnosti a zřejmě i vodorozpustných solí.

Přibližně 75 % povrchu reliéfu je pokryto tmavými krustami a sulfatizovanými povrchovými úpravami, které uzavírají povrch, místy jej deformují a vytváří puchýře, které se následně odlupují. Vzhledem k tomuto tmavému překrytí lze na první pohled spatřit jen pár viditelných druhotných tmelů, zejména na drapérii a orámování reliéfu. Tyto tmely působí nevhodně nejen z vizuálního hlediska, ale také z hlediska dalších vlastností, vedoucích k poškození objektu. Jsou příliš tvrdé a zřejmě málo propustné pro vodu, jelikož pod nimi dochází k degradaci nebo dokonce ke ztrátě původní horniny.

Ve střední a spodní části reliéfu je patrná povrchová degradace, jejíž příčinou je pravděpodobně uzavřený povrch krustou nebo novodobými barevnými, patrně disperzními nátěry. Příčinou může být také vysoký obsah solí, které kumulují a následně krystalizují pod uzavřeným povrchem. Ve spodní části reliéfu je výrazná ztráta modelace a její špatná čitelnost je důsledkem již zmiňovaných faktorů. Tato obnažená místa jsou zpískovatěná a dochází zde ke zpuchýřování a rozdrolení povrchu kamene.²⁰ Lokálně jsou viditelné fragmenty povrchové barevné úpravy včetně zlacení, které se dochovaly na paprscích světla a špičce kopí. Zlacení taktéž podléhá degradaci a místy dochází k jeho ztrátě. Povrchová barevná úprava se dochovala zejména v podhledech, nejvíce v oblasti drapérie.

²⁰ ICOMOS-ISCS: *Ilustrovaný glosář projevů poškození kamene*: ITAM [Institute of Theoretical and Applied Mechanics of the Academy of Science of the Czech Republic]. Praha, 2011.s. 21

5.2 Průzkum UV fluorescence

K průzkumu viditelné (VIS) fluorescence generované ultrafialovým (UV) zářením, tzv. UV fluorescence, byl použit zdroj záření UVA spot 400 T (Hönle UV Technology, 315-400 nm). Přestože byl při průzkumu objekt zastíněn textiliemi, nepodařilo se odstranit veškeré parazitní světlo z pouličních lamp. UV fluorescenční fotografie byly pořízeny fotoaparátlem Canon 60 D při nastavení fotoaparátu na prioritu clony, nejdelší čas, ISO 200, teplota v kelvinech 6500 (teplota denního světla).

Průzkum byl realizován se záměrem lokalizovat na základě odlišné nebo charakteristické UV fluorescence různé materiály, povrchové úpravy, doplňky, biologické napadení a poškození, případně jiné fenomény. Dále byl metodou UV fluorescenční fotografie objekt dokumentován (viz obr. 2, 3, 4).

Na základě průzkumu se zejména podařilo lépe lokalizovat a odlišit některé tmely. Dále bylo možné dobře rozpoznat místa odkryté horniny bez povrchových úprav a depozitů nebo části s biologickým napadením. Rozdílné typy povrchových úprav se průzkumem nepodařilo zjistit, pouze na některých místech byla zaznamenána intenzivnější nažloutlá UV fluorescence zřejmě nejstarších dochovaných povrchových úprav.



Obrázek 2 – UV fluorescenční fotografie – detail ruko



Obrázek 3 – UV fluorescenční fotografie – detail spodní části



Obrázek 4 – UV fluorescenční fotografie – celkový pohled

5.3 Měření nasákavosti kamene Karstenovou trubicí

Kapilární nasákavost se měřila na třech odlišných místech (viz obr. 5). Měření bylo provedeno těmito kapalinami, vodou (modře) a ethanolem (červeně) s cílem zjistit míru a rozdílnost nasákavosti vizuálně a strukturálně odlišných míst. Jak již bylo zmíněno, měření bylo provedeno na rozdílných v místech, zejména v oblasti výskytu povrchové degradace kamene, černých krust/nátěrů a starých cementových tmelů (viz tab. 1). Měření nám poskytne orientační informace o porozitě vybraných míst a jejich propustnosti pro kapalinu, které jsou důležité z hlediska degradačních dějů i některých restaurátorských úkonů.

Měření nasákavosti bylo realizováno pomocí Karstenovy trubice s kruhovou kontaktní plochou průměru 3 cm, která byla k hornině připevněna plastickým tmelem na bázi silikonového kaučuku. Měření poté bylo vyhodnoceno na základě závislosti vsáklého objemu kapaliny $V(\text{ml})$ v čase $t(\text{s})$.

Z výsledků měření vyplynula nízká nasákavost vybraných míst vodou (viz graf 1). Při měření ethanolem byly výsledky obdobné, až na narušený povrch, který měl vyšší nasákavost (viz graf 2). Nízká nasákavost byla zřejmě zapříčiněna uzavřením povrchu kamene vrstvami povrchových úprav nebo penetrací organických látek do podpovrchových vrstev kamene, případně přítomnými depozity.



Obrázek 5 – Místa měření kapilární nasákavosti

Tabulka 1 - Detaily vybraných povrchů proměřené nasákavosti



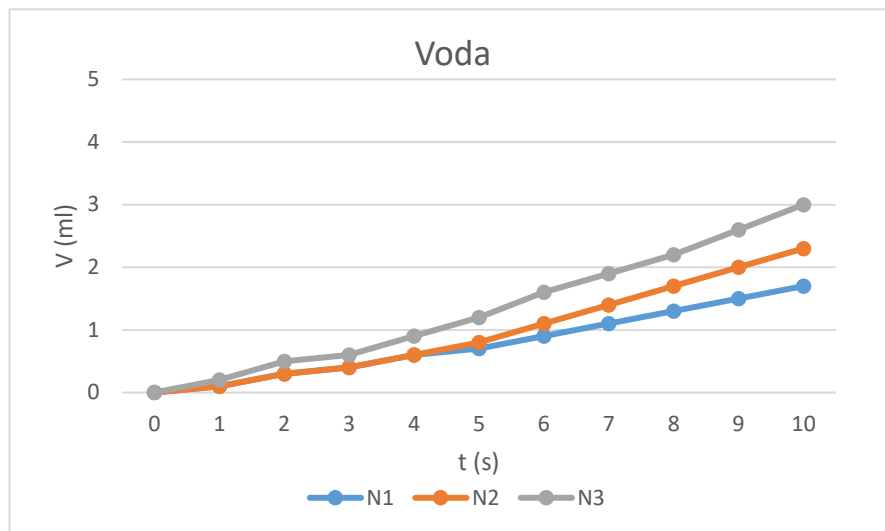
N1 – degradovaný povrch



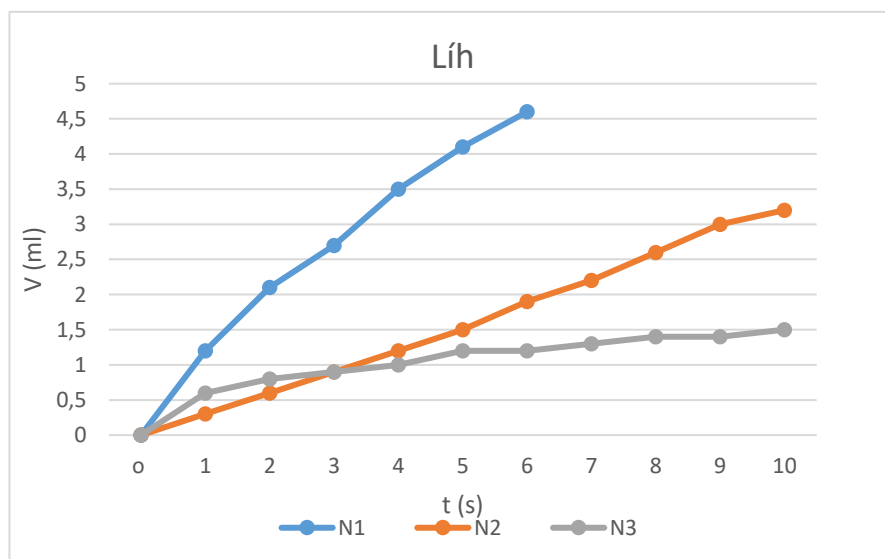
N2 – povrch pokrytý krustou/nátěrem



N3 – Druhotné cementové tmely



Graf 1 – Měření nasákavosti vodou



Graf 2 – Měření nasákavosti lihem

6 Chemicko-technologický průzkum

6.1 Shrnutí dosavadních poznatků

V roce 2002–2003, 2013–2015 a 2016–2017 byly provedeny rozšířené chemicko-technologické průzkumy. Invazivní metody průzkumu s odběrem vzorků, zaměřující se na obsah vodorozpustných solí v kameni, materiálové složení druhotných tmelů, zjištění barevných povrchových úprav, ztmavlých nepropustných povrchů. Neinvazivní metody zaměřující se na UV fluorescenci a nasákavost kamene.

Z průzkumu množství a distribuce vodorozpustných solí vyplynulo, že je povrch spodní a střední soklové části zasolen. Vzorky byly odebrány ze sedmi odlišných míst v blízkosti reliéfu sv. Bernarda.^{21,22} Nejvyšší koncentrace byly zjištěny v případě síranů zejména do hloubky 1 cm od povrchu, dusičnany a chloridy se objevují téměř jen na povrchu, avšak dusičnany byly naměřeny ve vzorku S4(rámeček reliéfu Zvěstování Panny Marie) až do hloubky 3 cm.

UV fluorescence přinesla dobrou orientaci druhotných tmelů, které bylo obtížné přes tmavý povrch lokalizovat. Průzkum fragmentů tmelů odhalil dva odlišné druhy. Tmely na bázi epoxidových pryskyřic zřejmě vycházejí z restaurování, které bylo provedeno v 80. letech 20. století. Tyto tmely jsou očividně plněny křemičitým pískem. Tmely na bázi uhličitanu vápenatého, jejichž pojivem byla pravděpodobně směs vápna a portlandského cementu (zaznamenán byl vyšší podíl hořečnaté složky) a plnivem drcený vápenec, mohou pocházet například ze zásahu provedeného v období 2003-2005. Cementové tmely byly vysoce tvrdé a kompaktní. Tmely odebrané z reliéfu Zvěstování Panně Marii obsahovaly poměrně vysoká množství vodorozpustných solí, zejména síranů.

Na základě výsledků průzkumů lze zjednodušeně konstatovat, že byly na objektu zaznamenány obdobné stratigrafie i složení povrchových úprav. Povrchové úpravy se vyskytovaly zejména v podhledech a méně exponovaných místech, dále v místech upravených pozlacovačskými technikami. Průzkumem bylo zaznamenáno až sedm časových etap povrchových úprav. Nejstaršími povrchovými úpravami byla zřejmě souvrství

²¹ ĎOUBAL, Jakub a Lukáš BROTÁNEK A KOL. *Restaurátorský průzkum morového sloupu v Kutné Hoře*. Litomyšl, 2013. s. 2/19

²² ĎOUBAL, Jakub, Petra ZÍTKOVÁ a Roman KOLÁŘ. *RESTAURÁTORSKÁ DOKUMENTACE II. Etapa restaurování morového sloupu v Kutné Hoře: (Střední soklová část se sochami světců na nárožích)*. Litomyšl, 2016, s. 23

s béžovými až hnědo-okrovými vrstvami s železitými (okr, červená hlinka) a olovnatými pigmenty (olovnatá běloba, suřík). Ve vybraných částech bylo na tyto vrstvy aplikováno plátkové zlato s okrovým podkladem. U mladších vrstev převládaly odstíny šedé až černé, spíše ojediněle byly místy zaznamenány žluté mezivrstvy. V místech upravovaných pozlacovačskými technikami se vyskytovaly žluté mezivrstvy nebo plátkové zlato se žluto-okrovým nebo jasně červeným a žlutým podkladem. V mnoha případech byl v rámci průzkumů zaznamenán malý počet pouze šedých povrchových úprav. Je možné, že v místech odběru vzorků byly povrchové úpravy odstraňovány, nebo došlo k jejich degradaci a ztrátě vlivem povětrnosti. Z materiálového hlediska lze shrnout, že téměř všechny povrchové úpravy byly pojeny organickými látkami. Z pigmentů byly identifikovány zejména železité a olovnaté pigmenty, příměs ultramarínu a uhlíkatá čern. Jasně červený podklad pro nejmladší zlázení byl probarven suříkem, následující žlutá vrstva kadmiovou žlutí a barytovou bělobou.

Tmavý povrch je patrně zapříčiněn vytvořením sádrovcové krusty, výskytem organického pojiva jako pozůstatku z předchozího zásahu a sulfatizací barevné vrstvy.

Měření nasákavosti bylo provedeno kápnutím vody na povrch, z tohoto měření vyplynulo, že tmavý povrch je téměř nepropustný, kdežto lomové a znečištěné povrchy jsou vysoce nasákavé.

6.2 Analýza vodorozpustných solí

Přestože lze výsledky o množství a distribuci vodorozpustných solí z předchozích průzkumů do jisté míry vztáhnout na restaurovaný reliéf, byl v tomto ohledu uskutečněn ještě doplňující průzkum. Cílem tohoto průzkumu bylo upřesnit výsledky vztahující se přímo k restaurované části. Proto byly z nejvyššího místa evidentních projevů degradace, konkrétně vedle světcovy ruky (viz obr. 6), odebrány vzorky ke stanovení množství vodorozpustných solí vrtáním z hloubek 0-1, 1-3, 3-5 a 5-10 cm.

Stanovení množství vodorozpustných solí, síranů, dusičnanů a chloridů, bylo provedeno UV/VIS spektrofotometricky na extraktech vzorků v demineralizované vodě. Analýza potvrdila vysoký obsah síranů při povrchu reliéfu (vzorek SK2, hloubka 0-1 cm). V ostatních hloubkách byla množství chloridů, síranů a dusičnanů velmi nízká (tab. 2 a příloha 1).



Obrázek 6 – Označení místa odebraného vzorku

Tabulka 2 - Výsledky stanovení obsahu vodorozpustných solí ve vzorcích vrtné moučky před odsolováním (barevnost dle Önorm 3355-1)

Vzorek	Síraný (SO_4^2)		Dusičnany (NO_3)		Chloridy (Cl)	
	[hm.%]	[mmol/kg]	[hm.%]	[mmol/kg]	[hm.%]	[mmol/kg]
hloubka cm	[hm.%]	[mmol/kg]	[hm.%]	[mmol/kg]	[hm.%]	[mmol/kg]
SK2 0-1 cm	1,31	136	0,004	1	0,02	5
SK3 1-3 cm	0,02	2	0,006	1	0,01	3
SK4 3-5 cm	0,02	2	0,003	1	0,01	1
SK5 5-10 cm	0,01	1	0,003	1	0,00	1

6.3 Stratigrafie povrchových úprav

K průzkumu stratigrafie, případně složení povrchových úprav, bylo z reliéfu odebráno sedm vzorků (viz obr. 7). Vzorky byly odebrány v místech výskytu viditelných fragmentů barevné úpravy nebo z míst s nejvyšší pravděpodobností dochování povrchových úprav (viz obr. 8). Průzkum byl proveden na výbrusech vzorků mikroskopickými technikami světelné mikroskopie (viz obr. 9) a skenovací elektronové mikroskopie s možností prvkové analýzy (SEM/EDX).



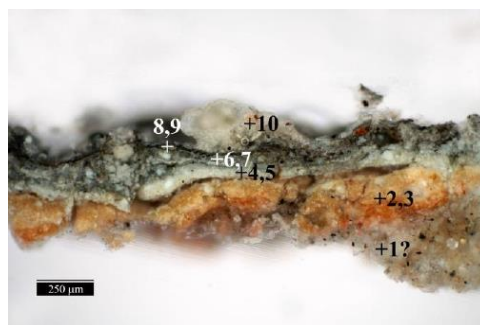
Obrázek 7 – Lokalizace míst odebraných vzorků

Výsledky průzkumu povrchových úprav do značné míry korespondovaly se zjištěními z předcházejících průzkumů. Bylo proto možné předpokládat obdobné materiálové složení odpovídajících si vrstev. Na paprscích viditelné zlacení překryté nesouvislou šedou vrstvou. Vizually byla zaznamenána pod zlacením jasně červená barevnost, poukazující na stejnou fázi zlacení plátkovým zlatem a jasně červeným a žlutým podkladem, která se například vyskytovala na paprscích reliéfu sv. Jakuba a reliéfu sv. Rozálie. Na výbrusech vzorku s nejmenším počtem povrchových úprav byly nalezeny pouze dvě šedé vrstvy, a naopak vzorek s nejvyšším počtem vrstev obsahoval minimálně pět časových fází povrchových úprav.

V nejstarších vrstvách se vyskytovaly hlavně odstíny okrové až žluté a ojediněle červené barvy. Naopak v mladších vrstvách se vyskytují tóny šedé až černé barevnosti. Zpravidla se povrchové úpravy nejlépe dochovaly v méně namáhaných místech a místech upravených zlacením. (viz příloha 1).



Obrázek 8 – Místo odběru vzorku K2



Obrázek 9 – Světelná mikroskopie vzorku K2 v bílém světle

7 Vyhodnocení průzkumů

Předchozí průzkumy z roků 2002–2003, 2013–2015 a 2016–2017 byly zaměřeny na komplexní vyhodnocení aktuálního stavu morového sloupu. Umělecko-historický průzkum se zabýval vývojem díla a vizuálním průzkumem. V rámci chemicko-technologického průzkumu byl zkoumáno složení druhotných tmelů, ztmavělých nepropustných povrchů, dále byly studovány povrchové úpravy a obsahy vodorozpustných solí.

Morový sloup včetně reliéfu sv. Bernarda vznikl mezi lety 1713-1715. Byl vyhotoven z kutnohorského vápence, který se těžil nedaleko Kutné Hory. Restaurátorský průzkum prokázal, že reliéf je v poměrně špatném stavu. Téměř celý povrch je pokryt celistvým tmavým souvrstvím, uzavírajícím povrch kamene, který je velmi málo propustný. Ve spodní části reliéfu se tmavé souvrství odděluje od povrchu a zároveň dochází k dezintegraci (pískovatění) povrchu kamene. Příčinou tohoto poškození je dále vysoký obsah vodorozpustných solí, který byl prokázán chemicko-technologickým průzkumem.

Jak již bylo zmíněno výše, měřením nasákavosti kamene bylo potvrzeno, že povrch reliéfu je uzavřený a tedy nenasákavý. Měření bylo provedeno s vodou a ethanolem na třech různorodých površích – povrchu s tmavou úpravou, odhaleném (degradovaném) povrchu a cementovém tmelu. Nenasákavá byla téměř všechna místa včetně degradovaného povrchu, což může být následkem vyskytujících se povrchových úprav včetně možné aplikace/penetrace organickými látkami.

Průzkum UV fluorescence zpřesnil lokalizaci fragmentů povrchových úprav. Na základě charakteristické UV fluorescence byly dále rozpoznány druhotné tmely, které před tím bylo obtížné lokalizovat. Na díle se nachází dva druhy tmelů z odlišných materiálů a časových fází. Druhotné tmely jsou nevyhovující jak svým tvaroslovím, tak i složením. Epoxidové tmely z 80. let jsou již dožilé a ztrácejí svou pevnost. Oproti tomu tmely obsahující cement z roku 2003 jsou přespříliš tvrdé a jsou zdrojem vodorozpustných solí. Ve větší míře se tmely nachází především na orámování reliéfu a drapérii světce. Menší množství tmelů se nachází na obláčkách a na nástrojích umučení Krista.

Průzkumy z let 2013 a 2017 potvrzují vysoký obsah vodorozpustných solí ve střední a spodní části morového sloupu. I přesto byly k upřesnění odebrány z místa s degradovaným povrchem kontrolní vzorky z několika hloubek k průzkumu množství vodorozpustných solí. Výsledky potvrdily, že se v povrchových vrstvách nachází vysoký obsah síranů, množství dusičnanů a chloridů bylo z hlediska rizika poškození zanedbatelné. Zdrojem síranů je

pravděpodobně nacházející se sulfatizace povrchu vápence, případně složek povrchových úprav.

Výsledky průzkumu povrchových úprav reliéfu jsou srovnatelné s výsledky průzkumů ostatních částí sloupu. Z průzkumu barevných povrchových úprav vyplynulo, že byl povrch kamene v minulosti mnohokrát upravován. Fragменты historických povrchových barevných úprav se zachovaly především v podhledech, na místech, která nejsou příliš exponovaná a v místech opatřených zlacením. V největší míře se na reliéfu vizuálně uplatňují nejmladší vrstvy šedých nátěrů. V některých místech se v malém počtu vyskytují na kameni pouze mladší šedé úpravy. Je tedy možné, že v těchto místech byly starší úpravy odstraněny, nebo došlo k jejich degradaci a samovolné ztrátě. Nejstarší vrstvy jsou okro-žluté až červené. Na paprscích světla a špičce kopí se nachází degradované fragmenty zlacení.

8 Koncepce restaurátorského zásahu

Koncepce pro restaurování reliéfu sv. Bernarda se odvíjí od celkové koncepce stanovené pro restaurování morového sloupu. V potaz budou brány také již provedené zásahy. Komplexní restaurátorský zásah, má za cíl zpomalit další degradaci kamene, zachovat povrchové barevné úpravy a respektovat historickou hodnotu díla.

Příčiny poškození mají mnoho činitelů, hlavním z nich je uzavření povrchu tmavou nepropustnou krustou, která má odlišnou tepelnou roztažnost a pod jejím povrchem dochází k degradaci kamene. Dalšími činiteli jsou nevyhovující druhotné tmely, které taktéž uzavírají povrch a způsobují tak degradaci kamene. Obsah vodorozpustných solí sice není tak zásadně vysoký, nicméně pod nepropustnou vrstvou krystalizují a dochází taktéž k degradaci kamene. Proto bude nezbytně nutné šetrně vyčistit nebo ztenčit tmavé krusty, odstranit tyto druhotné tmely a provést odsolování a pokusit se tak obsah vodorozpustných solí redukovat. Nicméně se bude muset nejprve narušený povrch kamene strukturálně před-zpevnit.

Rozsah čištění byl již stanoven v rámci provedených zásahů, a i v tomto případě, kde se znečištění vyskytuje ve stejné míře, by mělo probíhat v podobném směru. Čištění by se mělo provést velice šetrně z důvodu vyskytující se barevné vrstvy, která by měla být zachována jako doklad historického vývoje.

Míra tmelení bude provedena pouze v nejnutnějším rozsahu, aby nebyly ztraceny tvary modelace. Plastická retuš se provede tmelící směsí, která se bude podobat co nejvíce

originální hmotě kamene. Tmel by měl splňovat několik kritérií, tj. fyzikální, strukturální a barevné vlastnosti.

Barevná retuš bude provedena pouze lokálně k celkovému sjednocení a vnímání díla. Zlacené prvky, kterých se pravděpodobně na reliéfu nacházelo mnohem víc, bylo dochováno pouze hrot kopí a část paprsků světla. Tato dochovaná místa, která byla původně zlacena, budou retušována práškovým zlatem.

9 POSTUP PRACÍ

Před započatím restaurátorských prací a následně i v průběhu, byl reliéf fotograficky zdokumentován. Na základě vizuálního průzkumu a fotodokumentace byly vytvořeny grafické zákresy poškození, které jsou součástí přílohy.

9.1 Čištění a zpevňování

Nejprve byl reliéf očištěn pomocí štětců a měkkých kartáčů od prachu a hrubších nečistot. Následně se přistoupilo k lokálnímu předčištění metodou mikroabrazivního pískování s korundem o frakci 220, pro lepší orientaci v reliéfu. Druhotné tmely se tak staly lépe viditelné a mohlo tak dojít k jejich redukování. Současně s odstraňováním druhotných tmelů probíhalo i zpevňování organokřemičitým prostředkem KSE 300 HV, které bylo nezbytně nutné z důvodu snížení úbytku originální hmoty. Před-zpevnění se provedlo i ve spodní části reliéfu, kde byl materiál zpískovatělý následkem krystalizace solí. Zpevňovací prostředek byl do kamene aplikován injekční stříkačkou, dokud nedošlo k nasycení kamene. Po uplynutí potřebné technologické pauzy byla většina druhotných tmelů dočištěna za pomoci kamenického náčiní. Tmely byly odstraněny z důvodu nevhodné struktury a složení, některé již byly dožilé. Nejvíce těchto vysprávek bylo eliminováno zejména z rámu reliéfu, šatů světce a atributů Arma Christi.

Poté se mohlo přejít k čištění laserem Q-switched ND:YAG Thunder art, který je již ověřenou metodou čištění na morovém sloupu v Kutné Hoře. Cílem tohoto čištění bylo především eliminovat kontrast mezi tmavými místy (krustami) a světlým povrchem kamene. Jedná se o efektivní a zároveň šetrnou metodu, která ztenčí až odstraní černé krusty, nicméně povrch kamene není nijak poškozen. Čištění laserem proběhlo za použití vlnové délky 1064 nm s energií 400mJ z přibližné vzdálenosti 15–20 centimetrů. Více informací je o této

metodě psáno v rozšířeném restaurátorském průzkumu, který se zabýval právě problematikou čištění laserem a jeho výslednou vizualizací na morovém sloupu.

9.2 Odsolování

Na základě zjištění, že se v kameni (zejména na povrchu a v přípovrchové vrstvě) nerovnoměrně nachází vysoký obsah vodorozpustných solí, se provedlo celoplošné odsolování reliéfu. Povrch kamene byl před nanesením odsolovací směsi, provlhlčen vodou. Zlacené prvky bylo nutné před aplikací zakrýt buničinou a přitupovat štětcem, aby nedošlo k poškození dochovaného zlata. Odsolování bylo provedeno smíchanou směsí střelečského písku, arbocelu a kaolinu v poměru – 4:2:1. Celá směs byla navlhčena destilovanou vodou. Tato směs se nanasla pomocí zednického náčiní na povrch kamene o přibližné síle 2 cm. Po aplikaci této směsi se objekt zabalil do polyetylenové fólie.

Délka ponechání zábalů na reliéfu vycházela z výsledků odsolování druhé etapy restaurování morového sloupu, kdy bylo zjištěno, že pro efektivnější eliminaci solí, je lepší nechat zábal alespoň týden na objektu a udržovat ho ve stálém vlhku. Migrující soli tak mají delší čas na rozpuštění a transport do zábalu. Proto byly provedeny celkem dva cykly zábalu, kdy se zábal ponechal na reliéfu sedm dní. Během každého cyklu odsolování byly odebrány tři kontrolní vzorky ze třech různých výšek o velikosti 10x10 cm pro zjištění, jaké množství solí se již eliminovalo (viz obr. 10).

Po odstranění posledního zábalu byl povrch očištěn za pomoci kartáčů a vody. Jakmile byl kámen proschlý, provedl se kontrolní vrt (ve stejné výšce a místě jako předchozí vrt).

Z vyhodnocených výsledků odsolovacích zábalů bylo zjištěno, že první odsolovací zábal redukoval ve větší míře dusičnany a chloridy, v menší míře pak sírany. Druhý odsolovací zábal byl efektivnější v eliminaci síranů ze všech tří výšek. Zatímco hodnoty u dusičnanů byly téměř nulové a u chloridů jen mírně zvýšené. Přestože bylo v odsolovacích zábalech naměřeno velké množství eliminovaných solí, nepodařilo se je odstranit, jak



Obrázek 10 – Místa odebraných vzorků z odsolovacího zábalu

prokázal kontrolní vrt; ten poukázal na téměř stejné množství solí jako před odsolováním, což může být příčinou nerovnoměrného migrování solí (viz příloha 1).

Tento zábal měl mimo jiné i čistící efekt, zejména sjednocení barevnosti po očištění laserem, který barevnost posouvá mírně do žluta (viz rozšířený restaurátorský průzkum).

9.3 Čištění zlacených prvků a zažehlování povrchové úpravy

Dochované pozlacené prvky, zejména paprsky a hrot kopí byly nejprve oprášeny vlasovým štětcem a následně opatrně očištěny za pomoci lihu a demineralizované vody v poměru 1:1 vatovými tyčinkami.

Fragmenty povrchových úprav byly nejprve očištěny laserem a následně dočištěny vatovými tampónky, smáčenými v demineralizované vodě. Poté byly fragmenty podetřeny 5 % roztokem Paraloidu B72 a následně zažehleny tepelnou špachtlí přes voskový papír.

9.4 Plastická retuš

Plastická retuš se provedla tmelem, který se osvědčil v předchozích dvou etapách restaurování na morovém sloupu. Tmel je složen z pojiva (NHL 3,5) a plniva (směs písku a vápencových drtí). Celá směs je v poměru 1:2,5.²³ Lokálně byla upravována hrubost tmelu, na drobné detaily byl přesát na jemnou frakci, kdy velikost zrn byla kolem jednoho milimetru. Pro zlepšení vlastností tmelů byla použita jako záměsová voda 5 % roztok akrylátové disperze Sokrat 2802 A.

Mnoho míst po sejmutí druhotných tmelů nebylo potřeba znovu doplňovat, poněvadž pod tmely byla modelace v dobrém a dochovaném stavu. Nově byla tedy doplněna veškerá místa, kde došlo k degradaci materiálu natolik, že reliéf působil rozrušeně a pár míst po sekundárních vysprávkách. Míra tmelení byla provedena v co nejméně nutném množství, zejména na šatech světce, attributech Arma Christi a orámování reliéfu. Plastická retuš pomohla celé dílo zcelit.

²³ ĐOUBAL, Jakub, Petra ZÍTKOVÁ a Roman KOLÁŘ. *RESTAURÁTORSKÁ DOKUMENTACE I. Etapa restaurování morového sloupu v Kutné Hoře: (Obláčný pylon se sochou Panny Marie)*. Litomyšl, 2016. str. 20

9.5 Barevná retuš

U nově vytvořených doplňků a některých míst kamene byla nutná barevná úprava, aby se spojily a zcelilo se tak vnímání díla. Barevná retuš byla provedena pomocí 1,5 % akrylátové Disperzion K9 a světlostálými pigmenty od firmy Bayferrox.

Barevná retuš byla provedena lokálně na místech s dochovaným zlacením, zejména na kopí a na několika místech na zlatých paprscích, kde prosvítal s nejvyšší pravděpodobností suřík, který sloužil jako podklad pro zlato. Pro tuto retuš byl použit slídový prášek Perl-glanze, který byl rozmíchán v 1,5 % roztoku akrylátové disperze K9. Pro lepší barevnost a odstín zlata byly do roztoku přidány pigmenty od firmy Bayferrox. Veškerá barevná retuš, byla aplikována vlasovými štětci.

10 Doporučený režim

Vzhledem k tomu, že se morový sloup nachází v exteriéru a bude tak nadále vystaven zejména povětrnostní erozi a atmosférickým změnám, doporučujeme pravidelnou kontrolu po každé zimě, kdy je kámen nejvíce namáhán a dochází k jeho destrukci. Kontrolován by měl být stav kamene, respektive zda nedochází k jeho narušení, dále pak plastické a barevné retuše, jestli plní stále svou funkci. V neposlední řadě je také důležité kontrolovat případný výskyt biologického napadení nebo mapy solí. Pravidelnou kontrolou a případným ošetřením je možné docílit delší životnosti restaurátorského zásahu a reliéfu sv. Bernarda.

11 Použité materiály a technologie

Prekonsolidace a konsolidace:

- organokřemičitý zpevňovací prostředek KSE 300HV od firmy Remmers
- injekční stříkačky

Čištění:

- Jemné kartáče a štětce
- zviditelnění druhotných tmelů – mikroabrazivní metoda pískování s použitím korundu o frakci F220
- odstraňování starých vysprávek – kamenické nářadí
- ztenčení černých krust – laser Thunder art – vlnová délka 1064nm
– energie 400mJ

Odsolování

- střelečský písek
- arboceel BC 200
- sedlecký kaolín MKM
- vše v poměru 4:2:1,5 + demineralizovaná voda

Čištění zlacených prvků a zažehlování povrchové úpravy

- líh
- demineralizovaná voda a líh (1:1)
- vatové tampónky
- 5 % roztok Paraloidu B72
- tepelná špachtle
- voskový papír

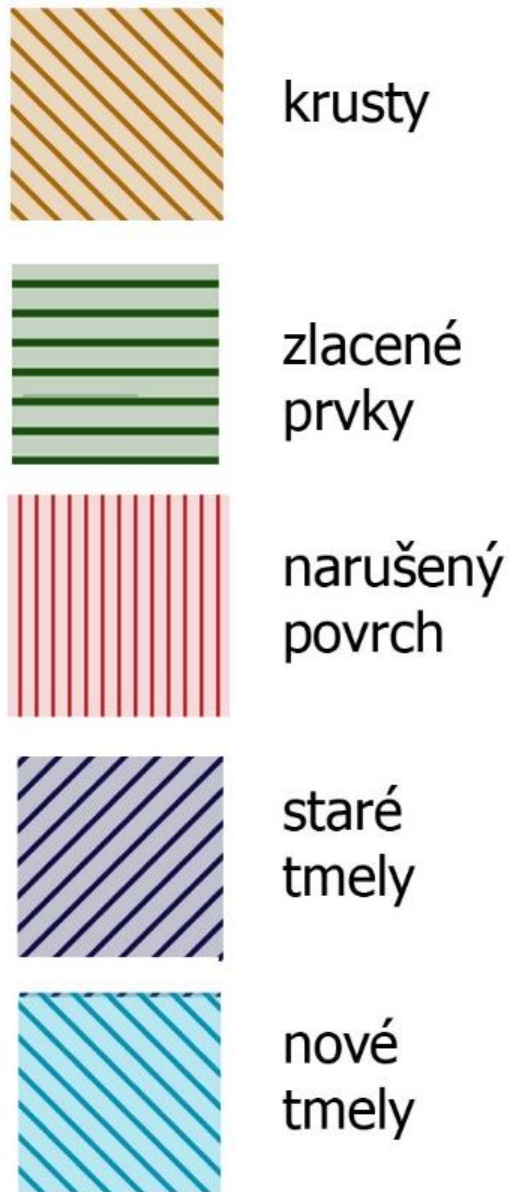
Plastická Retuš:

- přírodní hydraulické vápno NHL 3,5
- směs vápencových drtí a písku (vápencové drtě z Českého krasu o zrnitosti 0,3 a 0,6, okrová vápencová drť, zámělský písek) poměr písků 1:1:1:1
- poměr pojiva a plniva 1:2,5
- 5 % záměsová voda roztoku akrylátové disperze Sokrat 2802 A

Barevná retuš:

- pigmenty od firmy Bayferrox
- 1,5 % akrylátová disperze K9
- Perl-glanze

12 Grafická příloha – zákresy poškození a doplňků



Obrázek 11 – Legenda grafických zákresů



Obrázek 12 – Zákresy poškození – krusty



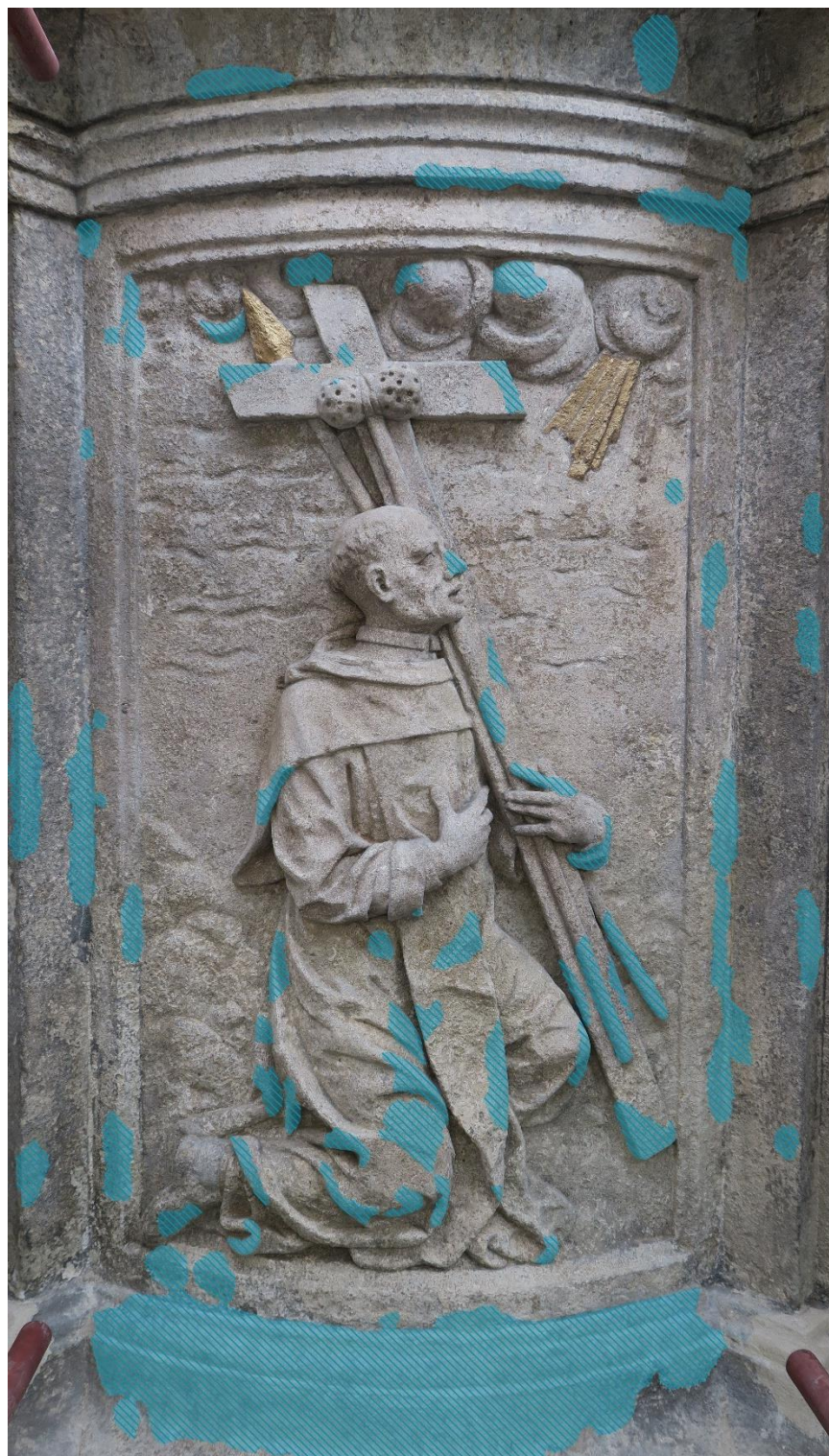
Obrázek 13 – Zákresy doplňků - zlacené prvky



Obrázek 14 – Zákresy poškození – narušený povrch



Obrázek 15 – Zákresy doplňků – staré tmely



Obrázek 16 – Zákresy doplňků – nové tmely

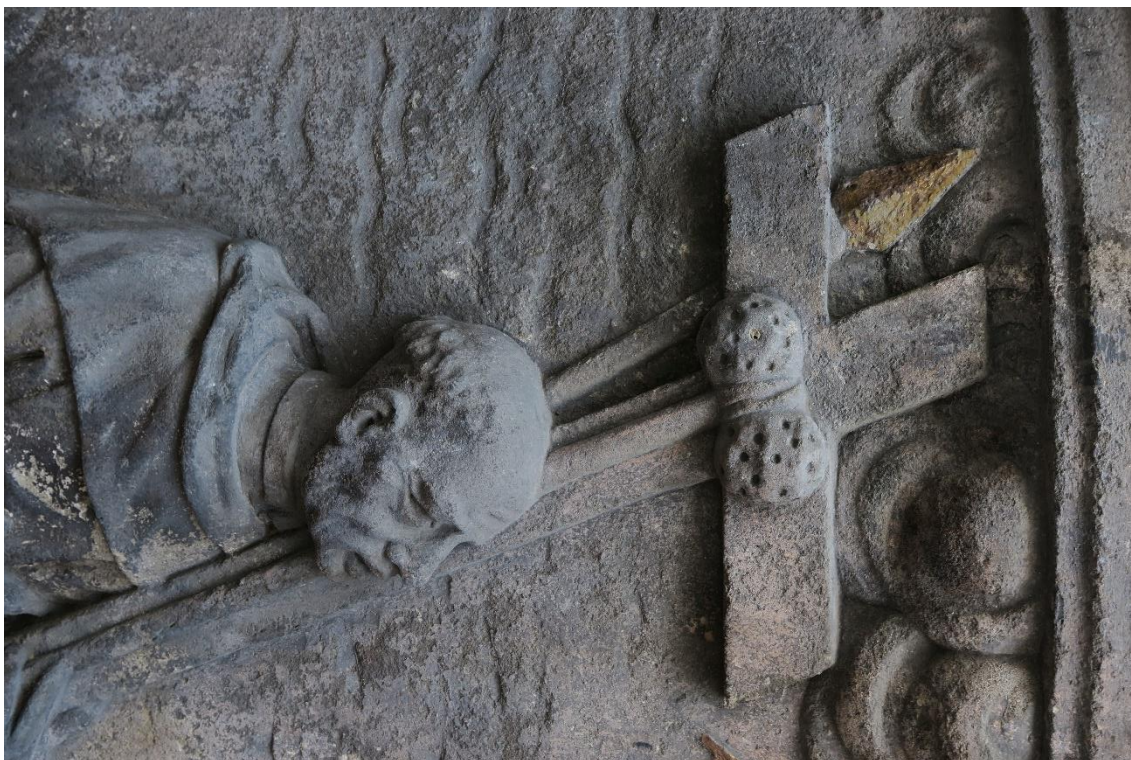
13 Obrazová příloha – fotodokumentace restaurátorského zásahu



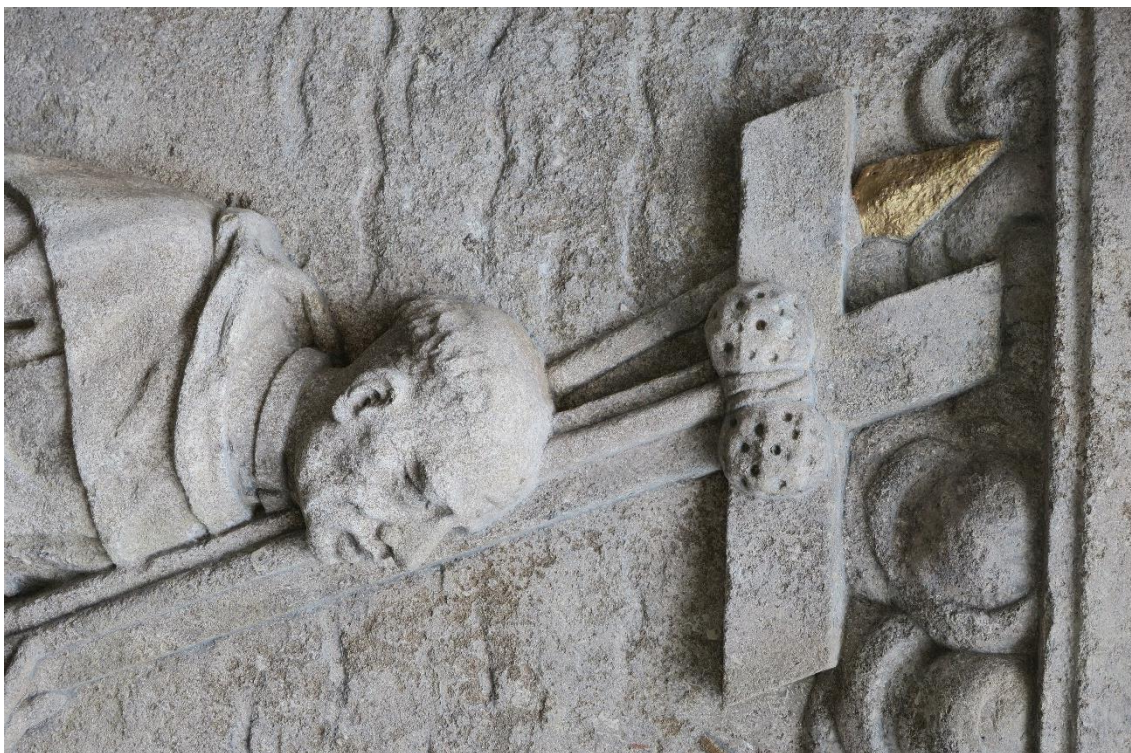
Obrázek 17 – Stav před restaurováním – celkový pohled



Obrázek 18 – Stav po restaurování – celkový pohled



Obrázek 19 – Detail hlavy a Arma Christi – stav před restaurováním



Obrázek 20 – Detail hlavy a Arma Christi – stav po restaurování



Obrázek 21 – Detail horní části reliéfu – stav před restaurováním



Obrázek 22 – Detail horní části reliéfu – stav po restaurování



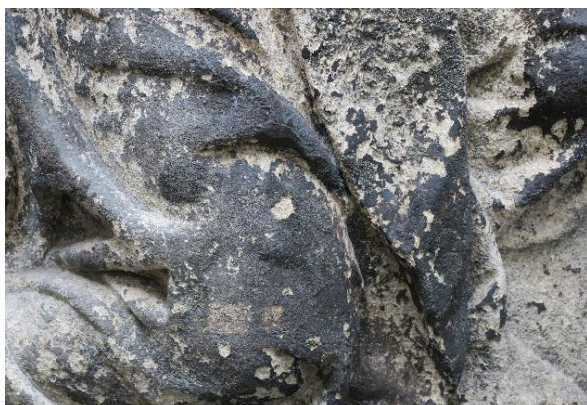
Obrázek 23 – Detail spodní části reliéfu – stav před restaurováním



Obrázek 24 – Detail spodní části reliéfu – stav po restaurování



Obrázek 25 - Stav po zatmění – celkový pohled



**Obrázek 26 – Detail drapérie – stav před
restaurováním**



**Obrázek 27 – Detail drapérie – stav po očištění
laserem**



**Obrázek 28 – Detail drapérie – stav po odsolení
a ztmelení**



**Obrázek 29 – Detail drapérie – stav po
restaurování**



**Obrázek 30 – Detail rukou – stav před
restaurováním**



**Obrázek 31 – Detail rukou – stav po
restaurování**



**Obrázek 32 – Detail ruky – stav před zažehlením
povrchových úprav**



**Obrázek 33 – Detail ruky – stav po zažehlení
povrchových úprav**



**Obrázek 34 – Detail ruky – aplikace Paraloidu
B72 na povrchové úpravy**



**Obrázek 35 – Detail ruky – zažehlování
povrchových úprav**

14 Rozšířený restaurátorský průzkum

**Estetická optimalizace čištění laserem na morovém
sloupu v Kutné Hoře**

14.1 Úvod do tématu

Čištění kamenných památek, především snímání tmavých krust a jiných usazených nečistot, je jedním z nejzásadnějších kroků, na kterém závisí jak vnímání díla, tak i jeho existence. Čištění rozdělujeme na dva základní cíle, estetické (vizuální) a konzervátorské (stabilizování dochovaného stavu a prodloužení životnosti). Čistící metodu je nezbytně nutné vybrat vždy až na základě seznámení se s danou památkou, aby nedošlo nějak ke znehodnocení, narušení povrchu, či zanesení vedlejších produktů do kamene (solí). Z těchto důvodů existuje mnoho způsobů čištění kamene, nejčastěji používané jsou metody fyzikální – abrazivní, mechanické – omývání vodou či párou a chemické. Většinu čistících metod lze vzájemně kombinovat pro dosažení lepšího výsledku. Jedním z nejdůležitějších aspektů je kontrolovatelnost a případné přerušení při čištění, což je u některých metod buď nemožné nebo příliš náročné.

Metoda čištění laserem představuje vysoce efektivní způsob, kdy při správné aplikaci dochází k výbornému čištění a zároveň k dochování povrchové úpravy nebo patiny. Nejčastějším čištěným substrátem je černá krusta pocházející z atmosférického znečištění. Ta absorbuje přibližně 90 % dopadajícího záření laserového paprsku, zatímco typický čistý vápencový povrch absorbuje pouze 30 %. Jakmile je krusta odstraněna, absorpce dopadajícího záření již nepoškozuje podkladový kámen.²⁴ Velkou výhodou je také ten fakt, že laser nevyžaduje žádná další abraziva nebo chemikálie, které by bylo nutné následně likvidovat. Avšak při použití laseru může někdy docházet k poškození kamene nebo jeho nežádoucím vizuálním změnám. K tomu dochází většinou kvůli špatnému výběru přístroje, nastavení nevyhovujících parametrů, nebo použití na nevhodný materiál, popřípadě na jeho povrchové úpravy.

Nejčastějším problémem je žloutnutí povrchu, které je hodně diskutováno a zabývá se tím mnoho literatury, avšak důvody pro tento jev stále nejsou jasně stanoveny. Žloutnutí může způsobovat mnoho příčin, které se mohou projevit současně. Může se jednat o odhalení žluté vrstvy pod tmavou vrstvou depositu, či reakce laseru s druhotnou impregnací povrchu, která po kontaktu oxiduje na žluto-hnědý odstín. Další možnou příčinou tohoto jevu je přeměna

²⁴ COOPER, I, D. C. EMMONY a J LARSON. *Optics & Laser Technology: Characterization of laser cleaning of limestone*. s. 69

přítomných organických látek.^{25,26} Na některých površích postačila k eliminování voda, která je aktivním prostředkem k odstranění nebo alespoň snížení efektu žloutnutí kamene. Jiné studie přišly se zábaly, které se aplikují po očištění.²⁷

Nicméně nedochází jen ke změně barevnosti, ale také k problému s nedočištěním kamene, které se projevilo na některých površích po očištění morového sloupu v Kutné Hoře. Tato práce se na základě této problematiky zabývá laserovým čištěním v souvislosti s negativními vizuálními jevy, které se zde objevily. Problematikou této čisticí metody je finální vizualizace, kdy v některých místech dochází k nerovnoměrnému nedočištění povrchu, většinou uprostřed laserového bodu, nebo v některých místech povrchu. Nejprve byla vyhodnocena odborná literární rešerše, kde však nebyly dohledány přímé informace k tomuto tématu, nebo zda se přesně touto problematikou už někdo zabýval.

Tato práce slouží zejména jako doplňující materiál pro vlastní, popřípadě následné restaurování morového sloupu v Kutné Hoře.

²⁵ VERGÈS-BELMIN, Véronique, DIGNARD, Carole. Laser yellowing: myth or reality? *Journal of Cultural Heritage* 4. 2003, 238–244.

²⁶ ZAFIROPULOS, V., C. BALAS, A. MANOUSAKI, et al. Yellowing effect and discoloration of pigments: experimental and theoretical studies. *Journal of Cultural Heritage*. 2003. č. 4, s. 245-256.

²⁷ VERGÈS-BELMIN, M. LABOURÉ, Poulitices as a Way to Eliminate the Yellowing Effect Linked to Limestone Laser Cleaning, [online]. Laboratoire de recherche des monuments historiques, Champs sur Marne, France

14.2 Příklad nežádoucího výsledku

Jako demonstrující příklad této problematiky můžeme uvést reliéf sv. Jakuba na morovém sloupu v Kutné Hoře, který se restauroval v rámci druhé etapy (viz obr. 36).

Na obrázku níže je viditelný tento negativní úkaz, který není příliš uspokojující, co se týče estetické vizualizace. Příčinou může být hned několik faktorů. Jednou z hlavních příčin je nekompaktní vrstva tmavých krust a depositů střídající se s překrývajícími nátěry nebo staršími restaurátorskými úpravami. Tento nesourodý povrch je velice náročné očistit tak, aby výsledný efekt působil celistvě. Vliv může mít také způsob pohybu a natočení ramene laseru, které je velice citlivé na překroucení, kdy tak dochází pouze k částečnému čištění bodu. V neposlední řadě může mít vliv činnost nezkušeného operátora, nebo nedostatek potřebného citu a času při použití této metody čištění. V případě tohoto výsledku je zapotřebí použití dalších technik čištění. Nejčastěji se jedná o kombinaci s mikroabrazivním pískováním, kdy dochází k eliminování tohoto negativního jevu. Nakonec je povrch kamene barevně retušován, aby se zmírnila tato struktura po očištění.



Obrázek 36 - Průběh čištění reliéfu sv. Jakuba

14.3 Experimentální část


V rámci experimentu byl použit přístroj Thunder art Q-switched (Qs) laser (viz tab. 3), který je jedním z nejpoužívanějších přístrojů při čištění kamenných památek. Cílem experimentu bylo provést zkoušky čištění, následně je vyhodnotit a určit tak optimální nastavení a způsob aplikace k uspokojivému výsledku.

Základní nastavení bylo při použití vlnové délky laseru 1064 nm, která se na morovém sloupu již osvědčila a následně se měnilo jen nastavení energické hustoty paprsku v závislosti na vzdálenost od povrchu kamene, přičemž velikost bodu ovlivňuje vzdálenost (čím blíže k povrchu tím je bod větší a energetická hustota a tím i míra čištění menší). Dále byly provedeny zkoušky tří postupů čištění – suchého, mokrého a kombinovaného a zkoušky se dvěma způsoby pohybu paprsku při čištění – lineárního a překrývajícího se krouživého. Sledován byl vliv nastavení laseru a různých pohybů na výsledek čištění povrchu kamene od nečistot.

Na základě těchto zkoušek byly vybrány optimální parametry a způsob čištění pro celkové čištění restaurované části.

Tabulka 3 – Základní informace o použitém laseru

Technické parametry laseru Thunder Art	
Vlnová délka	1064 nm (532nm a 355 nm volitelně)
Doba trvání impulsu	přibližně 8 ns
Maximální energie na impuls	900 mJ @ 1064nm, 400 mJ @ 532nm, 200 mJ @ 355nm
Frekvence opakování	Maximálně až 20 Hz
Průměr bodu	10 mm
Přenášení paprsku	7 zrcadel v kloubovém rameni
Síťové napájení	230 V – 50/60 Hz, 16A
Rozměry hlavy laseru	31x88x23 cm
Rozměry napájecího zdroje	39x90x73 cm



Nejprve byly na jednom ze zrcadel morového sloupu provedeny orientační zkoušky nastavení základních parametrů laseru. Cílem této předběžné zkoušky bylo odzkoušení různých intenzit energie, vzdáleností se závislostí na velikosti bodu a v neposlední řadě také redukování zkušebních polí na přijatelné množství s viditelnými výsledky. Z této zkoušky se vybraly ty, které vypadaly nejlépe a následně se aplikovaly na vybraná místa.

Na jednom ze zrcadel byla vybraná dvě místa, kde bylo vhodné provést experiment. Tato dvě místa se od sebe lišila zejména svou strukturou. Na prvním zkoušeném místě byl povrch souvisle překryt krustou a jinými depozity. Na druhém místě byl povrch také překryt krustou a jinými depozity ale povrch byl již mírně degradován a rozrušen. Po vybrání těchto dvou míst se přistoupilo k samostatnému experimentu. Jak již bylo zmíněno výše, zkoušena byla síla energie a vliv pohybu na čištění.

Každé vzorové pole bylo symetricky rozděleno do šesti menších zkušebních políček o velikosti 10x10 cm. Tato políčka byla dále rozdělena po třech do dvou řádků. V prvním řádku byl vždy zkoušen pohyb lineární a v druhém řádku pohyb krouživý – mírně se překrývající. První sloupeček těchto dvou odlišných polí byl určen k suchému laserovému čištění bez před vlhčení povrchu. V druhém sloupci byla kombinovaná metoda, která spočívala v tom, že suchý povrch byl očištěn a následně byl zvlhčen vodou a znovu čištěn. V posledním třetím sloupečku byl povrch předvlhčen a následně čištěn. U každého vzorového pole byl vždy nad prvním řádkem políček ponechán zhruba 5 cm široký neočištěný pruh pro porovnání (viz tab. 4).

Tabulka 4 – Grafická ilustrace znázorňující rozdělení každého jednotlivého zkušebního pole

Lineární pohyb	Nevlhčený povrch	Kombinovaný ↔	Vlhčený povrch
Krouživý pohyb	Nevlhčený povrch	Kombinovaný ↔	Vlhčený povrch



Na prvním vzorku (viz obr. 37) byla aplikována energie 400mJ. Jak je vidět, povrch po očištění nepůsobí příliš celistvě, zejména v prvním řádku, kde je patrný pohyb čištění. Ve druhém řádku je to o stupeň lepší, avšak stále nedostačující.

Na druhém vzorku (viz obr. 38) byla energie o trochu vyšší 600mJ. Nedočištění je patrné pouze v prvním řádku, kde je opět viditelný pohyb. Kdežto v druhém řádku povrch působí celistvě a je rovnoměrně očištěn. Jako nejlepší zde vyšla kombinovaná metoda krouživým pohybem.

U třetího vzorku (viz obr. 39) byla energie stejná jako u prvního, jen se liší povrch, který je značně rozrušený a povrch je velice různorodý. Jak je vidět, čištění zde bylo obtížnější.

V posledním vzorku (viz obr. 40) byla použita vyšší energie jako u druhého. Ve většině políček je povrch značně tečkovaný. U tohoto vzorku se osvědčila jako nejlepší kombinovaná metoda krouživým pohybem.



Obrázek 37 – Detail vzorku I



Obrázek 38 – Detail vzorku II



Obrázek 39 – Detail vzorku III



Obrázek 40 – Detail vzorku IV

14.4 Vyhodnocení

Z výsledků vyplývá, že finální efekt čištění laserem závisí především na materiálové skladbě kamene, povrchových vrstev a nečistot. Výsledek čištění dále poměrně zásadním způsobem ovlivňuje způsob aplikace, respektive způsob pohybu operátora paprskem laseru. Při výběru lineárního pohybu, tedy z jedné strany na druhou, hrozí nedočištění projevující se vznikem viditelné a vizuálně neakceptovatelné stopy na povrchu objektu. Avšak při zvolení krouživého mírně se překrývajícího pohybu lze docílit velice přesného čištění povrchu od nečistot a krust bez vzniku vizuálně rušivé stopy. Zkoušky čištění byly dále provedeny třemi různými postupy, které zahrnovaly suché čištění, čištění po navlhčení a kombinované čištění. Nejlepší výsledky z provedených experimentů byly dosaženy pomocí kombinované metody čištění. Při této metodě byl povrch kamene nejprve očištěn laserem za sucha, při čemž došlo k odstranění slabších nečistot a zejména ke ztečení krust. Následně byl povrch navlhčen a znovu očištěn laserem. Po navlhčení docházelo k efektivnějšímu a rychlejšímu dočištění povrchu kamene zřejmě v důsledku zvýšení optického kontrastu, tedy zvýraznění nečistot při použití vody. Tím se docílilo dočištění silnějších vrstev krust a nečistot. Kombinovaná metoda čištění byla provedena krouživým, mírně se překrývajícím pohybem.

Energie se zkoušela ve dvou odlišných hodnotách, a vzdálenostech. První byla 400 mJ se vzdáleností patnácti centimetrů. V druhém případě energie byla nepatrně vyšší – 600mJ se vzdáleností jednoho a půl centimetru. Takto o hodně menší vzdálenost byla zvolena z důvodu ztotožňující velikosti laserového bodu paprsku. Co se týče čištění bylo, z praktických důvodů lepší použít menší energii s větší vzdáleností, a to z prostých důvodů. V případě, že máme laserové rameno těsně u povrchu kamene, tak jako to bylo u druhé zkoušené vzdálenosti (1,5 cm), dochází ke zhoršené viditelnosti přes rameno, a tudíž i ke špatné kontrolovatelnosti čištění. Následně pak také dochází k častému zanášení nečistotami z povrchu kamene na sklo uvnitř hlavice, kudy prochází laser. Z tohoto důvodu je nutné častější čištění této partie a zároveň je rizikové, poněvadž se sklo při čištění může nečistotami poškrábat. Takto narušené sklo může narušit kvalitu laserového paprsku.

14.5 Výsledné čištění reliéfu sv. Bernarda

Na základě vyhodnocení experimentu, byly výsledné poznatky aplikovány při čištění reliéfu sv. Bernarda. Nejlepšího vizuálního výsledku bylo dosaženo kombinací suchého a mokrého čištění krouživým pohybem – mírně se překrývajícím s vlnovou délkou 1064 nm a energií 400mJ z přibližné vzdálenosti patnácti centimetrů. Při aplikaci se jen na některých místech, kde byla krusta silnější, zvyšovala energie pro lepší dočištění povrchu.

Povrch reliéfu byl tedy nejprve z poloviny očištěn laserem za sucha a následně dočištěn. Již při tomto prvním cyklu bylo viditelné efektivní čištění (viz obr. 41 a 42). Následně proběhlo navlhčení povrchu a provedlo se opětovné očištění poloviny reliéfu. Opět byl viditelný a velice uspokojivý výsledek tohoto čištění (viz obr. 43 a 44).

Při aplikaci výsledné metody na reliéf sv. Bernarda byl potvrzen její vliv a účinnost při použití. Povrch kamene byl dostatečně očištěn a nebyl nijak poškozen. Výsledná vizualizace působí celistvě a nikde nedochází k nějak značnému rušení.



Obrázek 41 – Zkouška čištění za sucha



Obrázek 42 – Stav po očištění za sucha



Obrázek 43 – Zkouška čištění za mokra



Obrázek 44 – Stav po očištění za mokra

15 Závěr

Hlavním cílem této práce byl komplexní restaurátorský zásah včetně restaurátorského průzkumu na reliéfu sv. Bernarda, který se nachází na morovém sloupu v Kutné Hoře. Z restaurátorského průzkumu vyplynulo, že je povrch kamene ve spodní části reliéfu silně degradován. Z průzkumu bylo taktéž potvrzeno zasolení kamene a lokální nálezy povrchové úpravy. Restaurátorský zásah vycházel z celkové obnovy morového sloupu v Kutné Hoře v rámci třetí etapy. Nejprve byl povrch očištěn od volných a prachových nečistot, následně byl povrch předčištěn mikroabrazivním pískováním pro čitelnost druhotných vysprávek, které byly následně odstraněny. Současně s odstraňováním těchto druhotných tmelů byl povrch kamene zpevněn organokřemičitým prostředkem. Po dostatečné technologické pauze se mohlo přejít k dočištění povrchu kamene. Toto dočištění bylo provedeno laserem, kterým došlo k eliminování černých a neprodyšných krust. Jakmile byl povrch očištěn bylo provedeno odsolování ve dvou týdenních cyklech. Poté byla provedena plastická retuš na místech, kde to bylo nezbytně nutné, tedy v místech, kde nepůsobil povrch celistvě. Nově doplněné tmely, byly provedeny zejména na oděvu světce a na nástrojích umučení Krista, které světec přidrží. Na závěr byla provedena lokální barevná retuš pro zapojení druhotných tmelů a zklidnění celého díla.

Součástí restaurování bylo provedení rozšířeného restaurátorského průzkumu, který se zabýval problematikou čištění pomocí laseru. Cílem bylo vyzkoušet nejen různé nastavení laseru, potřeba předvlhčení, ale také vliv pohybu na výsledný efekt. Proto bylo vybráno jedno zkušební zrcadlo na morovém sloupu v Kutné Hoře, na kterém se provedla experimentální část. Na tomto zrcadlu byla vybrána dvě místa, která se lišila svou strukturou povrchu. Provedeny byly celkem čtyři zkoušky, kdy jednotlivá zkušební pole se rozdělila do dvou řádků po třech políčkách, ve kterých byl zkoumán vliv suchého či mokrého povrchu, dvě vlnové délky s různou vzdáleností (první energie 400mJ ze vzdálenosti 15 cm a druhá 600 mJ z 1,5 cm) a dva pohyby (krouživý mírně se překrývající a lineární). Z tohoto experimentu se jako nejlepší jevila kombinace očištění laserem nejprve za sucha a znovu za mokra s krouživým pohybem, který se mírně překrýval. Tato výsledná metoda, byla dále aplikována přímo na reliéf sv. Bernarda, aby se prokázala účinnost této kombinované metody. Čištění reliéfu dopadlo nad očekávání velice dobře. Povrch kamene byl vyčištěn bez výrazně rušivých míst, respektive se podařilo touto kombinací eliminovat vystupování černých teček na minimum.

Tak jako u všech metod čištění, je vždy nutné si před jakoukoliv aplikací provést zkoušky na odlišných površích a brát zřetel na přechištění a ztrátu patiny. Stejně jak má každá hornina jiné složení, tak i povrchové nečistoty se od sebe liší. Proto je nezbytně nutné si vždy provést zkoušky nastavení laseru. To znamená, šířku pulsu, vlnovou délku a energii. Jak je známo, ve své podstatě je laser téměř bezúdržbové zařízení, které je možné ihned používat. Při používání je tedy nutné brát zřetel také na značně citlivé rameno, podél kterého vedou též citlivé kabely, trpící na „*překroucení*“. Znečištěnou hlavici ramene (tam, kde prochází parsek laseru) je také nutné čas od času zkontrolovat, zejména při používání v malé vzdálenosti od kamene v kombinaci s vodou. V neposlední řadě je laser velice náchylný na otřesy, proto je též nezbytně nutné eliminovat tento jev pro správné fungování laseru. Jedinou nevýhodu této účinné metody je mnohonásobný čas strávený s čištěním a potřeba zkušenosti a citu operátora.

16 Použitá literatura

- [1] ĎOUBAL Jakub, BROTÁNEK Lukáš, A KOL. Restaurátorský průzkum morového sloupu v Kutné Hoře. Litomyšl, 2013.
- [2] ĎOUBAL, Jakub, Petra ZÍTKOVÁ a Roman KOLÁŘ. Restaurátorská dokumentace I. Etapa restaurování morového sloupu v Kutné Hoře: (Oblačný pylon se sochou Panny Marie). Litomyšl, 2016.
- [3] ĎOUBAL, Jakub; KOLÁŘ, Roman. Zprávy památkové péče: Morový sloup v Kutné Hoře – komplexní příprava restaurátorského zásahu. Praha, 2016, č. 76(4) s.424-432
- [4] HEJNIC, Otokar. Mor roku 1713 v Kutné Hoře a Boží Muka. Zvláštní otisk z programu c. k. vyšší reálky. Kutná Hora: nákladem vlastním – tiskem Karla Šolce, 1898, s. 16.
- [5] SMRKOVSÝ, Miloslav; ŠOBR, Ladislav. Restaurátorská dokumentace Morový sloup z Kutné Hory. Kutná Hora, 1965. Restaurátorská dokumentace uložena v archívu NPÚ střeďočeského kraje.
- [6] VOTÁNEK. Restaurátorská dokumentace Morový sloup. 1981-82. Restaurátorská dokumentace uložena v archívu odboru památkové péče Kutná Hora.
- [7] KEREL, Jaroslav. Restaurátorská dokumentace Morový sloup z Kutné Hory. Hořice v P., 2003-2005. Restaurátorská dokumentace. Uložena v archívu NPÚ střeďočeského kraje.
- [8] MUSILOVÁ J. – Restaurátorská zpráva, Čerčany 2002, zadavatel průzkumu. Součástí zprávy: PECHOVÁ D. Mikroskopická analýza a průzkum barevnosti, Morový sloup se sochou Panny Marie na vrcholu, Kutná Hora. Praha, 2002.
- [9] ĎOUBAL, Jakub, Petra ZÍTKOVÁ a Roman KOLÁŘ. Restaurátorská dokumentace II. Etapa restaurování morového sloupu v Kutné Hoře: (Střední soklová část se sochami světců na nárožích). Litomyšl, 2016, s. 23
- [10] KOLÁŘ Roman, Restaurování reliéfu sv. Rozálie z morového sloupu v Kutné Hoře a technologie čištění sádrovcových krust na kutnohorském vápenci. Diplomová práce. Univerzita Pardubice, Fakulta restaurování, Litomyšl 2016.

- [11] SLOUKA, Jiří. Mariánské a morové sloupy Čech a Moravy. Praha: Grada, 2010, s.131-132
- [12] ŠTROBLOVÁ, Helena a ALTOVÁ, Blanka. Kutná Hora. Praha: Nakladatelství Lidové noviny, 2000, s. 438, 439
- [13] Památkový katalog [online]. In.: [cit. 2018-07-30]. Dostupné z: <http://pamatkovykatalog.cz/?element=14837613&sequence=37063&page=1483&resultsDisplay=list&action=element&presenter=ElementsResults>
- [14] RULÍŠEK, Hynek. Postavy, atributy, symboly: slovník křesťanské ikonografie. České Budějovice: Karmášek, 2006.
- [15] WEIS, Martin. Mariánské květy: "od této chvíle mě budou blahoslovit všechna pokolení". Tišnov: Sursum, 2003. Studie teologické fakulty Jihočeské univerzity. s. 110
- [16] ICOMOS-ISCS: Ilustrovaný glosář projevů poškození kamene: ITAM [Institute of Theoretical and Applied Mechanics of the Academy of Science of the Czech Republic]. Praha, 2011.s. 21
- [17] ĎOUBAL, Jakub. Kamenné památky Kutné Hory: Restaurování a péče o sochařská díla. Univerzita Pardubice: H.R.G. tiskárna Litomyšl, 2015.
- [18] COOPER, I, D. C. EMMONY a J LARSON. Optics & Laser Technology: Characterization of laser cleaning of limestone. s. 69
- [19] VERGÈS-BELMIN, V. – DIGNARD, C.. Laser yellowing: myth or reality?. Journal of Cultural Heritage 4, 2003. s. 238–244
- [20] ZAFIROPULOS, V., C. BALAS, A. MANOUSAKI, et al. Yellowing effect and discoloration of pigments: experimental and theoretical studies. Journal of Cultural Heritage. 2003. č. 4, s. 245-256.
- [21] V. Vergès Belmin, M. Labouré, Poultrices as a Way to Eliminate the Yellowing Effect Linked to Limestone Laser Cleaning, [online]. Laboratoire de recherche des monuments historiques, Champs sur Marne, France
- [22] ĎOUBAL, Jakub. Technologie laserového čištění pískovcových památek. Praha, 2013. Disertační práce. České vysoké učení technické. Fakulta stavební.

- [23] BLAŽÍČEK, Oldřich J a Jiří KROPÁČEK. *Slovník pojmů z dějin umění: názvosloví a tvarosloví architektury, sochařství, malby a užitého umění*. Praha: Odeon, 1991. s. 45 a 213
- [24] *Princip pevnolátkových Nd:YAG laserů - 1064 nm Infra red* [online]. [cit. 2018-08-08]. Dostupné z: <http://www.lt.cz/e-learning/laser/princip-pevnolatkovych-nd-yag-laseru-1064-nm-infra-red>

17 Seznam obrázků

Obrázek 1 – Historická fotografie morového sloupu v Kutné Hoře z roku 1930 Chyba!
Záložka není definována.

Obrázek 2 – UV fluorescenční fotografie – detail ruko	20
Obrázek 3 – UV fluorescenční fotografie – detail spodní části	20
Obrázek 4 – UV fluorescenční fotografie – celkový pohled	20
Obrázek 5 – Místa měření kapilární nasákavosti	21
Obrázek 6 – Označení místa odebraného vzorku	25
Obrázek 7 – Lokalizace míst odebraných vzorků	26
Obrázek 8 – Místo odběru vzorku K2	26
Obrázek 9 – Světelná mikroskopie vzorku K2 v bílém světle	26
Obrázek 10 – Místa odebraných vzorků z odsolovacího zábalu	30
Obrázek 11 – Legenda grafických zákresů	36
Obrázek 12 – Zákresy poškození – krusty	37
Obrázek 13 – Zákresy doplňků - zlacené prvky	38
Obrázek 14 – Zákresy poškození – narušený povrch	39
Obrázek 15 – Zákresy doplňků – staré tmely	40
Obrázek 16 – Zákresy doplňků – nové tmely	41
Obrázek 17 – Stav před restaurováním – celkový pohled	42
Obrázek 18 – Stav po restaurování – celkový pohled	43
Obrázek 19 – Detail hlavy a Arma Christi – stav před restaurováním	44
Obrázek 20 – Detail hlavy a Arma Christi – stav po restaurování	44
Obrázek 21 – Detail horní části reliéfu – stav před restaurováním	45
Obrázek 22 – Detail horní části reliéfu – stav po restaurování	45
Obrázek 23 – Detail spodní části reliéfu – stav před restaurováním	46
Obrázek 24 – Detail spodní části reliéfu – stav po restaurování	46
Obrázek 25 - Stav po zatmelení – celkový pohled	47
Obrázek 26 – Detail drapérie – stav před restaurováním	48
Obrázek 27 – Detail drapérie – stav po očištění laserem	48
Obrázek 28 – Detail drapérie – stav po odsolení a zatmelení	48
Obrázek 29 – Detail drapérie – stav po restaurování	48
Obrázek 30 – Detail rukou – stav před restaurováním	48
Obrázek 31 – Detail rukou – stav po restaurování	48

Obrázek 32 – Detail ruky – stav před zažehlením povrchových úprav	49
Obrázek 33 – Detail ruky – stav po zažehlení povrchových úprav	49
Obrázek 34 – Detail ruky – aplikace Paraloidu B72 na povrchové úpravy	49
Obrázek 35 – Detail ruky – zažehlování povrchových úprav	49
Obrázek 36 - Průběh čištění reliéfu sv. Jakuba.....	53
Obrázek 37 – Detail vzorku I.....	57
Obrázek 38 – Detail vzorku II.....	57
Obrázek 39 – Detail vzorku III.....	58
Obrázek 40 – Detail vzorku IV	58
Obrázek 41 – Zkouška čištění za sucha	61
Obrázek 42 – Stav po očištění za sucha.....	61
Obrázek 43 – Zkouška čištění za mokra	61
Obrázek 44 – Stav po očištění za mokra	61

18 Seznam tabulek

Tabulka 1 - Detaily vybraných povrchů proměření nasákavosti	21
Tabulka 2 - Výsledky stanovení obsahu vodorozpustných solí ve vzorcích vrtné moučky před odsolováním (barevnost dle Önorm 3355-1).....	25
Tabulka 3 – Základní informace o použitém laseru	54
Tabulka 4 – Grafická ilustrace znázorňující rozdělení každého jednotlivého zkušebního pole.....	55

19 Textová příloha



CHEMICKO-TECHNOLOGICKÝ PRŮZKUM KUTNÁ HORA, MARIÁNSKÝ MOROVÝ SLOUP, RELIÉF SV. BERNARDA

ZADAVATEL PRŮZKUMU

Ateliér restaurování a konzervování kamene a souvisejících materiálů
Fakulta restaurování, Univerzita Pardubice, Jiráskova 3, 570 01 Litomyšl

VEDOUCÍ PRÁCE / STUDENT

MgA. art. Ďoubal J., Ph.D. / Šibravová K., 4. ročník bakalářského studia

SPECIFIKACE, LOKALIZACE OBJEKTU

Mariánský morový sloup, Kutná Hora, spodní část s kamenným reliéfem sv. Bernarda, vápence

ZADÁNÍ PRŮZKUMU, ODBĚR VZORKŮ

Počet a typ dodaných vzorků: 7/stratigrafie povrchových úprav, 15/obsah vodorozpustných solí
Zadání: stratigrafie a materiálový průzkum povrchových úprav mikroskopickými technikami, obsah vodorozpustných solí v odsolovacích zábalcích a vzorcích vrtné moučky kamene
Lokalizace odběru vzorků: detailní snímky míst odběrů vzorků a měření jsou uvedeny v Příloze

Tab. 1: Přehled vzorků k určení stratigrafie vrstev, případně materiálového složení.

Evidenční číslo	Označení	Lokalizace, popis	Evidenční číslo	Označení	Lokalizace, popis
8891	K1	Obláček	8895	K5	Zátylek
8892	K2	Pravé břevno	8896	K6	Lem šatů
8893	K3	Pozadí pod křížem a houbou	8897	K7	Záhyb ruky v předloktí
8894	K4	Moře			

Tab. 2: Přehled vzorků ke stanovení obsahu vodorozpustných solí.

Evidenční číslo	Označení, lokalizace, popis
SK1–SK5	vrt v polovině reliéfu v pravé části, SK1 povrch – neanalyzováno, malé množství vzorku, SK2 0–1 cm bez povrchu, SK3 1–3 cm, SK4 3–5 cm, SK5 5–10 cm, před odsolováním
Vz.1–Vz.3	vzorky odsolovacích zábalů rozměrů 10 × 10 cm ² , spodní, střední, horní část reliéfu vpravo, 2 cykly
S1–S4	vrt v polovině reliéfu v pravé části, S1/0–1 cm, S2/1–3 cm, S3/3–5 cm, S4/5–10 cm

LITERATURA, SOUVISEJÍCÍ PRŮZKUMY

1. Ďoubal J. Restaurátorský průzkum morového sloupu v Kutné Hoře. Univerzita Pardubice, Fakulta restaurování, Litomyšl 2013. Součástí průzkumu: Lesniaková P. Laboratorní průzkum vzorků z Morového sloupu v Kutné Hoře.
2. Kolář R. Restaurování reliéfu sv. Rozálie z morového sloupu v Kutné Hoře a technologie čištění sádrovcových krust na kutnohorském vápenci. Diplomová práce. Univerzita Pardubice, Fakulta restaurování, Litomyšl 2016. Součástí práce: Lesniaková P. Chemicko-technologický průzkum, Kutná Hora, morový sloup Panny Marie Neposkvrněné, reliéf sv. Rozálie. Příloha PI, s. 123.
3. Musilová J. – zhotovitel zprávy Restaurátorská zpráva, Čerčany 2002, zadavatel průzkumu. Součástí zprávy: Pechová D. Mikroskopická analýza a průzkum barevnosti, Morový sloup se sochou Panny Marie na vrcholu, Kutná Hora. Praha, 2002.
4. Lesniaková P. Chemicko-technologický průzkum, Kutná Hora, Mariánský morový sloup, spodní část s kamenným reliéfem sv. Jana Nepomuckého. Předběžné výsledky. Univerzita Pardubice, Fakulta restaurování, 2017.
5. Škarvada J. Restaurování sádrových modelů soch pro průčelí muzea v Hradci Králové. Restaurování reliéfu sv. Jakuba na morovém sloupu v Kutné Hoře. Bakalářská práce, Univerzita Pardubice, Fakulta restaurování, Litomyšl 2017. Součástí práce: Lesniaková P. Chemicko-technologický průzkum, Kutná Hora, Mariánský morový sloup, střední část, reliéf sv. Jakuba.
6. Lesniaková P. Chemicko-technologický průzkum, Kutná Hora, Mariánský morový sloup, střední část s kamenným reliéfem sv. Barbory. Předběžné výsledky. Univerzita Pardubice, Fakulta restaurování, 2017.
7. Bayerová T., Šimůnková E. Pigmenty. STOP. Praha 2002.

METODIKA PRŮZKUMU

STRATIGRAFIE POVRCHOVÝCH ÚPRAV

Studium stratigrafie povrchových úprav bylo provedeno s využitím mikroskopických technik optické a skenovací elektronové mikroskopie (SEM). Vybrané úlomky vzorků byly zdokumentovány stereoskopickým mikroskopem SZM800 (Nikon). K mikroskopickému průzkumu byly připraveny ze vzorků nábrusy (příčné řezy). Nábrusy byly připraveny zalitím vybraných úlomků vzorků do polyesterové pryskyřice GPE 100S a jejich následným sbroušením po vytvrnutí hmoty. Ke studiu a dokumentaci nábrusů byl využit světelný/polarizační mikroskop Eclipse LV100D-U (Nikon) s digitálním fotoaparátem EOS 1100D (Canon). Pozorování i dokumentace byly provedeny v dopadajícím viditelném, modrém světle, dále byla studována jejich UV fluorescence. Jako imerzní kapalina byla použita demineralizovaná voda. Pouhličené nábrusy byly dále studovány elektronovým mikroskopem Mira 3 LMU (Tescan) v režimu zpětně odražených elektronů (BSE).

MATERIÁLOVÝ PRŮZKUM POVRCHOVÝCH ÚPRAV

Materiálový průzkum byl proveden na základě určení prvkového složení částí vzorků vybraných pomocí světelné mikroskopie skenovací elektronovou mikroskopií s energiově-disperzní analýzou (SEM/EDX). K tomuto účelu byly využity světelný mikroskop Eclipse LV100D-U (Nikon) a elektronový mikroskop Mira 3 LMU (Tescan) s analytickým systémem Bruker Quantax 2000. Měření bylo provedeno na pouhličených nábrusech ve vysokém vakuu v režimu zpětně odražených elektronů (BSE). Výsledky prvkového složení analyzovaných míst jsou uvedeny v tabulkách na základě atomových procent tak, že prvky s dominantním zastoupením jsou podtrženy, následují prvky s menším zastoupením, přičemž v závorkách jsou uvedeny prvky s minoritním zastoupením. Prvky kyslík a uhlík nejsou, pokud to není účelné, ve výsledcích uvedeny.

MNOŽSTVÍ VODOROZPUSTNÝCH SOLÍ

Obsah aniontů vodorozpuštěných solí, chloridů, síranů a dusičnanů, byl stanoven pomocí UV/VIS spektrofotometrie z extraktů vzorků v destilované vodě. K tomuto účelu byl využit spektrofotometr Beckman Coulter DU© 720, měření bylo provedeno ve viditelném spektru světla v rozsahu vlnových délek 345 – 515 nm. Extrakty z odsolovacích zábalů byly připraveny tak, že vysušené vzorky zábalů velikosti 10 × 10 cm byly extrahovány ve 200ml demineralizované vody. V případě vzorků vrtné moučky, hominy nebo tmelů bylo na 1 g vzorku použito 50 ml demineralizované vody. Obsah aniontů vodorozpuštěných solí je v tabulkách uveden v případě zábalů v hmotnosti extrahovaných solí vztažených na velikost odsolovací plochy vzorku [g/m²], u ostatních vzorků ve hmotnostních procentech [% hm.] a molárních koncentracích [mmol/kg].

Tab. 3: Hodnocení stupně zasolení dle rakouské normy Önorm 3355-1.

Stupně zasolení	Chloridy [hm. %]	Sírany [hm. %]	Dusičnany [hm. %]
Nejsou nutná žádná opatření	< 0,03	< 0,10	< 0,05
Je nutné zvážit dílčí opatření	0,03–0,10	0,10–0,25	0,05–0,15
Opatření jsou nezbytná	> 0,10	> 0,25	> 0,15

Tab. 4: Stupně zasolení dle ČSN P70610 Hydroizolace staveb – Sanace vlhkého zdiva.

Stupně zasolení	Chloridy [hm. %]	Sírany [hm. %]	Dusičnany [hm. %]
nízký	pod 0,075	pod 0,5	pod 0,1
zvýšený	0,075–0,20	0,5–2,0	0,1–0,25
vysoký	0,20–0,5	2,0–5,0	0,25–0,5
velmi vysoký	nad 0,5	nad 5	nad 0,5

ZPRÁVA Z CHEMICKO-TECHNOLOGICKÉHO PRŮZKUMU

Autor:	P. Lesniaková	Počet stran:	16	Datum:	12. 7. 2018
Místo:	Katedra chemické technologie, Fakulta restaurování, Univerzita Pardubice Jiráskova 3, Litomyšl				

VÝSLEDKY STANOVENÍ MNOŽSTVÍ VODOROZPUSTNÝCH SOLÍ

Tab. 5: Výsledky stanovení obsahu vodorozpuštěných solí (barevnost dle Čnorm 3355-1) ve vzorcích vrtné moučky před odsolováním.

Vzorek / hloubka	Síraný (SO ₄ ²⁻)		Dusičnaný (NO ₃ ⁻)		Chloridy (Cl ⁻)	
	[hm. %]	[mmol/kg]	[hm. %]	[mmol/kg]	[hm. %]	[mmol/kg]
SK2 0–1 cm	1,31	136,0	< 0,01	< 2,0	0,02	5,0
SK3 1–3 cm	0,02	2,0	< 0,01	< 2,0	0,01	3,0
SK4 3–5 cm	0,02	2,0	< 0,01	< 2,0	< 0,01	< 2,0
SK5 5–10 cm	< 0,01	< 1,0	< 0,01	< 2,0	< 0,01	< 2,0

Zjištěná množství chloridů a dusičnanů ve vzorcích vrtné moučky odebraných před odsolováním ze střední části reliéfu vpravo (SK3–SK5) byla z hlediska možnosti poškození objektu zanedbatelná. Pouze ve vzorku odebraném do hloubky 1 cm (SK2) se vyskytuje vysoké množství síranů, v ostatních vzorcích je množství síranů velmi nízké.

Tab. 6: Výsledky stanovení obsahu vodorozpuštěných solí v odsolovacích zábalech.

Vzorek	Síraný (SO ₄ ²⁻)	Dusičnaný (NO ₃ ⁻)	Chloridy (Cl ⁻)
	[g/m ²]	[g/m ²]	[g/m ²]
Vz.0, referenční vzorek zábalu	0,39	0,00	0,66
Vz.1, nahoře, 1. cyklus zábalů	0,59	1,50	0,40
Vz.2, střed, 1. cyklus zábalů	0,89	0,00	0,81
Vz.3, dole, 1. cyklus zábalů	0,50	4,00	2,70
Vz.1, nahoře, 2. cyklus zábalů	2,97	0,00	0,12
Vz.2, střed, 2. cyklus zábalů	1,77	0,03	0,27
Vz.3, dole, 2. cyklus zábalů	2,18	0,01	0,64

V odsolovacích zábalech z prvního cyklu odsolování bylo ve spodní a horní partii reliéfu vpravo (Vz.1 a Vz.3) zjištěno vyšší množství dusičnanů. Ve spodní partii vpravo bylo v odsolovacím zábalu zjištěno také vyšší množství chloridů (Vz.3). V rámci druhého odsolovacího cyklu zřejmě došlo k migraci pouze dusičnanů do zábalů (Vz.1–Vz.3).

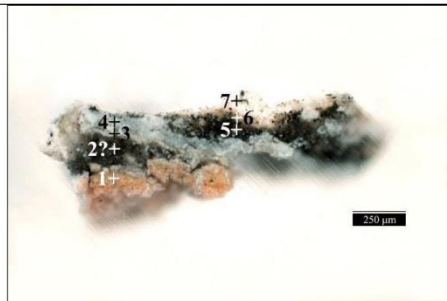
Tab. 7: Výsledky stanovení obsahu vodorozpuštěných solí (barevnost dle Čnorm 3355-1) ve vzorcích vrtné moučky odebraných po odsolování.

Vzorek / hloubka	Síraný (SO ₄ ²⁻)		Dusičnaný (NO ₃ ⁻)		Chloridy (Cl ⁻)	
	[hm. %]	[mmol/kg]	[hm. %]	[mmol/kg]	[hm. %]	[mmol/kg]
S1 0–1 cm	1,23	128	< 0,01	< 2,0	0,02	5
S2 1–3 cm	0,40	42	< 0,01	< 2,0	0,01	2
S3 3–5 cm	0,06	6	< 0,01	< 2,0	0,01	2
S4 5–10 cm	0,11	11	< 0,01	< 2,0	0,01	3

Ve vzorcích vrtné moučky odebraných po odsolování byly zjištěny vyšší koncentrace síranů zejména ve hloubce do 3 cm. Množství ostatních solí byla z hlediska rizika vzniku poškození zanedbatelná.

VÝSLEDKY PRŮZKUMU POVRCHOVÝCH ÚPRAV MIKROSKOPICKÝMI TECHNIKAMI

Vzorek 8891 / K1 oblak



Obr. 1 Optická mikroskopie, bílé světlo.



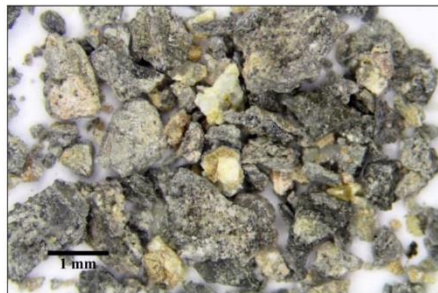
Obr. 2 Optická mikroskopie, UV fluorescence.



Obr. 3 Optická mikroskopie, modré světlo.

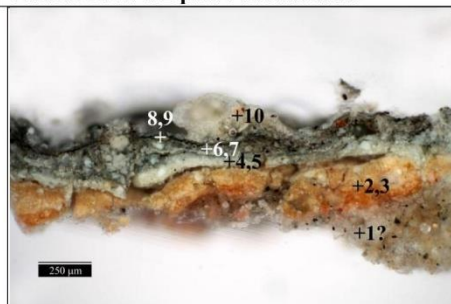
Tab. 8: Výsledky, popis vrstev.

Číslo	Popis vrstvy
7	Nesouvislá bílá až naředlá vrstva
6	Tenká světlá narůžovělá vrstva
5	Tmavá silná vrstva
4	Šedá vrstva, světle okrová UV fluorescence
3	Tenká bílá nebo světle šedá vrstva, nesouvislá, světlá UV fluorescence
2	Tmavě šedá vrstva nebo/a nečistoty
1	Heterogenní okrová až narůžovělá vrstva, ojediněle červený pigment, analogicky lze předpokládat olovnatou bělobu, okr a organické pojivo, okrová UV fluorescence
0	Fragment horniny



Obr. 4, 5 Stereomikroskopie – dokumentace vzorku z různých stran.

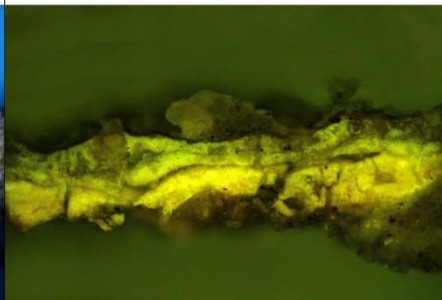
Vzorek 8892 / K2 pravé břevno kříže



Obr. 6 Optická mikroskopie, bílé světlo.



Obr. 7 Optická mikroskopie, UV fluorescence.



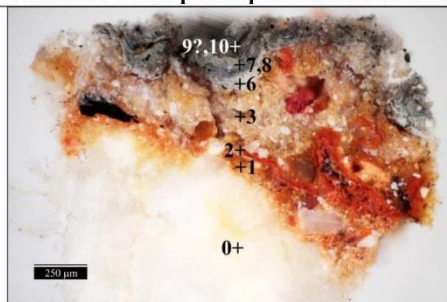
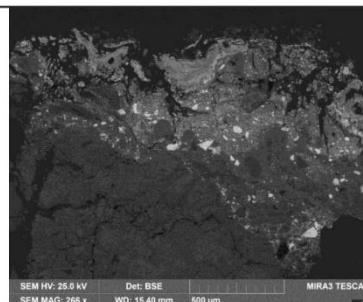
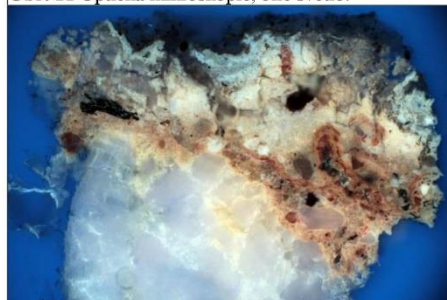
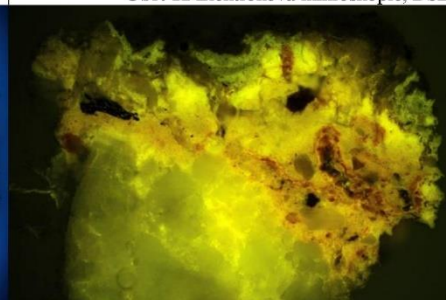
Obr. 8 Optická mikroskopie, modré světlo.

Tab. 9: Výsledky, popis vrstev.

Číslo	Popis vrstvy
9	Nesouvislá světlá vrstva
8	Fragment tenké tmavé vrstvy
7	Fragment šedé vrstvy
6	Tenká tmavá vrstva
5	Šedo-modrá vrstva, malé modré, černé, ojediněle červené částice, intenzivní světlá UV fluorescence
4	Světlá vrstva, černé částice, okrová UV fluorescence
2,3	Zřejmě dvě dobře propojené heterogenní okrové vrstvy, spodní tmavší, ojediněle červený pigment, analogicky lze předpokládat olovnatou bělobu a organické pojivo, okrová UV fluorescence
1	Fragment šedé vrstvy
0	Hornina, viditelná na snímku ze stereomikroskopu

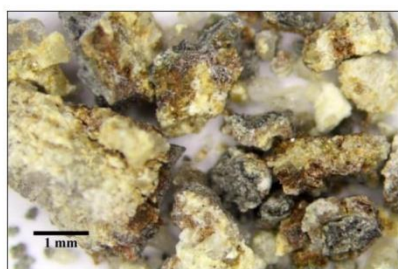
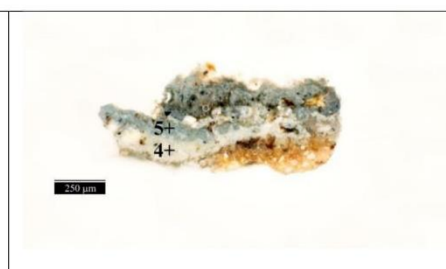


Obr. 9, 10 Stereomikroskopie – dokumentace vzorku.

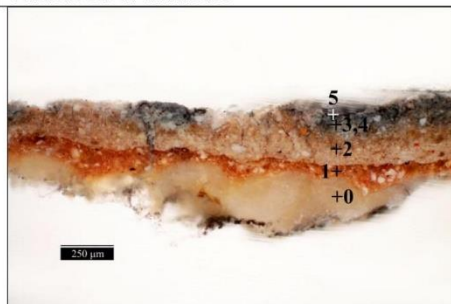
Vzorek 8893 / K3 pozadí pod křížem a houbou

Obr. 11 Optická mikroskopie, bílé světlo.

Obr. 12 Elektronová mikroskopie, BSE.

Obr. 13 Optická mikroskopie, UV fluorescence.

Obr. 14 Optická mikroskopie, modré světlo.

Tab. 10: Výsledky, popis vrstev.

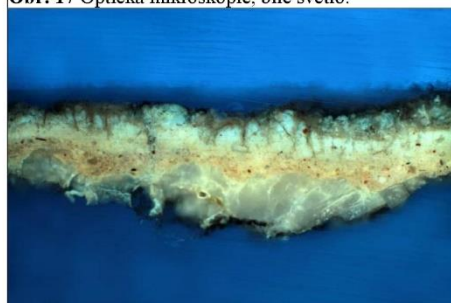
Číslo	Popis vrstvy	Složení vrstvy
8-10	Šedá vrstva, tmavá tenká vrstva, šedá vrstva	Vrstvy neanalyzovány
7	Šedá vrstva, modré a černé částice, velké oválné bílé částice – zřejmě olovnatá běloba	Vrstva neanalyzována
6	Světle šedá vrstva	Vrstva neanalyzována
5	Šedá vrstva, černé, méně modré částice, velmi ojediněle červené částice, velké oválné bílé částice – zřejmě olovnatá běloba, světle okrová UV fluorescence	Vrstva neanalyzována
4	Tenká nesouvislá světlá vrstva, velké oválné bílé částice, světle okrová UV fluorescence	Vrstva neanalyzována
3	Heterogenní světlá béžová vrstva, ojediněle červený pigment, okrová UV fluorescence	Pb (Si, Al, Ca, Fe): olovnatá běloba, uhlíčen vápenatý, silikáty, organické pojivo
2	Červená vrstva	Si, Al, Fe, Pb, Ca (K, Mg): železitá červen
1	Heterogenní světle okrová vrstva, ojediněle červený pigment, intenzivní okrová UV fluorescence, lze předpokládat organické pojivo	Ca, Si, Pb, Al (Fe, K, Mg): uhlíčen vápenatý, silikáty, olovnatá běloba, ojediněle červený železitý pigment, tmavá větší zrna Si, Fe, Al, Ca nespecifikována
0.	Hornina	Zrna vápence Ca, křemenná Si a jiná silikátová Si, Al, K zrna


Obr. 15 Stereomikroskopie – dokumentace vzorku.

Obr. 16 Optická mikroskopie, jiný úlomek vzorku.

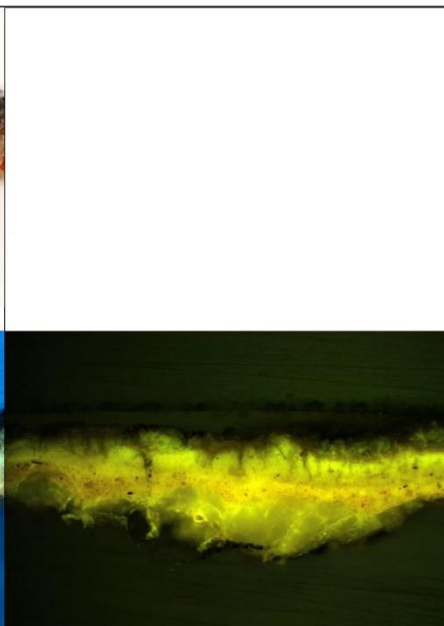
Vzorek 8894 / K4 moře



Obr. 17 Optická mikroskopie, bílé světlo.



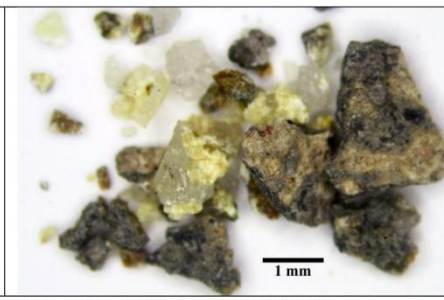
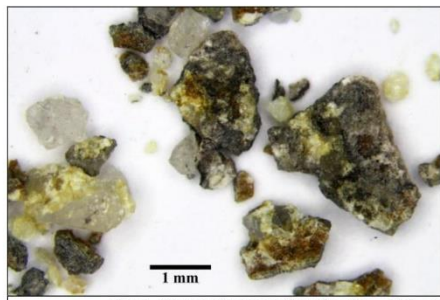
Obr. 18 Optická mikroskopie, UV fluorescence.



Obr. 19 Optická mikroskopie, modré světlo.

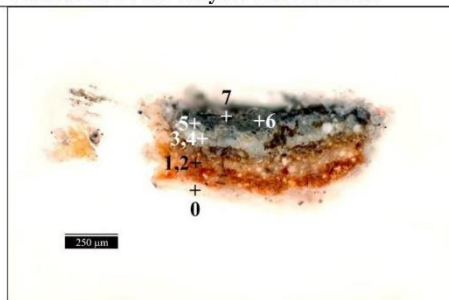
Tab. 11: Výsledky, popis vrstev.

Číslo	Popis vrstvy
5	Černá vrstva, fragment
3,4	Šedé vrstvy
2	Heterogenní béžová vrstva, ojediněle červený pigment, intenzivní světlá UV fluorescence, analogicky lze předpokládat organické pojivo
1	Heterogenní hnědo-okrová vrstva, ojediněle červený pigment, intenzivní okrová UV fluorescence, analogicky lze předpokládat organické pojivo
0	Zrna vápence



Obr. 20, 21 Stereomikroskopie – dokumentace vzorku z pohledové a spodní strany.

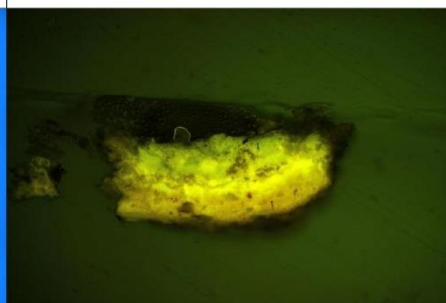
Vzorek 8895 / K5 zátylek sv. Bernarda



Obr. 22 Optická mikroskopie, bílé světlo.



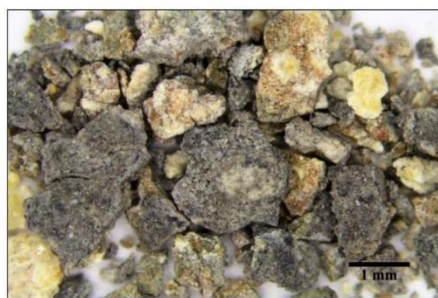
Obr. 23 Optická mikroskopie, UV fluorescence.



Obr. 24 Optická mikroskopie, modré světlo.

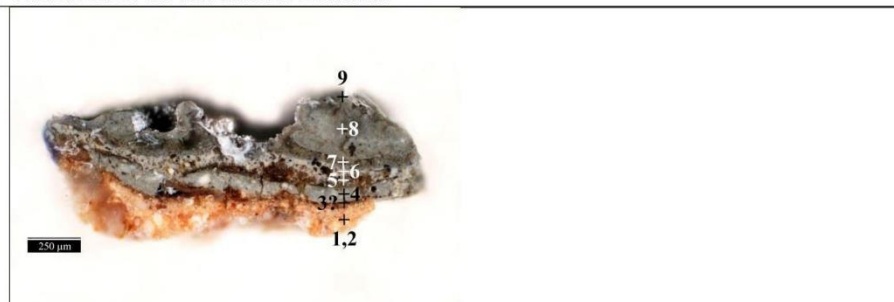
Tab. 12: Výsledky, popis vrstev.

Číslo	Popis vrstvy
7	Tenká černá vrstva
6	Šedá vrstva, malé černé a modré částice, světle okrová UV fluorescence v zónách
5	Světlá naředlá vrstva, černé částice, světle okrová UV fluorescence
4	Šedá vrstva, malé černé částice, oválné bílé částice – zřejmě olovnatá běloba, malé černé částice, světlá UV fluorescence
3	Světle šedá vrstva, malé černé částice, oválné bílé částice – zřejmě olovnatá běloba, malé černé částice, světlá UV fluorescence
1,2	Heterogenní okrové vrstvy, spodní tmavší odstín, analogicky lze předpokládat přítomnost olovnaté běloby, okru a uhlíkatu vápenatého, zřejmě organické pojivo, okrová UV fluorescence
0	Zrna horniny

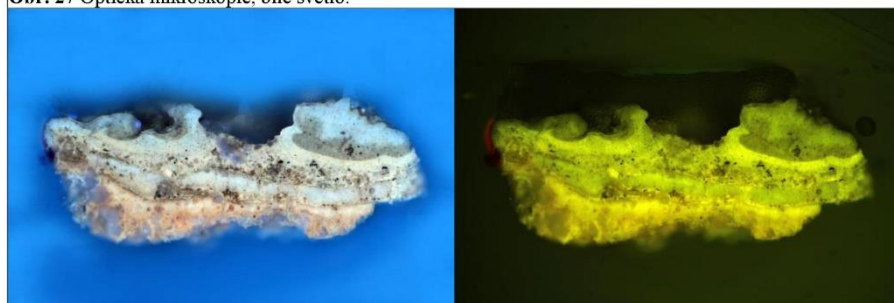


Obr. 25, 26 Stereomikroskopie – dokumentace vzorku z pohledové a spodní strany.

Vzorek 8896 / K6 lem šatů sv. Bernarda



Obr. 27 Optická mikroskopie, bílé světlo.

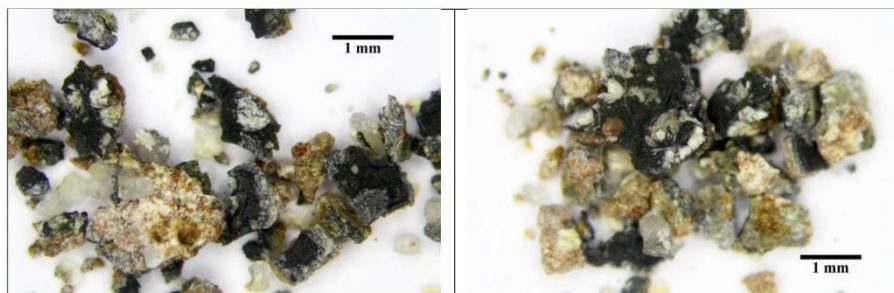


Obr. 28 Optická mikroskopie, UV fluorescence.

Obr. 29 Optická mikroskopie, modré světlo.

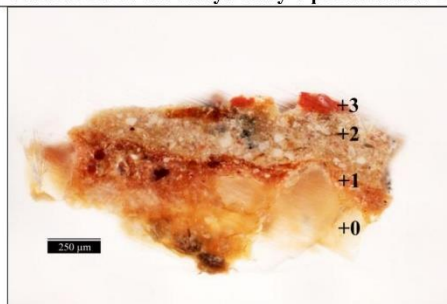
Tab. 13: Výsledky, popis vrstev.

Číslo	Popis vrstvy
9	Tenká černá vrstva
8	Nesouvislá silná šedá vrstva, malé černé a modré částice, ojediněle okrové částice, namodralá UV fluorescence v zónách
7	Šedá vrstva, malé černé a modré částice, světle okrová UV fluorescence v zónách
6	Světlá našedlá vrstva, černé částice, světle okrová UV fluorescence
5	Fragmenty okrové vrstvy
4	Světle šedá vrstva, malé černé částice, oválné bílé částice – zřejmě olovnatá běloba, malé černé částice, světlá UV fluorescence
3	Fragmenty tenké světlé vrstvy?
1,2	Heterogenní okrové dobře propojené vrstvy, analogicky lze předpokládat olovnatou bělobu a organické pojivo, okrová UV fluorescence
0	Zrna horniny

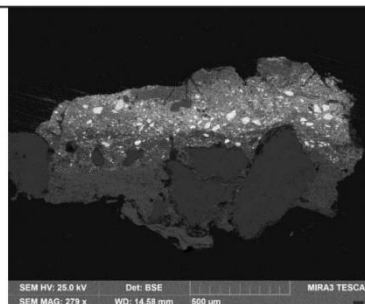


Obr. 30, 31 Stereomikroskopie – dokumentace vzorku z pohledové a spodní strany.

Vzorek 8897 / K7 záhyb ruky v předloktí sv. Bernarda



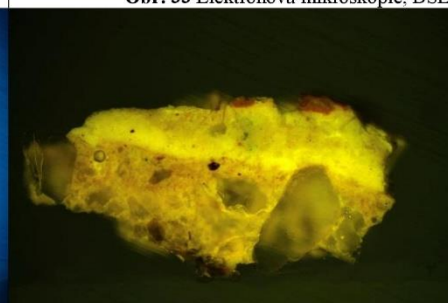
Obr. 32 Optická mikroskopie, bílé světlo.



Obr. 33 Elektronová mikroskopie, BSE.



Obr. 34 Optická mikroskopie, UV fluorescence.



Obr. 35 Optická mikroskopie, modré světlo.

Tab. 14: Výsledky, popis vrstev.

Číslo	Popis vrstvy	Složení vrstvy
3	Červená vrstva, fragmenty	Si, Al, Fe, Pb (Ca, K, Mg): červená hlínka
2	Heterogenní béžová vrstva, okrová UV fluorescence	Pb, Si (Al, Ca, Fe): olovnatá běloba, ojediněle suřík, uhličitán vápenatý, silikáty, organické pojivo
1	Heterogenní okrová vrstva, okrová UV fluorescence – zřejmě organické pojivo	Ca, Si, Pb, Al (Fe, K, Mg): uhličitán vápenatý, silikáty, olovnatá běloba, ojediněle červený železitý pigment
0	Zrna horniny	Zrna vápence Ca, křemenná Si a jiná silikátová Si, Al, K zrna



Obr. 36, 37 Stereomikroskopie – dokumentace vzorku z pohledové a spodní strany.

ZÁVĚR

Chemicko-technologický průzkum byl proveden v souvislosti s restaurováním kamenného reliéfu sv. Bernarda, který se nalézá ve spodní části Mariánského morového sloupu v Kutné Hoře. Objekt je zhotoven z kutnohorského vápence a byl v minulosti několikrát povrchově upravován. Cílem průzkumu bylo zjistit množství vodorozpuštěných solí ve vzorcích odebraných v různých hloubkách z kamene před a po odsolování. Ze stejného důvodu byly v průběhu odebrány vzorky odsolovacích zábalů. Dále byl průzkum zaměřen na materiálové složení a stratigrafii povrchových úprav.

MNOŽSTVÍ VODOROZPUŠTĚNÝCH SOLÍ

Obsahy chloridů a dusičnanů zjištěné v místě odběru vzorků byly z hlediska možnosti poškození objektu zanedbatelné. Síraný se zde vyskytovaly ve vysokém množství do hloubky 1 cm. Na základě analýzy vzorků z jednoho vrtné však nebylo možné jednoznačně rozhodnout, zda nemohl být reliéf kontaminován vyššími obsahy dusičnanů a chloridů také v jiných částech. Na základě průzkumů provedených v letech 2002–2003 a 2013–2015 [1, 2, 5] bylo možné očekávat výskyt vysokého množství síranů přibližně do hloubky 1 až 3 cm v celém reliéfu. Kromě vysokých množství síranů bylo dále možné předpokládat nerovnoměrný výskyt vyšších množství dusičnanů, případně chloridů taktéž zejména v povrchových částech reliéfu. Z těchto důvodů bylo uskutečněno odsolování reliéfu ve dvou cyklech. Zjednodušeně lze shrnout, že v prvním cyklu došlo k migraci vyššího množství chloridů a dusičnanů do odsolovacích zábalů, ve druhém cyklu síranů. Ve vzorcích vrtné moučky odebraných po odsolování se stále vyskytovala vyšší množství síranů přibližně do hloubky 3 cm, obsahy chloridů a dusičnanů byly stejně jako před odsolováním ve všech vzorcích z hlediska možnosti poškození objektu zanedbatelné.

STRATIGRAFIE A MATERIÁLOVÉ SLOŽENÍ POVRCHOVÝCH ÚPRAV

Průzkum byl realizován na vybraných úlomcích vzorků metodami optické mikroskopie, případně skenovací elektronové mikroskopie s prvkovou mikroanalýzou (SEM/EDX). Průzkumu bylo podrobeno 8 vzorků. Přehled studovaných vzorků vztahujících se k zadanému úseku restaurování je uveden na konci průzkumové zprávy v Příloze III. V Příloze II jsou představeny výsledky stratigrafického průzkumu z roku 2002 [3], provedeného na vzorku odebraném z prstů sochy haviře vlevo (vzorek 10) a stratigrafického průzkumu dvou vzorků z draperie haviře vpravo. Povrchové úpravy byly na reliéfu sv. Bernarda dochovány v různé míře, vizuálně se zpravidla jeví jako fragmenty tmavých depositů. Průzkumem bylo odhaleno alespoň pět časových fází povrchových úprav reliéfu s poměrně omezenou škálou barevností. Na reliéfu nebo na vzorcích byly pozorovány povrchové úpravy žlutých až okrových, hnědých, červených a šedých odstínů a vrstvy zlacení. Stratigrafie, barevnost a charakter zkoumaných povrchových úprav byly do značné míry srovnatelné s povrchovými úpravami zaznamenanými na ostatních částech reliéfu včetně soch haviřů, jež byly studovány v rámci předchozích průzkumů [1–6, 8]. Na těchto částech byla též zaznamenána omezená škála barevností dochovaných povrchových úprav, zahrnující odstíny okrové, žluté, šedé, případně hnědé, modré a červené barvy, na vybraných místech se vyskytovalo několik fází zlacení plátkovým zlatem. Většinou byly povrchové úpravy sloupu nejlépe dochovány právě v místech upravených pozlacovacími technikami, případně v částech méně namáhaných povětrností.

Na základě komparace lze předpokládat, že složení povrchových úprav reliéfu sv. Bernarda je obdobné jako u odpovídajících vrstev studovaných v předchozích průzkumech. Zjednodušeně lze shrnout, že barevné vrstvy zpravidla obsahovaly organická pojiva, olovnaté pigmenty, železité pigmenty, dále byla zaznamenána příměs ultramarínu a zinková běloba v mladších fázích povrchových úprav. Bylo pozorováno, že zlacení na paprscích obsahuje odstínem srovnatelný jasně červený podklad jako nejmladší fáze zlacení zaznamenané na reliéfu sv. Jakuba [5], zřejmě tedy pochází ze stejné časové fáze povrchových úprav a vyznačuje se obdobným složením. V rámci průzkumu reliéfu sv. Jakuba bylo zjištěno, že je jasně červený podklad pro zlacení probarven suříkem, v další nesouvislé žluté podkladové vrstvě byla identifikována kadmiová žluť, olovnatý pigment masikot nebo/a olovnatá běloba, barytová běloba, případně příměs zinkové běloby, poté následuje plátek zlata.

Povrch horniny

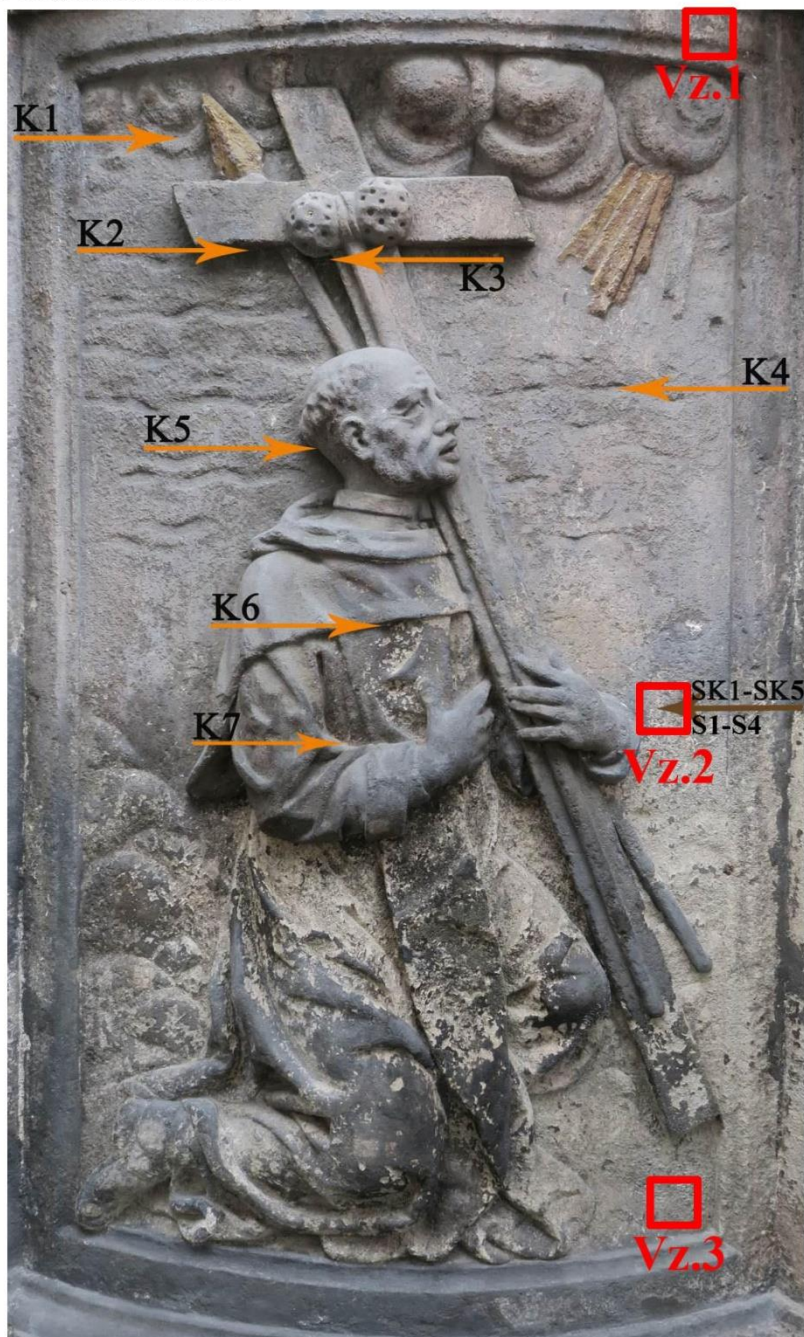
Povrch vápence je penetrován organickou látkou, která může pocházet z celkové úpravy povrchu objektu, z předúpravy povrchu objektu před jeho další úpravou nebo z pojiv povrchových úprav.

Nejstarší dochované povrchové úpravy

Nejstarší dochované povrchové úpravy zahrnují nejprve hnědo-okrovou až hnědou vrstvu s uhlíkatým vápenatým okrem, olovnatou bělobou. Vrstva zřejmě tvoří souvrství s následující béžovo-okrovou někdy nahnědlou či lehce narůžovělou vrstvou s olovnatou bělobou a příměsí hliněk, případně velmi malou příměsí suříku. Toto předpokládané souvrství dvou vrstev se vyskytuje na většině vzorků odebraných z celého sloupu. V místě pozadí a záhybu ruky se na uvedených vrstvách vyskytuje červená povrchová úprava probarvená hlinkou. Obdobná červená vrstva náležící zřejmě do stejné časové fáze povrchových úprav byla zaznamenána také na draperii závěsu reliéfu sv. Jana Nepomuckého [4]. Není jednoznačné, zda červené vrstvy patří ke stejné časové fázi povrchových úprav jako nejstarší zmíněné béžové až hnědo-okrové vrstvy a tedy ani to, jestli bylo nejstarší dochované výtvarné pojetí sloupu polychromní či monochromní. Lze předpokládat, že vybrané části sloupu byly zřejmě v rámci nejstarší dochované fáze povrchových úprav zlaceny plátkovým zlatem [3,6, 8]. Mezi plátkem zlata a hnědo-okrovými a béžovými nejstaršími dochovanými vrstvami byl aplikován hnědo-okrový podklad obsahující zejména okr, méně olovnaté běloby a organické pojivo.

Mladší vrstvy

Jak již bylo uvedeno, mladší fáze povrchových úprav zahrnovaly světlé našedlé, šedé až černé vrstvy, které se vyskytují také na ostatních částech sloupu. Pohledově jsou často uplatněné jedna nebo dvě fáze povrchových úprav tvořené tmavou tenkou vrstvou a nesouvislou šedou vrstvou. V některých případech se přímo na kameni vyskytuje malý počet pouze mladších šedých až černých vrstev. Lze předpokládat, že byly v těchto místech povrchové úpravy odstraňovány nebo došlo k jejich značné degradaci a následně ztrátě vlivem povětrnosti.



Obr. 38 Lokalizace odběrů vzorků 8891-8897/K1-7, SK1-SK6, S1-S4 a Vz.1-3 z reliéfu sv. Bernarda.



Obr. 39 Místo odběru vzorku 8891/K1, oblak, detail.



Obr. 40 Místo odběru vzorku 8892/K2, břevno, detail.



Obr. 41 Místo odběru vzorku 8893/K3, pozadí s houbou, detail.



Obr. 42 Lokalizace odběru vzorku 8894/K4, moře, detail.



Obr. 43 Místo odběru vzorku 8895/K5, zátylek, detail.



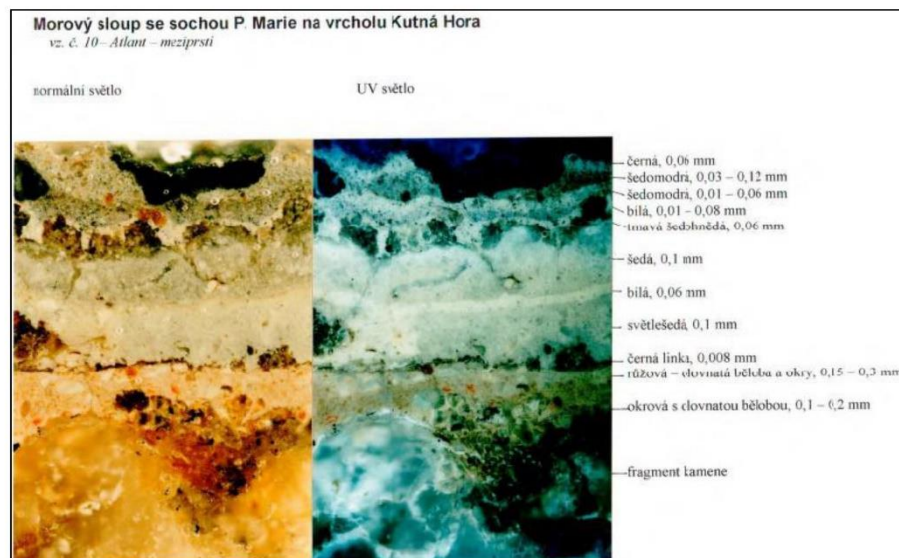
Obr. 44 Místo odběru vzorku 8896/K6, lem draperie, detail.



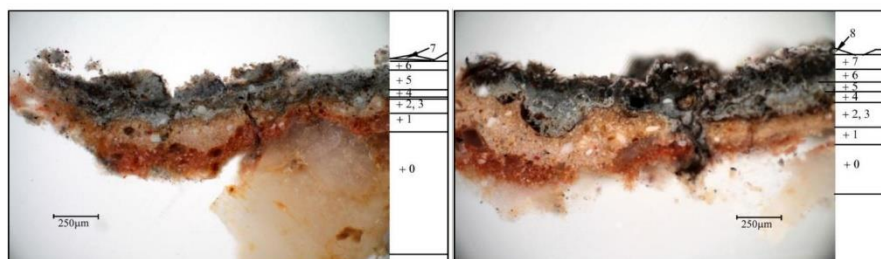
Obr. 45 Místo odběru vzorku 8897/K7, záhyb ruky v předloktí, detail.



Obr. 46 Místo odběru vzorků SK1-SK5, detail.




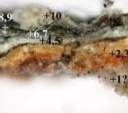
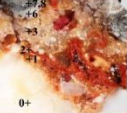
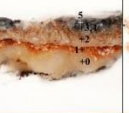
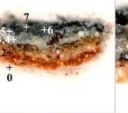
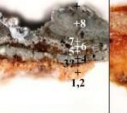
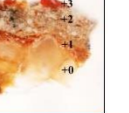




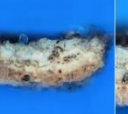
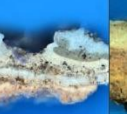
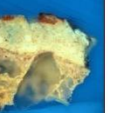

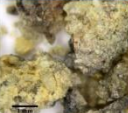
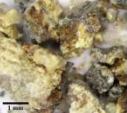
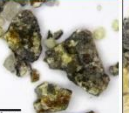
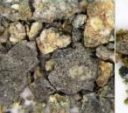
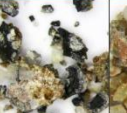

Obr. 47, 48 Stratigrafie vzorku povrchových úprav č. 10 [3] odebraného z místa mezi prsty na ruce sochy horníka vpravo. Optická mikroskopie, bílé světlo a UV fluorescence. Autor fotografií: D. Pechová.



Obr. 49, 50 Stratigrafie vzorků povrchových úprav 7881/V1, 7882/V2 odebraných z draperie pravého horníka. Na kutnohorském vápenci (0) jsou přítomny nejstarší dochované povrchové úpravy okrových až hnědých odstínů (1–3, pojivo zřejmě na bázi oleje) s olovnatou bělobou a příměsí okry, případně suříku. Následují vrstvy šedých odstínů (4 a výše). Optická mikroskopie, bílé světlo. Autor fotografií: P. Lesniaková.

PŘÍLOHA III – PŘEHLED VZORKŮ A VÝSLEDKŮ PRŮZKUMU STRATIGRAFIE POVRCHOVÝCH ÚPRAV

Tab. 15: Přehled vzorků, stratigrafie povrchových úprav, reliéf sv. Bernarda.

Vzorek	8891/K1 oblak	8892/K2 břevno kříže	8893/K3 pozadí	8894/K4 moře	8895/K5 zátylek	8896/K6 lem šatů	8897/K7 záhyb ruka	
Optická mikroskopie bílé světlo								
Optická mikroskopie UV fluorescence								
Dokumentace vzorků stereomikroskopie								
Pops. vrstev	5,6 naružovělá, šedá 5 tmavá	9 nesouvislá šedá	10 nesouvislá šedá 97 tmavá	3-5 šedé vrstvy, černá	7 tmavá	9 nesouvislá šedá		
		8 šedá	8 šedá		8 šedá			
		7 šedá	7 šedá		6 šedá	7 šedá		
		6 světlé šedá	6 světlé šedá		5 světlá šedá	6 světlé šedá		
	5 tmavá/nečistoty				5 okrová/nečistoty			
	3, 4 šedé	4,5 šedé	3 okrová / 4,5 šedé		4 světlé šedá			
			2 červená		3, 4 šedé			
	1 okrová	3 okrová			2 okrová			3 červená
		2 okrová	1 hnědo-okrová		2 okrová			2 okrová
		0 homina, 17 šedá	0 homina		1 hnědo-okrová	1 hnědo-okrová	1 okrová	1 hnědo-okrová