

Univerzita Pardubice

Fakulta restaurování

Ateliér restaurování kamene a souvisejících materiálů

Jiráskova 3, 570 01 Litomyšl

Restaurování sochy boha Marta ze státního zámku Uherčice

Stella Burkhardtová

Vedoucí práce: MgA. Petr Rejman

Bakalářská práce

2019

Univerzita Pardubice
Fakulta restaurování
Akademický rok: 2018/2019

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Stella Burkhardtová**
Osobní číslo: **R15002**
Studijní program: **B8206 Výtvarná umění**
Studijní obor: **Restaurování a konzervace kamene a souvisejících materiálů**
Název tématu: **Restaurování vápencové sochy ozbrojence (v památkovém katalogu uváděno jako socha boha Marta) ze státního zámku v Uherčicích**
Zadávací katedra: **Ateliér restaurování kamene**

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

Zadání bakalářské se bude skládat z restaurování vápencové sochy ozbrojence ze státního zámku v Uherčicích a z dokumentace tohoto zásahu. Bude se jednat o komplexní restaurátorský zásah v plném rozsahu včetně zpracování a vyhodnocení restaurátorského průzkumu, popsání zvolené koncepce až po vlastní restaurátorský zákrok. Všechny postupy budou pečlivě dokumentovány podle standardů pro restaurátorské dokumentace. V rámci restaurátorského průzkumu bude věnována zvláštní pozornost výběru metody čištění sádrovcové krusty (s důrazem na možnosti chemického čištění). Bude provedena základní rešerše literatury a testování vybraných prostředků.

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:

- 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.

Vedoucí bakalářské práce:

MgA. Petr Rejman


Ateliér restaurování kamene

Datum zadání bakalářské práce:


15. listopadu 2018

Termín odevzdání bakalářské práce:

13. srpna 2019


Mgr. BcA. Radomír Slovák
děkan

L.S.


doc. Jakub Doubal, Ph.D.
vedoucí ateliéru

V Litomyšli dne 31. července 2019

Prohlašuji:

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

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

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

V Litomyšli dne 14. 8. 2019

Stella Burkhardtová

Poděkování

V první řadě bych chtěla poděkovat vedoucímu práce MgA. Petru Rejmanovi za cenné rady a odborné vedení nejen během bakalářské práce, ale také po celou dobu studia. Dále bych touto cestou ráda poděkovala vedoucímu ateliéru doc. Mgr. art. Jakubu Ďoubalovi Ph.D. a MgA. Petře Zítkové za veškeré konzultace a pomoc při studiu.

Děkuji taktéž Ing. Petře Lesniakové, Ph.D., za vypracování chemicko-technologického průzkumu, její vstřícnost a odborné vedení při práci na rozšířeném průzkumu. Také bych chtěla poděkovat Ing. Elišce Bečkové za provedení dílčích analýz na stanovení obsahů vodorozpustných solí.

V neposlední řadě bych chtěla poděkovat všem odborným konzultantům, jmenovitě paní Mgr. Petře Hečkové Ph.D. a panu prof. PhDr. Petru Fidlerovi.

Na závěr bych ráda poděkovala své rodině, partnerovi a blízkým za podporu během studia.

Anotace

Bakalářská práce prezentuje komplexní restaurátorský zásah na vápencové soše boha Marta (ozbrojence) pocházející ze 17. století. Socha je součástí sochařského souboru ze státního zámku v Uherčicích. Koncepce předkládaného restaurátorského zásahu byla vypracována s ohledem na předešlá a probíhající restaurování dalších soch z téhož souboru. Nedílnou součástí bakalářské práce je i podrobný umělecko-historický a chemicko-technologický průzkum díla. Na konci práce je uvedena detailní obrazová a grafická příloha. Práce je v teoretické rovině i v rámci praktických zkoušek rozšířena o problematiku odstraňování sádrovcových krust z povrchu vápence. Jsou zde diskutovány a testovány také metody, které nejsou k tomuto účelu na vápencových sochách běžně používané. Výsledky zkoušek posloužily k výběru vhodných a dostatečně šetrných metod využitých pro celkové čištění sochy.

Klíčová slova

vápenec, čištění, sádrovcová krusta, restaurování, zámek Uherčice, ozbrojenec, socha boha Marta

Title

Restoration of the limestone sculpture of the knight (ancient god Mars) from the state chateau in Uherčice

Annotation

The bachelor thesis presents a comprehensive restoration intervention on the limestone statue of the god Mars (the knight) from the 17th century. The sculpture is a part of a set of statues from the state chateau in Uherčice. The concept of the restoration intervention has been developed with regard to previous or ongoing restoration of other sculptures of the same set. An integral part of the thesis is a detailed art-historical and chemical-technological research of the work. At the end of the work there is a detailed pictorial and graphical appendix. The work is extended in theoretical and practical tests to the issue of gypsum crusts removal from the limestone surface. Methods that are not commonly used for limestone sculptures are discussed and tested. The test results were used to select suitable and gentle methods for total sculpture cleaning.

Keywords

Limestone, cleaning, gypsum crust, restoration, chateau Uherčice, knight, sculpture of ancient god Mars

OBSAH

1.	ÚVOD.....	11
2.	ZÁKLADNÍ INFORMACE	13
2.1	LOKALIZACE PAMÁTKY	13
2.2	ÚDAJE O PAMÁTCE.....	13
2.3	ÚDAJE O AKCI	14
2.4	ÚDAJE O DOKUMENTACI	14
3.	PRŮZKUM.....	15
3.1	UMĚLECKO-HISTORICKÝ PRŮZKUM.....	15
3.1.1	Historie zámku v Uherčicích	15
3.1.2	Sochařský soubor	17
3.1.3	Popis díla.....	19
3.1.4	Předchozí restaurátorský zásahy	19
3.2	RESTAURÁTORSKÝ PRŮZKUM	19
3.2.1	Stav památky před restaurováním – vizuální průzkum.....	19
3.2.2	Průzkum UV fluorescence	22
3.2.3	Průzkum kovových prvků a čepů pomocí detektoru kovů.....	25
3.2.4	Měření kapilární nasákavosti	26
3.3	CHEMICKO-TECHNOLOGICKÝ PRŮZKUM	29
3.3.1	Stanovení obsahu vodorozpustných solí.....	29
3.3.2	Statigrafie a materiálový průzkum povrchových úprav a tmelů	30
3.3.3	Určení stavu horniny – měření ultrazvukové transmise	33
3.3.4	Zkoušky čištění biologického napadení.....	34
3.3.5	Zkoušky minerálních tmelů pro tvarové doplňky	35
3.4	VYHODNOCENÍ PRŮZKUMU	39
4.	ROZŠÍŘENÁ ČÁST BAKALÁŘSKÉ PRÁCE	41
	MOŽNOSTI ODSTRAŇOVÁNÍ SÁDROVCOVÝCH KRUST Z VÁPENCE	41
4.1	ÚVOD.....	41
4.2	FYZIKÁLNÍ METODY ČIŠTĚNÍ.....	42
4.2.1	Abrazivní metody.....	42
4.3	METODY VYUŽÍVAJÍCÍ ZÁŘENÍ	43
4.3.1	Laser.....	43

4.4	CHEMICKÉ METODY ČIŠTĚNÍ	44
4.4.1	Uhličitan amonný	44
4.4.2	Chelatační činidla	45
4.4.3	Iontoměniče'	48
4.4.4	Možnosti aplikace	51
4.5	BIOLOGICKÉ ČIŠTĚNÍ	53
4.5.1	Bakterie'	53
4.6	EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST	57
4.6.1	Popis zkušebních ploch	57
4.6.2	Příprava a aplikace vybraných metod čištění	58
4.6.3	Výsledky a diskuze	60
4.7	ZÁVĚR	69
4.8	POUŽITÉ ČISTÍCÍ SYSTÉMY A MATERIÁLY	71
5.	KONCEPCE	72
6.	POSTUP PRACÍ	74
6.1	ČIŠTĚNÍ BIOLOGICKÉHO NAPADENÍ A TMELŮ	74
6.2	KONSOLIDACE	74
6.3	ODSTRANĚNÍ KRUSTY	75
6.4	DOPLŇEK Z UMĚLÉHO KAMENE	75
6.5	ARMOVÁNÍ A OSAZENÍ DOPLŇKU	76
6.6	ODSOLOVÁNÍ	77
6.7	INJEKTÁŽ PRASKLIN	78
6.8	PLASTICKÁ RETUŠ	78
6.9	KONSOLIDACE FRAGMENTŮ POLYCHROMIE	78
6.10	BAREVNÁ RETUŠ	79
7.	POUŽITÉ TECHNOLOGIE A MATERIÁLY	80
8.	NOVÉ POZNATKY	82
9.	DOPORUČENÝ REŽIM PAMÁTKY	83
10.	ZÁVĚR	84
11.	OBRAZOVÁ PŘÍLOHA	87
11.1	HISTORICKÉ FOTOGRAFIE	87
11.2	FOTOGRAFICKÁ DOKUMENTACE RESTAURÁTORSKÉHO ZÁSAHU	89

11.2.1	Stav před restaurováním	89
11.2.2	Fotografická dokumentace z průběhu prací	96
11.2.3	Stav po celkovém očištění	104
11.2.4	Stav po vytmelení	106
11.2.5	Stav po restaurování.....	108
11.2.6	Porovnání stavu před a po restaurování	112
12.	GRAFICKÁ PŘÍLOHA.....	117
13.	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	121
14.	SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK.....	124
15.	SEZNAM TABULEK	125
16.	SEZNAM GRAFŮ	126
17.	SEZNAM OBRÁZKŮ.....	127
18.	SEZNAM TEXTOVÝCH PŘÍLOH	131
19.	TEXTOVÁ PŘÍLOHA	132

1. ÚVOD

Bakalářská práce popisuje komplexní restaurátorský zásah na mužské figuře ve zbroji označované jako bůh Mars, která je součástí souboru dvanácti soch ze zámku v Uherčicích. Socha je zhotovena z organodetrického vápence a pochází ze 17. století. Původně byla umístěna v zámeckém parku, ale později byla přesunuta do arkádového nádvoří. Od roku 1946 docházelo opakovaně během patnácti let k úmyslnému poškozování sochařské výzdoby a celkově se zámek nacházel vlivem nevhodného zacházení a zanedbáváním správců a pronájemců v devastujícím stavu.¹

V roce 1979 bylo přistoupeno k restaurování uměleckého souboru a momentálně se většina sochařských děl nachází pod severní přízemní arkádou hlavního nádvoří. Socha Flory je umístěna v interiéru zámku v Miloticích a sochy alegorie Jara a Minervy jsou uloženy v interiéru minoritského kláštera v Brně.² V roce 2005 byla zrestaurována socha sv. Donáta a sv. Floriána.³ Poté v roce 2009 následovalo restaurování sochy alegorie Zimy.⁴ Na základě těchto třech restaurátorských zásahů byla nastavena koncepce restaurování celého sochařského souboru, do kterého patří i socha Jupitera, kterou zrestauroval Peter Majoroš v roce 2018. Restaurování sochy boha Marta navázalo na koncept restaurování sochy Jupitera. Soubor soch bude osazen na místo jejich posledního uložení, a to pod arkády hlavního nádvoří.

Pozornost byla věnována již odzkoušeným a použitým materiálům a technologiím, tak aby sochařský soubor působil jednotně. Cílem tohoto restaurování je odstranit nevyhovující restaurátorské zásahy, hmotově sjednotit dílo a zakonzervovat současný stav památky. Dokumentace obsahuje podrobný umělecko-historický průzkum, restaurátorský a chemicko-technologický průzkum.

Zásadním požadavkem při restaurování sochy boha Marta a ostatních soch ze souboru je řešení problematiky snímání sádrovcových krust z jejich povrchu. Z těchto důvodů se rozšířená část bakalářské práce věnuje v teoretické i experimentální rovině možnostem jejich odstranění. Cílem průzkumu bylo vyhledat nejvhodnější metodu snímání. V rámci rešerše byly shromážděny informace o vhodných možnostech

¹ KREJČOVÁ, Monika. *Příběh Uherčického zámku. Poválečná historie v letech 1945-1979*, Masarykova univerzita, Filozofická fakulta, Brno 2013. s. 31. Odkazuje se na *Obecní kroniku obce Uherčice*, s. 70.

² Informace o současném umístění děl je získána z Bakalářské práce Petera Majoroše, *Restaurování sochy Jupitera s postamentem*, Litomyšl 2018, který získal informaci od PhDr. Zdeňka Váchy (NPU Brně) a od Dr. Petra Fidlera (KHV FR UPCE)

³ Restaurování provedl ak. sochař Jindřich Martinák a MgA. Tomáš Martinák.

⁴ Restaurování provedl ak. sochař Petr Roztočil.

odstraňování sádrovcových krust z karbonátových hornin. V návaznosti potom byly odzkoušeny běžně používané metody čištění a vybrané dostupné chemické metody vhodné k odstraňování sádrovcových krust. Zkoušky byly provedeny na pohledově skrytých zkušebních plochách na soše.

2. ZÁKLADNÍ INFORMACE

2.1 Lokalizace památky

Kraj:	Jihomoravský
Okres:	Znojmo
Obec:	Uherčice
Katastrální území:	Uherčice u Znojma
Adresa:	státní zámek Uherčice, 671 07 Uherčice
GPS souřadnice:	48°54'53,4" s. š., 15°38'1,8" v. d.
Bližší určení místa:	arkádové nádvoří, státní zámek Uherčice

2.2 Údaje o památce

Název památky:	socha ozbrojence (boha Marta)
Klasifikace památky:	zapsaná, památkově chráněno od 3.5. 1958
Registrační číslo ÚSKP:	45890/7-6846
Autor:	neznámý
Sloh/Datace:	baroko, 17. století
Technika:	sekaná, broušená a v závěru barevně upravená kamenná socha
Materiál:	biodetrický vápenec dolnorakouské provenience, patrně oblast Zogelsdorf (Eggenburg), vápenec byl v minulosti povrchově upravován (polychromie, monochromie), povrchové úpravy nyní lokálně dochované ve fragmentech
Rozměry:	výška: 202 cm šířka: 66 cm hloubka: 34 cm
Předchozí známé restaurátorské zásahy:	restaurovaná v roce 1979 Jaroslavem Vaňkem (Dílo, ČFVU), dohled NPÚ Brno, prof. M. Stehlík

2.3 Údaje o akci

Vlastník památky, objednavatel:	Národní památkový úřad, SZ Uherčice
Památkový dohled:	Mgr. Terezie Bednářová, Mgr. Jan Fiřt Ph.D. oddělení restaurování generálního ředitelství NPÚ v Praze Ing. Josef Mikel, investiční referent, NPÚ ÚPS v Kroměříži Jarmila Němečková, Oddělení památkové péče, KÚ Jihomoravského kraje, Brno Ing. Alena Lysá, kastelánka SZ Uherčice
Závazné stanovisko na průzkum:	Rozhodnutí KÚ Jihomoravského kraje, Č. j.: JMK 136325/2018, Sp. zn.: S-11570/2018/OKPP, v Brně dne 25. 09. 2018
Zhotovitel:	Fakulta restaurování Univerzity Pardubice, Jiráskova 3, 570 01 Litomyšl
Odborný pedagogický dohled:	MgA. Petr Rejman
Vypracovala:	Stella Burkhardtová
Odborné spolupráce:	Ing. Petra Lesniaková, Ph.D.; prof. PhDr. Petr Fidler

2.4 Údaje o dokumentaci

Autor dokumentace:	Stella Burkhardtová
Autor fotografií:	Stella Burkhardtová
Použitá snímací technika:	Canon EOS 6D, objektivy 24–70mm/16– 35 mm
Počet stran dokumentace:	169

3. PRŮZKUM

Během restaurátorského průzkumu bylo pracováno s restaurátorskou zprávou, která vznikla při restaurování sochy Jupitera z uherčického souboru v roce 2018. Restaurování prováděl student Fakulty restaurování v Litomyšli Peter Majoroš. Dále byly použity historické fotografie z archivu Národního památkového ústavu, územního odborného pracoviště v Brně (dále již uváděno jako NPÚ, ÚOP v Brně). Cílem průzkumu bylo rozpoznat stav díla a restaurátorských zásahů, najít příčiny poškození památky a vybrat nejvhodnější restaurátorské postupy a materiály.

3.1 Umělecko-historický průzkum

Umělecko-historický průzkum je zaměřený převážně na sochu ozbrojence, která je v památkovém katalogu Národního památkového ústavu zaevidována jako socha boha Marta. Průzkum se zabývá základními informacemi o díle, historii sochy ozbrojence a zámku a rešerší historických pramenů a analogií. Během průzkumu je pracováno s bakalářskou prací Petera Majoroše, jejíž rozšířená část se zabývá stavebně historickým průzkumem zámku a celého souboru.

3.1.1 Historie zámku v Uherčicích⁵

Zámek Uherčice se nachází v západní části stejnojmenné obce blízko Znojma. Vesnice byla v první polovině 15. století poznamenána husitskými válkami. Na přelomu 15. a 16. století došlo k novému osídlení vesnice a vzniká zde pozdně gotická tvrz jako nové sídlo Krajířů. Mezi lety 1552–1564 došlo k renesanční přestavbě v palácovém stylu, jenž byla inspirovaná severoitalskou architekturou, se kterou se setkal Václav Krajíř z Krajku při výpravě šlechty do Janova.

Dalším významným majitelem panství se v roce 1564 stává Volf Strein ze Švarcenavy, za jehož vlády dochází na konci 16. století k největšímu stavebnímu rozmachu a z Uherčic se stává reprezentační renesanční sídlo. K takovéto honosné přestavbě došlo bezpochyby díky působení Reicharta na dvoře, který byl velmi vzdělaný a zcestovaný. Reichart byl bratrem Hanuše Volfarta, který měl celé sídlo na starosti. Z této doby se dochovalo dodnes rozdělení sídla na soukromou, společenskou a hospodářskou část. Během přestavby byla vybudována na starý zámek s věží dvě křídla (severní a jižní) s věžičkou. Uprostřed pak došlo k propojení s příčnou zdí s dvoupodlažní arkádou

⁵ HODEČEK, Dalibor. *Dějiny zámku v Uherčicích*. 2001.

otevřenou na hlavní nádvoří. Tím se docílilo oddělení nádvoří od hospodářské části. V portálu brány jsou vytesány letopočty 1582 a 1586, které nám určují období výstavby. Dále bylo vystavěno vstupní nádvoří s protilehlými arkádami, čtyřpatrovou hranolovou věží s hlavní bránou a zahrady s válcovou nárožní věží. Na druhé straně byl areál uzavřen zelinářskou zahradou s ohradní zdí, dvěma věžemi a altánem.

Po smrti Hanuše Volfarta je panství roku 1628 prodáno jeho synem Jakubu Berchtoldovi. Jeho nástupcem byl František Benedikt, nejstarší z jeho tří synů. Ten byl velkým milovníkem umění a štědrým mecenášem, a tak díky němu můžeme zaznamenat od 60. let 17. století na zámku barokní prvky.

Po smrti Františka Benedikta je majetek prodán a novým majitelem se roku 1692 stal Donát Heissler z Heitersheimu. Během jeho působení byl zámek značně přestavěn. Baroko se zde začíná objevovat ve své vrcholné podobě. Na zámku v té době pracoval proslulý vídeňský architekt Francesco Martinelli, který se zasloužil o sjednocení starších stavebních fází a fasád. Na výzdobě obytných a reprezentačních místností východního křídla se podílel štukatér Giovanni Battista Bussi. Štukovou výzdobu salonů, divadla a zámecké kaple vytvořil významný mistr Baldassare Fontana, jehož práce na zámku patří k vrcholu jeho tvorby na Moravě. Uherčice se pro svou interiérovou výzdobu staly v té době významným moravským sídlem.

Roku 1731 se novým majitelem stal svobodný pán Antonín Izariáš Hartig, po jehož synovi získal Uherčice roku 1764 Jan Jindřich Nimptsch. Během jeho působení vzniká jihovýchodně od zámku francouzská zahrada. Tato skutečnost je zaznamenána ve vojenském mapování Moravy z rozmezí let 1764–1768.

Dalším vlastníkem Uherčic se stává hrabě Thomas Vinciguerra Collalto. Italský rod Collalto et San Salvatore na zámku nepodnikl výrazné změny. Jen v interiérech významně zasáhli do barokních malířských a štukových úprav, kdy došlo ke klasicistnímu vymalování místností. V severním křídle vznikl honosný bohatě zdobený banketní sál. V okolí zámku byla založena anglická zahrada, na které byly vystavěny menší dekorativní stavby (umělá zřícenina a jeskyně, altán, letohrádek atd.). U východní okrasné zahrady zámku byla provedena rozsáhlá úprava. V roce 1871 byly opraveny fasády arkádové chodby. Collaltové vlastnili zámek 180 let až do konce 2. světové války.

Po konfiskaci v roce 1946 přichází zámek pod správu státního statku a o dva roky později je zámecký komplex rozdělen na velkostatek a zámek. Do roku 1964 jsou prostory využívány pro tábor nucených prací, kasárny pohraniční stráže útvarů Znojmo, TJ Sokol a další. Po pár letech takového to užívání je zámek zdevastován a dostává se do

havarijního stavu. V roce 1979 spadá objekt pod správu Krajského střediska státní památkové péče a ochrany přírody v Brně a je přistoupeno k restaurování sochařského souboru. K celkové obnově zámku dochází až po roce 1995, kdy převzal správu zámku Památkový ústav v Brně.

3.1.2 Sochařský soubor^{6 7}

Původně se skulptura nacházela v zámeckém parku a následně byla přesunuta na arkádové nádvoří. V památkovém katalogu je socha ozbrojence evidována jako socha boha Marta. Z tohoto souboru jsou momentálně restaurovány dvě sochy ozbrojenců⁸. V rámci vizuálních průzkumů obou soch bylo zjištěno, že se jedná o identické zrcadlově obrácené postavy. Na základě tohoto poznatku a po následné konzultaci s Petrou Hečkovou byla identifikace sochy boha Marta vyvrácena. Jedním z důvodů, proč se nejedná o boha Marta byla i skutečnost, že socha nedisponuje žádnými jeho charakteristickými atributy. V rámci umělecko-historického průzkumu byla nalezena fotografie z roku 1932 (viz. Obr. 1), na které je socha osazena spolu s dalším ozbrojencem pod arkády vedle vstupní brány do hlavního nádvoří, každá z jedné strany. Během působení různých majitelů na zámku byla socha přesouvána v rámci celého areálu zámku. Avšak poslední dohledaná fotografie z roku 1971 (viz. Obr. 2) poukazuje na umístění sochy o jednu arkádu blíže ke vstupní bráně na hlavní nádvoří než předchozí fotografie z roku 1932.

Postava ozbrojence je součástí souboru děl s antickou mytologií. Soubor soch byl umístěn v jihovýchodní části zámku ve francouzském parku. V 19. století tvořil sochařskou výzdobu v anglickém parku,⁹ který byl předělán na přírodní park s lesoparkem. Jedná se o soubor soch, který původně čítal 12 postav. Při ikonografické identifikaci v roce 1975, kterou prováděla A. Šlachťová, již bylo napočítáno 11 figur – Bakchus, Persefona (Prosperina), Jupiter (Jova), Apollon, Pallas Athéna (Minerva), mužská figura (nezařazená), tři postavy ozbrojenců, alegorie Ohně (Prometheus) a Flóra.

⁶ MAJROŠ, Peter. *Restaurování sochy Jupitera s postamentem, Identifikace barokních sochařských děl ze zámku Uherčice*. Bakalářská práce. Univerzita Pardubice, Fakulta restaurování, Litomyšl 2018.

⁷ Historie-Zámek Uherčice. [online]. Dostupné z: <https://www.zamek-uhercice.cz/cs/o-zamku/historie>

⁸ Druhý ozbrojenec je restaurován v rámci stejné etapy restaurování a je předmětem bakalářské práce Adély Machové.

⁹ KALÁBOVÁ, Lenka. Zámek Uherčice kolem roku 1800 „eine freundliche Verziehrung eines modernen Sahlts“, In: *Památková péče na Moravě = Monumentorum Moraviae tutela* / Brno: Národní památkový ústav 11, 2006.

První fotografická dokumentace části sochařského souboru se našla v rodinném archivu Collaltů. Fotografie jsou pořízeny v 20. - 30. letech 20. století a jsou na nich zaznamenány tyto sochařská díla: Jupiter, Flora, Perseus, Minerva a alegorie Jara.

Po zabavení majetku státem v roce 1946 nastávají pro zámek i sochařská díla těžké časy, kdy dochází až do roku 1968 k opakovanému ničení a poškozování soch. Některé postavy se dochovávají v torzálním stavu. V roce 1979 spadá zámek pod správu Krajského střediska státní památkové péče a ochrany přírody v Brně a je přistoupeno k restaurování sochařského souboru.

Momentálně je část sochařského souboru umístěna pod přízemní arkádou na hlavním nádvoří a některé sochy jsou uloženy v interiéru minoritského kláštera v Brně.



Obr. 1 Sochy ozbrojenců umístěné pod arkádami vedle vstupní brány, fotografie z r. 1932, Archiv NPÚ ÚOP v Brně



Obr. 2 Socha boha Marta, vstupní nádvoří, Uherčice, Foto: Foltýnová, r. 1971, Archiv NPÚ ÚOP v Brně

3.1.3 Popis díla

Postava ozbrojence stojí v kontrapostu s pravou rukou v bok a pravou nohou dopředu. Jeho hlava je otočená k pravé straně. V obličejí pak můžeme zachytit charakteristické rysy, kterými jsou propracovaná víčka, nadočnicové oblouky a knír, jež tvoří výrazné rysy obličejí. Na hlavě má přilbici, která je po stranách zdobená ornamentem a v přední horní části je plastické zdobení neurčitého tvaru. V jeho pravé ruce drží meč, jehož čepel vede až k zemi. Nad pokrčenou rukou v bok je vidět rukojeť druhého meče, který má přichycen u pasu. Ozbrojenec je oděn do hrudního pancíře zdobeného ornamentem a suknicí, ta je ve spodní části bohatě řasená. Přes ramena má přehozený plášť. Zpod pláště vychází draperie tvořící krátké rukávy, které jsou zdobeny maskarony. Pod draperií se nachází brnění končící v oblasti zápěstí. V těchto místech přechází brnění do kovových ochranných rukavic. Na nohách má nejspíše boty nebo se může jednat o součást kovového brnění, které končí pod suknicí.

3.1.4 Předchozí restaurátorský zásahy¹⁰

Předchozí restaurátorská zásahy jsou popsány v archivních dokumentech NPÚ v Brně. Dle archivních dokumentů krajského střediska státní památkové péče byly zničené plastiky zadány k opravě ČFVU v roce 1969. Plastiky byly se souhlasem KSSPPOP odvezeny k řádnému uskladnění. V roce 1979 vyplývá ze zápisu z kontrolního dne, že na všech dvanácti restaurovaných plastikách ze zámku Uherčice bylo provedeno očištění a doplnění, zároveň byly provedeny více práce na podstavcích a vázách. Veškeré práce prováděl restaurátor Jaroslav Vaňek. Restaurátorská dokumentace J. Vaňka nebyla dohledána v archivech NPÚ ani v osobním archivu rodiny Vaňkových. Z identifikační karty díla lze předpokládat, že na sochařském díle byly provedeny restaurátorské práce opakovaně, ale dokumentace těchto zásahů nebyla dohledána.

3.2 Restaurátorský průzkum

3.2.1 Stav památky před restaurováním – vizuální průzkum

Vizuální průzkum byl proveden po převezení sochy do ateliéru. Následně byl celý objekt fotograficky zdokumentován.

¹⁰ MAJOROŠ, Peter. *Restaurování sochy Jupitera s postamentem, Identifikace barokních sochařských děl ze zámku Uherčice*. Bakalářská práce. Univerzita Pardubice, Fakulta restaurování, Litomyšl 2018.

Objekt je vysekán z biodetrického vápence. Na zadní straně postavy, převážně uprostřed zad, v obličejí a ve srážkových stínech u draperie a pod pažemi se na povrchu nachází černá sádrovcová krusta. Na některých místech je dílo pokryto biologickým napadením, zejména na hlavě v oblasti přilbice, hrudi a draperii (plášť a suknice). Materiál je silně degradován, na přilbici dochází dokonce ke ztrátě původního kamene a k zaniknutí reliéfního ornamentálního zdobení. V těchto místech a v oblasti subtilní draperie se objevují ve hmotě praskliny. Socha ozbrojence je na čtyřech místech rozlomená. Celý obvod krku je zatmelený. Lze předpokládat, že se pod tmelem nachází prasklina, jejíž přítomnost by prokázala, že byla hlava v minulosti ulomena a v rámci předchozího zásahu znovu připevněna. Další prasklina vede po celém obvodu pod suknicí. V zadní části je možné zpozorovat dva otvory pro zalití čepů. Poslední dvě rozlomení se nachází na jeho levé noze v oblasti kolene a nad kotníkem. V místě kotníku vede prasklina přímo nad kamenickým doplňkem, který je zhotovený pouze v hrubém tvaru. Špička této nohy je doplněna tmelem. Na soše jsou použity dva typy vysprávek. Z toho usuzujeme, že socha byla v minulosti restaurována několikrát. Všechny tmely jsou nevyhovující svými optickými a mechanickými vlastnostmi. Většina z nich je dožilá a dochází u nich k oddělení od originálu. Na pravé noze u kolene a podél praskliny pod suknicí je vidět tmel, který by mohl být na cementové bázi. Jedná se o velmi tvrdý tmel šedé barvy. Předpokládaným cementovým tmelem s obdobnými vlastnostmi by mohl být dále doplněn tvar plintu. Z vizuálního průzkumu se lze domnívat, že draperie, obličej a přilbice byly doplněny jiným typem tmelu. Dále lze konstatovat, že meč, který drží ozbrojenec v jeho pravé ruce je celý až na část rukojeti vymodelován ve tmelu. Otvor pro uchycení zbraně v jeho ruce napovídá, že původně byl meč z jiného materiálu, než je socha ozbrojence. Z čehož vyplývá, že kamenný segment rukojeti byl mylně použit k jejímu vytvoření a nejedná se o originální část zbraně. Z těchto důvodů bude chybějící atribut předmětem dalšího bádání. Z důvodu ulomení hrotu čepele není meč zapíchnut do plintu pod sochou. Otvor v plintu pro uchycení atributu napovídá, že se jednalo o delší zbraň. V úvahu přichází například kopí. Konstrukce meče je z kovových drátů. Zadní část postavy je tvarově zachovalá, pouze kapuce oděvu je vyhotovena ve tmelu. Povrch v této oblasti je však pokryt rozsáhlými černými deposity.

Vyhodnocení a záměr dalších průzkumů

Na základě vizuálního průzkumu lze konstatovat, že je povrch sochy degradován v důsledku povětrnostních vlivů. Nejspíše je poškozen spolupůsobením vodorozpustných

solí i přítomností sádrovcových krust. Výskyt vodorozpustných solí byl prokázán v rámci posledního restaurování sochy Jupitera pocházejícího ze stejného souboru soch, které proběhlo v roce 2017 až 2018. Pro potvrzení předpokladu přítomnosti vodorozpustných solí a jejich kvantifikaci a distribuci v díle bude potřeba provést odběry vzorků kamene. Vzorky se odeberou vrtáním ze zadní strany sochy, tak aby nerušily její vizuální stránku. Pravděpodobně se odeberou dva vzorky z jednoho vrtu, z hloubek 0–2 cm a 2–5 cm. Průzkum bude zaměřen na stanovení obsahů síranů, chloridů a dusičnanů ve vzorcích vrtné moučky kamene. Na základě výsledků bude určena vhodná metoda odsolování.

Dále bude přistoupeno ke zkoušce nasákavosti demineralizovanou vodou pomocí Karstenovy trubice. Cílem bude zjistit nasákavost tmelů z předešlých restaurátorských zásahů, dále nasákavost povrchu s černými depozity a krustami, nasákavost nejméně degradovaného materiálu a silně degradovaných míst. Výsledky poslouží k posouzení kompatibility předešlých doplňků a k výběru vhodného konsolidantu ke zpevnění kamene.

Při vizuálním průzkumu bylo zaznamenáno rozlomení postavy na čtyřech místech. Oblast draperie pod suknicí byla po celém obvodu přetmelena nejspíše cementovým tmelem. Tmel se vyskytoval také po celém obvodu kolene a krku. Je vysoce pravděpodobné, že se pod tmely nachází prasklina. Z toho lze vyvodit, že tato místa zlomů již byla v minulosti restaurována, na rozdíl od rozlomení v oblasti kotníku na pravé noze, kde se rozlomení sochy nachází nad doplňkem kotníku a nic nenasvědčuje tomu, že místo prošlo v minulosti restaurátorským zásahem. Přesto je zapotřebí provést na všech místech rozlomení sochy průzkum kovových armatur pomocí detektoru kovů.

Stav horniny v celém objemu bude posouzen na základě průzkumu metodou ultrazvukové transmise. Tato metoda poslouží k odhalení skrytých trhlin, prasklin, dutin a jiných defektů nebo ke zjištění míry kompaktnosti, respektive degradace kamene.

Z předešlého restaurování vyplynulo, že byly patrně všechny sochy barevně povrchově upraveny. Zbytky povrchových úprav budou lokalizovány průzkumem UV fluorescence. V návaznosti bude proveden průzkum stratigrafie a složení vybraných tmelů, povrchových úprav případně jiných vrstev a černých síranových krust na odebraných vzorcích metodami optické mikroskopie a skenovací elektronové mikroskopie s prvkovou mikroanalýzou (SEM-EDX).

Narušený povrch je ideálním prostředím pro vznik biologického napadení, které je na objektu zastoupeno mechy a lišejníky. Jejich přítomnost narušuje vzhled a strukturu kamene. Z tohoto důvodu bude přistoupeno k odstranění vegetace. Způsob odstranění bude stanoven po provedení zkoušek, které určí nejšetrnější a nejvhodnější metodu čištění.

3.2.2 Průzkum UV fluorescence

V rámci průzkumu byla sledována odlišná UV fluorescence povrchu kamene včetně biologického napadení, doplňků a předpokládaných barevných úprav. Výsledky průzkumu déle posloužily jako podklad k vytipování vhodných míst odběrů vzorků určených k průzkumu stratigrafie a složení povrchových úprav, tmelů, krust nebo jiných vrstev. Na základě průzkumu UV fluorescence bylo možné realizovat šetrnější i reprezentativnější odběr vzorků. Během průzkumu byly pořízeny UV fluorescenční fotografie celého objektu ze základních pohledů a detailní snímky vybraných míst.

Průzkum byl zdokumentován snímací technikou Canon EOS 60D s objektivem Canon EF-S 18–200 mm f/3,5-5,6 IS za použití dvou zdrojů UV záření UVASPOT 400T/BL od firmy Hönle UV Technology s rozsahem vlnových délek 315–400 nm, které zajistily plošné nasvícení sochy.

Vyhodnocení

Průzkum potvrdil, že se na objektu nacházejí pozůstatky povrchových úprav, stejně tak jako na ostatních sochách ze souboru. Mnohé fragmenty povrchových úprav nebyly v denním světle pozorovatelné. Některé z nich se nacházely pod povrchovými depozity a černými krustami, které byly na povrchu přítomné. K jejich objevení došlo v některých případech až po očištění sochy. Povrchové úpravy se vyznačovaly intenzivní nažloutlou nebo modro-bílou UV fluorescencí, naznačující přítomnost organických pojiv. Barevné úpravy nebyly dochovány ve velkém rozsahu a nejvíce se dochovaly v oblasti spodní draperie (viz. Obr. 4 a Obr. 5 – poslední fotografie)

UV fluorescence biologického napadení měla světle modrou až zelenou barvu. Biologické napadení se na soše vyskytovalo v malé míře (viz. Obr. 4 a Obr. 5 – první fotografie vpravo).

Tmely z předchozích restaurátorských zásahů se vyznačovaly potlačenou fialovou až hnědou UV fluorescencí. Meč vykazoval obě barevnosti UV fluorescence, což bylo způsobeno použitím tmelů odlišného složení (viz. Obr. 4). Ve vybraných místech s charakteristickou UV fluorescencí byly odebrány vzorky k dalšímu průzkumu (viz. Obr. 5 – prostřední fotografie, kde je červeně označeno místo odběrů vzorků k dalšímu průzkumu).



Obr. 3 Postava ozbrojence v zářivkovém světle



Obr. 4 Postava ozbrojence v UV fluorescenci



Obr. 5 Detaily postavy ozbrojence, nalevo fotografie pod zářivkovým světlem a napravo fotografie v UV fluorescenci

3.2.3 Průzkum kovových prvků a čepů pomocí detektoru kovů

Na základě vizuálního průzkumu bylo vytipováno pět míst na objektu k detekci skrytých kovových prvků a čepů. Průzkum byl proveden detektorem kovů BOSCH GMS 120 Professional na meči, krku ozbrojence, spodní části draperie, koleni a pravém kotníku. Až na měření v oblasti meče se jednalo o místa, u kterých bylo předpokládáno nebo prokázáno rozlomení. K rozlomení materiálu mohlo dojít v důsledku koroze kovových prvků ve spoji. Jiné projevy koroze jako například rezavé zbarvení kamene nebyly zaznamenány. Ve spoji na zadní straně draperie bylo možné zpozorovat dva otvory pro zalití čepů olovem. Kotník pravé nohy byl rozlomen nad kamenickým doplňkem. Průzkum v těchto místech měl potvrdit či vyvrátit použití kovového čepu k zaručení pevnosti spoje. Při vizuálním průzkumu meče vymodelovaného ve tmelu bylo zjištěno, že je meč zpevněn kovovými armaturami. Cílem měření bylo upřesnit rozsah použití kovových prvků v meči. Dalším místem měření bylo pravé koleno, kde se nacházel tmel po celém jeho obvodu. Posledním místem měření byla oblast krku s rozsáhlým tmelem, u kterého se předpokládalo, že zakrývá prasklinu či místo zlomu, jehož součástí mohl být kovový spoj.



Obr. 6 Průzkum kovových prvků a armatur v kameni pomocí detektoru kovů

Vyhodnocení

Průzkum pomocí detektoru kovů prokázal přítomnost kovových armatur a čepů uvnitř některých částí sochy. Bylo potvrzeno, že se kovové armatury podle předpokladů nacházejí v oblasti zlomu u draperie, v celé délce meče, u kolene i na krku. Z průzkumu dále vyplynulo, že hlava byla v minulosti zřejmě ulomena a následně připevněna pomocí kovových armatur. Jediným místem kde se kovové prvky nepotvrdily bylo rozlomení pravé nohy nad kamenickým doplňkem kotníku, ačkoliv se jeho přítomnost zde

předpokládala z důvodu zajištění spoje. Během restaurování bude přistoupeno k šetrnému odstranění nevyhovujících kovových armatur.¹¹

3.2.4 Měření kapilární nasákavosti

Měření nasákavosti bylo provedeno za účelem zjistit schopnost různých povrchů sochy přijímat demineralizovanou vodu porézním systémem kamene. Nasákavost byla měřena neinvazivně pomocí Karstenovy trubice, kdy je zjišťováno množství absorbované kapaliny danou plochou za určitý čas. Výsledky mohou sloužit k posouzení, zda je nasákavost kamene snížena v důsledku přítomnosti materiálů z předešlých restaurování, různých povrchových úprav nebo depozitů a černých krust. Dále je možné tímto způsobem zjistit nasákavost tmelů a zhodnotit lépe jejich vlastnosti. Získané výsledky mohou v konečném důsledku podpořit výběr správné metody čištění, vhodného konsolidačního prostředku či napomoci rozhodování o odstraňování tmelů.

K měření byly vybrány odlišné druhy povrchu sochy. Vybraná místa zahrnovala nenarušený i degradovaný povrch kamene, povrch s černou krustou a tři vizuálně odlišné tmely. Maximální doba měření byla stanovena na 15 minut. Byly použity Karstenovy trubice s kontaktní kruhovou plochou o velikosti 0,0007 m² a objemem trubice 5 ml.

Nenarušený povrch byl vybrán na pravé straně hrudi, kde je materiál nejméně degradován. Vybraná plocha reprezentující nejvíce degradovaný povrch sochy se nacházela na jeho pravé straně přilbice. Na objektu byla měřena nasákavost na třech tmelech. První se nacházel na levé straně plintu, druhý na jeho levém kolenu a poslední na meči, který je celý až na část rukojeti vymodelován v tmelu. Povrch kamene není uzavřen jen tmely, ale i sádrovcovou krustou. Její nasákavost byla měřena ve dvou výškách na zadní straně sochy. První měření bylo provedeno ve výšce 30 cm, druhé pak ve výšce 95 cm. Všechna místa měření jsou graficky zaznamenána na Obr. 7 a popsána v Tab. 1.

¹¹ Další armatura se našla až po odsekání tmelů. Ta vedla z pravé strany plintu do jeho středu. Její funkcí bylo jistit lepení pravého předního rohu plintu, který byl v minulosti ulomen. Pouze tento čep byl následně v rámci restaurátorského zásahu vyměněn. Ostatní armatury se nepodařilo odstranit.

Místo odběru a popis místa	Číslo vzorku
Nenarušený povrch (jeho levá strana hrudi), výška 133 cm	V1
Degradovaný povrch (jeho pravá strana přilbice), výška 187	V2
Tmel na plintu (z čelního pohledu levá strana), výška 6 cm	V3
Tmel na noze (koleno jeho levé nohy), výška 56 cm	V4
Tmel na meči, výška 90 cm	V5
Sádrovcová krusta (zadní strana postavy), výška 31 cm	V6
Sádrovcová krusta (zadní strana postavy), výška 96 cm	V7

Tab. 1 Místa měření nasákavosti

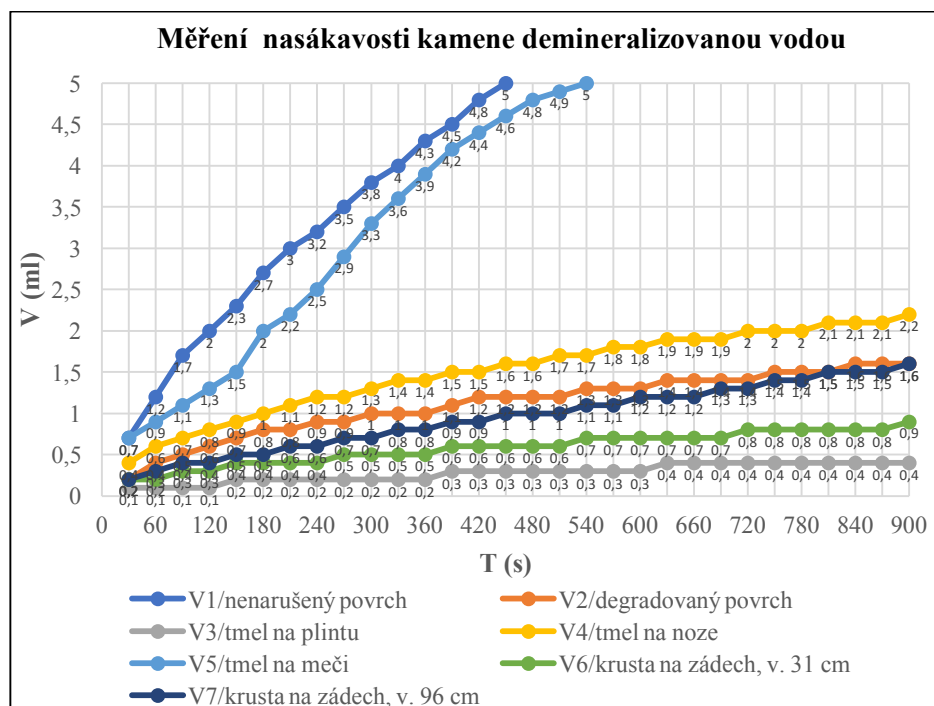


Obr. 7 Ilustrační grafické znázornění míst měření nasákavosti

Vyhodnocení

Výsledky měření nasákavosti prokázaly odlišnou nasákavost různých druhů povrchů. Z grafu (Graf č. 1) vyplývá, že nejvíce nasákavý je nenarušený povrch na hrudi a tmel na meči. U nenarušeného povrchu došlo k vsáknutí kapaliny za 7,5 minuty u tmelu pak do 9 minut. Vysoká nasákavost tmelu na meči mohla být způsobena vznikem volného prostoru mezi tmelem a kovovým čepem nebo dráty. Relativně vyšší nasákavostí se vyznačuje tmel na noze. Oproti tomu tmel na plintu pod sochou je nejméně nasákavý. U tohoto tmelu došlo během intervalu 15 minut ke vstřebání 0,4 ml demineralizované vody. Podobné hodnoty a průběh měření lze dále zaznamenat u vysoce degradovaného povrchu na jeho pravé straně přilbice a na sádrovcové krustě ve výšce 96 cm. Snížená nasákavost zkorodovaného povrchu může být způsobena předešlým restaurátorským zásahem, v rámci kterého mohl být na degradovaný povrch aplikován konsolidační nebo hydrofobizační prostředek. Přítomnost pozůstatků uvedených látek se však v některých případech těžko prokazuje. Nasákavost krusty ve výšce 31 cm je o polovinu menší než nasákavost sádrovcové krusty ve vyšší výšce.

Různorodost nasákavosti je způsobená částečným uzavřením povrchu krustami a přítomností tmelů, které jsou ve špatném stavu a vyznačují se jinými vlastnostmi. Krusty, případně jiné nečistoty by bylo vhodné zredukovat a staré tmely nahradit novými, které budou svými optickými, fyzikálními a mechanickými vlastnostmi podobné původní hornině.



Graf. 1 Měření nasákavosti kamene demineralizovanou vodou

3.3 Chemicko-technologický průzkum

3.3.1 Stanovení obsahu vodorozpustných solí

Stanovení obsahu vodorozpustných solí (síranů, dusičnanů a chloridů) bylo provedeno ve vrtné moučce kamene. Množství vodorozpustných solí bylo stanovováno v extraktech vzorků v demineralizované vodě metodou UV-VIS spektroskopie. K tomuto účelu byl využit spektrofotometr Beckman Coulter DU© 720.

Vrt k odebrání vzorků byl realizován na zadní straně sochy, na povrchu pokrytém černou sádrovcovou krustou. Místo vrtu bylo ve výšce 85 cm a vzorky byly odebrány ze dvou hloubek. Odebrány byly vzorky BV1 z hloubky 0–2 cm a BV2 z hloubky 2–5 cm. Průměr odběru byl 3 mm. Přesné místo vrtu provedeného k odběru vzorků je graficky znázorněno na Obr. 9. Kompletní výsledky stanovení množství vodorozpustných solí v objektu a metodika průzkumu jsou uvedeny v Příloze 1.



Obr. 8 Detail místa odběru vzorku



Obr. 9 Ilustrační a grafické znázornění odběru vzorků na soli

Vzorek	Sírany (SO ₄ ²⁻)		Dusičnany (NO ₃ ⁻)		Chloridy (Cl)	
	[hm.%]	[mmol/kg]	[hm.%]	[mmol/kg]	[hm. %]	[mmol/kg]
BV1 (hloubka 0–2 cm)	5,67	590	0	1	0,06	17
BV2 (hloubka 2–5 cm)	0,18	19	0,01	1	0,04	11

Tab. 2 Obsah solí před odsolováním získaný z vrtné moučky

Hodnocení závažnosti zasolení bylo provedeno s pomocí rakouské normy Önorm B 3355-1, která klasifikuje 3 intervaly zasolení.

Hodnocení stupně zasolení	Sírany (%hm.)	Dusičnany (%hm.)	Chloridy (%hm.)
Nejsou nutná žádná opatření	< 0,10	< 0,05	< 0,03
Je nutné zvážit další opatření	0,10–0,25	0,05–0,15	0,03–0,10
Opatření jsou nezbytná	> 0,25	> 0,15	0,10

Tab. 3 Hodnocení stupně zasolení

Vyhodnocení

Výsledky stanovení obsahů vodorozpustných solí ve vrtné moučce kamene prokázaly vysoký stupeň zasolení ve vzorku BV1, který byl odebrán z hloubky 0–2 cm. Konkrétně zde bylo zjištěno velmi vysoké množství síranů, pravděpodobně jako důsledek přítomnosti sádrovcové krusty, která se nachází převážně na zadní straně sochy, případně sulfatizace povrchu vápence. Zvýšené hodnoty chloridů byly zjištěny v obou hloubkách odběrů. Nejspíše jde o následek nesprávného uložení děl, kdy byly sochy v kontaktu se zemí ve vodorovné poloze. Vzhledem k výsledkům bylo doporučeno provést lokální odsolování pomocí odsolovacích zábalů.

3.3.2 Statigrafie a materiálový průzkum povrchových úprav a tmelů

Na základě vizuálního průzkumu a průzkumu UV fluorescence bylo vybráno 5 míst k odběru vzorků k průzkumu stratigrafie a složení vrstev povrchových úprav, tmelů a předpokládaných černých krust. Z celkového počtu byly dva vzorky odebrány k průzkumu souvrství povrchových úprav. Tyto vzorky byly odebrány ze zadní části jeho levé ruky a z přední části spodní draperie. Z meče byly odebrány dva vzorky tmelu v místě jeho rozlomení. Toto místo bylo vybráno, jelikož zde bylo porovnáváno rozhraní mezi dvěma rozdílnými UV fluorescencemi, což poukazovalo na přítomnost dvou druhů tmelů.

Poslední vzorek posloužil k průzkumu sádrovcové krusty vyskytující se převážně na zadní straně sochy. Místa odběrů jsou graficky znázorněna na Obr. 11 a blíže popsána v Tab. 5.

Průzkum byl proveden pomocí optické mikroskopie a skenovací elektronové mikroskopie s prvkovou mikroanalýzou na nábrusech vzorků. K tomuto účelu byly použity optický mikroskop Eclipse LV100D-U (Nikon) s fotoaparátém EOS 1100 D (Canon) a elektronový skenovací mikroskop Mira 3 LMU (Tescan) s analytickým systémem Bruker Quantax 2000 (Bruker, XFlash 5010 detektor). Přesný popis metodiky průzkumu je uveden v chemicko-technologické zprávě (viz. Příloha 1).



Obr. 10 Ilustrační stratigrafie povrchových vrstev, mikrofotografie vzorku vrchního tmelu na meči v bílém světle

Číslo vrstvy	Popis a složení vrstvy
4	světlá/bílá vrstva s cementem, zřejmě portlandským
3	světle šedá vrstva s hydraulickým pojivem, zřejmě cementem
2	šedá vrstva s cementem, zřejmě portlandským
1	silná světlá vrstva s hydraulickým pojivem, zřejmě cementem

Tab. 4 Ilustrační popis a složení vrstvy k Obr. č. 10

Číslo vzorku	Místa odběru
V1	Jeho levá ruka vzadu, barevné souvrství
V2	draperie ve spodní části na levé straně z čelního pohledu, barevné souvrství
V3	finální tmel na meči
V4	jádrový tmel na meči
V5	černá krusta na zádech

Tab. 5 Přehled míst odběrů vzorků



Obr. 11 Ilustrační grafické znázornění míst odběrů ke stratigrafii a materiálovému průzkumu povrchových úprav

Vyhodnocení

Výsledky průzkumu stratigrafie a materiálového složení vrstev potvrdily, že se na soše nacházejí pozůstatky povrchových úprav, které lze většinou rozlišit až na základě intenzivní modro-bílé nebo nažloutlé UV fluorescence. Charakteristická barevnost UV fluorescence povrchových úprav je pravděpodobně způsobena přítomností organických pojiv, případně jejich degradačních produktů. Povrchové úpravy jsou na soše dochované v nepatrné míře a ani z výsledků průzkumu vzorků nelze odhadnout, jaké mohlo být výtvarné zpracování povrchu sochy či určit souslednost barevných vrstev nebo případně stanovit nejstarší povrchovou úpravu. Z průzkumu dále vyplynulo, že je povrch vápence sulfatizovaný. Výsledky jsou uvedeny v příloze (Příloha 1) a shrnuty v následujících odstavcích.

Barevné souvrství za jeho levou rukou (V1) se skládá z fragmentu světle oranžové vrstvy se silikátovými zrny a světlé povrchové úpravy s olovnatou bělobou, barytem a uhličitanem vápenatým. Na povrchu vzorku se vyskytuje šedá vrstva, nejspíše se jedná o deposit. U dalšího vzorku (V2) bylo zjištěno, že jde o fragment jednoho až dvou tmelů

nebo tenkých plněných vrstev s podobnými vlastnostmi. Vrstvy jsou pravděpodobně složeny z cementu a křemičitého písku. Vzorek obsahuje také zrna vápence. Nelze však určit, zda jde o odlomené části kamenné sochy anebo o záměrně přidané plnivo. Na povrchu vzorku se vyskytuje tenká šedá vrstva s uhličitánem a síranem vápenným, jenž může být pozůstatkem sulfatizované vrstvy nebo pouhým depozitem.

Na meči se nachází tmely, případně jiné vrstvy, s portlandským cementem (V3, V4). Na základě průzkumu nelze vyloučit přítomnost bílého vzdušného vápna v pojivu tmelů nebo v dalších zaznamenaných vrstvách, přestože na nábrusech nebyly zaznamenány charakteristické vápenné pojivové částice. Plnivem spodního tmelu (V4) je zřejmě drcený vápenec. Vzorek odebraný z vrchního tmelu (V3) obsahoval více vrstev na bázi portlandského cementu. Plnivem první světlé vrstvy, zřejmě fragmentu tmelu, byla směs křemičitého písku a nejspíše drceného vápence. U následujících vrstev nebylo přesně zjištěno, zda se jedná o fragmenty tmelů, plastických retuší nebo silných povrchových úprav. Následuje tmavě šedá vrstva obsahující křemičitá zrna a zrna uhličitá vápenatého a nejspíše uhlíkatou čern. V další vrstvě se objevuje příměs uhlíkaté černi a nebylo zde zaznamenáno plnivo, stejně jako u poslední bílé vrstvy, která je patrně pojena portlandským struskovým cementem.

Vzorek krusty odebraný na zádech ozbrojence (V5) sestává z části povrchu sulfatizovaného vápence, na kterém se nejspíše nachází světle šedá a světlá béžová vrstva. Vrstvy obsahují převážně uhličitán a síran vápenatý. Jedná se pravděpodobně o sulfatizované vrstvy nebo depozity.¹²

3.3.3 Určení stavu horniny – měření ultrazvukové transmise

Ke zjištění stavu materiálu a k odhalení případných defektů v kameni (praskliny, trhliny, dutiny) bylo provedeno měření ultrazvukové transmise. Tato metoda spočívá v měření přechodu ultrazvukového signálu zkoumaným materiálem. O stavu a kompaktnosti kamene vypovídá rychlost ultrazvukového signálu, jeho tvar a intenzita. Pokud se v kameni nacházejí určitá poškození, je ultrazvukový signál pomalejší v porovnání s rychlostí ultrazvuku prošlým nepoškozeným materiálem. Průzkum byl

¹² Po celkovém očištění sochy byly na povrchu nalezeny další fragmenty polychromie. Na pravé straně zad byl nalezen velmi malý fragment červené barvy. Bílá povrchová úprava byla objevena na prstech pokrčené ruky a na přední draperii ve spodní části. Nejrozsáhlejší fragment se nachází pod suknicí uprostřed a nejspíše se jedná o povrchovou úpravu černé barvy. Všechny zbytky polychromie byly v rámci restaurátorského zásahu zajištěny.

proveden za použití přístroje Geotron UKS-14 (Geotron-Elektronik, Rolf Krompholz, Pirna-Neundorf) se sondami UND 46, SW 40 a přijímačem UPE.

Měření bylo provedeno na celém objektu včetně plintu. Lokalizace měření je znázorněna v tabulce a v grafické a obrazové části chemicko-technologického průzkumu, jenž je součástí Přílohy 1. Celkem bylo provedeno 82 měření.

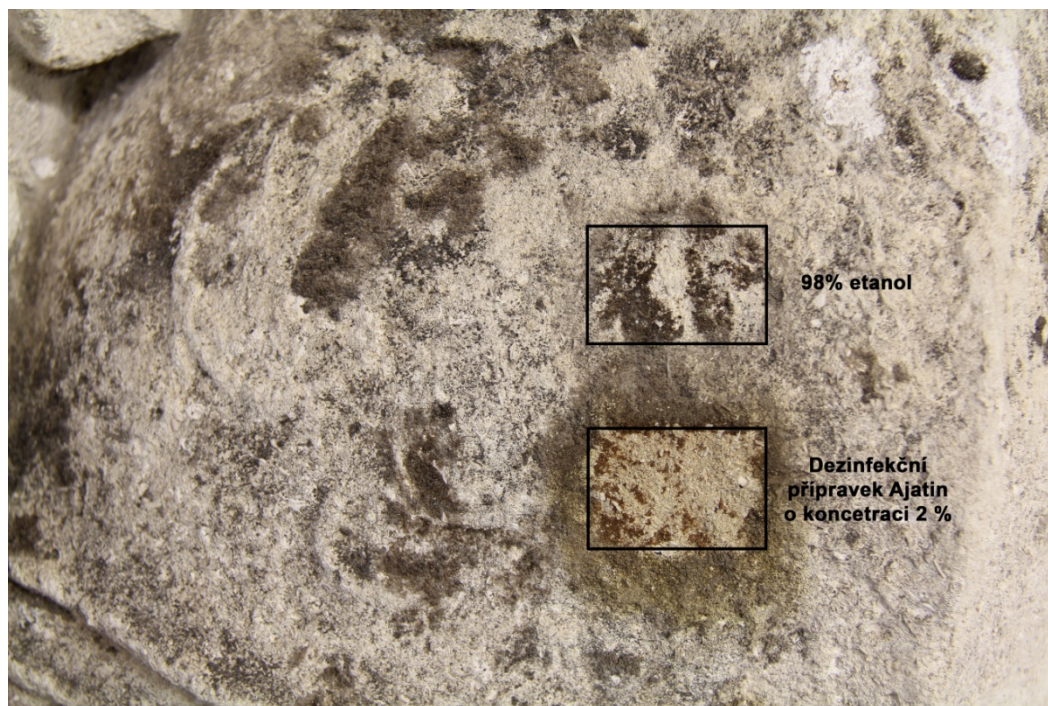
Vyhodnocení

Nižší rychlost ultrazvukového signálu byla zjištěna u subtilnějších částí sochy, což by mohlo poukazovat na degradaci, respektive nižší kompaktnost povrchu kamene. Nižší rychlosti ultrazvukového signálu byly dále zaznamenány v oblasti ramen, což mohlo být způsobeno blízkostí praskliny v místě odlomení hlavy. Z těchto důvodů byly nejspíše zaznamenány nízké hodnoty průchodu ultrazvukového signálu také v oblasti krku nad prasklinou a na plintu pod sochou, jehož roh byl v minulosti taktéž ulomen. V těchto místech se hodnoty měření pohybují okolo 2,4 km/s, přičemž průměrné rychlosti ultrazvuku při průniku nepoškozeným vápencem by se měly pohybovat kolem hodnoty přibližně 3 km/s a vyšší. Velmi nízká rychlost průchodu ultrazvuku u draperie (měření 46) mohla poukazovat na problematickou část s vnitřním poškozením či na degradaci materiálu. Na některých místech byly naměřeny vysoké hodnoty ultrazvukového signálu, které dosahují hodnoty až 3,6 km/s. Vyšší hodnoty rychlosti ultrazvukového signálu a některé nízké hodnoty, které nebyly interpretovány, mohou být pravděpodobně způsobeny nehomogenitou horniny.

Zkoušky technologií a materiálů

3.3.4 Zkoušky čištění biologického napadení

Na povrchu kamene se nacházelo několik druhů biologického napadení. V největší míře se zde vyskytovaly mechy a lišejníky. Zkoušky čištění měly za cíl najít nejšetrnější metodu čištění, při které dojde k odstranění biologické kolonizace. Zkoušky čištění byly prováděny na jeho pravé straně hrudi. Byly odzkoušeny dvě chemické metody čištění (viz. Obr. 12). První z nich bylo čištění dezinfekčním přípravkem Ajatin o koncentraci 2 % (hm.), který se na navlhčený povrch aplikoval pomocí rozprašovače a následně se nechal působit do druhého dne, kdy bylo biologické napadení odstraněno pomocí nekovových kartáčků a páry. Druhou odzkoušenou metodou bylo čištění pomocí 98% etanolu. Doba jeho působení byla do jedné minuty. Povrch byl následně očištěn párou a nekovovým kartáčkem.



Obr. 12 Pravá část hrudi – zkouška čištění kamene od biologického napadení pomocí 2% přípravku Ajatin a pomocí etanolu o koncentraci 98% (pozn. u zkoušky Ajatinem je povrch stále mokvý, a proto zde dochází k barevnému rozdílu)

Vyhodnocení

Obě dvě metody se osvědčily jako šetrné a vyhovující, přesto bude použita metoda čištění pomocí dezinfekčního přípravku Ajatin o koncentraci 2 % (hm.). Tato metoda byla vybrána na základě prokázání větší účinnosti.

3.3.5 Zkoušky minerálních tmelů pro tvarové doplňky

Zkoušky tmelů vycházely z restaurátorských zkoušek minerálních tmelů pro tvarové doplňky provedených v rámci restaurování sochy Jupitera, která je součástí stejného souboru.¹³ Ze zkoušek pro tvarové doplnění nejlépe vycházela tmelící směs tvořená z jemnozrnného litavského vápence z lomu S. Marghareten, vápence Hubina ze Slovenska a z vápencové drti Omya. Pojivem bylo hydraulické vápno NHL 5. Objemový poměr pojiva ku plnivu byl 1:2,5. K vytvoření výdusku byl tehdy použit tmel, kde do směsi písků pro plastickou retuš byl přidán vápenec Anwendungen a pojivem byl bílý cement s hydraulickým vápnem NHL 5. Objemový poměr pojiva a plniva byl 1:3.

V rámci této práce byly provedeny dvě zkoušky tmelů, s cílem vybrat vhodnou tmelící směs k plastické retuši sochy ozbrojence. Plnivem obou zkoušek byla směs složená z vápencové drti S. Marghareten, Hubina a Ernstbrunn. Všechny písky byly přesáty na

¹³ MAJOROŠ, Peter. *Restaurování sochy Jupitera s postamentem, Identifikace barokních sochařských děl ze zámku Uherčice*. Bakalářská práce. Univerzita Pardubice, Fakulta restaurování, Litomyšl 2018. s. 85–87.

frakci o velikosti 1 mm. Zkoušky se od sebe lišily pouze objemovými díly komponentů směsi. Pojivem obou zkoušek bylo hydraulické vápno NHL 3,5, které nahradilo hydraulické vápno NHL 5, pro dosažení menší tvrdosti tmelů. Objemový poměr pojiva a plniva byl 1:3. Veškeré složení jednotlivých směsí a poměry jednotlivých objemových dílů písků jsou uvedeny v Tab. 6, jejich vzhled je zaznamenán na Obr. 13.

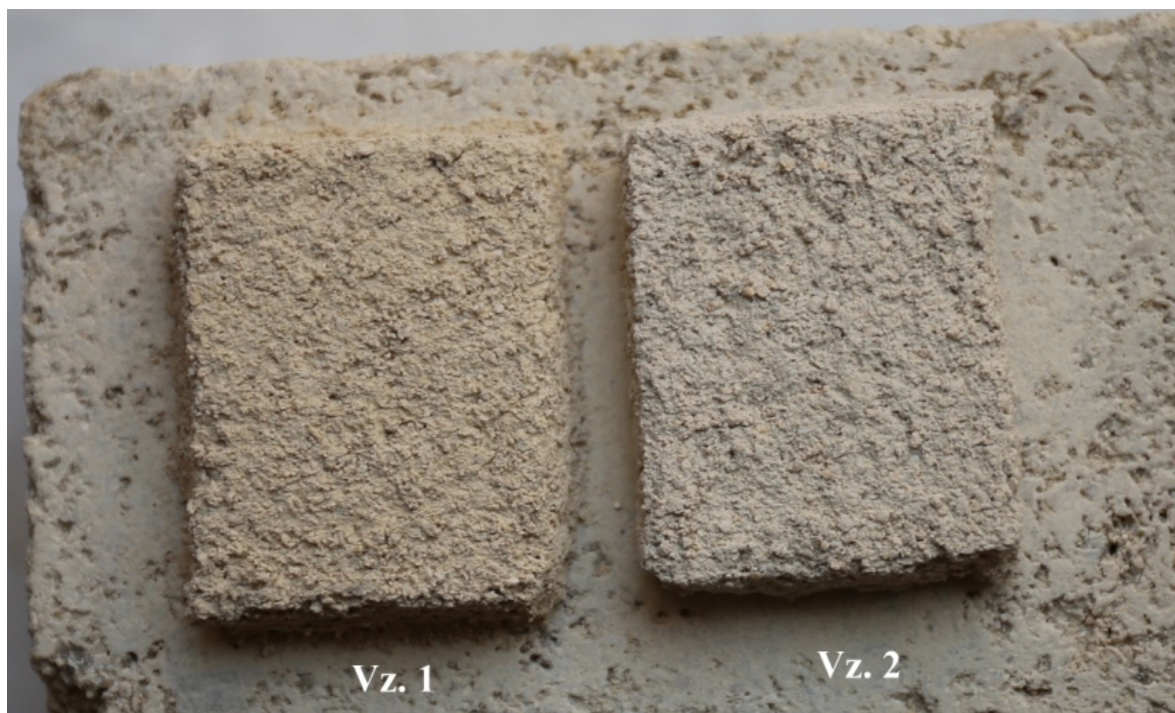
Pro vybrání směsi pro výdusek byly vytvořeny čtyři zkoušky. V jednotlivých zkouškách byly měněny frakce a poměry písků. Pojivem všech čtyřech zkoušek bylo hydraulické vápno NHL 3,5 a bílý cement v poměru 0,5:0,5. Objemový poměr pojiva a plniva byl 1:3. Složení vzorků směsí pro výdusek je uvedeno v Tab. 7. Vzhled jednotlivých zkoušek je patrný z Obr. 14.

Zkoušky minerálních směsí pro plastickou retuš							
Vzorek	Pojivo	Obj. díly	Plnivo	Obj. díly	Poměr pojivo/plnivo	Barva /struktura	Vyhodnocení
Vz. 1	NHL3,5	1	S.Marghareten/vápenec Hubina/vápenec Ernstbrunn	1:1,5:0,5	1:3	béžová/dobrá	nevyhovující
Vz. 2	NHL3,5	1	S.Marghareten/vápenec Hubina/vápenec Ernstbrunn	0,5:2:0,5	1:3	bílá/dobrá	vyhovující

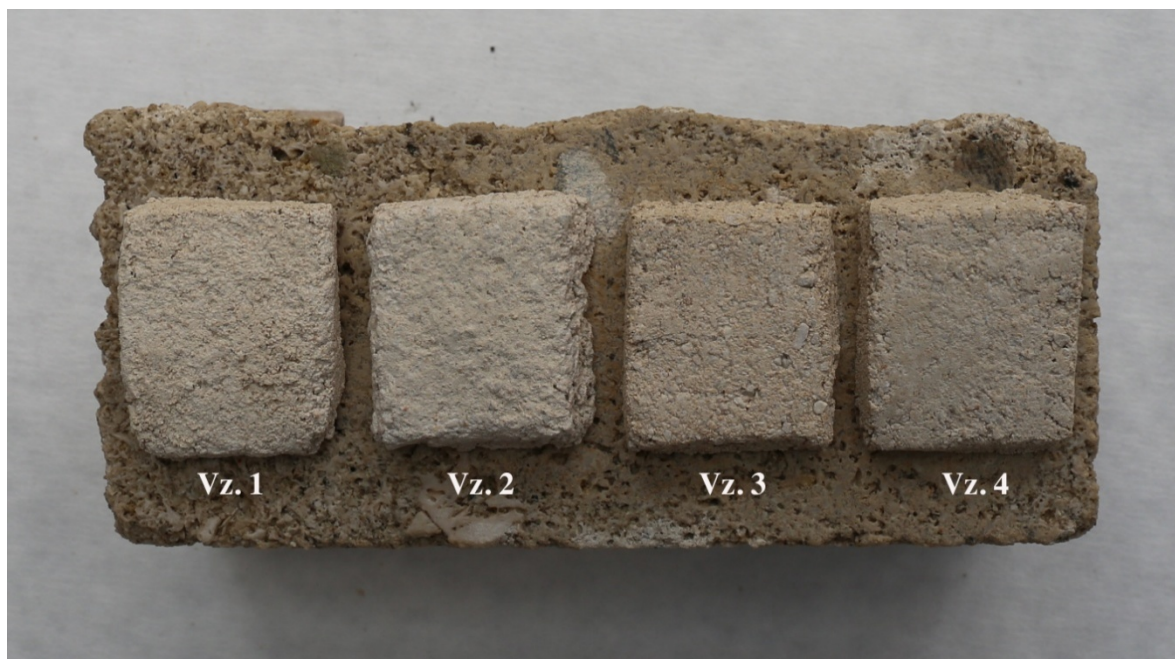
Tab. 6 Zkoušky minerálních směsí pro plastickou retuš

Zkoušky minerálních směsí pro výdusek							
Vzorek	Pojivo	Obj. díly	Plnivo	Obj. díly	Poměr pojivo/plnivo	Barva/struktura	Vyhodnocení
Vz. 1	Bílý cement/ NHL 3,5	0,5:0,5	S. Marghareten/vápenec Hubina/vápenec Ernstbrunn	1:1,5:0,5	1:3	béžová/dobrá	Vyhovující
Vz. 2	Bílý cement/ NHL 3,5	0,5:0,5	S. Marghareten /vápenec Hubina/vápenec Hubina (f. >1mm)/vápenec Ernstbrunn	0,5:1,5:0,5:0,5	1:3	bílá/dobrá	Nevyhovující
Vz. 3	Bílý cement/ NHL 3,5	0,5:0,5	S. Marghareten/vápenec Hubina/vápenec Hubina (f. >1mm)/vápenec Ernstbrunn	1:1:0,5:0:5	1:3	okrová/dobrá	Nevyhovující
Vz. 4	Bílý cement/ NHL 3,5	0,5:0,5	S. Marghareten/vápenec Hubina/vápenec Hubina (f. >1mm)/vápenec Ernstbrunn	0,5:1:1:0,5	1:3	světlejší okrová/dobrá	Nevyhovující
Poznámky: Pokud není uvedeno jinak, je frakce písku 1 mm							

Tab. 7 Zkoušky minerálních směsí pro výdusek – popis složení a jednotlivé poměry objemových dílů



Obr. 13 Zkoušky tmelů pro vytvoření plastické retuše



Obr. 14 Zkoušky tmelů pro vytvoření výdusku



Obr. 15 Složení a postupná výstavba vybraného tmelu pro výdusek (Vz. č. 1 v Tab. č. 7), viditelné v jednotlivých komponentech

Vyhodnocení

Ze zkoušek tmelících směsí nejvíce vyhovoval vzorek č. 2 (Tab. 6), který nejvíce odpovídal svými fyzikálními a optickými vlastnostmi originálu. Pojivem ve vybraném tmelu bylo přirozeně hydraulické vápno Otteraiben Hydradur NHL 3,5 a plnivy byly litavský vápenec z lomu S. Marghareten, dolomitický krystalický vápenec Hubina ze Slovenska a vápenec Ernstbrunn. Suchá směs tvořená z 1 objemového dílu pojiva a ze 3 objemových dílů plniva byla smíchána před aplikací s vodou.

Směs s označením Vz. 1. byla vybrána k vydusání nového doplňku. Pojivem tmelu pro výdusek byl bílý cement a přirozeně hydraulické vápno NHL 3,5 (poměr 0,5:0,5). Směs byla tvořena z vápence S Marghareten, Hubina a Ernstbrunn. Objemový poměr pojiva ku plnivu byl 1:3. Směs byla na závěr smíchána s vodou.

Obě vybrané tmelící směsi vycházely z minerálních tmelů použitých při restaurování sochy Jupitera, avšak bylo přistoupeno k pozměnění pojiva, z důvodu snížení tvrdosti tmelů, a ke změně složení plniva z důvodu nedostupnosti některých písků. V obou vybraných tmelících směsích byly použity jako plnivo stejné písky a v obou případech byl aplikován stejný objemový poměr plniva a pojiva.

3.4 Vyhodnocení průzkumu

Socha byla v průběhu své existence patrně několikrát přesouvána v rámci zámeckého areálu. Fotografie z roku 1932 zachycuje osazení sochy spolu s dalším ozbrojencem vedle vstupní brány na hlavním nádvoří, každá z jedné strany. Tyto dvě sochy jsou totožné, pouze druhý ozbrojenec je zrcadlově obrácen. Tento fakt poukazuje na to, že se pravděpodobně jedná o původní umístění soch. Na základě této skutečnosti byla vyvrácena i identifikace boha Marta. Jedná se tak o neidentifikovaného antického ozbrojence, který nemá žádný specifický atribut pro jeho bližší určení. Fotografie z roku 1971 dokumentuje umístění sochy pod arkádovým podloubím vstupního nádvoří zámku. Socha byla umístěna o jednu arkádu blíže ke vstupní bráně do hlavního nádvoří, než dokumentuje fotografie z roku 1932. V roce 1975 byla socha přemístěna do minoritského kláštera v Brně (viz. Historické fotografie v Obrazové příloha).

V rámci umělecko-historického průzkumu byly dohledány některé dobové fotografie sochy. Z fotografie z roku 1975 vyplynul nový poznatek, že meč nebyl vymodelován v roce 1979 při restaurování Jaroslavem Vaňkem, ale již dříve. Vytvořen byl patrně mezi lety 1971 a 1975. Na fotografii z roku 1971 je totiž ozbrojenec zaznamenán v arkádovém podloubí vstupního nádvoří bez meče, zatímco na snímku z roku 1975 je již socha zachycena s mečem. Další otazník zůstává nad poškozením rozlomení plastiky v draperii v oblasti kolene a hlavy, v jejichž hmotě byly nalezeny železné armatury. Dále byly armatury pomocí detektoru kovů identifikovány v celé délce meče.¹⁴ V místě jeho levého kotníku nebyl kovový prvek zaznamenán, z čehož vyplývá, že se jedná o novější poškození. V těchto místech se nachází tvarově nevhodný kamenický doplněk, který by bylo vhodné v rámci restaurátorského zásahu vyměnit za nový výdusek.

Povrch sochy a její doplňky vykazují různou míru nasákavosti. Degradovaný povrch vápence byl překvapivě málo nasákavý. Jeho nasákavosti byla srovnatelná s nasákavostí jednoho z tmelů. Na základě této skutečnosti se lze domnívat, že při předešlém restaurátorském zásahu mohl být na degradovaný povrch aplikován konsolidační, případně hydrofobizační prostředek. Zároveň nelze vyloučit, že byl povrch při předešlém restaurátorském zásahu upraven organickou látkou před aplikací výtvarných povrchových úprav. Přítomnost pozůstatků uvedených prostředků však nebyla průzkumem prokázána. Nasákavost povrchu sochy je možné zvýšit a do jisté míry také sjednotit

¹⁴ Další armatura se našla až po odsekání tmelů. Ta vedla z pravé strany plintu do jeho středu. Její funkcí bylo jistit lepení pravého předního rohu plintu, který byl v minulosti ulomen. Pouze tento čep byl následně v rámci restaurátorského zásahu vyměněn.

odstraněním tmelů a krust. Možnostmi odstranění sádrovcových krust na vápenci se zabývá rozšířená část bakalářské práce (viz. následující kapitola – 4. kapitola).

Dále bylo zjištěno, že je socha kontaminována zvýšeným množstvím vodorozpustných solí. Zejména na povrchu sochy se zřejmě v důsledku přítomnosti sádrovcových krust a sulfatizace vyskytuje vysoké množství síranů. Do hloubky 3 cm bylo dále zaznamenáno zvýšené množství chloridů. Množství dusičnanů bylo z hlediska možnosti vzniku poškození zanedbatelné. Na základě výsledků rozšířené části bakalářské práce je doporučeno zredukovat či zcela odstranit přítomné sádrovcové krusty kombinací metod mikropískování a laseru. Následně bude přistoupeno k lokálnímu odsolování pomocí odsolovacích zábalů. V případně nutnosti bude vhodné proces odsolování opakovat.

Průzkum UV fluorescence potvrdil předpoklad, že se na soše ozbrojence nachází zbytky barevných úprav, které nebyly v denním světle zaznamenatelné. Přítomnost povrchových úprav bylo možné na soše rozlišit na základě intenzivní bílé až bílo-modré nebo nažloutlé UV fluorescence, jenž je pravděpodobně způsobena přítomností organických pojiv a jejich degradačních produktů. Barevné vrstvy byly dochovány ve velmi malé míře, a proto nebylo možné ani mikroskopickým průzkumem vzorků stanovit přesnou stratigrafii vrstev a jejich vzájemnou souslednost nebo určit, která z vrstev byla nejstarší. Barevnost zaznamenaných povrchových úprav je omezena na bílé/světlé, žluté/okrové a tmavší šedé odstíny. Z průzkumu vyplynulo, že jsou povrch vápence a zřejmě také některé povrchové úpravy sulfatizovány. Výsledky měření ultrazvukové transmise poukazují na nízkou rychlost ultrazvukového signálu u subtilnějších částí sochy a v místech pravděpodobných rozlomení sochy. Tento fakt by mohl naznačovat degradaci materiálu nebo jeho vnitřní poškození. Na základě těchto skutečností bylo rozhodnuto provést lokální konsolidaci kamene.

Biologické napadení nebylo na soše zastoupeno ve vysoké míře. Ze dvou odzkoušených metod čištění, které se jevily jako šetrné, byla vybrána účinnější metoda čištění pomocí dezinfekčního přípravku Ajatin.

Pro zhotovení tvarových doplňků byly vybrány směsi, které nejvíce odpovídaly svými mechanickými a optickými vlastnostmi originálu. Zároveň bylo v tomto ohledu navázáno na zkušenosti z předchozího restaurování sochy Jupitera. Doporučené a následně použité tmelící směsi pro tvarové doplnění sochy Marta se skládaly z vápencových drtí a přirozeně hydraulického vápna NHL 3,5.

4. ROZŠÍŘENÁ ČÁST BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Možnosti odstraňování sádrovcových krust z vápence

4.1 Úvod

Rozšířená část bakalářské práce je zaměřena na možnosti odstraňování sádrovcových krust z povrchu vápence. Práce je rozdělena na teoretickou (rešeršní) a praktickou část. Cílem teoretické části práce bylo shromáždit informace o možnostech odstraňování a redukce sádrovcových krust z vápence, jejich výhodách a možných nedostatcích. Na základě rešerše byly vybrány vhodné dostupné metody čištění, které byly posléze odzkoušeny na malých pohledově skrytých zkušebních plochách restaurovaného díla pokrytých černými sádrovcovými krustami. Na závěr bylo přistoupeno k vizuálnímu posouzení účinnosti zkoušených metod čištění. Zkoušky čištění a jejich případný vliv na povrch vápence byly dále posouzeny na základě průzkumu UV fluorescence.

Čištění je základní a většinou nezbytnou součástí každého restaurátorského zásahu. Odstraněním povrchových nečistot včetně krust, ale také materiálů druhotných zásahů, dochází k výrazné změně vizuálního vnímání celku nebo detailů díla. Čištění by mělo vést k jasnější čitelnosti modelace a celkově k lepšímu vizuálnímu působení sochy. Cílem čištění nejsou jenom výtvarné aspekty, ale i konzervátorské, mající za cíl omezení korozních vlivů, prodloužení životnosti a stabilizaci stavu památky. Odstraněním případných nepůvodních úprav a nečistot dochází k vhodnému otevření povrchu, čímž se pozitivně zvýší nasákavost materiálu. Dosažení těchto vlastností dále vede k větší účinnosti následujících konzervátorských kroků jako je například odsolování nebo konsolidace.

Zároveň je nutné připomenout, že čištění povrchu kamene patří mezi nejrizikovější kroky restaurátorského zásahu. Čištění může zejména při neodborném zásahu přinést různorodé nežádoucí aspekty. Kromě vizuálních nedostatků při přečištění může docházet k nadměrnému otevření povrchu kamene, jeho zhrubnutí nebo celkovému rozpadu a ztrátě materiálu. Při chemickém čištění naopak v mnohých případech hrozí zanešení nežádoucích látek do hmoty kamene.

Sádrovcové krusty se většinou odstraňují nebo redukují vybranými mechanickými či chemickými metodami čištění. Rozšířená je také metoda čištění pomocí laseru, která se ukazuje pro danou problematiku jako velmi šetrná a selektivní. Jednou z možných variant je také kombinace výše zmíněných metod. Vhodnou a perspektivní metodou je zřejmě

biologické čištění bakteriemi, se kterým nejsou alespoň v České republice praktické zkušenosti, a proto by bylo zřejmě vhodné tuto metodu někdy v budoucnu vyzkoušet.

4.2 Fyzikální metody čištění

4.2.1 Abrazivní metody

Zřejmě nejrozšířenější abrazivní metodou v restaurování je mikropískování, při kterém dochází k mechanickému obrušování povrchu abrazivem. Abrazivum je hnané stlačeným vzduchem, případně vodou, a dopadá kolmo na povrch kamene, čímž dochází k jeho otryskání. Na základě částečně odlišného mechanismu pracují abrazivní systémy JOS, metoda Rotec nebo Torbo. Jedná se o rotační abrazivní metody, při kterých je abrazivum vedeno vzduchem nebo vodou přes speciální trysku. Tryska roztočí abrazivum kolem své osy, tak že abrazivum dopadá na čištěnou plochu pod určitým úhlem. Tyto abrazivní systémy nejčastěji nacházejí uplatnění při čištění velkých kamenných ploch nebo fasád.¹⁵

Šetrnost a preciznost většiny abrazivních technik může být podpořena regulací tlaku a množstvím abraziva. Na intenzitu čištění má dále vliv vzdálenost trysky od čištěné plochy, která by měla být okolo 10 cm, zkušenost operátora a volba abraziva. Abraziva se liší velikostí, tvrdostí a tvarem zrn. Jako abrazivum lze použít korundovou a vápencovou moučku, mletou strusku, skleněné a plastové mikrokuličky, ořechové skořápky atd. Uvedené abrazivní metody jsou většinou vhodné k čištění nedegradovaného celistvého povrchu, u kterého nehrozí větší ztráta materiálu. Na tomto místě je třeba zmínit, že může dojít k narušení povrchových vrstev a k obnažení zrn horniny, což často vede v budoucnu k rychlejší degradaci kamene.¹⁶ Nevýhodou suché abraze je vysoká prašnost. Při použití abraze s vodou dochází ke snížení prašnosti. Přítomností vody však hrozí nebezpečí přílišného zvlhčení materiálu, jenž může vést například k aktivování solí v kameni. Z důvodu zvlhčení materiálu není možné během aplikování těchto metod posoudit intenzitu čištění. Míra očištění se projeví až po vyschnutí kamene.

¹⁵ 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, s. 27–28.

¹⁶ Tamtéž.

4.3 Metody využívající záření

4.3.1 Laser¹⁷

Základními výhodami laserové ablace jsou bezkontaktnost a selektivita čištění. Tyto aspekty zaručují velmi šetrný přístup k povrchu čištěného materiálu. Z uvedených důvodů lze laser na rozdíl od dalších metod použít k očištění narušeného nebo málo soudržného povrchu kamene. Hlavními nevýhodami laseru jsou vysoká pořizovací cena a riziko nežádoucí alterace očištěného povrchu.

Výsledek čištění ovlivňují parametry laseru, kterými jsou energetická hustota, frekvence, případně vlnová délka a průměr bodu. Dalšími faktory jsou například doba aplikace, předvlhčení čištěného materiálu a vzdálenost operátora od čištěného povrchu. Na výsledek čištění má také výrazný vliv jeho citlivost a zkušenost s danou metodou čištění. V oblasti restaurování kamene se často používají pevnolátkové pulzní Nd:YAG lasery. Při čištění laserem dochází k ozáření povrchu laserovým paprskem, jedná se o tzv. laserovou fotoablaci. Na základě délky trvání pulzu a jeho energie existují dva základní principy ablace – fotomechanická a fototermická. Podle typu ablace lze dělit některé Nd:YAG lasery na Q-switched lasery, u kterých převažuje fotomechanická ablace a SFR lasery s principem čištění na bázi fototermické ablace.

Q-switched Nd:YAG lasery

Q-switched lasery pracují s vyšší energií paprsku a kratšími pulzy. Trvání pulzů se uvádí kolem 5–20 ns. Důsledkem krátkých a vysoce energetických pulzů dochází k mechanické interakci laseru s povrchem a dynamickému rozpínání vzniklé plazmy, kdy se nárazové a zvukové vlny šíří materiálem, rozbíjí ho a následně dochází k rozptýlení vzniklých částic. Q-switched lasery disponují vysokou efektivitou čištění. Z těchto důvodů může být proces čištění hůře kontrolovatelný, avšak v některých případech jediný, který je funkční a lze ho použít. Velkou výhodou těchto typů laserů je, že u přístroje bývá možné nastavit více vlnových délek, zpravidla 1064 nm, 532 nm, 355 nm, případně 266 nm, které jsou významným faktorem rychlosti a šetrnosti čištění zahrnující možnost vzniku nežádoucího zbarvení povrchu.¹⁸ Laserový paprsek je veden skrz kloubové rameno až

¹⁷ ĎOUBAL, Jakub. *Technologie laserového čištění pískovcových památek*. Disertační práce. České vysoké učení technické. Fakulta stavební, Praha 2013.

¹⁸ SALIMBENI, Renzo, PINI, Roberto, SIANO, Salvatore. A variable pulse width Nd:YAG laser for conservation. *Journal of Cultural Heritage*. 2003, (4), s. 72.

k povrchu, kde vytváří bod, jehož průměr bývá 10 mm. Kloubové rameno je využito z důvodu vysoké energie paprsku, při které by běžně používané optického vlákno bylo poškozeno. Zástupcem Q-switched laseru, který je k dispozici na Fakultě restaurování je přístroj Thunder Art.

SFR („Short free running“) Nd:YAG lasery

Při čištění povrchu kamene SFR lasery je využívána menší energie paprsku a delší pulzy, což vede ke vzniku fototermické reakce. Nejprve dochází k rychlému nárůstu teploty povrchu. Zahřátím je docíleno tavení a odpařování částic a vznik plasmy. Trvání pulzu laseru se pohybuje v řádu mikrosekund, což je tisíckrát delší doba pulzu než u Q-switched laserů. Z důvodu nízké energie dochází ke snížení čistícího efektu. Generováním vysokých teplot může nastat riziko poškození materiálů. Přesto mohou být v některých případech SFR lasery šetrnější k očištění choulostivých materiálů, než Q-switched lasery. Laserový paprsek o menší energii je možné vést optickým vláknem, což nese značné výhody u profilovaných objektů a při práci na lešení. Na laseru je možné nastavit velikost bodu na hlavici s optickou čočkou, což umožňuje měnit vzdálenost hlavice od objektu, aniž by došlo ke změně velikosti bodu. Rozšiřování bodu může vést k jeho rozostření, jehož následkem je nehomogenní čištění. Je proto nutné dodržovat při práci uživatelské nastavení laseru. V Ateliéru restaurování kamene a souvisejících materiálů je k dispozici laser EOS 1000 SFR. Na laseru lze nastavit pouze vlnová délka 1064 nm, čímž je v jistém smyslu snížena možnost využití přístroje. Maximální průměr bodu je 6 mm.

4.4 Chemické metody čištění

4.4.1 Uhličitan amonný

V restaurování se využívá uhličitan amonný a hydrogenuhličitan amonný k odstraňování nečistot obsahujících síran vápenatý. Uhličitan amonný by měl být při jejich odstraňování účinnější.¹⁹ Při aplikaci uhličitanu amonného ((NH₄)₂CO₃) na síranovou krustu (CaSO₄) dochází ke vzniku uhličitanu vápenatého (CaCO₃) a síranu

¹⁹ 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, s. 32

amonného ((NH₄)₂SO₄), jenž je dobře rozpustný ve vodě. Princip čištění vystihuje následující reakční schéma:²⁰



V průběhu čištění dochází k absorpci vzniklých látek do zábalu a k narušení síranové krusty, kterou je obvykle nutné po odstranění zábalu s uhličitanem amonným ještě mechanicky za vlhka dočistit. Vzniklý síran amonný je snadno rozpustný ve vodě a jeho rezidua by v budoucnu mohla ohrozit stav kamene. Proto je nutné po čištění uhličitanem amonným a mechanickém dočištění aplikovat vodný zábal do jeho úplného vyschnutí. Takto dojde k odstranění vzniklých nebo uvolněných nežádoucích látek, zejména síranu amonného.

Nevýhody čištění uhličitanem amonným²¹

Proces čištění pomocí uhličitanu amonného je hůře regulovatelný, proto není vždy možné zaručit požadovanou a homogenní míru redukce krust. Při vysoké sulfatizaci vápence hrozí úbytek původní horniny, respektive jejího sulfatizovaného povrchu. Problematické může být také relativně vysoké pH uhličitanového vodného roztoku, které se pohybuje kolem hodnoty 9,4. Látky s vysokou hodnotou pH jsou rizikové zejména pro povrchové úpravy a jejich pozůstatky, jelikož je mohou snadno poškozovat. Aplikací vodných metod dále teoreticky hrozí aktivace zmýdelněných olejů, které mohou být přítomny v kameni v důsledku dřívějšího odstranění povrchových úprav pomocí silných zásad např. louhů. Migrace reziduí z takového zásahu může vést k vytvoření hnědých skvrn na povrchu, jenž jsou těžko odstranitelné. Podobně může dojít k nežádoucí migraci vodorozpustných solí.

4.4.2 Chelatační činidla²²

Chelatační činidla (chelátory) jsou podskupinou komplexotvorných látek, konkrétně vícevazných ligandů. Chelatační činidla se vyznačují tím, že se koordinují na centrální atom za tvorby kruhu. Koordinací ligandu s tzv. centrálním atomem, kterým bývá

²⁰ ĐOUBAL, Jakub. *Kamenné památky Kutné Hory: Restaurování a péče o sochařská díla*. Pardubice: Univerzita Pardubice, 2015. s. 67-68.

²¹ Tamtéž.

²² ŠKRABALOVÁ, Adéla. *Restaurování nástěnné malby – nástěnná malba ve štukovém poli nad vchodem do tzv. Tencalova sálu. Možnosti odstranění druhotných vápenných nátěrů z vápenných podkladů*. Diplomová práce. Univerzita Pardubice, Fakulta restaurování, Litomyšl 2018.

nejčastěji kov nebo kovový kationt, vznikají komplexní sloučeniny (komplexy). V tomto případě se jedná o cheláty. Zjednodušeně lze uvést, že koordinační sloučenina může vzniknout pouze v případě, kdy je stabilnější než výchozí látky. Stabilita je závislá na několika faktorech, přičemž kromě typu chelatačního činidla je jedním ze zásadních vlivů hodnota pH.

Chelatační látky nacházejí uplatnění v restaurování a konzervaci zejména při odstraňování nečistot různé povahy.²³ Základními principy čištění chelatačními látkami jsou vznik rozpustnějších komplexů, než je odstraňovaný materiál nebo narušení odstraňovaného materiálu vznikem komplexu, který vede k jeho snadnějšímu odstranění. Čištění může být ovlivněno způsobem aplikace chelatační látky. Zejména při použití chelatační látky v gelu lze proces čištění dobře kontrolovat.

Z chelatačních látek jsou v restaurátorské praxi nejčastěji používány vodné roztoky kyseliny ethylendiamintetraoctové (EDTA) a kyseliny citronové, respektive soli těchto kyselin, zpravidla sodné a amonné. Obě dvě látky patří mezi vícesytné karboxylové kyseliny.

Možnosti odstraňování síranových krust pomocí chelatačních činidel²⁴

Stabilita vazby molekul může být vyjádřena příslušnou konstantou stability. Čím je konstanta stability (K_f , rovnovážná konstanta) vyšší, tím stabilnější je sloučenina. Z tabulky²⁵ č. 8 vyplývá, že konstanta stability pro cheláty vzniklé koordinací kyseliny citronové s vápenným kationtem je nižší než stabilita síranu vápenatého a uhličitanu vápenatého. Teoreticky by tak nemělo docházet k chelataci. Podle této tabulky tvoří trisubstituovaná EDTA stabilnější sloučeninu, tedy komplex s vápenatým kationtem, než je síran vápenatý, ale méně stabilní než uhličitan vápenatý. Lze tedy předpokládat, že dojde k chelataci vápenatého kationtu ze síranu vápenatého, zatímco chelát v případě uhličitanu vápenatého by teoreticky neměl vzniknout.

²³ *Leslie Carlyle byl možná první restaurátor, který našel uplatnění pro chelatační látky na povrchové snímání nečistot a laků z uměleckých malířských děl.* DWOROKOVÁ, Dominika, *Vodní metody pro snímání nečistot a laků z uměleckých malířských děl.* Diplomová práce. Akademie výtvarných umění v Praze, Ateliér restaurování malířských děl a polychromovaných plastik, Praha, 2014, s. 2.

²⁴ MATARRESE, Caterina. *Co-solvents and chelating agents confined in complex fluids for the cleaning of surfaces of works of art.* Doktorská práce, Università degli studi Firenze, 2012–2014, s. 29–46.

²⁵ ŠKRABALOVÁ, Adéla. *Restaurování nástěnné malby – nástěnná malba ve štukovém poli nad vchodem do tzv. Tencallová sálu. Možnosti odstranění druhotných vápenných nátěrů z vápenných podkladů.* Diplomová práce. Univerzita Pardubice, Fakulta restaurování, Litomyšl 2018.

pK_s	Konstanta stability pro Ca^{2+} $\log K_f$
CaSO_4 4,15	kyselina citronová 3,15
CaCO_3 8,54	trisubstituovaná EDTA 8,43 tetrasubstituovaná EDTA 11,00

Tab. 8 Logaritmy hodnot vyvážených konstant pK_s , pro síran a uhličitan vápenatý a $\log K_f$ pro kyselinu sírovou a EDTA

Z výše popsaného mechanismu funkce chelatačních činidel vyplývá, že ke koordinační vazbě dochází mezi komplexotvornou, v tomto případě chelatační látkou a kovem či přechodným kovem nebo jejich ionty. V případě odstraňování síranové krusty (CaSO_4) je kovovým kationtem, který bude vstupovat do komplexu s chelatačním činidlem, vápený kationt (Ca^{2+}). Vznikem komplexu dojde k narušení krusty, sorpci vzniklých produktů do zábalu nebo gelu a samovolnému odstranění krusty nebo její části. Lze předpokládat, že případné zbytky krusty budou lépe a šetrněji odstranitelné dodatečným mechanickým čištěním například pomocí měkkých nekovových kartáčků. Je důležité podotknout, že by neměly být v kontaktu s chelatačními činidly kovové nástroje, jelikož by mohlo dojít ke komplexaci kovu a nežádoucímu uvolnění produktů této reakce, které by mimo jiné mohlo vést ke zbarvení čištěného materiálu.

V odborné literatuře se dále uvádí optimální rozmezí hodnot pH 2–10 pro chelataci vápenatých iontů sodnými solemi kyseliny citronové. Pro EDTA by měla být optimální hodnota pH 10 pro chelataci vápenatých iontů. Je nutné si ale uvědomit, že jsou chelatační látky účinné i mimo uvedená optimální rozmezí pH, nebo že mohou působit na materiály, se kterými se dostávají do kontaktu odlišnými mechanismy, než je komplexotvorná reakce. I přesto jsou uvedené teoretické předpoklady užitečné při výběru systémů chelatačních činidel pro odstraňování síranových krust z karbonátových povrchů.

Nevýhody čištění chelatačními činidly²⁶

Chelatační činidla mohou být velmi účinnými až razantními čistícími látkami. Nacházejí většinou uplatnění v případech, kdy šetrnější metody čištění nejsou účinné. Je nutné mít na paměti, že tyto látky mohou snadno reagovat i s jinými než odstraňovanými materiály, a proto je nutné je používat velmi obezřetně a případně variovat jejich dobu

²⁶ ŠKRABALOVÁ, Adéla. *Restaurování nástěnné malby – nástěnná malba ve štukovém poli nad vchodem do tzv. Tencalova sálu. Možnosti odstranění druhotných vápených nátěrů z vápených podkladů*. Diplomová práce. Univerzita Pardubice, Fakulta restaurování, Litomyšl 2018.

působení a kontakt s povrchem. Konkrétně je zapotřebí brát ohled na to, jaký typ povrchu je čištěn, zda se v místě čištění nenachází kovové části nebo barevná úprava apod. Například mnohé pigmenty mohou v kontaktu s chelatačními činidly korodovat, protože ve své molekule obsahují atomy kovů, se kterými snadno vznikají komplexní sloučeniny. S použitím chelatačních činidel dále souvisí nevýhody spojené s mokrým a chemickým čištěním, které již byly naznačeny výše.

4.4.3 Iontoměniče^{27, 28}

Iontoměniče jsou přírodní nebo syntetické látky schopné vyměňovat ionty. Mezi přírodní iontoměniče patří jíly nebo zeolity. V restaurování se při čištění v zásadě používají syntetické iontoměniče. Struktura syntetických iontoměničů je tvořena z polymerního skeletu (matrix) s aktivní skupinou, která se často nachází pouze na povrchu iontoměniče. Na skelet je kovalentními vazbami pevně navázán ion (funkční skupina) a iontovou vazbou protion. Iontová vazba není pevná a je velmi dobře rozpustná ve vodě, případně jiných rozpouštědlech, a tak může docházet k iontové výměně s okolním prostředím. Protion je nabitý kladně či záporně. Podle toho lze iontoměniče dělit na kationaktivní (katexy), anionaktivní (anexy), případně amfolytické (mixbody), které mohou vyměňovat oba typy iontů v určitém poměru. Dále lze iontoměniče dělit podle míry kyselosti a zásaditosti na silně a slabě kyselé nebo silně a slabě zásadité.

Běžné typy iontoměničů jsou dodávány v podobě polymerních většinou kulových částic o velikosti 1–0,5 mm. Na trhu jsou však k dispozici i menší částice iontoměničů, které jsou menší než 0,1 mm. Celkovou kapacitu a účinnost iontoměniče ovlivňuje zejména typ funkční skupiny a porézní struktura polymeru, která je určena podmínkami polymerizace.

V restaurování se iontoměniče využívají k odstraňování různých typů nečistot včetně vrstev nežádoucích druhotných zásahů, případně k odsolování. Aby došlo k účinné iontové výměně, je nutné iontoměnič při jeho používání udržovat stále v kapalném prostředí, nejčastěji vodném. Iontoměniče nacházejí uplatnění při odstraňování vápenných,

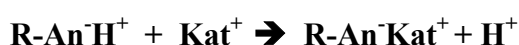
²⁷ BOURSOVÁ, Sean. *Možnost čištění povrchu nástěnných maleb pomocí iontoměničů*. Bakalářská práce. Univerzita Pardubice, Fakulta restaurování, Litomyšl 2006.

²⁸ SMITH, Caitlin E. *Cleaning Methods for the Removal of Limewash from Painted Plaster Surfaces: Utilizing of Ion Exchange Resins on the Interior Architectural Finishes of the Capilla de Nuestra Senora del Rosario in Iglesia San Jose, in San Juan, Puerto Rico*. Diplomová práce, University of Pensilvania, 2009, s. 24–56.

sádrovcových vrstev a jejich povlaků či zákalů, ale také při odstraňování organických nečistot nebo pojiv. V některých případech mohou být iontoměniče použity po hloubkovém odsolování k redukci zbytkových solí na povrchu. Iontoměniče tak mohou zabránit jejich zpětné migraci do materiálu.

Kationaktivní iontoměniče (katexy):

Kationaktivní iontoměniče obsahují funkční skupinu, která dokáže odštěpit a vyměnit kation za jiný kation (Kat^+) z okolního prostředí. Nejčastěji se jedná o silně nebo slabě kyselé iontoměniče. Jejich chování vyjadřuje následující schéma, kde je pro názornost jako kation iontoměniče uveden vodíkový kation (H^+):



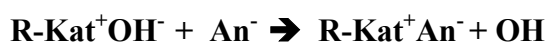
Funkční skupiny silně kyselých katexů: bývají odvozené od silných minerálních kyselin, např. HSO_3^- , H_2PO_3^- , OH^-

Funkční skupiny slabě kyselých katexů: bývají odvozené od karboxylových kyselin, kde je funkční skupina COOH^-

Nejčastější kationty: H^+ , Na^+ , Ca^{2+}

Anionaktivní iontoměniče (anexy):

Anionaktivní iontoměniče mají funkční skupinu, která vyměňuje s okolím anion za jiný anion (An^-). Jedná se o silně nebo slabě zásadité iontoměniče. Jejich chování vyjadřuje následující schéma, ve kterém je pro názornost jako anion iontoměniče uveden hydroxylový anion (OH^-):



Funkční skupiny silně zásaditých anexů: kvartérní amoniiová skupina NH_4^+

Funkční skupiny slabě zásaditých anexů: primární až terciální aminy

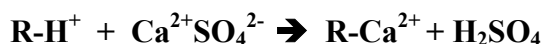
Odštěpené skupiny: OH^- , Cl^-

Možnosti odstranění síranových krust pomocí iontoměničů²⁹

V souvislosti s odstraňováním síranových krust z vápence, respektive karbonátových povrchů, je výběr iontoměniče podmíněn především možností vzniku

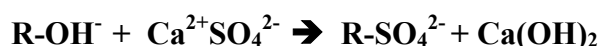
²⁹ BOURSOVÁ, Sean. *Možnost čištění povrchu nástěnných maleb pomocí iontoměničů*. Bakalářská práce. Univerzita Pardubice, Fakulta restaurování, Litomyšl 2006.

nežádoucích reziduí, účinností, případně formou iontoměniče. Kationaktivní iontoměniče nejsou šetrné k vápenci. Z výše popsaných schémat vyplývá, že při použití katexů odštěpujících vodíkový kation (H^+) vzniká jejich reakcí se síranem vápenatým jako vedlejší produkt kyselina sírová (H_2SO_4) podle následujícího schématu:



Kyselina sírová rozpouští uhličitan vápenatý, tedy také vápenec, což je nežádoucí. V případě použití katexu, který vyměňuje jiný kation než je vodíkový, hrozí kontaminace kamene škodlivými vodorozpustnými solemi. Kationaktivní iontoměniče, zejména silné katexy, jsou navíc účinné při odstraňování karbonátových materiálů a mohly by vápenec poškodit. Ani použití iontoměniče v gelu nemusí zaručit eliminaci uvedených rizik.

K odstranění síranové krusty je vhodné použít anionaktivní iontoměnič, který odštěpuje hydroxylovou skupinu (OH^-). Účinné jsou silné anexy. Mechanismus výměny je takový, že dojde k vyměnění hydroxylové skupiny (OH^-) za síranový anion (SO_4^{2-}) ze síranu vápenatého ($CaSO_4$). Uvolněná hydroxylová skupina (OH^-) vytvoří se zbývajícím vápenatým kationtem (Ca^{2+}) hydroxid vápenatý ($Ca(OH)_2$). Reakcí hydroxidu vápenatého s oxidem uhličitým (CO_2) obsaženém ve vzduchu vzniká uhličitan vápenatý ($CaCO_3$), který je chemickou obdobou vápence. Uvedeným procesem může teoreticky dojít i ke zpevnění povrchu vápence, zároveň však hrozí vytvoření bílého povlaku na povrchu kamene. Výše popsaný mechanismus je znázorněn v následujícím schématu:



Použití anexy, jenž vyměňuje jiný anion, např. Cl^- , není vhodné, jelikož by mohlo dojít k uvolnění nežádoucích solí do kamene.

Nevýhody čištění iontoměniči³⁰

U iontoměničů se stejně velkými částicemi dochází k heterogennímu čištění, jelikož částice reagují na povrch jen v místě dotyku a po očištění zůstávají mezi nimi neočištěné plochy (viz. Obr. 16, a). Tuto skutečnost lze eliminovat použitím iontoměniče s malými i velkými kuličkami, který bude lépe pokrývat povrch, jelikož malé částice vyplní prostor mezi velkými (viz. Obr. 16, b). Možností, jak nedostatečný kontakt iontoměniče

³⁰ ŠKRABALOVÁ, Adéla. *Restaurování nástěnné malby – nástěnná malba ve štukovém poli nad vchodem do tzv. Tencallová sálu. Možnosti odstranění druhotných vápenných nátěrů z vápenných podkladů*. Diplomová práce. Univerzita Pardubice, Fakulta restaurování, Litomyšl 2018.

s povrchem řešit, může být iontoměnič nadrtit. Úskalí této varianty je, že u mnohých iontoměničů se nacházejí funkční skupiny pouze na povrchu. Při drcení tak vzniknou úlomky, které jsou aktivní pouze v určité části a výsledkem nemusí být homogenní očištění (viz. Obr. 16, c).



Obr. 16 Vliv velikosti a distribuce částic na výsledný čistící účinek – pohled z boku

Kationaktivní iontoměniče jsou účinnější než anionaktivní iontoměniče, avšak jsou méně šetrné ke kameni. Při použití katexů vzniká jejich reakcí se síranem vápenatým kyselina sírová, která rozpouští povrch, což je nežádoucí.

4.4.4 Možnosti aplikace³¹

Chemické čistící systémy a kapaliny je možné aplikovat různými způsoby za účelem možnosti regulace a kontroly procesu čištění a zaručení maximální šetrnosti k čištěnému materiálu. Vodné roztoky čistících systémů a čistící kapaliny se nejčastěji aplikují pomocí vatových smotků a tampónů, ve formě obkladů, gelů a past. Aplikační možnosti iontoměničů jsou v porovnání s kapalnými čistícími systémy omezené, jelikož se jedná o suspenze a je nutné zaručit dobrý kontakt povrchu částic iontoměniče v kapalném médiu s čištěným povrchem. Praktické možnosti aplikace chemických čistících systémů, jejich výhody a nedostatky jsou shrnuty v následujícím textu.

Vatové smotky

Vatový smotek se namáčí do čistícího roztoku nebo kapaliny a krouživými pohyby či rolováním dochází optimálně k odstraňování pouze nečistot. Povrch materiálu může být následně dočištěn a zbaven nežádoucích rozpuštěných látek pomocí mokřých nebo suchých vatových smotků, vatových tamponů apod. Eventuálně lze povrch na závěr omýt demineralizovanou vodou nebo jinou vhodnou kapalinou. Může se jednat o poměrně invazivní metodu aplikace, protože při ní dochází k určitému mechanickému namáhání

³¹ VAŘEJKOVÁ, Barbora. *Restaurování části nástrojných malby s motivem Principatus na klenbě kaple sv. Isidora v Křenově*. Bakalářská práce. Univerzita Pardubice, Fakulta restaurování, Litomyšl 2014.

povrchu. Další nevýhodou je, že vatové smotky mají nízkou schopnost retence kapalin, čili může dojít k penetraci nežádoucích chemických látek do hloubky čištěného materiálu. Výsledek čištění se odvíjí od způsobu aplikace, respektive míry mechanického působení a také na vlastnostech odstraňovaného materiálu.

Obklady

Čistící roztoky a kapaliny je možné nanášet v obkladech, které jsou nejčastěji tvořeny z vaty, buničiny či drcených celulózových vláken (Arbocel). Tato aplikace je levná a snadno dostupná. Vyznačuje se však nízkou kontrolovatelností čištění, protože čistící roztok může snadno penetrovat do hmoty čištěného materiálu nebo se vypařovat zejména v případě použití organických rozpouštědel. Mezi obklad a čištěný povrch je možné aplikovat separační materiál, například japonský papír nebo netkanou textilií, díky kterému je čištěním méně namáhán povrch a obklad může být snadněji odstraněn. Povrch obkladu je možné překrýt polymerní fólií, která zamezí rychlému odpařování kapaliny, čímž se prodlouží doba působení čistícího systému.

Gely

Aplikace kapalných čistících prostředků v gelech umožňuje velmi dobrou kontrolovatelnost procesu čištění, zároveň lze zásadním způsobem snížit odpařování kapaliny. Podle konzistence mohou být gely nesoudržné nebo soudržné (např. slupovací). Déle je možné gely dělit na organogely a hydrogely. Organogely sorbují systémy na bázi organických rozpouštědel, zatímco hydrogely se používají k aplikaci vodných čistících systémů.

Nesoudržné gely fungují na bázi vzniku fyzikálních vazeb mezi zahušťovadlem a kapalinou. Proto se někdy nazývají fyzikálními gely. Kapalnou složkou bývá většinou kapalným čistícím systémem. Zahušťovadlem jsou nejčastěji deriváty celulózy nebo kyselina polyakrylová, které se kupují většinou ve formě prášku.

Ve srovnání s obklady nebo vatovými smotky je při použití gelů snižena penetrace, a tudíž také distribuce aktivních látek nebo redistribuce nežádoucích reziduí do porézní struktury podkladu. Nevýhodou gelů oproti obkladům či vatovým smotkům je jejich nesnadná odstranitelnost a možnost zanechání nežádoucích reziduí gelu na čištěném podkladu. K odstranění těchto gelů je zapotřebí vhodné kapaliny a mechanického působení, což může vést k poškození čištěného místa. Obzvlášť pokud se jedná o křehký

povrch. K zmírnění tohoto jevu lze na povrch aplikovat separační materiál například v podobě japonského papíru.

Možnosti aplikace iontoměníčů

Iontoměníče se nejčastěji aplikují ve vodné suspenzi. Je nezbytné, aby při použití byly stále udržovány v dostatečném množství kapalného prostředí a v dobrém kontaktu s čištěným povrchem. Mohou se aplikovat přímo na čištěný povrch a překrýt zvlhčujícím zábalením z buničiny a polymerní fólií. Šetrnost jejich aplikace i snadnost odstranění může být zvýšena použitím separačního materiálu, například japonského papíru či netkané textilie. Tato vrstva materiálu však snižuje funkčnost iontoměníče. Další možností je přímé použití iontoměníčů na povrch pomocí štetce a následné jejich mechanické tření štetcem za stálého zavlhčování po celou dobu účinku iontoměníče, pokud je to třeba. Dodržením tohoto postupu lze do jisté míry eliminovat nehomogenitu čištění, která bývá způsobena tvarem částic iontoměníče. Iontoměníče se dále mohou aplikovat v gelu. K tomuto účelu se nejčastěji používají gely na bázi derivátů celulózy, zejména Tylóza, jelikož je levná a dostupná. Tímto způsobem lze docílit lepší kontrolovatelnosti procesu čištění, avšak lze předpokládat nižší účinnost čištění.

4.5 Biologické čištění

4.5.1 Bakterie^{32, 33}

Bakteriální čištění sádrovcových krust je založeno na působení desulfurikačních bakterií, které disociují síran vápenatý (CaSO_4), respektive sádrovec na vápenatý kation (Ca^{2+}) a síranový anion (SO_4^{2-}) v anaerobním nebo téměř anaerobním prostředí. Následnou redukcí síranového aniontu na sirovodík (H_2S) získávají bakterie energii. Vzniklý vápenatý kation reaguje s oxidem uhličitým (CO_2) ze vzduchu za vzniku uhličitanu vápenatého (CaCO_3).^{34, 35} Celý proces lze popsat následující chemickou reakcí.³⁶

³² PALLA, Franco, BARRESI, Giovanna. *Biotechnology and conservation of cultural heritage*, 2017.

³³ MAZZOLI, Roberto, GIUFFRIDA, Gabriella Maria, Gabriella PESSIONE, E. *Back to the past—forever young: cutting-edge biochemical and microbiological tools for cultural heritage conservation*. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 102, s. 6815–6825, 2018.

³⁴ GUARI, K. Lal., BANDYOPADHYAY, K. Jayanta. *Carbonate Stone: Chemical Behavior, Durability, and Conservation*. Wiley Interscience Publication, 1999.

³⁵ ELHAGRASSY, F. Abeer, HAKEEM, Amira. *Comparative study of biological cleaning and laser techniques for conservation of weathered stone in Failaka Island, Kuwait*. *Scientific Culture*, 4, 2, 2018, s. 43–50.

³⁶ LOMBARDI, Emanuela. *Biotechnologies for the restoration of culture heritage*. Doctorate thesis, Università degli studi di Milano, 2013–2014, s. 18.



Použitím bakterií může v důsledku vzniku uhličitanu vápenatého dojít k regeneraci povrchu karbonátových hornin. Při čištění sádrovcových krust desulfurikačními bakteriemi se zbytky po působení bakterií včetně narušené krusty zpravidla odstraňují z povrchu pomocí vody a měkkého kartáčku, vaty, houby apod.

První úspěšná aplikace bakterií při odstraňování sádrovcových krust z karbonátových hornin byla popsána v literatuře roku 1988, kdy byly krusty odstraňovány z fragmentů mramoru ponorem do vodného systému obsahujícího desulfurikační bakterie *Desulfovibrio dusulfuricans*.³⁷ Následně byly zkoušeny a vyvíjeny praktičtější aplikace různých kmenů bakterií zpravidla ve formě obkladů a gelů.³⁸ Zkoušeny byly například aplikace v jílových obkladech, později v gelu z kyseliny polyakrylové nebo laponitu. Místo bakterií vyžadujících zcela anaerobní podmínky byly postupně použity druhy schopné působit při nízkém obsahu kyslíku v okolní atmosféře, zejména bakterie *Desulfovibrio vulgaris*, což značně usnadnilo jejich aplikaci. Například Cappitelli a kol.³⁹ použili kmen *Desulfovibrio vulgaris*, konkrétně bakterii *vulgaris* ATCC 29579 v gelu z kyseliny polyakrylové k odstranění černé sádrovcové krusty z mramoru. Bylo zjištěno, že tento způsob aplikace umožnil rychlejší a vyšší bakteriální kolonizaci čistícího systému, vyšší zadržování vody a lepší kontakt mezi bakteriálním systémem a povrchem než obklad na bázi jílových minerálů ze sepiolitu. Mezi ošetřovaný povrch a čistící systém byla vložena ochranná mezivrstva z japonského papíru navlhčeného fosfátovým pufrem, zejména proto, aby se usnadnilo odstranění čistícího systému na konci aplikace. Povrch s čistícím systémem byl překryt polymerní fólií, která snížila difúzi kyslíku do čistícího systému a zároveň zvýšila retenci vody. Proces čištění byl ukončen po dosažení optimálního výsledku, který vyžadoval tři patnáctihodinové aplikace. Tímto způsobem byly krusty odstraněny z 98 %.

Uvedená metoda čištění byla dále například testována ve dvou následných studiích, které prokázaly lepší výsledky bakteriálního čištění oproti vybraným chemickým

³⁷ ATLAS, Ronald M., CHOWDHURY, Ahad N., GAURI, K., Lal. Microbial calcification of gypsum-rock and sulfated marble. *Studies in Conservation*. 1988, vol. 33, s. 149–153.

³⁸ BOSCH-ROIG, P., LUSTRATO, Giuseppe, ZANARDINI, Elisabetta, RANALLI, Giancarlo. Biocleaning of cultural heritage stone surfaces and frescoes: which delivery system can be the most appropriate? *Annals of Microbiology*, 65, 2015, s. 1227–1241.

³⁹ CAPPITELLI, Francesca, ZANARDINI, Elisabetta, RANALLI, Giancarlo a kol. Improved methodology for bioremoval of black crusts on historical stone artworks by use of sulfate-reducing bacteria. *Applied and Environmental Microbiology* 72(5), 2006. s. 3733–3737.

a fyzikálními metodám. V prvním případě⁴⁰ byl bakteriální systém v gelu z kyseliny polyakrylové porovnáván se směsí uhličitanu amonného a kyseliny ethylendiamintetraoctové (EDTA). Experiment byl proveden na mramorové lunetě milánské katedrály, která byla pokryta černou sádrovcovou krustou. Z výsledků experimentu vyplynulo, že biologické čištění vedlo k homogennějšímu odstranění krust a depositů i k zachování povrchových úprav, které se vyskytovaly pod krustou.

V další studii⁴¹ bylo srovnáváno biologické čištění pomocí bakterie *Desulfovibrio vulgaris* ATCC 29579 v gelu z kyseliny polyakrylové s vybranými chemickými a fyzikálními metodami čištění. Z chemických metod byl testován uhličitan amonný v kombinaci s EDTA a neionogenní povrchově aktivní látkou Tween20. Dále byl vyzkoušen Nd:YAG laser s vlnovou délkou 1064 μm. Uvedenými způsoby byly odstraňovány síranové krusty z vnějších stěn florentské katedrály z povrchů různých karbonátových hornin. Bylo zjištěno, že chemické čištění vedlo k nehomogennímu odstranění krust a občasnému oddělení fragmentů povrchových úprav. Po čištění laserem byl povrch nežádoucím způsobem zbarven do žluta. Navíc zejména na bílém carrarském mramoru zůstala zbytková vrstva sádrovce. Naopak biologické čištění přineslo uspokojivé výsledky a nevyznačovalo se žádnou z výše uvedených nevýhod. Bakterie *Desulfovibrio vulgaris* i *Desulfovibrio desulfuricans* byly úspěšně použity v mnohých dalších případech zahrnujících také čištění vápencových soch nebo polychromovaných objektů.^{42, 43, 44}

Navzdory uspokojivým výsledkům je nutné zmínit některé nevýhody uvedených aplikací bakteriálního čištění. Například při větší tloušťce nebo chemické nehomogenitě krust byla doba čištění příliš dlouhá nebo docházelo k nedostatečné redukci krust. Dále stojí za zmínku, že v případě velmi degradovaného kamene mohl delší kontakt s vodným systémem, dokonce aplikovaným v gelu, způsobit další poškození povrchu.

⁴⁰ CAPPITELLI, Francesca, TONIOLO, Lucia, SANSONETTI, Antonio a kol. Advantages of Using Microbial Technology over Traditional Chemical Technology in Removal of Black Crusts from Stone Surfaces of Historical Monuments. *Applied and Environmental Microbiology* 73(17), 2007. s. 5671–5675.

⁴¹ GIOVENTÙ, Eleonora, LORENZI, Paola, VILLA, Frederica a kol. Comparing the bioremoval of black crusts on colored artistic lithotypes of the Cathedral of Florence with chemical and laser treatment. *International Biodeterioration & Biodegradation* 65(6), 2011. s. 832–839.

⁴² POLO, Andrea, CAPPITELLI, Francesca, BRUSETTI, Lorenzo a kol. Feasibility of Removing Surface Deposits on Stone Using Biological and Chemical Remediation Methods. *Microbial Ecology* 60, 1, 2010, s. 1–14.

⁴³ ELHAGRASSY, F. Abeer, HAKEEM, Amira. *Comparative study of biological cleaning and laser techniques for conservation of weathered stone in Failaka Island, Kuwait*. *Scientific Culture*, 4, 2, 2018, s. 43–50.

⁴⁴ MARTINO, Manuela, SCHIAVONE, Salvo, PALLA, Franco a kol. Bioremoval of sulfate layer from a 15th century polychrome marble artefact. *Conservation Science in Cultural Heritage*, 2015, s. 235–243.

Některé následující pokusy se zaměřily na řešení uvedených nevýhod. Například doba čištění byla snižována kombinací bakteriálního čištění s mechanickou redukcí krust nebo s chemickým předčištěním pomocí neionogenního detergentu (Tween20).⁴⁵ Alfano a kol.⁴⁶ navrhli k odstranění černé krusty tvořené ze směsi dusičnanů a síranů biosystém skládající se z bakterií *Desulfovibrio vulgaris* ATCC 29579 a *Pseudomonas pseudoalcaliganes* KF707, kmenu redukujícího dusičnany. Tento systém byl aplikován v gelu z kyseliny polyakrylové na tuf pokrytý popsanou heterogenní krustou. V další publikaci⁴⁷ byl k odstranění krusty na nástěnné malbě složené ze síranu vápenatého, oxalátu vápenatého, apatitu a kaseinu použit modifikovaný laponitový zábal se třemi bakteriálními kmeny. Těmito kmeny byly *Cellulosimicrobium cellulans*, tedy bakterie schopné rozkládat síran a uhličitan vápenatý, *Stenotrophomonas maltophilia*, bakterie rozkládající proteiny a *Pseudomonas koreensis*, bakterie rozkládající anorganické sloučeniny i proteiny. Podle autorů vykazovaly laponitové zábaly vysokou účinnost při redukcí a změkčování vrstvy depozitu bez provozních omezení. Systém byl účinný v anaerobních podmínkách, v širokém rozsahu teplot (6–39 °C) a během jeho působení nebyla poškozena vrstva malby nebo ušlechtilé patiny. Další výhodou použitého čistícího biosystému byla snadná a bezproblémová aplikace, a to také na svislých plochách a stropěch.

Patentován a komerčně vyvinut byl čistící systém s bakteriálním kmenem *Desulfovibrio vulgaris* v gelu z kyseliny polyakrylové v podobě produktu s názvem Micro4Art sulfate. Přípravek byl vyráběn firmou Micro4yoU s.r.l. a distribuován firmou Bresciani s.r.l. Je možné, že v současnosti již není tento produkt komerčně k dispozici.⁴⁸ V současné době je pravděpodobně nutné přistoupit v rámci záměru použití bakteriálního čištění k samotné kultivaci bakteriálního systému ze zakoupených kmenů. Procesem kultivace, přípravy a použití bakteriálního čistícího systému by bylo vhodné se zabývat v samostatné rozsáhlejší práci.

⁴⁵ TROIANO, Federica, GULOTTA, Davide, BALLOI, Annalisa a kol. Successful combination of chemical and biological treatments for the cleaning of stone artworks. *International Biodeterioration & Biodegradation* 85, 2013, s.294–304.

⁴⁶ ALFANO, Gabriele, LUSTRATO, Giuseppe, BELLÍ, C. a kol. The bio removal of nitrate and sulfate alterations on artistic stonework: the case-study of Matera Cathedral after six years from the treatment. *International Biodeterioration & Biodegradation*, 65, 7, 2011, s. 1004–1011.

⁴⁷ MAZZONI, Matteo, ALISI, Chiara, TASSO, Flavia a kol. Laponite micro-packs for the selective cleaning of multiple coherent deposits on wall paintings: the case study of Casina Farnese on the Palatine Hill (Rome-Italy). *International Biodeterioration & Biodegradation*, 94, 2014, s. 1–11.

⁴⁸ Produkt byl poptáván na emailové adrese firmy Micro4you v dubnu 2019 bez odezvy.

4.6 Experimentální část

V rámci praktické části bylo přistoupeno k odzkoušení vybraných způsobů odstraňování a redukce sádrovcových krust z vápence. Výběr byl podmíněn informacemi z literární rešerše, zkušenostmi, ale také dostupností metod čištění. Zkoušky byly provedeny přímo na restaurovaném díle na zkušebních plochách. Z abrazivních metod bylo vybráno suché mikropískování. Dále byl pro odstranění sádrovcových krust z vápence odzkoušen laser Thunder Art. Chemické metody čištění byly zastoupeny uhličitanem amonným, amonnou solí EDTA a anionaktivním iontoměničem. Kvůli nedostupnosti metody nebyla provedena zkouška biologického čištění bakteriemi, ačkoliv se jedná o velmi perspektivní metodu, kterou by bylo dobré v budoucnu vyzkoušet.

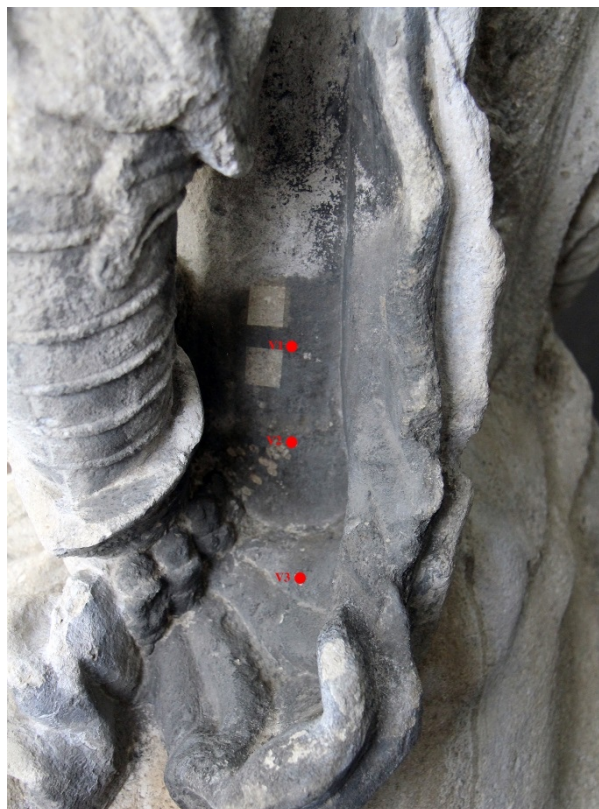
Provedené zkoušky byly na závěr vizuálně posouzeny a následně došlo k jejich porovnání na základě průzkumu UV fluorescence. Dále byly vyhodnoceny jejich výhody a nevýhody, zejména z hlediska šetrnosti k ošetřovanému dílu, případně jeho povrchovým úpravám, snadnosti aplikace a možnosti kontrolovatelnosti, míry i selektivity čištění.

4.6.1 Popis zkušebních ploch

K provedení zkoušek byl vybrán povrch vápence pod levou paží sochy, který byl pokryt souvislou černou krustou a nenacházel se na pohledově exponovaném místě. Vybraná místa obsahovala vertikální i horizontální plochy, na kterých bylo možné vyzkoušet nejen vybrané metody čištění, ale také různé způsoby aplikace chemického čištění (viz. Obr. č. 17).

Již při vizuálním průzkumu, průzkumu při větším zvětšení na objektu a průzkumu UV fluorescence se černá krusta vyznačovala různými vlastnostmi. Z těchto důvodů byl proveden odběr vzorků ze zkušebních míst k mikroskopickému průzkumu stratigrafie a k určení charakteru vrstev krust a jejich přibližné tloušťky. Průzkumem vzorků mělo být dále zjištěno, zda se v místě provedení zkoušek nacházejí pozůstatky povrchových úprav či jiných vrstev, které by zkouškami čištění mohly být poškozeny či zcela odstraněny (viz. Příloha č. 1).

Odběr byl proveden ze třech míst, každé z nich vykazovalo jiný charakter a zřejmě také jinou tloušťku krusty. První vzorek byl odebrán u horního okraje krusty na vertikální ploše, kde byla krusta zřejmě nejtenčí. Další vzorek byl odebrán ve střední části v oblasti vertikální zkušební plochy, kde byla krusta silnější. Poslední odběr byl proveden jako jediný na horizontální ploše, kde se předpokládalo, že přítomná krusta dosahuje největší tloušťky.



Obr. 17 Vyznačení míst odběrů vzorků krust k mikroskopickému průzkumu (9778/Č1-V1 až 9780/Č3-V3)

4.6.2 Příprava a aplikace vybraných metod čištění

Chelatační látky

Na základě literární rešerše a praktických zkušeností⁴⁹ byl ke zkouškám čištění připraven 5% (hm.) vodný roztok amonné soli kyseliny ethylendiamintetraoctové (EDTA) s hodnotou pH přibližně 8.⁵⁰ Roztok byl připraven pomalým přidáváním čpavku do vodného roztoku EDTA a následně byl použit v gelu s Klucelcem G. Vyhovující aplikační koncentrace Klucelcu G v čistícím systému byla přibližně 10 % (hm.) Výsledné pH měřené v gelu bezprostředně před jeho použitím bylo 7,7. Gel byl aplikován na vertikální zkušební plochu. Na závěr po sejmutí gelu z povrchu bylo místo zkoušky opláchnuto vodou.

K přípravě čistícího roztoku byl použit Komplexon II čistoty p.a. od firmy PENTA s.r.o. a demineralizovaná voda. Od stejné firmy byl použit vodný roztok čpavku čistoty p.a. o koncentraci 25–29 %.

⁴⁹ ŠKRABALOVÁ, Adéla. *Restaurování nástěnné malby – nástěnná malba ve štukovém poli nad vchodem do tzv. Tencallova sálu. Možnosti odstranění druhotných vápenných nátěrů z vápenných podkladů*. Diplomová práce. Univerzita Pardubice, Fakulta restaurování, Litomyšl 2018.

⁵⁰ Všechny hodnoty pH byly měřeny laboratorním pH metrem inoLab[®] (výrobce: Xylem Analytics Germany Sales GmbH & Co. KG, WTW) s dotykovou diodou k měření pH.

Uhličitan amonný

Pro účely zkoušek byl připraven 5% (hm.) vodný roztok uhličitanu amonného, který byl aplikován v gelu s Klucelem G. Vyhovující aplikační koncentrace Klucelu G byla přibližně 10 % (hm.). Gel s Klucelem G byl aplikován na menší vertikální plochu. Dále byl připraven 10% (hm.) roztok uhličitanu amonného, který byl nanášen ve směsi s drcenou celulózu (Arbocel). Zábál v Arbocelu byl aplikován na vertikální zkušební plochu. Roztoky uhličitanu amonného před přípravou gelu měly hodnotu pH přibližně 9,3. Hodnota pH gelu s Klucelem G bezprostředně před jeho použitím byla přibližně 9. Po sejmutí gelu byl povrch opláchnut vodou. Po odstranění uhličitanu amonného v obkladu byl na čištěný povrch aplikován vodný zábál z buničiny, který se zde nechal působit až do jeho vyschnutí.

K přípravě čistícího roztoku byl použit uhličitan amonný bezvodý s čistotou p.a. od firmy PENTA s.r.o. a demineralizovaná voda.

Iontoměnič

Na základě rešerše, zkušeností a aktuální dostupnosti byl vybrán silný anionaktivní iontoměnič Amberjet 4400 OH. Jedná se o silně zásaditý iontoměnič, který odštěpuje hydroxylový anion (OH⁻). Iontoměnič byl aplikován ve vodné suspenzi přímo na vertikální plochu sochy pomocí štětce. Iontoměnič byl navlhčen do té míry, aby měl dobrou konzistenci k nanesení (kašovitá konzistence). Po nanesení byl iontoměnič mechanicky krouživými pohyby třen štětcem, tak aby bylo eliminováno nehomogenní očištění vytyčené plochy. Po celou dobu působení byl iontoměnič udržován v dostatečném množství vody, během aplikace nebylo potřeba iontoměnič dodatečně zvlhčovat. Po procesu čištění byl povrch důkladně opláchnut vodou.

K přípravě vodné suspenze byl použit anionaktivní iontoměnič Amberjet 4400 OH a demineralizovaná voda.

Laser

Při výběru a nastavení laseru bylo přihlíženo k provedeným zkouškám v rámci restaurování sochy Jupitera, kdy bylo provedeno pět zkoušek čištění pomocí laseru. Zkoušky se od sebe lišily velikostí použité energie.

K provedení zkoušky na soše ozbrojence byl použit Nd:YAG Q-switched laser Thunder art, který byl nastaven na vlnovou délku 1064 μm při energii 650 mJ, opakovací

kmitočet 20 Hz a velikost bodu byla 5 mm. Čištění bylo prováděno ze vzdálenosti 10–15 cm.

Mikropískování

Zkouška mikroabrazivní metodou byla provedena na základě výsledků zkoušek provedených při restaurování sochy Jupitera, které je součástí stejného souboru a jenž byla předmětem bakalářské práce Petera Majoroše.⁵¹ Na soše Jupitera byly odzkoušeny dva typy abraziva o různých frakcích při odlišném nastavení tlaku na mikropískovacím zařízení.

Zkouška byla provedena suchou mikroabrazivní metodou čištění za použití mikropískovacího zařízení Miniblaster 1 s průměrem trysky 1,6 mm. Ze vzdálenosti 10 cm od čištěného povrchu došlo pomocí dolomitického vápence o frakci 300 µm k otryskávání horní vrstvy materiálu při tlaku 2 bary.

4.6.3 Výsledky a diskuze

Vyhodnocení zkoušek čištění bylo provedeno vizuálně v denním světle a UV fluorescenci. Ukázalo se, že jsou tyto základní metody restaurátorského průzkumu k účelům rozšířené části dostačující. Vizuálně bylo možné v denním světle posoudit míru a homogenitu čištění. Na základě průzkumu UV fluorescence bylo možné upřesnit představu o selektivitě a šetrnosti čištění a zjistit případnou migraci látek. K migraci látek pravděpodobně došlo při použití chemických metod čištění (viz. Obr. 20 a 21). U zkoušky uhličitanu amonného v gelu s Klucelem G se migrace látek vyznačuje potlačenou fialovou až nahnědlou UV fluorescencí v okolních zkouškách. Z výsledků UV fluorescence dále vyplývá, že chemickými metodami došlo pravděpodobně k částečnému zaniknutí přítomných povrchových úprav, jenž jsou charakteristické žlutou fluorescencí.

⁵¹ MAJOROŠ, Peter. *Restaurování sochy Jupitera s postamentem, Identifikace barokních sochařských děl ze zámku Uherčice*. Bakalářská práce. Univerzita Pardubice, Fakulta restaurování, Litomyšl 2018.



Obr. 18 Dokumentace čištění laserem (nahore) a mikropískováním (dole), detaily v bílém světle



Obr. 19 Dokumentace čištění laserem (nahore) a mikropískováním (dole), detaily v UV fluorescenci



Obr. 20 Dokumentace čištění laserem (nahore vlevo) a mikropískováním (dole vlevo), napravo ze shora: uhličitan amonný v gelu, EDTA a iontoměnič, na spodní draperii uhličitan amonný v zábalu, detaily v bílém světle

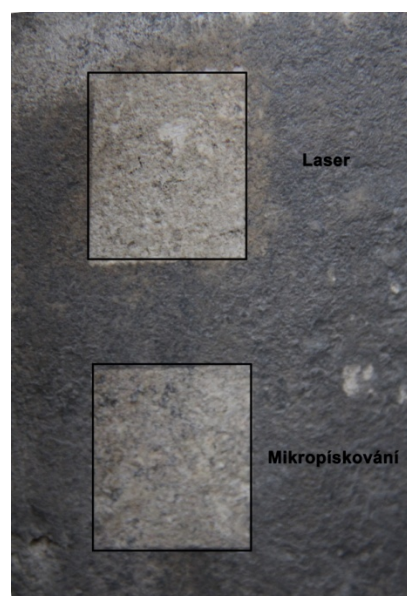


Obr. 21 Dokumentace čištění laserem (nahore vlevo) a mikropískováním (dole vlevo), napravo ze shora: uhličitan amonný v gelu, EDTA a iontoměnič, na spodní draperii uhličitan amonný v zábalu, detaily v UV fluorescenci

Výsledky experimentů naznačují, že je čištění pomocí laseru zřejmě šetrnější a selektivnější oproti chemickým metodám čištění i mikropískování (viz. Obr. 22 a 23). Při aplikaci ostatních metod hrozí riziko odstranění všech vrstev včetně případných fragmentů povrchových úprav. Při použití laseru lze předpokládat, že dochází k homogennímu selektivnímu odstranění pouze tmavé odstraňované vrstvy. Zároveň se však povrch očištěný laserem vyznačuje nažloutlým odstínem, který může být způsoben několika mechanismy, které jsou publikovány v odborné literatuře.⁵² Dále lze konstatovat, že se chemické metody čištění oproti čištění laserem nebo suchému mikropískování v obecné rovině vyznačují nevýhodami spojenými s jejich aplikací i v ohledu mokrého čištění a možností zanechání nežádoucích reziduí v porézním systému vápence.



Obr. 22 Pohled na místo provedení zkoušek čištění sádrovcové krusty s již proběhlými zkouškami laserem a mikroabrazivem



Obr. 23 Detail místa se zkouškami čištění pomocí laseru a mikropískování

⁵² MROVĚC, Pavel, *Restaurování sádrového modelu pomníku Jana Husa na Staroměstském náměstí od Stanislava Suchardy; Možnosti využití laseru v kontextu tradičních a současných metod čištění povrchově neupravených sádrových odlitek*. Diplomová práce. Univerzita Pardubice, Fakulta restaurování, Litomyšl 2017.

Iontoměnič byl nanesen na vertikální plochu a třen pomocí štětce. Po pěti minutách došlo k neucelenému očištění povrchu, kdy se v některých místech ještě nacházely zbytky krusty a někde byl povrch již očištěn. Barevnost očištěného povrchu byla do oranžova. Po deseti minutách byl povrch kompletně očištěn. V krajích zkušební plochy nedošlo k úplnému odstranění krusty vlivem menšího mechanického tření povrchu. Proces čištění byl zakončen opláchnutím povrchu vodou. Po vyschnutí kamene bylo možné na povrchu zaznamenat stopy po částicích iontoměniče. Ze všech provedených zkoušek se jednalo o nejvíce nehomogenní očištění síranové krusty z vápence.



Obr. 24 Detail místa k provedení zkoušky čištění iontoměničem



Obr. 25 Míra očištění po pěti minutách působení iontoměniče



Obr. 26 Výsledný efekt po deseti minutách

Amonná sůl EDTA byla nanášena v gelu na menší vertikální zkušební plochu. Po třicetiminutovém působení chelatační látky v gelu vypadal čištěný povrch totožně jako před zkouškou, proto byl gel z povrchu odstraněn. Horní část plochy byla mechanicky čištěna štětcem. Tímto způsobem došlo k částečné redukci krusty. Na celou zkušební plochu byla znovu nanášena vrstva chelatačního činidla v gelu. Po další půl hodině byl celý povrch očištěn suchým štětcem a následně omýván štětcem s vodou. Po uschnutí obě dvě části zkušební plochy vykazovaly stejnou míru očištění. Výsledek čištění byl srovnatelný se zkouškami laserem, mikropískováním a uhličitánem amonným v gelu. Očištění bylo celistvé s velmi malým množstvím zbytků síranové krusty.



Obr. 27 Plocha k provedení zkoušky čištění pomocí amonné soli EDTA



Obr. 28 Částečně očištěná horní část zkoušky po půlhodinovém působení chelatačního činidla



Obr. 29 Výsledný efekt po jedné hodině působení chelatačního činidla

Uhličitan amonný byl vyzkoušen dvěma způsoby aplikace, v gelu s Klucelem G a pomocí zábalu v Arbocelu. V prvním případě byl po pěti minutách gel s uhličitanem amonných sejmут z horní poloviny zkušební plochy a povrch byl očištěn kartáčkem s vodou. Míra očištění byla již po pěti minutách srovnatelná se zkouškou laserem, mikropískováním nebo s čištěním chelatačním činidlem v gelu s tím rozdílem, že barevnost povrchu byla lehce došeda. Po deseti minutách došlo k očištění spodní části zkušební plochy pomocí kartáčků. Výsledek byl stejný jako u horní části zkušební plochy včetně šedé barevnosti povrchu. Poté byla nanesena na celou zkušební plochu znovu vrstva gelu s uhličitanem amonným, která se zde nechala působit dalším pět minut. Na horní části zkoušky tak působil uhličitan amonný v gelu celkem deset minut a na spodní části patnáct minut. Proces čištění byl ukončen vymytím zbytků uhličitanu amonného v gelu kartáčkem s vodou. Na povrch byl následovně nanesen vodný zábal z buničiny, který zde byl ponechán až do jeho vyschnutí. Po vyschnutí místa zkoušky byla barevnost očištěného kamene šedobílá a v jejím okolí byla zaznamenána světlá zóna. Provedené zkoušky sousedící se zkouškou s uhličitanem amonným v gelu byly u kraje zesvětleny zřejmě působením uhličitanu amonného nebo migrací reziduí z čištění.



Obr. 30 Plocha k provedení zkoušky čištění pomocí uhličitanu amonného v gelu s Klucelem G



Obr. 31 Horní část zkušební plochy očištěná po pěti minutách působení uhličitanu amonného v gelu



Obr. 32 Výsledný efekt čištění po deseti minutách působení uhličitanu amonného v gelu

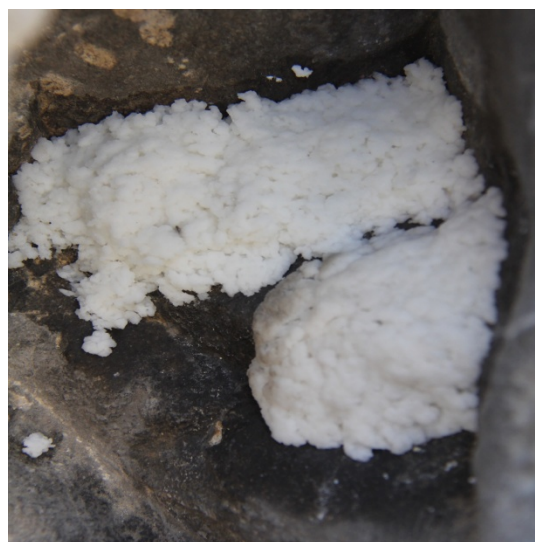


Obr. 33 Vodný zábal z buničiny nanesený na povrch zkušební plochy

Uhlčitán amonný v zábalu byl nanesen jako jediný na horizontální plochu. Místo provedení zkoušky bylo rozděleno na dvě části. V horní části byla doba aplikace půl hodiny, ve spodní části byla doba působení jedna hodina. Po sejmutí zábalů byl povrch očištěn měkkým kartáčkem s vodou. V obou případech došlo ke ztrátě původní horniny. Intenzita očištění byla větší u spodní zkoušky. Po procesu čištění byl na místo zkoušky nanesen vodný zábal kvůli extrakci nežádoucích reziduí.



Obr. 34 Plocha k provedení zkoušky čištění pomocí uhličitanu amonného v zábalu



Obr. 35 Uhlčitán amonný v zábalu z buničiny nanesený na povrch zkušební plochy



Obr. 36 Výsledný efekt po půl hodině působení uhličitanu amonného v zábalu (horní část) a po jedné hodině působení uhličitanu amonného v zábalu (spodní část)



Obr. 37 Vodný zábal nanesený na povrch zkušební plochy



Obr. 38 Výsledek odstraňování sádrovcové krusty na vápenci vybranými metodami, bližší popis provedených zkoušek v Tab. 9

Číslo zkoušky	Popis provedené zkoušky
1	laserové čištění (Nd:YAG Q-switched laser Thunder art)
2	mikopískování (Miniblaster 1 s průměrem trysky 1,6 mm, tlak 2 bary, použit dolomitický vápenec o frakci 300 μm)
3	vodný roztok uhličitanu amonného v gelu s Klucelem G
4	vodný roztok amonné soli kyseliny ethylendiamintetraoctové (EDTA)
5	anionaktivní iontoměnič Amberjet 4400 OH
6	roztok uhličitanu amonného ve směsi s drcenou celulózou (Arbocel)

Tab. 9 Popis provedených zkoušek a přiřazení jednotlivých zkoušek k Obr. 38

4.7 Závěr

Rozšířená část bakalářské práce se zabývala možnostmi čištění síranových krust z povrchu vápence. Shromážděné poznatky o jednotlivých možnostech odstraňování a redukci síranových krust jsou shrnuty v teoretické části práce. Zde jsou uvedeny základní charakteristiky jednotlivých metod, mechanismus čištění s přihlédnutím k odstraňování síranových krust či možnosti aplikace chemických čistících systémů. Výběr vhodných metod čištění byl uskutečněn na základě provedené literární rešerše, zkušeností a dostupných možností. Z chemických metod byly odzkoušeny anionaktivní iontoměnič Amberjet 4400 OH v gelu z Klucelu G, 5% (hm.) vodný roztok amonné soli EDTA v gelu z Klucelu G, 10% (hm.) roztok uhličitanu amonného v zábalu z Arbocelu. a 5% (hm.) roztok uhličitanu amonného v gelu z Klucelu G. Dále byla do zkoušek čištění zahrnuta laserová ablace pomocí Q-switched laseru Thunder Art a mikropískování na suché bázi.

V praktické části bylo celkem provedeno šest zkoušek odstraňování síranové krusty z vápence. Zkoušky byly provedeny na vhodné pohledově skryté ploše s výskytem souvislé síranové krusty. Tímto místem byla oblast pod jeho levou paží. Z mikroskopického průzkumu stratigrafie bylo zjištěno, že se v místě provedení zkoušek nalézá síranová krusta různé tloušťky a mohou se zde nacházet pozůstatky povrchových úprav. Získané výsledky čištění nemusí být zcela objektivní, jelikož zkoušky byly provedeny na povrchu s různými vlastnostmi i různou tloušťkou síranových krust.

Na základě provedených experimentů byla jako nevyhovující vyhodnocena zkouška se silným anionaktivním iontoměničem Amberjet 4400 OH, zejména kvůli nehomogenitě očištění ve smyslu zanechání stop po částicích iontoměniče. Efektivita čištění byla v porovnání s ostatními metodami menší. Míra očištění systémy na bázi amonné soli EDTA a uhličitanu amonného v gelu byla vysoká a srovnatelná s mikropískováním. Po použití uhličitanu amonného v gelu měl očištěný povrch sochy bíložedý odstín. Při zkoušce s uhličitanem amonným v zábalu, která byla provedena jako jediná na horizontální ploše, došlo k přečištění povrchu a ztrátě originální hmoty po půlhodinové době působení. Výsledný vizuální efekt byl nejvíce vyhovující po použití mikroabrazivní metody v porovnání s ostatními zkouškami. Na druhou stranu lze předpokládat, že čištění chemickými metodami a mikropískováním není selektivní a dochází při něm také k odstranění případných pozůstatků povrchových úprav, které se mohou vyskytovat pod krustami. U laserového čištění docházelo k lehkému barevnému posunu povrchu do žluta. Tento negativní vizuální jev může být eliminován vodnými zábaly po očištění anebo kombinací laseru s dalšími technikami čištění. Jiné viditelné nevýhody tato metoda nemá.

Na základě provedených experimentů nebyly podle předpokladů použity k celkovému odstraňování síranových krust chemické metody čištění. Čištění sochy bylo kvůli nižším rizikům uskutečněno kombinací laseru a mikroabrazivního čištění. Převážně byl k odstranění síranové krusty na objektu použit laser, kvůli vyšší šetrnosti a selektivitě čištění. Při mikropískování totiž docházelo k nežádoucímu nadměrnému otryskávání povrchu, což není zcela bezpečné pro horninu ani pro přítomné zbytky povrchových úprav. Suché mikropískování bylo použito pouze v případě, kdy již nebylo možné povrch očistit laserem anebo v místech, kde docházelo k nežádoucímu barevnému posunu povrchu do žluta. Tento negativní vizuální jev byl eliminován použitím vodných zábalů po očištění.

4.8 Použité čisticí systémy a materiály⁵³

Chelatační látky v gelu:

- Komplexon II p.a., kyselina ethylendiamintetraoctová (EDTA), čpavková voda p.a. (výrobce PENTA, s.r.o.; ČR), Klucel G – hydroxypropylóza (HPC), ether celulózy (výrobce: Ceiba, s.r.o.; ČR), demineralizovaná voda

Uhličitan amonný v gelu:

- Uhličitan amonný bezvodý p.a. (výrobce: PENTA s.r.o.; ČR), Klucel G – hydroxypropylóza (HPC), ether celulózy (výrobce: Ceiba, s.r.o.; ČR), demineralizovaná voda

Uhličitan amonný v obkladu:

- Uhličitan amonný bezvodý p.a. (výrobce: PENTA s.r.o.; ČR), Arbocel BC 200, CTS-srl, info@ctseurope.com, dodavatel – krustashop.cscstavby.cz – celulózová vlákna o délce 300 µm, demineralizovaná voda

Iontoměnič:

- anionaktivní iontoměnič Amberjet 4400 OH, CTS-srl, ctseurope.com, demineralizovaná voda

Laserové čištění:

- laser (Nd:YAG Q-switched laser Thunder art, výrobce: Quanta System S.p.A), nastavení: vlnová délka 1064 µm při energii 650 mJ

Suché mikropískování:

- abrazivní metoda mikropískování pomocí pískovacího zařízení Miniblaster 1 o průměru trysky 1,6 mm – tlak 2 bary, abrazivo: dolomitický vápenec o velikosti frakce 300 µm

⁵³ Technické a bezpečnostní listy použitých čisticích systémů a materiálů v rozšířené části bakalářské práce jsou ve zkrácené formě umístěny v textové příloze.

5. KONCEPCE

Koncepce restaurátorského zásahu vycházela z koncepce zavedené při předchozím restaurátorském zásahu na soše Jupitera, který proběhl v roce 2017-2018. Tehdy koncepce restaurování navázala na již zrestaurované sochy alegorii Zimy, sv. Donáta a sv. Floriána.⁵⁴ Skulptura vyžadovala komplexní restaurátorský zásah, jehož cílem bylo navrátit dílu jeho původní tvar a vzhled při respektování otevřeného povrchu kamene s typickou hrubou strukturou kamene danou jeho nehomogenitou.

Zrestaurované sochy ze souboru budou osazeny pod arkády vstupního nádvoří. K přemístění soch dojde na základě historických fotografií ze začátku 20. století, na kterých jsou sochařské objekty umístěny právě v těchto místech. Přemístěním děl dochází ke změně primárního konceptu a sochy se stávají součástí sochařské výzdoby arkádové architektury. V budoucnu tak budou skulptury částečně kryty před přímými povětrnostními vlivy. Podstavec sochy, na který bude skulptura osazena není předmětem restaurování.

V rámci restaurování bude přistoupeno k odstranění biologického napadení, které udržuje v kameni vlhkost a tím dochází k degradaci materiálu. Restaurátorský zásah bude obsahovat redukci sádrovcových krust a vyššího množství vodorozpustných solí v kameni. Narušený materiál díla bude zajištěn. Starší tvarové doplňky neodpovídají svými optickými nebo mechanickými vlastnostmi originálu, a proto se odstraní a nahradí novými tmely. Plastické retuše poslouží k doplnění míst, kde došlo k výrazné ztrátě původní hmoty. Na závěr bude přistoupeno k lokální barevné retuši, kdy bude potlačena rozdílná barevnost nových doplňků od originálu. Minimální odlišnost barevnosti materiálů však bude zachována, aby nebylo vytvářeno falsum. Tato metoda retušování byla použita při restaurování sochy Jupitera. U předchozích restaurátorských zásahů byl použit jiný restaurátorský přístup, kdy byla provedena napodobivá retuš. Při této retuši dochází k zániku odlišností barevnosti mezi originálem a tmelem.

Z rozšířeného umělecko-historického průzkumu provedeného v rámci bakalářské práce Adélou Machovou⁵⁵ bylo zjištěno, že chybějícím atributem obou momentálně restaurovaných ozbrojenců bylo s největší pravděpodobností kopí. Rozšířená část zahrnuje návrh na rekonstrukci kopí, jehož přítomnost navrátí postavě jeho původní kompozici.

⁵⁴ Alegorie Zimy byla zrestaurovaná v roce 2009 akad. sochařem Petrem Roztočilem. Sochu sv. Donáta a sv. Floriána zrestauroval v roce 2005 akademický sochař Jindřich Martinák a MgA. Tomáš Martinák (získáno z bakalářské práce Petera Majoroše).

⁵⁵ MACHOVÁ, Adéla. *Restaurování sochy ozbrojence ze státního zámku Uherčice*. Bakalářská práce. Univerzita Pardubice, Fakulta restaurování, Litomyšl 2019.

Návrh kopí bude předložen zástupcům NPÚ, kteří schválí jeho finální vzhled a rozhodnou o jeho realizaci.

6. POSTUP PRACÍ

Po převezení sochy do ateliéru došlo k vyfocení stavu před započítím restaurátorského zásahu. Fotoaparátem Canon 60 D byly pořízeny snímky celkových pohledů ze všech stran a detailů. V průběhu prací byly fotograficky zdokumentovány jednotlivé restaurátorské zásahy. Na základě vizuálního průzkumu byly vyhotoveny grafické zákresy, kde je zaznamenán stav památky před započítím restaurátorských prací (viz. Grafická příloha).

6.1 Čištění biologického napadení a tmelů

Nejprve bylo z povrchu kamene odstraněno biologického napadení pomocí dezinfekčního přípravku Ajatin a páry. Skulptura byla následně dočištěna mechanicky nekovovými kartáčky a skalpelem.

Následně byly odstraněny všechny sekundární tmely pomocí sochařského nářadí. U plintu pod sochou, kde se nacházela tenká a tvrdá vrstva tmelu, došlo touto metodou pouze k redukci této vrstvy. K dalšímu předčištění v těchto místech došlo kombinací pneumatického dláta, laseru a mikroabrazivního čištění, při kterém bylo jako abrazivum použit dolomitický vápenec o frakci 300 μm . Na závěr byl povrch dočištěn pomocí pneumatické mikro tužky (běžně používaná na gravírování).

6.2 Konsolidace

Objekt byl lokálně prekonsolidován v místech, kde je povrch silně degradován, poškozen nebo se na něm nacházejí praskliny. Na základě výsledků měření ultrazvukové transmise bylo přistoupeno k zpevnění sochy ve velkém rozsahu. Jako konsolidant posloužila vápenná suspenze CaLoSiL E25. Pro kontrolu použitého množství zpevňovače bylo přistoupeno k aplikaci konsolidantu pomocí injekčních stříkaček. Proces zpevňování byl aplikován v 5-8 cyklech. Mezi jednotlivými cykly nesmělo dojít k uschnutí povrchu. Celkem bylo použito 650 ml konsolidantu. Po ukončení konsolidace byl povrch zavlhčen vodou pomocí rozprašovače. Tím byl eliminován vznik bílého zákalu na povrchu, který je způsoben zpětnou migrací konsolidantu. Přesto došlo k jeho vytvoření. Bílý povlak na povrchu byl odstraněn pomocí měkkých nekovových kartáčků, laseru a mikropískování, kdy bylo použito jako abrazivum dolomitický vápenec o frakci 300 μm .

6.3 Odstranění krusty

Před odsolováním objektu bylo nutné zredukovat či zcela odstranit sádrovcové krusty. Na základě výsledků rozšířeného chemicko-technologického průzkumu byly vybrány dvě metody čištění. Půjde o kombinaci laseru a mikroabrazivního čištění. Skulptura byla nejprve očištěna použitím laseru Q-switched Nd:YAG Thunder art při nastavení vlnové délky 1064 μm s energií 650 mJ z přibližné vzdálenosti 15-20 cm. Pro lepší odstranění krusty byl povrch vlhčen rozprašovačem. Přesto nedošlo k úplnému dočištění, proto bylo přistoupeno k použití mikroabrazivní metody za použití dolomitického vápence jako abraziva o frakci 300 μm . V místech, kde se nacházela silná krusta byl povrch po očištění nažloutlý. Tento jev byl odstraněn odsolovacími zábaly.

6.4 Doplněk z umělého kamene

Doplněk v oblasti kotníku byl odstraněn a nahrazen výduskem, jelikož nevyhovoval svojí modelací a fyzikálními vlastnosti. Před započítím prací byla celá socha jištěna smyčkovými lany pomocí zvedacího zařízení.

Po odstranění nevyhovujícího kotníku byl okolní kámen potřén speciálním kaučukovým latexem Arte Mundit od firmy Remmers. Tenká vrstva tohoto přípravku sloužila jako separace kamene od hlíny, z které byla vymodelována nová část nohy. Při modelaci kotníku jako předloha posloužila pravá noha postavy. Využito bylo také identické, avšak zrcadlově obrácené sochy ozbrojence, která je současně restaurovaná v rámci bakalářské práce Adélou Machovou.⁵⁶ Po vymodelování byl kotník přizvednutím horní části sochy vyjmut. Horní část sochy bylo možné přizvednout, jelikož po odsekání tmelu po celém obvodu v oblasti pod suknicí, došlo k lehkému uvolnění horní části od spodní. Doplněk byl následně zaformován pomocí silikonu a sádrové formy. Poté byla hlína z formy vyjmuta a kotník byl vydusán směsí, která je uvedena v kapitole Použité technologie a materiály. Po 3 dnech zavlažování výdusku ve formě byl kotník vyjmut z formy. Uzavřený povrch výdusku byl otevřen/narušen pomocí kovových špachtlí a dlát. Následně byl doplněk tři týdny vlhčen vodou, než bylo dosaženo optimální tvrdosti materiálu. Na závěr byla struktura povrchu upravena pomocí dlát, brusného kamene a mikropískování při použití korundu o frakci 90 μm , tak aby byl minimalizován vizuální rozdíl mezi výduskem a originálním kamenem.

⁵⁶ MACHOVÁ, Adéla. *Restaurování sochy ozbrojence ze státního zámku Uherčice*. Bakalářská práce. Univerzita Pardubice, Fakulta restaurování, Litomyšl 2019.

6.5 Armování a osazení doplňku

Po provedení průzkumu kovových armatur v objektu pomocí detektoru kovu (viz. kapitola 3.2.3, s. 13–14) byla potvrzena přítomnost kovového čepu v oblasti krku, pod suknicí a v koleni. Ve všech případech se jednalo o zajištění rozlomených částí. Všechny výše zmíněné armatury byly v díle ponechány. Při restaurování byla vyjmuta pouze jedna armatura nacházející se v plintu (viz. poslední odstavec této podkapitoly). Ta však byla objevena až po odsekání tmelů.

Při vizuálním průzkumu byly zaznamenány na zadní straně postavy v místě zlomení (v přední části se prasklina nachází pod suknicí) dva nalévací otvory, které posloužily v minulosti k zalití čepů olovem. Po odsekání tmelů po celém obvodu bylo našim cílem postavu v těchto místech rozdělit na dvě části a zalité čepy vyvrtat a nahradit je novými nerezovými. Tento spoj byl odsekáním tmelů pouze uvolněn, avšak nepodařilo se nám sochu v těchto místech rozdělit a čepy vyměnit.

Uvolnění spoje umožnilo lehké nadzvednutí sochy pomocí smyčkových lan a zvedacího zařízení, tak aby mohl být na místo kotníku usazen nový doplněk z umělého kamene. Po vložení kotníku na místo byl doplněk zatížen vahou sochy. Spodní část postavy byla stáhnuta upínacími popruhy k horní části, aby nedošlo při položení sochy do horizontální polohy k posunu kotníku. Po položení skulptury bylo přistoupeno k vytipování ideálního místa pro vytvoření otvoru pro novou nerezovou výztuž. Vyvrtání otvoru pro nový čep bylo provedeno jádrovou vrtačkou za přítomnosti vody.

Na pravé straně plintu (z našeho pohledu) byl vyvrtán zkorodovaný čep, který sloužil k přichycení pravého předního rohu, který byl v minulosti ulomen. Armatura bude nahrazena novou nerezovou výztuží, která nebude do budoucna objekt ohrožovat.

Poté bylo přistoupeno k lepení. Nejprve bylo do obou otvorů implementováno dvousložkové epoxidové lepidlo Akepox 5010. Následně byly dovnitř vsunuty nerezové tyčoviny o průměru 12 mm. Nerezová výztuž vedoucí skrz plintu, kotník až do dolní poloviny lýtky dosahovala délky 40 cm. Délkou tyčoviny bylo dosaženo pevnějšího uchycení nového výdusku a lepší stability památky. Boční armatura k zajištění ulomeného rohu měřila 20 cm. Rotačním pohybem tyčovín uvnitř otvoru bylo docíleno rozprostření lepidla po celé délce. V dalším kroku bylo lepidlo nanášeno bodově na spodní a vrchní část doplňku pomocí tenkých kovových špachtlí. Před postavením sochy byla vertikální armatura zajištěna papírovou lepicí páskou, aby nedošlo k vytečení lepidla či posunutí tyčoviny směrem dolů. Na závěr byla skulptura pomocí zvedacího zařízení postavena a působením gravitační síly bylo docíleno pevného lepeného spoje.

6.6 Odsolování

Odsolování bylo provedeno a základě výsledků analýz na stanovení obsahu vodorozpustných solí, kde bylo zjištěno, že je potřeba provést nezbytné opatření u síranů, které se nacházejí v hloubce 0-2 cm. Vzorek k analýze byl odebrán na zadní straně sochy v místě s krustou. Z těchto důvodů jsme se rozhodli pro použití lokálních odsolovacích zábalů, které byly aplikovány na celou zadní část sochy, kde se nacházely síranové krusty ve vysoké míře. Odsolovací zábal byl tvořen z demineralizované vody a ze směsi jemné frakce střeleckého písku, kaolínu a buničiny Arbocel v poměru 4:1:2. Kaolín je do odsolovacích zábalů přidáván z důvodu delšího udržení vlhkosti v buničině a střelecký písek zvýší poréznost zábalů. Tento druh písku je vybrán na základě poznatků, že by neměl obsahovat soli. Tento fakt byl potvrzen analýzou na stanovení obsahu vodorozpustných solí v jednotlivých složkách směsi.

Zábaly byly nanášeny ve dvou cyklech po pěti dnech. Délka ponechání zábalů se odvíjela z výsledků odsolování sochy Jupitera, jenž byla předmětem bakalářské práce Petera Majoroše. Před aplikací zábalů byl povrch objektu provlhčen, aby došlo k aktivaci solí v kameni a přilnutí zábalu k povrchu. Zábal byl aplikován pomocí rukou a po nanesení byl celý objekt zabalen do polyetylenové fólie. Na konci každého cyklu byly odebrány tři kontrolní vzorky ze třech různých výšek ve stejné vertikále o velikosti 10x10 cm, z kterých byla zjištěna funkčnost odsolování. První vzorek byl odebrán z výšky 23 cm, druhý byl odebrán ve výšce 80 cm v blízkosti vrtu k analýze na stanovení obsahu vodorozpustných solí v kameni. Poslední vzorek byl odebrán z výšky 130 cm.

Mezi cykly a na konci odsolování byl povrch očištěn pomocí páry a nekovových kartáčků. Odsolovacími zábalami došlo i k odstranění žlutého zbarvení povrchu po očištění laserem.

Z výsledků stanovení obsahu vodorozpustných solí bylo zjištěno, že se podle předpokladů nevyskytují v odsolovacích zábalách dusičnany, jelikož již před odsolováním bylo jejich množství ve vzorku z vrtné moučky zanedbatelné. V prvním odsolování došlo k největší extrakci chloridů do odsolovacích zábalů ve výšce 80 cm. Síranové krusty byly v díle eliminovány až v druhém cyklu odsolování, nejvíce pak ve výšce 23 cm. Účinnost odsolovacích zábalů nelze na základě výsledků posoudit.

6.7 Injektáž prasklin

V největší míře se nacházely trhliny a praskliny na draperii suknice. Na některých místech postavy vznikly povrchové puchýře. K injektáži těchto míst byla použita minerální směs Ledan TB1, která byla aplikována pomocí injekční stříkačky. K zabránění vytékání injektážní směsi ven z materiálu nám posloužila vata.

6.8 Plastická retuš

Složení tmelící směsi vycházelo z již provedeného průzkumu v rámci restaurování sochy Jupitera, jenž byla bakalářskou prací Petera Majoroše. Z důvodu nedostupnosti některých písků byla směs lehce upravena. Z tohoto důvodu byly provedeny v rámci našeho průzkumu nové zkoušky tmelících směsí, ve kterých došlo k navýšení poměrových množství některých písků a byla vyzkoušeny i změny frakcí.

Po odsolení se chybějící části doplnily tmelící směsí, která byla vybrána na základě výsledků průzkumu. Z provedených zkoušek byla vybrána směs, která nejvíce odpovídá svými optickými a mechanickými vlastnostmi originálnímu materiálu. Tmelící směs se skládá ze dvou písků a hydraulického vápna NHL 3,5. Celá směs je v poměru 2,5:1.

Naším cílem bylo celé dílo plastickou retuší sjednotit, tak aby některé části nepůsobily rušivě. V rámci restaurování došlo k tvarovému doplnění míst s velkou ztrátou původní horniny. Nejvíce nových tmelů se nachází v oblasti řasené suknice, na hlavě a v horní části zad, kde po odsekání kapuce vzniklé v tmelu byla objevena zcela jiná draperie, kterou je potřeba tvarově obnovit. U plintu pod sochou byly doplněny hrany, tak aby byla tato část zcelena. Dále byly tmelem zarovnány přítomné spáry a praskliny. Všechny tmely byly doplněny do tvaru a několik týdnů byly vlhčeny pomocí rozprašovače.

Po restaurování při osazování sochy na místo bude použita směs vápencové drtě a hydraulického vápna NHL 3,5.

6.9 Konsolidace fragmentů polychromie

Po odstranění krusty z povrchu bylo na památce nalezeno několik malých fragmentů polychromie. Na jeho pravé straně zad byl nalezen fragment červené barvy o velikosti cca 1 mm. Nejrozsáhlejší barevná úprava byla nalezena pod suknicí. Jedná se o fragment nejspíše černé barvy. Na prstech jeho levé ruky a na přední draperii ve spodní části sochy byla nalezena bílá povrchová úprava. Fragment na levé ruce byl jedinou povrchovou úpravou, která byla konsolidována Paraloidem B72 v 3% toluenu, který se

aplikoval pomocí injekční stříkačky. Fragment byl poté přichycen k povrchu kamene zažehlovací špachtlí. U ostatních povrchových úprav nebylo potřeba provést jejich konsolidaci, jelikož se neoddělovaly od povrchu a ani u nich nebylo zaznamenáno práškovatění.

6.10 Barevná retuš

Na závěr bylo přistoupeno k barevné retuši práškovými pigmenty pojené akrylátovou disperzí K9 o 1,5% koncentraci s vodou. Barevná retuš byla provedena na nově vzniklých tmelech pouze lokálně v malé míře. Tím došlo k scelení povrchu a potlačení rozdílné barevnosti materiálů.

7. POUŽITÉ TECHNOLOGIE A MATERIÁLY

Čištění povrchu od biologického napadení:

- dezinfekční přípravek Ajatin o koncentraci 2 % (hm.), pára, nekovové kartáčky, skalpel

Čištění povrchu od tmelů:

- sochařské nářadí

plintus:

- sochařské nářadí, pneumatické dláto
- laser (Nd:YAG Q-switched laser Thunder art), nastavení: vlnová délka 1064 μm při energii 650 mJ
- abrazivní metody, mikropískování pomocí pískovacího zařízení Miniblaster 1 o průměru trysky 1,6 mm – tlak 2 bary, abrazivo: dolomitický vápenec o velikosti frakce 300 μm
- pneumatická mikro tužka (běžně používaná pro gravírování)

Odstranění krust:

- abrazivní metoda mikropískování pomocí pískovacího zařízení Miniblaster 1 o průměru trysky 1,6 mm – tlak 2 bary, abrazivo: dolomitický vápenec o velikosti frakce 300 μm
- laser (Nd:YAG Q-switched laser Thunder art), nastavení: vlnová délka 1064 μm při energii 650 mJ

Zpevnění kamene:

- 650 ml vápenné nanosuspenze v organickém rozpouštědle – CaLoSiL E25, injekční stříkačka, voda

Kovové armatury a doplněk:

Lepení:

- dvousložkové epoxidové lepidlo Akepox 5010

Vrtání otvorů pro armatury:

- jádrová vrtačka, voda

Kovové armatury:

- nerezová tyčovina o průměru 12 mm, délka 20 cm a 40 cm

Odsolování:

- kaolín, střelecký písek ST 56, demineralizovaná voda, celulózová vlákna Arbocel Arbocel BC 200, CTS-srl, info@ctsuurope.com, dodavatel – krustashop.cscstavby.cz – celulózová vlákna o délce 300 µm

Injektáž prasklin a trhlin:

- injektážní směs Ledan TB 1 (Tecno Edile Toscana), injekční stříkačky, vata

Plastická retuš:

Minerální směs pro tvarové tmelení:

- plnivo: 0,5 obj. dílu litavského jemnozrného vápence z lomu S. Marghareten, 2 obj. díly dolomitického krystalického vápence Hubina ze Slovenska a 0,5 obj. dílu vápence Ernstbrunn (všechny písky o frakci 1 mm), pojivo: přírodně hydraulické vápno NHL3,5 (Otteraiben Hydradur) – poměr plniva a pojiva 3:1, směs smíchaná s vodou

Minerální směs pro výdusek:

- plnivo: 1 obj. díl litavského jemnozrného vápence z lomu S. Marghareten, 1,5 obj. dílu dolomitického krystalického vápence Hubina ze Slovenska a 0,5 obj. dílu vápence Ernstbrunn (všechny písky o frakci 1 mm), pojivo: přírodně hydraulické vápno NHL3,5 (Otteraiben Hydradur) a bílý cement (poměr pojiv 0,5:0,5) – poměr plniva a pojiva 3:1, směs smíchaná s vodou

Minerální směs pro osazování:

- vápencová drť Hubina a hydraulické vápno NHL 3,5 v poměru 3:1

Barevná retuš:

- světlostálé pigmenty (dodavatel Deffner & Johann), pojivo: akrylátová disperze K9 (1,5 % koncentrace)

Konsolidace fragmentů polychromie:

- Paraloid B72 v toluenu, 3% (hm.)

8. NOVÉ POZNATKY

V průběhu práce bylo zjištěno, že se nejedná o sochu boha Marta, jak bylo uvedeno v památkovém katalogu. Tato identifikace byla vyvrácena po vizuálním průzkumu obou ozbrojenců, na nichž je pracováno v rámci jedné etapy restaurování. Bylo zjištěno, že se jedná o identické zrcadlově obrácené postavy, a proto ani jedna z nich nemá atribut odpovídající určitému božstvu. Novým poznatkem zjištěným během historického průzkumu bylo i to, že se oba ozbrojenci dříve nacházeli u vstupní brány (viz. Obr. 39), proto lze uvažovat i o osazení dvojice soch na toto místo.

Při průzkumu kovových prvků a čepů pomocí detektoru kovy, byly potvrzeny kovové armatury ve všech místech, které byly vytipovány během vizuálního průzkumu. Žádná z nich však nebyla odstraněna. Avšak po odsekání tmelů byl objeven další kovový čep, který byl navrtán z pravé strany plintu. Jeho funkcí bylo zajistit přilepený pravý přední roh plintu, který byl v minulosti ulomen. Tento čep byl jako jediný odvrtnut a nahrazen novou nerezovou armaturou.

Při umělecko-historickém průzkumu bylo dohledáno několik historických fotografií. První bližší fotografie postavy vznikla v roce 1971, na které ozbrojenec nedrží v ruce meč. Avšak na fotografii z roku 1975 stojí socha již se zbraní v pravé ruce. Z toho vyplývá, že meč z tmelu vznikl mezi lety 1971-1975. Nejde tak o doplněk z restaurátorského zásahu uskutečněného v roce 1979 Jaroslavem Vaňkem.

Při vizuálním průzkumu bylo také zjištěno, že rukojeť meče v jeho pravé ruce je tvořena nejen z tmelu ale i z kamene. Nejedná se však o originální část meče, jelikož ozbrojenec má v ruce otvor pro zbraň, která byla vytvořena z jiného materiálu, než je kámen. Jako pozůstatek po zbrani byl v plintu nalezen důlek, jenž sloužil k jejímu ukotvení. Na základě literární a obrazové rešerše, která byla provedena v rámci rozšířené části bakalářské práce Adélou Machovou⁵⁷, se domníváme se, že šlo o dřevěné kopí. Součástí její práce je i návrh na rekonstrukci kopí, který bude předložen zástupcům NPÚ ke schválení a na základě jejich rozhodnutí bude přistoupeno k jeho realizaci.

⁵⁷ MACHOVÁ, Adéla. *Restaurování sochy ozbrojence ze státního zámku Uherčice*. Bakalářská práce. Univerzita Pardubice, Fakulta restaurování, Litomyšl 2019.

9. DOPORUČENÝ REŽIM PAMÁTKY

Socha by měla být umístěna pod arkády v areálu uherčického zámku, kde bude kryta před povětrnostními vlivy. Postava ozbrojence s podstavcem (podstavec není předmětem restaurování) by měla být instalována na podkladovou desku z kamene o tloušťce 10-15 cm, která dílo ochrání před vzlínající vlhkostí. Dále bychom chtěli doporučit vlastníkovvi památky, aby v zimním období zamezil přímému kontaktu díla se sněhem a vodou, tak aby bylo zabráněno promrzání zvýšeného množství vody v pórech materiálu, jeho degradaci a byla zvýšena doba uchování restaurátorského zásahu. Vhodnou variantou ochrany se zdá dřevěné bednění. Poté, co by byly dodrženy všechny výše zmíněné podmínky, tak je doporučeno kontrolovat stav kamene, plastických a barevných retuší a v neposlední řadě výskyt biologického napadení na povrchu každé dva roky.

10. ZÁVĚR

Hlavním předmětem bakalářské práce byl komplexní restaurátorský zásah provedený na vápencové soše boha Marta ze 17. století. Socha pochází z areálu státního zámku Uherčice a před restaurováním se nacházela ve stavu pokročilého poškození. Předkládaná práce je v teoretické a praktické rovině rozšířena o tematiku zaměřenou na možnosti odstraňování síranových krust z vápence.

Hlavní část bakalářské práce zahrnuje umělecko-historický, restaurátorský a chemicko-technologický průzkum sochy a v návaznosti popis jejího restaurování a podrobnou fotografickou dokumentaci. V rámci umělecko-historického průzkumu bylo zjištěno několik nových poznatků o objektu, dále byly dohledány nové dobové fotografie. Z výsledků tohoto průzkumu vyplynulo, že počáteční domněnka, že socha představuje boha Marta, je mylná. Bylo zjištěno, že se jedná o neidentifikovaného ozbrojence, který původně nadržel v ruce meč, ale jinou zbraň, nejspíše kopí.

Komplexní restaurátorský zásah zahrnoval čištění sochy, prekonsolidaci fragmentů povrchových úprav, konsolidaci kamene, plastickou retuš, modelování doplňků, výměnu kovové armatury a závěrečnou retuš. Socha byla nejprve očištěna od lokálních povlaků biologického napadení, zejména od mechů a lišejníků. K tomuto účelu byl na celý povrch sochy aplikován 2% (hm.) vodný roztok Ajatinu za současného použití nekovových kartáčků. Přípravek byl vybrán na základě zkoušek jako nejšetnější a zároveň dostatečně účinný k odstranění biologického napadení. Průzkum kovových prvků pomocí detektoru kovů potvrdil, že se v místech rozlomení sochy nachází kovové armatury. Až na jeden kovový prvek byly všechny armatury v objektu ponechány. Měření kapilární nasákavosti poukázalo na rozdílnou nasákavost povrchu kamene a tmelů. Rozdílnost nasákavosti byla eliminována odstraněním předchozích restaurátorských zásahů v podobě tmelů a očištěním povrchu od černých krust a jiných depozitů. V rámci restaurování byly všechny tmely ze sochy odstraněny, jelikož nevyhovovali svými mechanickými nebo optickými vlastnostmi. Na základě vizuálního průzkumu bylo možné konstatovat, že je povrch sochy degradován zejména v důsledku spolupůsobení povětrnosti, vody, vodorozpustných solí a sádrovcových krust, které se nacházely převážně na zadní straně sochy. Na základě vizuálního posouzení a měření ultrazvukové transmise byla provedena konsolidace sochy vápennou nanodisperzí. Výsledky průzkumu zasolení potvrdily, že se v díle nachází vysoké množství síranů a menší množství chloridů. Z těchto důvodů bylo přistoupeno k lokálnímu odsolování pomocí odsolovacích zábalů.

Na soše byly dále vizuálně v bílém světle a průzkumem UV fluorescence lokalizovány pozůstatky předpokládaných povrchových úprav. Následně byl proveden stratigrafický průzkum a průzkum složení vybraných tmelů, povrchových úprav a černých síranových krust na odebraných vzorcích metodami optické mikroskopie a skenovací elektronové mikroskopie s prvkovou mikroanalýzou (SEM EDX). Výsledky průzkumu poukázaly na přítomnost pozůstatků, respektive malých fragmentů různých povrchových úprav. Dále bylo zjištěno, že jsou některé tmely na bázi portlandského, případně portlandského struskového cementu. Fragmenty zbylé polychromie byly prekonsolidovány. Dále byly k plastickým retuším a k vytvoření nového výdusku kotníku vybrány na základě zkoušek minerální tmely, které odpovídaly nejvíce svými fyzikálními a optickými vlastnostmi originálu. V závěru došlo k jejich barevné retuši, tak aby byly sjednoceny s původním materiálem sochy.

V teoretické rozšířené části bakalářské práce jsou shrnuty shromážděné poznatky o možnostech odstraňování a redukce síranových krust, charakteristiky jednotlivých metod, mechanismus čištění s přihlédnutím k odstraňování síranových krust z vápence či možnosti aplikace chemických čistících systémů. Výběr vhodných metod čištění k praktickému odzkoušení v experimentální části byl uskutečněn na základě provedené literární rešerše, zkušeností a dostupných možností. V experimentální části byl z chemických metod odzkoušen anionaktivní iontoměnič Amberjet 4400 OH, vodný roztok amonné soli EDTA v gelu z Klucelu G, vodný roztok uhličitanu amonného ve dvou možnostech aplikace – gelu z Klucelu G a v zábalu z drcené celulózy. Dále byla do zkoušek čištění zahrnuta laserová ablace pomocí Q-switched laseru Thunder art a mikropískování systémem na suché bázi. Celkem bylo provedeno šest zkoušek odstraňování síranové krusty z vápence. Zkoušky byly provedeny na vhodné pohledově skryté ploše s výskytem souvislé síranové krusty. Tímto místem byla oblast pod jeho levou paží. Na základě provedených experimentů nebyly podle předpokladů použity k celkovému odstraňování síranových krust chemické metody čištění. Čištění sochy bylo kvůli nižším rizikům uskutečněno kombinací laseru, případně mikroabrazivního čištění. Tyto metody jsou lépe kontrolovatelné a nehrozí u nich riziko zanechání nežádoucích reziduí. Převážně byl k odstranění síranové krusty na objektu použit laser, kvůli vyšší šetrnosti a selektivitě čištění. Při mikropískování totiž docházelo k otryskávání horní vrstvy materiálu (povrchových úprav i vápence), což není zcela bezpečné pro přítomné zbytky povrchových úprav. Suché mikropískování bylo použito pouze v případě, kdy již nebylo možné povrch očistit laserem anebo v místech, kde docházelo po očištění laserem

k nežádoucímu barevnému posunu povrchu do žluta. Tento negativní vizuální jev byl do jisté míry eliminován použitím vodných zábalů (obkladů) po očištění laserem.

Po provedení všech restaurátorských prací na díle bude socha společně s druhým ozbrojencem osazena pod arkády vstupního nádvoří. V budoucnu tak budou skulptury částečně kryty před přímými povětrnostními vlivy a budou tvořit součást sochařské výzdoby zámku.

11. OBRAZOVÁ PŘÍLOHA

11.1 Historické fotografie



Obr. 39 Sochy ozbrojenců umístěné pod arkádami vedle vstupní brány, fotografie z r. 1932, Archiv NPÚ ÚOP v Brně



Obr. 40 Socha boha Marta, vstupní nádvoří, Uherčice, Foto: Foltýnová, r. 1971, Archiv NPÚ ÚOP v Brně



Obr. 41 Socha Marta, nedatováno, Archiv NPÚ v Brně



Obr. 42 Socha Marta, minoritský klášter v Brně, Foto: Klimeš, r. 1975, Archiv NPÚ ÚOP v Brně

11.2 Fotografická dokumentace restaurátorského zásahu

11.2.1 Stav před restaurováním



Obr. 43 Stav před restaurováním – přední pohled



Obr. 44 Stav před restaurováním – levá strana postavy



Obr. 45 Stav před restaurováním – zadní strana postavy



Obr. 46 Stav před restaurováním – pravá strana postavy



Obr. 47 Stav po restaurování – detail hlavy



Obr. 48 Stav před restaurováním – detail hlavy



Obr. 49 Stav před restaurováním – detail draperie



Obr. 50 Stav před restaurováním – detail draperie na sukni



Obr. 51 Stav před restaurováním – detail ruky s mečem



Obr. 52 Stav před restaurováním – detail biologického napadení na břicho



Obr. 53 Stav před restaurováním – detail kapuce



Obr. 54 Stav před restaurováním – detail místa zlomu na zadní části postavy

11.2.2 Fotografická dokumentace z průběhu prací



Obr. 55 Odstraňování biologického napadení



Obr. 56 Odstraňování biologického napadení



Obr. 57 Odstraňování sádrovcových krust pomocí laseru



Obr. 58 Odstraňování sádrovcových krust pomocí mikropískování



Obr. 59 Odstraňování tmelů pomocí mikro tužky



Obr. 60 Celkové očištění pravé poloviny postavy



Obr. 61 Model kotníku ze sochařské hlíny



Obr. 62 Zaformování doplňku pomocí silikonu



Obr. 63 Sádrová forma doplňku



Obr. 64 Vydusaná forma



Obr. 65 Detail kotníku před restaurování



Obr. 66 Detail kotníku po odsekání tmelů



Obr. 67 Detail místa kotníku po vyjmutí kamenického doplňku



Obr. 68 Osazený nový doplněk kotníku



Obr. 69 Nový výdusek kotníku po vytmelení



Obr. 70 Nový výdusek kotníku po restaurování



Obr. 71 Vrtání otvorů pro nové kovové armatury pomocí jádrové vrtačky a vody



Obr. 72 Lepení nové armatury



Obr. 73 Lepení nové armatury



Obr. 74 Odsolovací zábal



Obr. 75 Injektáž prasklin v kameni

11.2.3 Stav po celkovém očištění



Obr. 76 Stav po celkovém očištění – přední pohled



Obr. 77 Stav po celkovém očištění – zadní strana postavy

11.2.4 Stav po vytmelení



Obr. 78 Stav po vytmelení – přední pohled



Obr. 79 Stav po vytmelení – zadní strana postavy

11.2.5 Stav po restaurování



Obr. 80 Stav po restaurování – přední pohled



Obr. 81 Stav po restaurování – levá strana postavy



Obr. 82 Stav po restaurování – zadní strana postavy

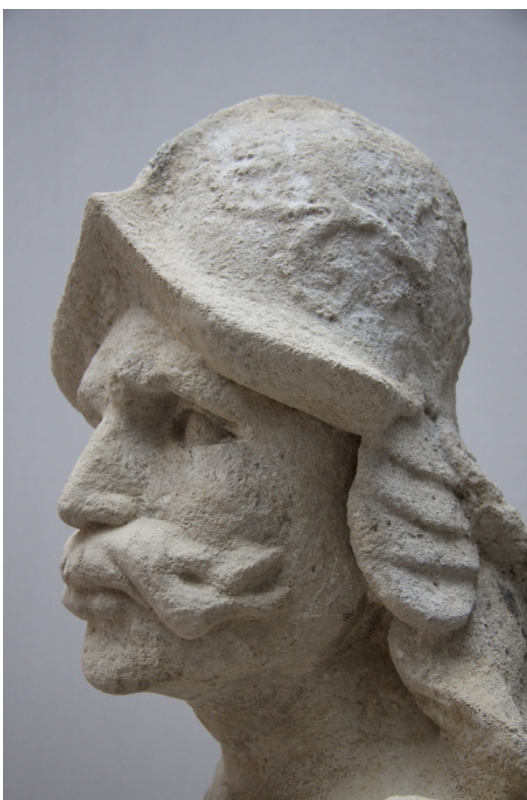


Obr. 83 Stav po restaurování – pravá strana postavy

11.2.6 Porovnání stavu před a po restaurování



Obr. 84 Stav před restaurováním – detail hlavy



Obr. 85 Stav po restaurování – stav po restaurování



Obr. 86 Stav před restaurováním – detail hlavy



Obr. 87 Detail hlavy po odsekání tmelů



Obr. 88 Detail hlavy po restaurování



Obr. 89 Stav před restaurováním – detail ruky s mečem



Obr. 90 Detail ruky po restaurování



Obr. 91 Stav před restaurováním – jeho pravá strana břicha



Obr. 92 Stav po restaurování – jeho pravá strana břicha



Obr. 93 Stav před restaurováním – detail kapuce



Obr. 94 Stav po restaurování – detail kapuce







Obr. 95 Stav před restaurováním – detail místa zlomu na zadní části postavy



Obr. 96 Stav po restaurování – detail místa zlomu na zadní části postavy

12. GRAFICKÁ PŘÍLOHA

LEGENDA

-  SADROVCOVA KRUSTA
-  BIOLOGICKÉ NAPADENÍ
-  SEKUNDÁRNÍ DOPLŇKY
-  TRHLINY, PRASKLINY A LOMOVÉ PLOCHY



LEGENDA



SADROVCOVA KRUSTA



BIOLOGICKÉ NAPADENÍ



SEKUNDÁRNÍ DOPLŇKY



TRHLINY, PRASKLINY A LOMOVÉ PLOCHY



LEGENDA

 ARMATURY Z PŘEDCHOZÍCH RESTAURÁTORSKÝCH ZÁSAHŮ

 NOVÉ ARMATURY



LEGENDA

 *NOVÉ TMELY*

 *NOVÝ DOPLNĚK (VÝDUSEK)*



13. SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- ALFANO, Gabriele, LUSTRATO, Giuseppe, BELLI, C. a kol. The bio removal of nitrate and sulfate alterations on artistic stonework: the case-study of Matera Cathedral after six years from the treatment. *International Biodeterioration & Biodegradation*, 65, 7, 2011, s. 1004–1011.
- ATLAS, Ronald M., CHOWDHURY, Ahad N., GAURI, K., Lal. Microbial calcification of gypsum-rock and sulfated marble. *Studies in Conservation*. 1988, vol. 33, s. 149–153.
- BOSCH-ROIG, P., LUSTRATO, Giuseppe, ZANARDINI, Elisabetta, RANALLI, Giancarlo. Biocleaning of cultural heritage stone surfaces and frescoes: which delivery system can be the most appropriate? *Annals of Microbiology*, 65, 2015, s. 1227–1241.
- BOURSOVÁ, Sean. *Možnost čištění povrchu nástěnných maleb pomocí iontoměničů*. Bakalářská práce. Univerzita Pardubice, Fakulta restaurování, Litomyšl 2006.
- CAPPITELLI, Francesca, ZANARDINI, Elisabetta, RANALLI, Giancarlo a kol. Improved methodology for bioremoval of black crusts on historical stone artworks by use of sulfate-reducing bacteria. *Applied and Environmental Microbiology* 72(5), 2006. s. 3733–3737.
- CAPPITELLI, Francesca, TONIOLO, Lucia, SANSONETTI, Antonio a kol. Advantages of Using Microbial Technology over Traditional Chemical Technology in Removal of Black Crusts from Stone Surfaces of Historical Monuments. *Applied and Environmental Microbiology* 73(17), 2007. s. 5671–5675.
- DWOROKOVÁ, Dominika, *Vodní metody pro snímání nečistot a laků z uměleckých malířských děl*. Diplomová práce. Akademie výtvarných umění v Praze, Ateliér restaurování malířských děl a polychromovaných plastik, Praha, 2014, s. 2.
- ĎOUBAL, Jakub. *Technologie laserového čištění pískovcových památek*. Disertační práce. České vysoké učení technické. Fakulta stavební, Praha 2013.
- ĎOUBAL, Jakub. *Kamenné památky Kutné Hory: Restaurování a péče o sochařská díla*. Pardubice: Univerzita Pardubice, 2015. s. 67-68.
- ELHAGRASSY, F. Abeer, HAKEEM, Amira. *Comparative study of biological cleaning and laser techniques for conservation of weathered stone in Failaka Island, Kuwait*. *Scientific Culture*, 4, 2, 2018, s. 43–50.
- GIOVENTÙ, Eleonora, LORENZI, Paola, VILLA, Frederica a kol. Comparing the bioremoval of black crusts on colored artistic lithotypes of the Cathedral of Florence with chemical and laser treatment. *International Biodeterioration & Biodegradation* 65(6), 2011. s. 832–839.

- GUARI, K. Lal., BANDYOPADHYAY, K. Jayanta. *Carbonate Stone: Chemical Behavior, Durability, and Conservation*. Wiley Interscience Publication, 1999.
- HODEČEK, Dalibor. *Dějiny zámku v Uherčicích*. 2001.
- KALÁBOVÁ, Lenka. Zámek Uherčice kolem roku 1800 „eine freundliche Verziehrung eines modernen Sahls“, In: *Památková péče na Moravě = Monumentorum Moraviae tutela* / Brno: Národní památkový ústav 11, 2006.
- 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, s. 27–28.
- KREJČOVÁ, Monika. *Příběh Uherčického zámku. Poválečná historie v letech 1945-1979*, Masarykova univerzita, Filozofická fakulta, Brno 2013. s. 31.
- LOMBARDI, Emanuela. *Biotechnologies for the restoration of culture heritage*. Doctorate thesis, Università degli studi di Milano, 2013–2014, s. 18.
- MACHOVÁ, Adéla. *Restaurování sochy ozbrojence ze státního zámku Uherčice*. Bakalářská práce. Univerzita Pardubice, Fakulta restaurování, Litomyšl 2019.
- MAJOROŠ, Peter. *Restaurování sochy Jupitera s postamentem, Identifikace barokních sochařských děl ze zámku Uherčice*. Bakalářská práce. Univerzita Pardubice, Fakulta restaurování, Litomyšl 2018.
- MARTINO, Manuela, SCHIAVONE, Salvo, PALLA, Franco a kol. Bioremoval of sulfate layer from a 15th century polychrome marble artefact. *Conservation Science in Cultural Heritage*, 2015, s. 235–243.
- MATARRESE, Caterina. *Co-solvents and chelating agents confined in complex fluids for the cleaning of surfaces of works of art*. Doktorská práce, Università degli studi Firenze, 2012–2014, s. 29–46.
- MAZZOLI, Roberto, GIUFFRIDA, Gabriella Maria, Gabriella PESSIONE, E. *Back to the past—forever young: cutting-edge biochemical and microbiological tools for cultural heritage conservation*. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 102, s. 6815–6825, 2018.
- MAZZONI, Matteo, ALISI, Chiara, TASSO, Flavia a kol. Laponite micro-packs for the selective cleaning of multiple coherent deposits on wall paintings: the case study of Casina Farnese on the Palatine Hill (Rome-Italy). *International Biodeterioration & Biodegradation*, 94, 2014, s. 1–11.
- MROVĚC, Pavel, *Restaurování sádrového modelu pomníku Jana Husa na Staroměstském náměstí od Stanislava Suchardy; Možnosti využití laseru v kontextu*

tradičních a současných metod čištění povrchově neupravených sádrových odlitků.
Diplomová práce. Univerzita Pardubice, Fakulta restaurování, Litomyšl 2017.

- PALLA, Franco, BARRESI, Giovanna. *Biotechnology and conservation of cultural heritage*, 2017.
- POLO, Andrea, CAPPITELLI, Francesca, BRUSETTI, Lorenzo a kol. Feasibility of Removing Surface Deposits on Stone Using Biological and Chemical Remediation Methods. *Microbial Ecology* 60, 1, 2010, s. 1–14.
- SALIMBENI, Renzo, PINI, Roberto, SIANO, Salvatore. A variable pulse width Nd:YAG laser for conservation. *Journal of Cultural Heritage*. 2003, (4), s. 72.
- SMITH, Caitlin E. *Cleaning Methods for the Removal of Limewash from Painted Plaster Surfaces: Utilizing of Ion Exchange Resins on the Interior Architectural Finishes of the Capilla de Nuestra Senora del Rosario in Iglesia San Jose, in San Juan, Puerto Rico*. Diplomová práce, University of Pensilvania, 2009, s. 24–56.
- ŠKRABALOVÁ, Adéla. *Restaurování nástěnné malby – nástěnná malba ve štukovém poli nad vchodem do tzv. Tencallová sálu. Možnosti odstranění druhotných vápenných nátěrů z vápenných podkladů*. Diplomová práce. Univerzita Pardubice, Fakulta restaurování, Litomyšl 2018.
- TROIANO, Federica, GULOTTA, Davide, BALLOI, Annalisa a kol. Successful combination of chemical and biological treatments for the cleaning of stone artworks. *International Biodeterioration & Biodegradation* 85, 2013, s.294–304.
- VAŘEJKOVÁ, Barbora. *Restaurování části nástropní malby s motivem Principatus na klenbě kaple sv. Isidora v Křenově*. Bakalářská práce. Univerzita Pardubice, Fakulta restaurování, Litomyšl 2014.

14. SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK

ČFVU	Český fond výtvarných umění
NPÚ	Národní památkový ústav
SZ	státní zámek
ÚPS	Územní památková správa
KÚ	katastrální úřad
JMK	Jihomoravský kraj
OKPP	Odbor kultury a památkové péče
Č.j.	číslo jednací
Sp. zn.	Spisová značka
UV	Ultra violet Light
ÚOP	Územní odborné pracoviště
KSSPP OP	Krajské středisko státní památkové péče a ochrany přírody
KHV	Katedra humanitních věd
FR	Fakulta restaurování
UPCE	Univerzita Pardubice
EOS	Electro Optical Systems
Nd:YAG	Neodimium Doped Yttrium Aluminum Garnet
SFR	Short free running
EDTA	ethylenediaminetetraacetic acid = kyselina ethylen diamintetraoctová

15. SEZNAM TABULEK

Tab. 1 Místa měření nasákavosti	27
Tab. 2 Obsah solí před odsolováním získaný z vrtné moučky	30
Tab. 3 Hodnocení stupně zasolení	30
Tab. 4 Ilustrační popis a složení vrstvy k Obr. č. 10	31
Tab. 5 Přehled míst odběrů vzorků	31
Tab. 6 Zkoušky minerálních směsí pro plastickou retuš.....	36
Tab. 7 Zkoušky minerálních směsí pro výdusek – popis složení a jednotlivé poměry objemových dílů.....	36
Tab. 8 Logaritmy hodnot vyvážených konstant pKs, pro síran a uhličitan vápenatý a log Kf pro kyselinu sírovou a EDTA	47
Tab. 9 Popis provedených zkoušek a přiřazení jednotlivých zkoušek k Obr. 38	68

16. SEZNAM GRAFŮ

Graf. 1 Měření nasákavosti kamene demineralizovanou vodou.....	28
--	----

17. SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1 Sochy ozbrojenců umístěné pod arkádami vedle vstupní brány, fotografie z r. 1932, Archiv NPÚ ÚOP v Brně.....	18
Obr. 2 Socha boha Marta, vstupní nádvoří, Uherčice, Foto: Foltýnová, r. 1971, Archiv NPÚ ÚOP v Brně.....	18
Obr. 3 Postava ozbrojence v zářivkovém světle	23
Obr. 4 Postava ozbrojence v UV fluorescenci	23
Obr. 5 Detaily postavy ozbrojence, nalevo fotografie pod zářivkovým světlem a napravo fotografie v UV fluorescenci	24
Obr. 6 Průzkum kovových prvků a armatur v kameni pomocí detektoru kovu.....	25
Obr. 7 Ilustrační grafické znázornění míst měření nasákavosti.....	27
Obr. 8 Detail místa odběru vzorku.....	29
Obr. 9 Ilustrační a grafické znázornění odběru vzorků na soli	29
Obr. 10 Ilustrační stratigrafie povrchových vrstev, mikrofotografie vzorku vrchního tmelu na meči v bílém světle.....	31
Obr. 11 Ilustrační grafické znázornění míst odběrů ke stratigrafii a materiálovému průzkumu povrchových úprav	32
Obr. 12 Pravá část hrudi – zkouška čištění kamene od biologického napadení pomocí 2% přípravku Ajatin a pomocí etanolu o koncentraci 98% (pozn. u zkoušky Ajatinem je povrch stále mokrá, a proto zde dochází k barevnému rozdílu)	35
Obr. 13 Zkoušky tmelů pro vytvoření plastické retuše.....	37
Obr. 14 Zkoušky tmelů pro vytvoření výdusku	37
Obr. 15 Složení a postupná výstavba vybraného tmelu pro výdusek (Vz. č. 1 v Tab. č. 7), viditelné v jednotlivých komponentech	38
Obr. 16 Vliv velikosti a distribuce částic na výsledný čistící účinek – pohled z boku.....	51
Obr. 17 Vyznačení míst odběrů vzorků krust k mikroskopickému průzkumu (9778/Č1-V1 až 9780/Č3-V3).....	58
Obr. 18 Dokumentace čištění laserem (nahore) a mikropískováním (dole), detaily v bílém světle	61
Obr. 19 Dokumentace čištění laserem (nahore) a mikropískováním (dole), detaily v UV fluorescenci	61
Obr. 20 Dokumentace čištění laserem (nahore vlevo) a mikropískováním (dole vlevo), napravo ze shora: uhličitán amonný v gelu, EDTA a iontoměnič, na spodní draperii uhličitán amonný v zábalu, detaily v bílém světle.....	61

Obr. 21 Dokumentace čištění laserem (nahore vlevo) a mikropískováním (dole vlevo), napravo ze shora: uhličitan amonný v gelu, EDTA a iontoměnič, na spodní draperii uhličitan amonný v zábalu, detaily v UV fluorescenci	61
Obr. 22 Pohled na místo provedení zkoušek čištění sádrovcové krusty s již proběhlými zkouškami laserem a mikroabrazivem.....	62
Obr. 23 Detail místa se zkouškami čištění pomocí laseru a mikropískování	62
Obr. 24 Detail místa k provedení zkoušky čištění iontoměničem	63
Obr. 25 Míra očištění po pěti minutách působení iontoměniče	63
Obr. 26 Výsledný efekt po deseti minutách.....	63
Obr. 27 Plocha k provedení zkoušky čištění pomocí amonné soli EDTA.....	64
Obr. 28 Částečně očištěná horní část zkoušky po půlhodinovém působení chelatačního činidla.....	64
Obr. 29 Výsledný efekt po jedné hodině působení chelatačního činidla.....	64
Obr. 30 Plocha k provedení zkoušky čištění pomocí uhličitanu amonného v gelu s Klucelem G.....	66
Obr. 31 Horní část zkušební plochy očištěná po pěti minutách působení uhličitanu amonného v gelu	66
Obr. 32 Výsledný efekt čištění po deseti minutách působení uhličitanu amonného v gelu	66
Obr. 33 Vodný zábal z buničiny nanesený na povrch zkušební plochy	66
Obr. 34 Plocha k provedení zkoušky čištění pomocí uhličitanu amonného v zábalu.....	67
Obr. 35 Uhlčitan amonný v zábalu z buničiny nanesený na povrch zkušební plochy.....	67
Obr. 36 Výsledný efekt po půl hodině působení uhličitanu amonného v zábalu (horní část) a po jedné hodině působení uhličitanu amonného v zábalu (spodní část	67
Obr. 37 Vodný zábal nanesený na povrch zkušební plochy	67
Obr. 38 Výsledek odstraňování sádrovcové krusty na vápenci vybranými metodami, bližší popis provedených zkoušek v Tab. 9.....	68
Obr. 39 Sochy ozbrojenců umístěné pod arkádami vedle vstupní brány, fotografie z r. 1932, Archiv NPÚ ÚOP v Brně.....	87
Obr. 40 Socha boha Marta, vstupní nádvoří, Uherčice, Foto: Foltýnová, r. 1971, Archiv NPÚ ÚOP v Brně.....	87
Obr. 41 Socha Marta, nedatováno, Archiv NPÚ v Brně.....	88
Obr. 42 Socha Marta, minoritský klášter v Brně, Foto: Klimeš, r. 1975, Archiv NPÚ ÚOP v Brně.....	88
Obr. 43 Stav před restaurováním – přední pohled	89

Obr. 44 Stav před restaurováním – levá strana postavy.....	90
Obr. 45 Stav před restaurováním – zadní strana postavy.....	91
Obr. 46 Stav před restaurováním – pravá strana postavy	92
Obr. 47 Stav po restaurování – detail hlavy.....	93
Obr. 48 Stav před restaurováním – detail hlavy	93
Obr. 49 Stav před restaurováním – detail draperie	93
Obr. 50 Stav před restaurováním – detail draperie na suknicí.....	94
Obr. 51 Stav před restaurováním – detail ruky s mečem.....	94
Obr. 52 Stav před restaurováním – detail biologického napadení na břicho	94
Obr. 53 Stav před restaurováním – detail kapuce.....	95
Obr. 54 Stav před restaurováním – detail místa zlomu na zadní části postavy	95
Obr. 55 Odstraňování biologického napadení	96
Obr. 56 Odstraňování biologického napadení	96
Obr. 57 Odstraňování sádrovcových krust pomocí laseru.....	97
Obr. 58 Odstraňování sádrovcových krust pomocí mikropískování	97
Obr. 59 Odstraňování tmelů pomocí mikro tužky	97
Obr. 60 Celkové očištění pravé poloviny postavy.....	98
Obr. 61 Model kotníku ze sochařské hlíny	99
Obr. 62 Zaformování doplňku pomocí silikonu	99
Obr. 63 Sádrová forma doplňku.....	99
Obr. 64 Vydusaná forma.....	99
Obr. 65 Detail kotníku před restaurování	100
Obr. 66 Detail kotníku po odsekání tmelů	100
Obr. 67 Detail místa kotníku po vyjmutí kamenického doplňku.....	100
Obr. 68 Osazený nový doplněk kotníku	101
Obr. 69 Nový výdusek kotníku po vytmelení.....	101
Obr. 70 Nový výdusek kotníku po restaurování	101
Obr. 71 Vrtání otvorů pro nové kovové armatury pomocí jádrové vrtačky a vody.....	102
Obr. 72 Lepení nové armatury	102
Obr. 73 Lepení nové armatury	102
Obr. 74 Odsolovací zábal.....	103
Obr. 75 Injektáž prasklin v kamení.....	103
Obr. 76 Stav po celkovém očištění – přední pohled	104
Obr. 77 Stav po celkovém očištění – zadní strana postavy.....	105

Obr. 78 Stav po vytmelení – přední pohled	106
Obr. 79 Stav po vytmelení – zadní strana postavy.....	107
Obr. 80 Stav po restaurování – přední pohled	108
Obr. 81 Stav po restaurování – levá strana postavy.....	109
Obr. 82 Stav po restaurování – zadní strana postavy.....	110
Obr. 83 Stav po restaurování – pravá strana postavy.....	111
Obr. 84 Stav před restaurováním – detail hlavy	112
Obr. 85 Stav po restaurování – stav po restaurování	112
Obr. 86 Stav před restaurováním – detail hlavy	113
Obr. 87 Detail hlavy po odsekání tmelů	113
Obr. 88 Detail hlavy po restaurování.....	113
Obr. 89 Stav před restaurováním – detail ruky s mečem.....	114
Obr. 90 Detail ruky po restaurování	114
Obr. 91 Stav před restaurováním – jeho pravá strana břicha.....	114
Obr. 92 Stav po restaurování – jeho pravá strana břicha	114
Obr. 93 Stav před restaurováním – detail kapuce	115
Obr. 94 Stav po restaurování – detail kapuce	115
Obr. 95 Stav před restaurováním – detail místa zlomu na zadní části postavy	116
Obr. 96 Stav po restaurování – detail místa zlomu na zadní části postavy.....	116

18. SEZNAM TEXTOVÝCH PŘÍLOH

Příloha P.1: Vyhodnocení chemicko-technologického průzkumu

Příloha P.2: Technické a bezpečnostní listy k rozšířené části bakalářské práce

19. TEXTOVÁ PŘÍLOHA

Příloha P.1:

Vyhodnocení chemicko-technologického průzkumu



CHEMICKO-TECHNOLOGICKÝ PRŮZKUM VÁPENCOVÁ SOCHA OZBROJENCE (BOHA MARTA) STÁTNÍ ZÁMEK UHERČICE U ZNOJMA

ZADAVATEL PRŮZKUMU

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

VEDOUCÍ PRÁCE / STUDENT

MgA. Rejman P. / Burkhardtová S., 4. ročník bakalářského studia

SPECIFIKACE, LOKALIZACE OBJEKTU

barokní socha ozbrojence (boha Marta), státní zámek Uherčice u Znojma, biodetrický sekany vápenec, výška × šířka × hloubka 220 × 66 × 34 cm, registrační číslo ÚSKP: 45890/7-6846, údaje o památce jsou uvedeny v restaurátorské zprávě, jejíž součástí je chemicko-technologický průzkum

ZADÁNÍ PRŮZKUMU, ODBĚR VZORKŮ

Počet a typ dodaných vzorků: 8/kompaktní vzorky souvrství povrchových úprav, tmelů, krust apod. 2/vrtná moučka kamene, 8/odsolovací zábaly, 4/ jednotlivé čisté složky odsolovacích zábalů
Zadání: stratigrafie a materiálový průzkum povrchových úprav, tmelů a krust metodami optické a skenovací elektronové mikroskopie s prvkovou mikroanalýzou, obsah vodorozpustných solí ve vzorcích vrtné moučky kamene a odsolovacích zábalech, posouzení stavu vápence metodou ultrazvukové transmise

Lokalizace odběru vzorků: detailní snímky míst odběrů vzorků a měření jsou uvedeny v Příloze I

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

Evidenční číslo	Označení	Lokalizace, popis
8515	V1	levá ruka – barevné souvrství
8516	V2	draperie ve spodní části na levé straně, povrchové úpravy
8517	V3	vrchní tmel na meči
8518	V4	spodní tmel na meči
8519	V5	černá krusta na zádech
8778	Č1-V1	černá krusta na zádech, zkušební pole pro čištění
8779	Č2-V2	černá krusta na zádech, zkušební pole pro čištění
8780	Č3-V3	černá krusta na zádech, zkušební pole pro čištění

Tab. 2: Přehled vzorků odebraných ze sochy ke stanovení obsahu vodorozpustných solí.

Označení vzorků	Označení, lokalizace, popis
BV1	výška 85 cm, hloubka 0–1 cm
BV2	výška 85 cm, hloubka 1–3 cm

Tab. 3: Přehled vzorků odebraných ke stanovení obsahu vodorozpustných solí, odsolování.

Odsolovací cykly	Popis vzorků – zábalů a jejich složek
materiály zábalů	kaolín, Arboceel, písek z 1. odsolování, písek ze 2. odsolování
1. odsolování	V23-1, V80-1, V130-1 použité vzorky zábalů ze stanovaných výšek
2. odsolování	V23-2, V80-2, V130-2 použité vzorky zábalů ze stanovaných výšek

ZPRÁVA Z CHEMICKO-TECHNOLOGICKÉHO PRŮZKUMU

Autor:	Lesniaková P.	Počet stran:	25	Datum:	6. 8. 2019
Dílčí analýzy:	Ing. Bečková E., stanovení obsahů vodorozpustných solí				
Místo:	Katedra chemické technologie, Fakulta restaurování, Univerzita Pardubice Jiráskova 3, Litomyšl				

METODIKA PRŮZKUMU

STRATIGRAFIE A OPTICKÉ VLASTNOSTI VRSTEV / OPTICKÁ MIKROSKOPIE (OM), SKENOVACÍ ELEKTRONOVÁ MIKROSKOPIE (SEM, BSE)

Studium optických vlastností a stratigrafie kompaktních vzorků souvrství povrchových úprav, tmelů a krust bylo provedeno pomocí optické a skenovací elektronové mikroskopie (SEM). Vzorky byly nejprve dokumentovány a zkoumány optickým mikroskopem Eclipse LV100D-U (Nikon) s digitálním fotoaparátem EOS 1100D (Canon) v dopadajícím bílém světle, viditelné fluorescenci buzené modrým světlem a UV fluorescenci. Stejně techniky byly použity k mikroskopickému průzkumu nábrusů připravených z vybraných úlomků vzorků. Nábrusy byly připraveny zalitím úlomků do polyesterové pryskyřice GPE100S s následným sbroušením. Pouhličené nábrusy byly posléze zkoumány skenovacím elektronovým mikroskopem Mira 3 LMU (Tescan) ve vysokém vakuu, režimu odražených elektronů (BSE). K pouhličení byl využit systém Q15 (Quorum).

MATERIÁLOVÝ PRŮZKUM VRSTEV / SKENOVACÍ ELEKTRONOVÁ MIKROSKOPIE S PRVKOVOU MIKROANALÝZOU (SEM/EDX, BSE)

Materiálový průzkum byl proveden na základě určení prvkového složení částí vzorků vybraných pomocí optické mikroskopie skenovací elektronovou mikroskopií s energiově-disperzní rentgenovou analýzou (SEM/EDX). K tomuto účelu byly využity světelný mikroskop Eclipse LV100D-U (Nikon) a skenovací elektronový mikroskop Mira 3 LMU (Tescan) s analytickým systémem Bruker Quantax 2000 (Bruker, XFlash 5010 detektor). Měření bylo provedeno na pouhličených nábrusech vzorků ve vysokém vakuu v režimu zpětně odražených elektronů (BSE). Výsledky analýz jsou uvedeny na základě atomových procent tak, že prvky s dominantním zastoupením jsou potvrzeny, následují prvky s menším zastoupením a v závorkách jsou prvky s minoritním zastoupením. Prvky kyslík a uhlík nejsou uváděny, pokud to není účelné.

MNOŽSTVÍ VODOROZPUSTNÝCH SOLÍ (CHLORIDY, SÍRANY, DUSIČNANY) / UV-VIS SPEKTROSKOPIE

Obsah aniontů vodorozpuštěných solí, chloridů, síranů a dusičnanů, byl stanoven pomocí UV/VIS spektrofotometrie v extraktech 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 cm² byly extrahovány ve 200 ml demineralizované vody. V případě vzorků vrtné moučky a jednotlivých materiálů zábalů 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 [g/m²], u ostatních vzorků ve hmotnostních procentech [% hm.] a molárních koncentracích [mmol/kg].

Tab. 4: Hodnocení stupně zasolení dle rakouské normy Önorm 3355-1.

Stupně zasolení	Chloridy [hm. %]	Sířany [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. 5: Stupně zasolení dle ČSN P70610 Hydroizolace staveb – Sanace vlhkého zdiva.

Stupně zasolení	Chloridy [hm. %]	Sířany [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

STAV MATERIÁLU / ULTRAZVUKOVÁ TRANSMISE

Princip metody spočívá v měření rychlosti přechodu ultrazvukového signálu zkoumaným materiálem. Rychlost ultrazvuku, jeho tvar a intenzita jsou pro daný materiál charakteristické, mohou vypovídat o jeho vlastnostech. Na základě měření lze například porovnat různé materiály (horminy, malty), zjistit jejich stav a skryté defekty nebo vyhodnotit některé dílčí kroky restaurátorského zásahu (konsolidace). K měření byl využit přístroj Geotron UKS-14 (Geotron-Elektronik, Rolf Krompholz, Pirna-Neundorf) se sondou UNG 46 a přijímačem SW 40 nebo UPE.

VÝSLEDKY STANOVENÍ MNOŽSTVÍ VODOROZPUSTNÝCH SOLÍ
Tab. 6: Výsledky stanovení obsahu vodorozpuštěných solí (barevnost dle Önorm 3355-1) ve vzorcích vrtné moučky odebraných před odsolováním.

Vzorek / hloubka	Sířany (SO ₄ ²⁻)		Dusičnany (NO ₃ ⁻)		Chloridy (Cl)	
	[hm. %]	[mmol/kg]	[hm. %]	[mmol/kg]	[hm. %]	[mmol/kg]
BV1/0–1 cm	5,67	590	0,00	1	0,06	17
BV2/1–3 cm	0,18	19	0,01	1	0,04	11

Z průřezu vyplývá přítomnost velmi vysokého množství síranů a vyššího množství chloridů ve hloubce vápence přibližně do 1 cm. Ve hloubce od 1 do 3 cm je obsah síranů a chloridů vyšší. Dusičnany se v kameni vyskytují z hlediska možnosti poškození v zanedbatelném množství.

Tab. 7: Výsledky stanovení obsahu vodorozpuštěných v čistých složkách odsolovacích zábalů.

Vzorek / hloubka	Sířany (SO ₄ ²⁻)		Dusičnany (NO ₃ ⁻)		Chloridy (Cl)	
	[hm. %]	[mmol/kg]	[hm. %]	[mmol/kg]	[hm. %]	[mmol/kg]
Kaolín	0,03	3	<0,01	<2,0	0,02	6
Arbocel	<0,01	<1,0	<0,01	<2,0	0,03	9
Písek 1.OD	<0,01	<1,0	<0,01	<2,0	<0,01	<2,0
Písek 2.OD	<0,01	<1,0	<0,01	<2,0	<0,01	<2,0

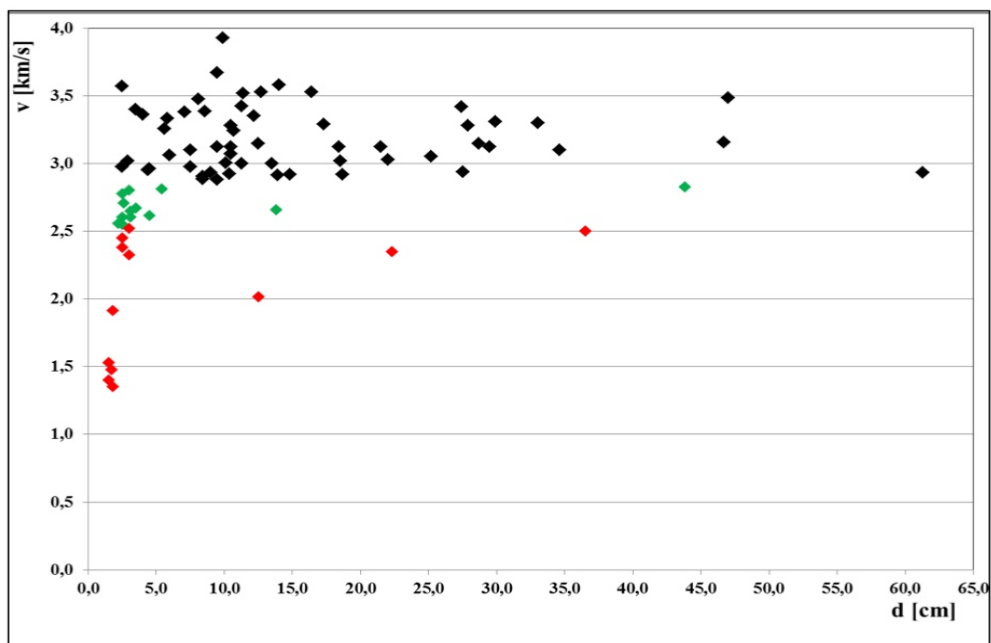
Tab. 8: Výsledky stanovení obsahu vodorozpuštěných solí v odsolovacích zábalech.

Vzorek	Sířany (SO ₄ ²⁻) [g/m ²]	Dusičnany (NO ₃ ⁻) [g/m ²]	Chloridy (Cl) [g/m ²]
V23-1	0,57	0,01	0,15
V80-1	0,39	0,01	0,22
V130-1	0,18	0,01	0,09
V23-2	2,32	0,01	0,13
V80-2	1,42	0,01	0,12
V130-2	1,33	0,01	0,11

V jednotlivých složkách určených pro přípravu odsolovacích zábalů nebyla zjištěna přítomnost vodorozpuštěných solí. Vzorky odsolovacích zábalů byly odebrány ve výškách 23, 80 a 130 cm ze zadní části sochy. Podle předpokladů nebyla v odsolovacích zábalech zjištěna přítomnost dusičnanových aniontů. Pravděpodobně došlo k určité extrakci chloridů v prvním odsolovacím cyklu a síranů ve výšce 23 cm ve druhém odsolovacím cyklu do odsolovacích zábalů. Na základě získaných výsledků stanovení množství vodorozpuštěných solí nelze jednoznačně posoudit efektivitu odsolování.

VÝSLEDKY MĚŘENÍ ULTRAZVUKOVÉ TRANSMISE

Výsledky a vyhodnocení měření uvádí tabulky Tab. 9, 10 a graf Graf 1. V tabulkách jsou zaznamenány naměřené čas t , vzdálenost d pro dané měření a rychlost ultrazvukového signálu v . V poznámkách jsou uvedeny informace o směru měření, případně intenzitě naměřeného signálu. Silnější písmo je využito k vyznačení vysokých hodnot rychlostí. V Grafu 1 a tabulkách Tab. 9, 10 jsou červeně vyznačeny nízké hodnoty rychlosti průchodu ultrazvuku, zeleně jsou vyznačeny relativně nižší hodnoty průchodu ultrazvuku. Lokalizace míst měření je uvedena v zákresech do fotografií sochy v Příloze II.



Graf 1: Závislost rychlosti průchodu ultrazvukové vlny v na vzdálenosti sond d .

Průměrná rychlost ultrazvukového signálu se pohybuje mezi hodnotami 3 až 3,5 km/s. Tyto hodnoty rychlosti průchodu ultrazvukového signálu obecně odpovídají neztvářené vápenci (cca 3 km/s). Nižší rychlosti průchodu ultrazvuku byly zjištěny v subtilnějších částech sochy, což by mohlo vypovídat o vyšší degradaci, respektive nižší kompaktnosti povrchu v porovnání s vnitřní částí kamene. Velmi nízká rychlost ultrazvukové transmise v místech měření 9, 10, 11, 46, 48 by mohla poukazovat na problematické části, například s vnitřním poškozením ve formě prasklin apod., případně na méně kompaktní materiál. Taktéž v místech měření s utlumeným signálem (zejména měření 1, 2, 5, 8, 10, 12, 17, 21, 22, 42, 43) lze předpokládat, že je hornina méně kompaktní, například v důsledku vlivu povětrnosti, nebo jinak poškozená. Vyšší hodnoty rychlosti ultrazvuku (měření 21, 23, 25, 38, 45, 64, 72), ale v některých případech zřejmě také utlumení signálu, mohou být přisouzeny nehomogenitě kamene.

Tab. 9: Výsledky a vyhodnocení měření ultrazvukové transmise.

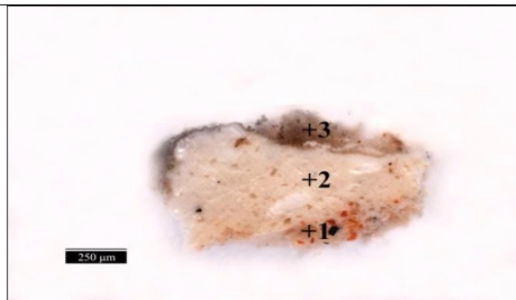
číslo měření	lokalizace měření	čas t [μ s]	délka d [cm]	rychlost v [km/s]	směr, poznámky (sondy SW 40, UPE)
1	hlava-helma	58,9	18,4	3,1	PL/ utlumený signál
2	hlava-helma	68,8	21,5	3,1	PZ/ utlumený signál
3	pod bradou-vrchol přílby	111,7	34,6	3,1	V
4	spánky	50,7	14,8	2,9	PL
5	brada-helma	72,7	22	3,0	PZ/utlumený signál
6	krk	39,7	12,5	3,1	PL
7	krk nad prasklinou-helma výše	61,3	18,5	3,0	PZ
8	krk nad prasklinou-helma níže	64,1	18,7	2,9	PZ/ utlumený signál
9	krk nad prasklinou -helma níže	94,9	22,3	2,3	PZ/ utlumený signál
10	ramena	154,9	43,8	2,8	PL/ utlumený signál
11	pravé rameno	51,9	13,8	2,7	PZ
12	levé rameno	34,2	10,5	3,1	PZ/utlumený signál
13	hrudník uprostřed	91,2	28,7	3,1	PZ
14	hrudník uprostřed na levé straně od 13	93,6	27,5	2,9	PZ
15	hrudník uprostřed na pravé straně od 13	94,5	29,5	3,1	PZ
16	břicho	80,2	27,4	3,4	PZ
17	pravý rukáv	47,7	13,9	2,9	PZ/ utlumený signál
18	levý rukáv	45	13,5	3,0	PZ
19	hrudník	85,1	27,9	3,3	PL
20	břicho	100,1	33	3,3	PL
21	pravá ruka loket	32,4	11,4	3,5	PZ/ utlumený signál
22	pravá ruka předloktí	30,4	9,5	3,1	PZ/ utlumený signál
23	pravá ruka předloktí	25,9	9,5	3,7	PL
24	pravý loket	33	10,7	3,2	PL/ utlumený signál
25	ruka pravá zápěstí	23,3	8,1	3,5	Pz
26	ruka pravá zápěstí	21	7,1	3,4	PL
27	levý loket	37,7	11,3	3,0	PL
28	levý loket	33,6	10,1	3,0	PZ
29	levé zápěstí	29,1	8,4	2,9	PZ
30	levé zápěstí	30,7	9	2,9	PL
31	draperie na levé lopatce	24,2	7,5	3,1	PL šikmo/ utlumený signál
32	pod zbrojí pas	82,6	25,2	3,1	PZ
33	zadek	90,4	29,9	3,3	PZ
34	pravá noha nahoře	33	11,3	3,4	PL/ utlumený signál
35	pravá noha uprostřed	36	12,7	3,5	PL/ utlumený signál
36	pravá noha dole	25,4	8,6	3,4	PL/ utlumený signál
37	levé koleno	36,4	12,2	3,4	PL/utl.
38	levé koleno	46,5	16,4	3,5	PZ
39	leva noha nahoře	33	9,5	2,9	PL
40	leva noha nahoře	32	10,5	3,3	PZ
41	leva noha střed	33,6	10,5	3,1	PL
42	leva noha střed	35,6	10,4	2,9	PZ/ utlumený signál
43	leva noha dole	25,2	7,5	3,0	PL/ utlumený signál
44	leva noha dole	28,9	8,4	2,9	PZ
45	draperie za levou nohou	39,1	14	3,6	PZ
46	draperie	62	12,5	2,0	PZ/ utlumený signál
47	draperie	52,6	17,3	3,3	PZ
48	podstavec u levé nohy	145,9	36,5	2,5	PZ
49	podstavec u pravé nohy	134,9	47	3,5	PZ
50	podstavec uprostřed	147,9	46,7	3,2	PZ
51	podstavec	209	61,3	2,9	PL

Tab. 10: Výsledky a vyhodnocení měření ultrazvukové transmise.

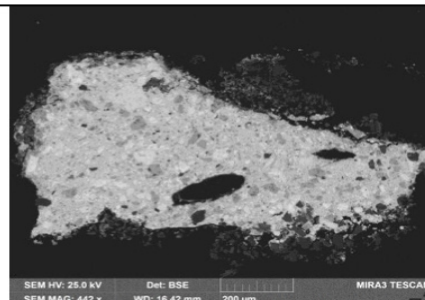
číslo měření	lokalizace měření	čas t [μ s]	délka d [cm]	rychlost v [km/s]	směr, poznámky (sondy UNG 46, UPE)
52	přilba u levé tváře	12,9	3	2,3	PZ
53	přilba nad pravou tvář	8,4	2,5	3,0	V
54	draperie pravý rukáv	13,1	3,5	2,7	PZ
55	draperie pravý rukáv blíže hrudníku	10,7	3	2,8	PL
56	draperie u pravé lopatky	9,6	2,5	2,6	PL
57	draperie u levé lopatky výše	11,9	4	3,4	PL
58	levý rukáv, draperie dole	17,2	5,6	3,3	PZ
59	levý rukáv draperie dole více vpředu	17,4	5,8	3,3	PL
60	meč vrchol	15,2	4,5	3,0	PZ
61	horní okraj pravé rukavice	13,3	1,8	1,4	PZ
62	draperie pod pravou rukavicí	9,6	2,6	2,7	PZ
63	draperie pod měřením 62	11,9	3,1	2,6	PZ
64	draperie na pravé hýždí	25,2	9,9	3,9	PL
65	draperie přímo pod pravou rukavicí	9,6	2,9	3,0	PL
66	draperie nad pravým kolenem výše	9,8	1,5	1,5	PL
67	draperie pod měřením 66	9	2,5	2,8	PL
68	draperie vedoucí od prostředku těla	11,7	3,1	2,6	PL
69	draperie pod trojúhelníkovou draperií	10,2	2,5	2,5	PL
70	draperie dole	9,4	1,8	1,9	V
71	draperie dole uprostřed	17,2	4,5	2,6	PL
72	prostřední oblouk draperie	7	2,5	3,6	PL
73	draperie nad levým kolenem	19,6	6	3,1	PL
74	draperie u levé rukavice	8,6	2,2	2,6	PL
75	draperie nad levým obloukem	9,8	2,5	2,6	PL
76	levý oblouk	10,7	1,5	1,4	V
77	vedle měření 76	11,5	1,7	1,5	V
78	draperie vlevo uprostřed	10,5	2,5	2,4	V
79	draperie výše na levé straně	11,9	3	2,5	PZ
80	draperie na levé straně dole střed	19,2	5,4	2,8	PZ
81	draperie na pravé straně u podstavce	14,9	4,4	3,0	PL
82	draperie za levou nohou	10,3	3,5	3,4	PL

VÝSLEDKY PRŮZKUMU STRATIGRAFIE A SLOŽENÍ POVRCHOVÝCH ÚPRAV, TMELŮ A KRUST

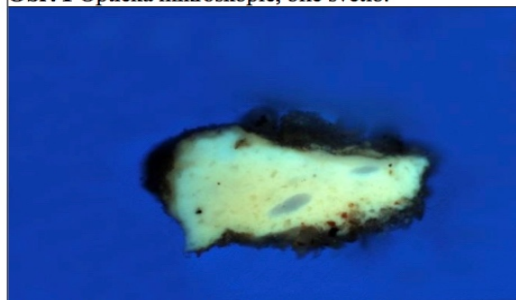
Vzorek 8515 / V1 levá ruka – barevné souvrství



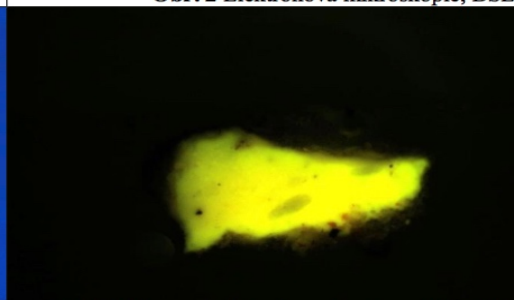
Obr. 1 Optická mikroskopie, bílé světlo.



Obr. 2 Elektronová mikroskopie, BSE.



Obr. 3 Fluorescenční mikroskopie, UV fluorescence.



Obr. 4 Fluorescenční mikroskopie, modré světlo.

Tab. 11: Výsledky průzkumu optickou a elektronovou mikroskopií s prvkovou mikroanalýzou.

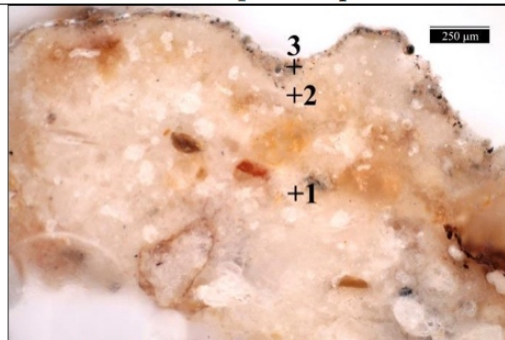
Číslo vrstvy	Popis a složení vrstvy / optická a skenovací elektronová mikroskopie s prvkovou mikroanalýzou (SEM/EDX)
3	Relativně tenká šedá vrstva, může se jednat o deposit uhličitán vápenatý, křemenná zrna, hlinitokřemičitany, blíže nespecifikováno SEM-EDX: Si, Ca, Al (S, Mg, Pb, Na, Fe, K, Cl, P) – plošná analýza
2	Světlá/bílá vrstva s intenzivní žlutou UV fluorescencí olovnatá běloba, baryt, spíše ojediněle křemenná Si a jiná silikátová Si, Al, Na zrna SEM-EDX: Pb, Ba, S (Mg, Si, Al) – plošná analýza
1	Fragment světle oranžové vrstvy oranžová zrna Al, Si, Fe, K nebo Fe, Al, Si, Mg nebo Ca, Si, Al, Pb, K, bílá zrna uhličitánu vápenatého, průhledná bezbarvá křemenná Si a jiná silikátová zrna Si, Al, K nebo Si, Al, Na SEM-EDX: Si, Ca, Al (Na, Fe, K, Mg, Pb, Cl) – plošná analýza



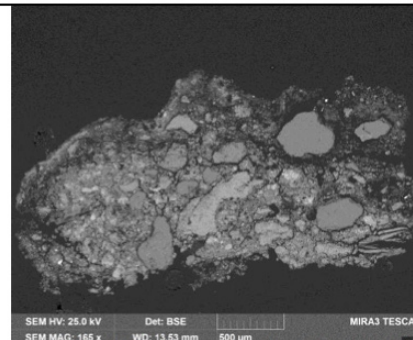
Obr. 5 Mikroskopická dokumentace vzorku.

VÝSLEDKY PRŮZKUMU STRATIGRAFIE A SLOŽENÍ POVRCHOVÝCH ÚPRAV, TMELŮ A KRUST

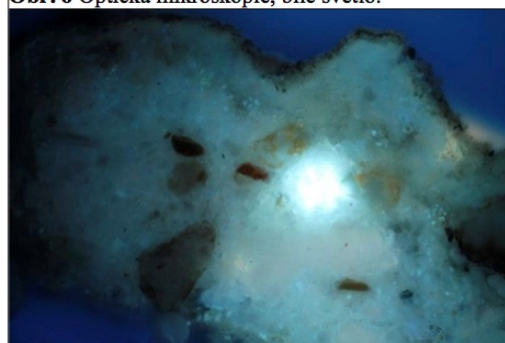
Vzorek 8516 / V2 draperie ve spodní části na levé straně



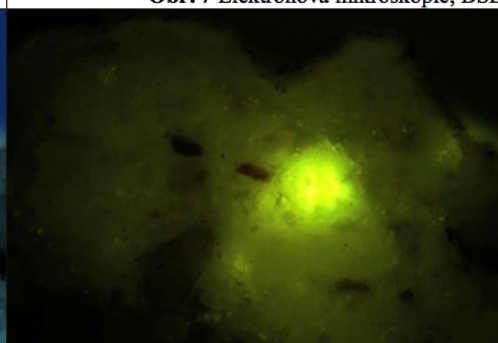
Obr. 6 Optická mikroskopie, bílé světlo.



Obr. 7 Elektronová mikroskopie, BSE.



Obr. 8 Fluorescenční mikroskopie, UV fluorescence.



Obr. 9 Fluorescenční mikroskopie, modré světlo.

Tab. 12: Výsledky průzkumu optickou a elektronovou mikroskopií s prvkovou mikroanalýzou.

Číslo vrstvy	Popis a složení vrstvy / optická a skenovací elektronová mikroskopie s prvkovou mikroanalýzou (SEM/EDX)
3	Relativně tenká šedá vrstva, zřejmě nečistoty síran vápenatý, uhličitán vápenatý SEM-EDX: Ca, S, Si (Al, Fe, K, Mg, Na, Ti, Cl, P) – plošná analýza
2	Světlá/bílá vrstva, může se jednat o degradovaný povrch vrstvy 1 síran vápenatý, uhličitán vápenatý, křemenná zrna Si, bílé zrno Ca, P, F, zřejmě slínkové částice s různým poměrem prvků Si, Mg, Ca, Al SEM-EDX: Ca, Si (S, Al, Mg, K, Na, Cl) – plošná analýza
1	Silná světlá vrstva tmelu nebo plastické retuše, obsahuje zrna uvolněná z horniny křemenná Si a jiná silikátová zrna Si, Al, Fe, Mg nebo Si, Al, Na a Si, Al, K a Si, Al, Na, Ca, uhličitán vápenatý, zrna uhličitánu vápenatého, zrna s různým poměrem prvků Ca, Si – zřejmě slínkové částice SEM-EDX: Ca, Si (Al, Mg, Na, Fe, K, S, Cl) – plošná analýza



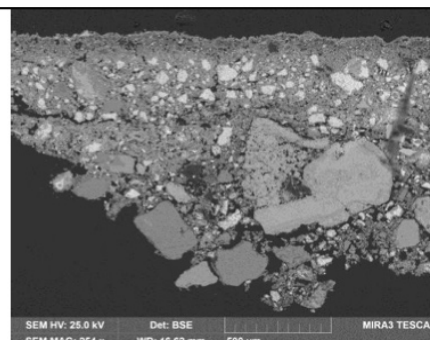
Obr. 10 Mikroskopická dokumentace vzorku.

VÝSLEDKY PRŮZKUMU STRATIGRAFIE A SLOŽENÍ POVRCHOVÝCH ÚPRAV, TMELŮ A KRUST

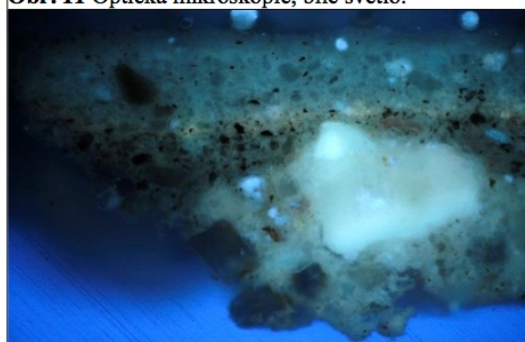
Vzorek 8517 / V3 vrchní tmel na meči



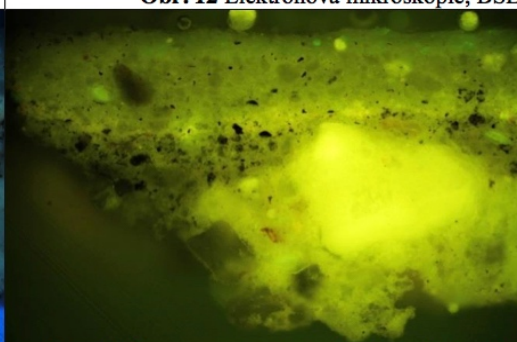
Obr. 11 Optická mikroskopie, bílé světlo.



Obr. 12 Elektronová mikroskopie, BSE.



Obr. 13 Fluorescenční mikroskopie, UV fluorescence.



Obr. 14 Fluorescenční mikroskopie, modré světlo.

Tab. 13: Výsledky průzkumu optickou a elektronovou mikroskopií s prvkovou mikroanalýzou.

Číslo vrstvy	Popis a složení vrstvy / optická a skenovací elektronová mikroskopie s prvkovou mikroanalýzou (SEM/EDX)
4	Světlá/bílá vrstva s cementem, zřejmě portlandským uhličitan vápenatý, síran vápenatý, který je kumulován nejvíce v tenké povrchové vrstvě, křemenná zrna <u>Si</u> , zřejmě slídkové částice s různým poměrem prvků <u>Ca</u> , <u>Si</u> , <u>Mg</u> , <u>Al</u> , uhlikatá čerň, zřejmě struska SEM-EDX: <u>Ca</u> , <u>Si</u> (<u>Al</u> , <u>Mg</u> , <u>S</u> , <u>Fe</u> , <u>K</u> , <u>Na</u> , <u>Cl</u>) – plošná analýza
3	Světle šedá vrstva s hydraulickým pojivem, zřejmě cementem uhličitan vápenatý, zrna uhličitanu vápenatého, síran vápenatý, uhlikatá čerň, křemenná <u>Si</u> a jiná silikátová zrna <u>Si</u> , <u>Al</u> , <u>Na/Al</u> , <u>Si</u> , <u>Fe</u> , <u>Mg</u> , dolomitické zrna <u>Ca</u> , <u>Mg</u> , slídkové částice s různým poměrem prvků <u>Ca</u> , <u>Si</u> SEM-EDX: <u>Ca</u> , <u>Si</u> (<u>Al</u> , <u>Mg</u> , <u>S</u> , <u>K</u> , <u>Fe</u> , <u>Na</u> , <u>Ti</u>) – plošná analýza
2	Šedá vrstva s cementem, zřejmě portlandským křemenná zrna <u>Si</u> , slídkové částice s různým poměrem prvků <u>Ca</u> , <u>Si</u> , <u>Mg</u> , <u>Al</u> nebo částice s fázemi <u>Ca</u> , <u>Si/Ca</u> , <u>Al</u> , <u>Fe</u> , <u>Si</u> , uhličitan vápenatý, zrna vápence <u>Ca</u> , síran vápenatý, zřejmě uhlikatá čerň SEM-EDX: <u>Ca</u> , <u>Si</u> (<u>Al</u> , <u>Mg</u> , <u>S</u> , <u>Na</u> , <u>K</u> , <u>Fe</u>) – plošná analýza
1	Silná světlá vrstva s hydraulickým pojivem, zřejmě cementem křemenná <u>Si</u> a jiná silikátová zrna <u>Si</u> , <u>Al</u> , <u>Fe</u> , <u>Mg</u> nebo <u>Si</u> , <u>Al</u> , <u>Na/K</u> , uhličitan vápenatý, zrna uhličitanu vápenatého, zřejmě hydraulické částice s různým poměrem prvků <u>Ca</u> , <u>Si</u> nebo <u>Ca</u> , <u>Si</u> , <u>Al</u> nebo <u>Si</u> , <u>Ca</u> , <u>Mg</u> , <u>Al</u> SEM-EDX: <u>Ca</u> , <u>Si</u> (<u>Al</u> , <u>Mg</u> , <u>Na</u> , <u>Fe</u> , <u>K</u> , <u>S</u> , <u>Na</u> , <u>Cl</u> , <u>Ti</u>) – plošná analýza



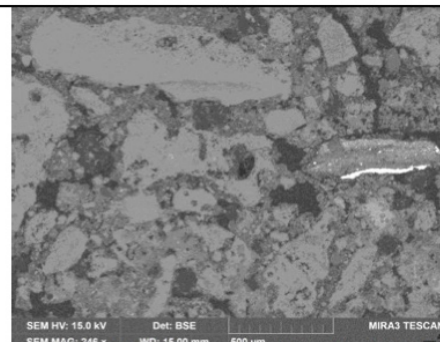
Obr. 15 Mikroskopická dokumentace vzorku.

VÝSLEDKY PRŮZKUMU STRATIGRAFIE A SLOŽENÍ POVRCHOVÝCH ÚPRAV, TMELŮ A KRUST

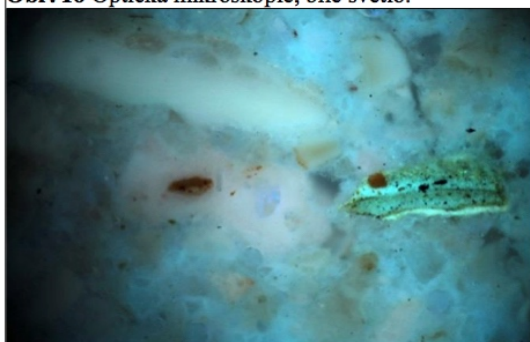
Vzorek 8518 / V4 spodní tmel na meči



Obr. 16 Optická mikroskopie, bílé světlo.



Obr. 17 Elektronová mikroskopie, BSE.



Obr. 18 Fluorescenční mikroskopie, UV fluorescence.



Obr. 19 Fluorescenční mikroskopie, modré světlo.

Tab. 14: Výsledky průzkumu optickou a elektronovou mikroskopií s prvkovou mikroanalýzou.

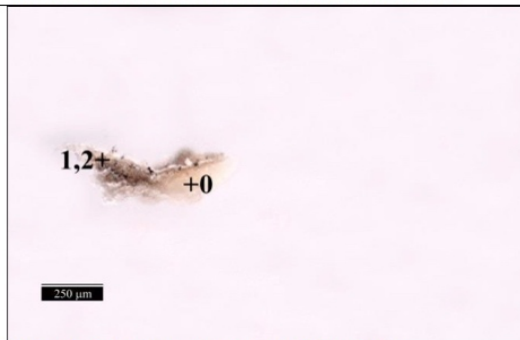
Číslo vrstvy	Popis a složení vrstvy / optická a skenovací elektronová mikroskopie s prvkovou mikroanalýzou (SEM/EDX)
<u>1</u>	<p>Silná světlá vrstva s portlandským cementem uhličitán vápenatý, zrna uhličitánu vápenatého/vápence, zřejmě hydraulické částice s různým poměrem prvků <u>Ca</u>, <u>Si</u> nebo <u>Ca</u>, <u>Si</u>, <u>Al</u> nebo <u>Si</u>, <u>Ca</u>, <u>Mg</u>, <u>Al</u> nebo <u>Si</u>, <u>Ca</u>, <u>F</u>, <u>Al</u>, <u>Mg</u> SEM-EDX: <u>Ca</u>, <u>Si</u> (<u>Al</u>, <u>Mg</u>, <u>Na</u>, <u>Fe</u>, <u>S</u>, <u>Na</u>, <u>Cl</u>) – plošná analýza Pozn: ve vrstvě se vyskytuje fragment souvrství povrchových úprav se světle šedou, tmavší šedou a bílou vrstvou, šedé vrstvy obsahují zejména zinkovou bělobu, příměs barytu, černého pigmentu <u>Al</u>, <u>Si</u>, okru, případně uhlikaté černi, bílá vrstva obsahuje dominantně olovnatou bělobu, dále příměs zinkové běloby</p>
<u>0</u>	<p>Zřejmě fragment vápence uhličitán vápenatý, zrna uhličitánu vápenatého/vápence SEM-EDX: <u>Ca</u> (<u>Si</u>, <u>Al</u>, <u>Mg</u>, <u>Na</u>) – plošná analýza</p>



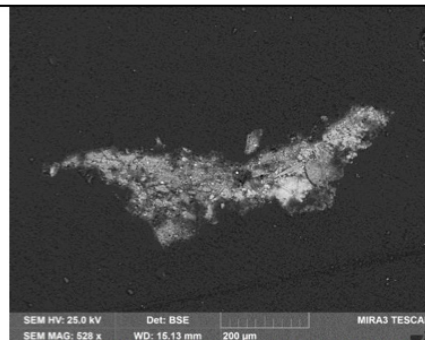
Obr. 20 Mikroskopická dokumentace vzorku.

VÝSLEDKY PRŮZKUMU STRATIGRAFIE A SLOŽENÍ POVRCHOVÝCH ÚPRAV, TMELŮ A KRUST

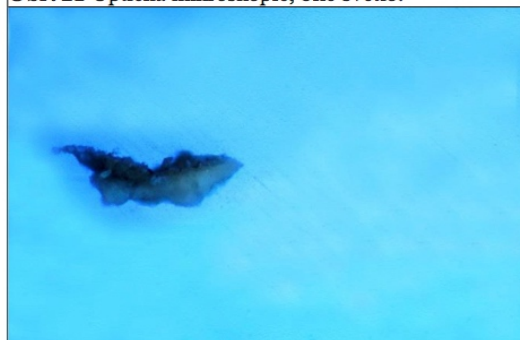
Vzorek 8519 / V5 černá krusta na zádech



Obr. 21 Optická mikroskopie, bílé světlo.



Obr. 22 Elektronová mikroskopie, BSE.



Obr. 23 Fluorescenční mikroskopie, UV fluorescence.



Obr. 24 Fluorescenční mikroskopie, modré světlo.

Tab. 15: Výsledky průzkumu optickou a elektronovou mikroskopií s prvkovou mikroanalýzou.

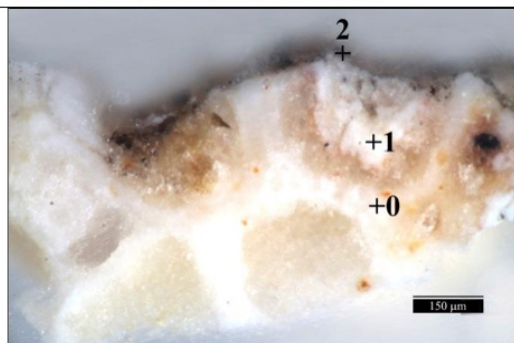
Číslo vrstvy	Popis a složení vrstvy / optická a skenovací elektronová mikroskopie s prvkovou mikroanalýzou (SEM/EDX)
2	Relativně tenká světlá šedá vrstva síran a uhlíčan vápenatý SEM-EDX: Ca, S (Si, Al, Fe) – plošná analýza
1	Šedá vrstva síran a uhlíčan vápenatý, částice Ca, P, F, kulaté černé částice na bázi sloučenin Fe SEM-EDX: Ca, S (Si, Al, Mg, Na, Pb, P, Cl) – plošná analýza
0	Fragment světlé vrstvy bílá zrna uhlíčitanu vápenatého, průhledná bezbarvá křemenná zrna, síran vápenatý SEM-EDX: Si, Ca, S (Na, Mg, Al, K, Fe) – plošná analýza



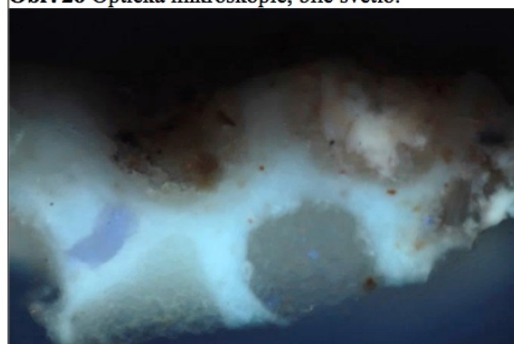
Obr. 25 Mikroskopická dokumentace vzorku.

VÝSLEDKY PRŮZKUMU STRATIGRAFIE A SLOŽENÍ POVRCHOVÝCH ÚPRAV, TMELŮ A KRUST

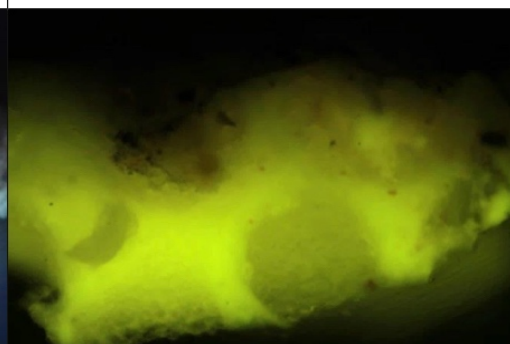
Vzorek 8778 / Č1-V1 černá krusta



Obr. 26 Optická mikroskopie, bílé světlo.



Obr. 27 Fluorescenční mikroskopie, UV fluorescence.



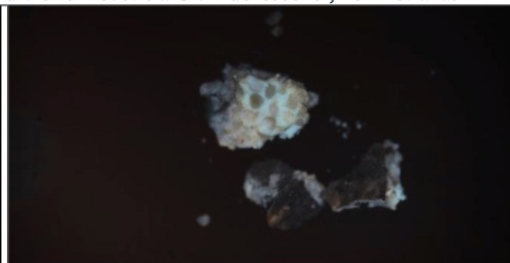
Obr. 28 Fluorescenční mikroskopie, modré světlo.

Tab. 16: Výsledky průzkumu optickou mikroskopií.

Číslo vrstvy	Popis vrstev / optická mikroskopie
2	nesouvislá tenká černá vrstva , krusta
1	fragment bílé vrstvy v prohlubni povrchu
0	vápeneč



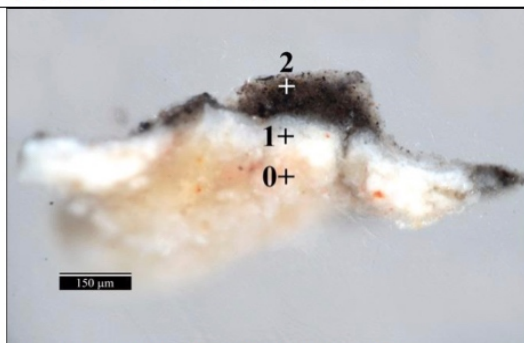
Obr. 29, 30 Mikroskopická dokumentace vzorku v bílém světle a UV fluorescenci, horní strana.



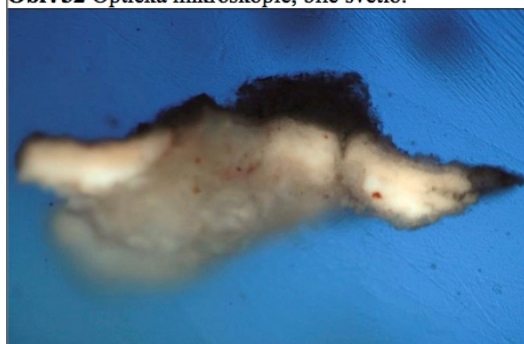
Obr. 31 Mikroskopická dokumentace vzorku v bílém světle a UV fluorescenci, spodní strana.

VÝSLEDKY PRŮZKUMU STRATIGRAFIE A SLOŽENÍ POVRCHOVÝCH ÚPRAV, TMELŮ A KRUST

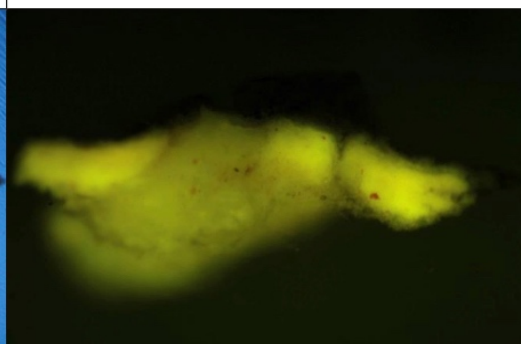
Vzorek 8779 / Č2-V2 černá krusta



Obr. 32 Optická mikroskopie, bílé světlo.



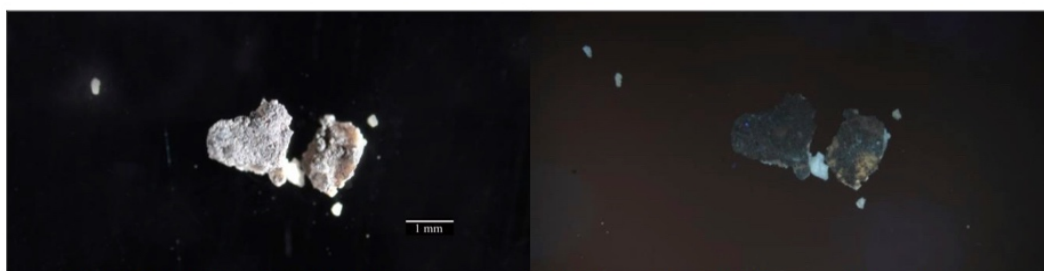
Obr. 33 Fluorescenční mikroskopie, UV fluorescence.



Obr. 34 Fluorescenční mikroskopie, modré světlo.

Tab. 17: Výsledky průzkumu optickou mikroskopií.

Číslo vrstvy	Popis vrstvy / optická mikroskopie
2	nesouvislá černá vrstva , krusta
1	bílá relativně silná vrstva nebo dvě vrstvy
0	vápenec



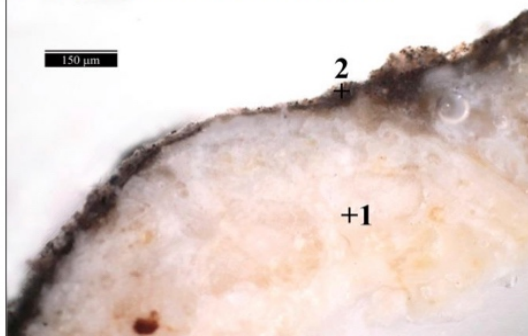
Obr. 35, 36 Mikroskopická dokumentace vzorku v bílém světle a UV fluorescenci, horní strana.



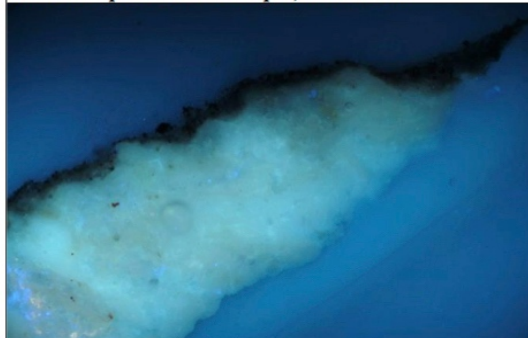
Obr. 37 Mikroskopická dokumentace vzorku v bílém světle a UV fluorescenci, spodní strana.

VÝSLEDKY PRŮZKUMU STRATIGRAFIE A SLOŽENÍ POVRCHOVÝCH ÚPRAV, TMELŮ A KRUST

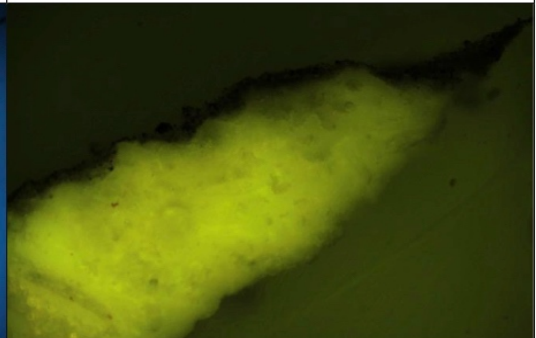
Vzorek 8780 / Č3-V3 černá krusta



Obr. 38 Optická mikroskopie, bílé světlo.



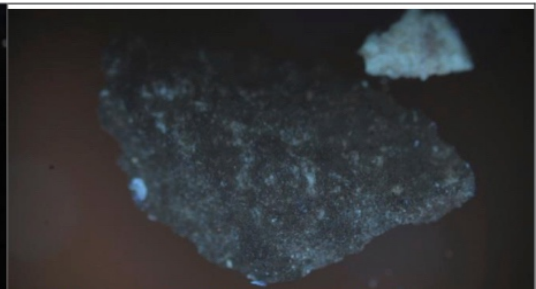
Obr. 39 Fluorescenční mikroskopie, UV fluorescence.



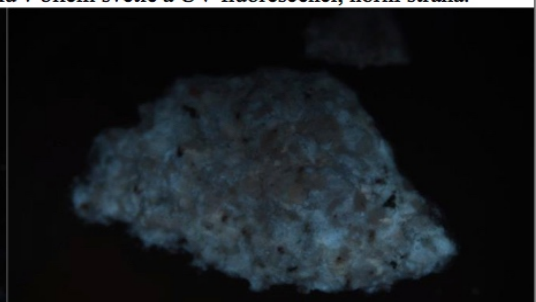
Obr. 40 Fluorescenční mikroskopie, modré světlo.

Tab. 18: Výsledky průzkumu optickou mikroskopií.

Číslo vrstvy	Popis vrstvy / optická mikroskopie
1	černá vrstva, krusta
0	vápenec



Obr. 41, 42 Mikroskopická dokumentace vzorku v bílém světle a UV fluorescenci, horní strana.



Obr. 43 Mikroskopická dokumentace vzorku v bílém světle a UV fluorescenci, spodní strana.

ZÁVĚR

Chemicko-technologický průzkum byl proveden v souvislosti s restaurováním vápencové sochy ozbrojence (boha Marta) ze státního zámku Uherčice na Moravě. Hlavními cíli průzkumu bylo posouzení stavu vápence, stanovení obsahů vodorozpustných solí a vyhodnocení účinnosti odsolování. Dalším cílem průzkumu bylo zjistit materiálové složení a stratigrafii kompaktních úlomků vzorků souvrství povrchových úprav, tmelů a krust. Tři vzorky černých krust s fragmenty horniny byly dodatečně odebrány z ploch určených k provedení zkoušek odstraňování/redukce černých krust z povrchu vápence vybranými metodami čištění.

Stav kamene byl posuzován pomocí metody ultrazvukové transmise. Množství vodorozpustných solí bylo stanovováno ve vodných výluzích odebraných vzorků vrtné moučky a vzorků odsolovacích zábalů metodou UV-VIS spektroskopie. Průzkum stratigrafie a složení povrchových úprav, tmelů a krust byl uskutečněn metodami optické mikroskopie, případně elektronové mikroskopie s prvkovou mikroanalýzou (SEM/EDX). Výsledky chemicko-technologického průzkumu jsou shrnuty v následujících odstavcích.

MNOŽSTVÍ VODOROZPUSTNÝCH SOLÍ – SÍRANŮ, DUSIČNANŮ A CHLORIDŮ / UV-VIS SPEKTROSKOPIE VODNÝCH VÝLUHŮ VZORKŮ

Z průzkumu vyplývá přítomnost velmi vysokého množství síranů a vyššího množství chloridů ve hloubce přibližně do 1 cm od povrchu vápence. Ve hloubce od 1 do 3 cm bylo zjištěno vyšší množství těchto aniontů vodorozpustných solí. Z hlediska rizika poškození vápence je množství dusičnanů zanedbatelné. Lze předpokládat, že je velmi vysoký obsah síranů v povrchové části způsobem sulfatizací vápence a přítomností síranových krust.

V jednotlivých složkách odsolovacích zábalů nebyla před jejich použitím k odsolování zjištěna přítomnost vodorozpustných solí. Množství vodorozpustných solí bylo stanovováno v jílu, Arbocelu a dvou typech písků.

Podle předpokladů nebyla v odsolovacích zábalích zjištěna přítomnost dusičnanových aniontů. Pravděpodobně došlo k určité extrakci chloridů v prvním odsolovacím cyklu a síranů ve druhém odsolovacím cyklu do odsolovacích zábalů. Na základě získaných výsledků stanovení množství vodorozpustných solí nelze jednoznačně posoudit efektivitu odsolování. Lze pouze konstatovat, že pravděpodobně došlo k určité redukci síranových a dusičnanových aniontů ve hmotě vápence.

STAV KAMENE / ULTRAZVUKOVÁ TRANSMISE

Průměrné naměřené rychlosti ultrazvukového signálu odpovídají nezvětralému kultnohorskému vápenci, pohybují se mezi hodnotami 3 až 3,5 km/s. Průměrné nižší rychlosti průchodu ultrazvuku byly zjištěny v subtilnějších částech sochy, což by mohlo vypovídat o vyšší degradaci povrchu vápence v porovnání s jeho vnitřní hmotou. Nižší rychlosti ultrazvukové transmise naměřené v některých robustnějších částech sochy nebo utlumení signálu by mohly poukazovat na vnitřní poškození v těchto místech, například na přítomnost skrytých prasklin nebo na nižší kompaktnost, která může taktéž souviset s degradací horniny

STRATIGRAFIE A MATERIÁLOVÉ SLOŽENÍ POVRCHOVÝCH ÚPRAV A TMEŮ / OPTICKÁ MIKROSKOPIE, ELEKTRONOVÁ MIKROSKOPIE S PRVKOVOU MIKROANALÝZOU

Detailní popisy zaznamenaných vrstev jsou uvedeny v části výsledků (str. 7–14). Místa odběrů vzorků určených k průzkumu stratigrafie a složení vrstev byla vytipována na základě prohlídky sochy v bílém světle, UV fluorescenci a průzkumu při větším zvětšení (lupa, stereoskopický mikroskop). Na soše se povrchové úpravy vyskytovaly ojedinele ve fragmentální podobě, v některých případech byly skryté pod černými krustami. Některé povrchové úpravy se vyznačovaly intenzivní nažloutlou UV fluorescencí. Z průzkumu vyplynulo, že je povrchová část vápence zřejmě sulfatizovaná nebo kontaminovaná sírany. Z průzkumu vzorků černých krust odebraných z ploch určených pro zkoušky čištění krust podle očekávání vyplynulo, že se krusty vyznačují odlišnou tloušťkou a v některých místech se pod nimi vyskytují zbytky povrchových úprav. Výsledky průzkumu jsou shrnuty v následujících odstavcích.

8515/V1 levá ruka – barevné souvrství

Vzorek sestává z fragmentu souvrství povrchových úprav (vrstvy 1, 2) a předpokládaného povrchového depozitu (vrstva 3). Nejprve byla zaznamenána světle oranžová vrstva 1 se silikátovými zrny. Následující světlá/bílá povrchová úprava (vrstva 2) obsahuje olovnatou bělobou, baryt a uhličitán vápenatý.

8516/V2 draperie ve spodní části na levé straně, tmel

Vzorek je zřejmě fragmentem tmelu, případně dvou tmelů obdobných vlastností, s cementovým pojivem (vrstvy 1, 2). Nelze vyloučit přítomnost bílého vzdušného vápna v pojivu, charakteristické vápenné pojivové částice však nebyly na nábrusu vzorku zaznamenány. Plnivem tmelu je pravděpodobně křemičitý písek. Tmel dále obsahuje zrna na bázi uhličitanu vápenatého, nelze však vzhledem k malé velikosti vzorku rozlišit, zda se jedná o záměrně přidané plnivo nebo zrna uvolněná z podkladu (vápence). Následuje tenká šedá vrstva 3 s uhličitánem a síranem vápenatým, může se jednat o depozity a/nebo sulfatizovanou vrstvu.

8517/V3 vrchní tmel na meči

Vzorek sestává z několika vrstev pojených zřejmě portlandským cementem. Nelze vyloučit přítomnost bílého vzdušného vápna v pojivu všech vrstev, charakteristické vápenné pojivové částice však nebyly ani v jedné vrstvě zaznamenány. Plnivem první světlé silné vrstvy 1 je směs křemičitého písku a zrn na bázi uhličitanu vápenatého (např. vápence, mramoru). Následuje tmavě šedá vrstva 2, která obsahuje ojedinělá křemičitá zrna, dále zrna na bázi uhličitanu vápenatého (např. vápence, mramoru) a zřejmě uhlíkatou čern. Další silná vrstva 3 světle šedého odstínu neobsahuje plnivo. Byla v ní zaznamenána příměs uhlíkaté černi. Poslední bílá vrstva 4 bez plniva je zřejmě pojena struskoportlandským cementem.

8518/V4 spodní tmel na meči

Vzorek obsahuje malý fragment vápence. Dominantně je však tvořen následující vrstvou světlého tmelu s portlandským cementem. Nelze vyloučit přítomnost bílého vzdušného vápna v pojivu, charakteristické vápenné pojivové částice však nebyly na nábrusu vzorku zaznamenány. Plnivo je na bázi uhličitanu vápenatého (např. drcený vápenec, mramor).

8519/V5 černá krusta na zádech

Vzorek obsahuje fragment sulfatizovaného nebo sírany kontaminovaného vápence (vrstva 1). Na vápenci se vyskytuje fragment šedé a světlé vrstvy 1, 2, vrstvy obsahují uhličitán a síran vápenatý, jsou pravděpodobně sulfatizované a kontaminované depozity. Vrstva 1 může být černou krustou.

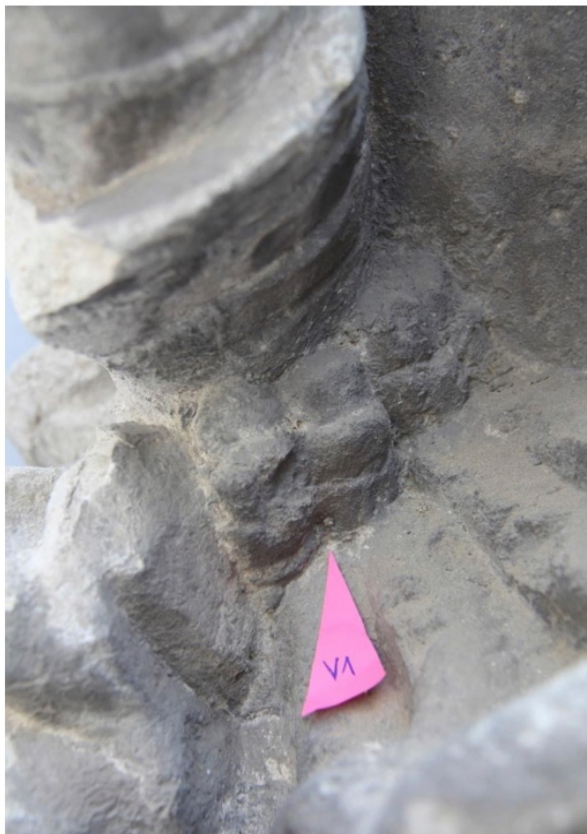
8778/Č1-V1, 8779/Č2-V2, 8780/Č3-V3 černé krusty

Vzorky byly odebrány s cílem zdokumentovat charakter černých krust a přibližné rozdíly v jejich tloušťce, případně přítomnost zbytků povrchových úprav skrytých pod krustami. Z průzkumu vyplynulo, že se krusty pravděpodobně vyznačují nehomogenní tloušťkou. V místě odběru vzorků 8778/Č1-V1 a 8779/Č2-V2 se pod krustami nalézají fragmenty pozůstatků povrchových úprav. U vzorku 8779/Č2-V2 jsou tyto fragmenty nejsilnější, vyznačují se okrovo-oranžovou UV fluorescencí. Již na základě průzkumu UV fluorescence sochy bylo zřejmé, že se pod krustami mohou pozůstatky povrchových úprav vyskytovat.

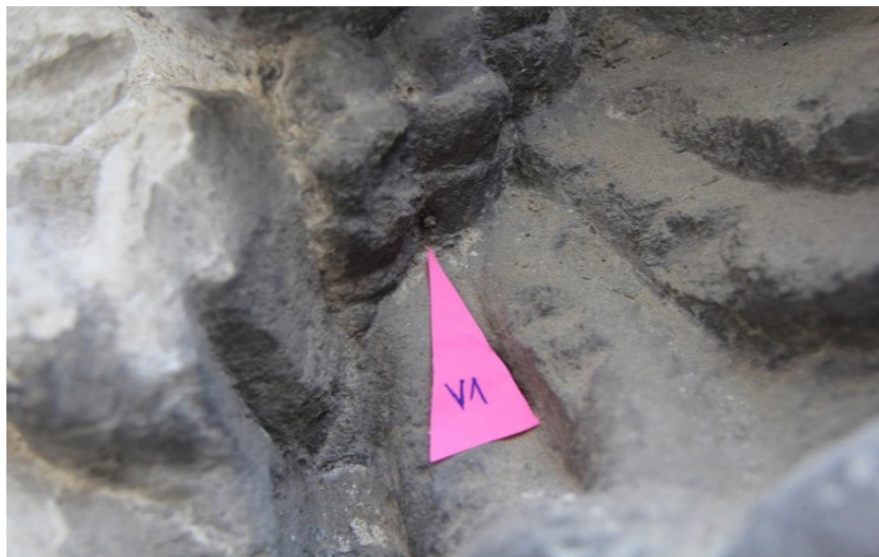
Autor fotografií: Burkhardtová S.



Obr. 44, 45 Lokalizace odběrů vzorků 9515/V1 až 9519/V5.



Obr. 46 Lokalizace odběru vzorku 9515/V1.



Obr. 47 Lokalizace odběru vzorku 9515/V1, detail.



Obr. 48, 49 Lokalizace odběru vzorku 9516/V2.



Obr. 50 Lokalizace odběru vzorků 9516/V2, 9517/V3, 9518/V4.



Obr. 51 Lokalizace odběru vzorku 9517/V3, detail.



Obr. 52 Lokalizace odběru vzorku 9518/V4, detail.



Obr. 53 Lokalizace odběru vzorku 9519/V5.

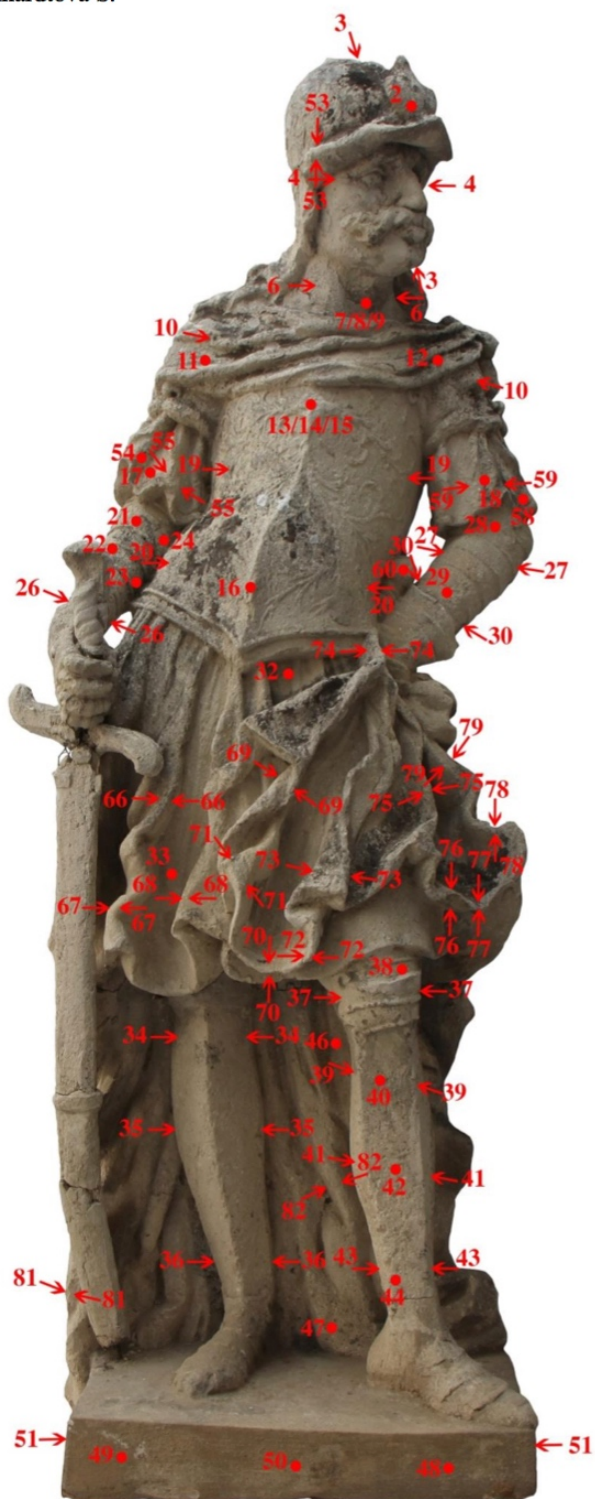


Obr. 54 Lokalizace odběru vzorku 9519/V5, detail.



Obr. 55 Lokalizace odběru vzorků černých krust 9778/Č1-V1 až 9780/Č3-V3.

Autor zákresů: Burkhardtová S.



Obr. 56 Lokalizace měření ultrazvukové transmise, přední pohled.



Obr. 57, 58 Lokalizace měření ultrazvukové transmise, boční pohledy.



Obr. 59 Lokalizace měření ultrazvukové transmise, zadní pohled.

BEZPEČNOSTNÍ LIST

BEZPEČNOSTNÍ LIST

podle Nařízení (ES) č. 1907/2006/EC (REACH), v platném znění

Datum vydání: 7.2.2011

Datum revize: 27.9.2017

KOMPLEXON II

ODDÍL 1. IDENTIFIKACE LÁTKY / SMĚSI A SPOLEČNOSTI / PODNIKU

1.1 Identifikátor výrobku

Název:	Komplexon II
Indexové číslo:	607-429-00-8
Číslo CAS:	60-00-4
Číslo ES (EINECS):	200-449-4
Další názvy látky:	Kyselina ethylendiamintetraoctová, EDTA, Chelaton II, Complexone II, Ethylenediaminetetraacetic acid
Molární hmotnost:	292,25
Molekulový vzorec:	C ₁₀ H ₁₆ N ₂ O ₈

1.2 Příslušná určená použití látky nebo směsi a nedoporučená použití:
analytická chemie, laboratorní syntézy

1.3 Podrobné údaje o dodavateli bezpečnostního listu

Distributor:	Ing. Petr Švec - PENTA s.r.o. Radiová 1122/1 102 00 Praha 10 IČ: 020 96 013
Telefon:	+420 226 060 681, +420 226 060 697
Fax:	+420 267 008 288
Informace k bezpečnostnímu listu:	info@pentachemicals.eu

1.4 Telefonní číslo pro naléhavé situace:

Toxikologické informační středisko, Na Bojišti 1, 128 08 Praha 2;
tel. +420 224 919 293; +420 224 915 402 (nepřetržitá lékařská služba), e-mail: tis@vfn.cz

ODDÍL 2. IDENTIFIKACE NEBEZPEČNOSTI

2.1 Klasifikace látky nebo směsi

Látka je klasifikována jako nebezpečná podle nařízení (ES) č.1272/2008.

Eye Irrit. 2: H319

2.2 Prvky označení

Výstražný symbol(y) nebezpečnosti:



Signální slovo: varování

Indexové číslo: 607-429-00-8

Standardní věty o nebezpečnosti:

H319 Způsobuje vážné podráždění očí.

Pokyny pro bezpečné zacházení:

P305+P351+P338 Při zasažení očí: Několik minut opatrně vyplachujte vodou. Vyjměte kontaktní čočky, jsou-li nasazeny, a pokud je lze vyjmout snadno. Pokračujte ve vyplachování.

2.3 Další nebezpečnost

Při dostatečně jemném rozložení a při zviření lze obecně předpokládat nebezpečí výbuchu prachu.

⁵⁸ Některé technické a bezpečnostní listy jsou uvedeny ve zkrácené podobě, z důvodu jejich velkého rozsahu. Podstatné informace k rozšířené části jsou však obsaženy v textové příloze.

BEZPEČNOSTNÍ LIST

ODDÍL 3. SLOŽENÍ / INFORMACE O SLOŽKÁCH

3.1 Látky

Chemický název	Obsah v %	Indexové číslo	CAS	EINECS	Klasifikace	Koncentrační limity
Komplexon II	min. 99	607-429-00-8	60-00-4	200-449-4	Eye Irrit. 2; H319	-

Klasifikace a znění použitých H -vět viz bod 16.

4. POKYNY PRO PRVNÍ POMOC

4.1 Popis první pomoci

Nutnost okamžité lékařské pomoci: nutná v případě vážnějšího zasažení látkou

Při vdechnutí: vynést postiženého na čerstvý vzduch, zabezpečit odbornou lékařskou pomoc. Pokud dojde k zástavě dýchání, provádět umělé dýchání (ne přímo z úst do úst).

Při styku s kůží: odstranit kontaminované součásti oděvu a kontaminovanou obuv. Zasažené místo omývat velkým množstvím vody. V případě přetrvávajících potíží vyhledat lékařskou pomoc.

Při styku s okem: okamžitě po zasažení vyplachovat oči velkým množstvím vody při otevřených očních víčkách (15-20 minut). Vyhledat lékařskou pomoc.

Při požití: vypláchnout ústa a vypít velké množství vody, ihned vyhledat lékařskou pomoc.

4.2 Nejdůležitější akutní a opožděné symptomy a účinky

Dráždivé účinky, nevolnost, zvracení, bolest žaludku.

4.3 Pokyn týkající se okamžité lékařské pomoci a zvláštního ošetření

Nejsou specifické pokyny, postupovat symptomaticky.

ODDÍL 5. OPATŘENÍ PRO HAŠENÍ POŽÁRU

5.1 Hasiva

Vhodná hasiva: hasiva přizpůsobit látkám skladovaným v okolí-voda, oxid uhličitý, pěna, suchý prášek

Nevhodná hasiva: nejsou známa

5.2 Zvláštní nebezpečnost vyplývající z látky nebo směsi

Zápalné látky. V případě požáru může dojít k vytváření nebezpečných hořlavých plynů a výparů. Při požáru se mohou uvolňovat oxidy dusíku.

5.3 Pokyny pro hasiče

Používat zvláštní ochranné prostředky (např. dýchací technika, protichemický oblek).

ODDÍL 6. OPATŘENÍ V PŘÍPADĚ NÁHODNÉHO ÚNIKU

6.1 Opatření na ochranu osob, ochranné prostředky a nouzové postupy

Používat osobní ochranné prostředky - zamezit kontaktu s látkou, zamezit vytváření prachu. Nevdechovat prach. V uzavřených místnostech zajistit přívod čerstvého vzduchu.

6.2 Opatření na ochranu životního prostředí

Zabránit kontaminaci povrchových a podzemních vod a půdy. Nesmí se dostat do kanalizace.

6.3 Metody a materiál pro omezení úniku a pro čištění

Opatrně provést mechanický úklid, shromáždit do krytých kontejnerů a nechat zlikvidovat specializovanou firmou.

6.4 Odkaz na jiné oddíly

Viz. body 8, 13 tohoto bezpečnostního listu.

BEZPEČNOSTNÍ LIST

ODDÍL 7. ZACHÁZENÍ A SKLADOVÁNÍ

7.1 Opatření pro bezpečné zacházení

Používat osobní ochranné prostředky, dodržovat zásady osobní hygieny. Zabránit dlouhodobé nebo opakované expozici. Zabránit kontaktu s látkou, nevdechovat prach. Pracovat v digestoři.

7.2 Podmínky pro bezpečné skladování látek a směsí včetně neslučitelných látek a směsí

Skladovat v těsně uzavřených obalech na suchém, chladném dobře větraném místě, chráněné před světlem. Přechovávat odděleně od oxidačních činidel.

7.3 Specifické konečné / specifická konečná použití: není známo

ODDÍL 8. OMEZOVÁNÍ EXPOZICE / OSOBNÍ OCHRANNÉ PROSTŘEDKY

8.1 Kontrolní parametry

Limitní hodnoty expozice v ČR dle nařízení vlády č.361/2007Sb.:

Přípustný expoziční limit **PEL**: není stanoven

Nejvyšší přípustná koncentrace **NPK-P**: není stanovena

Faktor přepočtu z mg/m³ na ppm (25 °C, 100 kPa): není stanoven

Limitní hodnoty EU dle směrnice 98/24/ES:

Nejsou známy.

8.2 Omezování expozice

Zabezpečit odsávání nebo místní větrání. Dodržovat pracovní hygienu, při práci nejíst, nepít a nekouřit.

Dodržovat bezpečnostní pokyny pro práci s chemikáliemi.

8.2.1 Vhodné technické kontroly: postupovat dle požadavků nařízení č.361/2007Sb., kterým se stanoví podmínky ochrany zdraví při práci.

8.2.2 Individuální ochranná opatření včetně osobních ochranných prostředků:

Ochrana očí a obličeje: uzavřené brýle, které jsou zabezpečeny proti prostupu prachu

Ochrana kůže: vhodný ochranný oděv, pracovní obuv

Ochrana rukou: vhodné ochranné rukavice (nitrilová pryž: tloušťka vrstvy: 0,11 mm, doba iniciace: >480 min.)

Ochrana dýchacích cest: respirátor, maska s filtrem proti prachu

8.2.3 Omezování expozice životního prostředí: zabránit kontaminaci povrchových a podzemních vod a půdy dodržováním emisních limitů

ODDÍL 9. FYZIKÁLNÍ A CHEMICKÉ VLASTNOSTI

9.1 Informace o základních fyzikálních a chemických vlastnostech

Vzhled

Skupenství: pevné
Barva: bílá
Zápach (vůně), prahová hodnota: bez zápachu

Hodnota pH: 2,5 (10g/l při 23°C)

Bod (rozmezí teplot) varu (°C): není k dispozici

Bod tání /bod tuhnutí (°C): 250 (rozklad)

Hořlavost: málo hořlavá

Bod vzplanutí (°C): není k dispozici

Bod vznícení (°C): není k dispozici

Výbušnost:

meze výbušnosti: horní (% obj.): není k dispozici

dolní (% obj.): není k dispozici

Oxidační vlastnosti: nejsou

Tenze par (20 °C): hPa <0,013

Relativní hustota (20 °C): g/cm³ 0,86

Rozpustnost (20 °C):

ve vodě: g/l 0,5

v jiných rozpouštědlech: není k dispozici

Rozdělovací koeficient n-oktanol/voda: -3,34

Viskozita (20 °C): mPa.s není k dispozici

Hustota par (vzduch=1): není k dispozici

Amoniak - vodný roztok**Ammonium hydroxide solution**

Čpavek

NH₃M_r 17,03

CAS: 1336-21-6

EINECS: 215-647-6

10390**p.a. / A.G.**

Obsah / Assay.....	min. 24,0%
Netěkavé látky / Non volatile subst.	max. 0,001%
Cl ⁻	max. 0,0001%
Celková síra / Total S (as SO ₄ ²⁻).....	max. 0,0003%
CO ₃ ²⁻	max. 0,002%
Ca	max. 0,0001%
Fe	max. 0,0001%
Těžké kovy / Heavy metals	max. 0,0001%

10380**čistý / pure**

Obsah / Assay.....	min. 24,0%
Netěkavé látky / Non volatile subst.	max. 0,005%
Cl ⁻	max. 0,0002%
Celková síra / Total S (as SO ₄ ²⁻).....	max. 0,001%
CO ₃ ²⁻	max. 0,003%
Fe	max. 0,0001%

Klasifikace podle směrnice 67/548/EHS / Classification according to 67/548/EHS



Žravý

Nebezpečný pro
životní prostředí

R 34-50

S (1/2)-26-36/37/39-45-61

Klasifikace podle nařízení 1272/2008/ES / Classification according to 1272/2008/ES



H 314, 335, 400

P 261, 273, 280, 310, 305+351+338

Signální slovo: Nebezpečí / Signal word: Danger

Klasifikace podle ADR/RID / Classification according to ADR/RID

ADR/RID: 8/ C5/ III
UN 2672

KLUCEL[®] hydroxypropylcellulose, Industrial grade
Summary of properties and uses**DESCRIPTION**

KLUCEL hydroxypropylcellulose (HPC) is a nonionic water-soluble cellulose ether with a versatile combination of properties. It combines organic solvent solubility, thermoplasticity, and surface activity with the thickening and stabilizing properties of other water-soluble cellulose polymers.

OUTSTANDING CHARACTERISTICS

KLUCEL HPC is soluble in many polar organic solvents and in water below 38 °C, but is insoluble in water above 45 °C. KLUCEL HPC is highly surface-active, with low surface and interfacial tensions of solutions. It has a wide range of compatibility with latexes and with synthetic and natural colloids. KLUCEL HPC is available in a wide range of viscosities with measurements reported at varying concentrations in water. It is thermoplastic and can be injection molded and extruded. In films and coatings, KLUCEL HPC is heat-sealable, extremely flexible without plasticizers, and nontacky at high humidity.

USES

KLUCEL HPC is versatile: it is used in a wide variety of applications, including coatings, adhesives, extrusions and moldings, paper, paint removers, encapsulations, inks, and many other applications requiring a filmformer, thickener, stabilizer, suspending agent, film barrier, thermoplastic, or protective colloid.

Table I
VISCOSITY^(a) OF VARIOUS SOLUTION TYPES, mPa.s

Viscosity type	Concentration in water, weight %			
	1	2	5	10
H	1.275 – 3.500	-	-	-
M	-	3.500 – 7.500	-	-
G	-	125 - 450	-	-
J	-	-	125 - 450	-
L	-	-	65 - 175	-
E	-	-	-	250 - 800

(a) Viscosities determined at 25 °C, using a Brookfield LVF viscometer with spindle and speed combinations depending on viscosity level.



Hercules does not recommend any use of its products that would violate any patent or other rights.

Aqualon, a Division of Hercules Incorporated
Widnes/Uk, Rijswijk/NL, Düsseldorf/D, Le Pecq/F,
Castelmaggiore (BO)/I, Tarragona/E, Warsaw/PL



Table II
TYPICAL PROPERTIES

KLUCEL[®] hydroxypropylcellulose, as shipped

Appearance	white to off-white, granular solid
Particle size, %, min.	
through U.S. 30 mesh (0,59 mm sieve)	80
through U.S. 20 mesh (0,84 mm sieve)	98
Moisture content, as packed, %, max.	5,0
Softening temperature, °C	100 - 150
Burnout temperature in N ₂ or O ₂ , °C	450 - 500
Solubility	
in water	clear, smooth solutions below 38 °C
in organic solvents	dissolves easily in many polar organic solvents to give clear to hazy solutions.

KLUCEL hydroxypropylcellulose solutions in water

Viscosity	See Table I
Surface tension ^(b) , dynes/cm	43,6
Interfacial tension ^(b) , in water vs. refined mineral oil, dynes/cm	12,5

^(b) 0,1% concentration

PACKAGING AND STORAGE

KLUCEL is a non-perishable powder. It is recommended to use the product in rotation on a first-in first-out basis. The product should be stored under dry and clean conditions in its original packing and away from heat. The product is hygroscopic. The packaging is selected in a way to avoid ingress of moisture, but the water content of the packed product will/may increase if not stored dry. KLUCEL is packed in a fiber drum with polyethylene inner lining of 100 lbs (45,36 kgs) net and 112,5 lbs (51,03 kgs) gross.

PRODUCT SAFETY

Read and understand the Safety Data Sheet (SDS) before using this product.

CAS Number : 9004-64-2
CAS Name : Cellulose, 2-hydroxypropyl ether

BEZPEČNOSTNÍ LIST

BEZPEČNOSTNÍ LIST

podle Nařízení (ES) č. 1907/2006 (REACH) , v platném znění

Datum vydání: 5.11.2010

Datum revize: 20.8.2018

UHLIČITAN AMONNÝ

ODDÍL 1. IDENTIFIKACE LÁTKY / SMĚSI A SPOLEČNOSTI / PODNIKU

1.1 Identifikátor výrobku

Název:	Uhličitan amonný (proměnlivá směs uhličitanu amonného a karbamátu amonného)
Registrační číslo:	nepřirazeno
Číslo CAS:	10361-29-2
Číslo ES (EINECS):	233-786-0
Další názvy látky:	Ammonium carbonate
Molární hmotnost:	96,1
Molekulový vzorec:	(NH ₄) ₂ CO ₃

1.2 Příslušná určená použití látky nebo směsi a nedoporučená použití:

analytická chemie, laboratorní syntézy

1.3 Podrobné údaje o dodavateli bezpečnostního listu

Distributor:	Ing. Petr Švec - PENTA s.r.o. Radiová 1122/1 102 00 Praha 10 IČ: 020 96 013
Telefon:	+420 226 060 681, +420 226 060 697
Fax:	+420 267 008 288
Informace k bezpečnostnímu listu:	info@pentachemicals.eu

1.4 Telefonní číslo pro naléhavé situace:

Toxikologické informační středisko, Na Bojišti 1, 128 08 Praha 2;
tel. +420 224 919 293; +420 224 915 402 (nepřetržitá lékařská služba), e-mail: tis@vfn.cz

ODDÍL 2. IDENTIFIKACE NEBEZPEČNOSTI

2.1 Klasifikace látky nebo směsi

Látka je klasifikována jako nebezpečná podle nařízení (ES) č.1272/2008.

Acute Tox.4: H302

Informace plného znění použitých H vět viz kap.16

2.2 Prvky označení

Výstražný symbol(y) nebezpečnosti:



Signální slovo: varování

Standardní věty o nebezpečnosti:

H302 Zdraví škodlivý při požití.

Pokyny pro bezpečné zacházení:

Nejsou.

2.3 Další nebezpečnost

Není známa.

ODDÍL 8. OMEZOVÁNÍ EXPOZICE / OSOBNÍ OCHRANNÉ PROSTŘEDKY**8.1 Kontrolní parametry**

Limitní hodnoty expozice v ČR dle nařízení vlády 361/2007:

Přípustný expoziční limit PEL: není k dispozici mg/m³

Nejvyšší přípustná koncentrace NPK-P: není k dispozici mg/m³

Faktor přepočtu z mg/m³ na ppm (25 °C, 100 kPa): není k dispozici

Limitní hodnoty EU dle směrnice 98/24/ES:

8 hodin: není k dispozici mg/m³ (20 °C, 101,3 kPa)

není k dispozici ppm

8.2 Omezování expozice

8.2.1 Vhodné technické kontroly: postupovat dle požadavků nařízení 361/2007

8.2.2 Individuální ochranná opatření včetně osobních ochranných prostředků:

Ochrana očí a obličeje: uzavřené brýle, které jsou zabezpečeny proti prostupu prachu

Ochrana kůže: vhodný ochranný oděv, pracovní obuv

Ochrana rukou: vhodné ochranné rukavice (nitrilová pryž, tloušťka vrstvy: 0,11 mm, doba iniciace: >480 min.)

Ochrana dýchacích cest: respirátor, maska s filtrem proti prachu

8.2.3 Omezování expozice životního prostředí: zabránit kontaminaci povrchových a podzemních vod a půdy dodržováním emisních limitů

ODDÍL 9. FYZIKÁLNÍ A CHEMICKÉ VLASTNOSTI**9.1 Informace o základních fyzikálních a chemických vlastnostech****Vzhled**

Skupenství: pevné
Barva: bílá
Zápach (vůně), prahová hodnota: po amoniaku

Hodnota pH: 9,4
Bod (rozmezí teplot) varu (°C): nepoužitelné
Bod tání /bod tuhnutí (°C): 58 (rozklad)
Hořlavost: nehořlavý
Bod vzplanutí (°C): není k dispozici
Bod vznícení (°C): není k dispozici
Výbušnost:
meze výbušnosti: horní (% obj.): není k dispozici
dolní (% obj.): není k dispozici
Oxidační vlastnosti:
Tenze par (20 °C): kPa 69
Relativní hustota (20 °C): g/cm³ není k dispozici
Rozpustnost (20 °C):
ve vodě: g/l 320
v jiných rozpouštědlech: není k dispozici
Rozdělovací koeficient n-oktanol/voda: není k dispozici
Viskozita (20 °C): mPa.s není k dispozici
Hustota par (vzduch=1): 2,7
Rychlost odpařování: není k dispozici

9.2 Další informace nejsou

ODDÍL 10. STÁLOST A REAKTIVITA**10.1 Reaktivita**

Reaguje prudce se silnými oxidačními činidly a anorganickými kyselinami.

10.2 Chemická stabilita

Stabilní za běžných skladovacích podmínek.

10.3 Možnost nebezpečných reakcí

Není uvedena.

10.4 Podmínky, kterým je třeba zabránit

Intenzivní zahřívání (dochází k tepelnému rozkladu).

Uhličitán amonný

Data sheet

**Grade
BC 200**

ARBOCEL®

natural cellulose fibres

Basic raw material

highly pure cellulose

Characteristic

medium sized fibre, white

Physical and chemical properties

cellulose content	approx. 99.5 %
average fibre length	300 µm
average fibre thickness	20 µm
bulk density	70 g/l - 90 g/l
whiteness (absolute value at 461 nm)	86 % +/- 5 %
residue on ignition (850 °C, 4 h)	approx. 0.3 %
pH-value	6 +/- 1

Screen analysis

Screen residue (in accordance with DIN 53 734/air jet sieve) with an interior mesh aperture of:

300 µm	100 µm	32 µm
max. 0.5 %	max. 15 %	40 -80 %

As with all natural products slight differences to the above given values may arise.

General references

ARBOCEL® cellulose fibres are environment friendly products, gained from replenishable raw materials.

Among other things, they are used as thickeners, for fibre reinforcement, as an absorbent and diluent or as a carrier and filler in most manifold application fields.

CAS-Nr.: 9004-34-6

Material Safety Data Sheet

ARBOCEL Group 1C

Version: 004

page 1 of 3

Date of issue: 03-04-14

Revise date: 04-06-08

<p>1. Identification of the substance/preparation and the company</p> <p>Name of the substance/preparation: Cellulose</p> <p>Commercial product Name: ARBOCEL® BC 200, BC 200 T, BC 200 R, BVEC 200, BC 300, BERG 300 P</p> <p>Indications about the producer/supplier:</p> <p>J. RETTENMAIER & SÖHNE GMBH + CO Fibers designed by Nature Holzmuehle 1 D-73494 Rosenberg</p> <p>Telefon: +49 79 67/1 52-0 Telefax: +49 79 67/152 222 Information: +49 7967/152 126 In an emergency: +49 7967 152 200</p>				
<p>2. Composition/Information on ingredients</p> <table> <tr> <td>Cellulose</td> <td>100 %</td> </tr> <tr> <td>CAS-No.:</td> <td>9004-34-6</td> </tr> </table>	Cellulose	100 %	CAS-No.:	9004-34-6
Cellulose	100 %			
CAS-No.:	9004-34-6			
<p>3. Prospective risks</p> <p>Capable of causing dust explosions.</p>				
<p>4. First aid measures</p> <p>If inhaled: take individuals out into fresh air After eye contact: rinse with plenty of water</p>				
<p>5. Fire-fighting measures</p> <p>Suitable extinguishing agents: water spray, foam, CO₂, dry chemical powder</p>				
<p>6. Measures at unintentional liberation</p> <p>Collect up mechanically.</p>				
<p>7. Handling and storage</p> <p>Handling: Usual precautionary measures have to be observed when working with all combustible materials containing dusty particles.</p> <p>Additional information about the construction of technical equipment: Avoid blowing of dust. Take precautionary measures against electrostatic loading</p> <p>Storage: Keep the material well closed and dry. Shelf life stability: at least 5 years.</p>				

Material Safety Data Sheet

ARBOCEL Group 1C

Version: 004

page 2 of 3

Date of issue: 03-04-14

Revise date: 04-06-08

<p>8. Exposure limit and personal protective equipment</p> <p>Personal protective equipment: Respiratory protection: mask (Particle Filter Class P 2)</p>	
<p>9. Physical and chemical properties</p> <p>Form: fibrous Colour: white Smell: odourless</p> <p>pH-value (at 100 g/l H₂O and 20 °C): 5 - 8</p> <p>Ignition temperature: approx. 500 °C</p> <p>Dust explosion category: 1</p> <p>Explosion limits: no data available</p> <p>Bulk density: 30 – 90* g/l</p> <p>Further indications: Solubility in water (20 °C): insoluble</p>	<p>tested in accordance with</p> <p>Godbert-Greenwald</p>
<p>10. Stability and reactivity</p> <p>Thermal decomposition: at approx. 200 °C* Dangerous decomposition products: No dangerous decomposition products observed. Dangerous reactions: not known.</p>	
<p>11. Information on toxicity</p> <p>No details on toxicity known. Nowadays we know that negative toxicological effects are not to be expected.</p>	
<p>12. Information on ecological effects</p> <p>Nowadays we know that negative ecological effects are not to be expected.</p>	
<p>13. Indication about disposal</p> <p>Recycling/reclamation of organic substances which are not used as solvents (including composting and other biological transformation processes).</p> <p>The waste code numbers according to the German Waste Catalogue are substance-related, while the Waste code numbers according to the European Waste Catalogue (EWC code) are source-related.</p> <p>The exact assignment to a waste code according to the EWC code can only be undertaken by the user of the different ARBOCEL[®] -qualities who generates waste products from them requiring disposal.</p>	

PRODUCT DATA SHEET

AMBERJET™ 4400 OH
Industrial Grade Strong Base Anion Exchanger

AMBERJET 4400 OH resin is a uniform particle size, strongly basic anion exchange resin of the type 1 with a clear gel structure, based on crosslinked polystyrene. Due to its uniform particle size distribution, AMBERJET 4400 OH resin has an excellent rinse performance and an outstanding physical stability, illustrated by its very high bead integrity and its resistance to osmotic shock and mechanical stress. The resin is delivered in the fully

regenerated OH⁻ form which makes it particularly suitable for use in applications where initial regeneration is not feasible or not desired. This includes condensate polishing, where the high capacity and outstanding stability of AMBERJET 4400 OH resin make it an excellent choice as a combination with AMBERJET 1600 H resin or AMBERJET 1500 H resin.

PROPERTIES

Physical form _____	Light amber spherical beads
Matrix _____	Styrene divinylbenzene copolymer
Functional group _____	Trimethyl ammonium
Ionic form as shipped _____	OH ⁻
Total exchange capacity ^[1] _____	≥ 1.10 eq/L (OH ⁻ form)
Moisture holding capacity ^[1] _____	54 to 60 % (OH ⁻ form)
Shipping weight _____	690 g/L
Particle size	
Uniformity coefficient ^[1] _____	≤ 1.20
Harmonic mean size ^[1] _____	0.58 to 0.68 mm
< 0.425 mm ^[1] _____	0.5 % max
Maximum reversible swelling _____	OH ⁻ → Cl ⁻ ≤ 30 %

^[1] Contractual value
 Test methods are available on request.

SUGGESTED OPERATING CONDITIONS

Maximum operating temperature _____	60°C
Minimum bed depth _____	800 mm
Service flow rate _____	5 - 50 BV*/h for make-up water 30 - 120 BV/h for condensate polishing
Maximum service velocity _____	60 m/h for make-up water 120 m/h for condensate polishing
Regeneration	
Regenerant _____	NaOH
Regenerant level _____	40 to 100 g/L 80 to 200 g/L for condensate polishing
Regenerant concentration _____	2 to 5 % NaOH
Minimum contact time _____	20 minutes
Slow rinse _____	2 BV at regeneration flow rate
Fast rinse _____	3 to 6 BV at service flow rate

* 1 BV (Bed Volume) = 1 m³ solution per m³ resin

APPLICATIONS

AMBERJET 4400 OH resin is particularly suited for use in mixed bed units together with AMBERJET 1500 H resin. The combination of these two high capacity, uniform particle size resins will result in long service runs with excellent treated water quality and minimal pressure drop. AMBERJET 4400 OH resin is particularly useful for condensate polishing applications. In this case, it can be used in mixed bed units at a flow rate up to 120 BV/h or 120 m/h.

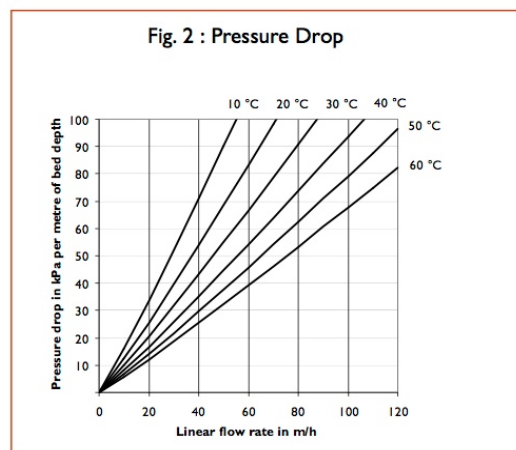
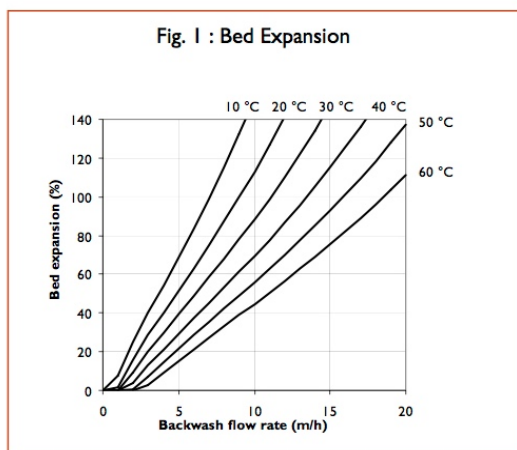
LIMITS OF USE

AMBERJET 4400 OH resin is suitable for industrial uses. For all other specific applications such as pharmaceutical, food processing or potable water

applications, it is recommended that all potential users seek advice from Rohm and Haas in order to determine the best resin choice and optimum operating conditions.

HYDRAULIC CHARACTERISTICS

Figure 1 shows the bed expansion of AMBERJET 4400 OH resin as a function of backwash flow rate and water temperature. Figure 2 shows the pressure drop data for AMBERJET 4400 OH resin, as a function of service flow rate and water temperature. Pressure drop data are valid at the start of the service run with clear water and a correctly classified bed.



All our products are manufactured in ISO 9001 certified facilities.

Rohm and Haas/Ion Exchange Resins - Philadelphia, PA - Tel. (800) RH AMBER - Fax: (215) 409-4534
 Rohm and Haas/Ion Exchange Resins - 75579 Paris Cedex 12 - Tel. (33) 1 40 02 50 00 - Fax: 1 43 45 28 19

<http://www.amberlite.com>

ROHM  **HAAS**

AMBERJET is a trademark of Rohm and Haas Company and its affiliates, Philadelphia, U.S.A.
 Ion exchange resins and polymeric adsorbents, as produced, contain by-products resulting from the manufacturing process. The user must determine the extent to which organic by-products must be removed for any particular use and establish techniques to assure that the appropriate level of purity is achieved for that use. The user must ensure compliance with all prudent safety standards and regulatory requirements governing the application. Except where specifically otherwise stated, Rohm and Haas Company does not recommend its ion exchange resins or polymeric adsorbents, as supplied, as being suitable or appropriately pure for any particular use. Consult your Rohm and Haas technical representative for further information. Acidic and basic regenerant solutions are corrosive and should be handled in a manner that will prevent eye and skin contact. Nitric acid and other strong oxidising agents can cause explosive type reactions when mixed with Ion Exchange resins. Proper design of process equipment to prevent rapid buildup of pressure is necessary if use of an oxidising agent such as nitric acid is contemplated. Before using strong oxidising agents in contact with Ion Exchange Resins, consult sources knowledgeable in the handling of these materials.

Rohm and Haas Company makes no warranties either expressed or implied as to the accuracy or appropriateness of these data and expressly excludes any liability upon Rohm and Haas arising out of its use. We recommend that the prospective users determine for themselves the suitability of Rohm and Haas materials and suggestions for any use prior to their adoption. Suggestions for uses of our products of the inclusion of descriptive material from patents and the citation of specific patents in this publication should not be understood as recommending the use of our products in violation of any patent or as permission or license to use any patents of the Rohm and Haas Company and its affiliates. Material Safety Data Sheets outlining the hazards and handling methods for our products are available on request.