

**Univerzita Pardubice  
Fakulta restaurování**

Restaurování a konzervace nástěnné malby,  
sochařských děl a povrchů architektury  
Jiráskova 3, 570 01 Litomyšl

**Restaurování skleněné mozaiky s motivem racka z dolní  
stanice lanovky na Pastýřskou stěnu v Děčíně. Restaurování  
kamenné mozaiky Ptačí rodina v ulici Lidická v Litomyšli  
Technická fotografie v UV, IR záření a falešných barvách.**

BcA. David Svoboda, DiS.

Vedoucí práce: Mgr. art. Jan Vojtěchovský, Ph.D.

Konzultant teoretické části: Ing. Petra Lesniaková, Ph.D.

Diplomová práce

2020

Univerzita Pardubice  
Fakulta restaurování  
Akademický rok: 2019/2020

## **ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE** (projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: **BcA. David Svoboda, DiS.**  
Osobní číslo: **R16024**  
Studijní program: **N8206 Výtvarná umění**  
Studijní obor: **Restaurování a konzervace nástěnné malby, sochařských děl a povrchů architektury: Malba**  
Téma práce: **Restaurování skleněné mozaiky s motivem racka z dolní stanice lanovky na Pastýřskou stěnu v Děčíně. Restaurování kamenné mozaiky Ptačí rodina v ulici Lidická v Litomyšli. Technická fotografie v UV, IR záření a falešných barvách.**  
Zadávací katedra: **Ateliér restaurování malby a sgrafita**

# Zásady pro vypracování

Diplomovou prací student prokazuje, že je schopen tvůrčím způsobem zpracovat zadané téma s využitím teoretických poznatků a praktických dovedností získaných během studia.

Diplomantovi byly k provedení práce přiděleny dvě mozaiky z různých materiálů. První je mozaika s motivem racka z horní stanice lanovky na Pastýřskou stěnu v Děčíně zhotovená z mačkaných skleněných kostek osazená do epoxidového lože na dřevotřískový panel. Mozaika je vlivem dlouhodobého zatékání do objektu, v němž byla umístěna, značně poškozena. Markantní je především zvlnění dřevotřískové desky a degradace epoxidového lože, vinou čehož došlo k výrazným úbytkům mozaiky. Úkolem diplomanta bude sejmutí mozaikového obrazu ze stávající podložky a přenesení na stabilní mobilní panel z hliníkové voštinové desky a nového lepidla, jež bude vybráno na základě řádných zkoušek.

Druhým úkolem je restaurování exteriérové kamenné mozaiky Ptačí rodina z Lidické ulice v Litomyšli. Z již realizovaného průzkumu, na němž se diplomant podílel, je zřejmé, že hlavním problémem je poškození jednoho z užitých materiálů. Tím jsou opukové kameny, jež v mozaice fungují jako jeden ze skladebních prvků. Kameny jsou značně poškozeny rozdělováním na rozhraní sedimentárních vrstev a ztrátou jejich svrchních částí. Návrh na restaurování konstatoval, že bude u části kamenů nutná jejich náhrada za materiál nový, protože již není možná konsolidace a doplnění materiálu původního. Nový kamenný materiál by měl být zásadněji trvanlivější než materiál původní, nicméně vizuálně co nejpodobnější. Kromě komplexního zásahu na mozaice tak bude diplomantovým úkolem dohledání takového materiálu. Nedílnou součástí diplomové práce je vyhotovení restaurátorských dokumentací k oběma přiděleným restaurováním.

Předmětem teoretického zkoumání magisterské diplomové práce bude téma průzkumu nástěnných maleb pomocí snímků v IR a UV oblastech, rovněž také za použití tzv. „falešných barev“, kdy jsou některé z kanálů viditelného světla ve formátu RGB nahrazovány právě snímky pořízenými v IR a UV oblasti. Prozkoumána by tak měla být možnost focení pomocí běžné zrcadlovky s odstraněným vnitřním „cutoff“ filtrem. Tato úprava umožňuje snímání v oblastech UV a IR světla. Tyto oblasti jsou pro běžné fotoaparáty, právě vzhledem k přítomnosti zmíněného filtru, nezaznamenatelné. Focení takto upraveným fotoaparátem je finančně dostupnou náhradou jinak velmi drahých zařízení, což je příslibem možného rozšíření této metody do běžné průzkumové praxe. Důležitou částí práce je i definování podmínek a postupů vhodného pořízení a následného zpracování snímků pro získání jak jednotlivých snímků v UV, VIS i IR, tak i získání IR a UV falešných barev. Tyto podmínky znamenají především výběr vhodného nastavení parametrů focení, jakými jsou především vzdálenost světelného zdroje, citlivost snímání či barevná teplota.

Po formální stránce dodrží diplomant pravidla psaní diplomových prací, stanovená na FR UPa.

Rozsah pracovní zprávy:

Rozsah grafických prací:

Forma zpracování diplomové práce: **tištěná/elektronická**

#### Seznam doporučené literatury:

1. Carden, M. L., Use of ultraviolet light as an aid to pigment identification, In: APT Bulletin, Vol. 23, No. 3, s. 26-37, 1991.
2. De la Rie, E. R., Fluorescence of paint and varnish layers, Part I-III. Studies in Conservation 1982, 27.
3. Mora P., Mora L., Philippot P., Conservation of Wall Paintings. London 1984.
4. Pereira, L. B., UV fluorescence photography of works of art: replacing the traditional UV cut filters with interference filters. International Journal of Conservation Science 2010, 3, s. 161-166.
5. Saunders, D., Fluorescent lamps: a practical assessment. Studies in Conservation 1987, 11, s. 86-91.
6. Vaněček I., Nástěnné malby. VŠCHT Praha 1997.
7. Verri, G., etc., Correction of ultraviolet-induced fluorescence spectra for the examination of polychromy. Applied spectroscopy 2008, 62, 12, s. 1295-1302.
8. Cosentino, A., Practical notes on ultraviolet technical photography for art examination. Conservator Património, 2015, 21, s. 53-62.
9. Mairinger, F., The ultraviolet and fluorescence study of paintings and manuscripts', In Radiation in Art and Archeometry, ed. D. C. Creagh and D. A. Bradley, Elsevier, 2000, s. 56-75.

Vedoucí diplomové práce:

**Mgr. art. Jan Vojtěchovský, Ph.D.**

Ateliér restaurování malby a sgrafita

Datum zadání diplomové práce:

**15. listopadu 2019**

Termín odevzdání diplomové práce:

**24. září 2020**

L.S.

---

**Mgr. BcA. Radomír Slovík**  
děkan

---

**Mgr. art. Jan Vojtěchovský, Ph.D.**  
vedoucí ateliéru

## Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma „Restaurování skleněné mozaiky s motivem racka z dolní stanice lanovky na Pastýřskou stěnu v Děčíně. Restaurování kamenné mozaiky Ptačí rodina v ulici Lidická v Litomyšli. Technická fotografie v UV, IR záření a falešných barvách.“ vypracoval samostatně a s použitím uvedené literatury a pramenů.

Byl jsem seznámen 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: 25. 9. 2020

.....  
Jméno příjmení

## Poděkování

Mé poděkování patří zejména Mgr. art. Janu Vojtěchovskému, Ph.D. a Ing. Petře Lesniakové, Ph.D. za odborné vedení, podmětné připomínky, rady při realizaci této práce a pomoci při zajištění potřebné techniky a vybavení. Stejně tak děkuji projektu IGA UPa za finanční prostředky na nákup zmíněného technického vybavení. Dále patří poděkování Ing. et Ing. Ondreji Panákovi, Ph.D. za provedení spektrofotometrického měření příslušných fotografických filtrů. Také děkuji mé manželce Mgr. Lence Svobodové za trpělivost a podporu v závěru studia.

## Anotace

Praktická část diplomové práce prezentuje komplexní restaurování dvou mozaik z rozdílných materiálů. Mozaiku na panelu z mačkaných skleněných kostek od Vladimíra Petráčka s názvem Racek, která byla umístěna ve spodní části vestibulu výtahu na Pastýřskou stěnu v Děčíně. Druhá mozaika byla zhotovena z kombinovaných druhů materiálů, je osazena na fasádě domu v ulici Lidická 913 v Litomyšli. Její autorkou je Ludmila Jandová.

Teoretická část je zaměřena na vybrané techniky širokospektrální fotografie v UV–VIS–IR oblastech spektra realizované pomocí upraveného digitálního fotoaparátu, zvláště pak na UV a IR fotografii a tvorbu falešných barev.

## Klíčová slova

Restaurování, kamenná mozaika, skleněná mozaika, Vladimír Petráček, Ludmila Jandová, průzkum, technická fotografie, infračervená fotografie, ultrafialová fotografie, falešné barvy

## Title

Restoration of a glass mosaic with a seagull motif located at the lower station of the elevator to the Shepherd's Wall in Děčín. Restoration of the stone mosaic Bird Family positioned in Lidická Street in Litomyšl. Technical photography in UV, IR radiation, and false colors.

## Annotation

The practical part of the diploma thesis introduces a complex restoration of two mosaics from different materials. First is a panel mosaic from pressed glass cubes called Seagull and created by Vladimír Petráček which is placed in the lower part of the elevator lobby to the Shepherd's Wall in Děčín. The second mosaic is made from combined types of materials and it is mounted on the house facade in the street Lidická 913 in Litomyšl. Its author is Ludmila Jandová. The theoretical part of my diploma thesis is focused on selected techniques of broad-spectrum photography in UV-VIS-IR regions of the spectrum and realized with the help of a modified digital camera, especially on UV and IR photography and on the creation of false colors.

## Keywords

Restoration, stone mosaic, glass mosaic, research, technical photography, infrared photography, ultraviolet photography, false colors



# Obsah

<b>I Úvod</b> .....	<b>13</b>
<b>II Teoretická část diplomové práce</b> .....	<b>15</b>
II.1 Charakterizace technické fotografie .....	15
II.2 Elektromagnetické záření .....	17
II.3 Zobrazovací metody v UV–VIS–IR oblasti .....	20
II.3.1 Záznam odraženého záření – reflexní techniky .....	21
II.3.1.1 Fotografie v bílém/viditelném světle (VIS) .....	21
II.3.1.2 Infračervená reflexe; reflektografie, fotografie (IRR) .....	22
II.3.1.3 Ultrafialová reflexe; reflektografie, fotografie (UVR) .....	23
II.3.2 Zobrazování ve falešných barvách (FC) .....	24
II.3.3 Záznam emitovaného záření, luminiscenční techniky .....	25
II.3.3.1 Princip luminiscence .....	25
II.3.3.2 Ultrafialová fluorescence/luminiscence (UVF/UVL) .....	26
II.3.3.3 Viditelná luminiscence indukovaná viditelným světlem (VIVL) .....	27
II.3.3.4 Infračervená luminiscence indukovaná viditelným světlem (VIL) .....	28
II.4 Digitální fotoaparát.....	29
II.4.1 Senzor fotoaparátu .....	30
II.4.2 Úprava digitálního fotoaparátu .....	32
II.5 Fotografické objektivy.....	35
II.5.1 Aspekty snímání IR záření.....	37
II.5.2 Aspekty snímání UV záření.....	38
II.6 Fotografické filtry .....	39
II.6.1 Filtry pro záznam viditelného světla – odražené bílé světlo, UV fluorescence.....	40
II.6.2 Filtry pro infračervenou reflexi (IRR) .....	42
II.6.3 Filtry pro ultrafialovou reflexi (UVR).....	43
II.7 Zdroje záření .....	46
II.7.1 Zdroje viditelného světla (VIS).....	47
II.7.2 Zdroje infračerveného záření.....	47
II.7.3 Zdroje ultrafialového záření .....	48

II.8 Standardizace a korekce, kalibrační pomůcky .....	50
II.8.1 Prostorová homogenita ozáření .....	50
II.8.2 Odlišná/nerovnoměrná spektrální hustota zdroje záření .....	51
II.8.3 Nelineární odezva digitálního fotoaparátu .....	52
II.8.4 Spektrální odezva digitálního fotoaparátu .....	53
II.8.5 Registrace obrazů .....	53
II.8.6 Základní postupy postprodukčního zpracování .....	54
II.8.6.1 Postup podle manuálu Britského muzea .....	56
II.8.6.2 Postup podle AIC manuálu a odvozené metody .....	57
II.9 Experimentální část .....	60
II.9.1 Cíl experimentální práce .....	60
II.9.2 Výběr vybavení .....	60
II.9.2.1 Výběr digitálního fotoaparátu a objektivů .....	60
II.9.2.2 Výběr fotografických filtrů .....	61
II.9.2.3 Výběr zdrojů záření .....	62
II.9.2.4 Výběr standardů a kalibračních nástrojů .....	63
II.9.3 Spektrofotometrické měření transmitance filtrů .....	64
II.9.4 Referenční panel s vybranými pigmenty .....	65
II.9.5 Test pořizování UV fotografií (UVR) .....	66
II.9.6 Test pořizování IR fotografií (IRR) .....	67
II.9.7 Postup pořizování a úprav technické fotografie .....	69
II.9.7.1 Příprava scény a nastavení techniky .....	69
II.9.7.2 Nastavení fotoaparátu .....	69
II.9.7.3 Průběh snímání .....	71
II.9.7.4 Příprava dat .....	72
II.9.7.5 Práce se snímky ve formátu RAW .....	73
II.9.7.6 Zpracování připravených fotografií a jejich převedení do falešných barev (FC) ..	75
II.9.8 Shrnutí a diskuse teoretické práce .....	77
<b>III Praktická část diplomové práce .....</b>	<b>80</b>
III.1 Restaurování skleněné mozaiky s motivem racka z dolní stanice lanovky na Pastýřskou stěnu v Děčíně .....	80
III.1.1 Základní údaje o díle .....	80
III.1.1.1 Lokalizace památky .....	80
III.1.1.2 Údaje o památce .....	80
III.1.1.3 Údaje o akci .....	81
III.1.1.4 Údaje o dokumentaci .....	81

III.1.2 Úvod restaurátorské dokumentace.....	81
III.1.3 Průzkum díla.....	82
III.1.3.1 Popis a stručná historie díla .....	82
III.1.3.2 Restaurátorský průzkum.....	83
III.1.3.3 Přírodovědný (chemicko-technologický) průzkum .....	85
III.1.4 Zkoušky technologií a materiálů.....	85
III.1.4.1 Zkouška redukce a odstranění původní epoxidové pryskyřice.....	85
III.1.4.2 Zkouška materiálu pro lepení mozaikových kostek na hliníkovou desku .....	85
III.1.4.3 Zkouška lepení skleněných kostek pomocí epoxidové pryskyřice <i>Hxtal NYL-1</i> .....	86
III.1.5 Návrh restaurátorského zákroku .....	86
III.1.5.1 Návrh koncepce restaurování.....	86
III.1.5.2 Návrh postupu restaurátorských prací.....	88
III.1.6 Dokumentace restaurátorského zásahu .....	88
III.1.6.1 Postup restaurátorských prací .....	88
III.1.6.1.1 Ochranný manipulační přelep a transport.....	88
III.1.6.1.2 Odstranění dřevotřískového panelu.....	89
III.1.6.1.3 Odstranění epoxidové pryskyřice .....	89
III.1.6.1.4 Čištění.....	89
III.1.6.1.5 Doplnění chybějících kostek – rekonstrukce.....	90
III.1.6.1.6 Osazení mozaikového výjevu na hliníkový panel.....	90
III.1.6.1.7 Čištění nežádoucí epoxidové pryskyřice .....	91
III.1.6.1.8 Vyplnění spár mezi kostkami, vyplnění spáry mezi rámem a okrajem mozaiky .....	92
III.1.6.2 Použité materiály .....	92
III.1.6.3 Doporučený režim památky .....	92
III.2 Restaurování kamenné mozaiky Ptačí rodina v ulici Lidická v Litomyšli .....	93
III.2.1 Základní údaje o díle.....	93
III.2.1.1 Lokalizace díla .....	93
III.2.1.2 Údaje o památce.....	93
III.2.1.3 Údaje o akci.....	93
III.2.1.4 Údaje o dokumentaci restaurátorského zásahu.....	94
III.2.2 Úvod restaurátorské dokumentace .....	94
III.2.3 Průzkum.....	95
III.2.3.1 Popis a stručná historie díla.....	95
III.2.3.2 Vizualní průzkum v rozptýleném denním světle.....	96
III.2.3.2.1 Původní realizace a její technologie.....	96
III.2.3.2.2 Současný stav a poškození mozaiky .....	97
III.2.3.3 Průzkum perkusní metodou .....	98

III.2.3.4 Chemicko-technologický průzkum.....	98
III.2.3.5 Petrologické vyhodnocení použitých materiálů .....	99
III.2.3.6 Komplexní vyhodnocení průzkumu.....	99
III.2.4 Zkoušky technologií a materiálů .....	100
III.2.4.1 Strukturální zpevnění opuky a maltového lože.....	100
III.2.4.2 Výběr opukového materiálu .....	100
III.2.4.3 Stabilizace nově použité opuky.....	101
III.2.4.4 Lepení odpadlých kostek.....	102
III.2.4.5 Osazovací malta .....	102
III.2.5 Návrh restaurátorského zákroku.....	103
III.2.5.1 Návrh koncepce restaurování.....	103
III.2.5.2 Návrh postupu restaurátorských prací.....	104
III.2.6 Dokumentace restaurátorských prací.....	105
III.2.6.1 Postup restaurátorského zákroku.....	105
III.2.6.1.1 Dokumentace mozaikového výjevu .....	105
III.2.6.1.2 Čištění povrchu .....	105
III.2.6.1.3 Redukce maltového lože .....	105
III.2.6.1.4 Sejmutí uvolněných kamenů .....	106
III.2.6.1.5 Příprava opukových kamenů.....	106
III.2.6.1.6 Injektáž.....	106
III.2.6.1.7 Osazení opukových kamenů.....	107
III.2.6.1.8 Doplnění uvolněných a scházejících kostek.....	107
III.2.6.1.9 Tmelení trhlin.....	108
III.2.6.1.10 Vyplnění spár.....	108
III.2.6.1.11 Barevné sjednocení spár a retuš .....	108
III.2.6.1.12 Finální dočištění .....	108
III.2.6.2 Použité materiály.....	109
III.2.6.3 Doporučený režim památky .....	109
III.2.6.4 Nová zjištění .....	110
<b>IV Závěr.....</b>	<b>111</b>
<b>V Seznam použité literatury a pramenů.....</b>	<b>114</b>
V.1 Seznam použité literatury.....	114
V.2 Seznam použitých pramenů.....	115
V.3 Databáze a internetové zdroje.....	117

<b>VI Seznam použitých symbolů a zkratk</b> .....	<b>121</b>
<b>VII Seznam tabulek</b> .....	<b>122</b>
<b>VIII Seznam obrazových a grafických příloh</b> .....	<b>123</b>
VIII.1 Obrazová příloha teoretické části.....	132
VIII.2 Obrazová příloha praktické části.....	144
VIII.2.1 Panel s motivem racka z dolní stanice výtahu na vyhlídku Pastýřská stěna v Děčíně.....	144
VIII.2.2 Exteriérová mozaika Ptačí rodina v ul. Lidická v Litomyšli.....	163
VIII.3 Grafické přílohy praktické části.....	181
VIII.3.1 Exteriérová mozaika Ptačí rodina v ul. Lidická v Litomyšli.....	181
<b>IX Seznam textových příloh</b> .....	<b>186</b>

# I Úvod

Praktická část diplomové práce zahrnuje komplexní restaurování, průzkum a dokumentaci restaurování dvou mozaikových výjevů z odlišných materiálů. První mozaikou je jeden ze dvou kruhových panelů s motivem racka od Vladimíra Petráčka, původně umístěný ve spodní stanici výtahu na Pastýřskou stěnu v Děčíně. Mozaika je vytvořena ze skleněných mačkaných kostek lepených pomocí epoxidové pryskyřice na dřevotřískovou desku. Závažným problémem byla nosná dřevotřísková deska, která se vlivem vlhkosti rozpadala. Restaurátorský zásah zahrnoval sejmutí mozaikového výjevu z původní podložky, rekonstrukce scházejících částí mozaiky podle historické fotografie a osazení na novou podložku, kterou tvořila hliníková voštinová deska. Součástí restaurátorského zásahu byl i výzkum vhodné epoxidové pryskyřice pro restaurování mozaik.

Druhá z mozaik je exteriérová mozaika Ptačí rodina od Ludmily Jandové umístěné na čelní stěně přístavby domu v ulici Lidická 913 v Litomyšli. Mozaika je tvořena kombinací materiálů, a to několika druhů kamene, dlažby a skleněných korálků. Hlavní řešenou problematikou byla zvětralá a z části scházející opuka, kterou bylo nutné nahradit. Vzhledem k tomu, že opuka podléhá rychlému zvětrávání, bylo ji nutné stabilizovat. Restaurování tedy zahrnovalo kompletní rekonstrukci motivů dvou ptáků na základě historických fotografií a otisků původních kamenů, které se dochovali v maltovém loži.

Teoretická část diplomové práce je zaměřena na širokospektrální fotografii pořízenou upraveným digitálním fotoaparátem, kterou dobře vystihují také termíny technická, případně vědecká fotografie. Širokospektrální fotografii je možné do určité míry chápat jako předstupeň, nebo zjednodušenou podobu multispektrálního zobrazování, se kterým se mnohdy nesprávně zaměňuje.

Tato práce je zaměřena na několik technik širokospektrální fotografie v UV–VIS–IR oblastech elektromagnetického spektra, jež je v současnosti možné pořizovat i poměrně finančně dostupnou digitální fotografickou technikou. Práce je založena na rešerši dostupných výsledků využívaných v praxi v zahraničí a částečně také na provedených experimentech s pořízenou technikou. Cílem této práce je přiblížit současné možnosti této techniky v její dostupné podobě a nastínit základní postupy pořizování a následného zpracování snímků s relativně vysokou vypovídací hodnotou.

V posledních letech zažíváme velký rozmach širokospektrální a multispektrální fotografie. Vzhledem k dobré finanční dostupnosti zařízení, jež poskytují vysokou kvalitu snímků, dochází k velmi rychlému rozšíření i rozvoji těchto technik. To poměrně komplikuje základní orientaci v problematice, protože kromě publikování různorodých výsledků dochází i k rychlému vývoji zařízení a následně i popisovaných postupů. Některá zařízení a jejich

příslušenství jako jsou fotografické filtry nebo kalibrační nástroje jsou již zcela nedostupná a není tak možné ověřit jejich funkčnost a kvalitu. Naopak se objevují zcela nová s teoreticky vysokými možnostmi, ale bez praktického ověření.

Experimentální část teoretické diplomové práce potom vychází ze studia dostupné literatury a vzájemného porovnání jejich výsledků, stejně tak byl proveden průzkum trhu z hlediska komerční dostupnosti potřebné techniky. Možnosti pořízené techniky, zejména fotoaparátu, kalibračních tabulek a filtrů, byly testovány na laboratorně připravených vzorcích i reálných historických objektech. Výsledkem je v tuto chvíli sestavení minimalizovaných základních postupů a doporučení u jednotlivých technik snímání a jejich postprodukční výstup v komerčně dostupných aplikacích.

## II Teoretická část diplomové práce

### Technická fotografie v UV, IR záření a falešných barvách

#### II.1 Charakterizace technické fotografie

Fotografie pro vědeckou a odbornou dokumentaci v památkové péči a kulturním dědictví bychom měli považovat za popis, kde hlavním hlediskem je přesnost a jednoznačnost vyobrazení. Dalším cílem je vzájemná porovnatelnost i opakovatelnost, která je zejména důležitá v širokopásmovém či multispektrálním zobrazování. Při pořizování těchto „technických“ snímků se obvykle používají pomocné objektivizační prvky a navíc se přesně zaznamenávají okolnosti vzniku. Tyto fotografie mnohdy využívají různých grafických nebo barevných úprav, které náš zrak není schopen vnímat.<sup>(1)</sup>

U fotografie bychom měli mít stále na paměti, že se nejedná o realitu, ale o interpretaci reality zaznamenanou za určitých podmínek v určitém čase, která je upravena fotografickou optikou, světlocitlivým materiálem a v neposlední řadě u digitální fotografie softwarem, který by měl do úprav zasahovat minimálně. Další velkou problematikou vztahující se nejenom k vědecké a dokumentační fotografii je opětovné zobrazení digitálního záznamu, zahrnující zobrazování na monitoru nebo tisk.<sup>(2)</sup>

Širokospektrální technická fotografie může zahrnovat mnoho zobrazovacích metod, které využívají záznamů obrazů vzniklých interakcí různých typů záření s předmětem. To v praxi znamená, že širokospektrální fotografie zaznamenává relativně široké a na sobě nezávislé oblasti elektromagnetického záření např. rentgenové, ultrafialové, infračervené nebo viditelné.<sup>(3)</sup> Multispektrální a hyperspektrální zobrazovací metody potom zaznamenávají užší část spektra v sekvenci snímků. Ty jsou kromě obrazové informace použity k získání spektrální informace zkoumaného předmětu, především za účelem mapování a identifikace použitých materiálů, tedy materiálové analýzy.<sup>(4)</sup>

U širokospektrálních fotografií se využívá modifikovaného digitálního fotoaparátu, který je omezen citlivostí křemíkového čipu v oblasti viditelného spektra a přilehlých oblastí UV–VIS–IR v přibližném rozsahu 350 – 1100 nm. Mezi základní zobrazovací metody

1 BEZDĚK, Ladislav a Martin FROUZ. *Digitální a digitalizovaná fotografie pro vědecké účely v praxi památkové péče*. Praha: Národní památkový ústav, 2014. Odborné a metodické publikace (Národní památkový ústav), s. 12–14.

2 Ibidem.

3 DYER, Joanne, Giovanni VERRI a John CUPITT. *Multispectral Imaging in Reflectance and Photo-induced Luminescence modes: A User Manual*. 1. The British Museum, 2013.

4 COSENTINO, Antonino. Multispectral imaging system using 12 interference filters for mapping pigments. *Conservar Património*. 2015, 21, 25–38.



širokospektrální fotografie v UV–VIS–IR oblasti spektra patří záznam odraženého bílého (VIS) světla (běžná fotografie), odraženého infračerveného (IR) záření, odraženého ultrafialového (UV) záření nebo viditelné luminiscence/fluorescence buzené ultrafialovým zářením. Méně známými metodami širokospektrální fotografie zaznamenávajícími luminiscenci mohou být viditelná luminiscence buzená viditelným světlem, nebo infračervená luminiscence buzená viditelným světlem.<sup>5</sup> Další významnou oblastí využití technické fotografie, na kterou je tato práce zaměřena, je zobrazování v tzv. falešných barvách (FC). Snímky ve falešných barvách se získávají úpravami vybraných snímků technické fotografie a jejich vzájemnou kombinací ve vhodných počítačových aplikacích.<sup>6</sup>

---

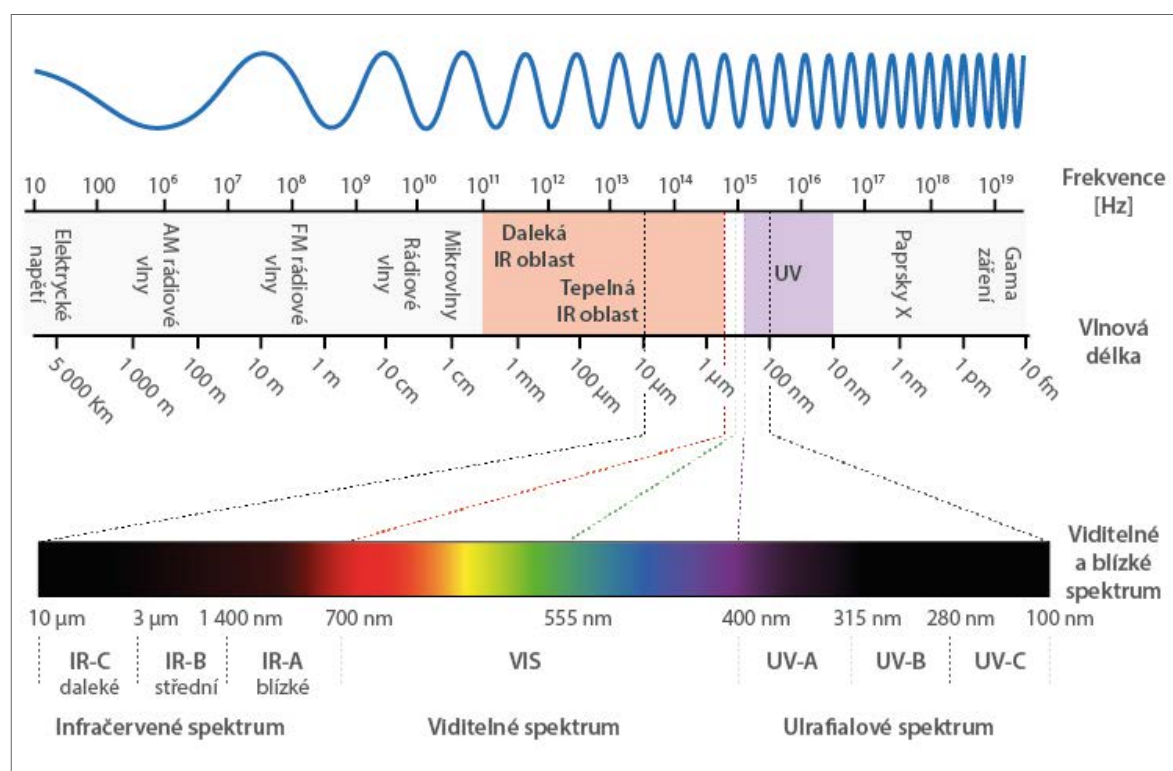
5 DAYER, 2013, s. 1–6.

6 HRADILOVÁ, Janka a David HRADIL. *Neinvazivní průzkum malířských výtvarných děl radiografickými a rentgen-fluorescenčními metodami*. V Praze: Akademie výtvarných umění, 2015.

## II.2 Elektromagnetické záření

Elektromagnetické záření je energie, která se šíří přímočaře ze zdroje a je kombinací příčného postupného magnetického vlnění a elektrického pole. Elektromagnetické záření je nejčastěji popisováno třemi veličinami, přičemž nejrozšířenější a v praxi nejpoužívanější je *vlnová délka* značená  $\lambda$  (nm), která označuje vzdálenost dvou nejbližších bodů postupného periodického vlnění. Další veličinou je *frekvence*  $f$  (Hz) vyjadřující počet opakování periodického děje za daný časový úsek a *perioda*  $T$  (s), která je dobou trvání jednoho opakování periodického děje.<sup>(7)(8)</sup>

Největším přírodním zdrojem elektromagnetického záření na Zemi je Slunce. Přes atmosféru na povrch Země dopadá přibližně jen polovina slunečního záření, zbylé je pohlceno v atmosféře, nebo se od ní odráží. Záření které pronikne skrze atmosféru, je z velké části viditelné světlo, infračervené záření a v malém míře ultrafialové záření. Elektromagnetické záření může být produkováno i uměle za pomoci různých zářičů či vysílačů.<sup>(9)</sup>



**Obr. 01:** Grafický přehled elektromagnetického spektra s vyznačenou oblastí zájmu UV–VIS–IR s příslušnými vlnovými délkami.

7 LEPIL, Oldřich. *Fyzika pro gymnázia*. 4. vyd. Praha: Prometheus, 2010.

8 GOTTVÁLD, Ing. Martin. *Ionizující a neionizující záření ze zdravotního hlediska*. Brno, 2011. Diplomová práce. Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, Ústav elektrotechnologie. Vedoucí práce doc. Ing. Petr Bača, Ph.D. s. 5.

9 GOTTVÁLD, 2011, s. 5, 14.

Elektromagnetické záření je děleno do pásem/oblastí podle vlnových délek či frekvence (např. rádiové vlny, infračervené záření, viditelné světlo atd.). Oblastí zájmu širokospektrální technické fotografie pořízené upraveným digitálním fotoaparátem je úzká výseč elektromagnetického spektra, která zahrnuje viditelnou oblast a k ní přilehlé části infračerveného a ultrafialového záření. Je třeba mít na zřeteli, že hranice mezi jednotlivými pásmy elektromagnetického záření nejsou ostré, navzájem se plynule prolínají a proto ani v odborné literatuře nejsou rozmezí mezi jednotlivými oblastmi uváděny vždy jednotně.<sup>(10)(11)</sup> Dělení elektromagnetického spektra potom bývá ovlivněno různými faktory, například druhem vědního oboru, účinky elektromagnetického záření na živé organismy nebo také postupem doby, respektive vývojem lidského poznání.

Základní dělení elektromagnetického spektra zahrnující „pouze“ ultrafialovou, viditelnou a infračervenou oblast, bylo představeno společností CIE ve 30. letech 20. stol. na základě biologických účinků bezprostředně ovlivňující organismy.<sup>(12)</sup> Na toto dělení navázala norma ISO-21348-2004, která se zároveň zaměřuje na rozdělení kompletního elektromagnetického spektra záření. Podle této normy se UV záření vyznačuje vlnovými délkami od 10 nm do 400 nm a dále se dělí na oblasti dlouhovlnného UVA záření (315–400 nm), středněvlnného UVB záření (280–315 nm) a krátkovlnného UVC záření (100–280 nm). Méně často je UV záření děleno na oblast blízkou NUV (300–400 nm), střední MUV (200–300 nm) a vzdálenou FUV (122–200 nm), tyto oblasti i jiné jsou v této normě taktéž uvedeny.<sup>(13)(14)</sup> Infračervená (IR) část elektromagnetického spektra je složena podle ISO-21348-2004 ze tří pásem, která zahrnují blízké záření (IRA, 760 – 1400 nm), střední (IRB, 1400 – 3 000 nm) a daleké (IRC, 3 000 – 10 000 nm), ale existují také jiné způsoby dělení v této oblasti spektra.<sup>(15)(16)</sup>

Lidské oko je velmi sofistikovaný nástroj pro vnímání určité části elektromagnetického záření a u každého jedince je citlivost oka rozdílná. Kromě fyziologických předpokladů může být dále ovlivněna zdravotním stavem a věkem jedince ale také podnebím či roční dobou. U mladého zdravého člověka se vnímatelnost rozsahu světla obvykle pohybuje od

10 ISO-21348–2004. *Definitions of Solar Irradiance Spectral Categories*. 21348. Geneva, Switzerland: International Standards Organization (ISO), 2004.

11 BURDOVÁ, Pavla. *Filtry v Optice a optometrii*. Brno, 2012. Bakalářská práce. Masarykova Univerzita, Lékařská fakulta. Vedoucí práce Mgr. Pavel Beneš.

12 SLINEY, DH. What is light? The visible spectrum and beyond. *Eye*. Londýn, 2016, 30(2), 222–229. Dostupné také na: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4763133/>.

13 DAVIES, Adrian. *Digital Ultraviolet and Infrared Photography: Application in Scientific Photography*. New York: Routledge, 2018, s. 9–10.

14 ISO-21348–2004.

15 Ibidem.

16 DAVIES, 2018, s. 9–10.

360–400 nm do 760–830 nm. Lidské oko není stejnoměrně citlivé na celé viditelné spektrum, v denním světle je nejcitlivější na zelené světlo s vlnovou délkou kolem 555 nm. Naproti tomu v šeru je zrak nejcitlivější na světlo vlnové délky asi 513 nm, která je blíže modré barvě.<sup>(17)(18)(19)(20)</sup>

Český název	Anglický název	Zkratka	Vlnová délka (nm)
Krátkovlnné UV záření	Ultraviolet C	UV-C	100–280 nm
Středněvlnné UV záření	Ultraviolet B	UV-B	280–315 nm
Dlouhovlnné UV záření	Ultraviolet A	UV-A	315–400 nm
Vzdálená oblast UV záření	Far Ultraviolet	FUV	122–200 nm
Střední oblast UV záření	Middle Ultraviolet	MUV	200–300 nm
Blízká oblast UV záření	Near Ultraviolet	NUV	300–400 nm
Viditelné záření (světlo)	Visible	VIS	380–760 nm
Blízké IR záření	Near Infrared	IR-A	760 – 1400 nm
Střední IR záření	Middle Infrared	IR-B	1400 nm – 3 μm
Daleké IR záření	Far Infrared	IR-C	3 μm – 10 μm

**Tab. 01:** Přehled rozdělení elektromagnetického záření UV–VIS–IR podle normy ISO-21348–2004.

Barva	Vlnová délka (nm)
Fialová	360–450 nm
Modrá	450–500 nm
Zelená	500–570 nm
Žlutá	570–591 nm
Oranžová	591–610 nm
Červená	610–760 nm

**Tab. 02:** Přehled rozdělení barev viditelného spektra podle normy ISO-21348–2004.

17 PRUTCHI, David. *Exploring ultraviolet photography: bee vision, forensic imaging, and other near-ultraviolet adventures with your dslr*. 1. Buffalo, NY: Amherst Media, 2016.

18 ŠTĚPÁNEK, Jaroslav. *Fotobiologická bezpečnost světelných zdrojů a osvětlovacích soustav*. Brno, 2014. Diplomová práce. FEKT VUT. Vedoucí práce Ing. Jan Škoda, Ph.D.

19 Spektrální citlivost lidského oka. Na: *WikiSkripta* [online]. Praha: Univerzita Karlova, 2018. Vyhledáno 28. 3. 2018. Dostupné na: [https://www.wikiskripta.eu/w/Spektráln%C3%AD\\_citlivost\\_lidského\\_oka](https://www.wikiskripta.eu/w/Spektráln%C3%AD_citlivost_lidského_oka).

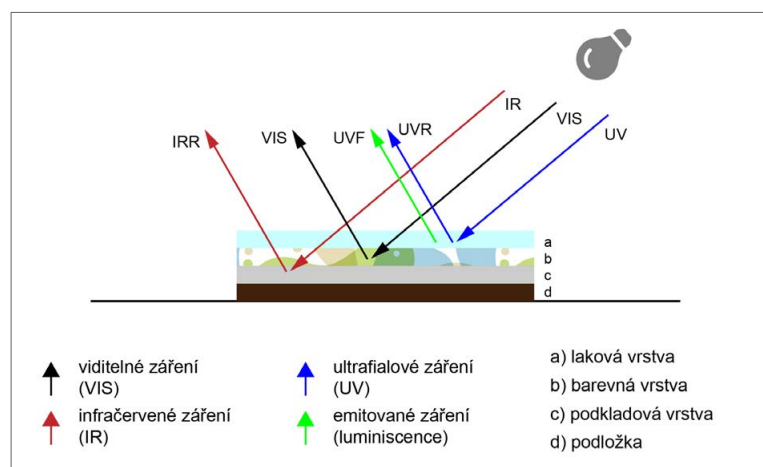
20 SLINEY, 2016.

## II.3 Zobrazovací metody v UV–VIS–IR oblasti

Neinvazivní metody průzkumu byly a jsou nedílnou součástí restaurátorského průzkumu a dokumentace uměleckých děl. Při neinvazivních průzkumech v oblasti kulturního dědictví se využívá velké spektrum zobrazovacích metod, přičemž k těm běžně dostupným lze řadit metody zobrazování předmětu v denním rozptýleném světle nebo bočním razantním nasvícením a metoda ultrafialové luminiscence/fluorescence. V současné době je rozšířená fotografie/reflektografie ultrafialové luminiscence/fluorescence anebo infračervená fotografie/reflektografie.<sup>(21)(22)</sup> Příklady méně využívaných zobrazovacích technik nebo metod vyžadujících sofistikované přístroje mohou být rentgenografie a počítačová tomografie, termografie, 3D skenovací metody, fotogrametrie nebo terahertzové zobrazování, které se v současné době stává velmi zkoumaným odvětvím.<sup>(23)(24)</sup> Velmi přínosnou technikou je RTI zobrazování, kdy je za pomoci sady fotografií s různým úhlem ozáření, sestaven 2D obraz s určitou 3D informací o povrchu zkoumaného objektu.<sup>(25)</sup>

UV záření má nízkou pronikací schopnost a poskytuje informaci především o povrchu díla. Pronikací schopnost IR záření je z daných oblastí UV–VIS–IR největší, toto záření může pronikat skrze vrstvy, například laky nebo malbou. Proto IR fotografie může poskytovat informace o skrytých vrstvách, například podkresbách nebo podmalbách atd.<sup>(26)</sup>

**Obr. 02:** Prostupnost vybraných typů elektromagnetického záření jednotlivými vrstvami povrchu uměleckých děl.



21 SLÁNSKÝ, Bohuslav. *Technika malby*. Vyd. 2. Praha: Paseka, 2003.

22 HRADILOVÁ, 2015.

23 Ibidem.

24 DAUKANTAS, Patricia. Cultural Artifacts in Terahertz Light. *Optics and photonics news*. United States, 2018, 29(3), 28–35.

25 PLZÁK, Jindřich. Dokumentace mincí výpočetní fotografickou metodou RTI. *Numismatické listy*. 2016, 71(3/4), 169–174. Dostupné také na: [https://www.academia.edu/35147620/Dokumentace\\_minc%C3%AD\\_v%C3%ADpo%C3%ADetn%C3%AD\\_fotografickou\\_metodou\\_RTI](https://www.academia.edu/35147620/Dokumentace_minc%C3%AD_v%C3%ADpo%C3%ADetn%C3%AD_fotografickou_metodou_RTI).

26 DYER, 2013.

### II.3.1 Záznam odraženého záření – reflexní techniky

Technikami založenými na reflexi (odrazu) je zaznamenáváno záření, které se odráží od daného předmětu. Na předmět musí dopadat alespoň takový rozsah vlnových délek záření, který se bude zaznamenávat. Mezi základní reflektografické techniky v UV–VIS–IR oblastech záření realizované pomocí upraveného digitálního fotoaparátu lze řadit fotografii ve viditelném světle (VIS), zaznamenávající odražené bílé světlo v rozsahu vlnových délek přibližně mezi 400–700 nm. Dále infračervenou fotografii (IRR) pohybující se u upraveného digitálního fotoaparátu v rozmezí vlnových délek 700–1100 nm a ultrafialovou fotografii (UVR) pracující se zářením v přibližném rozmezí 350–400 nm.<sup>(27)(28)</sup>

#### II.3.1.1 Fotografie v bílém/viditelném světle (VIS)

Základní součástí fotografické dokumentace studovaného díla i sady širokospektrálních snímků je fotografie v rozptýleném světle, která je mimo jiné také podstatou klasického zobrazování ve falešných barvách. Je důležité si uvědomit, že vizuální pozorování i vědecká barevná fotografie díla jsou podkladem pro interpretaci dalších zobrazovacích technik. Pro kvalitní záznam fotografií ve viditelném spektru je třeba mít určité znalosti i zkušenosti k tomu, aby dílo bylo zdokumentováno v patřičném rozsahu jevů, který může například zahrnovat stav díla a jeho poškození, předešlé zásahy, techniku povrchových úprav, malby nebo polychromie, použité materiály atd.<sup>(29)</sup>

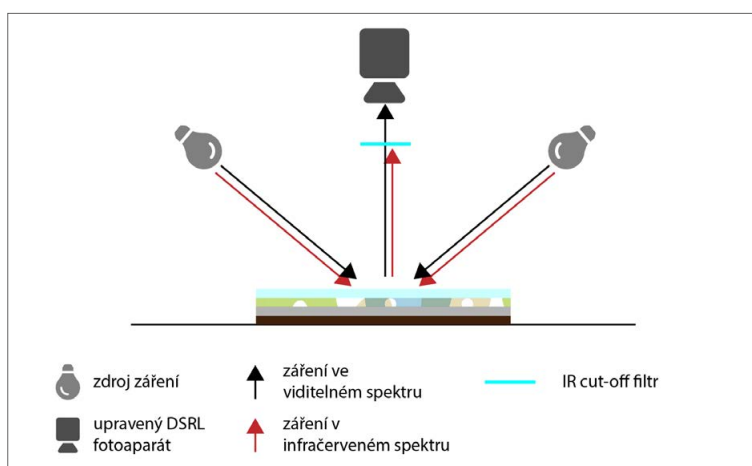
Na tomto místě je vhodné zmínit také jiné zobrazovací metody, které využívají odražené viditelné světlo. Kromě rozptýleného světla se zaznamenává také razantní boční nasvícení, při kterém je možné zintenzivnit informace o topografii povrchu nebo například o jeho lesku. Další možností fotografického záznamu je dokumentace v polarizovaném světle. Využívá se například v situacích, kdy je žádoucí potlačení lesku na snímcích. Méně rozšířenou technikou dokumentace je metoda transformačního zobrazování (Reflectance Transformation Imaging, RTI). Při této metodě každá fotografie zachycuje předmět z jiného úhlu dopadajícího světla při konstantní vzdálenosti fotoaparátu a zdroje světla od předmětu. Získaná množina snímků je poté transformována softwarem do speciálního souboru, který

27 DYER, 2013, s. 3–4.

28 COSENTINO, Antonino. Infrared Technical Photography For Art Examination. *E-PRESERVATION Science*. 2016, (13), 1–6.

29 HRADILOVÁ, 2015.

**Obr. 03:** Schéma snímání fotografie ve viditelném světle (VIS) modifikovaným digitálním fotoaparátem.



obsahuje rozšířené informace o barevnosti a odrazivosti předmětu. Tato metoda nachází uplatnění zejména při vizualizaci struktury předmětů a jejich povrchu, uplatňuje se také při vyhodnocení některých restaurátorských-konzervátorských procesů.<sup>(30)(31)(32)</sup>

### II.3.1.2 Infračervená reflexe; reflektografie, fotografie (IRR)

Metodou infračervené reflektografie/fotografie se většinou zaznamenává záření v oblasti vlnových délek 700–2 500 nm. Záznam delších vlnových délek nemá z praktického hlediska zásadní význam, protože přibližně mezi 2 700–3 500 nm dochází k silné absorpci záření organickými pojivy. Jak bylo uvedeno, upravený fotoaparát je citlivý pouze na část zmíněného rozmezí v oblasti 700–1 100 nm.<sup>(33)(34)</sup>

Tato metoda poskytuje velmi cenné údaje například o skrytých přípravných nebo starších vrstvách malby a především o podkresbách. Na základě průzkumu infračervenou reflektografií lze v příznivých případech rozpoznat techniku a materiál podkresby. Nejčastěji je tato metoda využívána k odhalení přípravných kreseb, které jsou na bázi uhlíku (grafit, tužka, uhel), protože tyto materiály infračervené záření pohlcují. Na druhou stranu bývá problematické zaznamenat podkresby/přípravné vrstvy na bázi červených hlinek nebo olovnatých pigmentů či inkoust. Při optimálních podmínkách je také možné identifikovat

30 HRADLOVÁ, 2015.

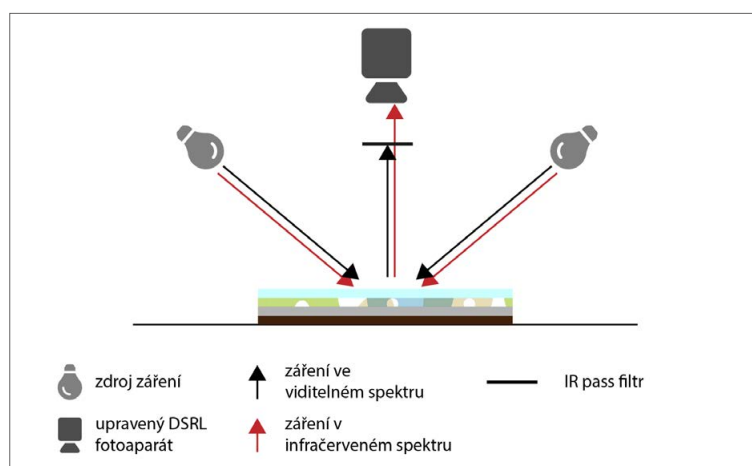
31 WARDA, Jeffrey, Franziska FREY, Dawn HELLER, Dan KUSHEL, Timothy VITALE a Gawain WEAVER. *The AIC Guide to Digital Photography and Conservation Documentation*. 3. Washington, DC: American Institute for Conservation (AIC), 2017

32 PLZÁK, 2016.

33 HRADLOVÁ, 2015, s. 35–40.

34 COSENTINO, Antonino. Practical notes on ultraviolet technical photography for art examination. *Conservar Património*. 2015, (21), 53–62.

**Obr. 04:** Schéma snímání infračervené reflektografie (IRR) pomocí modifikovaného digitálního fotoaparátu.



například autorské změny (pentimenty). Uvedené možnosti souvisí s vyšší prostupností IR záření vrstvami, IR záření poměrně dobře penetruje organickými pojivy a pigmenty. Hloubka průniku dále závisí na vlnové délce použitého IR záření nebo například tloušťce vrstvy.<sup>(35)(36)</sup>

Jednou z nejstarších metod záznamu infračervených snímků je klasická fotografie využívající celuloidový film citlivý na infračervené záření přibližně v rozsahu 700–900 nm. Kromě upravených fotoaparátů využívá infračervená reflexe především IR kamery, které mohou pracovat v rozšířených oblastech IR spektra, nebo přístrojové kombinace rozšiřující průzkum o další techniky nebo oblasti záření. Z infračervených kamer lze alespoň jmenovat vidikonové kamery, které byly v podstatě v praxi nahrazeny IR kamerami s InGaAs detektorem. Používají se kamery i s jinými detektory. V dnešní době jsou již dobře dostupné pokročilé techniky zahrnující také velkoplošná skenovací zařízení, která poskytují vysoká rozlišení a citlivost i širokou tonální škálu snímků.<sup>(37)(38)</sup>

### II.3.1.3 Ultrafialová reflexe; reflektografie, fotografie (UVR)

Při této fotografické metodě s použitím běžných objektivů a modifikovaným fotoaparátem typu „full spectrum“ se snímá odražené UV záření v přibližném rozmezí vlnových délek 350–400 nm. Při použití jinak upraveného fotoaparátu a se specializovaným objektivem, lze zaznamenávat i širší rozsah UV spektra (viz kap. II.4.2 str. 32). UV záření má nízkou penetrační schopnost, a proto je možné touto technikou zaznamenávat oproti IR nebo VIS snímkům prakticky pouze povrch zkoumaného objektu. UV reflektografické snímání může napomoci v charakterizaci povrchu a lokalizaci různých jevů, materiálů či součástí díla,

35 HRADILOVÁ, 2015, s. 35–40.

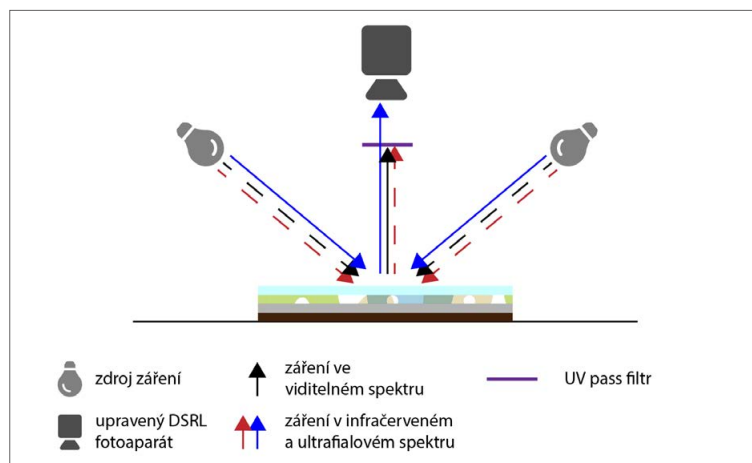
36 COSENTINO, 2015.

37 DYER, 2013, s. 36.

38 COSENTINO, 2015



**Obr. 05:** Schéma snímání ultrafialové reflektografie (UVR) pomocí modifikovaného digitálního fotoaparátu.



například laků, předešlých restaurátorských zásahů, poškození atd.<sup>(39)</sup> Ultrafialová reflexe je dobrým nástrojem k identifikaci některých pigmentů. Příkladem může být možnost odlišit titanovou nebo zinkovou bělobu, které se projevují oproti jiným bílým pigmentům velmi tmavě, protože silně absorbují UV záření. Naproti tomu se například olovnatá běloba nebo litopon vyznačují velmi světlým odstínem. Podobně jako v případě IR reflektografie lze pro zlepšení orientace, zviditelnění různých fenoménů nebo i identifikace některých materiálů převést UVR snímky do falešných barev.<sup>(40)</sup>

### II.3.2 Zobrazování ve falešných barvách (FC)

Zobrazování ve falešných barvách (false-colour, FC) se provádí za účelem zlepšení čitelnosti nebo zvýraznění a zviditelnění různých jevů oproti původním snímkům. Na tomto místě je zapotřebí si uvědomit, že se nejedná o samostatné zobrazovací techniky, nýbrž o zpracování, úpravu a kombinaci snímků pomocí počítačových programů. Existuje nesčetně mnoho možností, jak jednotlivé snímky kombinovat a následně upravovat, a to s různým výsledkem. Většinou se takovéto snímky generují za účelem rozšíření poznání o materiálové podstatě díla, nejčastěji s cílem rozlišení a identifikace pigmentů.<sup>(41)(42)</sup>

Tradičně se používají snímky z ultrafialové reflektografie (UVRFC) nebo infračervené reflektografie (IRRFC), někdy se do falešných barev převádějí i rentgenové či jiné snímky. IR a UV reflektografické snímky jsou potom v rámci tradičního postupu kombinovány v grafickém programu se snímkem pořízeným klasickou dokumentační metodou v bílém světle. Běžný postup je takový, že se digitální barevný snímek grafickým programem nejprve

39 DYER, 2013, s. 4

40 COSENTINO, 2016.

41 HRADILOVÁ, 2015, s. 40.

42 DYER, 2013, s. 4

rozloží do trichromatického RGB systému barev, tedy do jednotlivých barevných kanálů červená–zelená–modrá (Red–Green–Blue, RGB). Do vybraného barevného kanálu se pak vloží ultrafialový (modrý kanál) nebo infračervený (červený kanál) snímek a ostatní kanály se přesně daným způsobem posunou. Přesný postup je popsán v kap. II.9.7.6 str. 75.<sup>(43)(44)(45)</sup>

### II.3.3 Záznam emitovaného záření, luminiscenční techniky

Luminiscenční techniky zaznamenávají emisní záření vybuze­né energeticky silnějším elektromagnetickým zářením (excitace). Zaznamenaný rozsah vlnových délek je tedy odlišný od vlnových délek dopadajících na zkoumaný objekt, vyznačuje se delšími vlnovými délkami. Mezi zcela běžné luminiscenční techniky technické fotografie náleží záznam ultrafialové fluorescence/luminiscence (UVF/UVL). Mezi méně známé luminiscenční techniky potom lze zařadit infračervenou luminiscenci buzenou viditelným světlem (nebo jeho částí) či luminiscenci ve viditelném spektru generovanou částí viditelného spektra.<sup>(46)(47)</sup>

#### II.3.3.1 Princip luminiscence

Jedním z projevů emise záření je luminiscence. Luminovat mohou látky, které nevedou příliš dobře elektrický proud (tzv. izolátory a polovodiče). Luminiscence zahrnuje několik jevů, mezi které patří fluorescence, fosforescence a zpožděná fluorescence.<sup>(48)(49)</sup>

Luminiscence vzniká během přeskoků excitovaných elektronů zpět na základní hladiny, což vede k vyzáření přebytečné energie ve formě fotonů. Princip vybuzení a opětovného návratu elektronů se mírně liší u pevných krystalických látek a kapalných látek, kterou doprovází mírně odlišná terminologie. Níže popsany princip uvádí vznik luminiscence u pevných krystalických látek.<sup>(50)</sup>

V základním stavu pevných látek jsou všechny elektrony usazeny na energeticky nejméně náročných orbitalech, tedy nejbliž­še k jádru. U polovodičů a izolátorů je poslední valenční vrstva plně obsazena valenčními elektrony. Vybuze­né elektrony externím zdrojem záření proto

43 ALDROVANDI, Alfredo, Ezio BUZZEGOLI, Annette KELLER a Diane KUNZELMAN. Indagini su superfici dipinte mediante immagini UV riflesse in falso colore. *Centro Di Della Edifimi SRL*. 2004.

44 COSENTINO, 2016.

45 WARDA, 2011, s. 143–146, 162–164.

46 DYER, 2013, s. 5–6.

47 COSENTINO, 2015.

48 PELANT, Ivan a Jan VALENTA. *Luminiscence doma, v přírodě a v laboratoři*. Praha: Academia, 2014. Průhledy (Academia), S. 11–13.

49 Luminiscence. Na: *WikiSkripta* [online]. Praha: Univerzita Karlova, 2018. Vyhledáno 29. 4. 2019. Dostupné na: <https://www.wikiskripta.eu/index.php?title=Luminiscence&oldid=408793>.

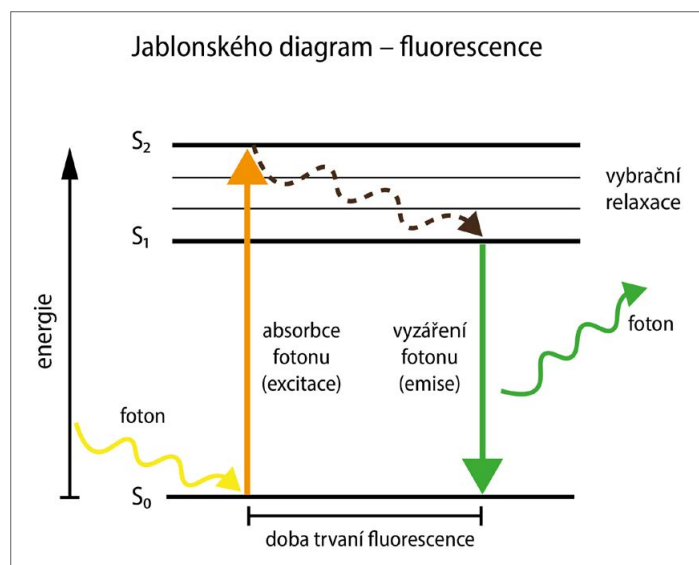
50 PELANT, 2014, s. 13–15.

přeskakují do vodivostního pásu, který je zcela neobsazený a který leží za tzv. „zakázaným pásmu“, tento proces se nazývá excitace elektronu. Elektron v této hladině nesetrvává a navrácí se do valenční vrstvy, během návratu přes „zakázané pásmo“ uvolňuje část energie ve formě luminiscenčního fotonu o energii přibližně rovné šířce zakázaného pásu. Tento jev se potom nazývá luminiscencí, v tomto případě se jedná o foto-luminiscenci. Uvolněná energie není rovna energii, která vybudila elektron, ale je podstatně nižší. Příčinou je ztráta části energie excitovaného elektronu, která se transformuje do vibrační energie celé krystalové mřížky molekuly.<sup>(51)</sup> To lze graficky znázornit pomocí Jablonského diagramu [Obr. 06 str. 26].

Fluorescence je druh luminiscence, který vymizí téměř ihned po ukončení budícího efektu, zatím co fosforescence probíhá i nadále, byť její intenzita postupně klesá. Někdy je pro zjednodušení použita definice která praví, že fluorescence je luminiscence projevující se v průběhu excitačního působení a fosforescence je luminiscence po skončení excitace.<sup>(52)</sup>

### II.3.3.2 Ultrafialová fluorescence/luminiscence (UVF/UVL)

Podstata metody spočívá ve studiu a dokumentaci viditelné fluorescence/luminiscence (400–700 nm), která vzniká při expozici předmětu dlouhovlnným ultrafialovým (UVA)



**Obr. 06:** Jablonského diagramu zobrazující princip vzniku luminiscence.

zářením (315–400 nm). Povrch předmětu a jeho materiály se projevují rozdílnou intenzitou, barevností a odstínem vzniklé UV fluorescence, která je zkoumána. Na základě průzkumu UV fluorescence lze odlišit různé materiály, části a doplňky studovaných předmětů, například konzervační látky, tmely, ale také projevy poškození, degradační produkty,

<sup>51</sup> Ibidem, s. 21–25.

<sup>52</sup> Ibidem, s. 20–21.

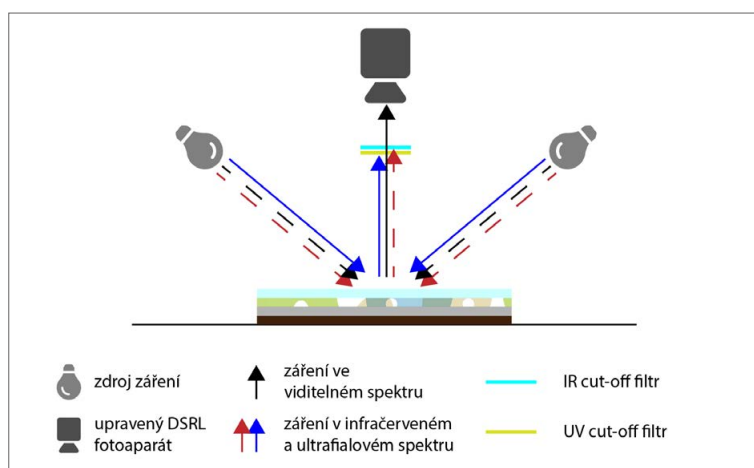
biologické napadení nebo soli. Průzkumem lze dále například lokalizovat a zhodnotit povrchové laky, lazury, odlišit starší povrchové úpravy, polychromie a malby od druhotných zásahů. Průzkum UV fluorescence dále umožňuje úspěšně kontrolovat některé dílčí procesy restaurátorsko-konzervátorského zásahu. Intenzivní UV fluorescencí se vyznačují především přírodní organické látky. Na druhou stranu je nutné zmínit, že absence luminiscence nemusí nutně znamenat nepřítomnost organických materiálů. V ojedinělých případech, na základě zkušenosti i pravděpodobnosti, lze jisté materiály díky charakteristické UV fluorescenci identifikovat či orientačně určit. Příkladem je zinková běloba s intenzivní zeleno-žlutou UV fluorescencí nebo nebělený šelak s oranžovou UV fluorescencí.<sup>(53)(54)</sup>

Metoda využívá stejně jako UV reflektografie/fotografie zdroj ultrafialového záření. UV záření je škodlivé lidskému zdraví, může vést například k poškození zraku nebo kůže atd. Při průzkumu UV fluorescence se proto musí používat ochranné brýle, případně další ochranné pomůcky. Zcela ojediněle se k průzkumu používá UV záření s menší vlnovou délkou (UVC, UVB), které je v porovnání s UVA zářením pro lidské zdraví zásadním způsobem škodlivější.<sup>(55)</sup>

### II.3.3.3 Viditelná luminiscence indukovaná viditelným světlem (VIVL)

Viditelná luminiscence se v tomto případě generuje různě ohraničenými (barevnými) oblastmi viditelného záření. Zaznamenává se vzniklá luminiscence ve zbývající části viditelného spektra, tedy část viditelného světla s delšími vlnovými délkami. Nejčastěji je zaznamenávána viditelná luminiscence (cca 500–700 nm) buzená modrým světlem (cca 400–500 nm). V odborné literatuře je poměrně často uváděno také využití viditelné luminiscence

**Obr. 07:** Schéma snímání ultrafialové fluorescenční fotografie (UVF) pomocí modifikovaného digitálního fotoaparátu.



53 DYER, 2013, s. 5.

54 COSENTINO, 2015.

55 Ibidem.

(cca 570–700 nm) buzené zeleným světlem (cca 500–570 nm). Na základě průzkum touto metodou je možné například upřesnit informace o lokalizaci rozdílných materiálů a druhotných vrstev nebo o použitých pigmentech a pojivech. Touto technikou lze lokalizovat některé organické pigmenty/barviva, zpravidla žluté a červené lakové pigmenty.<sup>(56)(57)</sup>

#### II.3.3.4 Infračervená luminiscence indukovaná viditelným světlem (VIL)

Infračervená luminiscence indukovaná viditelným světlem je upraveným fotoaparátem zaznamenávaná přibližně v oblasti vlnových délek 700 – 1100 nm. Tato technika snímá emisi infračerveného záření po expozici předmětu viditelnému světlu, případně jeho spektrální části. Metodou je možné určit a lokalizovat některé pigmenty, například egyptskou modř, Han violeť, Indickou žluť nebo pigmenty na bázi sloučenin kadmia (kadmiová červeň a žluť).<sup>(58)</sup>

---

56 DYER, 2013, s. 5.

57 DAVERI, Alessia. Visible-induced luminescence imaging: A user-friendly method based on a system of interchangeable and tunable LED light sources. *Microchemical Journal*. 2016, (125), 130-141.

58 DYER, 2013, s. 5.

## II.4 Digitální fotoaparát

Digitální fotoaparát zaznamenává obraz na světlocitlivý senzor (čip/snímač), který dopadající světlo (záření) převádí na digitální zdroj dat (viz kapitola II.4.1 str. 30). Než světlo dopadne na samotný senzor, musí projít soustavou čoček objektivu a několika interními filtry bezprostředně umístěnými před senzorem. Digitální fotoaparáty se mohou dělit do několik následujících kategorií:<sup>(59)(60)</sup>

**Kompaktní fotoaparáty** jsou malé přístroje s jednoduchou obsluhou, nemají výměnné objektivy. Jen několik modelů vyšší třídy umožňuje záznam do formátu RAW nebo automatický režim. Kompakty všeobecně disponují malými senzory. Expoziční čas a ISO je z pohledu profesionální fotografie většinou velmi omezen.

**Falešné zrcadlovky** (EVF – electronic viewfinder) mají v hledáčku display zobrazující fotografovanou scénu a nemají výměnné objektivy. Objektivy mají velký rozsah ohniskové vzdálenosti (např. 24–720 mm), to často zapříčiňuje znatelné deformace obrazu. Některé modely disponují manuálním režimem a možností záznamu do formátu RAW. Velikost snímacího senzoru je menší než u DSLR nebo bezzrcadlovek. Expoziční čas a ISO je často omezen.

**Bezzrcadlovky** (systémové kompaktní fotoaparáty) jsou někdy označovány za profesionální kompakty. Mají menší rozměry než digitální zrcadlovky, jelikož neobsahují mechanické a optické součásti (optické hranoly, zrcadlo). Jsou ale osazeny stejně výkonnými čipy a funkcemi. Obraz promítají na zadní LCD display s živým náhledem. Mají výměnné objektivy, možnost záznamu do formátu RAW a manuální režim. Špičkové bezzrcadlovky disponují i *full-frame* senzory. Nevýhodou těchto fotoaparátů může být sortiment dostupných objektivů.

**Digitální zrcadlovky** (DSLR) svým vzhledem a mechanismem vychází z klasických mechanických zrcadlovek na kinofilm. Mají věrný náhled v hledáčku, jelikož se jedná o promítaný obraz přes zrcadlo, které je umístěno před senzorem. Současné zrcadlovky umí promítat „živý“ náhled také na display. Další výhodou zrcadlovek je možnost použití velkého množství specializovaných objektivů. Velikost snímačů je nejčastěji APS-C až „*full frame*“, setkat se můžeme také se středním formátem. Tyto snímače poskytují dobrou kvalitu i za horšího osvětlení. Disponují plně manuálním ovládním a záznamem do formátu RAW.

Pro snímání širokospektrálních fotografií je zapotřebí, aby fotoaparát splňoval několik parametrů. V zásadě je zapotřebí, aby disponoval dobrým rozlišením snímače, schopností záznamu surových dat v některém ze surových formátů (RAW) a disponoval funkcí

59 Digitální fotoaparát. Na: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2019. Vyhledáno 2. 5. 2019. Dostupné na: [https://cs.wikipedia.org/w/index.php?title=Digitáln%C3%AD\\_fotoaparát](https://cs.wikipedia.org/w/index.php?title=Digitáln%C3%AD_fotoaparát).

60 GATCUM, Chris. *Kompletní fotografie: nejlepší fotografie z každého aparátu*. Brno: Zoner Press, 2018. Encyklopedie - grafika a fotografie, s. 348–355.

živého náhledu „*live view*“ a možností výměny objektivu i nasazení požadovaného filtru a manuálním ostřením.<sup>61</sup> Tyto požadavky splňují poslední dva typy fotoaparátů popsané výše, ale i přesto jsou v praxi rozšířené DSLR. V současné době je přijatelné rozlišení alespoň 24 Mpx, které je průměrem poloprofesionálních DSLR, přestože požadavek dle zákona, který upravuje státní památkovou péči 20/1918 Sb., doporučuje minimálně 6 Mpx.<sup>62</sup><sup>63</sup>

## II.4.1 Senzor fotoaparátu

Nejdůležitější součástí digitálního fotoaparátu je světlocitlivý senzor, který leží v ohniskové rovině fotoaparátu a je složen z mřížky miliónu prvků citlivých na světlo (pixelů). Ty jsou schopny zachytávat elektromagnetické vlnění v oblasti viditelného záření a jeho blízkého okolí a převádět ho na elektrické napětí a shromažďovat ho. Nejčastěji používané senzory jsou CMOS, které fungují na křemíkové bázi s přibližnou citlivostí od 300 do 1100 nm<sup>64</sup>. Jednotlivé senzory mohou mít rozdílnou citlivost v ultrafialové oblasti záření. Některé typy samostatných křemíkových senzorů mohou dosahovat citlivosti dokonce od přibližných 200 nm<sup>65</sup>. Citlivost senzoru je ve fotoaparátu dále ovlivněna dalšími vrstvami, vyskytujícími se přímo na senzoru nebo filtry umístěnými před ním. Skladba, typ a do jisté míry počet a funkce těchto vrstev a filtrů se mohou lišit podle výrobce a typu fotoaparátu, stejně tak jako související spektrální intenzita a rozsah záření dopadající přímo na jednotlivé pixely.<sup>66</sup><sup>67</sup>

Záření, které prošlo optickou soustavou fotoaparátu, je nejprve filtrováno souvrstvím vnitřních filtrů umístěnými před snímačem v těle fotoaparátu. Tyto vnitřní filtry jsou do fotoaparátu umisťovány výrobcí záměrně k blokadě UV a IR záření, které je pro barevnou fotografii nežádoucí. Jedním z filtrů je IR blokační tzv. „hot-mirror“ filtr pohlcující především infračervené a do jisté míry také ultrafialové záření, která se nepodílí na vzniku barevného obrazu. Tento filtr dále vhodným způsobem upravuje spektrální intenzitu světla kvůli věrnému podání barevnosti obrazu. Často se doplňuje o anti-aliasingový filtr, který bývá UV/IR blokačním filtrem. Tento filtr požadovaným způsobem blokuje především UV záření. Také napomáhá při věrném podání silně vzorovaných objektů zamezením rušivého

61 DYER, 2013, s. 45.

62 Zákon České národní rady ze dne 30. března 1987, o státní památkové péči ve znění zákona ČNR č. 425/1990 Sb. (poslední úprava 1. 1. 2003)

63 BEZDĚK, 2014, s. 17–21.

64 U rozsahu citlivosti se jednotlivé zdroje rozcházejí. Rozsah citlivosti určuje typ modifikace fotoaparátu viz kapitola II.4.2 str. 32. Horní hranice je často v literatuře uváděna na 1100 nm.

65 HAMAMATSU PHOTONICS K. K. *Image Sensor: Selection guide*. Hamamatsu: Hamamatsu Photonics K. K., 2018.

66 PRUTCHI, 2016, s. 21–23.

67 DAVIES, 2018, s. 13–17.

efektu *moaré* a různých jiných artefaktů. Má nepatrný rozostřovací efekt na úrovni pixelů. Snížená ostrost může být patrná při převodu do souborů JPEG, kde dochází ke kompresi dat.<sup>(68)(69)(70)</sup>

Samotný světlo citlivý senzor je opatřen několika vrstvami. Horní část je chráněna tenkou ochrannou svrchní vrstvou, pod kterou se nachází soustava mikročoček. Ty usměrňují světelný paprsek do jednotlivých fotodiod (fotocitlivé buňky/pixely), které tvoří spodní vrstvu senzoru. Fotocitlivé buňky zaznamenávají pouze intenzitu světla, které se k nim dostane, nikoliv barvu. Aby senzor rozeznal jednotlivé barvy, je mezi fotodiodami a mikročočkami soustava barevných filtrů rozdělujících světelné záření třemi filtry; červeným, zeleným a modrým (RGB). Za posledních několik desítek let se experimentovalo s různými druhy filtrů rozdělující elektromagnetické záření do RGB prostoru. Normou zůstává filtr založený na Bayerově masce, která má základní šachovnicové rozložení RGBG (řazení se u různých výrobců může lišit). Zelených pixelů je dvojnásobný počet, což koresponduje s vnímáním barev lidského zraku, který je na zelené světlo nejvíce citlivý. Díky barevným filtrům dokáže každá světlo citlivá buňka zaznamenat nejen jas, ale i barvu červeného, zeleného nebo modrého spektra.<sup>(71)(72)(73)</sup> Složením těchto tří barev lze následně výpočtem digitálně získat jakoukoliv barvu předlohy. Skutečnou barvu pixelu je tedy zapotřebí získat/vypočítat z okolních pixelů v RGB barvách. Tomuto procesu se říká Bayerova interpretace barev a je u většiny fotoaparátů totožná.<sup>(74)</sup>

Přestože současná fotografická technika zpravidla využívá CMOS<sup>(75)</sup> senzory, je stále možné se setkat například u starších modelů fotoaparátů se senzory typu CCD<sup>(76)</sup>. Ještě v nedávné době byly CCD senzory běžnou součástí nejen fotografické techniky, ale také jiných vědeckých přístrojů. Oba senzory jsou polovodičové na křemíkové bázi, a tedy detekují záření stejným způsobem. Základní rozdíl je v odlišném způsobu sběru dat, který je dán jejich konstrukcí a výrobním procesem. Konstrukční rozdíl u těchto dvou typů snímačů je ten, že CCD má v základu jeden čítač na všechny buňky snímače, která řídí přesné napětí a pohyb elektronů. S tím je ale spojena vyšší spotřeba energie, pomalejší zpracování dat a vyšší náklady na výrobu. Výhodou ovšem je, že všechny buňky jsou vyhodnoceny stejně. U čipů CMOS dochází k vyhodnocení na každé buňce zvlášť, zpracování dat pak může být mnohem

68 PRUTCHI, 2016, s. 21–23.

69 DAVIES, 2018, s. 13–17.

70 GATCUM 2018, s 356–357.

71 PRUTCHI, 2016, s. 21–23.

72 DAVIES, 2018, s. 13–17.

73 GATCUM, 2018, s 356–357.

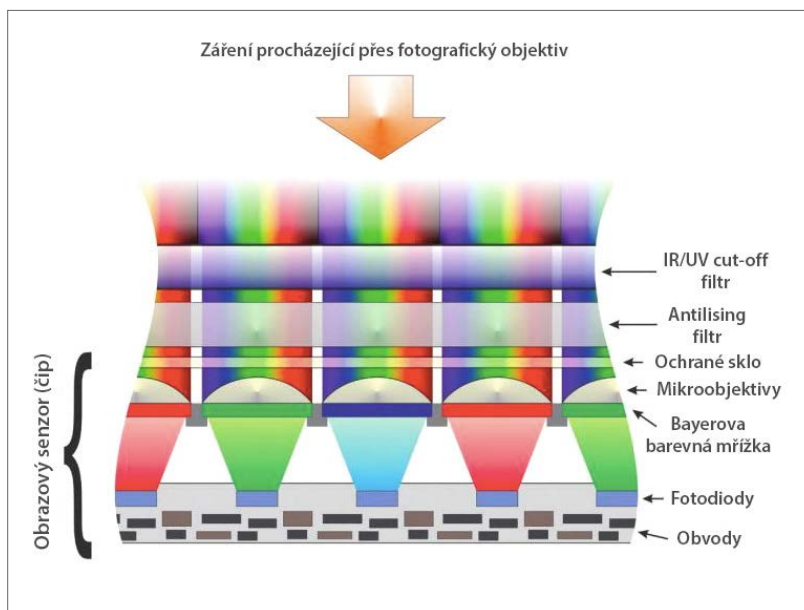
74 PIHAN, Roman. Vše o formátu RAW: 1.díl. *DIGI Manie* [online]. 19. 3. 2008. Vyhledáno 17. 2. 2020. Dostupné na: <https://www.digimanie.cz/vse-o-formatu-raw-1dil/2182>.

75 CMOS – Complementary Metal–Oxide–Semiconductor.

76 CCD – Charge-coupled device.



**Obr. 08:** Anatomie světlocitlivého senzoru CMOS u DSLR kamery. Světlo pronikající objektivem je filtrováno přes IR/UV filtry a následně pomocí mikročoček a Bayerovy masky nasměrováno na světlocitlivé diody. [Prutchi, 2016 – přeloženo]



rychlejší. Je to dáno tím, že tyto čipy mají u každé světlo citlivé buňky vlastní obvod. To ovlivňuje reálnou snímací plochu, která je díky tomu oproti CCD menší. V historii to mělo dopad na citlivost snímače na světlo. CCD čipy při základních ISO citlivostech zachytávají méně šumu, naopak při vyšších citlivostech zachycený šum nesrovnatelně stoupá. U nových generacích CMOS (tzv. BSI CMOS<sup>(77)</sup> již tento nedostatek neplatí.<sup>(78)(79)</sup> V dnešní době se staly čipy CMOS dominantními nad CCD a do budoucna je jisté, že budou CCD čipy nahrazovány CMOS senzory i ve vědeckých přístrojích.<sup>(80)</sup>

## II.4.2 Úprava digitálního fotoaparátu

Aby bylo možné běžně dostupný fotoaparát použít pro technickou širokospektrální fotografii, je zapotřebí provést jeho úpravu/modifikaci. Úprava fotoaparátu zahrnuje několik základních možností, které jsou podmíněny požadovaným účelem využití, případně jinými faktory.<sup>(81)</sup> Příkladem může být modifikace fotoaparátu, která mění jeho citlivost pouze na IR nebo UV záření, případně v kombinaci s viditelným světlem. Výhodou takové úpravy je,

<sup>77</sup> BSI CMOS (Back Side Illumination).

<sup>78</sup> GEORGE, Doug. CCD versus CMOS: Which is Better? *Diffraction Limited* [online]. Kanada, 2018, 9. 4. 2018. Vyhledáno 8. 3. 2020. Dostupné na: <https://diffractionlimited.com/ccd-versus-cmos-better/>.

<sup>79</sup> RADA, CSc., Ing. Václav. *Teorie měření a regulace: snímače – principy 3* [online]. Na.: Ústav technologie, mechanizace a řízení staveb, 2015. Vyhledáno 8. 3. 2020. Dostupné na: <https://www.fce.vutbr.cz/tst/rada.v/TMaR/t-mar-2015-p4p-tsn2-pr4.pdf>.

<sup>80</sup> GEORGE, 2018.

<sup>81</sup> DAVIES, 2018, s. 19–21.

že fotoaparát je citlivý pouze na vybranou oblast vlnových délek a není zapotřebí dalších předsazených filtrů. Takto upravený fotoaparát nelze využít k technikám snímání v ostatních oblastech spektra, než na které byl modifikován.<sup>(82)</sup>

Velmi rozšířenou úpravou z možností modifikací fotoaparátu je tzv. „*full spectrum*“ úprava, která je předmětem diplomové práce. Tato modifikace v péči o památky, respektive v technické fotografii, má nejširší využití. Touto úpravou se totiž rozšiřuje citlivost fotoaparátu o UV a IR oblasti spektra, konkrétně na přibližné rozmezí 350 – 1100 nm. Dochází při ní k odstranění UV a UV/IR blokačních filtrů umístěných před senzorem, nikoliv však vrstev ze senzoru. Fotoaparátu je tedy záměrně ponechána možnost barevného snímání.<sup>(83)(84)(85)(86)</sup>

Další, poměrně radikální úprava fotoaparátu, umožňuje rozšířit citlivost senzoru na jeho maximum. Tato modifikace spočívá v odstranění všech vrstev před senzorem, ale také vrstev ze senzoru, tedy vrstvy mikročoček a dokonce i Bayerovy masky. Fotoaparát se tak stane „barvoslepý“, buňky ze senzoru začnou zaznamenávat všechny vlnové délky, citlivost senzoru se tak zvýší na přibližné rozmezí 300 – 1100 nm. V porovnání s běžnou „*full spectrum*“ konverzí o které bylo pojednáno výše se kromě rozšíření spodní hranice v UV oblasti zároveň zvýší celková citlivost na intenzitu záření (přibližně 6×). Pro zaznamenávání UV záření pod hranici asi 350 nm je zapotřebí speciální objektiv propouštějící lépe UV záření s křemennou nebo jinou vhodnou optikou.<sup>(87)(88)</sup>

Výše popsané úpravy zahrnují poměrně složitou demontáž těla fotografického zařízení. Při „*full spectrum*“ konverzi je nutné precizně odstranit filtry blokující UV a IR záření umístěné před senzorem. Tyto filtry je zpravidla nezbytné nahradit speciálním ochranným dostatečně propustným filtrem pro požadované spektrum, většinou s danou tloušťkou<sup>(89)</sup>. Během procesu je zapotřebí dodržet přesný postup demontáže/montáže těla fotoaparátu a zajistit bezprašné prostředí. Proto úpravu není vhodné provádět bez odborných znalostí a je lepší modifikaci fotoaparátu přenechat specializované firmě, kterých je v současné době na zahraničním trhu několik. Některé firmy dokonce nabízejí částečnou záruku na konvertovaný fotoaparát. Při modifikaci na konkrétní spektrum záření se většinou provádí kalibrace ostření (refokusace). U „*full spectrum*“ modifikace je fotoaparát stále nastavený na ostření ve viditelném světle,

82 Ibidem. s. 19.

83 Ibidem.

84 PRUTCHI, 2016, s. 23–25.

85 UV-VIS-IR. Na: *LDP LLC MaxMax* [online]. Vyhledáno 02. 05. 2019. Dostupné na <https://maxmax.com/maincamerapage/uv-vis-ir/>.

86 Hranice propustnosti je uváděna v intervalu podle dostupných informací z literatury. Spodní hranice v UV oblasti záření je ovlivněna propustností Bayerovy masky/filtru, uvádí se asi 360 nm. [UV-VIS-IR].

87 PRUTCHI, 2016, s. 26–28.

88 Emailová konverzace s firmou LDP LLC MaxMax ze dne 4–11. 4. 2019, webové stránky firmy dostupné na: <https://maxmax.com>.

89 Čiré optické sklo může být například z filtru *Schott WG280*, které je prostupné v rozmezí od 280 nm po 1200 nm. [UV-VIS-IR].

proto je zapotřebí otestovat upravený fotoaparát, zda dobře doostřuje při snímání v UV nebo IR spektra záření. Většinou bude zapotřebí v těchto oblastech snímání manuálně doostřit o několik kroků. <sup>(90)</sup>



**Obr. 09:** CCD snímač (*Nikon D200*) s vnitřními filtry (vlevo) a po odstranění filtrů (vpravo). [Infrared and ultraviolet photography, dostupné na: <http://www.astrosurf.com/luxorion/photo-ir-uv.htm>]

90 DAVIES, 2018, s. 21, 28.

## II.5 Fotografické objektivy

„*Objektiv je čočka nebo soustava čoček, vytvářející opticky změněný obraz, který se obvykle ještě dále zpracovává...*“.<sup>(91)</sup> Jako fotografický objektiv může sloužit jednoduchá spojná čočka, nebo otvor propouštějící záření na světlocitlivý materiál. V praxi se ale fotografický objektiv skládá ze soustavy různých optických členů/čoček která je kromě jiného konstruovaná tak, aby byly v maximální míře potlačeny různé optické vady. Taková optická soustava zahrnuje objektivy s různou ohniskovou vzdáleností, respektive úhlem záběru nebo dokonce i objektivy, u nichž lze ohniskovou vzdálenost kontinuálně měnit. Fotografický objektiv plní při pořizování fotografií zásadní roli při přenášení světelného záření zaznamenané scény na snímač digitálního fotoaparátu. Ovlivňuje několik důležitých faktorů, kterými jsou kromě úhlu záběru, ostrost snímku, hloubka ostrosti a mnoho dalších parametrů, které jsou z hlediska fotografické tvorby klíčové.<sup>(92)(93)</sup>

Současný trh nabízí velké množství rozličných fotografických objektivů s různými vlastnostmi a s rozdílným určením použití. Obecně se rozlišují především dva základní druhy objektivů. Jak již bylo zmíněno, jsou jimi objektivy s pevnou ohniskovou vzdáleností a objektivy s proměnlivou ohniskovou vzdáleností.

**Objektivy s pevnou ohniskovou vzdáleností** se vyznačují jednodušší optickou soustavou umožňující pouze ostření. Tyto objektivy poskytují pouze jeden pevný obrazový úhel, tedy jednu šíři záběru scény a snímanou předlohu tedy nelze pomocí daného objektivu z jednoho místa „přibližovat nebo vzdalovat“. Tyto objektivy se vyznačují ideální obrazovou kvalitou a dobrou světelností.

**Objektivy s proměnlivou ohniskovou vzdáleností** někdy označované jako „zoom“ nebo „zoomovací“ objektivy. Měnitelná ohnisková vzdálenost umožňuje těmto objektivům opticky přibližovat či oddalovat zaznamenaný objekt, respektive rozšiřovat či zužovat zorné pole. Světelnost těchto objektivů je často rozdílná v závislosti na zvolené ohniskové vzdálenosti. Proměnlivá ohnisková vzdálenost vyžaduje mnohem složitější optickou soustavu, u které hrozí především u levných řad objektivů k neuspokojivé kvalitě zobrazování, například v podobě deformací, rozostření obrazu atd.<sup>(94)</sup>

Při výběru fotografických objektivů a práci s nimi je nezbytné se dobře orientovat v jejich dalších vlastnostech, které jsou většinou vystiženy v označení objektivů. Ze základních charakteristik objektivů je zásadní jejich ohnisková vzdálenost a světelnost. Ohnisková vzdálenost se měří v milimetrech a z technického hlediska udává vzdálenost od optického středu objektivu k ohniskové rovině při zaostření na nekonečno. Charakterizuje tedy

91 Objektiv. Na: *Wikipedia: Otevřená encyklopedie* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2019. Vyhledáno 3. 5. 2019. Dostupné na: <https://cs.wikipedia.org/w/index.php?title=Objektiv>.

92 Ibidem.

93 GATSUM, 2018, s. 156–157.

94 Ibidem, s. 158–161.

zorný úhel záběru, který definuje, do jaké míry daný objektiv oddaluje nebo přibližuje scénu a tedy také jakou část (šíři) scény objektiv zachytí s použitým snímačem fotoaparátu [Obr. 10 str. 37].<sup>95</sup> Světelnost potom určuje množství světla procházející skrze objektiv, charakterizuje ho bezrozměrné clonové číslo. Clonové číslo vyjadřuje poměr ohniskové vzdálenosti a průměru vstupní pupily objektivu (např. f/2.1). Množství procházejícího světla lze potom ovlivnit otevřením nebo zavřením clony.<sup>96/97</sup>

Objektivy se mohou vyznačovat různými vadami. V následujících bodech jsou stručně uvedeny vady fotografických objektivů, se kterými se lze nejčastěji setkat.<sup>98/99</sup>

**Chromatická aberace** (barevná aberace) je zapříčiněna různým lomem jednotlivých vlnových délek světla, respektive záření, při průchodu optickým prostředím, v tomto případě soustavou čoček a jiných komponent objektivu. V důsledku toho vycházejí jednotlivé barevné části světla z objektivu pod jiným úhlem a na snímači se nesetkají na stejném místě, což je nežádoucí. Vada se následně na fotografii projevuje jako barevný lem.

**Reflexy a odrazy** nastávají při přímém vstupu záření ze zdroje který je v úhlu záběru (fotografování proti zdroji světla/záření).

**Vinětace** vzniká při poklesu intenzity světla po okrajích objektivu. Na snímcích se může projevovat jako tmavší rámeček v rozích snímku kde dochází k poklesu jasu/expozice. Pokud se na snímcích projevuje tento efekt, lze jej potlačit zvýšením clony.

**Nerovnoměrná kresba** se projevuje rozostřením v rozích snímků. Příčinou je často jiný zaostřovací bod na středu a okraji snímače. Je to dáno tím, že mají čočky sférický tvar a snímač je plochý. Vadu lze částečně redukovat vyšším clonovým číslem.

**Zkreslení obrazu** zahrnuje nejčastěji soudkovité a polštářové zkreslení. K soudkovitému zkreslení dochází především u širokoúhlých ohnisek nebo méně kvalitních objektivů s velkým rozsahem ohniskové vzdálenosti. Na fotografii se zkreslení projevuje tak, že přímé linie jsou zaoblené vně obrazu nebo naopak.

Je velmi důležité vybrat takový objektiv, který umožňuje optimálně zaznamenat danou fotografickou techniku nebo jejich sérii. Je třeba si totiž uvědomit, že rozsah a intenzitu elektromagnetického záření dopadajícího na senzor velkou měrou ovlivňuje právě použitý objektiv. V praxi to znamená, pokud je fotoaparát upravený na citlivost v jiných oblastech než viditelném spektru, budou i přesto zaznamenány pouze takové vlnové délky, které prostoupí

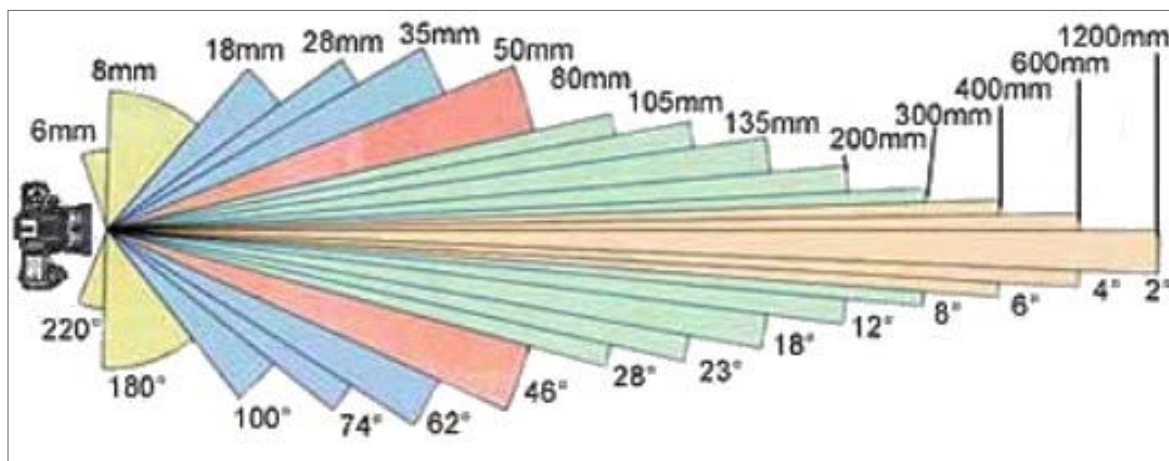
95 Ibidem, s. 162–163.

96 Ibidem, s. 24–25.

97 Světelnost objektivu. Na: *Wikipedia: Otevřená encyklopedie* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2019. Vyhledáno 31. 5. 2019. Dostupné na: [https://cs.wikipedia.org/w/index.php?title=Sv%C4%9Btelnost\\_objektivu](https://cs.wikipedia.org/w/index.php?title=Sv%C4%9Btelnost_objektivu).

98 GATSUM, 2018, s. 168–171.

99 Vady objektivů. *Fotografování: Fotografie v praxi* [online]. 2005. Vyhledáno 6. 12. 2019. Dostupné na: <http://www.fotografovani.cz/vybirame/technologie1/vady-objektivu-151403cz>.



**Obr. 10:** Ohnisková vzdálenost a zorný úhél objektivů. [Objektiv – oko fotoaparátu, dostupné na: <https://dtpko.cz/clanky/objektiv-oko-fotoaparatu-dil-prvni/>]

optickou soustavou. Pro účely širokospektrální fotografie jsou všeobecně doporučovány objektivy s pevnou ohniskovou vzdáleností a je dobré se vyhýbat delším ohniskům nad 200 mm.<sup>(100)(101)</sup>

## II.5.1 Aspekty snímání IR záření

Při snímání infračerveného záření (nad 700 nm) mohou některé objektivy vykazovat neostrost nebo mohou být náchylné k tvorbě tzv. „hot spot“ jevu. Tento jev se projevuje jako světlé mlhavé místo uprostřed snímků a je způsoben odrazem infračerveného záření mezi jednotlivými prvky uvnitř objektivu. Tento problém nelze řešit různým nastavením fotoaparátu například volbou clony, jako je tomu u jiných vad objektivu. Tvorbu hot spot jevu nelze zcela předvídat, mohou ho například zapříčinit i různé kombinace objektiv/fotoaparát. Lze jim však do velké míry předcházet.<sup>(102)(103)</sup> Seznamy objektivů s výskytem hot spot jevů jsou totiž publikovány v odborné literatuře či specializovaných internetových stránkách<sup>(104)</sup>. Také je možné se inspirovat u zkušených odborníků zabývajících se širokospektrální fotografií. Přesto je dobré pořízený objektiv před používáním otestovat, zda s příslušným fotoaparátem funguje bez projevujících se vad.

100 COSENTINO, 2015.

101 DYER, 2013, s. 44.

102 DAVIES, 2018, s. 112–113.

103 IR and Lenses: What lenses are suitable for IR photography. *DPanswers.com: All about digital photography* [online]. 2006. Vyhledáno 18. 5. 2019. Dostupné na: [http://dpanswers.com/content/irphoto\\_lenses.php](http://dpanswers.com/content/irphoto_lenses.php).

104 DPanswers.com dostupný na: [http://dpanswers.com/content/irphoto\\_lenses.php](http://dpanswers.com/content/irphoto_lenses.php); Kolarivision.com dostupné na: <https://kolarivision.com/articles/lens-hotspot-list/>; Digimanie.cz dostupné na: <https://www.digimanie.cz/objevte-svet-infracfotografie/3312-2>.

## II.5.2 Aspekty snímání UV záření

Pro záznam ultrafialového záření (pod 400 nm) je zapotřebí objektivu, který tyto krátké vlnové délky propouští. Běžné objektivy jsou konstruované pro práci ve viditelném světle, jejich čočky jsou vyrobeny zpravidla z optického skla, povrch optických členů bývá potažen různými polymerními vrstvami. Běžné čočky i jejich polymerní povrchy zabraňují průchodu UV záření nebo snižují jeho intenzitu, což bohužel není pro účely širokospektrálního zobrazování žádoucí. Další faktor, který ovlivňuje intenzitu procházejícího záření, je také tloušťka čoček. S běžnými objektivy lze potom zaznamenat UV záření od přibližné hranice 350 nm (u současně prodávaných objektivů je to přibližně od 365 nm<sup>(105)</sup>). I přes tuto skutečnost se objektivy s běžnou optikou úspěšně využívají v technické fotografii. Nicméně platí, že vhodný objektiv pro záznam blízkého ultrafialového spektra by měl mít co nejméně optických členů. Při použití některých objektivů v UV záření může dále docházet ke zbytkové chromatické aberaci.<sup>(106)(107)(108)(109)</sup>

Pro záznam UV záření existují speciální objektivy, jejichž optická soustava není z běžného fotografického skla, ale z křemenných čoček, či jiného specializovaného optického materiálu. Tyto specializované objektivy jsou často označovány jako „UV“ nebo „quartz“ objektivy. Na trhu jsou dostupné například objektivy *UV-Nikkor*<sup>(110)</sup> nebo objektivy od *Universe Optics*<sup>(111)</sup>. Určitá nevýhoda těchto objektivů je pořizovací cena, která se pohybuje v řádu několika tisíců dolarů.<sup>(112)</sup>

105 DAVIES, 2018, s. 35.

106 PRUTCHI, 2016, s. 33–35.

107 UV Photography Compatible Lenses. *Kolari Vision* [online]. New Jersey 2017. Vyhledáno 18. 5. 2019. Dostupné na: <https://kolarivision.com/uv-photography-lens-compatibility/>.

108 DAVIES, 2018, s. 33–36.

109 WARDA, 2011, s. 161.

110 Informace o objektivu UV-Nikkor dostupné na: <https://www.mir.com.my/rb/photography/companies/nikon/nikkoresources/special/105UVmm.htm>

111 Universe Kogaku Americ dostupné na: [https://www.universeoptics.com/uvlens\\_assemblies/](https://www.universeoptics.com/uvlens_assemblies/).

112 PRUTCHI, 2016, s. 33–34.

## II.6 Fotografické filtry

Optické filtry slouží ke změně záření, které jimi prochází, nejčastěji mění jeho spektrální rozsah a intenzitu. Poměrně často se ve fotografické, ale i restaurátorské praxi používají také filtry polarizující záření, tzv. polarizační filtry. Principiálně může být funkce optických potažmo fotografických filtrů založena na různých jevech, nejčastěji je to absorpce<sup>(113)</sup> a interference<sup>(114)</sup>. Podle toho který z těchto dějů převládá se filtry dělí na absorpční nebo interferenční.<sup>(115)</sup>

V klasické technické fotografii se zpravidla používají fotografické filtry, které se předsazují před objektiv. Méně často se filtry vkládají do filtrového kola mezi objektiv a tělo fotoaparátu. Další možností jsou tzv. „clip“ filtry, které se vkládají do těla fotoaparátu. Optické filtry se také používají k vhodné úpravě spektra použitých zdrojů záření.

Trh nabízí velké množství druhů a variant fotografických filtrů. Nevhodná volba filtru nebo jejich kombinace může značně znehodnotit výstupy jednotlivých technik nebo naprosto změnit jejich podstatu. Výběr filtru musí být podmíněn znalostí jeho transmittanční/transmisní<sup>(116)</sup> křivky/grafu, jež popisuje závislost relativní intenzity záření prošlé filtrem (transmitance T, %) na vlnové délce ( $\lambda$ , nm) v dostatečném spektrálním rozsahu [Obr. 11 str. 40].<sup>(117)(118)</sup> Křivku by měl poskytovat dodavatel nebo výrobce filtru. Pokud tomu tak není, je nutné graf nalézt v odborné literatuře nebo alespoň na specializovaných internetových stránkách. Při výběru filtru bývají rozhodující hraniční vlnové délky, které mohou být definovány různým způsobem, často vlnovou délkou při transmitanci 50% nebo vlnovými délkami od kterých je záření zcela blokováno/propouštěno. Dále jsou to tvar nebo strmost transmisní křivky a intenzita propouštěného záření. Tyto vlastnosti jsou definovány také tloušťkou filtru a je nutné kontrolovat, aby získaná transmisní křivka skutečně odpovídala tloušťce použitého filtru [Obr. 12 str. 40].<sup>(119)(120)</sup>

113 Absorpční filtry – fungují na principu pohlcení a zeslabení záření při jeho šíření (nežádoucí vlnové délky pohlcuje) [BURDOVÁ, 2012, s. 23–25].

114 Interferenční filtry – propouštějí určité vlnové délky za pomoci tenké vrstvy mezi dvěma stejnými optickými prostředími s vysokou odrazivostí (nežádoucí vlnové délky odráží) [BURDOVÁ, 2012, s. 25–27].

115 DOBROWOLSKI, J. A. *Optical Properties Of Films And Coatings: Chapter 42*. National Research Council of Canada. Institute for Microstructural Sciences. Dostupné také na: [http://www.photonics.intec.ugent.be/education/IVPV/res\\_handbook/v1ch42.pdf](http://www.photonics.intec.ugent.be/education/IVPV/res_handbook/v1ch42.pdf), s. 4.

116 Transmisní, nebo také spektrální křivka.

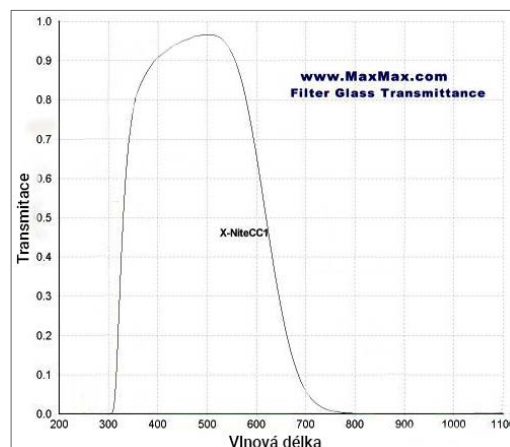
117 Transmission curve. *Millodot: Dictionary of Optometry and Visual Science, 7th edition* [online]. 2009. Vyhledáno 22. 8. 2020. Dostupné na: <https://medical-dictionary.thefreedictionary.com/transmission+curve>.

118 Transmission curve. Na: *Wikipedia: Otevřená encyklopedie* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2019. Vyhledáno 22. 8. 2020. Dostupné na: [https://en.wikipedia.org/wiki/Transmission\\_curve](https://en.wikipedia.org/wiki/Transmission_curve).

119 Filters Technical. *LDP LLC MaxMax* [online]. Vyhledáno 03. 06. 2019. Dostupné na <https://maxmax.com/filters/filter-technical-overview/>.

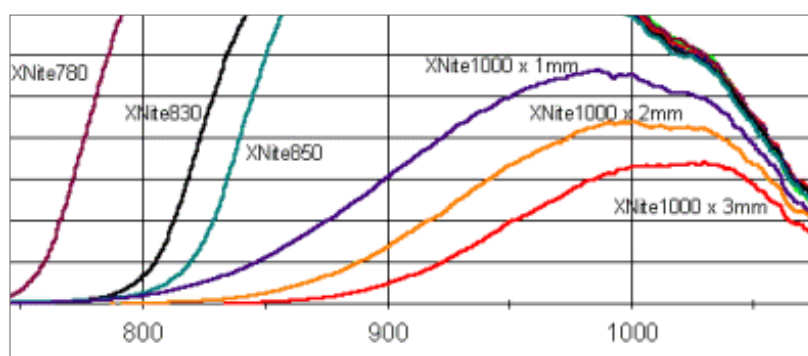
120 BURDOVÁ, 2012, s. 27–28.





**Obr. 11:** Spektrální křivka IR blokačního filtru typu „hot mirror“ MaxMax X-Nite CC1 [LDP LLC MaxMax. Dostupné na: <https://maxmax.com/filters> – upraveno a přeloženo].

**Obr. 12:** Výřez z grafu filtrů X-Nite, porovnání tří spektrálních křivek infračervených filtrů X-Nite1000 s rozdílnou tloušťkou 1–3 mm. [Filters Technical, LDP LLC MaxMax].



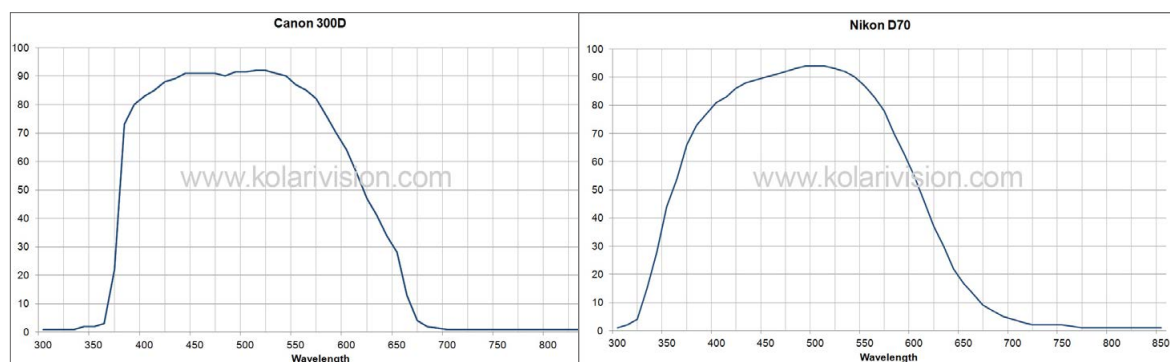
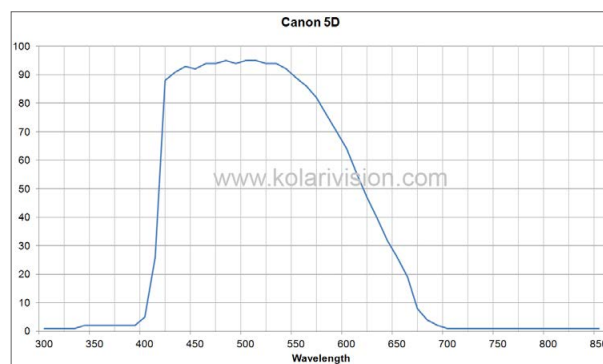
## II.6.1 Filtry pro záznam viditelného světla – odražené bílé světlo, UV fluorescence

Je důležité si znovu uvědomit, že po modifikaci fotoaparátu je aktuální citlivost snímače rozšířena o oblasti UV a IR záření. Záznam fotoaparátu tedy neodpovídá skutečné, respektive původní barevnosti. K získání uspokojivých snímků odraženého světla (běžná fotografie) i UV fluorescence je však nutné, aby bylo v konečném výsledku na snímač propouštěno záření v rozmezí od 400 do cca 700 nm, přičemž v ideálním případě by měl být tvar spektrální křivky citlivosti fotoaparátu podobný jako u neupraveného fotoaparátu. Musí se tedy vhodným způsobem znovu eliminovat UV a IR záření, případně upravit distribuce intenzit ve viditelné oblasti, což je úkolem filtrů nebo jejich kombinací. V ideálním případě je dobré mít k dispozici spektrální křivku původní citlivosti fotoaparátu a k té se transmisí filtrů nebo jejich kombinací v uvedeném rozmezí blížit [Obr. 13 str. 41], [Obr. 14 str. 41].

Pro účely VIS a UVF fotografie se používají vhodné kombinace IR blokačních filtrů s UV/IR blokačními filtry nebo s UV blokačními filtry. Původní IR blokační „hot mirror“ filtry, které byly odstraněny z fotoaparátu, mohou nahradit filtry s obdobnými vlastnostmi. Mezi tyto filtry lze například zařadit Schott S8612, BG38, BG39, nebo BG40 od výrobce Schott

[Obr. 29 str. 133]<sup>(121)</sup>, nebo *MaxMax Xnite CCI* filtr [Obr. 11 str. 40]<sup>(122)</sup>. Jak bylo uvedeno, tyto filtry především blokují IR záření a vhodným způsobem upravují spektrální křivku ve viditelné oblasti spektra. Propouštějí část UV záření přilehlou k viditelnému spektru a proto je zapotřebí je kombinovat s filtrem, který toto UV záření optimálním způsobem blokuje. K tomuto účelu je možné použít vhodný UV blokační filtr, který blokuje veškeré UV záření do vlnové délky 400 nm a zbývající záření propouští, nebo vhodný UV/IR blokační filtr, který blokuje nejen UV, ale také IR záření a vyznačuje se vhodnými hraničními vlnovými délkami i jejich strmostí, jako je například filtr *Baader UV/IR Cut/L-Filter* [Obr. 16 str. 44]<sup>(123)</sup> nebo *Astronomik L3* [Obr. 32 str. 134]<sup>(124)</sup>. V podstatě tyto UV/IR blokační filtry mohou nahrazovat obdobné filtry (antialiasingové), které byly demontovány z fotoaparátu při jeho úpravě.

**Obr. 13:** Spektrální křivka interních filtrů u fotoaparátu Canon EOS 5D od Kolari Vision [Internal Cut Filter Transmission, Kolari Vision].



**Obr. 14:** Spektrální křivka interních filtrů u fotoaparátu Canon EOS 300D (vlevo) a spektrální křivka interních filtrů u fotoaparátu Nikon D70 (vpravo) [Internal Cut Filter Transmission, Kolari Vision].

121 SCHOTT AG, *Optical Filter Glass: Properties*, Germany 2015. Dostupné také na: [https://www.schott.com/advanced\\_optics/english/products/optical-components/optical-filters/optical-filter-glass/index.html](https://www.schott.com/advanced_optics/english/products/optical-components/optical-filters/optical-filter-glass/index.html).

122 X-NITE FILTERS.

123 BAADER PLANETARIUM GMBH. *Baader UV/IR Cut/L-Filter 50.4 mm* [online]. Vyhledáno 3. 6. 2019. Dostupné na: <https://www.baader-planetarium.com/en/baader-uvir-cut-l-filter.html>.

124 ASTRONOMIK. *Astronomik Luminance filters L-1, L-2 and L-3* [online]. Vyhledáno 12. 5. 2020. Dostupné na: <https://www.astronomik.com/en/uv-und-ir-block-filter/luminance-filter-l-1-l-2-l-3.html>.

U UV fluorescenční fotografie (UVF) může být výběr vhodného filtru vzhledem k určité možnosti standardizace komplikovanější. Zde jsou nastíněny základní principy a případy běžné praxe, pro kterou platí podobná pravidla jako v případě snímání odraženého viditelného světla. Sklon spektrální křivky UV blokačního filtru nebo UV/IR blokačního filtru by měl být ostrý s počáteční blokovanou vlnovou délkou asi 400 nm, ne však nižší, jako je například ZEISS T\* UV filtr<sup>(125)</sup>[Obr. 17 str. 44].<sup>(126)</sup>

Některé UV blokační filtry s organickými vrstvami mohou vykazovat UV fluorescenci při expozici UV záření (např. B+W 420<sup>(127)</sup>) a je třeba se jejich použití vyhnout. Pokud není jiná možnost, je zapotřebí tyto filtry nepoužívat na fotografování z blízkosti nebo umístit UV zářiče v takovém úhlu aby se UV záření neodráželo přímo do objektivu. Dále je možné před filtr umístit jiný filtr, který částečně potlačí UV záření, čímž se také může snížit působení UV fluorescence filtru.<sup>(128)</sup>

## II.6.2 Filtry pro infračervenou reflexi (IRR)

Pro snímání odraženého infračerveného záření se používají filtry, které propouštějí pouze infračervené záření v maximální intenzitě teoreticky od jeho hranice s viditelným spektrem, tedy od 700/760 nm výše (např. Schott RG715). U tohoto typu filtrů se můžeme setkat s různými názvy, IR propustné filtry, filtry propustné pro IR záření, infračervené filtry nebo v anglické terminologii IR pass filtry. Filtry s propustností delších vlnových délek se vybírají v závislosti na cílech fotografování. S různě propustnými filtry pro infračervené záření je totiž možné získat do určité míry odlišné informace a značně tak rozšířit poznání o předmětu a jeho materiálové podstatě. Dále je možné při postupném použití několika IR propustných filtrů získat sekvenci snímků, respektive její část, pro multispektrální zobrazování. Výběr filtrů bývá ovlivněn zejména hraniční vlnovou délkou, strmostí transmisní křivky a intenzitou propouštěného záření. Filtry od různých výrobců propouštějící IR záření od podobné vlnové délky a jejich transmisní křivka je také srovnatelná [Obr. 15 str. 43].<sup>(129)</sup><sup>(130)</sup><sup>(131)</sup>

125 CARL ZEISS AG. ZEISS T\* UV Filter. Dostupné také na: <https://www.zeiss.com/content/dam/consumer-products/downloads/photography/datasheets/en/filter/datasheet-zeiss-uv-filter-en.pdf>.

126 DYER, 2013, s. 50–52.

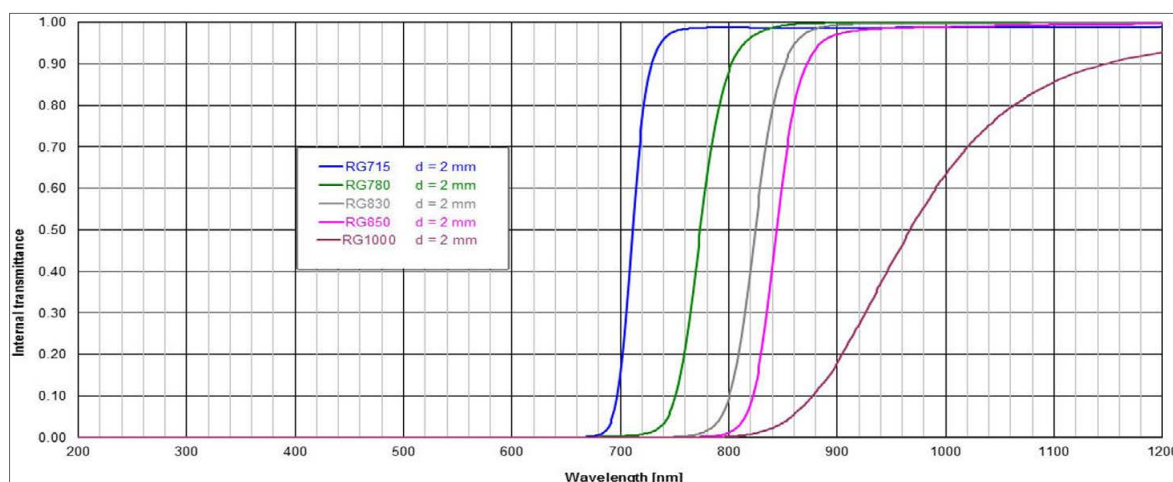
127 Současný trh filtr B+W 420 již nenabízí.

128 COSENTINO, 2015, s. 53–62.

129 COSENTINO, 2016, s. 1–6.

130 DYER, 2013, s. 46–47.

131 COSENTINO, Antonino. Multispectral imaging system using 12 interference filters for mapping pigments. *Conservar Património*. 2015, 21, 25–38.



**Obr. 15:** Přehled spektrálních křivek infračervených propustných filtrů typu RG. [SCHOTT AG].

Jak bylo naznačeno, výběr filtrů propustných pro IR záření je možné uskutečnit z velkého množství značek a výrobců bez zásadních komplikací.<sup>(132)</sup> Určitým úskalím výběru filtru může být vhodná volba hraniční vlnové délky podle účelu použití. Většinou se používá více filtrů postupně. V odborných publikacích jsou to nejčastěji IR propustné filtry od vlnové délky asi 800 nm (např. filtry typu *RG780*, *RG830*). Dále jsou to zejména filtry umožňující snímat okrajovou část IR záření, na kterou je fotoaparát citlivý, tzn. oblast delších vlnových délek. V této oblasti je nejvíce materiálů (pigmentů) propustných pro IR záření, což umožňuje lepší zviditelnění skrytých vrstev (např. filtry typu *RG1000*) [Obr. 15 str. 43].<sup>(133)(134)</sup>

### II.6.3 Filtry pro ultrafialovou reflexi (UVR)

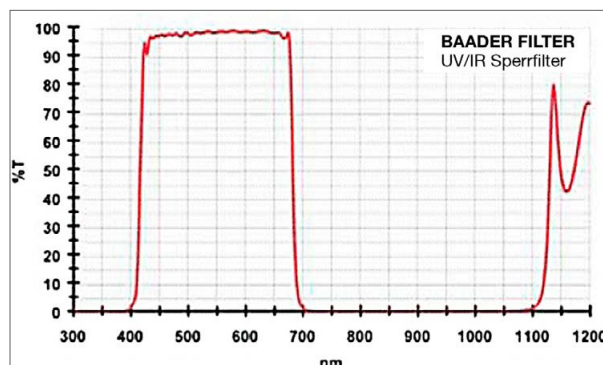
Při této technice by mělo na senzor dopadat pouze UVA záření z oblasti přilehlé k viditelnému spektru v maximální intenzitě. Zároveň je nutné důsledně blokovat veškeré záření s vlnovou délkou nad 400 nm. Kvalitní filtry splňující tyto parametry jsou relativně drahé. Pokud je jejich cena neúměrná, řeší se pořízení UV fotografie pomocí levnější, ale většinou o něco méně kvalitní i méně praktické kombinace UV propustných filtrů s IR blokačními filtry typu „*hot mirror*“. Hlavní nebezpečí kombinace těchto filtrů spočívá v tom, že její vhodná volba je podmíněna podrobnými znalostmi dané problematiky i měnící se nabídkou trhu, ve které je poněkud náročné se v aktuální situaci dostatečně orientovat.

<sup>132</sup> Asi nejznámější jsou filtry od výrobce *Schott* typu *RG* (od *RG695* do *RG1000*), které používají pod svými značkami jiní výrobci, například *Heliopan* nebo *LDP LLC MaxMax* s filtry *X-Nite*.

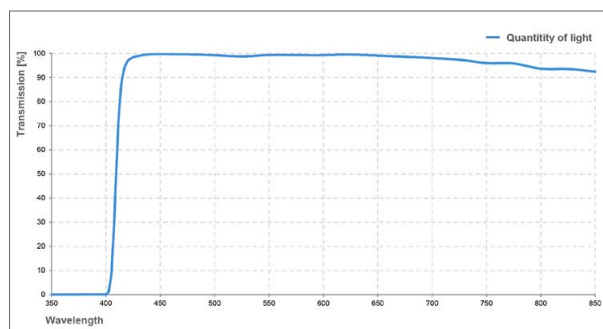
<sup>133</sup> SCHOTT AG.

<sup>134</sup> X-NITE FILTERS.

**Obr. 16:** Spektrální křivka interferenčního Baader UV/IR cut filtru [Baader UV/IR Cut/L-Filter, Baader Planetarium GmbH].



**Obr. 17:** Spektrální křivka UV blokačního filtru ZEISS T\* UV Filter [CARL ZEISS AG. ZEISS T\* UV Filter].



Podle transmisních křivek lze konstatovat, že v současné době je zřejmě nejkvalitnějším UV propustným filtrem, který lze použít samostatně, filtr *Baader U Venus*.<sup>(135)</sup> Dále lze mezi kvalitní UV propustné filtry zařadit *LUV U2* [Obr. 36 str. 136]<sup>(136)(137)</sup>, *Kolari Vision UV Bandpass filtr* [Obr. 37 str. 137]<sup>(138)</sup>, případně *The StraightEdgeU Gen3* [Obr. 38 str. 137]<sup>(139)</sup>. Tyto filtry propouštějí pouze UVA záření ve více či méně rozdílné intenzitě a velmi důsledně blokují záření zbývající části spektra.

Jak bylo uvedeno, situaci lze řešit také kombinací levnějších filtrů. Mnohé fotografické filtry, které dobře propouštějí ultrafialové záření, zpravidla také propouštějí určitou část nežádoucího infračerveného záření. V těchto případech je nezbytné takovýto UV propustný filtr nejenom vhodně vybrat, ale také optimálně kombinovat s filtrem, který nežádoucí IR záření bude blokovat a zároveň bude propouštět pouze UV záření přilehlé k viditelnému spektru. K tomuto účelu se často používají IR blokační „*hot mirror*“ filtry. Příklady vhodné ke snímání UV záření jsou kombinace UV propustných filtrů typu *Hoya 360* [Obr. 40

135 BAADER PLANETARIUM GMBH. *Baader U-Venus-Filter* [online]. Vyhledáno 21. 7. 2019. Dostupné na: [https://www.baader-planetarium.com/en/filters/baader-u-filter-\(venus-and-uv---350-nm\).html](https://www.baader-planetarium.com/en/filters/baader-u-filter-(venus-and-uv---350-nm).html).

136 Což je patrně filtr složený ze dvou filtrů prodáváný v jedné objímce.

137 UIROPTICS. *Specialty Infrared and Ultraviolet Camera Filters* [online]. 2016. Vyhledáno 03. 06. 2019. Dostupné na: <http://www.uviroptics.com>.

138 KOLARI VISION. *Kolari Vision UV Photography Filter, Ultraviolet Bandpass Transmission Lens Filter*. [online]. Vyhledáno 18. 2. 2020. Dostupné na: <https://kolarivision.com/product/uv-bandpass-lens-filter/>.

139 *UVR Optics* [online]. 2019. Vyhledáno 03. 06. 2019. Dostupné na: <https://www.uviroptics.com>.

str. 139] nebo *Schott UG11* optimální tloušťky [Obr. 41 str. 139]<sup>(140)(141)</sup> s IR blokačními filtry „hot mirror“ typu *Schott S8612, BG38, BG39, BG40*, které je taktéž nutné vybírat s podle tloušťky [Obr. 29 str. 133].<sup>(142)</sup> Výsledné propustnosti nebo doporučení vhodných kombinací filtrů ke snímání UV záření lze většinou nalézt na internetových stránkách a diskuzních fórech,<sup>(143)</sup> případně odhadnout z křivek jednotlivých filtrů. V praxi bývá u kombinací filtrů problematická blokace oblastí záření v přibližném rozmezí 700–800 nm, případně mezi 400 nm a cca 450 nm.

---

140 DYER, 2013, s. 50.

141 COSENTINO, 2015.

142 SCHOTT AG.

143 Which entry level filter for UV portraits? Na: *Ultraviolet Photography* [online]. 19. 3. 2020. Vyhledáno 15. 9. 2020. Dostupné na: <https://www.ultravioletphotography.com/content/index.php/topic/3790-which-entry-level-filter-for-uv-portraits/>.

## II.7 Zdroje záření

Aby bylo možné zaznamenat pomocí technické fotografie zkoumaný předmět, je zapotřebí ho ozářit požadovanou částí elektromagnetického spektra. K dosažení kvalitního výsledku je důležité volit pro každou techniku vhodný zdroj záření. Při volbě zdroje záření je zásadní znalost jeho spektrální hustoty/distribuce, míněno rozsahu a intenzity vyzařovaného spektra záření anebo jiných veličin, které poskytují zásadní informace k optimálnímu výběru zdroje záření. V některých případech je zapotřebí záření ze zdroje upravit pomocí předsazeného filtru před zdroj záření. Kromě spektrálního rozsahu je velmi důležitá také celková intenzita záření.<sup>(144)</sup>

Studovaný předmět by měl být při pořizování snímků ozářen rovnoměrně, což bývá nejčastěji zajištěno použitím dvou zářičů symetricky umístěných k pomyslné ose vedoucí kolmo na střed předmětu v úhlu asi 45°. Při snímání je nutné použít stejné zářiče. Často je nutné dbát na to, aby bylo eliminováno nežádoucí záření ze zdroje (parazitní záření) nebo z okolí.<sup>(145)(146)</sup>

Vybrané veličiny popisující vlastnosti zdrojů IR a UV záření a viditelného světla související s danou problematikou jsou následující:

**Spektrální distribuce energie záření** (SPD – spectral power distribution) je spektrální rozložení energie zdroje záření, vystihuje jí graf závislosti energie záření emitovaného zdrojem na jeho vlnové délce (nm).<sup>(147)</sup>

**Watt (W)** je jednotka výkonu.

**Lumen (lm)** je jednotka světelného toku.

**Lumen na wat (lm/W)** je účinnost světelného zdroje na jeden watt. Udává, s jakou účinností světelný zdroj přeměňuje elektrický proud na světlo, tj. kolik lumenů se získá z jednoho wattu elektrického příkonu (např. čirá žárovka vydá cca 13 lm/W<sup>(148)</sup><sup>(149)</sup>).

**Teplota chromatičnosti (K – Kelvin)**, také barevná teplota, udává základní barvu světla vyzařovaného tzv. ideálním černým tělesem (např. žárovka) v kelvinech (K). Pohybuje se v rozsahu od červené přes oranžovou, žlutou po bílou až modrou barvu.<sup>(150)</sup> Zvýší-li se tedy

144 DYER, 2013, s. 44–45.

145 BEZDĚK, 2014, s. 50–51.

146 DYER, 2013, s. 24, 48.

147 Spectral power distribution (SPD). *GTI Graphic Technology Inc.* [online]. 28.7.2014. Vyhledáno 28.10.2019. Dostupné na: <https://www.gtilite.com/color-viewing-terms/spectral-power-distribution-spd/>.

148 Lumen, na: *Wikipedia: Otevřená encyklopedie*, San Francisco (CA) 2019, vyhledáno 08.10.2019.

149 SOKANSKÝ A KOL., Karel. *Základy základů světelné techniky*. Ostrava, 2007. VŠB TU Ostrava, Fakulta elektroniky a informatiky, s. 2.

150 Color temperature. Na: *Wikipedia: Otevřená encyklopedie* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2020. Vyhledáno 12.9.2020. Dostupné na: [https://en.wikipedia.org/wiki/Color\\_temperature](https://en.wikipedia.org/wiki/Color_temperature).

teplota absolutně černého tělesa, zvýší se podíl modré části vyzařovaného spektra a sníží se jeho červený podíl.<sup>(151)</sup> Například žárovka má hodnotu 2 700 K, fotografické blesky 5 500 K, standardizované denní světlo 6 500 K atd.<sup>(152)</sup>

**Index podání barev ( $R_a$ )** (CRI – color rendering index) je hodnota udávající věrné zobrazení barev jako je u přirozeného světla nebo žárovky. Měřítkem této vlastnosti světelného zdroje je všeobecný index podání barev  $R_a$  daný rozsahem 100–0. Hodnota  $R_a=100$  znamená, že daný světelný zdroj podává barvy věrně, stejně jako přirozené denní světlo (např. žárovka má 95  $R_a$ ). Naproti tomu  $R_a=0$  znamená, že při tomto osvětlení není možno rozeznat barvy. Například norma pro pracoviště s pohybem osob je vyšší než 80.<sup>(153)(154)</sup>

## II.7.1 Zdroje viditelného světla (VIS)

Při snímání odraženého viditelného světla lze použít běžné světelné zdroje, mezi které patří teplotní zdroje (žárovky), výbojky (zářivky) a LED světla v různorodém profesionálním uspořádání (reflektory, refraktory, záblesková světla). Každá varianta se vyznačuje jistými výhodami i nevýhodami, které jsou diskutovány v mnohých fotografických příručkách a manuálech. U používaných světel je dobré znát jejich spektrální distribuci záření, nebo alespoň barevnou chromatičnost, od kterého se odvíjí index podání barev.<sup>(155)(156)</sup>

Detailní rozbor zdrojů záření vhodných pro dokumentaci v odraženém viditelném světle předmětů kulturního dědictví není primárním předmětem této práce.<sup>(157)</sup>

## II.7.2 Zdroje infračerveného záření

Některé zářiče se žhavicím zdrojem (halogen, žárovka) používané pro snímání odraženého světla lze použít také u infračervených technik. Tyto zářiče mají vysokou emisi záření nad 700 nm a lze je použít pouze u předmětů, které nejsou citlivé na tepelné záření, jež může být

151 SOKANSKÝ, 2007, s. 3.

152 Barevná teplota. Na: *Wikipedia: Otevřená encyklopedie* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2019. Vyhledáno 08. 10. 2019. Dostupné na: [https://cs.wikipedia.org/wiki/Barevná\\_teplota](https://cs.wikipedia.org/wiki/Barevná_teplota).

153 SOKANSKÝ, 2007, s. 3.

154 Index podání barev. Na: *Wikipedia: Otevřená encyklopedie* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2019. Vyhledáno 08. 10. 2019. Dostupné na: [https://cs.wikipedia.org/wiki/Index\\_podán%C3%AD\\_barev](https://cs.wikipedia.org/wiki/Index_podán%C3%AD_barev).

155 DYER, 2013, s. 45.

156 BEZDĚK, 2014, s. 50.

157 například: BEZDĚK, Ladislav a Martin FROUZ. *Digitální a digitalizovaná fotografie pro vědecké účely v praxi památkové péče*, nebo WARDA, Jeffrey, Franziska FREY, Dawn HELLER, Dan KUSHEL, Timothy VITALE a Gawain WEAVER. *The AIC Guide to Digital Photography and Conservation Documentation*. 3. Washington, DC: American Institute for Conservation (AIC), 2017.



žhavicími zdroji produkováno ve větší míře. Působením nadměrného tepla by totiž mohlo dojít k jejich poškození.<sup>(158)</sup> Na tomto místě je ještě zapotřebí upozornit, že ne každý žhavicí zářič má dostatečné emisní IR záření vhodné pro pořízení kvalitních IR fotografií. Proto je vhodné předem daný IR zářič vyzkoušet.

Další možností mohou být infračervené zářiče LED, které se vyznačují minimálním tepelným podílem záření. Jsou dostupné v různě intenzitě v ohraničených spektrálních intervalech. Například LED s maximální intenzitou záření kolem 940 nm produkují infračervené záření na okraji citlivosti upraveného fotoaparátu. V této spektrální oblasti IR záření je v porovnání s kratšími vlnovými délkami nejvíce pigmentů transparentních, a proto mohou být tyto zdroje vhodné pro lokalizaci skrytých vrstev včetně podkreseb.

Jako zdroj IR záření lze také použít záblesková světla, avšak s vědomím, že emitují pouze menší množství infračerveného záření. Proto je lze například využít u malých předmětů, respektive při fotografování z velké blízkosti. Při nastavení scény je důležitá rovnoměrnost ozáření po celé snímané ploše bez odlesků a stínů, které by spolu s nerovnoměrným ozářením mohly být snadno zaměnitelné za rozdílnou infračervenou reflexi.<sup>(159) (160)</sup>

### II.7.3 Zdroje ultrafialového záření

U ultrafialových technik jsou nejčastěji používané zdroje UVA záření, které se většinou vyznačují maximální vyzařovanou energií (vrcholem emise) v oblasti vlnových délek kolem 365 nm. Výkon zdroje UV záření se doporučuje přibližně  $50 \mu\text{W}/\text{cm}^2$ , tato hodnota není nikterak riziková pro zkoumaný předmět při krátkodobém vystavení, protože je mnohonásobně nižší, než je přirozené sluneční záření<sup>(161)</sup>. V praxi jsou nejčastějšími zdroji UV záření výbojky/zářivky a stále častěji UV LED zářiče.<sup>(162)</sup>

Většina výbojkových zdrojů (vysokotlaké rtuťové výbojky, nízkotlaké rtuťové výbojky/BLB zářivky) produkuje velké množství parazitního záření nad 400 nm, tedy viditelného světla a infračerveného záření. Proto jsou tyto zdroje UV záření již od výrobce vhodně filtrovány. Při zakoupení zdroje UV záření se doporučuje kontrolovat, zda je zdroj filtrován požadovaným způsobem.<sup>(163)</sup> Velmi rozšířené jsou tzv. BLB zářivky díky své cenové dostupnosti

158 DYER, 2013, s. 46.

159 COSENTINO, 2016.

160 DAVIES, 2018, s. 114–115.

161 Slunečního záření na Zemi dopadá o síle  $500 - 1500 \mu\text{W}/\text{cm}^2$  [COSENTINO, 2015.].

162 COSENTINO, 2015.

163 Při identifikaci přemaleb nebo detekci laků není parazitní fialové a modré světlo velkým problémem a bylo akceptováno jako součást UVF fotografií. Problém nastává při podrobné analýze povrchu zkoumaného předmětu či identifikaci vybraných pigmentů, kdy fialová emise značně zkresluje výsledky [COSENTINO, 2015.].

a intenzitě UV záření, kterou lze do značné míry ovlivnit sdružováním jednotlivých zářivek v panelech. Výhodou těchto panelů může být při použití v ateliérových podmínkách jejich velká plocha, zaručující rovnoměrnější ozáření zkoumaného předmětu. Naopak nevýhoda rozměrných panelových zářičů s BLB zářivkami vyvstává při převozu a použití v terénu. Naproti tomu zářiče s vysokotlakými rtuťovými výbojkami nejsou tak rozměrné, mohou se vyznačovat vysokou intenzitou záření a bývají opatřeny vhodným filtrem. V současné době se stále více uplatňují UV LED zářiče, které mají nízkou emisi parazitního záření.<sup>(164)(165)</sup>

V restaurátorské praxi se zpravidla využívá UVA záření. Ve speciálních případech je také možné generovat viditelnou fluorescenci energetičtějším UVC zářením. Zdroje tohoto záření se zpravidla vyznačují největší intenzitou vlnových délek okolo 254 nm a generují excitaci také v molekulách, které nižší energie nevybudí. UV záření je ve všech svých oblastech nebezpečné lidskému zdraví, především zraku a při jeho použití je nezbytné nosit ochranné pomůcky, jako jsou speciální brýle, případně rukavice a vhodně zvolený oděv. UVC i UVB záření jsou navíc oproti UVA záření mnohem více nebezpečné a proto se v běžné praxi nepoužívá.<sup>(166)</sup>

---

164 DYER, 2013, s. 24, 48–50.

165 COSENTINO, 2015.

166 Ibidem.

## II.8 Standardizace a korekce, kalibrační pomůcky

Pro účely technické fotografie je zapotřebí snímky verifikovat a kalibrovat za účelem správné i přesné interpretace podání informací a porovnatelnosti výsledků mezi sebou, ale také kvůli opakovatelnosti. K tomu slouží různé postupy, kalibrační pomůcky, respektive objektivizační prvky. V praxi je zpravidla zapotřebí korigovat/kalibrovat několik jevů, jejichž řešení se může do jisté míry vzájemně prolínat. Jsou jimi zpravidla spektrální rozsah a intenzita zdroje záření, automatická korekce lineární odezvy snímače digitálním fotoaparátem a správné podání barev. Je také zapotřebí zajistit homogenitu ozáření zkoumaného objektu, případně ji upravit postprodukčně. U fluorescenčních technik je kalibrace obtížnější také vzhledem k tomu, že se zaznamenává jiná spektrální oblast, než je použita k jejímu vybuzení. Postup úpravy fluorescenčních snímků může zahrnovat korekci nežádoucího záření včetně parazitního. Jednotlivé spektrální techniky mají často odlišné nároky na verifikaci a korekci a použití kalibračních pomůcek. Méně přístupná varianta kalibrace některých jevů spočívá ve spektrofotometrickém měření odezvy fotoaparátu.<sup>(167)(168)</sup>

Na tomto místě je zapotřebí poznamenat, že existují situace, ve kterých nemusí být standardizace či opakování jednoho daného postupu získání UV a IR reflexních snímků žádoucí. Například při úpravách, kdy dochází k zvýrazňování různých fenoménů, ať už jsou to skryté vrstvy včetně podkreseb nebo například defekty, může vzhledem k variabilitě situací lepší výsledek přinášet intuitivní přístup zkoušející různé varianty.

### II.8.1 Prostorová homogenita ozáření

Prostorová homogenita ozáření je ke správné interpretaci zkoumaného objektu velmi důležitá a nerovnoměrné ozáření může vést k nesprávnému výsledku zobrazování. Správné rozložení záření dopadajícího na objekt je žádoucí ve všech představených technikách širokospektrální fotografie. Ke zjištění homogenity ozáření slouží radiometry a luxmetry nebo například tzv. standardně odrazivé desky. Právě tyto desky se navíc mohou využít při vyrovnání homogenity v postprodukci.<sup>(169)</sup>

167 DYER, 2013, s. 10–34.

168 BEZDĚK, 2014, s. 34–37.

169 DYER, 2013, s. 10–12.

## II.8.2 Odlišná/nerovnoměrná spektrální hustota zdroje záření

Spektrální hustota obecně udává rozdělení spektrální energie daného zdroje záření, tedy intenzity vlnových délek ve vyzařovaném spektru. Většinou se vyjadřuje grafem závislosti intenzity záření na vlnové délce. Různé druhy zdrojů záření mají odlišnou spektrální hustotu záření, což ovlivňuje interakci záření s předmětem, která je pak také rozdílná. To znamená, že s odlišným typem ozáření/osvětlení dochází u zaznamenaného obrazu k rozdílnému rozložení jasu a jiné barevné interpretaci. Do jisté míry lze tyto nedostatky řešit použitými filtry.<sup>(170)</sup> Ve vědecké fotografii je ale nutné používat další nástroje, například referenční cíle kalibrační tabulky či standardy odrazivosti.

Vědecká fotografie v bílém světle (barevná fotografie) zpravidla koriguje nerovnoměrnou spektrální hustotu zdroje záření pomocí černobílých polí (šedá stupnice) nebo prvků a škál. Zjednodušeně řečeno, jedná se o tzv. „kalibraci bílé“, s případnou následnou úpravou jasu/expozice. Je také zapotřebí vzít v úvahu, že běžně dostupné kalibrační pomůcky jsou primárně určené k fotografii viditelného odraženého světla a nemusí být použitelné v jiných reflexních technikách, natož luminiscenčních.<sup>(171)</sup>

Důležité je si uvědomit, že se s UV a IR reflexními snímky v běžné praxi pracuje v jednobarevné zpravidla šedé stupnici a úprava nerovnoměrného záření zdroje potom zahrnuje pouze jasovou složku/expozici. Korekce jasu reflektografických technik může být například řešena standardy s definovanou a konstantní difúzní odrazivostí v daných oblastech záření (UV–VIS–IR). Kvůli konstantním vlastnostem difúzně odrazivých standardů napříč ohraničené oblasti UV–VIS–IR (od 250 do 2500 nm)<sup>(172)</sup> lze tyto standardy použít nejen pro účely širokospektrální fotografie, ale také pro spektrální, míněno multispektrální a hyperspektrální zobrazování. Cena difúzně odrazivých standardů je vysoká.

Některé postupy korekce odlišné spektrální hustoty zdroje záření využívají doporučené RGB hodnoty na daném poli N8 šedé škály kalibrační tabulky *AIC PhD Target* vyvinuté Americkým institutem pro konzervaci historických a uměleckých děl (viz kapitola II.8.6.2 str. 57).<sup>(173)</sup>

Kalibrace luminiscenčních technik je obtížnější, protože doposud není stanoven uspokojivý standard k jejímu řešení. Do jisté míry je výjimkou UV fluorescenční fotografie, pro kterou je například vyvíjen kalibrační nástroj od *UV Innovations*<sup>™</sup>.<sup>(174)</sup> Kalibrace tímto nástrojem je však podmíněna specifickými podmínkami, mezi které patří také využití

170 TOMÁŠEK, 1986.

171 DYER, 2013, s. 13–18.

172 Spectralon® Diffuse Reflectance Standards, *Labsphere*. North Sutton 2020. Vyhledáno 06. 01. 2020. Dostupné na: <https://www.labsphere.com/labsphere-products-solutions/materials-coatings-2/targets-standards/diffuse-reflectance-standards/diffuse-reflectance-standards/>.

173 INSTRUCTIONS AIC, 2011.

174 *UV Innovations*<sup>™</sup> [online]. Vyhledáno 12. 3. 2017. Dostupné na: <https://www.uvinnovations.com>.

daného filtru, kterým je *Wratten 2E UV cut*. Tento filtr někteří přední odborníci kvůli jeho nevhodným vlastnostem pro UV fluorescenci nedoporučují. Kromě jiného je zcela zásadním problémem, že tento filtr blokuje část viditelného světla. Navíc existuje podezření, že byl tento filtr vyráběn minimálně v nějakém období jako silně fluorescenční.<sup>(175)</sup> V jiných pracích je kalibrace UV luminiscence řešena postupem na základě manuálu Britského muzea. Zjednodušeně lze nastínit, že tento postup využívá k nepřímé standardizaci UV luminiscenční fotografie snímek v odraženém bílém světle (barevná fotografie) kalibrovaný pomocí kalibrační tabulky *X-Rite ColorChecker* a alespoň jeden difúzně odrazivý standard řady *Spectralon* černobílé škály.<sup>(176)</sup> *Cosentino* kromě jiného využívá k určité kalibraci UV fluorescence červené pole tabulky, které se shodou okolností vyznačuje červenou UV fluorescencí a přisuzuje mu RGB hodnoty  $+70 \pm 5, 0, 0$ .<sup>(177)</sup>

### II.8.3 Nelineární odezva digitálního fotoaparátu

To, jakým způsobem zaznamenává digitální fotoaparát obraz, má velký vliv na výsledné snímky. Samotné senzory v digitálních fotoaparátech jsou lineární, to znamená, že zaznamenávaná intenzita pro každý pixel je lineárně úměrná k množství světla v daném bodě. Lidské oko se od senzoru liší, protože není stejně citlivé k jednotlivým oblastem světla. Aby v běžném životě byly výsledné fotografie co nejvěrnější lidskému vnímání, jsou softwarově upravované, respektive automaticky korigované v kompresních formátech (JPEG, TIFF apod.) přímo fotoaparátem. Mezi tyto automatické změny, které fotoaparát provádí, také náleží právě korekce/přizpůsobení lineární citlivosti senzoru.<sup>(178)</sup>

Při standardizaci technické fotografie a pro tvorbu snímků ve falešných barvách je automatická korekce lineárního snímání provedená fotoaparátem nežádoucí. Automatickou lineární korekci fotoaparátu lze potlačit nebo změnit v ICC profilu snímků v externím programu pracujícím se surovými daty (RAW), například v modulu *Camera Raw (Adobe)*.<sup>(179)</sup> Následně je zapotřebí pracovat s jasnou/jasovou křivkou snímků, přičemž tento krok není v rámci nalezených doporučení jednotný. Například Dyer a kol. k tomuto účelu používá algoritmy pracující u barevné fotografie s černobílou škálou tabulky *X-Rite ColorChecker (X-rite)* a následně standardizuje ostatní širokospektrální snímky na základě difúzně odrazivých standardů i kalibrované barevné fotografie v programu *Nip2*.<sup>(180)</sup>

175 DYER, 2013, s. 50–52.

176 DYER, 2013.

177 COSENTINO, 2015.

178 DYER, 2013, s. 16–18

179 Ibidem, s. 16–18.

180 DYER, 2013.

## II.8.4 Spektrální odezva digitálního fotoaparátu

Kalibruje/kompenzuje se rozdílnost spektrální odezvy jednotlivých fotoaparátů, jež je způsobena použitým senzorem a jinými součástmi. V zásadě jde o to získat snímek stejné a správné barevnosti u jakéhokoli pořizovacího zařízení a techniky. Nejjednodušší cesta, jak korekci realizovat, je použití barevných kalibračních cílů (tabulek), příslušného softwaru a postupu postprodukce. V praxi se tato korekce provádí pouze při snímání odraženého viditelného světla (běžná fotografie), protože pro tuto techniku jsou barevná kalibrační pole (tabulky) běžně dostupná. Kalibraci lze realizovat také spektrofotometricky.<sup>(181)</sup>

## II.8.5 Registrace obrazů

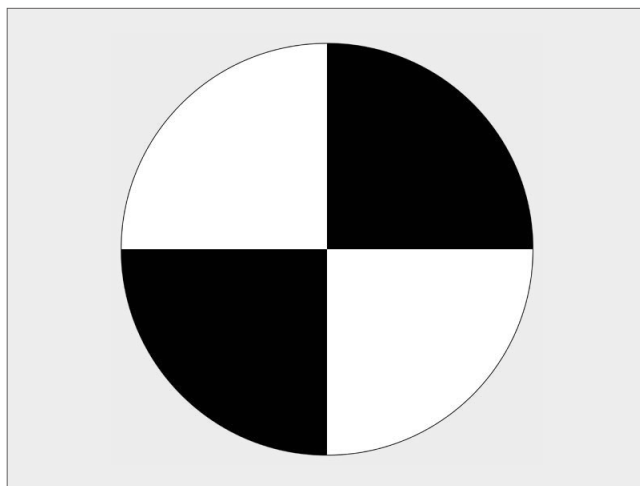
Pro vzájemné porovnávání je vhodné širokospektrální snímky zaznamenat takovým způsobem, aby se přesně překrývaly. Proto je nutné celou sérii snímků pořizovat ze stejné pozice, ve stejném nasměrování zářičů a pokud možno beze změny ohniskové vzdálenosti fotoaparátu. Zároveň je třeba si uvědomit, že při registraci snímků z odlišných spektrálních pásem nebo různými fotoaparáty většinou nelze dosáhnout jejich přesného překryvu při snímání, protože se zaostřují na jinou ohniskovou vzdálenost nebo nelze fotoaparát vždy nainstalovat přesně do stejné pozice. Problém je možné do jisté míry řešit registračními značkami umístěnými po obvodu fotografovaného objektu, které budou sloužit jako body pro srovnání fotografií při postprodukci. Doporučuje se použít alespoň čtyři body s křížky umístěnými v rozích mimo zkoumaný výjev. Tyto body pak lze použít jako referenční cíle pro změnu měřítka IRR nebo UVR obrazů za předpokladu, že nedojde k posunu fotoaparátu nebo objektu.<sup>(182)</sup>

Jako registrační značky se často používají papírové pásky s kříží na uhlíkové bázi (inkoust na uhlíkové bázi nebo grafit).<sup>(183)</sup> Je však zapotřebí si uvědomit, že vzhled kříže může značným způsobem ovlivnit dobré sesazení/registraci dvou obrazů. Klasický kříž narýsovaný tužkou není úplně vhodný, protože je tvořen různě silnými linkami a potom i jeho střed může mít různou velikost i tvar, což je pro sesazení snímků problematické. Navíc při velkém zvětšení snímků na úrovni pixelů, které je zapotřebí při sesazování obrazů, nemusí být jasně/dostatečně znatelné křížení (střed kříže). I tištěné registrační kříže se vyznačují tímto nedostatkem. Vhodnější registrační značkou je kříž vzniklý z černobílého terče, například takového, který

181 Ibidem, s. 18–20.

182 COSENTINO, 2016.

183 Ibidem.



**Obr. 18:** Černobílý kříž vhodný pro registraci jednotlivých obrazů mezi sebou.

je využíván při crash testech. Kříž netvoří různě silná plocha nebo linka, ale předěl mezi dvěma tištěnými kontrastními plochami. Díky tomu se hrana, a především křížení, projeví na méně pixelech s větším kontrastem a registrace tak může být provedena přesněji.<sup>(184)</sup>

## II.8.6 Základní postupy postprodukčního zpracování

Většina úprav a korekcí, které je nutné zahrnout do procesu popsaných výše, probíhá postprodukčně pomocí různých softwarů a příslušných kalibračních nástrojů. Trh nabízí poměrně široké spektrum aplikací pro práci a úpravu obrazových dat, a to jak s licencí zdarma, tak placenou. Nejčastěji jsou zmiňované aplikace od *Adobe*, *Photoshop* a *modul Camera RAW*, nebo *Lightroom Classic*. Méně známý je pracovní prostor *Nip2* fungující ve VIPS rozhraní viz kap. II.8.6.1 str. 56.<sup>(185)</sup>

Řešení kalibrace a postprodukčních úprav barevné fotografie, tedy snímků v odraženém bílém světle, není v této práci podrobně řešeno. Touto problematikou se zabývají mnohé příručky<sup>(186)(187)(188)</sup> a pokyny výrobců kalibračních nástrojů<sup>(189)(190)</sup>. Její komplexnější zpracování je tedy nad rámec tohoto textu. Jsou zde pouze zmíněny základní aspekty kalibrace a postprodukčních úprav nezbytně nutných pro zpracování specializovaných technik. Cílem

184 Mgr. Jan Blažek, Ph.D. – ústní debata 2019.

185 DYER, 2013, s. 113.

186 BEZDĚK, 2014.

187 DYER, 2013.

188 WARDA, 2017.

189 *INSTRUCTIONS AIC PhotoDocumentation Targets: AIC PhD Targets*. AIC of Historic and Artistic Works, 2011. Dostupné také na: <https://docplayer.net/12779391-Instructions-aic-photodocumentation-targets-aic-phd-targets.html>.

190 X-RITE. User manual: *ColorChecker Passport*. Michigan: X-Rite. Dostupné také na: <https://www.xritephoto.com>.

této části je uvést základní nalezené manuály a postupy publikované a využívané odbornými institucemi nebo jednotlivými profesionály, zvláště potom se zaměřením na technickou fotografii zaznamenávající odražené UV a IR záření.

Dohledány byly principiálně základní dva okruhy postupů komplexních metodických přístupů (případně jejich modifikací) pořizování, kalibrace a následné postprodukční úpravy technických fotografií získaných pomocí upraveného digitálního fotoaparátu. Prvním z nich je manuál Britského muzea od autorů *Joanne Dyer, Giovanni Verri, John Cupit*, který vznikl v rámci programu *Charisma*.<sup>(191)</sup> Manuál velmi přesně a detailně popisuje jednotlivé širokospektrální techniky, na které se podrobně zaměřuje a spojenou s tím problematiku. Úprava získaných snímků probíhá především v pracovním prostoru Nip2 fungujícím ve VIPS rozhraní, které jsou zdarma ke stažení, což je pro celou úpravu zásadní.

Do druhé skupiny spadá příručka<sup>(192)</sup> a manuál ke kalibrační tabulce *AIC PhD Target*<sup>(193)</sup> od Amerického institutu pro konzervaci historických a uměleckých děl<sup>(194)</sup>. Kalibrace je



**Obr. 19:** Vybrané kalibrační tabulky a standardy, tabulka *AIC PhD Target* od AIC institutu (nahore), tabulka s referenčními cíli *X-Rite ColorChecker Passport*<sup>®</sup> od firmy *X-rite* (vlevo) a difúzně odrazivé standardy *Spectralon* od firmy *Labsphere* černo-bílé škály (vpravo) [WARDA, 2011.; SPECTRALON<sup>®</sup>, 2020.].

založena na tabulce *AIC PhD Target* nebo na tabulce s kalibračními cíli *X-Rite ColorChecker*<sup>®</sup> a *X-Rite ColorChecker Passport*<sup>®</sup> od firmy *X-rite*. Podle informací uvedených v manuálu k *AIC PhD Target* lze předpokládat, že by tabulky měly být vyrobeny od stejného výrobce

191 DYER, 2013. Projekt dostupný na: [https://projects.britishmuseum.org/research/research\\_projects/all\\_current\\_projects/charisma.aspx](https://projects.britishmuseum.org/research/research_projects/all_current_projects/charisma.aspx).

192 WARDA, 2011.

193 INSTRUCTIONS AIC, 2011.

194 AIC – American Institute for Conservation of Historic and Artistic Works.



a barevná i černobílá pole by měla mít identické vlastnosti, což dokládá fakt, že v průběhu roku 2019 byl vývoj tabulky ukončen a využívá se plně referenčních cílů od *X-Rite*.<sup>(195)(196)</sup> Podstata postprodukční úpravy spočívá v aplikaci doporučených hodnot pro nejsvětější šedé pole (N8) pro jednotlivé reflexní širokospektrální techniky. Jednotlivá pole bílá až černá jsou na tabulkách označena následovně: bílá; N8; N6,5; N5; N3,5; a černá.<sup>(197)</sup> Podstatu tohoto postupu využívá *Antonino Cosentino*, fyzik a autor mnoha publikací o technické fotografii. Postup stanovil s tím rozdílem, že u šedého pole N8 přiřazuje nižší hodnoty, než jsou doporučovány a zřejmě tak činí na základě své bohaté zkušenosti. Tabulku navíc využívá k určité standardizaci UV luminiscence.<sup>(198)(199)</sup>

Okrajově je nutné se zmínit o zobrazování kalibrovaných a jinak upravovaných fotografií. Monitor, který se k tomuto účelu používá, by měl poskytovat dostatečně ostrý obraz s vysokým rozlišením, sám o sobě by měl být (dostatečně) rozměrný a zejména podobně jako používané tiskárny barevně kalibrovaný.<sup>(200)</sup> Tento bod je důležitý pro minimalizaci problémů při čtení jednotlivých, již kalibrovaných snímků. Pokud nedojde ke kalibraci i zobrazovacích prostředků, zpravidla monitoru a tiskárny, potom by se dalo říci, že je vynaložené úsilí s kalibrací téměř zbytečné. Kalibrace takových zařízení přesahuje rámec této práce. Řešení zprávy barev a kalibrace zařízení jsou dostupná na různých webových stránkách, nebo jsou více či méně podrobně řešena jinde, například v publikaci *The AIC Guide to Digital Photography and Conservation Documentation*<sup>(201)(202)</sup>

### II.8.6.1 Postup podle manuálu Britského muzea<sup>(203)</sup>

Jedná se o velmi obsáhlou, přehlednou a podrobnou příručku, která nejprve představuje jednotlivé širokospektrální techniky. Jsou jimi základní reflexní techniky, tedy odraz v bílém světle, infračervená reflexe a ultrafialová reflexe, ale také luminiscenční techniky, zejména viditelná fluorescence generovaná UV zářením i méně známé metody viditelné luminiscence generované modrým světlem nebo infračervené luminiscence buzené bílým světlem. Manuál popisuje jednotlivé jevy, které ovlivňují pořizování širokospektrální fotografie a je třeba je objektivizovat, korigovat a kalibrovat. Je zde popsán postup pořizování jednotlivých

195 COSENTINO, 2015.

196 INSTRUCTIONS AIC, 2011.

197 Ibidem, s. 5.

198 COSENTINO, 2015.

199 COSENTINO, Antonino. Research Article: Identification of pigments by multispectral imaging; a flowchart method. *Heritage Science*. 2014, (2), 1–12.

200 DAVIES, 2018, s. 173.

201 WERDA, 2017, s. 88–93.

202 DYER 2013, s. 180.

203 DYER 2013.

bílá	N8	N6,5	N5	N3,5	černá
RGB: 241	RGB: 200	RGB: 160	RGB: 121	RGB: 84	RGB: 53
LR: 95%	LR: 78%	LR: 62%	LR: 47%	LR: 32%	LR: 19%

**Obr. 20:** Hodnoty RGB pro šedou škálu cílů *X-Rite ColorChecker Classic, Mini a Passport*. Hodnoty RGB jsou založeny na barevném prostoru Adobe RGB (1998). [WARDA, 2011, s. 68.]. Hodnoty jsou uváděny z roku 2011, je dobré si zajistit hodnoty k aktuálně zakoupené tabulce, které se mohou lišit.

technických fotografií i základní podmínky, které by měly být brány v úvahu při nákupu vhodné fotografické techniky, či objektivizačních/kalibračních pomůcek. Jak bylo řešeno v kapitole II.8 str. 50, k tomuto účelu jsou využívány kalibrační cíle tabulky *X-Rite ColorChecker Passport*<sup>®</sup> od firmy *X-Rite* (pouze pro fotografii v odraženém bílém světle) a difúzně odrazivé standardy *Spectralon*<sup>(204)</sup> firmy *Labsphere* černo-bílé škály. Tyto standardy využívá již zmíněná aplikace *Nip2*, která umí pracovat jak se sadou standardů, ale i pouze s jedním standardem. Pořízení takovýchto standardů je nákladné, čehož si jsou autoři vědomi. Pracovní prostředí je vytvořeno tak, aby jeho uživatel pouze následoval doporučené kroky k získání standardizovaných snímků. Zjednodušeně lze shrnout, že podstata standardizace a korekce UV a IR fotografií spočívá v nastavení jasu difúzně odrazivých standardů podle jasu těchto standardů na snímku odraženého bílého světla, který byl ale nejprve kalibrován podle tabulky *X-Rite ColorChecker*. Reflexní snímky ve falešných barvách jsou získány „klasickým“ způsobem.

Aplikace využívá vlastní algoritmy a postupy pro úpravu a kalibraci jednotlivých spektrálních obrazů, a proto pravděpodobně nemůže běžný uživatel posoudit, zda není v doporučeném postupu ať už z teoretického či praktického hlediska chyba. Ani autoři této práce nemají z tohoto hlediska dostatečné znalosti. Je tedy otázkou, do jaké míry může běžný uživatel na proces spoléhat, a zda při využití daných úprav nedochází k systematickým chybám ve standardizaci jednotlivých snímků.

### II.8.6.2 Postup podle AIC manuálu a odvozené metody

Druhým okruhem je standardizace na základě postupu doporučeného k *AIC PhD Target*<sup>(205)</sup>, respektive v *AIC příručce*<sup>(206)</sup>. Standardizaci lze aplikovat zejména na reflexní techniky. Kromě jiných důležitých informací a doporučení je zásadní, že jsou zde uvedeny doporučené hodnoty při verifikaci/kalibraci reflektografických technik pro nejsvětlejší šedé pole (N8) šedé škály. Pro barevnou fotografii (VIS) jsou hodnoty RGB 200±5, pro

204 SPECTRALON<sup>®</sup>, 2020.

205 INSTRUCTIONS AIC, 2011.

206 WARDA, 2011.

infračervenou fotografii (IRR) jsou hodnoty RGB  $200\pm 5$  a pro ultrafialovou reflexi (UVR) jsou hodnoty RGB  $120\pm 5$ .<sup>(207)</sup> Stejně hodnoty popisuje i příručka digitální fotografie od AIC pro kalibrační cíl *X-Rite ColorChecker*.<sup>(208)</sup> *AIC PhD Target* byl vyroben tak, aby z čistě praktických důvodů lépe vyhovoval potřebám dokumentace objektů kulturního dědictví, mimo jiné obsahuje další objektivizační prvky vyhovující tomuto oboru.

Obdobný postup aplikuje *Antonino Cosentino*. Ten ve svých člancích uvádí ke stejnému světlému poli N8 u tabulky *AIC PhD Target* snížené RGB hodnoty, zřejmě na základě mnohaletých zkušeností. Pro barevnou fotografii (VIS) jsou to hodnoty RGB  $150\pm 5$ , pro infračervenou fotografii (IRR) jsou to hodnoty RGB  $100\pm 5$  a pro ultrafialovou reflexi (UVR) jsou to hodnoty RGB  $50\pm 5$ . Snížené hodnoty jsou pravděpodobně využity za účelem zvýraznění jednotlivých snímků, respektive jistých jevů. Dále je zapotřebí zmínit, že manuál k použití *AIC PhD Target* neřeší kalibraci UV fluorescenční fotografie. Nicméně umožňuje alespoň vizuální kontrolu pomocí části s UV fluorescenčními poli. Jak již bylo zmíněno v kapitole II.8.6 str. 54, *A. Cosentino* kromě jiného využívá k určité kalibraci UV fluorescence červené pole tabulky, které se shodou okolností vyznačuje červenou UV fluorescencí a přisuzuje mu RGB hodnoty  $+70\pm 5, 0, 0$ .<sup>(209)(210)(211)</sup>

---

207 INSTRUCTIONS AIC, 2011.

208 WARDA, 2011, s. 93–94, 138–140, 162.

209 COSENTINO, 2014.

210 COSENTINO, 2015.

211 COSENTINO, 2016.

<b>Technika</b>	<b>Kalibrační cíl tabulky</b>	<b>AIC (hodnoty v RGB)</b>	<b>A. Cosentino (hodnoty v RGB)</b>
<b>VIS</b>	světle šedá (N8)	200±5	150±5
<b>IRR</b>	světle šedá (N8)	200±5	100±5
<b>UVR</b>	světle šedá (N8)	120±5	50±5
<b>UVF</b>	červená (R)	–	70±5, 0, 0

**Tab. 03:** Přehled RGB hodnot podle kalibračních postupů uvedených v příručce od AIC, v manuálu k tabulce AIC PhD Target a podle metodiky A. Cosentina.

## II.9 Experimentální část

### II.9.1 Cíl experimentální práce

Hlavním cílem experimentální práce bylo pořídit a vyzkoušet vhodné a dostupné základní fotografické vybavení s příslušenstvím pro technickou širokospektrální fotografii a zvolit kvalitní firmu, která by konverzi digitálního fotoaparátu provedla. Rozsahem uvažovaných širokospektrálních metod, které by tímto vybavením bylo možné v rámci diplomové práce realizovat, byla fotografie v odraženém bílém světle (VIS), UV fotografie, IR fotografie v základních částech IR záření a UV fluorescenční fotografie. Vybavení bylo zakoupeno na základě rešerše dostupných odborných publikací i podrobného průzkumu nabídky současného trhu.

Dalším úkolem práce bylo sestavit postupy pro snímání jednotlivých technik a podle vybraných dohledaných manuálů představit jejich základní následné postprodukční úpravy. Kvůli omezené kapacitě diplomové práce byla standardizace a korekce zaměřena zejména na UV a IR fotografie a doporučení podle manuálu k tabulce *AIC PhD Target*, případně jeho modifikaci podle *Antonina Cosentina* (viz kap. II.8.6.2 str. 58). Další součástí zadání bylo podrobně pospat postup tvorby IR a UV reflexních snímků ve falešných barvách podle klasického doporučení v rozšířeném komerčním softwaru *Adobe Photoshop*.

Vybrané postupy, případně jejich rozdíly byly demonstrovány na zkušebním skleněném panelu, na kterém bylo vytvořeno 15 polí s různými pigmenty. Pigmenty byly vybrány takovým způsobem, aby se mohly charakteristicky uplatnit při použití jednotlivých širokospektrálních technik nebo byly voleny pigmenty často používané ve výtvarné tvorbě.

### II.9.2 Výběr vybavení

#### II.9.2.1 Výběr digitálního fotoaparátu a objektivů

Po zvážení různých alternativ fotoaparátů s podobnými technickými parametry, byla vybrána digitální zrcadlovka *Canon EOS 80D (Canon)* s rozlišením 24 Mpx. Tento fotoaparát splňuje základní požadavky pro širokospektrální fotografii. Navíc pochází od stejného výrobce jako fotografická technika na pracovišti, což umožní případné využití kompatibilního příslušenství, zejména objektivů. Od firmy *Kolari Vision* se podařilo získat transmisní křivku záření dopadajícího na senzor tohoto fotoaparátu [*Obr. 21 str. 62*].

Na fotoaparátu byla provedena „*full spectrum*“ modifikace rozšiřující jeho citlivost na UV–VIS–IR oblasti spektra s přibližným rozsahem 350 – 1100 nm a se zachováním barevného snímání ve viditelné oblasti (viz kap. II.4.2 str. 32). V rámci této modifikace došlo k odstranění UV/IR a IR blokačních filtrů z těla fotoaparátu umístěných před senzorem, jejich náhradě dostatečně propustným filtrem a refokusací. K modifikaci byla vybrána specializovaná americká firma *Life Pixel*<sup>(212)</sup>, která fotoaparát zároveň dodala. Na konvertovaný fotoaparát dává tato firma záruku po dobu jednoho roku.<sup>(213)</sup>

Objektiv pro základní využití byl zvolen *Canon EF 50 mm f/1,8 STM (Canon)*. Jedná se o objektiv s pevnou ohniskovou vzdáleností, který nebyl v internetových databázích veden mezi nevhodnými objektivy pro širokospektrální fotografii například kvůli výskytu „hot spot“ jevu. Dále mohly být využity také jiné kompatibilní objektivy, které jsou na pracovišti k dispozici. Vzhledem k vysokým pořizovacím cenám nebyl zakoupen žádný specializovaný objektiv pro snímání UV záření v rozšířeném rozsahu vlnových délek UV spektra.

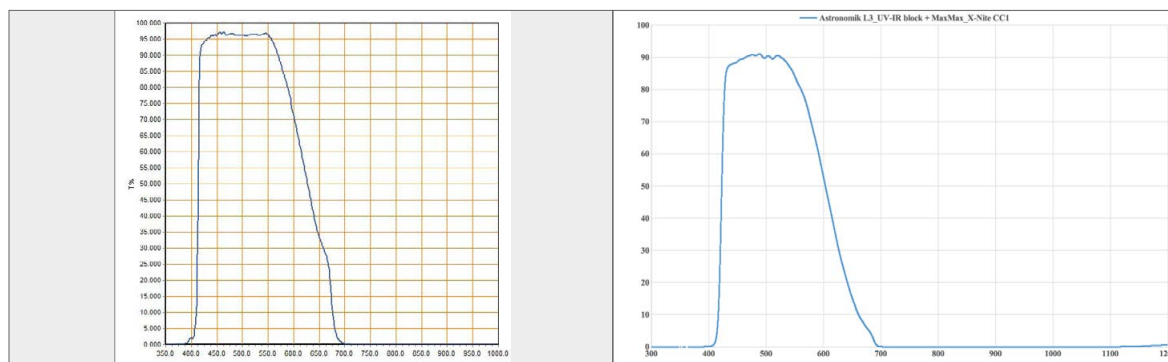
### II.9.2.2 Výběr fotografických filtrů

Pro účely práce byly pořízeny filtry kruhového tvaru, které se předsazují na objektiv. Průměry všech zakoupených fotografických filtrů s výjimkou UV propustného filtru *Baader U Venus 2*“ (viz níže) byly 52 mm. Jedná se o průměr využitelný pro objektivy, které se budou pro účely širokospektrální fotografie na pracovišti používat a zároveň jsou ceny filtrů tohoto průměru celkem akceptovatelné. Filtry byly vybrány na základě dostupných transmisních křivek tak, aby přesně odpovídaly požadavkům jednotlivých technik. Transmise jednotlivých filtrů byla pro zajímavost orientačně ověřena spektrofotometrickým měřením (viz kap. II.9.3 str. 64).

Pro techniku snímání viditelného spektra, tedy odraženého bílého světla a UV fluorescence, byla zvolena kombinace UV/IR a IR blokačních filtrů, které v podstatě nahrazovaly filtry odstraněné z těla fotoaparátu. Záměrem bylo, aby kombinací filtrů byly hranice blokovaného záření v rozmezí 400–700 nm a zároveň aby bylo dosaženo vhodného tvaru transmisní křivky propouštěného záření. Byly jimi IR blokační filtr *MaxMax X-Nite CCI (LDP LLC MaxMax)* [Obr. 30 str. 133] typu „*hot mirror*“, který vhodným způsobem upravuje intenzity jednotlivých vlnových délek ve viditelné oblasti spektra. Dále byl zakoupen UV/IR blokační filtr *Astronomik L-3 UV-IR Block (Astronomik)* [Obr. 32 str. 134], který požadovaným způsobem přesně blokuje UV záření do 400 nm a IR záření od 700 nm. Změřené transmisní křivky těchto filtrů i transmisní křivka záření procházejícího jejich kombinací jsou uvedeny na obrázku [Obr. 42 str. 140].

212 *Life Pixel: Infrared Camera Conversions* [online]. USA Vyhledáno 20. 8. 2019 Dostupné na: <https://www.lifepixel.com>

213 Při nákupu ze zahraničí je zapotřebí k ceně připočítat veškeré poplatky spojené s dovozem.



**Obr. 21:** Porovnání transmissních křivek (vlevo) původních vnitřních filtrů digitálního fotoaparátu *Canon EOS 80D* a (vpravo) kombinace dvou externích filtrů *MaxMax X-Nite CC1* a *Astronomik L-3 UV-IR Block*. [Kolari Vision: *ICF Canon 80D*; Měření transmittance viz II.9.3 str. 64].

Pro techniku UV fotografie byl zvolen UV propustný filtr *Baader U Venus 2*“ (*Baader*) [Obr. 35 str. 136], který se vzhledem ke spektrálnímu rozsahu i intenzitě propouštěného záření vyznačuje prvotřídními vlastnosti. Tento filtr je interferenční, takže je stabilní a je na něj poskytována dobrá záruka, navíc pochází od renomované firmy [Obr. 44 str. 141]. Praktickou nevýhodou tohoto filtru může být jeho atypický průměr v palcích, což požaduje koupi dvou speciálních přechodových redukci pro jeden průměr závitu objektivu.

Pro infračervenou reflexi bylo pořízeno více filtrů propouštějících IR záření od různých vlnových délek. Byly jimi filtry *RG780* a *RG830* vyráběné firmou *Heliopan* a filtr *MaxMax X-Nite 1000 B (LDP LLC MaxMax)* [Obr. 34 str. 135], [Obr. 43 str. 140]. Kvůli omezené kapacitě diplomové práce byl k demonstraci postupů snímání, postprodukce a tvorby snímků ve falešných barvách použit filtr *MaxMax X-Nite 1000 B*. Základní výběr IR propustných filtrů by měl obsahovat filtr umožňující snímat celou oblast IR spektra, na kterou je fotoaparát citlivý (např. jako *RG780*), ale také filtr propouštějící pouze jeho okrajovou část s kratšími vlnovými délkami, ve které je nejvíce pigmentů v IR záření transparentních (např. jako *MaxMax X-Nite 1000 B*). K identifikaci nebo odlišení některých pigmentů se potom používají další filtry propouštějící IR záření od daných vlnových délek.

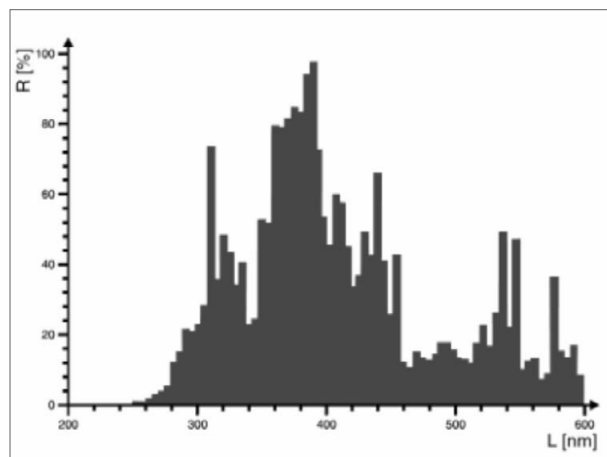
### II.9.2.3 Výběr zdrojů záření

Pro tento experiment byly využity zdroje záření ve vlastnictví Fakulty restaurování Univerzity Pardubice používané ke snímání nástěnné malby a prozatím nebyly pořizovány žádné nové. Pro viditelnou a infračervenou reflexi byla využita dvě standardní halogenová světla se zářivkami *J-100 W 118 mm premium* s technickými parametry 100 W, 1100 lm.<sup>(214)</sup> U ultrafialové reflexe a vybuzené fluorescence UV zářením byl použit jeden zdroj UVA

<sup>214</sup> *J-100 W 118MM premium: J-Halogenová žárovka lineární*. 2013. Dostupné také na: <https://www.ereka.cz/j-100w-118-mm-premium-halogenova-zarovka-kanlux>

záření, kterým byl zářič *UVA SPOT 400 T* od *Hönle UV Technology* s technickými parametry zahrnujícími příkon 450 W, výkon 400 W, typ výbojky UV 400 F/2 [Obr. 22 str. 63], předsažený filtr BL 315–400 nm (UVA).<sup>(215)</sup>

**Obr. 22:** Spektrální křivka výbojky UV 400 F/2 zářiče *UVA SPOT 400 T* od *Hönle UV Technology*. Výrobce uvádí, že tento zářič je opatřen filtrem a vyzařované spektrum je od 315 do 400 nm. [HÖNLE UV TECHNOLOGY. *Operating manual: UVASPOT 400/T*].



#### II.9.2.4 Výběr standardů a kalibračních nástrojů

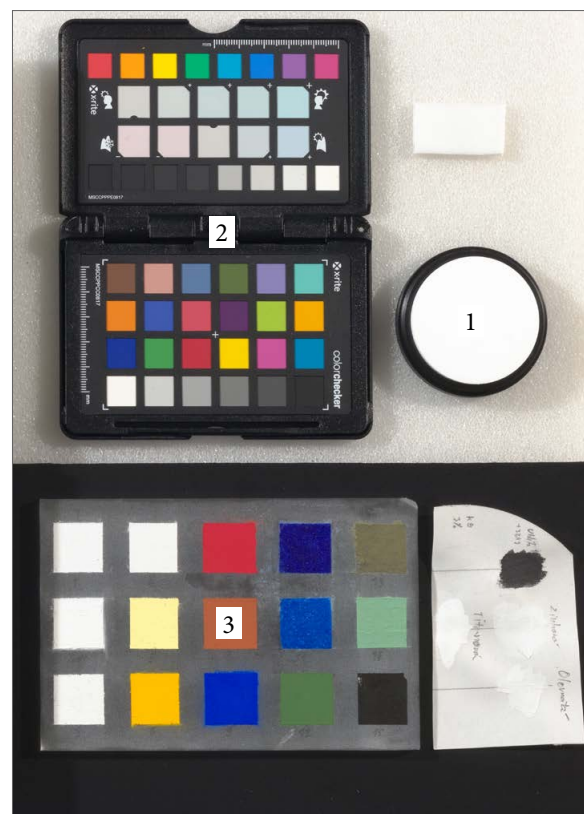
Bylo využito několik nástrojů pro kalibraci a standardizaci jednotlivých technik. Objektivizační prvky se mohou umístit do záběru s fotografovaným předmětem/scénou a ponechávají se v záběru i při prezentaci fotografie. Tento postup byl využit při demonstraci technické fotografie v rámci experimentální práce. Druhou možností je zaznamenat kalibrační nástroje pouze v paralelních pracovních fotografiích pořízených v naprosto stejných podmínkách jako prezentované snímky. Výsledné parametry po jejich úpravách se posléze aplikují na prezentované snímky. Tato možnost nebyla v pracovním postupu uplatněna [Obr. 23 str. 64].

Z objektivizačních prvků byla pořízena kalibrační tabulka *X-RITE ColorChecker Passport Photo 2* s definovanými barevnými cíli pro kalibraci fotografie v odraženém bílém světle. Tento kalibrační nástroj se může využít v postprodukcí provedené podle obou základních přístupů představených v rešeršní části práce. Kalibrace a objektivizace technické fotografie byla v rámci předkládané práce realizována na principiálním základu manuál k tabulce *AIC PhD Target* a jeho modifikace podle *Antonina Cosentina* (viz kap. II.8.6.2 str. 58).

Dále byl zakoupen difúzně odrazivý standard *Spectralon* s 99% odrazivostí od výrobce *Labshere*. Standard se vyznačuje konstantní odrazivostí v rozsahu vlnových délek 250 – 2500 nm. V rámci experimentů byl tento standard využit pro informaci o nežádoucím

215 HÖNLE UV TECHNOLOGY. *Operating manual: UVASPOT 400/T*. 2008. Germany.





**Obr. 23:** Přehled kalibračních nástrojů a referenčních tabulek na testovacích obrazech, 1) standard *Spectralon* s 99% odrazivostí; 2) *X-RITE ColorChecker Passport Photo 2*; 3) 15 referenčních pigmentů.

záření. V budoucnu by měl sloužit pro aplikaci postupu standardizace a kalibrace snímků všech uvedených širokospektrálních technik podle manuálu Britského muzea (viz kap. II.8.6.1 str. 57).

### II.9.3 Spektrofotometrické měření transmittance filtrů

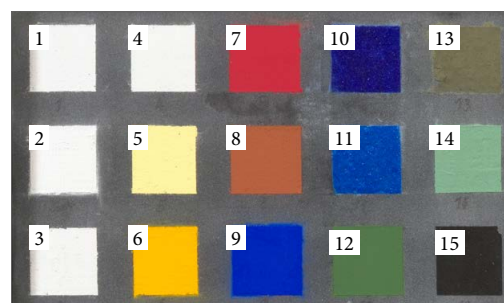
Pořízené filtry byly podrobeny měření jejich transmittance. Měření průchodu záření fotografickými filtry bylo realizováno na Fakultě chemické technologie Univerzity Pardubice, Katedře polygrafie a fotofyziky. Měření provedl *Ing. et Ing. Ondrej Panák, Ph.D.* K tomuto účelu byl použit spektrofotometr *Shimadzu UV3600 Plus UV-VIS-NIR*. Měření bylo v rozsahu vlnových délek 300 – 1200 nm s krokem 2 nm. Naměřené hodnoty jsou prezentovány v grafech viz obrazová dokumentace str. 140 a str. 141.

## II.9.4 Referenční panel s vybranými pigmenty

Prvotní zkoušky pořízené techniky a technické fotografie byly realizovány na vytvořeném modelovém panelu se vzorky patnácti pigmentů aplikovanými ve vodné akrylátové disperzi *Dispersion K9*. K tomuto účelu byl použit panel z pískovaného skla, který sloužil jako podložka pro čtvercová pole o rozměrech 2×2 cm vytvořená nátěrem čistých pigmentů rozptýlených v 2 % (hm.) pojivu *Dispersion K9* v objemovém poměru 1:2 (pigment:pojivo). Pigmenty byly vybrány s předpokladem jejich charakteristických vlastností v jednotlivých technikách širokospektrální fotografie nebo byly vybrány pigmenty často používané v umělecké tvorbě. Přehled zvolených pigmentů je uveden v tabulce Tab. 04 str. 65 [Obr. 24 str. 65].<sup>(216)(217)</sup>

Pole	Název pigmentu	Kód	Chemický vzorec/složení	Distributor
1	Zinková běloba	46300	ZnO	Kremer
2	Titanová běloba, rutil	46200	TiO <sub>2</sub>	Kremer
3	Olovnatá běloba	46000	2.PbCO <sub>3</sub> ,Pb(OH) <sub>2</sub>	Kremer
4	Barytová běloba	-	BaSO <sub>4</sub>	Lachner
5	Olovnatociničitá žluť tmavá	10110	Pb <sub>2</sub> SnO <sub>4</sub>	Kremer
6	Kadmiová žluť tmavá	21060	ZnS.CdS	Kremer
7	Kadmiová červeně	21120	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ,SiO <sub>2</sub> ,Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Kremer
8	Francouzský okr	40090		Kremer
9	Ultramarín tmavý	45010		Kremer
10	Smalt	10000	SiO <sub>2</sub> ,K <sub>2</sub> O.CoO.Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Kremer
11	Egyptská modř	10060	CaCuSi <sub>4</sub> O <sub>10</sub>	Kremer
12	Chromoxid tupý	44200	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Kremer
13	Zem zelená česká	41800	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Kremer
14	Malachit arabský	103701	Cu <sub>3</sub> (SO <sub>4</sub> )(OH) <sub>4</sub>	Kremer
15	Révovalá černě	47000	C	Kremer

**Tab. 04:** Přehled pigmentů na referenčním panelu Obr. 24 str. 65.



**Obr. 24:** Referenční panel s pigmenty popsány v tabulce Tab. 04 str. 65.

216 COSENTINO, Multispectral, 2015.

217 BLAŽEK, Jan, Barbora ZITOVÁ, Tomáš TICHÝ a Vlasta VAŠUTOVÁ. Optické vlastnosti historických maliřských pigmentů v blízkém infračerveném (NIR) záření. *Acta Artis Academica*. 2014, 35–49.

## II.9.5 Test pořizování UV fotografií (UVR)

Test byl zaměřen na snímání a postprodukční úpravy s cílem určité standardizace UV fotografie podle dohledaných doporučení. K tomuto účelu byl použit zářič *UVA SPOT 400 T* od *Hönle UV Technology* ze vzdálenosti cca 150 cm. Snímaný panel byl rovnoměrně ozářen. Použit byl modifikovaný fotoaparát s objektivem *Canon EF 50 mm f/1,8 STM* a předsaženým UV propustným filtrem *Baader U Venus 2*<sup>218</sup>. Prezentované snímky byly kalibrovány a standardizovány pomocí kalibrační tabulky *X-RITE ColorChecker Passport Photo 2*. Dále byl do scény umístěn difúzně odrazivý standard *Spectralon* s 99 % odrazivostí, který ale nebyl ke kalibračním účelům prozatím využit. Testy úprav byly provedeny v modulu *Camera RAW CC 2020*. Testy zahrnují aplikaci RGB hodnot doporučených v manuálu k tabulce *AIC PhD Target*<sup>(218)</sup> nebo aplikaci nižší expozice s RGB hodnotami využívanými *A. Cosentinem*<sup>(219)</sup> (viz kap. II.8.6.2 str. 58). V postprodukci byla eliminována nelineární odezva fotoaparátu. Jednotlivé zkoušky jsou dále charakterizovány v následujících bodech:

- 1) Neupravená expozice v postprodukci, fotografie s vhodnou expozicí byla pouze převedena do černobílého prostoru. Expozice byla pořízena při nastavení fotoaparátu ISO 100, f/11, 5 s.
- 2) Úprava jasu byla provedena podle doporučení manuálu k tabulce *AIC PhD Target* s využitím cíle N8 na tabulce *X-RITE ColorChecker Passport Photo 2* jehož RGB hodnoty byly v postprodukci upraveny na  $120 \pm 5$ .<sup>(220)</sup> Nastavení fotoaparátu bylo stejné jako v bodě 1).
- 3) Úprava jasu byla provedena podle *A. Cosentina* s využitím cíle N8 na tabulce *X-RITE ColorChecker Passport Photo 2* jehož RGB hodnoty byly v postprodukci upraveny na  $50 \pm 5$ .<sup>(221)</sup> Nastavení fotoaparátu bylo stejné jako v bodě 1).

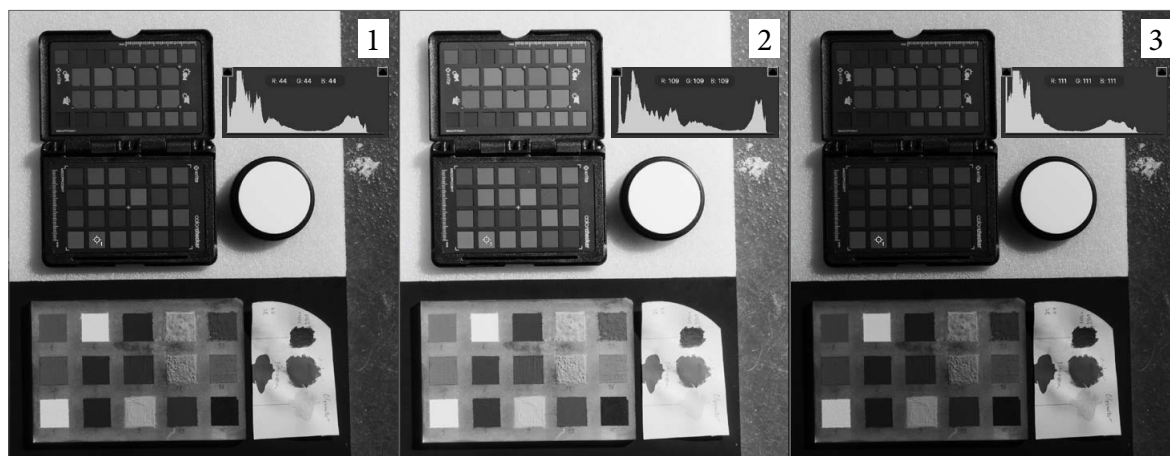
Obraz z fotoaparátu (bod 1) bude mít pokaždé výslednou optimální expozici patrně odlišnou, a to i přesto, že bude expozice nastavena na základě interního expozimetru fotoaparátu a snímky budou pořízeny v manuálním režimu při vypnutí všech automatických funkcí. U provedených testů je pořízená expozice snímku (bod 1) využita pro fotografování v bodech 2) a 3). Výsledná expozice snímku vytvořená podle bodu 2) s RGB hodnotami  $120 \pm 5$  podle pole N8 je vyrovnaná, to také potvrzuje příslušný histogram [Obr. 25 str. 67]. Snímek se podle očekávání vyznačuje vyšším jasnem v porovnání se snímkem pořízeným podle bodu 3) s RGB hodnotami  $50 \pm 5$  podle pole N8. V tomto případě je fotografie tmavá, snímek je podle příslušného histogramu podexponován [Obr. 25 str. 67].

218 INSTRUCTIONS AIC, 2011.

219 COSENTINO, 2015.

220 INSTRUCTIONS AIC.

221 COSENTINO 2015.



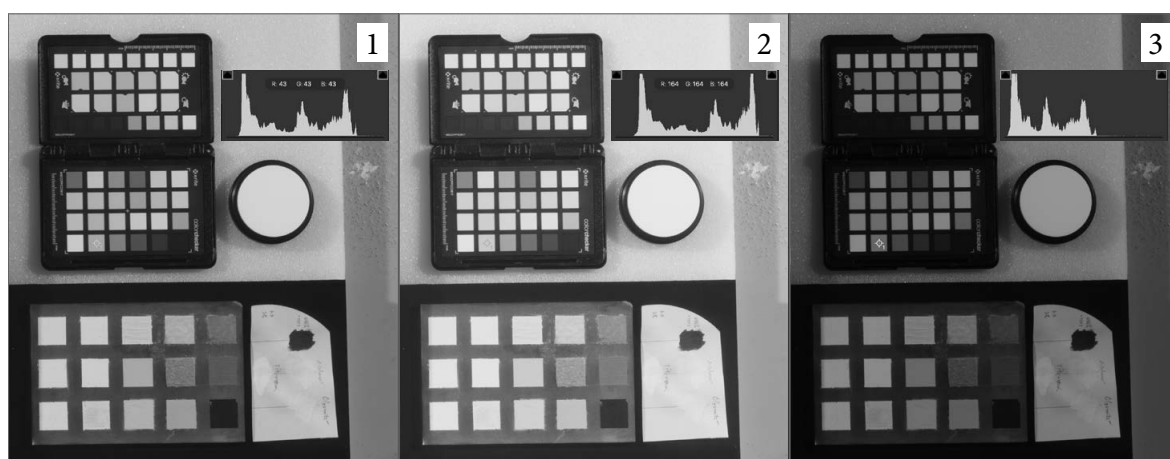
**Obr. 25:** Test úprav UV fotografie, 1) neupravená expozice, pouze převedena do černobílého prostoru; 2) obraz upraven podle pole N8 na *X-RITE ColorChecker Passport Photo 2* na hodnoty sRGB  $120\pm 5$  podle hodnot doporučených institutem *AIC*; 3) obraz upraven podle pole N8 na *X-RITE ColorChecker Passport Photo 2* na hodnoty sRGB  $50\pm 5$  podle hodnot doporučených *A. Cosentinem*.

### II.9.6 Test pořizování IR fotografií (IRR)

Test je zaměřen na snímání a postprodukční úpravy s cílem určité standardizace IR reflexní fotografie podle dohledaných doporučení. Infračervená fotografie byla pořízena za použití dvou halogenových světel se zářivkami *J-100 W 118 mm premium* ze vzdálenosti cca 150 cm pod  $45^\circ$  úhlem. Použit byl modifikovaný fotoaparát s objektivem *Canon EF 50 mm f/1,8 STM* a předsazeným IR propustným filtrem *MaxMax X-Nite1000 B*. Presentované snímky byly kalibrovány a standardizovány pomocí kalibrační tabulky *X-RITE ColorChecker Passport Photo 2*. Dále byl do scény umístěn difúzně odrazivý standard *Spectralon* s 99 % odrazivostí, který ale nebyl ke kalibračním účelům prozatím využit. Testy úprav byly provedeny v modulu *Camera RAW CC 2020*. Testy zahrnují aplikaci RGB hodnot doporučených v manuálu k tabulce *AIC PhD Target* nebo aplikaci nižší expozice s RGB hodnotami využívanými *A. Cosentinem* (viz kap. II.8.6.2 str. 58). V postprodukci byla eliminována nelineární odezva fotoaparátu. Jednotlivé zkoušky jsou dále charakterizovány v následujících bodech:

- 1) Neupravená expozice v postprodukcí, fotografie s vhodnou expozicí byla pouze převedena do černobílého prostoru. Expozice byla pořízena při nastavení fotoaparátu ISO 100, f/11, 2 s.
- 2) Úprava expozice byla provedena podle doporučení manuálu k tabulce *AIC PhD Target* s využitím cíle N8 na tabulce *X-RITE ColorChecker Passport Photo 2* s RGB hodnotami  $200\pm 5$ . Nastavení fotoaparátu bylo stejné jako v bodě 1).
- 3) Úprava expozice byla provedena podle *A. Cosentina* s využitím cíle N8 na tabulce *X-RITE ColorChecker Passport Photo 2* s postprodukční úpravou RGB hodnot na  $100\pm 5$ . Nastavení fotoaparátu bylo stejné jako v bodě 1).

Obraz z fotoaparátu (1) bude mít pokaždé výslednou optimální expozici patrně odlišnou, a to i přesto, že bude expozice nastavena na základě interního expozimetru fotoaparátu a snímky budou pořízeny v manuálním režimu při vypnutí všech automatických funkcí. V tomto případě má fotografie pořízená podle bodu 1) bez následné úpravy expozice stejně jako fotografie získaná podle bodu 2) celkovou expozici podle příslušných histogramů vyrovnanou [Obr. 26 str. 68]. V případě třetího testu (3) je snímek určitým způsobem podexponován, celkově je mnohem tmavší než oba zbývající snímky, o čemž vypovídá i příslušný histogram. Volba nižší expozice ve třetím případě může mít několik důvodů. Jednou z možností může být, že tmavší reflektografický snímek může podávat sytější barvy při převodu do falešných barev. Dalším důvodem může být zvýraznění skrytých vrstev, které IR reflektografické fotografie mohou zobrazit. Uvedené předpoklady se mohou vztahovat také na UV fotografii s RGB hodnotami pole N8  $50\pm 5$ . Tato domněnka by musela být potvrzena zkouškou, nebo konzultací s autorem metody.



**Obr. 26:** Test úprav IR fotografie, 1) neupravená expozice, pouze převedena do černobílého prostoru; 2) obraz upraven podle pole N8 na *X-RITE ColorChecker Passport Photo 2* na hodnoty sRGB  $200\pm 5$ ; 3) obraz upraven podle pole N8 na *X-RITE ColorChecker Passport Photo 2* na hodnoty sRGB  $100\pm 5$ .

## II.9.7 Postup pořizování a úprav technické fotografie

### II.9.7.1 Příprava scény a nastavení techniky<sup>(222 (223</sup>

Mnohá pravidla pro přípravu scény a nastavení techniky při fotografování běžné dokumentační, potažmo vědecké, barevné fotografie jsou platná také pro ostatní techniky širokospektrálního snímání. Platí zde, že umístění fotoaparátu by mělo svírat pravý úhel se snímaným objektem, zároveň by měl být fotoaparát zpravidla polohován vodorovně. Vzdálenost od objektu by měla být optimální podle použitého objektivu.

Vždy je žádoucí, aby byly fotografie pořizovány v kontrolovaných či definovaných okolních podmínkách. Fotografovaný objekt nemá být exponován nežádoucím zářením, ať už parazitnímu nebo z externího zdroje. V ateliérových podmínkách je dosažení tohoto předpokladu relativně snadno realizovatelné, zatímco v exteriéru nebo v improvizovaných prostorech je nutné vyčkat na co nejvhodnější okolní podmínky, zpravidla na tmu, či si pomoci improvizovaným zatemněním.

Ozáření/nasvícení objektu je vhodné provádět alespoň dvěma shodnými zářiči umístěnými proti sobě v tupém úhlu (cca 45°) vůči optice záznamového zařízení, v tomto případě fotoaparátu. Je také zapotřebí nasvítit/ozářovat objekt rovnoměrně, a to nejen srovnat intenzitu záření v celé ploše, ale také zajistit stejnou chromatičnost dopadajícího záření. Vzdálenost světelného zdroje od fotografovaného objektu ovlivňuje výslednou expozici, v souvislosti s výkonem použitých zářičů, respektive intenzitou dopadajícího záření na fotografovaný předmět. To se projevuje nejvíce u fluorescenčních technik. Při použití několika druhů ozáření, je dobré zajistit, aby totožné typy záření dopadaly ze stejného úhlu.

Registrační značky se umísťují pokud možno mimo dokumentovaný objekt či plochu do rohů. Tyto značky by měly být součástí širokospektrálních fotografií kvůli registraci jednotlivých snímků na sebe viz kap. II.8.5 str. 53. V experimentu tyto navrhované značky nebyly použity. Vzhledem k velkému rozlišení byly využity značky na kalibračních nástrojích.

### II.9.7.2 Nastavení fotoaparátu

Během pořizování expozice je důležité správně nastavit fotoaparát a toto nastavení dodržovat. Obecné jednotné nastavení fotoaparátu pro všechny techniky je následující.

**Režim fotoaparátu** musí být nastaven na manuální ovládání/ruční režim „M“. V tomto režimu lze ovlivnit všechny parametry expozice. Spoléhat se na automatické funkce nemusí vždy přinést tížený výsledek.

---

222 BEZDĚK, 2014.

223 DYER, 2013.

**Kvalita a formát** záznamu musí být v surových nezpracovaných datech, tedy formátu RAW. Přípony/označení surového formátu u vybraných výrobců jsou následující: *Canon*.CR2, *Nikon*.NEF, *Olympus*.ORF. Zpravidla se vybírá největší rozlišení snímání.

**Barevný prostor** se nastavuje na sRGB, pokud tomu není uvedeno jinak v manuálu, který následujeme. Adobe RGB má sice větší rozsah barev, ale ve výsledném zpracovaném souboru se neprojeví, protože konečná prezentace snímku v oboru nebývá realizována ve větším barevném prostoru.

**Vyvážení bílé** ve formátu RAW není zpravidla při použití objektivizačních pomůcek zapotřebí příliš řešit, protože soubor nese záznam všech tří kanálů RGB v rámci ICC profilu. Přesto na základě odborné literatury i zkušeností lze doporučit nastavení jednotné i relativně optimální teploty bílé (např. 6500 K), která usnadní přehlednost jednotlivých fotografií v náhledu. Vyvážení bílé na fotoaparátu na danou teplotu může mít své opodstatnění u UV fluorescenčních snímků, pokud se snímek pořizuje tak, aby odpovídal vnímání lidského oka, a zároveň se zrakem také subjektivně kontroluje správnost jeho barevného podání, v případech kdy není k dispozici žádný kalibrační standard ani postup.

**Úprava obrazu** (styl obrazu, obrazové efekty) je softwarové vylepšení fotografie, v nastavení fotoaparátu označované například „Portrét“ nebo „Standardní“ atd. Je žádoucí tyto úpravy nevyužívat a mít základní nastavení úpravy obrazu pro dokumentační fotografii jako „Neutrální“.

Doporučuje se využívat **režim samospouště** (2 s nebo 10 s) nebo uživatelsky přívětivější dálkovou spoušť, tím se zamezí otřesům a rozmazání fotografií při delších expozicích.

**Živý náhled** je při fotografování širokospektrálních snímků velmi důležitý. Lze také využít připojení a ovládání přes počítač. Zobrazený histogram na display napomáhá při vytváření a posouzení expozice. Je ale třeba mít na paměti, že se jedná o zobrazení po převodu do JPG formátu.

**Nastavení expozice** je stěžejní pro kvalitní záznam fotografovaného objektu a ovlivňují ho tři faktory („fotografická trojice“), kterými jsou **citlivost** (ISO), **clona** (F) a **rychlost závěrky** (čas). Obecně nelze stanovit nejlepší kombinaci nastavení expozice pro snímání technických fotografií. Nicméně existují obecné zásady a doporučení, kterými je možné se řídit a jsou shrnuta v následujícím textu.

**Citlivost (ISO)** určuje citlivost fotoaparátu na světlo, čím je citlivost větší (vyšší číslo), tím fotoaparát dokáže zaznamenat méně světla, ale tím ve fotografii dochází ke zvýšení šumu. Optimální rozsah citlivosti je 50–800 (podle typu fotoaparátu). V nejlepším případě je dobré ponechat citlivost na hodnotě 100 nebo nižší.

**Clona (f)** je umístěna v objektivu a její velikost určuje množství procházejícího světla, což mimo jiné ovlivňuje „hloubku ostrosti“. Vyšší clonové číslo označuje větší zúžení clony, tedy menší průchod záření a větší hloubku ostrosti. Nízké clonové číslo potom vystihuje rozevřenou clonu s větším průchodem záření a nízkou hloubku ostrosti. Často se uvádí, že

nižší clona je vhodná pro ploché předměty a vysoká pro trojrozměrné nebo příliš rozměrné předměty. U nízkých clon může docházet k mírnému rozostření ve vzdálenějších místech objektu od objektivu. U velmi vysokých clon může docházet k tzv. difrakci světla, kdy jsou lamely clony natolik zúžené, že se viditelně projevuje ohyb světla a fotografie je potom neostrá. Optimální clonové číslo v technické fotografii se většinou pohybuje mezi  $f/11$ – $13$ .

**Rychlost závěrky (čas expozice)** určuje, po jakou dobu bude trvat snímání/expozice. Nastavení bude záviset na typu zdroje záření, volbě citlivosti a velikosti clonového čísla. Doba expozice je první parametr, který se upravuje a pokud je její délka neúměrná, upraví se clona a citlivost.

### II.9.7.3 Průběh snímání

Při pořizování technické fotografie se doporučuje provést záznam o průběhu fotografování. Kromě přesného typu použité techniky by měl tento záznam obsahovat poznámky o okolních podmínkách zahrnující například přítomnost nežádoucího záření nebo možnost zatemnění. Dále by měly být zaznamenány vzdálenosti zářičů i fotoaparátu od fotografovaného objektu, úhly dopadajícího záření na objekt, případně jeho intenzita. Tyto parametry mohou napomoci při následných úpravách snímků.<sup>(224)</sup>

Dále je vhodné dodržovat dané pořadí snímání jednotlivých metod technické fotografie, což značně napomáhá v následné orientaci během zpracovávání snímků. Na základě zkušeností lze doporučit následující pořadí širokospektrálních technik: VIS, IRR, UVF, UVR. Výhodou tohoto postupu je, že lze v uvedeném pořadí využít stejné záření vždy pro dvě po sobě jdoucí techniky. Vzhled IR a UV fotografií je na první pohled podobný, proto může docházet k jejich nežádoucí záměně. Této záměně je právě možné předcházet zařazením vizuálně odlišné UV fluorescenční fotografie mezi reflektografické techniky a na základě pořadí tak od sebe na první pohled v datových souborech odlišit UV a IR snímky.

Sestava základní fotografické techniky s příslušenstvím, která byla využita v rámci provedených experimentů, je uvedena v následujících bodech. V těchto bodech je pro postprodukční úpravy a kalibraci postupu zohledněn manuál k tabulce *AIC PhD Target*, proto jsou níže uvedeny pouze objektivizační prvky splňující předpoklady tohoto doporučení.

- 1) **Fotografie v odraženém viditelném světle (VIS)**
  - a) **Zdroj záření:** zdroj viditelného světla, například halogenové světlo, tento zdroj lze použít také pro infračervenou reflexi.
  - b) **Filtry před objektivem:** kombinace *MaxMax X-Nite CCI* a *Astronomik L-3 UV-IR Block*.
  - c) **Kalibrační pomůcky:** *X-RITE ColorChecker Passport Photo 2*, registrační značky v rozích.

224 DYER, 2013, s. 64.



- 2) **Infračervená fotografie (IRR)**
  - a) **Zdroj záření:** halogenové světlo s vysokým podílem IR záření.
  - b) **Filtry před objektivem:** *MaxMax X-Nite 1000 B, RG780 (Schott)* nebo jiné.
  - c) **Kalibrační pomůcky:** *X-RITE ColorChecker Passport Photo 2*, registrační značky v rozích.
- 3) **Ultrafialová fluorescenční fotografie (UVF)**
  - a) **Zdroj záření:** *UVA SPOT 400 T* od *Hönle UV Technology* (315–400 nm).
  - b) **Filtry před objektivem:** kombinace *MaxMax X-Nite CCI* a *Astronomik L-3 UV-IR Block*.
  - c) **Kalibrační pomůcky:** *X-RITE ColorChecker Passport Photo 2*, registrační značky v rozích.
- 4) **Ultrafialová fotografie (UVR)**
  - a) **Zdroj záření:** *UVA SPOT 400 T* od *Hönle UV Technology* (315–400 nm).
  - b) **Filtry před objektivem:** *Baader U Venus 2"*.
  - c) **Kalibrační pomůcky:** *X-RITE ColorChecker Passport Photo 2*, registrační značky v rozích.

#### II.9.7.4 Příprava dat

Po stažení dat z fotoaparátu do počítače lze doporučit fotografie ihned popsat nebo roztřídit. Tím lze mimo jiné předejít již uvedené nežádoucí záměně snímků získaných z reflektografických technik. U pojmenování souborů jednotlivých technik je vhodné vycházet z jejich zkratk, například zkratku VIS lze použít pro záznam odraženého bílého světla, zkratku IRR pro infračervenou reflexi atp. Vhodné je také připojit číslo označující vlnovou délku, která je pro danou techniku specifická. Ta se odvozuje zpravidla od hranice transmise použitého filtru nebo od charakteristické vlnové délky použitého zdroje záření. Tuto hodnotu je nezbytné uvádět v případech, kdy je od jedné techniky zaznamenáváno několik druhů fotografií. Příkladem může být infračervená fotografie s použitím několika samostatných filtrů propouštějících infračervené záření od různých vlnových délek. Označení fotografií může potom vypadat následovně: IRR1000, IRR780 atd. Označování jednotlivých technik není nikterak mezinárodně ustáleno a povětšinou vychází z anglického pojmenování, které se může lišit. Proto není výjimkou, že pro jednu techniku existuje zkratk několik. Například UVL<sup>(225)</sup> a UVF označují stejnou techniku ultrafialové luminiscenční/fluorescenční fotografie.

---

225 Ultraviolet Luminescence Image

## II.9.7.5 Práce se snímky ve formátu RAW

Stažené fotografie je nutné nejprve ve formátu RAW vyvolat a následně upravit. K tomu je zapotřebí použít vhodný software, který disponuje nezbytnými nástroji. Tato práce se zabývá zpracováním jednotlivých obrazů v komerční aplikaci *Adobe Photoshop CC 2020* a s ním spojeným modulem *Camera RAW CC 2020*. Postup úprav snímků ve formátu RAW je detailně popsán v následujících bodech.

- 1) Na začátku postupu je nutné vytvořit barevný profil snímků v odraženém bílém světle (VIS). K tomu je zapotřebí použít příslušnou aplikaci dodávanou ke kalibračnímu nástroji, v tomto případě k tabulce *X-RITE ColorChecker Passport Photo 2*.<sup>(226)</sup> Postupuje se podle pokynů aplikace. V pracovním prostředí aplikace je nejprve zapotřebí načíst fotografii ve formátu DNG. Kalibrační cíle/pole musí být na fotografii zaznamenané v dostatečné velikosti. Aplikace cíle detekuje automaticky, ale nabízí také možnost jejich manuálního zaměření. Vytvořený barevný profil je praktické následně uložit do umístění modulu *Camera RAW*.
- 2) Fotografie nebo sada fotografií se následně zpracovávají v modulu *Camera RAW*. Modul lze vyvolat otevřením snímku ve formátu RAW v *Adobe Photoshopu* nebo z aplikace *Adobe Bridge*. Úpravy lze aplikovat i v samostatném nástroji *Adobe Lightroom Classic*. Po otevření modulu *Camera RAW* ve spodní části okna je nutné vybrat možnost Volby pracovního prostoru, kde je zapotřebí v horní části *Barevný prostor* nastavit prostor sRGB IEC61966-2.1<sup>(227)</sup> a *Hloubku* na 16 bytů/kanál.
- 3) Pro všechny snímky je vhodné aplikovat korekci objektivu postupem *Upravit > Optika > Profil > Použít korekci profilu*. Z metadat by měl být vybrán příslušný objektiv. Úprava se neaplikuje, pokud byl použit objektiv, který nemá přednastavené úpravy.
- 4) **Snímky v odraženém bílém světle (VIS)**<sup>(228)</sup>
  - a) **Barevný profil:** v tomto kroku se aplikuje vytvořený barevný profil z předešlého kroku postupem *Upravit > Profil > námi vytvořený profil*.
  - b) **Vyvážení bílé:** nástrojem pro vyvážení bílé je třeba zvolit šedě neutrální pole dle manuálu příslušného kalibračního nástroje postupem *Upravit > Základní > kapátko*.<sup>(229)</sup>

<sup>226</sup> X-Rite, *ColorChecker Passport: User manual*.

<sup>227</sup> Uvedené hodnoty RGB v pracovním postupu jsou uváděny v barevném prostoru sRGB. Pokud by byl barevný prostor změněn na ProPhoto RGB nebo Adobe RGB, hodnoty je nutné přepočítat, protože se budou mírně lišit.

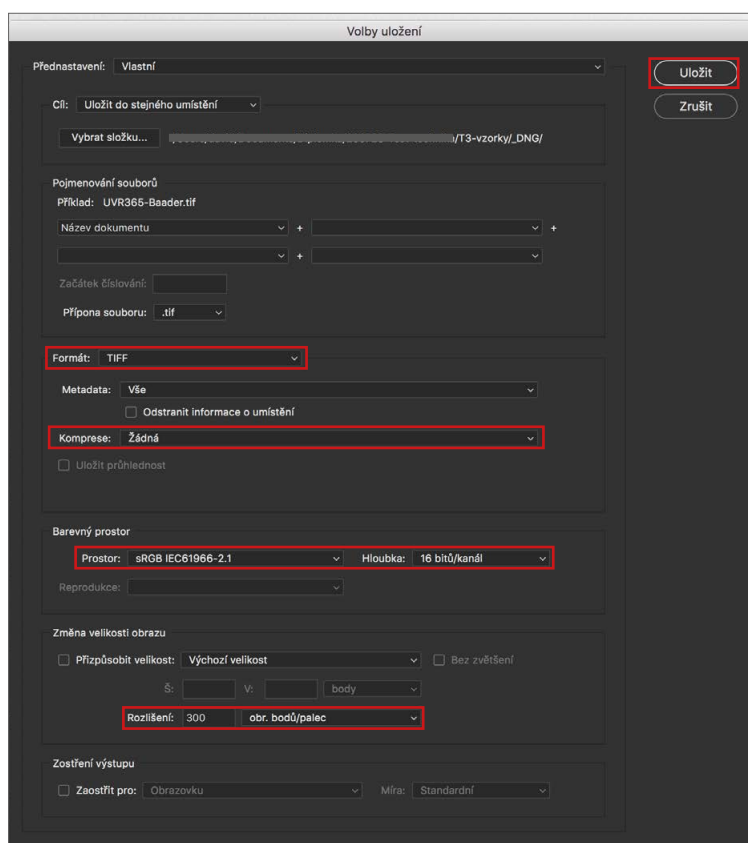
<sup>228</sup> Pokročilé úpravy obrazů viditelného světla jsou popsány v různých příručkách, proto jsou zde uvedeny velmi stručně.

<sup>229</sup> Pro přesnější vyvážení bílé lze využít uživatelsky definovatelný nástroj pro vyvážení bílé v *Adobe Photoshopu* v nástroji *Úrovně*.

- c) **Tónová křivka:** je zapotřebí vybrat nástrojem *Křivka* nastavení na lineární postupem *Upravit > Křivka > „bílé kolečko“ Bodová křivka > lineární*.
- d) **Korekce expozice:** vybere se nástroj *Vzorkování barev* (umístěný vpravo dole) a nakápne se světle šedé pole N8. Pomocí nástroje *Expozice* se sníží nebo zvýší hodnoty expozice tak, aby hodnoty RGB odpovídaly  $200 \pm 5$ .<sup>(230)</sup>
- 5) **Ultrafialová a infračervená fotografie (UVR, IRR)**
- a) **Barevný profil:** u obou reflektografických technik je nutné vybrat černobílý profil postupem *Upravit > Profil > Monochromatický*.
- b) **Vyvážení bílé:** se v těchto případech nenastavuje.
- c) **Tónová křivka:** je zapotřebí vybrat nástrojem *Křivka* nastavení na lineární postupem *Upravit > Křivka > „bílé kolečko“ Bodová křivka > lineární*.
- d) **Korekce expozice:** (Pro správnost čtení dat tato úprava není nezbytná.<sup>(231)</sup>) vybere se nástroj *Vzorkování barev* (umístěný vpravo dole) a nakápne se světle šedé pole N8. Pomocí nástroje *Expozice* se sníží nebo zvýší hodnoty expozice tak, aby hodnoty RGB odpovídaly u
- **UVR:**  $120 \pm 5$  RGB,
  - **IRR:**  $200 \pm 5$  RGB.
- 6) **Převod RAW formátu do souboru TIFF:**
- Nejprve je zapotřebí označit všechny fotografie určené k převodu do formátu TIFF a pomocí ikony pro uložení otevřít dialogové okno s nastavením nebo použít standardní zkratku pro uložení Ctrl+S/Cmd+S. Z nabízených možností je zapotřebí zvolit následující [Obr. 27 str. 75].
- **Cíl:** volba umístění ukládaných souborů.
  - **Formát:** TIFF.
  - **Kompresa:** bez komprese.
  - **Barevný prostor:** sRGB, 16 bitů/kanál.
  - Ponecháme původní velikost a rozlišení na 300 dpi.

230 Vyrovnání expozice a zároveň vyvážení bílé lze provést i po otevření snímku v *Adobe Photoshopu* a pomocí nástroje *Úrovně* (který je potřeba nejprve nadefinovat na příslušné hodnoty RGB) vyrovnat snímek podle pole N8.

231 Vzhledem k tomu, že u reflektografických technik jsou vypovídající kontrastní rozdíly mezi nejtmaší a nejsvětější, není nezbytné tuto úpravu provádět. Vždy vyhodnocujeme světlá nebo tmavá místa. Po korekci bílé a černé dojde pouze k roztažení dat, nová data k vyhodnocení nepřibudou [BLAŽEK].



**Obr. 27:** Modul *Camera RAW CC 2020*, dialogové okno pro uložení do TIFF nebo JPEG formátu.

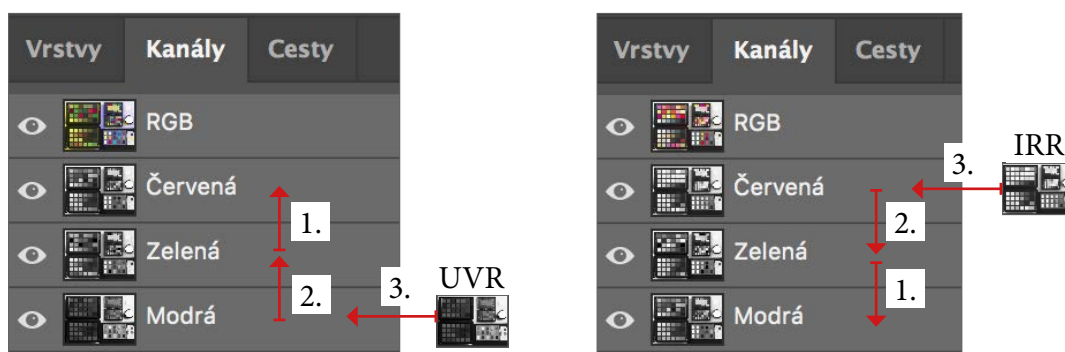
### II.9.7.6 Zpracování připravených fotografií a jejich převedení do falešných barev (FC)

Snímky ve falešných barvách zpravidla vznikají mícháním jednotlivých barevných kanálů. Na tomto místě je popsán základní/tradiční a zároveň nejrozšířenější postup převedení IR a UV fotografií do falešných barev (IRRFC, UVRFC). Postup se provádí v režimu RGB s převedením IRR nebo UVR snímku do příslušného kanálu upravené barevné dokumentační fotografie. Princip míchání kanálů u IRRFC je založen na posunutí zeleného kanálu na modrý, červeného na zelený a nahrazení červeného kanálu IRR snímkem ( $IRR > R > G > B$ ).<sup>(232)</sup> U techniky UVRFC je princip podobný, s tím rozdílem, že zelený kanál nahradí červený, modrý nahradí zelený a UVR snímek nahradí modrý kanál ( $R < G < B < UVR$ ).<sup>(233)</sup> Detailní postup vytvoření UV a IR fotografií ve falešných barvách (IRRFC, UVRFC) [Obr. 46 str. 143] je potom následující:

- 1) Nejprve je třeba otevřít potřebné snímky ve *Photoshopu*.
  - a) Pro IRRFC jsou to fotografie VIS a IRR.
  - b) Pro UVRFC to jsou fotografie VIS a UVR.

<sup>232</sup> COSENTINO 2016.

<sup>233</sup> ALDROVANDI, 2004.



**Obr. 28:** Adobe Photoshop CC 2020, přehled nahrazení jednotlivých kanálů při vytváření falešných barev UVRFC (vlevo) a IRRFC (vpravo). Výsledné testovací obrazy jsou v obrazové příloze na str. 143.

- 2) **Sloučení snímků** se provádí přesunem tažením vrstvy reflektografického snímku na snímek VIS, který je zapotřebí umístit na střed. Reflektografický snímek je potom možné zavřít bez uložení, již nadále nebude zapotřebí.
- 3) **Registrace/sesazení reflektografického snímku se snímkem VIS:** reflektografický snímek se transformuje podle registračních značek tak, aby jeho velikost odpovídala obrazu VIS. U vrstvy s reflektografickým snímkem je nutné změnit krytí na optimálních 60 %, tím se vrstva zprůhlední, což umožní srovnat obě vrstvy vůči sobě. Je zapotřebí vybrat nástroj transformace postupem *Úpravy > Transformovat > Změna velikosti* nebo zkratkou *Ctrl+T/Cmd+T*. Uchopením za rohový bod nástroje lze měnit velikost snímku tažením. Poté je nutné úpravu potvrdit *Enterem* a následně vrátit krytí zpět na 100 %.
- 4) **Míchání kanálů ve snímku VIS:** nejprve je nutné se přepnout do vrstvy se snímkem VIS a poté otevřít okno s kanály, kde se provede záměna jednotlivých kanálů mezi sebou. Přehled přesunu jednotlivých kanálů je následující [Obr. 28 str. 76],
  - v případě IRRFC se posune zelený kanál na modrý, červený na zelený,
  - v případě UVRFC se posune zelený kanál na červený a modrý kanál se posune na zelený.
- 5) **Přesun reflektografického snímku:** k přesunu je nejprve zapotřebí se přepnout do vrstev obrazu a vybrat zde reflektografický snímek – pozor nikoliv jeden z kanálů – a následně zkopírovat tento snímek do příslušného kanálu snímku VIS následujícím způsobem,
  - v případě IRRFC na místo červeného kanálu,
  - v případě UVRFC namísto modrého kanálu.
- 6) **Následuje uložení** do souboru TIFF nebo DNG (bez komprese).

Výsledné testovací snímky vytvořené výše popsaným postupem jsou uvedeny v obrazové příloze na str. 142 a str. 143.

### Dodatek k úpravám

- Pro náhled a tisk se jednotlivé obrazy přeukládají ze souborů RAW/TIFF do ztrátového souboru JPEG s barevným prostorem sRGB<sup>(234)</sup> v požadovaném rozlišení.
- V modulu *Camera RAW* je vhodné stejné úpravy uložit a následně je aplikovat u následujících obrazů. Urychlit práci si lze také vytvořením maker/akcí<sup>(235)</sup> pro míchání jednotlivých kanálů u FC v *Adobe Photoshopu*.
- Při ukládání a pojmenovávání souborů je vhodné se vyhnout interpunkci, diakritickým a speciálním znakům v popiscích.

## II.9.8 Shrnutí a diskuse teoretické práce

V rámci rešeršní části byla dohledána odborná literatura a jiné zdroje představující problematiku zobrazovacích metod širokospektrální fotografie v UV–VIS–IR oblastech elektromagnetického spektra a tvorbu falešných barev. Práce se konkrétně zaměřuje na fotografii v odraženém bílém světle (VIS), která je řešena pro svou obsáhlost pouze okrajově a je zde potřebná zejména pro tvorbu snímků ve falešných barvách z reflektografických technik. Dále jsou předvedeny techniky UV reflektografie/fotografie (UVF), IR reflektografie/fotografie (IRR), UV fluorescenční fotografie (UVF) a jak již bylo zmíněno, tvorba falešných barev (UVRFC, IRRFC), dále viditelná luminiscence generovaná viditelným světlem (VIVL) a infračervená luminiscence buzená viditelným světlem (VIL).

V poměrně obsáhlé rešeršní části byly principiálně dohledány základní dva typy postupů komplexních metodických přístupů pořizování, kalibrace a následné postprodukční úpravy širokospektrální technické fotografie. Prvním z nich je postup představený v manuálu Britského muzea od autorů *Joanne Dyer, Giovanni Verri, John Cupit*, který vznikl v rámci programu *Charisma* viz kap. II.8.6.1 str. 57. Postup úpravy a standardizace fotografií je v tomto manuálu koncipován tak, že uživatel ve vytvořeném prostředí Nip2 následuje doporučené kroky. Programové úpravy jsou určeny pro následující techniky širokospektrální fotografie: VIS, IRR, UVR, UVF, VIL a VIVL, případně IRRFC a UVRFC. Postup nebyl vyzkoušen a bylo by vhodné ho zahrnout do širší studie. Pro restaurátorskou praxi je nevýhodou, že vyžaduje zakoupení alespoň jednoho difúzně odrazivého standardu, který je finančně nákladný. Také prvotní zkušenosti s použitím daného programu neproběhly bez obtíží.

234 Barevný prostor sRGB využívá většina monitorů a tiskáren.

235 Viz nápověda *Adobe Photoshopu* dostupné na: <https://helpx.adobe.com/cz/photoshop/using/creating-actions.html>.

Do druhé skupiny spadá postup od Amerického institutu pro konzervaci historických a uměleckých děl prezentovaný v příručce a manuálu ke kalibrační tabulce *AIC PhD Target* viz kap. II.8.6.2 str. 58. Princip tohoto druhého postupu využívá i fyzik *Antonino Cosentino*. Popsané poznatky a postupy druhého přístupu potom byly u vybraných technik shrnuty v experimentální části a vyzkoušeny.

V rámci experimentální práce byla pořízena základní fotografická technika s příslušenstvím pro vybrané metody širokospektrální fotografie. Výběr techniky byl podmíněn výsledky rešeršní části práce. K tomuto účelu byl od společnosti *Life Pixel* zakoupen „full spectrum“ modifikovaný DSLR fotoaparát *Canon EOS 80D*. Citlivost fotoaparátu byla modifikací rozšířena o části UV a IR záření na přibližné rozmezí 350 – 1100 nm. V rámci experimentu byl využit objektiv s pevnou ohniskovou vzdáleností *Canon EF 50 mm f/1,8 STM*. Filtry byly vybírány podle dostupných transmisních křivek, které byly ověřeny spektrofotometrickým měřením *Ing. et Ing. Ondřejem Panákem, Ph.D.* na FChT UPa, Katedře polygrafie a fotofyziky. Ke kalibraci snímků byla použita tabulka *X-RITE ColorChecker Passport Photo 2*. Seznam další použité techniky a realizovaných metod je uveden v tabulce Tab. 05 str. 78.

Cílem experimentu bylo odzkoušet a porovnat vybrané základní postupy, které jsou popsány v odborné literatuře a na základě zkoušek sestavit minimalizovaný postup pořizování základních snímků a jejich postprodukční úpravy v komerčně dostupné aplikaci *Adobe Photoshop CC 2020*. V experimentální části jsou uvedeny základní podmínky pořizování technické fotografie, vhodné nastavení scény a fotoaparátu. Postprodukční úpravy byly provedeny na základě manuálu pro kalibrační tabulku *AIC PhD Target* a pro srovnání také podle doporučení *A. Cosentina* (viz kap. II.8.6.2 str. 58). Pro tento postup je zásadní, že je možné ho aplikovat také s využitím kalibrační tabulky *X-RITE ColorChecker Passport Photo 2* s doporučenými RGB hodnotami pro VIS (200±5), IRR (200±5) a UVR (120±5).

<b>Filtr</b>	<b>Přesný typ, firma</b>	<b>Poznámka, důležité údaje</b>
<b>Odražené bílé světlo UV fluorescence</b>	X-Nite CC1, LDP LLC MaxMax	IR blokační „hot mirror“ filtr, Ø 52 mm, 2 mm
	Astronomik L-3 M52, Astronomik	UV/IR blokační filtr, Ø 52 mm
<b>IR fotografie</b>	X-Nite 1000B, MaxMax	IR propustný filtr, Ø 52 mm, 2,2 mm
	RG830, Heliopan	IR propustný filtr, Ø 52 mm, 0,75 mm
	RG780, Heliopan	IR propustný filtr, Ø 52 mm, 0,75 mm
<b>UV fotografie</b>	Baader U Venus 2", Baader	UV propustný filtr, Ø 2", 2 mm a redukce z Ø 2" na 52 mm
<b>Zářiče</b>	<b>Přesný typ, firma</b>	<b>Poznámka, důležité údaje</b>
<b>Odražené bílé světlo IR fotografie</b>	J-100 W 118 mm premium	Běžná halogenová světla, 100 W, 1100 lmA
<b>UV fluorescence UV fotografie</b>	UVA SPOT 400 T od Hönle UV Technology	příkon 450 W, výkon 400 W, typ výbojky UV 400 F/2, předsazený filtr BL 315– 400 nm

**Tab. 05:** Přehled základní pořízené fotografické techniky pro UV–VIS–IR širokospektrální fotografii.

A. *Cosentino* využívá obdobný postup, který se liší doporučenými RGB hodnotami, které jsou nižší. Pro fotografii v bílém světle doporučuje RGB  $150 \pm 5$ , pro IR fotografii doporučuje RGB  $100 \pm 5$ , pro UV fotografii  $50 \pm 5$ . U postupu A. *Cosentina* je zajímavé to, že veškeré snímky úmyslně podexponovává. Snížené hodnoty jsou pravděpodobně využity za účelem zvýraznění jednotlivých snímků, respektive jistých jevů jako jsou podkresby nebo podmalby. Tato domněnka není nijak podložena a musela by být potvrzena zkouškou, nebo konzultací s autorem metody. A. *Cosentino* kromě jiného využívá k určité kalibraci UV fluorescence červené pole tabulky, které se shodou okolností vyznačuje červenou UV fluorescencí a přisuzuje mu RGB hodnoty  $+70 \pm 5$ , 0, 0. Problematika UV fluorescenční fotografie nebyla zkoumána v experimentální části a proto popisovaný postup A. *Cosentina* nebyl odzkoušen.

V rámci experimentu byl také představen přesný způsob tvorby IR a UV fotografií ve falešných barvách (IRRFC, UVFC) v aplikaci *Adobe Photoshop CC 2020* na základě běžně využívaného postupu.

V experimentu nebyl využit navrhovaný vzhled registračních značek pro sesazení jednotlivých obrazů mezi sebou. U testovacích fotografií bylo pro sesazení využito značek, které obsahují kalibrační nástroje. Vzhledem k velkému rozlišení tyto značky byly dostačující. Aby bylo možné využít navrhované kříže, je zapotřebí otestovat vhodné inkousty/směsi a samotnou tvorbu registračních značek. Je možné vyzkoušet různý tisk současných tiskáren laserové/inkoustové, nebo navrhnout ruční „tisk“, či jinou aplikaci, například nástřík přes šablonu. Důležité je, aby hrany byly ostré, a to především v křížení ve středu terče [Obr. 18 str. 54].

V průběhu studie se ukázalo, že má téma mnohem širší potenciál než je kapacita diplomové práce a některé specifické oblasti by bylo prospěšné podrobněji zpracovat v teoretické nebo/a experimentální rovině. V tomto ohledu by bylo vhodné do rozšířeného studia zahrnout například další luminiscenční techniky, kterými jsou viditelná luminiscence generovaná viditelným světlem nebo infračervená luminiscence buzená viditelným světlem, ale také kalibrace a postprodukční úprava UV fluorescenční fotografie, která jak již bylo naznačeno nebyla v experimentu řešena. Další velmi zajímavou související oblastí zasluhující rozsáhlejší výzkum je infračervená fotografie s použitím sady filtrů propouštějících IR záření od daných vlnových délek nebo použití technické fotografie a snímků ve falešných barvách k přesné lokalizaci, případně určení některých výtvarných materiálů, především pigmentů.



## III Praktická část diplomové práce

### III.1 Restaurování skleněné mozaiky s motivem racka z dolní stanice lanovky na Pastýřskou stěnu v Děčíně

#### III.1.1 Základní údaje o díle

##### III.1.1.1 Lokalizace památky

- **Kraj:** Ústecký
- **Bývalý okres:** Děčín
- **Město:** Děčín
- **Adresa:** Labské nábřeží, 405 02 Děčín (stavba stojí na pozemku č. 411 bez čísla popisného v ulici Labské nábřeží pod Pastýřskou stěnou)
- **Objekt, jehož je dílo součástí:** dolní (nástupní) stanice lanového výtahu na vyhlídku Pastýřská stěna.
- **Bližší lokalizace:** stěna mezipatra ve vstupní schodišťové hale.
- **Název (charakteristika) restaurovaného díla:** interiérová mozaika kruhového tvaru s názvem *Racek*.

##### III.1.1.2 Údaje o památce

- **Název:** Racek (jeden ze dvou mozaikových výjevů)
- **Autor:** Vladimír Petráček (nar. 1942)
- **Datace:** 1982
- **Technika, materiál:** skleněné mozaikové kostky pravidelného tvaru z mačkaného skla pokládané *alla prima* do epoxidového lepidla *Lepox*.
- **Rozměry díla:** ø 152 cm
- **Předchozí známé zásahy na díle:** žádné druhotné zásahy na díle nejsou známy.

### III.1.1.3 Údaje o akci

- **Vlastník díla:** Statutární město Děčín, Mírové nám. 1175/5, Děčín IV-Podmokly, 405 02 Děčín
- **Zhotovitel:** Fakulta restaurování Univerzity Pardubice
- **Termín konání restaurátorského zásahu:** říjen 2017–květen 2018
- **Restaurátorský zásah provedl:** BcA. David Svoboda, DiS (student 2. ročníku magisterského studia Fakulty restaurování Univerzity Pardubice, Ateliér restaurování nástěnné malby a sgrafita).
- **Odborný pedagogický dozor:** Mgr. art. Jan Vojtěchovský, Ph.D.
- **Odborná spolupráce:** Ing. Alena Hurtová, Ing. Irena Kučerová, Ph.D., Ing. Martina Nováková

### III.1.1.4 Údaje o dokumentaci

- **Dokumentaci vyhotovil:** David Svoboda
- **Fotografie pořídil:** David Svoboda
- **Použitá snímací technika:** Canon EOS 550D
- **Počet stran textu dokumentace:** 16
- **Počet vyobrazení:** 30
- **Počet příloh:** 3
- **Místo uložení dokumentace ve fyzické a digitální podobě:** archiv Fakulty restaurování UPa, Jiráskova 3, 570 01 Litomyšl; osobní archiv vlastníka díla a zhotovitele dokumentace; Magistrát města Děčín (Mírové nám. 1175/5, 405 02 Děčín).

## III.1.2 Úvod restaurátorské dokumentace

Předmětem restaurátorského průzkumu a zásahu byla jedna ze dvou interiérových mozaik od Vladimíra Petráčka. Jednalo se o mozaiku vytvořenou z mačkaných skleněných kostek lepených epoxidovým lepidlem na transportovatelný panel, umístěný v dolní stanici lanovky na vyhlídku Pastýřská stěna v ulici Labské Nábřeží v Děčíně.

Nejzávažnějším poškozením mozaiky byla degradace nosné dřevotřískové desky a epoxidové pryskyřice vlivem UV záření a vlhkosti, jejíž příčinou bylo silné zatékání do objektu. Nosná deska byla silně degradovaná botnáním, což mělo za následek zvlnění jejího povrchu, odlepení epoxidového lože a lokální ztrátu mozaikových kostek. Povrch mozaiky byl pokryt šupinami degradované epoxidové pryskyřice a ve spodní části bílými usazeninami (patrně se jednalo o výluhy z omítky), stejně jako korozními produkty z ocelové obruče, ve které byla mozaika usazena.

Detaily původní techniky díla byly objasňovány s jeho autorem, Vladimírem Petráčkem, který následně odsouhlasil návrh restaurátorského zákroku.

Součástí restaurátorského zásahu byl i výzkum zacílený na v současné době dostupné epoxidové pryskyřice, vhodné pro restaurování mozaik s epoxidovým lepem. Experiment byl uskutečněný v Ústavu chemické technologie restaurování památek Vysoké školy chemicko-technologické v Praze.

### III.1.3 Průzkum díla

#### III.1.3.1 Popis a stručná historie díla

Mozaikový panel ve tvaru kruhu s průměrem přibližně 152 cm byl umístěn v dolní stanici lanovky na vyhlídce Pastýřská stěna, na stěně mezipatra schodišťové haly, ve výšce asi 120 cm nad podlahou. Z dobových pramenů<sup>1</sup> bylo zjištěno, že tato mozaika, stejně jako protějšková mozaika s motivem stromu z horní stanice lanovky, vznikla v roce 1982 a je dílem výtvarníka Vladimíra Petráčka.

V centrální části mozaiky je zobrazen letící pták bílé barvy, dle autora racek. Pták je umístěn v kruhu, který je v dolní části růžový a v horní světle tyrkysový. Křídla ptáka volně přechází v modré zvlněné linie, jež na pravé straně vystupují z kruhu a proměňují se v okolní krajinu. Ta je v dolní části tvořena tmavě modrými plochami, jež mají představovat vodní element. Mezi plochami vody lze pozorovat vegetaci v růžových, tyrkysově modrých a bílo-šedých odstínech. Horní část výjevu tvoří především růžové a světle šedé plochy, ve kterých se objevuje motiv vlnovky, drobných kruhů a již zmíněných linií v tyrkysové barevnosti, které asociují přítomnost horizontu.

Mozaiku pro dolní stanici lanovky (výťahu) na vyhlídce Pastýřská stěna vyhotovil Vladimír Petráček v roce 1982. Lanovka je od 90. let 20. století mimo provoz a budova i s mozaikou od té doby chátrá.

Vladimír Petráček narozený 25. 1. 1942 v Praze, je severočeský výtvarník a člen *Unie výtvarných umělců ústecké oblasti*. Absolvoval studium pedagogické fakulty v Ústí nad Labem v roce 1964 a poté asi půl roku po studiu vyučoval výtvarnou výchovu na druhém stupni základní školy.<sup>2</sup> Tato práce ho však podle jeho slov nenaplněovala a tak se rozhodl pracovat na „volné noze“.<sup>3</sup>

1 *Spolupráce výtvarníka s architektem, přehled prací za rok 1982*, Praha 1982, s. 52.

2 *Slovník českých a slovenských výtvarných umělců 1950–2003*, 11. díl, 2003.

3 PETRÁČEK, Vladimír. Ústní sdělení ze dne 5. 6. 2017 v Děčíně.

V. Petráček se věnoval malířské tvorbě, grafice (plakáty, loga) a realizacím v architektuře, jakými jsou např. sgrafita, reliéfy a mozaiky. Svá malířská díla vystavoval převážně s dalšími severočeskými výtvarníky a svou první samostatnou výstavu uspořádal v roce 1975 v Duchcově.<sup>(4)</sup> Spolupracoval přibližně s pěti architekty, především s Rudolfem Bergerem, pro kterého vytvořil do hotelu *Vladimír* faktologickou desku ve vstupní hale. Také spolupracoval s Josefem Menšem, kterému pomáhal osazovat jeho mozaiky ze žuly. Sám Petráček podle svých slov vytvořil kolem deseti autorských mozaik, ze kterých známe pouze tři. Bohužel mnoho z děl se nedochovalo a autor si nevedl dokumentaci.<sup>(5)</sup>

Mezi Petráčkovy známá díla patří kromě mozaik ve vestibulu výtahu na Pastýřskou stěnu v Děčíně, také mozaika pro vstupní prostor mateřské školy v Jílovém, realizace na prodejně Pramen v Děčíně, dřevěný reliéf pro Zámeckou vinárnu v Děčíně, realizace pro rekreační středisko Kovošrotu, či měděný reliéf v zasedací místnosti SČE v Děčíně a reklama Telecomu na štítě domu v Ústí nad Labem z roku 1997.<sup>(6)(7)(8)</sup>

Některá další díla:<sup>(9)</sup>

- **Děčín:** orientační systém z kombinace kovu a plexiskla v interiéru budovy OV KSČ
- **Děčín:** firemní označení na Kavárně Astra
- **Děčín:** informační tabule v exteriéru závodu
- **Ústí nad Labem:** faktologická deska ve vstupním prostoru hotelu Vladimír
- **Liberec:** bronzová faktografická deska, písmo pro most Budovatelů
- **Praha:** pět dřevěných reliéfů z olše v interiéru restaurace Alex
- **Teplice:** řešení fasády – jednotlivé kovové prvky na objektu Sadové lázně
- **Průhonice:** dvě kované mříže v areálu Výzkumného šlechtického ústavu Okrasného zahradnictví

### III.1.3.2 Restaurátorský průzkum

Mozaika byla výrazně poškozena dlouhodobým zatékáním do objektu. Nejvíce patrné bylo zvlnění podkladového panelu, jehož příčinou bylo nabotnění dřevotřískové desky vlivem působení vlhkosti. Ve zvlněných partiích docházelo k masivnímu oddělování kostek

4 Petráček. Katalog akvarelových obrazů.

5 PETRÁČEK, Děčín.

6 SLOVNÍK.

7 CHMELÍK, Otto. *Vetřelci a volavky: Holubice míru* [online]. vyhledáno 8. 11. 2018, dostupné na: <http://www.vetrelciavolavky.cz/sochy/holubice-miru-3>.

8 PETRÁČEK, Děčín.

9 Ibidem.

od podkladu a jejich následnému odpadávání.<sup>(10)</sup> Epoxidový lep byl značně degradován a vykazoval tendenci rozdělovat se na dvě vrstvy. Tento jev rovněž přispíval k výše popsaným ztrátám mozaikových kostek.

Povrch kostek byl původně pokryt ochrannou vrstvou laku, která byla v době průzkumu již značně zakalená a degradovaná a na většině plochy docházelo k jejímu odlupování z povrchu kostek v tenkých šupinách. Ve spodní části panelu bylo patrné popraskání epoxidového lepu, což bylo další příčinou odpadávání mozaikových kostek. Povrch mozaiky byl pokryt depozity částic nečistot a zřejmě i biologickým napadením. Některé oblasti na povrchu vizuálně připomínaly výkvěty vodorozpustných solí, jejichž výskyt by mohl být způsoben kontaktem panelu se stěnou. Ocelový rám panelu byl silně korodován. Podobně tomu bylo i ze zadní strany panelu, v místě zavěšovacího systému. Kovová lišta byla vlivem silné koroze spojen se zavěšovacími háky ve stěně.

### Původní technika

Mozaika byla vytvořená z mačkaných skleněných kostek pravidelného čtvercového až obdélníkového tvaru, které pocházely z různých skláren v okolí Jablonce.<sup>(11)</sup> Kostky byly skládány v pravidelné mřížce po jednotlivých tvarech, záměrně jen s minimální přiznanou spárou. Mozaika byla vyskládána technikou *alla prima*, což znamená, že jednotlivé kostky byly vsazovány přímo do čerstvé epoxidové pryskyřice Lepox nanesené v tenké vrstvě na povrch dřevotřískové desky, která byla napuštěna řidším epoxidem EPOXY 1200. Typy použitých epoxidových pryskyřic byly sděleny autorem a jejich správné názvy byly ověřeny. Nejprve byla na podkladové desce provedena podkresba základních tvarů tužkou, bez barevného vyznačení. Následně byla v malých plochách nanášena epoxidová pryskyřice. Cílem postupného nanášení bylo podle slov autora, předejít předčasnému vytvrzení pryskyřice.<sup>(12)</sup> Skleněné mozaikové kostky byly poté jednotlivě pokládány do předem rozkreslených tvarů. V některých případech, spíše výjimečně, byl tvar kostky upraven štípáním. Kostky nebyly mechanicky zabrušovány. Na závěr byl povrch mozaiky opatřen řídkým „nátěrem“ epoxidové pryskyřice EPOXY 1200,<sup>(13)</sup> který měl prohloubit a sjednotit barevnou intenzitu a lesk jednotlivých mozaikových kostek. Mozaika byla po jejím obvodu kryta kovovým rámem v podobě ocelové pásoviny připevněné k panelu vruty. Žádné další výztuže panel neobsahoval. Panel byl ze zadní strany opatřen kovovou lištou, za kterou byl pomocí dvou háků zavěšen na stěně.

10 Přetrvávající postupnou ztrátu mozaikových kostek bylo možné zaznamenat v rámci tří návštěv během období přibližně jednoho roku.

11 PETRÁČEK, Děčín.

12 Během odstraňování podkladové desky z mozaikových výjevů bylo možné na několika místech identifikovat rozdílné zbarvení epoxidové pryskyřice mezi jednotlivými díly.

13 PETRÁČEK, Děčín.

### III.1.3.3 Přírodovědný (chemicko-technologický) průzkum

V rámci přírodovědného průzkumu byl odebrán z každé ze dvou mozaik jeden vzorek za účelem potvrzení použitých epoxidových pryskyřic. K analýze byla využita infračervená spektrometrie.

Chemicko-technologický průzkum v obou případech potvrdil použití epoxidových pryskyřic s příměsí karboxylových kyselin, jejichž přítomnost byla pravděpodobně zapříčiněna degradací epoxidu. Průzkum nezjistil přítomnost dalších použitých materiálů [Př. 01 str. 186].

### III.1.4 Zkoušky technologií a materiálů

#### III.1.4.1 Zkouška redukce a odstranění původní epoxidové pryskyřice

Zkouška odstranění epoxidové pryskyřice byla provedena na rubové straně v místě silně degradované dřevotřískové desky. Na základě zkoušky bylo zjištěno, že epoxidový lep nebyl s kostkami příliš pevně spojen. Kostky v epoxidovém loži držely zejména díky vrstvě epoxidu zateklého ve spárách mezi nimi. Tím bylo vytvořeno „lůžko“, ve kterém byly skleněné kostky usazeny.

Epoxidový lep bylo možné dobře redukovat pomocí špachtle s vybroušenou ostrou hranou nebo ostrým skalpelem. Epoxid ze spár byl odstraněn za pomoci tenkých zubařských háčků.

#### III.1.4.2 Zkouška materiálu pro lepení mozaikových kostek na hliníkovou desku

Stávající epoxidový lep se jevil jako silně nevhodný, proto bylo rozhodnuto o jeho nahrazení stabilnějším materiálem, jakými jsou například minerální pojiva, (např. cement), či zcela moderní polymerní materiály, jako např. MS polymery, jež je možné získat i v transparentní podobě. K použití byly také zvažovány moderní epoxidové pryskyřice.

**Požadavky na materiál:**

- dobrá přilnavost ke skleněnému materiálu,
- dostatečně dlouhá doba zpracovatelnosti,
- nízká viskozita,
- vysoká UV stabilita,
- minimální tendence ke žloutnutí a změně barevnosti.

Vzhledem k požadavku transparentnosti, byly všechny opakní materiály zamítnuty. V případě MS polymerů nebyl naplněn požadavek na vhodnou dobu zpracovatelnosti.

Na základě experimentu uskutečněného v Ústavu chemické technologie restaurování památek Vysoké školy chemicko-technologické v Praze,<sup>(14)</sup> byla pro účely restaurování vybrána epoxidová pryskyřice *Hxtal NYL-1*<sup>(15)</sup>, která se vzhledem k výše uvedeným požadavkům jevila jako nejvhodnější [Př. 02 str. 186].

### III.1.4.3 Zkouška lepení skleněných kostek pomocí epoxidové pryskyřice *Hxtal NYL-1*

Zkoušky lepení byly provedeny v rámci experimentu testování epoxidových pryskyřic, při němž bylo zkoušeno také množství materiálu potřebného pro vytvoření pevného spoje mezi hladkou hliníkovou deskou a skleněnou kostkou. Hlavními kritérii byly:

- dostatečně pevný spoj,
- zamezení proniknutí pryskyřice skrz spáry mezi kostkami do svrchního přelepu.

Množství epoxidové pryskyřice bylo testováno v následujících tloušťkách: 100  $\mu\text{m}$ , 150  $\mu\text{m}$ , 250  $\mu\text{m}$ , 500  $\mu\text{m}$ , 1 mm a 2 mm.

U veškerého testovaného množství byl spoj velmi pevný, avšak při tloušťkách od 1 mm výše docházelo k průniku lepícího materiálu do svrchního papírového přelepu [Obr. 66].

Pro volbu vhodného množství epoxidové pryskyřice bylo rovněž nezbytné zohlednit nerovnoměrný povrch mozaiky. Aby došlo k důkladnému přilepení všech skleněných kostek, tedy i těch pod úrovní povrchu mozaiky, bylo vybráno množství pro výslednou tloušťku lepu 500  $\mu\text{m}$ .

## III.1.5 Návrh restaurátorského zákroku

### III.1.5.1 Návrh koncepce restaurování

I přes uvedená poškození bylo možné konstatovat, že mozaika byla dochována v poměrně autentické podobě, kterou narušovaly pouze drobnější ztráty skleněných mozaikových kostek, a to především v dolní části výjevu. Z dlouhodobého hlediska byl ale zcela nevyhovující způsob původního osazení do epoxidového lože na dřevotřískovou desku v ocelovém rámu. Všechny zmíněné použité materiály nesly v době před započítáním restaurátorského zásahu

14 VŠCHT Praha 2018, Př. 02 str. 186

15 HXTAL Adhesive, LLC. *Technical Sheet: HXTAL NYL-1*. Př. 05 str. 186

znaky pokročilé degradace i deformace, avšak jejich konsolidace nebyla možná. Z tohoto důvodu níže uvedený návrh postupu restaurátorských prací zahrnuje i výměnu celého systému osazení, tzn. rámu, podkladové desky i osazovacího lepu. Z hlediska vizuálního efektu byla poměrně zanedbatelná barva dřevotřískové desky, která se skrže tenké a v době průzkumu již opakní spáry nijak neuplatňovala. Vizuálně se v době před restaurátorským zásahem částečně projevovaly pouze okrově žluté spáry, jež byly původně pravděpodobně zcela transparentní. Vzhledem ke špatnému stavu použitého epoxidového lepu bylo diskutováno nahrazení lepu stabilnějším materiálem. Na základě výzkumu *Testování epoxidových pryskyřic vhodných pro spoj kov-sklo* bude použita dvousložková transparentní UV stabilní epoxidová pryskyřice *HXTAL NYL-1*.<sup>(16)</sup>

Opětovné použití dřevotřískové desky nebylo z pohledu dlouhodobé stability vhodné. Po konzultaci s autorem se jako nejlepší varianta podkladu skleněných mozaikových kostek jevila voštinová deska z hliníku, kterou by autor preferoval již v době vzniku mozaiky. To však tehdy vzhledem k nedostatku finančních prostředků nebylo možné.<sup>(17)</sup>

Možnost doplnění chybějících mozaikových kostek byla nejprve řešena s autorem díla, který se vyjádřil ve prospěch rekonstrukce.<sup>(18)</sup> Ta byla možná i díky dochovaným historickým fotografiím díla bezprostředně po jeho dokončení, i když pouze v černobílé barevnosti. Skladba mozaiky byla však i přesto velmi dobře zřetelná a barevnost jednotlivých kostek bylo možné odvodit z okolí defektů, případně konzultovat s autorem. Získán byl i skleněný materiál, který sice nesouvisel přímo s touto realizací, avšak pocházel od výtvarníka Petra Menše, který vlastní pozůstalost Josefa Menše, s nímž Vladimír Petráček přímo spolupracoval a materiál s ním často sdílel.

16 VŠCHT Praha, 2018.

17 PETRÁČEK, Děčín.

18 Ibidem.



### III.1.5.2 Návrh postupu restaurátorských prací

- 1) Podrobná fotografická a grafická dokumentace stavu před restaurátorským zásahem.
- 2) Opatření mozaiky svrchním ochranným manipulačním přeplem tvořeným bavlněnou gázou a lepem, ze směsi derivátu celulózy a akrylátové disperze.
- 3) Sejmutí mozaikového panelu ze stěny a následný transport do ateliéru Fakulty restaurování Univerzity Pardubice v Litomyšli.
- 4) Odstranění ocelového rámu, zavěšovacího systému, dřevotřískové desky i epoxidového lepu z rubové strany mozaiky. Rám, zavěšovací systém i deska by měly být odstraněny mechanicky, epoxidový lep mechanicky v kombinaci s naměkčením působením tepla, pokud to bude nezbytné.
- 5) Odstranění nečistot z povrchu skleněné mozaiky pomocí teplé vody s přídavkem rozložitelného detergentu. Možné je také kontrolované čištění vodní párou při nízkém tlaku, kdy je však nutné se v případě skleněného materiálu vyvarovat prudkým teplotním rozdílům.
- 6) Doplnění chybějících skleněných mačkaných mozaikových kostek totožnými skleněnými mozaikovými kostkami, či kostkami vytvořenými ze stabilního polymeru imitující skleněný materiál. Rekonstrukce bude provedena na základě historických černobílých fotografií, barevnost bude odvozena z dochovaných částí mozaiky v okolí defektů.
- 7) Vytvoření nového rámu a osazovací desky za použití voštinové desky z hliníkového plechu a nerezové pásoviny.
- 8) Osazení mozaiky na nový panel za použití stabilní transparentní epoxidové pryskyřice *HXTAL NYL-1*.
- 9) Sejmutí svrchního přeplepu a dočištění.

### III.1.6 Dokumentace restaurátorského zásahu

#### III.1.6.1 Postup restaurátorských prací

##### III.1.6.1.1 Ochranný manipulační přeplep a transport

Na místě původního osazení mozaiky byl proveden několikvrstvý ochranný přeplep z bavlněné gázy a lepu tvořeného 2 díly 3% (hm.) methylcelulózy *Metylan* a 1 dílem 48% (hm.) akrylátové disperze *Dispersion K9*. Po zaschnutí přeplepu byl celý panel sejmut ze stěny a transportován do ateliéru Fakulty restaurování Univerzity Pardubice v Litomyšli.

Během snímání panelu ze stěny bylo zjištěno, že panel nebyl upevněn pomocí šroubů, ale byl zavěšen na kovových háčích, které byly vlivem koroze spojeny se zadní kovovou lištou, což sejmutí značně ztěžovalo.

#### III.1.6.1.2 Odstranění dřevotřískového panelu

Panel s mozaikou byl nejprve otočen pohledovou (lícovou) stranou dolů. Dřevotřískový panel byl postupně odebírán odsekáváním za pomoci tesařského dláta a dřevěné palice. Vruty byly vlivem vlhkosti zkorodované a nebylo možné je vyšroubovat. Byly proto vyjmuty až během postupného odsekávání dřevotřískové desky. Po uvolnění vrutů bylo možné odebrat ocelový rám.

#### III.1.6.1.3 Odstranění epoxidové pryskyřice

Vzhledem k hladkému povrchu kostek a poměrně tenké vrstvě lepu nebylo nutné epoxidovou pryskyřici nahřívát. Materiál byl postupně odstraňován za pomoci ostrého skalpelu a zubařských háčků. Mozaikové kostky uvolněné během odstraňování původního lepu byly přeskládány mimo mozaikový výjev na kartón a následně řádně zakresleny a zdokumentovány. Po očištění byly osazeny zpět na původní místo.

#### III.1.6.1.4 Čištění

Během odstraňování lepu z rubové strany skleněných kostek zůstávala ve spárách mezi kostkami rezidua epoxidové pryskyřice. Jednotlivé spáry byly čištěny pomocí zubařských háčků a ostrého skalpelu.

Drobné zbytky dřevotřískové desky a úlomky epoxidové pryskyřice ve spárách mezi mozaikovými kostkami byly odstraněny pomocí technického vysavače. Pro zamezení nechtěného vysátí mozaikových kostek, které se během mechanického namáhání při čištění uvolňovaly, byla hubice vysavače opatřena gázou, která kostky zachytila.

Kostky pokryté nečistotami, bílými usazeninami a korozními produkty byly mechanicky očištěny pomocí ostrého skalpelu, tvrdšího kartáčku a následně dočištěny buničínovým tampónem smočeným ve vodě s přísadkou jádrového mýdla.

Po opětovném osazení uvolněných skleněných kostek zpět na svrchní přelep (tj. lícovou stranou dolů) pomocí přelepové směsi (viz výše) byl na očištěný povrch aplikován přelep z japonského papíru vyšší gramáže<sup>19</sup> a přelepové směsi stejného složení jako v předcházejících krocích.

<sup>19</sup> Japonský papír 32 g/m<sup>2</sup>.

Po vytvrzení přelepu na rubové straně byl celý výjev otočen pomocí dvou pevných desek, mezi něž bylo dílo upevněno. Gázový přelep byl mírně navlhčen tak, aby nedošlo k úplnému rozmočení přelepové směsi. Tím by mohlo dojít ke znečištění spár mezi kostkami zbytky přelepové směsi. Gázový přelep byl opatrně sejmout a následně bylo přistoupeno k čištění spár stejným způsobem jako na rubové straně mozaiky.

#### III.1.6.1.5 Doplnění chybějících kostek – rekonstrukce

Před samotnou rekonstrukcí byla provedena podrobná analýza dochované černobílé fotografie, na základě které bylo možné určit přesné tvary a počet chybějících kostek. Skladba těchto kostek byla zakreslena přímo na papír přelepu, stejně tak byla vyznačena i barevnost jednotlivých kostek. Barevnost byla odvozena od kostek v okolí defektů a tonality černobílé fotografie.

Příslušné skleněné mozaikové kostky byly vybrány na základě předešlého průzkumu škály barevných kostek z pozůstalosti výtvarníka Josefa Menše.

Na předem připravenou kresbu byly jednotlivé kostky vyskládány bez lepení. Kostky, u kterých bylo nutné upravit tvar, byly podobně jako při původní realizaci štípány pomocí mozaikářských kleští. Drobnější úpravy byly provedeny na brusce. Po schválení doplňků byly jednotlivé kostky umístěny na scházející místa výjevu pomocí směsi stejného složení jako u přelepové směsi v předešlých krocích. Doplnění bylo provedeno celkem na 14 místech vykazujících úplnou ztrátu mozaikových kostek [Obr. 63 str. 154].

#### III.1.6.1.6 Osazení mozaikového výjevu na hliníkový panel

Jako podklad pro mozaiku byl zvolen voštinový hliníkový panel. Před osazením mozaiky na hliníkovou desku bylo nutné opět přelepit její lícovou stranu, otočit ji rubem vzhůru a sejmout stávající přelep na spodní straně. Přelep lícové strany byl proveden stejným způsobem jako v předešlém kroku (viz III.1.4.3 str. 86). Povrch rubové strany mozaiky byl očištěn od zbytků přelepové směsi a opět otočen pohledovou stranou vzhůru. Pro následující manipulaci byla současná vrstva přelepu vyztužena gázou a přelepena další vrstvou japonského papíru. Během osazování se ukázalo jako nezbytné použití pevné podložky, aby nedošlo k prohnutí mozaiky (viz níže).

Před aplikací epoxidové pryskyřice na hliníkový panel bylo z důvodu nízké viskozity pryskyřice pro lepení skla nezbytné vyplnit spáru mezi rámem a deskou, aby nedošlo k zatečení. Deska byla ze spodní strany utěsněna lepicí hliníkovou páskou a následně byla spára ze svrchní strany vyplněna čirým lepidlem na bázi MS polymeru *Ceresit FT 101*.

Před aplikací epoxidové pryskyřice byl povrch podkladové desky řádně odmaštěn lakovým benzínem. V případě mastného povrchu by mohlo dojít ke špatné adhezi epoxidové pryskyřice.

Viditelný zavěšovací systém desky z lícové strany byl překryt hliníkovou fólií (o síle 50 µm), která byla přilepena epoxidovou pryskyřicí *HXTAL NYL-1*. Důvodem bylo vyrovnaní povrchu a barevné sjednocení plochy podkladové desky. V případě světlých průsvitných kostek by se tmavé nýty mohly negativně vizuálně projevit.

Před osazením byla epoxidová pryskyřice rovnoměrně rozetřena po celé ploše hliníkové desky. Množství epoxidové pryskyřice bylo stanoveno na základě předem provedených zkoušek (viz výše). Pro rovnoměrné rozlití materiálu po povrchu musela být deska předem důkladně nivelizována. Následně byla mozaika přesně zorientována vůči desce a osazena do epoxidového lepu.

I přes provedené zkoušky a stanovení vhodného množství epoxidové pryskyřice došlo k vytlačení a následnému proniknutí lepu skrz spáry do přelepu z japonského papíru. Důvodem bylo zřejmě nerovnoměrné osazení mozaiky do epoxidové pryskyřice. Tento nežádoucí jev bylo nutné řešit dříve, než pryskyřice zcela vytvrdne. Poté by bylo odstranění přelepu velmi problematické.

#### III.1.6.1.7 Čištění nežádoucí epoxidové pryskyřice

Pro zabránění nevratného přilepení přelepu k mozaikovým kostkám bylo i přes riziko rozpadu skladby mozaiky přistoupeno k odstranění přelepu. Přelep byl odstraněn bez vlhčení pomocí ostrých skalpelů. Po odstranění přelepu se ukázalo, že povrch minimálně jedné třetiny kostek je pokryt vrstvou epoxidové pryskyřice. Ta byla redukována pomocí buničinového tampónu. Po tomto zákroku byl na povrchu kostek pozorován nerovnoměrný film s kousky buničiny z tampónů. Proto bylo přistoupeno k dočištění povrchu nejvíce postižených kostek buničinovým tampónem smočeným v xylenu. V tomto případě však hrozila možnost tvorby zákalu či špatného vytvrzení epoxidové pryskyřice a bylo proto nutné pracovat velmi opatrně a používat pouze malé množství rozpouštědla.

I přes rychlý zákrok před úplným vytvrzením epoxidové pryskyřice zůstal na některých kostkách tenký film. Vzhledem k hladkému povrchu skla šel tento film poměrně úspěšně odstranit ostrým skalpelem.

### III.1.6.1.8 Vyplnění spár mezi kostkami, vyplnění spáry mezi rámem a okrajem mozaiky

U větších spár mezi kostkami se ukázalo, že nízká tloušťka epoxidové pryskyřice má negativní vliv na estetický dojem, protože dochází k přílišné zářivosti spár, které se při větší tloušťce pryskyřice tolik neuplatňují. Proto bylo přistoupeno k lokálnímu doplnění epoxidové pryskyřice ve spárách. Aplikace proběhla pomocí injekční stříkačky a silnější jehly.

Spára mezi okrajem mozaikového výjevu a rámem hliníkové desky byla vyplněna lepidlem na bázi MS polymeru *Ceresit FT 101* šedé barvy.

### III.1.6.2 Použité materiály

- *Dispersion K9*, akrylátová disperze (distributor: Kremer Pigmente GmbH & Co. KG);
- *Metylan*, methylcelulóznové lepidlo (distributor: Henkel CR spol., s. r. o.);
- *Ceresit FT 101*, modifikovaný polymer (bez obsahu silikonu) (distributor: Henkel CR spol., s. r. o.);
- *HXTAL NYL-1*, dvousložková epoxidová pryskyřice (výrobce: HXTAL Adhesive);
- lakový benzín, organické rozpouštědlo (distributor: PENTA, s. r. o.);
- xylen, organické rozpouštědlo (výrobce: PENTA, s. r. o.);
- JELEN jádrové mýdlo (výrobce: Schicht, s. r. o.);
- voda.

### III.1.6.3 Doporučený režim památky

V případě umístění díla v interiéru není vhodné situovat mozaiku proti oknu, skrz které by na mozaiku mohly dopadat přímé sluneční paprsky. Rovněž není žádoucí vystavování panelu s mozaikou náhlým teplotním výkyvům. Působení tepla na odlišné použité materiály by mohlo vést k pnutí a tvorbě trhlin či oddělování epoxidové pryskyřice od hliníkové desky.

Pro čištění mozaiky lze doporučit suché mechanické působení jemným kartáčem či prachovkou. Nedoporučuje se mokré čištění, které by vedlo k zanášení depozitu usazených prachových částic do spár mezi kostkami a následné kumulaci nečistot.

Veškeré zásahy, které by mohly dílo přímo či nepřímo ovlivnit, je nutné konzultovat s restaurátorem příslušné specializace.

## III.2 Restaurování kamenné mozaiky Ptačí rodina v ulici Lidická v Litomyšli

### III.2.1 Základní údaje o díle

#### III.2.1.1 Lokalizace díla

- **Kraj:** Pardubický
- **Bývalý okres:** Svitavy
- **Město:** Litomyšl
- **Adresa:** Lidická 913, Litomyšl-Město, 570 01 Litomyšl
- **Objekt, jehož je dílo součástí:** severní fasáda západní přístavby činžovního domu.
- **Bližší lokalizace:** dům stojí na parcele č. 1739/1
- **Název (charakteristika) restaurovaného díla:** exteriérová mozaika s názvem *Ptačí rodina*

#### III.2.1.2 Údaje o památce

- **Autor:** ak. mal. Ludmila Jandová (1938–2008)
- **Datace:** počátek 70. let 20. století
- **Technika, materiál:** kombinovaná mozaika; mozaikové kostky z pálených cihel, vápenatého prachovce - kalovce (neboli „opuky“), granitoidu načervenalé a šedočerné barvy, světlého krystalického vápence - mramoru, metamorfované horniny černé barvy (amfibolit/amfibolová břidlice/lydit?), úlomků omítky opatřených červeno-růžovým nátěrem a černých skleněných korálků; osazovací lože je kombinací několika malt na bázi cementu
- **Rozměry díla:** cca 2 m<sup>2</sup> (99 × 204 cm)
- **Předchozí známé zásahy na díle:** mozaika byla z důvodu stavby přístavku v polovině 70. let 20. století přemístěna; původní umístění bylo na západní fasádě činžovního domu

#### III.2.1.3 Údaje o akci

- **Vlastník díla:** Ing. Miroslav Brýdl a Pavla Brýdlová
- **Zhotovitel:** Fakulta restaurování Univerzity Pardubice
- **Termín konání průzkumu:** 11. 10. a 6. 12. 2016
- **Termín restaurátorských prací:** květen–říjen 2018

- **Odborný pedagogický dozor:** Mgr. art. Jan Vojtěchovský, Ph.D.
- **Odborná spolupráce:** Ing. Karol Bayer, Ing. Petra Lesniaková, Ph.D., RNDr. Zdeněk Štaffen
- **Restaurovatelský zásah provedl:** BcA. David Svoboda, DiS. (student 2. ročníku magisterského studia Fakulty restaurování UPa, Ateliér restaurování nástěnné malby a sgrafita)
- **Restaurovatelský průzkum provedli:** BcA. David Svoboda, DiS., BcA. Adéla Škrabalová (studenti 1. ročníku magisterského studia Fakulty restaurování UPa, Ateliér restaurování nástěnné malby a sgrafita)

#### III.2.1.4 Údaje o dokumentaci restaurovatelského zásahu

- **Dokumentaci vyhotovili:** BcA. David Svoboda, DiS
- **Restaurovatelský průzkumu zpracovali:** MgA. Barbora Vařejková, Mgr. art. Jan Vojtěchovský, Ph.D., BcA. David Svoboda, DiS., BcA. Adéla Škrabalová
- **Fotografie pořídil:** BcA. David Svoboda, DiS
- **Použitá snímací technika:** Canon EOS 50D, Canon EOS 550D
- **Počet stran textu dokumentace:** 24
- **Počet vyobrazení:** 33
- **Počet příloh:** 2
- **Místo uložení dokumentace ve fyzické i digitální podobě:** archiv Fakulty restaurování UPa, Jiráskova 3, 570 01 Litomyšl, osobní archiv vlastníka díla a vyhotovitelů dokumentace.

#### III.2.2 Úvod restaurovatelské dokumentace

Předmětem restaurovatelského zásahu je exteriérová mozaika od Ludmily Jandové umístěná na severní fasádě přístavby činžovního domu v ulici Lidická 913 v Litomyšli. Mozaika je vytvořena kombinací různých materiálů (pálená cihla, „opuka“<sup>1</sup>, granitoid načervenalé a šedočerné barvy, světlý krystalický vápenec – mramor, metamorfovaná hornina černé barvy, úlomky omítky opatřené nátěrem a skleněné korálky). Některé části mozaiky, především kameny opuky, byly silně poškozené a lokálně se vyskytovala místa s úplnou absencí mozaikových kostek. Také maltové lože jevílo místy známky degradace.

Součástí této restaurovatelské dokumentace je i restaurovatelský průzkum provedený v roce 2016, na kterém se podíleli MgA. Barbora Vařejková, BcA. David Svoboda, MgA. Adéla Škrabalová, Ing. Petra Lesniaková, Ph.D., RNDr. Zdeněk Štaffen. Průzkum byl zaměřen na

1 Správněji kalovec nebo vápenatý prachovec. V textu je dále tato hornina uváděna pod známějším označením jako opuka

poznání stavu mozaiky, důsledné zmapování jednotlivých druhů poškození a snaha o určení jejich příčin. S ohledem na to bylo rovněž nutné prozkoumat materiálové složení mozaiky (kostek i osazovací malty), které je podrobněji popsáno v rámci souvisejícího chemicko-technologického a petrologického průzkumu které jsou přílohami této práce.

Na mozaice byl v rámci průzkumu proveden vizuální průzkum v denním světle a průzkum perkusní metodou. Pro účely chemicko-technologického průzkumu bylo odebráno několik vzorků pro vyhodnocení použitých materiálů a rovněž byly provedeny vrty pro stanovení vodorozpustných solí.

Na základě provedeného průzkumu byl vypracován restaurátorský záměr s předběžným návrhem koncepce a postupem restaurátorských prací. V průběhu restaurátorských prací byl záměr však upraven.

Během zásahu byla pořízena důkladná fotodokumentace a byla vyhotovena grafická dokumentace přehledu použitých materiálů, poškození a druhotných zásahů.

### III.2.3 Průzkum

#### III.2.3.1 Popis a stručná historie díla

Mozaiková výzdoba na severní straně přístavby činžovního domu v Lidické ulici v Litomyšli má rozměry 99 × 204 cm a nachází se necelé 2 m nad zemí. Dílo na panelu vzniklo v roce 1969 v dílně malířky, kreslířky, grafičky a ilustrátorky Ludmily Jandové, která je rovněž jeho autorkou. Ludmila Janová byla v tvorbě mozaik velmi činná. Ve své mozaikové tvorbě nejvíce používala štípané sklo a kámen. Rovněž motiv ptáků byl jejím častým tématem. První kompozici *Hnízdo* realizovala v roce 1966 pro interiér základní školy v Křenově z kombinace cihly, opuky, červené žuly a čediče.<sup>2</sup> Tematicky, materiálově i technikou provedení podobná mozaika se nacházela i na fasádě soukromého domu Jandových v Osíku. Další kamenná mozaika s ptačím motivem *Let ptáků* vznikla i v interiéru dnes již zbourané budovy projekčního střediska ZPA (Závody průmyslové automatizace) Jičín v Čakovcích v roce 1979.

2 Ak. mal. Ludmila Jandová (1938 Osík u Litomyše – 2008 Osík u Litomyše) Přehled veškerých jejích realizací je uveden na: [http://mozaika.vscht.cz/data/autor\\_jandova\\_ludmila.html](http://mozaika.vscht.cz/data/autor_jandova_ludmila.html).



V údajích *Topografického výzkumu exteriérových skleněných mozaik v ČR*<sup>3</sup> je dílo označeno názvem *Ptačí rodina*. Mozaikový motiv představuje dva světlé ptákyz, nichž jeden pták sedí na hnízdě, v němž jsou dvě bílá vejce. Druhý pták přilétá shora. Pozadí je abstraktní, tvořeno nepravidelnými barevnými pásy.

Průběh instalace mozaiky je zdokumentován na historických fotografiích z archivu vlastníka [*fotografie na str. 177*].

V 70. letech 20. století proběhla stavba západního přístavku domu a mozaika musela být z jejího původního místa na jihozápadní fasádě domu přemístěna na její nynější místo na severozápadní fasádě přístavby.

Mozaika byla mírně zapuštěna pod úroveň povrchu fasády již po jejím přemístění. Toto zapuštění bylo ještě více prohloubeno (na současných 15 cm) po provedení zateplení přístavku. Na původním místě byla mozaika na fasádě pouze zavěšena (patrně na historických fotografiích). Způsob osazení mozaiky na přístavek však nelze v současnosti s jistotou určit, vzhledem k obložení zateplením. Současný výklenek s mozaikou je v dolní části opatřen plechovým parapetem.

### III.2.3.2 Vizualní průzkum v rozptýleném denním světle

#### III.2.3.2.1 Původní realizace a její technologie

Mozaika je provedena z kostek nepravidelných tvarů. Materiálově jde o kombinaci pálených cihel, opuky, šedočerného granitoidu (černý kámen se strukturou), načervenalého granitoidu (rovněž strukturovaný), světlého mramoru, černé metamorfované horniny (amfibolit/amfibolová břidlice/lydit<sup>4</sup>; jednobarevný černý kámen), úlomků omítky opatřených červeno-růžovým nátěrem a černých skleněných korálků. Oba světlí ptáci jsou vytvořeni z opuky. Ta je kladena buď na plocho a nebo v tenkých plátech o síle několik milimetrů na kolmo do osazovací malty. Opuka osazená na kolmo se vyskytuje především v oblasti křídel, zřejmě se jedná o imitaci peří. Oči obou ptáků jsou tvořeny černými korálky. Hnízdo je vyskládané z cihel a úlomků omítky s nátěrem dvou barevností (tmavě a světle červeno-růžová). V hnízdě jsou dvě bílá vejce ze světlého mramoru. Pozadí je abstraktní,

3 *Topografický výzkum exteriérových skleněných mozaik v ČR – odborná mapa se zaměřením na jejich výskyt a poškození, Jandová, Ludmila* [online]. vyhledáno 28. 10. 2016. Dostupné na: [http://mozaika.vscht.cz/data/autor\\_jandova\\_ludmila.html](http://mozaika.vscht.cz/data/autor_jandova_ludmila.html).

4 „Buližník“ – kvarcit.

tvořené nepravidelnými barevnými pásy. Grafický zákres použitých materiálů je součástí obrazové dokumentace [Obr. 108 str. 183]. Kamenné mozaikové kostky byly přesněji identifikovány v rámci petrologického průzkumu.<sup>5</sup>

Mozaika byla vyskládána *alla prima*, tj. lícem nahoru, do osazovací malty na bázi cementu. Z historických fotografií z archivu vlastníka dokumentujících osazování mozaiky na její původní místo je evidentní, že šlo o transportovatelný panel, který vznikl v dílně autorky a byl následně osazen jako celek na fasádu. Tato informace byla potvrzena i vlastníkem mozaiky. Z fotografií však není zcela patrné, jakým způsobem je nosný panel zhotoven. Rovněž není možné vzhledem k výše uvedeným limitům určit zavěšovací systém, pomocí kterého byla mozaika připevněna na fasádu objektu.

### III.2.3.2.2 Současný stav a poškození mozaiky

Povrch mozaiky není významněji znečištěn, jedná se pouze o jemný depozit usazených částic. Nejvíce degradovaným materiálem jsou opukové kameny, které jsou na mnoha místech zvětřelé, což se projevuje rozdělováním kamene na hranici sedimentárních vrstev a jeho následným drolením či odlupováním. Více se tento problém vyskytuje u kamenů, které mají sedimentární vrstvy rovnoběžně s maltovým ložem. Naopak menší degradace se vyskytuje u kamenů, které jsou usazeny sedimentárními vrstvami do lože na kolmo. Kvůli výše zmíněným fenoménům jsou opukové kameny lokálně uvolněné od podkladu a na mnoha místech zcela chybí. Ztráta mozaikových kostek z jiných použitých materiálů byla zaznamenána pouze lokálně a to jen v minimální míře.

Dále se na mozaice objevují praskliny v osazovací maltě ve spárách, zejména po levém a pravém kraji výjevu. V současnosti však nebylo možné příčinu prasklin blíže určit. V okolí prasklin byl předpokládán výskyt dutin. Přítomnost těchto dutin byla ověřována perkusní metodou, jejíž výsledky jsou popsány v následující kapitole. V místech narušených či zcela chybějících opukových kamenů došlo ke zvětření a degradaci osazovací malty.

Na objektu se vyskytují tři typy malty na bázi cementu, použité jako osazovací materiál mozaikových kostek. Nejvíce je zastoupena osazovací malta šedo-okrové barevnosti s patrnými zrny písku. Dále se na mozaice objevuje teplejší šedá cementová a jemnozrnná cementová malta (studená šedá). Vzhledem k tomu, že dílo nebylo dle vlastníků v minulosti nikdy opravováno, lze předpokládat, že se jedná o vysprávky či tvůrčí postupy samotné autorky, pocházející z doby vzniku mozaiky. Lokálně se na mozaice vyskytuje i světle okrový, pravděpodobně polymerní materiál (lepidlo), strukturálně pojící odlupující se opuku.

5 ŠTAFFEN, RNDr. Zdeněk. *Petrologické vyhodnocení hornin použitých na mozaice L. Jandové „Ptačí rodina“ na severní fasádě přístavku v Litomyšli, Lidická č. 913*. Choceň, 2016. Př. 04 str. 186

Při pozorování z bočního úhlu je patrné vyboulení centrální části mozaiky. V tomto místě lze předpokládat výskyt dutin. V dolní části mozaiky, v místě absence opukové mozaikové kostky, lze na souvrství doplňkové teplejší šedé a jemnozrnné (studené šedé) cementové malty pozorovat bílý zákal. Mohlo by se jednat o solný výkvět. Pro bližší zkoumání byl odebrán vzorek pro chemicko-technologický průzkum. V rámci chemicko-technologického průzkumu bylo rovněž analyzováno materiálové složení vybraných mozaikových kostek i osazovacích malt.

Provedení plechového parapetu, jehož sklon je patrně příliš malý, není vzhledem k zadržování vody v místě kontaktu s mozaikou vhodné.

### III.2.3.3 Průzkum perkusní metodou

Při průzkumu mozaiky perkusní metodou, tj. poklepem, bylo odhaleno několik hloubkových dutin. Dle předpokladu se vyskytovaly zejména v oblasti prasklin a ve střední části výjevu. Při provádění vrtů spojených s odběrem vzorků pro stanovení obsahu vodorozpustných solí bylo zjištěno, že dutiny v okolí prasklin jsou způsobeny ztrátou adheze podkladové malty k nosnému panelu. V případě vybouleného povrchu mozaiky ve střední části výjevu však nebyla objevena žádná dutina mezi podkladovou maltou a nosným panelem. Lze se domnívat, že ke ztrátě adheze a vzniku dutiny došlo až v oblasti za panelem s mozaikou.

### III.2.3.4 Chemicko-technologický průzkum<sup>6</sup>

Pro související chemicko-technologický průzkum bylo odebráno celkem devět vzorků. Vzorky byly odebrány z mozaikových kamenů – cihly, opuky a omítky opatřené červeno-růžovým nátěrem [Obr. 107 str. 182]. Cílem odběru těchto vzorků je analýza materiálového složení a stratigrafie (u vzorku barevné omítky). Dále byly odebrány tři vzorky osazovacího lože – z nejvíce se vyskytující šedo-okrové cementové malty a z obou doplňkových šedých cementových malt. Poslední dva vzorky byly odebrány z převažující osazovací malty pro granulometrii a z jedné z menšinových malt pro identifikaci bílého povrchového povlaku.

Dále byly na mozaice provedeny dva vrty pro odebrání vzorků vrtné moučky ke stanovení obsahu vodorozpustných solí. Vrty se nacházely ve výšce 7 a 82 cm od spodního okraje a jejich hloubka se pohybovala od 0 do 3 cm.

6 LESNIAKOVÁ, Petra. *Chemicko-technologický průzkum exteriérové mozaiky: Ludmila Jandová – Ptačí rodina, Litomyšl*. Univerzita Pardubice. Fakulta restaurování. Katedra chemické technologie. Litomyšl, 2016. Př. 03 str. 186

### III.2.3.5 Petrologické vyhodnocení použitých materiálů

V rámci petrologického vyhodnocení byl proveden průzkum mozaikových kostek. Na mozaice byla potvrzena přítomnost cihlového a omítkového materiálu. Hornina použitá výhradně ke zhotovení ptačích těl byla identifikována jako „opuka“ (správněji vápenatý prachovec, kalovec – mudstone). V případě načervenalých a šedočerných kamenů se strukturou se jedná o magmatické granitoidní horniny. Tyto kameny nejspíše pochází z některého ze „žulových“ lomů v regionu. Mohlo by se jednat o místní lomy Černá skála u Potštejna nebo lom Litice (načervenalá varianta), případně lom Budislav, kde se tato hornina vyskytuje v mnoha barevných variantách. Dvě vejce v hnízdě jsou zhotovena z krystalického vápence (metamorfovaný materiál) – mramoru. Černé jednobarevné kameny v okolí hnízda jsou obtížně identifikovatelné a bez odebrání vzorku pro mikroskopické vyhodnocení nelze jednoznačně určit, zda se jedná o amfibolit (lom Markovice?), amfibolovou břidlici nebo lydit („buližník“ – kvarcit) z vodních toků v okolí Luže (lom Krounka či Žejbro).

### III.2.3.6 Komplexní vyhodnocení průzkumu

Cílem průzkumu bylo důkladně zmapovat současný stav mozaiky, jednotlivé druhy poškození a pokusit se určit jejich příčiny. V této souvislosti bylo rovněž nutné v rámci chemicko-technologického a petrologického průzkumu identifikovat materiálové složení mozaiky (kostek i osazovací malty).

Jedná se o exteriérovou materiálově kombinovanou mozaiku na transportovatelném panelu. Ten je zřejmě vyhotoven z cementu či betonu vyztuženého kovovou armaturou, pravděpodobně v podobě mřížky. Chemicko-technologický průzkum potvrdil u odebraných vzorků z mozaikových kostek jejich předpokládané materiálové složení - cihla, sedimentární hornina obsahující uhličitan vápenatý, silikátové složky a vápenné fosilie (předpokládaná opuka) a úlomky omítky s červeno-růžovými povrchovými úpravami, které byly nanášeny na nezatvrdlou podkladovou maltu a částečně se s ní mísí. Rovněž bylo potvrzeno, že převažující i méně zastoupené osazovací malty jsou na bázi cementu. U nejčastěji se vyskytující šedo-okrové osazovací malty lze předpokládat použití struskoportlandského cementu. Jako plnivo byl použit křemičitý písek okrové barevnosti obsahující zrna frakce do 2 mm. Přítomnost vzdušného vápna nelze vyloučit, avšak nebyly zaznamenány vápenné pojivové částice, které by tuto pojivovou složku potvrzovaly. Na mozaice se v menší míře vyskytují dvě další malty, u kterých lze předpokládat, že se jedná o vysprávky či tvůrčí postupy samotné autorky z doby vzniku díla. První, teplejší šedá (okrová) malta je pravděpodobně na bázi struskoportlandského cementu. Druhá, studenější šedá malta je zřejmě na bázi portlandského cementu a její struktura je jemnozrnější než v případě okrovější doplňkové malty.

Povrch mozaiky není nijak výrazně znečištěn. Na mozaice se vyskytují poškození ve formě degradace, uvolnění až ztráty mozaikových kostek. Zmíněná poškození se týkají převážně opukových kamenů, a to především v místech, kde jsou jednotlivé kameny kladeny do osazovací malty na plocho. Tím dochází k jejich odlupování a drolení v úrovni jednotlivých sedimentárních vrstev. K podobné degradaci dochází i v případě na kolmo osazených plátů opuky, které se dále rozvrstvují, avšak v mnohem menší míře. Dále se na mozaice vyskytují trhliny v osazovací omítce, převážně po pravé a levé straně panelu a hloubkové dutiny v okolí těchto prasklin a ve střední části mozaiky. V případě bílého povlaku, pozorovaného na souvrství doplňkové teplejší šedé a jemnozrné (studené šedé) cementové malty v dolní části výjevu, bylo chemicko-technologickým průzkumem prokázáno, že se nejedná o solný výkvět, ale o vápenný výluh. Vysoká koncentrace vodorozpustných solí, konkrétně síranů, však byla zjištěna u vzorků vrtné moučky. Obsah síranů byl analyzován do hloubky 1 cm ve výšce 7 cm (vrt V1) a do hloubky 2 cm ve výšce 82 cm (vrt V2) – míry jsou uvedeny od spodní hrany mozaiky. V případě druhého vrtu byl obsah síranů vyšší. Ve spodní části mozaiky se zadržuje vlhkost, způsobená zřejmě špatně provedeným sklonem plechového parapetu, která vzlíná směrem vzhůru přibližně do jedné třetiny panelu.

### III.2.4 Zkoušky technologií a materiálů

#### III.2.4.1 Strukturální zpevnění opuky a maltového lože

Dle původního záměru z roku 2016 měla být ponechaná opuka a maltové lože strukturálně zpevněno napuštěním organokřemičitým prostředkem (*KSE 100* nebo *KSE 300*). Vzhledem k vysoké míře zvětrání opuky, kterou již nebylo možné v tomto stadiu degradace dostatečně strukturálně konsolidovat, bylo rozhodnuto, že dojde k jejímu kompletnímu odstranění [kap. III.2.5.1 str. 103], tudíž v tomto bodě zpevnění neproběhne. Maltové lože vykazuje velmi silnou strukturální pevnost, proto je jeho zpevnění nadbytečné.

#### III.2.4.2 Výběr opukového materiálu

Původně bylo zamýšleno nahradit stávající rychle degradující opuku stabilnějším, vizuálně podobným materiálem. Požadované vlastnosti hledaného materiálu byly: světle okrové zabarvení, štípatelnost v poměrně tenkých plátech, dobrá odolnost vůči povětrnostním vlivům. Všem vytyčeným kritériím ale neodpovídal žádný z vytipovaných materiálů (viz níže).

**Alternativní materiály:**

- **vápence:** mají světle okrové zbarvení, jsou dostatečně stabilní vůči povětrnostním vlivům, bohužel jsou neštípatelné na plátky,
- **břidlice:** jsou příliš tmavého zbarvení (šedé až načernalé), mají dobrou odolnost vůči povětrnostním vlivům, některé se dají štípat na tenké pláty (podle druhu).

**Opuka:**

- **lom Třebovské stěny:** okrové až šedé zbarvení, neštípatelná, odolnost vůči povětrnostním vlivům patrně vyšší než u současně použité,
- **lom Benátky u Litomyšle:** světle okrové zbarvení, neštípatelná, odolnost vůči povětrnostním vlivům patrně vyšší než u současně použité,
- **původní zdroj (Osík):** šedé až světle okrové zbarvení, štípatelná, vlivem povětrnostních podmínek rychle degraduje.

Vzhledem k požadavkům na vlastnosti vhodného materiálu připadala v úvahu pouze opuka z původního naleziště, byť na úkor její nízké stability. Alternativní opuky, případně vápenc, nesplňovaly požadavek na štípatelnost kamene do poměrně tenkých plátů, jenž se ukázal pro výběr vhodného kamene jako zcela zásadní. Břidlice naopak nevyhovovala svojí barevností. Proto bylo rozhodnuto upřednostnit barevně odpovídající a dobře štípatelný kámen, jehož stabilitu však bylo nutné dodatečně upravit [kap. III.2.4.3 str. 101].

### III.2.4.3 Stabilizace nově použité opuky

Vzhledem k druhu použité opuky, který se vyznačuje nízkou stabilitou, bylo přistoupeno k rozhodnutí zlepšit její vlastnosti – zvýšit odolnost vůči povětrnostním vlivům a prodloužit tak její životnost. Pokud by mělo dojít ke zpevnění opuky, je nutné do porézního materiálu vpravit dostatečné množství zpevňovací látky.

Opuka má díky svým fyzikálním vlastnostem i přes větší pórovitost nízkou hodnotu nasákavosti zapříčiněnou drobnými póry.<sup>7</sup> Opuka z lomu Benátky u Litomyšle má nasákavost v průměru kolem 4,94 %<sup>8</sup>. Opuka v lokalitě Osík se netěží a nejsou k ní známy podrobné informace o vlastnostech. I přesto, že se lokalita nachází nedaleko benátského lomu u Litomyšle, jsou již na první pohled zřejmé odlišnosti (barva, pukání ve vrstvách) patrně zapříčiněné jinou sedimentární vrstvou. Pro stanovení nasákavosti tohoto kamene musely být provedeny vlastní zkoušky.

7 KOTLÍK, Petr. *Opuka*. Praha: Společnost pro technologie ochrany památek – Stop, 2000. ISBN 80-902668-5-1, str. 56

8 KOUTNÍK, Petr, Petr ANTOŠ, Pavlína HÁJKOVÁ, et al. *Dekorační kameny Čech, Moravy a Slezska*. V Ústí nad Labem: Univerzita J. E. Purkyně, Fakulta životního prostředí, 2015. str 173

## Zkoušky nasákavosti

Zkoušky byly provedeny na čtyřech vzorcích. Dva vzorky byly ponořeny do vody a dva do organokřemičitého prostředku *KSE 300*. Nasákavost byla měřena vzlínáním po dobu 48 hod.

V obou případech bylo zjištěno reálné procento nasákavosti použité opuky, které se po dvou dnech působení pohybovalo okolo 2,4 %.

Vzhledem ke zjištěné velmi nízké nasákavosti kamene, lze předpokládat, že po aplikaci *KSE 300* by se do materiálu dostalo jen velmi nízké procento zpevňovacího prostředku. Účinnost zpevnění by tak byla zcela zanedbatelná.

### III.2.4.4 Lepení odpadlých kostek

V místech lokálních ztrát kostek bylo na základě původního restaurátorského záměru (2016) rozhodnuto k opětovnému osazení kamenů použít probarvenou injektážní hydraulickou maltu *Ledan TAI*.

Zkouška lepení kostek z amfibolitu pomocí injektážní malty *Ledan TAI* se ukázala jako nedostatečná. Spoj se po vytvrdnutí odděloval a kamenná kostka odpadla. Proto bylo nutné zvolit jinou technologii osazování a nalézt vhodnější osazovací materiál – viz zkoušky III.2.4.5 str. 102.

### III.2.4.5 Osazovací malta

Základní recept osazovací malty byl odvozen od zkoušek provedených při restaurování skleněné mozaiky na panelu *Žena-květ* od Jaroslava Bejčka<sup>9</sup> a byl mírně upraven pro kamenné kostky.

Výsledná směs se skládala z 3 dílů jemně přesátého písku, 2 dílů hydraulického vápna *NHL5* a 1 dílu vápenného hydrátu. Směs má oproti původnímu receptu<sup>10</sup> vyšší výslednou tvrdost, a to z důvodu použité osazovací hmoty na současné mozaice, jejíž omítkové lože je na cementové bázi. Také byl vypuštěn přídavek akrylátové disperze. Přídavek byl nadbytečný vzhledem k hrubé struktuře povrchu jednotlivých kamenných kostek.

Bylo provedeno několik zkoušek probarvení maltoviny. Ve výsledku bylo přistoupeno pouze k mírnému ztmavení směsi z důvodu velké spotřeby pigmentů. Sjednocení barevnosti povrchu mělo být provedeno pomocí retuše.

9 VAŘEJKOVÁ, Barbora. *Restaurátorský průzkum a dokumentace: Restaurování mozaiky Žena – květ*. Univerzita Pardubice. Fakulta Restaurování. Litomyšl, 2017.

10 2 díly jemně prosátého písku, 1 díl hydraulického vápna *NHL2*, 1 díl vápenného hydrátu, 0,16 dílu akrylátové disperze *K9* (48 % (hm.)), 0,3 dílu vody

### III.2.5 Návrh restaurátorského zákroku

#### III.2.5.1 Návrh koncepce restaurování

Vzhledem k vysoké míře zvětrání opuky vlivem vody, mrazových cyklů a rekrystalizačních cyklů vodorozpuštěných solí, bylo přikročeno k jejímu kompletnímu odstranění a nahrazení novým opukovým materiálem. S tím je spjato i řešení nového osazení opuky, kdy bude přistoupeno k odstranění původní osazovací malty tak, aby osazované kostky měly dostatek prostoru pro zasazení do nově naneseného ložného materiálu.

V místech scházejících ostatních kostek bude osazovací hmota odstraněna za podobným účelem jako u opuky. Lepení pomocí injektážní směsi *Ledanu TAI* se ukázalo na základě zkoušky jako nedostatečně pevné.

Zpevnění maltového lože pomocí organokřemičitého prostředku se jeví jako nadbytečné. V průběhu redukce osazovací hmoty se ukázalo, že jeho pevnost je dostatečně vysoká. Proto bude přistoupeno pouze k injektáži dutin a vytmelení trhlin.

Původním záměrem byla snaha o náhradu originálně použité, rychle degradující opuky za odolnější materiál. Vzhledem k požadovaným vlastnostem, z nichž byl největší důraz kladen na štípatelnost materiálu na velmi tenké desky, musely být všechny varianty kamenů s vyšší pevností a odolností zamítnuty. Z hlediska dobré štípatelnosti byly nevyhovující. Z tohoto důvodu nedojde k náhradě původní opuky za stabilnější materiál, ale bude použita opuka ze stejné lokality, kde ji pro realizaci nasbírala i sama autorka. To však vyžaduje dodatečnou úpravu vlastností kamene – zvýšení odolnosti vůči povětrnostním vlivům.

Na základě zkoušek nasákavosti opuky nedojde k napuštění materiálu organokřemičítým prostředkem *KSE 300*. Po konzultaci ohledně zpevnění opuky s Ing. Karolem Bayerem bylo rozhodnuto stabilizovat opuku pomocí stabilizačního prostředku *Antihygro*<sup>(11)</sup>. Působení prostředku se zakládá na blokadě center bobtnání ve vrstevnatých silikátech (jílových minerálech), snížení bobtnání je o 40–60 %.<sup>(12)</sup>

Osazovací maltové lože pro nově osazené kameny se bude skládat z 3 dílů jemně přesátého písku, 2 dílů hydraulického vápna *NHL5*, 1 dílu vápenného hydrátu a jeho odstín bude mírně ztmaven pomocí přírodních pigmentů.

Na závěr budou spáry sjednoceny barevnou retuší.

11 Remmers CZ, s. r. o. *Technický list. Číslo výrobku 0616: Antihygro*, 2018. Dostupné na: <http://m.rssg.cz/files/tl/pamatky/tl-0616-antihygro.pdf> [Př. 05 str. 186]

12 Ibidem



### III.2.5.2 Návrh postupu restaurátorských prací

- 1) **Dokumentace mozaiky:** fotografická dokumentace a překreslení mozaiky na transparentní fólii.
- 2) **Celoplošné čištění povrchových nečistot:** suchou cestou za pomoci kartáčů, v případě silně usazených prachových depozitů za pomoci použití detergentu a vody.
- 3) **Redukce původního maltového lože před osazením kamenů:** odstranění původní maltové lože alespoň do hloubky 20 mm v oblastech předpokladu osazení nových mozaikových kamenů,
- 4) **Příprava opukových kamenů:**
  - a) zajištění potřebného množství štípatelné opuky z lokality Osík,
  - b) analýza historické fotografie a porovnání se získanými otisky opukových kamenů z mozaiky *in situ*, vytvoření mapy velikosti a tvarů potřebných opukových kamenů,
  - c) našťipání a zformátování opukových kamenů na potřebné tvary podle vytvořené ho návrhu,
  - d) napuštění kamenů stabilizačním prostředkem *Antihygro*<sup>13</sup>.
- 5) **Injektáž:** injektování dutin pomocí injektážní směsi *Ledanu TAI* bez přídavku mramorové moučky.
- 6) **Doplnění opukových a scházejících kamenů do minerálního maltového lože:** 3 díly jemně přesátého písku, 2 díly hydraulického vápna *NHL5*, 1 díl vápenného hydrátu, zatónování pomocí černého přírodního pigmentu.
- 7) **Tmelení trhlin a vyplnění spár mezi kameny:** stejná malta jako pro doplnění kamenů (viz výše),
  - a) otevření trhlin redukováním původního maltového lože tak, aby vznikl dostatečný prostor pro novou maltu.
  - b) místa obnažené ocelové armatury je nutné ošetřit akrylátovou disperzí (například *Dispersion K9*) a zpevnění malty pomocí armovací mřížky (například „perlinka“ ze skelného vlákna),
  - c) vyspárování lokálně se vyskytující oblasti s vyplaveným původním maltovým ložem stejnou maltou jako je použita pro osazování kostek.
- 8) **Retuš:** přírodními práškovými pigmenty pojenými organokřemičitým prostředkem (například *KSE 100* nebo *KSE 300*),
  - a) barevné sjednocení maltového lože pomocí retuše,
  - b) barevné zvýraznění mozaikových kostek z dlaždic, u kterých došlo vlivem stárnutí ke ztrátě původní barevnosti.

13 Remmers, s. r. o.

Komplexní restaurátorský zákrok bude podrobně dokumentován a na závěr bude vyhotovena restaurátorská dokumentace v elektronické i tištěné podobě. Tištěná podoba bude předána vlastníkovi a bude rovněž uložena v archivu Fakulty restaurování Univerzity Pardubice.

## III.2.6 Dokumentace restaurátorských prací

### III.2.6.1 Postup restaurátorského zákroku

#### III.2.6.1.1 Dokumentace mozaikového výjevu

Před započítím prací byla mozaika podrobně zdokumentována a překreslena na průhlednou folii. Především byly zaznamenány otisky jednotlivých opukových kamenů před samostatnou redukcí osazovací hmoty.

#### III.2.6.1.2 Čištění povrchu

Povrch mozaikových kostek byl nejprve mechanicky očištěn od povrchových nečistot jako jsou pavučiny nebo usazený prachový depozit pomocí smetáčku a kartáčků. Poté byl celý povrch omyt proudem vody z tlakové stříčky a odstát houbou.

#### III.2.6.1.3 Redukce maltového lože

Po důsledném zdokumentování mozaiky [Obr. 82 str. 168] bylo přistoupeno k redukcí maltového lože v místech se zcela rozpadlými opukovými kameny tak, aby vznikl prostor pro novou osazovací maltu a nové opukové kostky. Maltové lože vynikalo vysokou pevností, proto byla k jeho redukcí použita úhlová bruska. Úhlovou bruskou byly v místech redukcí vyřezány pruhy tak, aby vznikly slabší oddělené části, které bylo možné jednoduše odsekat pomocí sochařských dlát (špičák, zubák). Hloubka předpřipraveného lože se pohybovala mezi 20–25 mm.

#### III.2.6.1.4 Sejmutí uvolněných kamenů

Během redukce maltového lože byly odhaleny další kostky, které ztratily adhezi k osazovací maltě. Jednotlivé kameny byly označeny a sejmuty. Převážně se jednalo o kameny podél trhlin a v bezprostřední blízkosti redukovaného lože pro opukové kameny. Jednotlivé kameny byly označeny a jejich poloha zdokumentována [Obr. 83 str. 168].

#### III.2.6.1.5 Příprava opukových kamenů

Opukový kámen pro doplnění mozaiky byl natěžen ve stejné lokalitě (okolí obce Osík) jako opuka použitá autorkou. Informaci o místě původu originálního materiálu poskytl Martin Janda, syn Ludmily Jandové.

Před formátováním jednotlivých kamenů byla podrobně analyzována historická fotografie [Obr. 101 str. 178] a byla porovnána s přenesenými otisky kostek na průhledné fólii. Výsledkem byla úprava velikosti a tvarů opukových kostek tak, aby co nejvíce odpovídaly stavu na fotografii. V průběhu formátování musely být některé kameny přizpůsobeny dostupnému materiálu (zejména svou plošnou velikostí).

Formátování jednotlivých opukových kamenů proběhlo nejprve naštipáním opukových bloků na jednotlivé desky za pomoci geologického kladívka a sekáče („majzlík“). Požadované tvary byly docíleny úhlovou bruskou a kleštěmi na štípání mozaikových kostek. Jednotlivé kameny byly očíslovány a zaneseny do grafického plánu.

Zformátované opukové kameny byly ponechány po dva týdny v suchém prostředí. Díky tomu se snížila obsažená voda v pórech opuky. Následně byly kameny naloženy do ochranného prostředku *Antihygro*<sup>14</sup> po 48 hod. Po vyjmutí z ošetřujícího prostředku lze s materiálem rovnou pracovat, materiál se nestává dočasně hydrofobní jako po organokřemičitých prostředcích typu *KSE*.

#### III.2.6.1.6 Injektáž

Injektáž byla provedena v oblasti vertikálních trhlin po obou stranách mozaikového výjevu. Jako injektážní malta byl použit komerční prostředek *Ledan TAI*. Injektážní směs byla do vytipovaných míst vpravena pomocí injekční stříkačky a jehly. Místa injektáže byla zaznamenána do grafického zákresu.

14 Remmers, s. r. o.

### III.2.6.1.7 Osazení opukových kamenů

Před nanesením nového maltového lože byl povrch původní osazovací hmoty důkladně provlhčen. Nové maltové lože se skládalo z 3 dílů jemně přesátého písku, 2 dílů hydraulického vápna NHL5 a 1 dílu vápenného hydrátu. Osazovací malta byla zatónována přírodním černým pigmentem (révová čern) dle potřeby tak, aby získala tmavší odstín. Před osazením byla každá opuková kostka upravena tak, aby se nedotýkala původní osazovací hmoty a nepřesahovala pohledovou hranu mozaikového výjevu. Při osazení byly jednotlivé opukové kostky namočené do vody. Aby kostky do maltového lože dobře zapadly a vyrovnaly se s okolním povrchem mozaiky, byly usazeny jemným, rovnoměrným poklepem dřevěnou paličkou. Po osazení bylo setřeno přebytečné maltové lože, které přeteklo přes opukové kostky.

Opukové kameny, které imitují perutě křídel byly nařezány na podlouhlé kostky a jejich pohledová strana byla obroušena, aby nebyly patrné stopy od řezného kotouče. Kostky byly následně do maltového lože skládány vedle sebe na boční hranu. Aby bylo docíleno vizuálně přirozeného dojmu, nejsou jednotlivé kostky pravidelných tvarů. Pravidelnost kostek totiž narušovala celkový dojem z mozaiky. Bližší zkoumání historické fotografie identifikovalo podobné nepravidelné kostky, které pravidelnost skladby narušovaly.

Po zavadnutí maltového lože byl povrch očištěn tupováním vlhkou houbou. Tím bylo docíleno zvýraznění kresby maltového lože a odstranil se tak tenký povrchový film tvořený pojivem.

### III.2.6.1.8 Doplnění uvolněných a scházejících kostek

Před opětovným osazením ostatních uvolněných a chybějících kamenných kostek bylo lože odsekáno pomocí sochařského špičáku. Před nanesením nového maltového lože byl povrch staré osazovací malty řádně provlhčen. Pro osazení bylo použito stejného maltového lože jako při doplňování opukových kostek. Postup usazení a začištění proběhl stejným způsobem. Tento krok byl na mnoha místech prováděn současně s osazováním opukových kostek.

V místech obnažené armatury ocelového rámu a upevňovacích šroubů bylo maltové lože zpevněno armovací sítkou ze skelného vlákna (perlinka). Tím by měla být zajištěna větší pevnost a odolnost proti vzniku trhlin v důsledku špatné přilnavosti maltového lože ke kovu. Kov byl opatřen disperzním nátěrem neředěnou akrylátovou *disperzí K9*<sup>(15)</sup>.

Několik scházejících kostek granitoidu bylo nalezeno v záhonku pod mozaikou. V mozaice ale těchto kamenů scházelo více než činil nález, proto bylo nutné naštipat další kameny pro zajištění potřebného množství. Obdobně tomu tak bylo u několika kousků scházejících cihel.

<sup>15</sup> 48 % hm.

Mozaika byla v průběhu následujících kroků neustále vlhčena z důvodu dodání vlhkosti hydraulickému vápnu tak, aby došlo ke správnému vytvrdnutí.

#### III.2.6.1.9 Tmelení trhlin

Trhliny byly tmeleny v průběhu doplňování kostek. Originální osazovací malta byla kolem trhlin mírně redukována tak, aby došlo k otevření trhlin a vytvořil se tak dostatečný prostor pro vpravení malty. Malta měla stejné složení jako při osazování kamenů. Místa dutin (místa oddělující se od ocelové armatury rámu) byla vyplněna injektážní maltou *Ledan TAI* (viz injektáž III.2.6.1.6 str. 106)

#### III.2.6.1.10 Vyplnění spár

Na některých lokálních místech došlo ke ztrátě původního maltového lože a došlo tak k obnažení bočních stran kostek. Do budoucna hrozilo odpadávání takto obnažených kostek, proto bylo přistoupeno k vyplnění spár probarvenou maltou stejného složení jako bylo maltové lože. Spárovací směs byla tónovaná kromě černého pigmentu také přírodním okrovým pigmentem. Povrch byl ošetřen obdobným způsobem jako při osazování nových kostek.

#### III.2.6.1.11 Barevné sjednocení spár a retuš

Na závěr byla rozdílná barevnost spár sjednocena přírodními pigmenty (révová čern, okry, umbra přírodní) pojenými organokřemičitým prostředkem *KSE 300*.

Na některých mozaikových kostkách ve spodní části výjevu, které byly vyrobeny z dlaždic, se vlivem povětrnostních podmínek projevovala ztráta barevné vrstvy. Z estetických důvodů byly tyto kostky retušovány lokální retuší.

#### III.2.6.1.12 Finální dočištění

Na kamenech se po odpaření vody objevil bílý vápenný zákal usazený v porézním povrchu jednotlivých kamenů. K jeho odstranění bylo použito 2% (hm.) roztoku kyseliny citrónové. Roztok byl aplikován pouze na jednotlivé kameny pomocí měkkého štětce. Celý povrch byl omyt vodou z tlakové stříčky a odsát houbou

### III.2.6.2 Použité materiály

#### Čištění

- H<sub>2</sub>O – voda z vodovodního řádu.
- roztok kys. citronové 2 % (hm.)

#### Injektáž

- maltovinová směs na bázi hydraulického vápna *Ledan TA1* (výrobce: *Tecno Edile Toscana*)

#### Zpevnění a stabilizace

- konzervační prostředek proti bobtnání přírodního kamene *Antihydro* (výrobce: *Remmers CZ, s. r. o.*)

#### Osazení mozaikových kostek

- hnědý křemičitý písek (Písník Kinský, lokalita: Kostelecké Horky)
- bílé vzdušné vápno Ca(OH)<sub>2</sub> – vápenná kaše
- přírodně hydraulické vápno *Calcidur NHL5* (výrobce: *Otterbein*)
- armovací sklovláknitá mřížka, velikost oka 5 × 5 mm (výrobce: *Vertex-Saint Gobain*)
- vodná akrylátová disperze *Dispersion K9* (distributor: *Kremer Pigmente GmbH & Co. KG*)

#### Retuš

- minerální pigmenty (distributor: *Kremer Pigmente*)
- zpevňovač na bázi etylesteru kyseliny křemičité *Remmers KSE 300* (výrobce: *Remmers CZ, s. r. o.*)

### III.2.6.3 Doporučený režim památky

Vzhledem k umístění mozaikového výjevu v exteriéru na exponované severní stěně, kde je povrch mozaiky vystaven silným povětrnostním vlivům. Použitá opuka rychle podléhá degradaci vlivem mrazových a nasákových cyklů. V důsledku reakce s „kyselými dešti“ probíhá i její chemická degradace.<sup>16</sup> Je tedy vhodné těmto poškozujícím faktorům předejít. Proto je potřeba upravit spodní plechový parapet, aby dešťová voda a sníh rychleji odtékaly a nezadržovaly se na místě. Otázkou je, zda by nebylo vhodné opatřit mozaiku stříškou, která by zabránila stékání vody na mozaiku.

Opuka byla během zásahu opatřena stabilizačním prostředkem, který snižuje nasákavost materiálu. Toto opatření pouze oddálí degradaci, nikoli zastaví. Proto doporučujeme po prvním mrazovém cyklu kontrolu opukových kamenů. Pokud bude zjištěn narušený povrch opuky, doporučujeme jej opatřit v celé ploše hydrofobním nátěrem nebo napustit organokřemičitým prostředkem typu *KSE*.

<sup>16</sup> KOTLÍK, 2000, str. 78–79

Vzhledem k rychlé degradaci opukových kamenů doporučujeme vizuální kontroly odborníkem nejdéle však v intervalu 24 měsíců. Kontroly by měly být prováděny nejlépe v jarních měsících.

#### III.2.6.4 Nová zjištění

Během porovnávání zakreslených otisků kamenů v osazovací hmotě s historickou fotografií, bylo zjištěno, že muselo dojít k dodatečnému osazení některých kostek i v jiných místech, než prokázal průzkum v roce 2016. Otisky v maltovině stejné struktury a barevnosti neodpovídají tvarům z historické fotografie.

## IV Závěr

Diplomová práce se skládá z teoretické a praktické části. Teoretická část se zabývá vybranými technikami širokospektrální technické fotografie využívající oblast snímání UV–VIS–IR za pomoci modifikovaného fotoaparátu. Praktická část zahrnuje restaurování, restaurátorský průzkum a dokumentaci restaurátorského zásahu provedeného na dvou mozaikových výjevech, skleněné mozaiky s motivem racka z dolní stanice lanovky na Pastýřskou stěnu v Děčíně a kamenné mozaiky Ptačí rodina v ulici Lidická v Litomyšli.

Teoretická část diplomové práce je započata rešerší dostupných zdrojů a zakončena experimentem. V rámci rešeršní části byla dohledána odborná literatura a jiné zdroje představující problematiku zobrazovacích metod širokospektrální fotografie v UV–VIS–IR oblastech elektromagnetického spektra a tvorbu falešných barev. Práce se konkrétně zaměřuje na fotografii v odraženém bílém světle, UV reflektografie/fotografie, IR reflektografie/fotografie a tvorba falešných barev v komerčně dostupné aplikaci *Adobe Photoshop CC 2020*. V rešeršní části byly shromážděny a přehledně prezentovány podrobné informace o jednotlivých vybraných zobrazovacích technikách a jejich zpracování. Dohledány byly principiálně základní dva okruhy postupů komplexních metodických přístupů pořizování, kalibrace a následné postprodukční úpravy. Prvním z nich je manuál Britského muzea od autorů *Joanne Dyer, Giovanni Verri, John Cupit*, který vznikl v rámci programu *Charisma*. Do druhé skupiny spadá příručka a manuál ke kalibrační tabulce *AIC PhD Target* od Amerického institutu pro konzervaci historických a uměleckých děl. Podstatu tohoto druhého postupu využívá *Antonino Cosentino*, fyzik a autor mnoha publikací o technické fotografii, s drobnými modifikacemi, které patrně vycházejí z jeho bohatých zkušeností. Popsané poznatky a postupy druhého přístupu potom byly shrnuty v experimentální části a vyzkoušeny.

V experimentální části teoretické práce bylo na základě rešerše pořízeno základní technické vybavení, které zahrnovalo modifikovaný digitální fotoaparát *Canon EOS 80D* s rozšířenou citlivostí na UV–VIS–IR oblast v rozmezí vlnových délek asi 350 – 1100 nm. Základním objektivem pro realizaci experimentů byl *Canon EF 50 mm f/1,8 STM*. Dále byla na základě rešeršní práce pořízena sada fotografických filtrů a kalibrační nástroje potřebné k pořizování standardizovaných snímků v jednotlivých spektrech a technikách. V rámci experimentu byly detailně představeny postupy pořizování širokospektrální technické fotografie, zejména potom reflektografických snímků, tedy UV a IR fotografie a jejich možné úpravy podle vybraného manuálu. Postupy jsou založeny na podobném principu a to úpravy jednotlivých fotografií podle doporučení institutu *AIC* a *A. Cosentina* na za pomoci kalibrační tabulky *X-RITE ColorChecker* a následné úpravě v aplikacích od *Adobe*, v modulu *Camera*



RAW a *Photoshopu*. Z experimentu vyplynula jako vhodná metoda úpravy jednotlivých reflektografických obrazů podle AIC institutu. Dále byl uveden podrobný postup tvorby UV a IR fotografií ve falešných barvách tradičním způsobem.

Během práce se ukázalo, že problematika tématu je mnohem širší a kapacita diplomové práce je nedostačující. A proto by bylo vhodné některé specifikace problematiky blíže zpracovat. V tomto ohledu by bylo vhodné do rozšířeného studia zahrnout například další luminiscenční techniky, kterými jsou viditelná luminiscence generovaná viditelným světlem nebo infračervená luminiscence buzená viditelným světlem, ale také kalibrace a postprodukční úprava UV fluorescenční fotografie. Dále je prostor pro využití pracovního prostředí vytvořené pro aplikaci Nip2 od Britského muzea a porovnání s popsányými postupy v této práci.

Výsledkem teoretické části diplomové práce je představení problematiky základní širokospektrální fotografické techniky a jejich minimalizované úpravy odborné veřejnosti s očekáváním, že se tyto zobrazovací metody stanou standardním postupem při restaurátorském průzkumu.

Druhá část diplomové práce je zaměřená na restaurování dvou mozaikových výjevů nezávisle na teoretické části. První z mozaika s motivem racka od V. *Petráčka* je vytvořena z mačkaných skleněných kostek původně osazená na kruhovém dřevotřískovém panelu. Hlavním problémem mozaikového výjevu byla pokročilá degradace nosné dřevotřískové desky působením vlhkosti a s tím spojená ztráta mozaikových kostek. Vzhledem k tomu, že A. *Petráček* je žijící autor, byl s ním postup restaurování konzultován. Proto také bylo přistoupeno k nahrazení původní dřevotřískové desky hliníkovou voštinovou podložkou. Očištěné a nově doplněné mozaikové kostky podle historických fotografií, byly na voštinovou desku lepeny pomocí epoxidové pryskyřice. Je známo, že běžné epoxidové pryskyřice podléhají stárnutí a žloutnou. Ve spolupráci s Ústavem chemické technologie restaurování památek Vysoké školy chemicko-technologické v Praze byl na základě jejich experimentu doporučena epoxidová pryskyřice *Hxtal NYL-1*, která splňovala požadované vlastnosti. V současné době je mozaikový panel nově umístěn na schodišti Městského divadla v Děčíně, namísto původního umístění ve spodní stanici výtahu na Pastýřskou stěnu.

Druhá mozaika od Ludmily Jandové z kombinovaného materiálu projevovala pokročilou degradaci a ztrátu opukových kamenů. Hlavní zaměření restaurátorské práce bylo na rekonstrukci a volbu materiálu, který měl nahradit současnou zvětralou opuku. Vzhledem k tomu, že žádný z alternativních materiálů neměl požadované vlastnosti, byla využita opuka z původního místa použití a navržen postup pro její alespoň částečnou stabilizaci prostředkem pro snížení bobtnání materiálu s hliněnými pojivy *Antihygro*. Nové opukové kameny byly vytvarovány do původních tvarů podle dochovaných historických fotografií a otisků v maltovém loži. Osazování mozaikových kostek bylo provedeno lepem na anorganické

bázi, maltovina se konkrétně skládala ze 3 dílů jemně přesátého písku, 2 dílů hydraulického vápna *NHL5* a 1 dílu vápenného hydrátu. Mozaika je umístěna na velmi exponovaném místě, i přesto, že byla ošetřena její nasákavost, její degradaci to zcela nezastaví. V případě zjištění začínající degradace opuky je vhodné opatřit mozaikový výjev v celé ploše hydrofobním nátěrem.

## V Seznam použité literatury a pramenů

### V.1 Seznam použité literatury

- » BEZDĚK, Ladislav a Martin FROUZ. *Digitální a digitalizovaná fotografie pro vědecké účely v praxi památkové péče*. Praha: Národní památkový ústav, 2014. Odborné a metodické publikace (Národní památkový ústav). ISBN 978-80-7480-017-7.
- » DAVIES, Adrian. *Digital Ultraviolet and Infrared Photography: Application in Scientific Photography*. New York: Routledge, 2018. ISBN 978-1-138-20017-3.
- » GATCUM, Chris. *Kompletní fotografie: nejlepší fotografie z každého aparátu*. Brno: Zoner Press, 2018. Encyklopedie - grafika a fotografie. ISBN 978-80-7413-378-7.
- » HRADILOVÁ, Janka a David HRADIL. *Neinvazivní průzkum malířských výtvarných děl radiografickými a rentgen-fluorescenčními metodami*. V Praze: Akademie výtvarných umění, 2015. ISBN 978-80-87108-60-4.
- » KAPUSTA, Jan. *Ludmila Jandová: hlubotisky*. Galerie výtvarného umění v Náchodě, 2005. ISBN neuveden.
- » KOTLÍK, Petr. *Opuka*. Praha: Společnost pro technologie ochrany památek – Stop, 2000. ISBN 80-902668-5-1.
- » KOUTNÍK, Petr, Petr ANTOŠ, Pavlína HÁJKOVÁ, et al. *Dekorační kameny Čech, Moravy a Slezska*. V Ústí nad Labem: Univerzita J. E. Purkyně, Fakulta životního prostředí, 2015. ISBN 978-80-7414-974-0.
- » LEPIL, Oldřich. *Fyzika pro gymnázia*. 4. vyd. Praha: Prometheus, 2010. ISBN 978-80-7196-384-4.
- » *Petráček*. Katalog akvarelových obrazů. ISBN neuveden.
- » PELANT, Ivan a Jan VALENTA. *Luminiscence doma, v přírodě a v laboratoři*. Praha: Academia, 2014. Průhledy (Academia). ISBN 978-80-200-2394-0.
- » PRUTCHI, David. *Exploring ultraviolet photography: bee vision, forensic imaging, and other near-ultraviolet adventures with your dsr*. 1. Buffalo, NY: Amherst Media, 2016. ISBN 9781682031247.
- » ROBLES-KELLY, Antonio a Cong PHUOC HUYNH. *Imaging Spectroscopy for Scene Analysis*. 1. London: Springer, 2013. ISBN 978-1-4471-4651-3.
- » SLÁNSKÝ, Bohuslav. *Technika malby*. Vyd. 2. Praha: Paseka, 2003. ISBN 80-7185-623-1.
- » *Slovník českých a slovenských výtvarných umělců 1950–2003*, 11. díl, 2003. ISBN neuveden.

- » *Spolupráce výtvarníka s architektem, přehled prací za rok 1982*, Praha 1982. ISBN neuveden.
- » TOMÁŠEK, Zdeněk. *Fotografické filtry*. Praha: Merkur, 1986. ISBN neuveden.
- » WARDA, Jeffrey, Franziska FREY, Dawn HELLER, Dan KUSHEL, Timothy VITALE a Gawain WEAVER. *The AIC Guide to Digital Photography and Conservation Documentation*. 3. Washington, DC: American Institute for Conservation (AIC), 2017. ISBN 978-0-9978679-1-6.

## V.2 Seznam použitých pramenů

- » ALDROVANDI, Alfredo, Ezio BUZZEGOLI, Annette KELLER a Diane KUNZELMAN. Indagini su superfici dipinte mediante immagini UV riflesse in falso colore. *Centro Di Della Edifimi SRL*. 2004, (16), 83–87, 197–199.
- » BLAŽEK, Jan, Barbora ZITOVÁ, Tomáš TICHÝ a Vlasta VAŠUTOVÁ. Optické vlastnosti historických malířských pigmentů v blízkém infračerveném (NIR) záření. *Acta Artis Academica*. 2014, 35-49.
- » BRÝDL, Miroslav. Osobní archiv fotografií mozaikového panelu Ptačí rodina od Ludmily Jandové.
- » BURDOVÁ, Pavla. *Filtry v Optice a optometrii*. Brno, 2012. Bakalářská práce. Masarykova Univerzita, Lékařská fakulta. Vedoucí práce Mgr. Pavel Beneš.
- » COSENTINO, Antonino. Research Article: Identification of pigments by multispectral imaging; a flowchart method. *Heritage Science*. 2014, (2), 1–12.
- » COSENTINO, Antonino. Multispectral imaging system using 12 interference filters for mapping pigments. *Conservar Património*. 2015, 21, 25–38. DOI: 10.14568/cp2015005. ISSN ISSN 2182-9942.
- » COSENTINO, Antonino. Practical notes on ultraviolet technical photography for art examination. *Conservar Património*. 2015, (21), 53–62.
- » COSENTINO, Antonino. Infrared Technical Photography For Art Examination. *E-PRESERVATION Science*. 2016, (13), 1–6. ISSN 1854-3928.
- » DAUKANTAS, Patricia. Cultural Artifacts in Terahertz Light. *Optics and photonics news*. United States, 2018, 29(3), 28–35.
- » DAVERI, Alessia. Visible-induced luminescence imaging: A user-friendly method based on a system of interchangeable and tunable LED light sources. *Microchemical Journal*. 2016, (125), 130-141.
- » DOBROWOLSKI, J. A. *Optical Properties Of Films And Coatings: Chapter 42*. National

- Research Council of Canada. Institute for Microstructural Sciences. Dostupné také na: [http://www.photonics.intec.ugent.be/education/IVPV/res\\_handbook/v1ch42.pdf](http://www.photonics.intec.ugent.be/education/IVPV/res_handbook/v1ch42.pdf).
- » DYER, Joanne, Giovanni VERRI a John CUPITT. *Multispectral Imaging in Reflectance and Photo-induced Luminescence modes: A User Manual*. 1. The British Museum, 2013.
  - » Emailová konverzace s firmou LDP LLC MaxMax ze dne 4–11. 4. 2019, webové stránky firmy dostupné na: <https://maxmax.com>
  - » HAMAMATSU PHOTONICS K. K. *Image Sensor: Selection guide*. Hamamatsu: Hamamatsu Photonics K. K., 2018.
  - » HÖNLE UV TECHNOLOGY. *Operating manual: UVASPOT 400/T*. 2008. Germany.
  - » HURTOVÁ, Ing. Alena. *Chemicko-technologický průzkum: Mozaika Děčín*. Univerzita Pardubice. Fakulta restaurování. Katedra chemické technologie. Litomyšl, 2017.
  - » *INSTRUCTIONS AIC PhotoDocumentation Targets: AIC PhD Targets*. AIC of Historic and Artistic Works, 2011. Dostupné také na: <https://docplayer.net/12779391-Instructions-aic-photodocumentation-targets-aic-phd-targets.html>.
  - » ISO-20473–2007. *Optics and Photonics — Spectral Bands*. 20473. Geneva, Switzerland: International Standards Organization (ISO), 2007.
  - » ISO-21348–2004. *Definitions of Solar Irradiance Spectral Categories*. 21348. Geneva, Switzerland: International Standards Organization (ISO), 2004.
  - » ISO-4007 2018. *Personal protective equipment – Eye and face protection – Vocabulary*. 4007. Geneva, Switzerland: International Standards Organization (ISO), 2018.
  - » *J-100W 118MM premium: J-Halogenová žárovka lineární*. 2013. Dostupné také na: <https://www.ereka.cz/j-100w-118mm-premium-halogenova-zarovka-kanlux>
  - » JANDA, Martin. *Pozůstalost Ludlily Jandové. Grafické návrhy*.
  - » LESNIAKOVÁ, Petra. *Chemicko-technologický průzkum exteriérové mozaiky: Ludmila Jandová – Ptačí rodina, Litomyšl*. Univerzita Pardubice. Fakulta restaurování. Katedra chemické technologie. Litomyšl, 2016.
  - » MILIONOVÁ, BcA. Ivana. *Restaurování nástěnné malby na čelní stěně vítězného oblouku v kostele sv. Víta v Zahrádce. Průzkum nástěnných maleb pomocí UV luminiscence*. Litomyšl, 2017. Diplomová práce. Fakulta restaurování, Univerzita Pardubice. Vedoucí práce Mgr. art. Jan Vojtěchovský, Ph.D.
  - » NOVÁKOVÁ, Ing. Martina a Ing. Irena KUČEROVÁ, Ph.D. *Testování epoxidových pryskyřic vhodných pro spoj kov – sklo: Pojivo pro transfer skleněné mozaiky na kovový podklad*. VŠCHT. Fakulta chemické technologie. Ústav chemické technologie restaurování pamá-

tek. Praha, 2018.

- » PETRÁČEK, Vladimír. *Ústní sdělení ze dne 5. 6. 2017 v Děčíně.*
- » PLZÁK, Jindřich. Dokumentace mincí výpočetní fotografickou metodou RTI. *Numismatické listy*. 2016, 71(3/4), 169–174. Dostupné také na: [https://www.academia.edu/35147620/Dokumentace\\_minc%C3%AD\\_v%C3%AD\\_fotografickou\\_metodou\\_RTI](https://www.academia.edu/35147620/Dokumentace_minc%C3%AD_v%C3%AD_fotografickou_metodou_RTI).
- » RADA, CSc., Ing. Václav. *Teorie měření a regulace: snímače – principy 3* [online]. Na: Ústav technologie, mechanizace a řízení staveb, 2015. Vyhledáno 8. 3. 2020. Dostupné na: <https://www.fce.vutbr.cz/tst/rada.v/TMaR/t-mar-2015-p4p-tsn2-pr4.pdf>.
- » Remmers CZ, s. r. o. *Technický list. Číslo výrobku 0616: Antihygro*, 2018. Dostupné na: <http://m.rssg.cz/files/tl/pamatky/tl-0616-antihygro.pdf>
- » ŘÍHOVÁ, Vladislava. Osobní archiv fotografií děl Ludlily Jandové.
- » Schott AG, *Optical Filter Glass: Properties*, Germany 2015. Dostupné také na: [https://www.schott.com/advanced\\_optics/english/products/optical-components/optical-filters/optical-filter-glass/index.html](https://www.schott.com/advanced_optics/english/products/optical-components/optical-filters/optical-filter-glass/index.html).
- » SLINEY, DH. What is light? The visible spectrum and beyond. *Eye*. Londýn, 2016, 30(2), 222–229. DOI: PMID: PMC4763133. Dostupné také na: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4763133/>
- » ŠTAFEN, RNDr. Zdeněk. *Petrologické vyhodnocení hornin použitých na mozaice L. Jandové „Ptačí rodina“ na severní fasádě přístavku v Litomyšli, Lidické č. 913*. Choceň, 2016.
- » ŠTĚPÁNEK, Jaroslav. *Fotobiologická bezpečnost světelných zdrojů a osvětlovacích soustav*. Brno, 2014. Diplomová práce. FEKT VUT. Vedoucí práce Ing. Jan Škoda, Ph.D.
- » VAŘEJKOVÁ, Barbora. *Restaurátorský průzkum a dokumentace: Restaurování mozaiky Žena – květ*. Univerzita Pardubice. Fakulta Restaurování. Litomyšl, 2017.
- » X-RITE. *User manual: ColorChecker Passport*. Michigan: X-Rite. Dostupné také na: <https://www.xritephoto.com>
- » CARL ZEISS AG. *ZEISS T\* UV Filter*. Dostupné také na: <https://www.zeiss.com/content/dam/consumer-products/downloads/photography/datasheets/en/filter/datasheet-zeiss-uv-filter-en.pdf>.

### V.3 Databáze a internetové zdroje

- » ASTRONOMIK. *Astronomik Luminance filters L-1, L-2 and L-3* [online]. Vyhledáno 12. 5. 2020. Dostupné na: <https://www.astronomik.com/en/uv-und-ir-block-filter/luminance-filter-l-1-l-2-l-3.html>.

- » BAADER PLANETARIUM GMBH. *Baader UV/IR Cut / L-Filter 50.4 mm* [online]. Vyhledáno 3. 6. 2019. Dostupné na: <https://www.baader-planetarium.com/en/baader-uvir-cut--l-filter.html>
- » BAADER PLANETARIUM GMBH. *Baader U-Venus-Filter* [online]. Vyhledáno 3. 6. 2019. Dostupné na: [https://www.baader-planetarium.com/en/filters/baader-u-filter-\(venus-and-uv---350nm\).html](https://www.baader-planetarium.com/en/filters/baader-u-filter-(venus-and-uv---350nm).html).
- » Color temperature. Na: *Wikipedia: Otevřená encyklopedie* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2020. Vyhledáno 12. 9. 2020. Dostupné na: [https://en.wikipedia.org/wiki/Color\\_temperature](https://en.wikipedia.org/wiki/Color_temperature).
- » Digitální fotoaparát. Na: *Wikipedia: Otevřená encyklopedie* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2019. Vyhledáno 2. 5. 2019. Dostupné na: [https://cs.wikipedia.org/w/index.php?title=Digitáln%C3%AD\\_fotoaparát](https://cs.wikipedia.org/w/index.php?title=Digitáln%C3%AD_fotoaparát).
- » Filters Technical. *LDP LLC MaxMax* [online]. Vyhledáno 02. 05. 2019. Dostupné na <https://maxmax.com/filters/filter-technical-overview/>.
- » GEORGE, Doug. CCD versus CMOS: Which is Better? *Diffraction Limited* [online]. Kanada, 2018, 9. 4. 2018. Vyhledáno 8. 3. 2020. Dostupné na: <https://diffractionlimited.com/ccd-versus-cmos-better/>
- » HENDERSON, Roy a Wavelength CONSIDERATIONS. *Wayback Machine* [online]. Vyhledáno 31. 3. 2019. Dostupné z: [https://web.archive.org/web/20060717070417/http://info.tuwien.ac.at/iflt/safety/section1/1\\_1\\_1.htm](https://web.archive.org/web/20060717070417/http://info.tuwien.ac.at/iflt/safety/section1/1_1_1.htm)
- » CHMELÍK, Otto. *Vetřelci a volavky: Holubice míru* [online]. Vyhledáno 8. 11. 2018. Dostupné na: <http://www.vetrelciavolavky.cz/sochy/holubice-miru-3>.
- » Internal Cut Filter Transmission. *Kolari Vision* [online]. New Jersey. Vyhledáno 12. 04. 2019. Dostupné na: <https://kolarivision.com/articles/internal-cut-filter-transmission/>.
- » Informace o objektivu UV-Nikkor dostupné na: <https://www.mir.com.my/rb/photography/companies/nikon/nikkoresources/special/105UVmm.htm>.
- » IR and Lenses: What lenses are suitable for IR photography. *DPanswers.com: All about digital photography* [online]. 2006. Vyhledáno 18. 5. 2019. Dostupné na: [http://dpanswers.com/content/irphoto\\_lenses.php](http://dpanswers.com/content/irphoto_lenses.php).
- » Kolari Vision. *Kolari Vision UV Photography Filter, Ultraviolet Bandpass Transmission Lens Filter*. [online]. Vyhledáno 18. 2. 2020. Dostupné na: <https://kolarivision.com/product/uv-bandpass-lens-filter/>.
- » Lens Hotspot Database. *Kolari Vision* [online]. Vyhledáno 17. 8. 2020. Dostupné na: <https://kolarivision.com/lens-hotspot-database/>

ps://kolarivision.com/articles/lens-hotspot-list/.

- » *Life Pixel: Infrared Camera Conversions* [online]. USA Vyhledáno 20. 8. 2019 Dostupné na: <https://www.lifepixel.com>
- » Luminiscence. Na: *WikiSkripta* [online]. Praha: Univerzita Karlova, 2018. Vyhledáno 29. 4. 2019. Dostupné na: <https://www.wikiskripta.eu/index.php?title=Luminiscence&oldid=408793>.
- » Michaela Kněžů Knížová, Zuzana Křenková, Vladislava Říhová, Zuzana Zlámalová Cílová, Irena Kučerová, Michal Novák, Martin Zlámal. *Topografický výzkum exteriérových skleněných mozaik v ČR – odborná mapa se zaměřením na jejich výskyt a poškození*, [online]. FCHT VŠCHT Praha, Praha 2015. Dostupné na: <http://mozaika.vscht.cz/index.html>.
- » Objektiv. Na: *Wikipedia: Otevřená encyklopedie* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2019. Vyhledáno 3. 5. 2019. Dostupné na: <https://cs.wikipedia.org/w/index.php?title=Objektiv>.
- » Objevte svět infrafotografie. *DIGI Manie* [online]. Vyhledáno 18. 05. 2019. Dostupné na: <https://www.digimanie.cz/objevte-svet-infafotografie/3312-2>.
- » PIHAN, Roman. Vše o formátu RAW: 1.díl. *DIGI Manie* [online]. 19. 3. 2008. Vyhledáno 17. 2. 2020. Dostupné na: <https://www.digimanie.cz/vse-o-formatu-raw-1dil/2182>.
- » Spektrální citlivost lidského oka. Na: *WikiSkripta* [online]. Praha: Univerzita Karlova, 2018. Vyhledáno 28. 3. 2018. Dostupné na: [https://www.wikiskripta.eu/w/Spektr%C3%AD\\_citlivost\\_lidskeho\\_oka/](https://www.wikiskripta.eu/w/Spektr%C3%AD_citlivost_lidskeho_oka/).
- » Spectralon® Diffuse Reflectance Standards, *Labsphere*. North Sutton 2020. Vyhledáno 06. 01. 2020. Dostupné na: <https://www.labsphere.com/labsphere-products-solutions/materials-coatings-2/targets-standards/diffuse-reflectance-standards/diffuse-reflectance-standards/>.
- » SpyderCHECKR. *Datacolor* [online]. Vyhledáno 12. 2. 2018. Dostupné z: <https://www.datacolor.com/photography-design/product-overview/spyder-checkr-family/>
- » Světelnost objektivu. Na: *Wikipedia: Otevřená encyklopedie* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2019. Vyhledáno 31. 5. 2019. Dostupné na: [https://cs.wikipedia.org/w/index.php?title=Sv%C4%9Btelnost\\_objektivu](https://cs.wikipedia.org/w/index.php?title=Sv%C4%9Btelnost_objektivu).
- » *Topografický výzkum exteriérových skleněných mozaik v ČR – odborná mapa se zaměřením na jejich výskyt a poškození*, Jandová, Ludmila [online]. Vyhledáno 28. 10. 2016. Dostupné na: [http://mozaika.vscht.cz/data/autor\\_jandova\\_ludmila.html](http://mozaika.vscht.cz/data/autor_jandova_ludmila.html).
- » Transmission curve. *Millodot: Dictionary of Optometry and Visual Science, 7th edition* [online]. 2009. Vyhledáno 22. 8. 2020. Dostupné na: <https://medical-dictionary.thefreediction>



nary.com/transmission+curve.

- » Transmission curve. Na: *Wikipedia: Otevřená encyklopedie* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2019. Vyhledáno 22. 8. 2020. Dostupné na: [https://en.wikipedia.org/wiki/Transmission\\_curve](https://en.wikipedia.org/wiki/Transmission_curve).
- » *UV Innovations™* [online]. Vyhledáno 12. 3. 2017. Dostupné na: <https://www.uvinnovations.com>.
- » UV-VIS-IR. *LDP LLC MaxMax* [online]. Vyhledáno 02. 05. 2019. Dostupné na <https://maxmax.com/maincamerapage/uv-vis-ir/>.
- » UV Photography Compatible Lenses. *Kolari Vision* [online]. New Jersey 2017. Vyhledáno 18. 5. 2019. Dostupné na: <https://kolarivision.com/uv-photography-lens-compatibility/>.
- » *UVIROptics: Specialty Infrared and Ultraviolet Camera Filters* [online]. 2016. Vyhledáno 03. 06. 2019. Dostupné na: <http://www.uviroptics.com>.
- » *UVR Optics* [online]. 2019. Vyhledáno 03. 06. 2019. Dostupné na: <https://www.uvroptics.com>.
- » Vady objektivů. *Fotografování: Fotografie v praxi* [online]. 2005. Vyhledáno 6. 12. 2019. Dostupné na: <http://www.fotografovani.cz/vybirame/technologie1/vady-objektivu-151403cz>.
- » Which entry level filter for UV portraits? Na: *Ultraviolet Photography* [online]. 19. 3. 2020. Vyhledáno 15. 9. 2020. Dostupné na: <https://www.ultravioletphotography.com/content/index.php/topic/3790-which-entry-level-filter-for-uv-portraits/>.

## VI Seznam použitých symbolů a zkratek

§ – paragraf	DSLR – digitální zrcadlovka
° – stupeň	RGB – barevný zobrazovací prostor
°C – stupeň celsia	sRGB – barevný zobrazovací prostor
% – procento	ISO – mezinárodní standard
hm % – hmotnostní procento	ISO – (fotoaparát) označení citlivosti
& – ampersand, „et“, souřadící spojka a	fotografického materiálu
cca. – přibližně	F – clona
č. – číslo	FC – falešné barvy
Ibidem – tamtéž	IR – infračervený
např. – například	IRR – infračervená reflektografie
obr. – obrázek	IRRFC – falešné barvy infračervené
s. – strana	reflektografie
sv. – svatý	UV – ultrafialový
tab. – tabulka	UVF – viditelná fluorescence indukovaná
tzv. – takzvaně	ultrafialovým zářením
µm – mikrometr	UVL – viz UVF
nm – nanometr	UVR – ultrafialová reflektografie
cm – centimetr	UVRFC – falešné barvy ultrafialové
m – metr	reflektografie
ml – mililitr	UVA – ultrafialová oblast (315 – 400 nm)
µW – mikrowat	UVB – ultrafialová oblast (280 – 315 nm)
W – wat	UVC – ultrafialová oblast (100 – 280 nm)
K – kelvín	LED – dioda emitující světlo nebo záření
lm – lumen	
lm/W – lumen na wat	
SPD – spectral power distribution	
FChT – Fakulta chemické technologie	
Fr – Fakulta restaurování	
UPa – univerzita Pardubice	
JPEG – formát digitálního souboru	
DNG – formát digitálního souboru	
RAW – formát digitálního souboru	
TIFF – formát digitálního souboru	
CCD – typ světlocitlivého senzoru	
CMOS – typ světlocitlivého senzoru	

## VII Seznam tabulek

- Tab. 01: Přehled rozdělení elektromagnetického záření UV–VIS–IR podle normy ISO-21348–2004.
- Tab. 02: Přehled rozdělení barev viditelného spektra podle normy ISO-21348–2004.
- Tab. 03: Přehled RGB hodnot podle kalibračních postupů uvedených v příručce od AIC, v manuálu k tabulce *AIC PhD Target* a podle metodiky A. Cosentina.
- Tab. 04: Přehled pigmentů na referenčním panelu Obr. 24 str. 65.
- Tab. 05: Přehled základní pořízené fotografické techniky pro UV–VIS–IR širokospektrální fotografii.

## VIII Seznam obrazových a grafických příloh

- Obr. 01: Grafický přehled elektromagnetického spektra s vyznačenou oblastí zájmu UV–VIS–IR s příslušnými vlnovými délkami.
- Obr. 02: Prostupnost vybraných typů elektromagnetického záření jednotlivými vrstvami povrchu uměleckých děl.
- Obr. 03: Schéma snímání fotografie ve viditelném světle (VIS) modifikovaným digitálním fotoaparátem.
- Obr. 04: Schéma snímání infračervené reflektografie (IRR) pomocí modifikovaného digitálního fotoaparátu.
- Obr. 05: Schéma snímání ultrafialové reflektografie (UVR) pomocí modifikovaného digitálního fotoaparátu.
- Obr. 06: Jablonského diagramu zobrazující princip vzniku luminiscence.
- Obr. 07: Schéma snímání ultrafialové fluorescenční fotografie (UVF) pomocí modifikovaného digitálního fotoaparátu.
- Obr. 08: Anatomie světlocitlivého senzoru CMOS u DSLR kamery. Světlo pronikající objektivem je filtrováno přes IR/UV filtry a následně pomocí mikročoček a Baerovy masky nasměrováno na světlocitlivé diody. [Prutchi, 2016 – přeloženo]
- Obr. 09: CCD snímač (*Nikon D200*) s vnitřními filtry (vlevo) a po odstranění filtrů (vpravo). [Infrared and ultraviolet photography, dostupné na: <http://www.astrosurf.com/luxorion/photo-ir-uv.htm>]
- Obr. 10: Ohnisková vzdálenost a zorný úhel objektivů. [Objektiv – oko fotoaparátu, dostupné na: <https://dtpko.cz/clanky/objektiv-oko-fotoaparatu-dil-prvni/>]
- Obr. 11: Spektrální křivka IR blokačního filtru typu „hot mirror“ *MaxMax X-Nite CC1* [LDP LLC *MaxMax*. Dostupné na: <https://maxmax.com/filters> – upraveno a přeloženo].
- Obr. 12: Výřez z grafu filtrů X-Nite, porovnání tří spektrálních křivek infračervených filtrů X-Nite1000 s rozdílnou tloušťkou 1–3 mm. [Filters Technical, LDP LLC *MaxMax*].
- Obr. 13: Spektrální křivka interních filtrů u fotoaparátu Canon EOS 5D od Kolari Vision [Internal Cut Filter Transmission, Kolari Vision].
- Obr. 14: Spektrální křivka interních filtrů u fotoaparátu Canon EOS 300D (vlevo) a spektrální křivka interních filtrů u fotoaparátu Nikon D70 (vpravo) [Internal

*Cut Filter Transmission, Kolari Vision*].

- Obr. 15: Přehled spektrálních křivek infračervených propustných filtrů typu RG. [SCHOTT AG].
- Obr. 16: Spektrální křivka interferenčního Baader UV/IR cut filtru [Baader UV/IR Cut/L-Filter, Baader Planetarium GmbH].
- Obr. 17: Spektrální křivka UV blokačního filtru ZEISS T\* UV Filter [CARL ZEISS AG. ZEISS T\* UV Filter].
- Obr. 18: Černobílý kříž vhodný pro registraci jednotlivých obrazů mezi sebou.
- Obr. 19: Vybrané kalibrační tabulky a standardy, tabulka AIC PhD Target od AIC institutu (nahore), tabulka s referenčními cíli X-Rite ColorChecker Passport® od firmy X-rite (vlevo) a difúzně odrazivé standardy Spectralon od firmy Labsphere černo-bílé škály (vpravo) [WARDA, 2011.; SPECTRALON®, 2020.].
- Obr. 20: Hodnoty RGB pro šedou škálu cílů X-Rite ColorChecker Classic, Mini a Passport. Hodnoty RGB jsou založeny na barevném prostoru Adobe RGB (1998). [WARDA, 2011, s. 68.]. Hodnoty jsou uváděny z roku 2011, je dobré si zajistit hodnoty k aktuálně zakoupené tabulce, které se mohou lišit.
- Obr. 21: Porovnání transmisních křivek (vlevo) původních vnitřních filtrů digitálního fotoaparátu Canon EOS 80D a (vpravo) kombinace dvou externích filtrů MaxMax X-Nite CC1 a Astronomik L-3 UV-IR Block. [Kolari Vision: ICF Canon 80D; Měření transmittance viz II.9.3 str. 64].
- Obr. 22: Spektrální křivka výbojky UV 400 F/2 zářiče UVA SPOT 400 T od Hönle UV Technology. Výrobce uvádí, že tento zářič je opatřen filtrem a vyzařované spektrum je od 315 do 400 nm. [HÖNLE UV TECHNOLOGY. Operating manual: UVASPOT 400/T].
- Obr. 23: Přehled kalibračních nástrojů a referenčních tabulek na testovacích obrazech, 1) standard Spectralon s 99% odrazivostí; 2) X-RITE ColorChecker Passport Photo 2; 3) 15 referenčních pigmentů.
- Obr. 24: Referenční panel s pigmenty popsány v tabulce Tab. 04 str. 65.
- Obr. 25: Test úprav UV fotografie, 1) neupravená expozice, pouze převedena do černobílého prostoru; 2) obraz upraven podle pole N8 na X-RITE ColorChecker Passport Photo 2 na hodnoty sRGB 120±5 podle hodnot doporučených institutem AIC; 3) obraz upraven podle pole N8 na X-RITE ColorChecker Passport Photo 2 na hodnoty sRGB 50±5 podle hodnot doporučených A. Cosentinem.

- Obr. 26: Test úprav IR fotografie, 1) neupravená expozice, pouze převedena do černobílého prostoru; 2) obraz upraven podle pole N8 na *X-RITE ColorChecker Passport Photo 2* na hodnoty sRGB 200±5; 3) obraz upraven podle pole N8 na *X-RITE ColorChecker Passport Photo 2* na hodnoty sRGB 100±5.
- Obr. 27: Modul *Camera RAW CC 2020*, dialogové okno pro uložení do TIFF nebo JPEG formátu.
- Obr. 28: *Adobe Photoshop CC 2020*, přehled nahrazení jednotlivých kanálů při vytváření falešných barev UVRFC (vlevo) a IRRFC (vpravo). Výsledné testovací obrazy jsou v obrazové příloze na str. 143.
- Obr. 29: Přehled spektrálních křivek IR blokačních filtrů *Schott S8612, BG40, BG32* a *BG39 [UVIROPTICS]*. Spektrální křivka je závislostí transmittance (osa y) na vlnové délce záření (osa x, nm).
- Obr. 30: Přehled spektrálních křivek IR blokačních filtrů *MaxMax X-Nite*, především filtru *X-Nite CC1* (modrá křivka) [*Filters Technical, LDP LLC MaxMax*]. Spektrální křivka je závislostí transmittance (osa y) na vlnové délce záření (osa x, nm).
- Obr. 31: Přehled spektrální křivky UV/IR blokačního filtru *Baader UV/IR Cut/L-Filter* [*Baader UV/IR Cut/L-Filter, Baader Planetarium GmbH*]. Spektrální křivka je závislostí transmittance (osa y) na vlnové délce záření (osa x, nm).
- Obr. 32: Přehled spektrální křivky UV/IR blokačního filtru *Astronomik L1, L2, L3* [*ASTRONOMIK, Astronomik Luminance filters L-1, L-2 and L-3*]. Spektrální křivka je závislostí transmittance (osa y) na vlnové délce záření (osa x, nm).
- Obr. 33: Spektrální křivka UV blokačního filtru *ZEISS T\* UV Filter* [*CARL ZEISS AG, ZEISS T\* UV Filter*]. Spektrální křivka je závislostí transmittance (osa y) na vlnové délce záření (osa x, nm).
- Obr. 34: Přehled spektrálních křivek infračervených propustných filtrů *Schott* řady *RG: RG715, RG780, RG830, RG850* a *RG1000*. [*SCHOTT AG*]. Spektrální křivka je závislostí transmittance (osa y) na vlnové délce záření (osa x, nm).
- Obr. 35: Spektrální křivka UV propustného *Baader U-Venus 2"* filtru [*BAADER PLANETARIUM GMBH, Baader U-Venus-Filter*]. Spektrální křivka je závislostí transmittance (osa y) na vlnové délce záření (osa x, nm).
- Obr. 36: Spektrální křivka UV propustného filtru *LUV U 2*. [*UVIROPTICS*]. Spektrální křivka je závislostí transmittance (osa y) na vlnové délce záření (osa x, nm).
- Obr. 37: Spektrální křivka UV propustného *Kolari Vision UV Bandpass* filtru [*KOLARI VISION. Kolari Vision UV Photography Filter*]. Spektrální křivka je závislostí

transmitance (osa y) na vlnové délce záření (osa x, nm).

- Obr. 38: Spektrální křivka UV propustného filtru *StraightEdgeU Gen3* [UVROPTICS]. Spektrální křivka je závislostí transmitance (osa y) na vlnové délce záření (osa x, nm).
- Obr. 39: Spektrální křivky UV propustných filtrů které také částečně propouštějí IR záření, filtry *Hoya U 360* a *Schott UG1* v různých tloušťkách [UVIROPTICS]. Spektrální křivka je závislostí transmitance (osa y) na vlnové délce záření (osa x, nm).
- Obr. 40: Spektrální křivka UV propustného filtru *Hoya U 360* ve spojení s IR blokačním filtrem *Schott BG40*. [UVIROPTICS].
- Obr. 41: Spektrální křivka UV propustného filtru *Schott UG11* ve spojení s IR blokačním filtrem *Schott S8612*. [UVIROPTICS]. Spektrální křivka je závislostí transmitance (osa y) na vlnové délce záření (osa x, nm).
- Obr. 42: Spektrální křivky dvou filtrů, *MaxMax Xnite CCI* (šedá) a *Astronomik L-3 UV-IR Block* (oranžová) a jejich kombinace (modrá) pro snímání viditelné části spektra. Křivka byla změřena na Katedře polygrafie a fotofyziky Univerzity Pardubice pro účely experimentální práce.
- Obr. 43: Spektrální křivky infračervených pass filtrů *Heliopan RG780* (oranžová), *RG830* (šedá) a filtru *MaxMax X-Nite 1000 B* (žlutá), pro fotografie infračervené reflexe. Filtr propouští hraniční oblast citlivosti digitálního fotoaparátu. Křivka byla změřena na Katedře polygrafie a fotofyziky Univerzity Pardubice pro účely experimentální práce.
- Obr. 44: Spektrální křivka filtru *Baader U Venus 2*“ filtr pro snímání ultrafialové reflexe. Křivka byla změřena na Katedře polygrafie a fotofyziky Univerzity Pardubice pro účely experimentální práce.
- Obr. 45: Sada šesti obrazů spektrální fotografie s kalibračními nástroji, standard *Spectralon* s 99% odrazivostí, *X-RITE ColorChecker Passport Photo 2* a 15 referenčními pigmenty, 1) fotografie ve viditelném světle (VIS); 2) IR fotografie (IRR); 3) UV fotografie (UVR); 4) falešné barvy IR fotografie (IRRFC); 5) falešné barvy UV fotografie (UVRFC).
- Obr. 46: Sada čtyř obrazů spektrální fotografie IRR s kalibračními nástroji, standard *Spectralon* s 99% odrazivostí, *X-RITE ColorChecker Passport Photo 2* a 15 referenčními pigmenty, 1) IR fotografie s filtrem *RG 830* (IRR830); 2) falešné barvy IR fotografie ze snímku s použitým filtrem *RG830* (IRRFC830); 3) IR fotografie s filtrem *X-Nite 1000 B* (IRR1000); 4) falešné barvy IR fotografie ze

snímku s použitým filtrem *X-Nite 1000 B* (IRRFC1000).

- Obr. 47: Skleněná mozaika s motivem racka – celkový pohled na mozaiku před restaurováním. Původní umístění na stěně schodišťové haly dolní stanice lanovky na Pastýřskou stěnu v Děčíně.
- Obr. 48: Skleněná mozaika s motivem racka – detail zvlněného povrchu mozaiky v důsledku degradované dřevotřískové podložky.
- Obr. 49: Skleněná mozaika s motivem racka – detail povrchu mozaikových kostek s odlupujícími se šupinami epoxidové pryskyřice, použité jako finální povrchový lak.
- Obr. 50: Skleněná mozaika s motivem racka – detail degradované epoxidové pryskyřice s odlupujícími se mozaikovými kostkami.
- Obr. 51: Skleněná mozaika s motivem racka – detail dolní části mozaikového výjevu – bílé usazeniny, korodovaný ocelový rám, úplná ztráta mozaikových kostek.
- Obr. 53: Skleněná mozaika s motivem racka – celkový pohled na mezipatro schodišťové haly, kde byla mozaika původně umístěna.
- Obr. 52: Skleněná mozaika s motivem racka – pohled na zadní stranu dřevotřískového panelu po sejmutí ze stěny.
- Obr. 55: Skleněná mozaika s motivem racka – celkový pohled na zajištění mozaiky gázovým přelepem.
- Obr. 54: Skleněná mozaika s motivem racka – detail zadní strany panelu – zbytky kovového zavěšovacího systému a degradovaná dřevotřísková deska.
- Obr. 56: Skleněná mozaika s motivem racka – celkový pohled na mozaiku v průběhu odstraňování dřevotřískové desky a epoxidového lepu (rubová strana).
- Obr. 57: Skleněná mozaika s motivem racka – detail mozaiky v průběhu odstraňování dřevotřískové desky a epoxidového lepu. Na odloupnutém dílu lze pozorovat kresbu tužkou a rozdílné zbarvení epoxidové pryskyřice (rubová strana).
- Obr. 58: Skleněná mozaika s motivem racka – detail mozaiky v průběhu odstraňování dřevotřískové desky – viditelný zkorodovaný vrut upevňující ocelový rám.
- Obr. 59: Skleněná mozaika s motivem racka – detail místa s kostkami uvolněnými během mechanického odstraňování epoxidové pryskyřice (rubová strana).
- Obr. 60: Skleněná mozaika s motivem racka – jednotlivé uvolněné mozaikové kostky přenesené na karton a uspořádané dle jejich původní pozice.
- Obr. 61: Skleněná mozaika s motivem racka – přelep z japonského papíru na očištěné



rubové straně.

- Obr. 62: Skleněná mozaika s motivem racka – snímání gázového přelepu z lícové strany.
- Obr. 63: Skleněná mozaika s motivem racka – grafické vyznačení úplné ztráty mozaikových kostek.
- Obr. 64: Skleněná mozaika s motivem racka – celkový pohled na lícovou (pohledovou) stranu mozaiky po očištění.
- Obr. 65: Skleněná mozaika s motivem racka – postup doplnění chybějících částí mozaiky u defektu č. 14 – (zleva) místo se ztrátou kostek, připravený díl s doplňkem, místo po provedení rekonstrukce.
- Obr. 66: Skleněná mozaika s motivem racka – zkouška stanovení množství epoxidové pryskyřice (zleva): 0,5 mm, 1 mm, 2 mm. U posledních dvou zkoušek lze pozorovat nežádoucí přilepení japonského papíru.
- Obr. 67: Skleněná mozaika s motivem racka – vyplnění mezery mezi voštinovou deskou a rámem pomocí transparentního modifikovaného polymeru *Ceresit FT 101*.
- Obr. 68: Skleněná mozaika s motivem racka – překrytí šroubů upevňujících zavěšovací systém pomocí hliníkové fólie.
- Obr. 69: Skleněná mozaika s motivem racka – rovnoměrná aplikace epoxidové pryskyřice *HXTAL NYL-1*.
- Obr. 70: Skleněná mozaika s motivem racka – nežádoucí proniknutí epoxidové pryskyřice skrz spáry mezi kostkami do papírového přelepu.
- Obr. 71: Skleněná mozaika s motivem racka – epoxidová pryskyřice na povrchu skleněných kostek.
- Obr. 72: Skleněná mozaika s motivem racka – zkouška čištění čerstvé epoxidové pryskyřice pomocí buničínového tampónu smočeného v xylenu (očištěné kostky jsou matné, to naznačuje nepřítomnost pryskyřice).
- Obr. 73: Skleněná mozaika s motivem racka – celkový pohled na mozaiku po restaurování.
- Obr. 74: Skleněná mozaika s motivem racka – detail motivu racka po restaurování.
- Obr. 75: Skleněná mozaika s motivem racka – stav po restaurování místa úplné ztráty mozaikových kostek v nejvíce poškozené dolní části výjevu po provedení rekonstrukce.
- Obr. 76: Historická fotografie mozaikového výjevu s rackem před osazením v mezipatře schodišťové haly dolní stanice lanovky na vyhlídku Pastýřská stěna [*Osobní archiv Vladimíra Petráčka*].

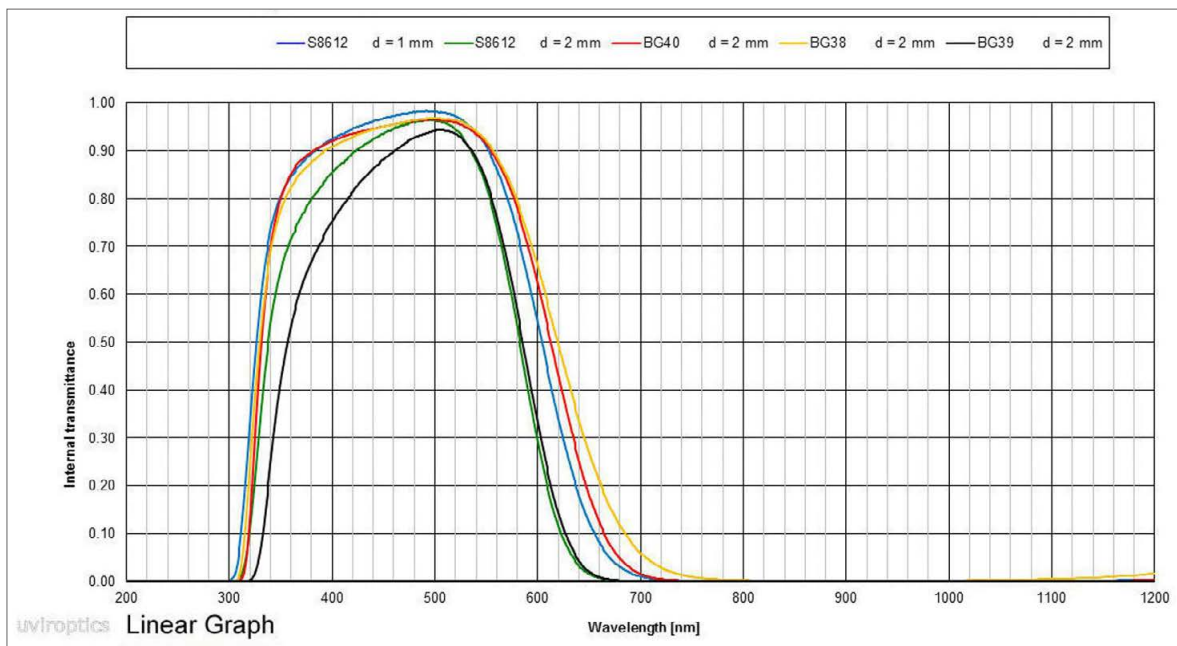
- Obr. 77: Kamenná mozaika Ptačí rodina – celkový pohled na mozaiku před restaurováním na severní přístavbě činžovního domu v Litomyšli.
- Obr. 78: Kamenná mozaika Ptačí rodina – stav před restaurováním, detail střední části mozaiky hlav ptáků.
- Obr. 79: Kamenná mozaika Ptačí rodina – stav před restaurováním, detail horní části mozaiky ocasu ptáka přilétajícího shora.
- Obr. 80: Kamenná mozaika Ptačí rodina – přehled poškození a doplňkových či tvůrčích zásahů autorky: 1 – poškození až ztráta opukových kamenů, 2 – zvětrávání opukových kamenů osazených na kolmo k loži, 3 – trhliny v osazovací maltě mozaiky, 4 – první menšinová cementová malta (teplá šedá), 5 – druhá menšinová jemnozrnná cementová malta (studená šedá), 6 – bílý zákal na odhalené menšinové osazovací maltě, 7 – světle okrový polymerní materiál strukturálně pojící odlupující se opuku.
- Obr. 81: Kamenná mozaika Ptačí rodina – přehled použitých materiálů: 1 – černá metamorfovaná hornina (amfibolit/amfibolová břidlice/lydit), 2 – načervenalý a šedočerný granitoid, 3 – opuka, 4 – pálená cihla, 5 – červeno-růžovým nátěrem opatřené kusy omítky, 6 – světlý mramor, 7 – černé skleněné korálky.
- Obr. 82: Kamenná mozaika Ptačí rodina – proces přenášení otisků mozaikových kostek na transparentní fólii.
- Obr. 83: Kamenná mozaika Ptačí rodina – průběh redukce původní ložné malty, bílé štítky s čísly označují uvolněné mozaikové kameny.
- Obr. 84: Kamenná mozaika Ptačí rodina – připravené opukové kameny.
- Obr. 85: Kamenná mozaika Ptačí rodina – průběh osazování opukových kamenů do nového maltového lože.
- Obr. 86: Kamenná mozaika Ptačí rodina – detail obnažené ocelové armatury v horní levé části mozaikového výjevu.
- Obr. 87: Kamenná mozaika Ptačí rodina – detail obnažené ocelové armatury ve střední pravé části mozaikového výjevu.
- Obr. 88: Kamenná mozaika Ptačí rodina – detail malty zpevněné armovací mřížkou v horní levé části mozaikového výjevu.
- Obr. 89: Kamenná mozaika Ptačí rodina – detail malty zpevněné armovací mřížkou ve střední pravé části mozaikového výjevu.
- Obr. 90: Kamenná mozaika Ptačí rodina – detail po osazení mozaikových kamenů

v místě obnažené ocelové armatury v horní levé části mozaikového výjevu.

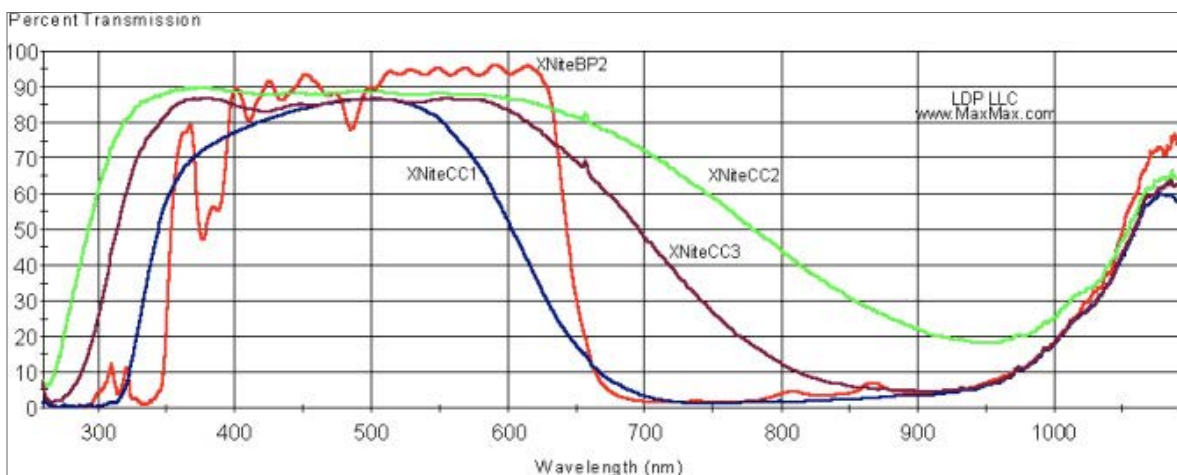
- Obr. 91: Kamenná mozaika Ptačí rodina – detail po osazení mozaikových kamenů v místě obnažené ocelové armatury ve střední pravé části mozaikového výjevu.
- Obr. 92: Kamenná mozaika Ptačí rodina – celkový pohled na mozaikový výjev po doplnění všech mozaikových kamenů.
- Obr. 93: Kamenná mozaika Ptačí rodina – průběh čištění mozaikových kamenů, a) cihlové kostky před očištěním s bílým filmem, b) cihlové kostky po očištění 2% (hm.) kys. citronovou.
- Obr. 94: Kamenná mozaika Ptačí rodina – celkový pohled na mozaiku po restaurování.
- Obr. 95: Kamenná mozaika Ptačí rodina – stav po restaurování, detail střední části mozaiky hlav ptáků.
- Obr. 96: Kamenná mozaika Ptačí rodina – stav po restaurování, detail horní části mozaiky – ocas ptáka přilétajícího shora.
- Obr. 97: Kamenná mozaika Ptačí rodina – stav po restaurování, detail spodní části mozaiky hnízda se dvěma vejci.
- Obr. 98: Kamenná mozaika Ptačí rodina – stav po restaurování, detail horní části mozaiky křídla horní holubice – změna barevnosti opuky.
- Obr. 99: Historická fotografie z prvního osazování mozaiky s motivem Ptačí rodina na západní fasádu činžovního domu [BRÝDL, Miroslav. *Osobní archiv*].
- Obr. 100: Historická fotografie dokumentující pravděpodobně stavební úpravy na zahradě, v pozadí osazená mozaika s motivem Ptačí rodina [BRÝDL, Miroslav. *Osobní archiv*].
- Obr. 101: Historická fotografie z prvního osazování mozaiky s motivem Ptačí rodina na západní fasádu činžovního domu – detail mozaiky použitý při rozboru velikosti a tvarů opukových kamenů (vlevo) [BRÝDL, Miroslav. *Osobní archiv*].
- Obr. 102: Historická fotografie mozaiky s motivem Ptačí rodina již z období po přemístění na severní stěnu přístavby – detail mozaiky (vpravo) [BRÝDL, Miroslav. *Osobní archiv*].
- Obr. 103: Kamenná mozaika „Hnízdo“ pro halu základní školu v Křenově, č. p. 141. Ovál 130 × 280 cm. Autor: ak. mal. Ludmila Jandová, 1966. [ŘÍHOVÁ, Vladislava. *Osobní archiv*].
- Obr. 104: Návrh mozaiky „Hnízdo“ pro halu základní školy v Křenově. Autor: ak. mal. Ludmila Jandová. [JANDA, Martin. *Pozůstalost Ludlily Jandové*].

- Obr. 105: Kamenná mozaika ze soukromého domu Jandových v Osíku. Autor: ak. mal. Ludmila Jandová. [ŘÍHOVÁ, Vladislava. *Osobní archiv (foto: Jana Nádvorníková)*].
- Obr. 106: Kamenná mozaika „Let ptáků“ pro interiér projekčního střediska ZPA Jičín v Čakovicích. 263 × 600 cm. Autor: ak. mal. Ludmila Jandová, 1979. [ŘÍHOVÁ, Vladislava. *Osobní archiv*].
- Obr. 107: Grafický zakres: přehled odebraných vzorků pro chemicko-technologický průzkum na mozaice s motivem Ptačí rodina.
- Obr. 108: Grafický zakres: přehled použitých mozaikových kostek na mozaice s motivem Ptačí rodina.
- Obr. 109: Grafický zakres: přehled použitých druhů malt (pouze menšinových, převažující osazovací malta není zakreslena) na mozaice s motivem Ptačí rodina.
- Obr. 110: Grafický zakres: poškození na mozaice s motivem Ptačí rodina.

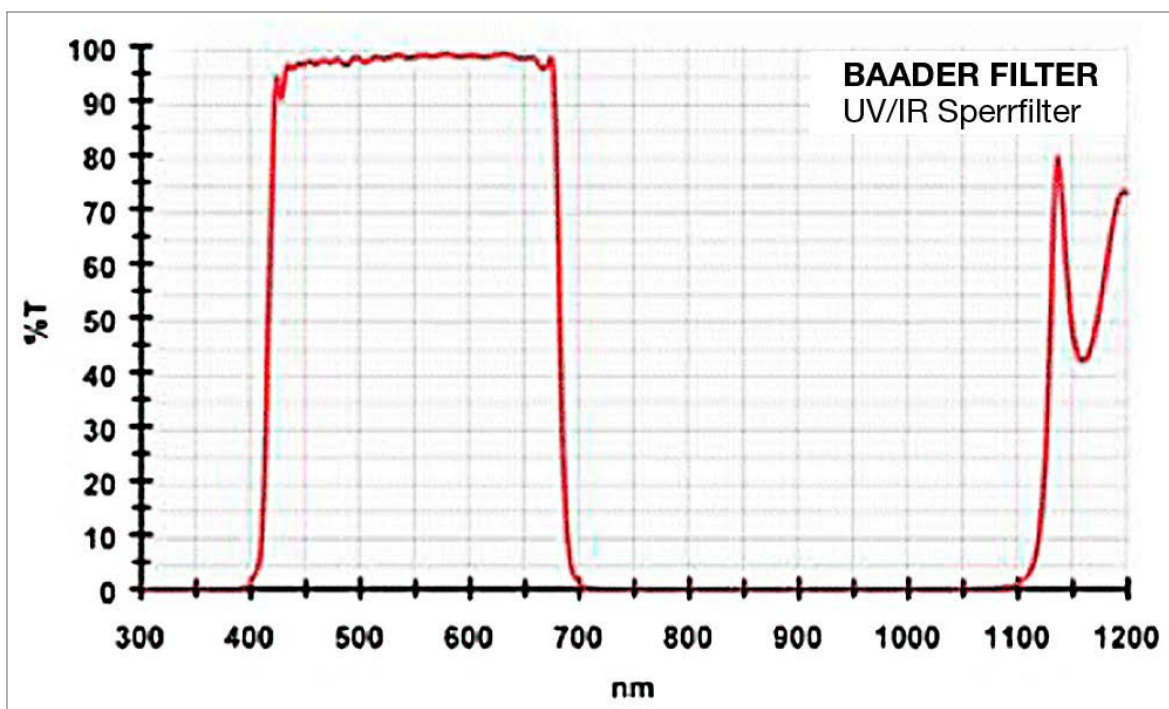
## VIII.1 Obrazová příloha teoretické části



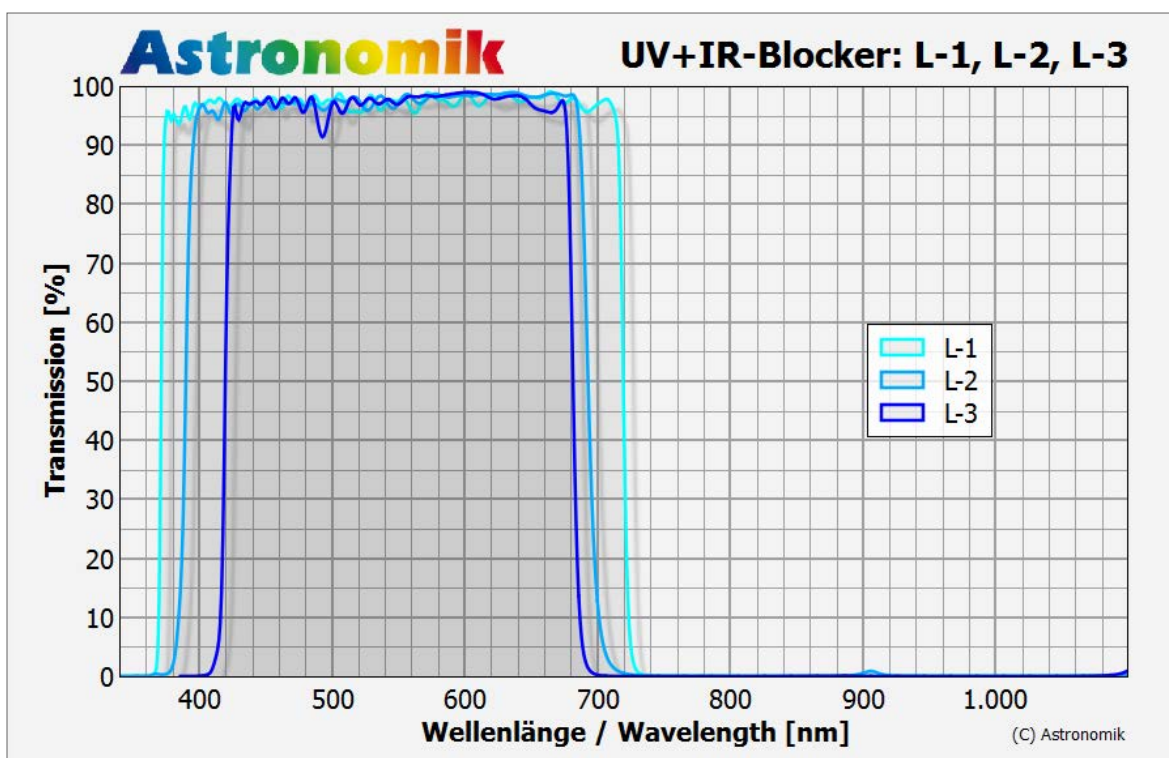
**Obr. 29:** Přehled spektrálních křivek IR blokačních filtrů *Schott* S8612, BG40, BG32 a BG39 [UVIROPTICS]. Spektrální křivka je závislostí transmittance (osa y) na vlnové délce záření (osa x, nm).



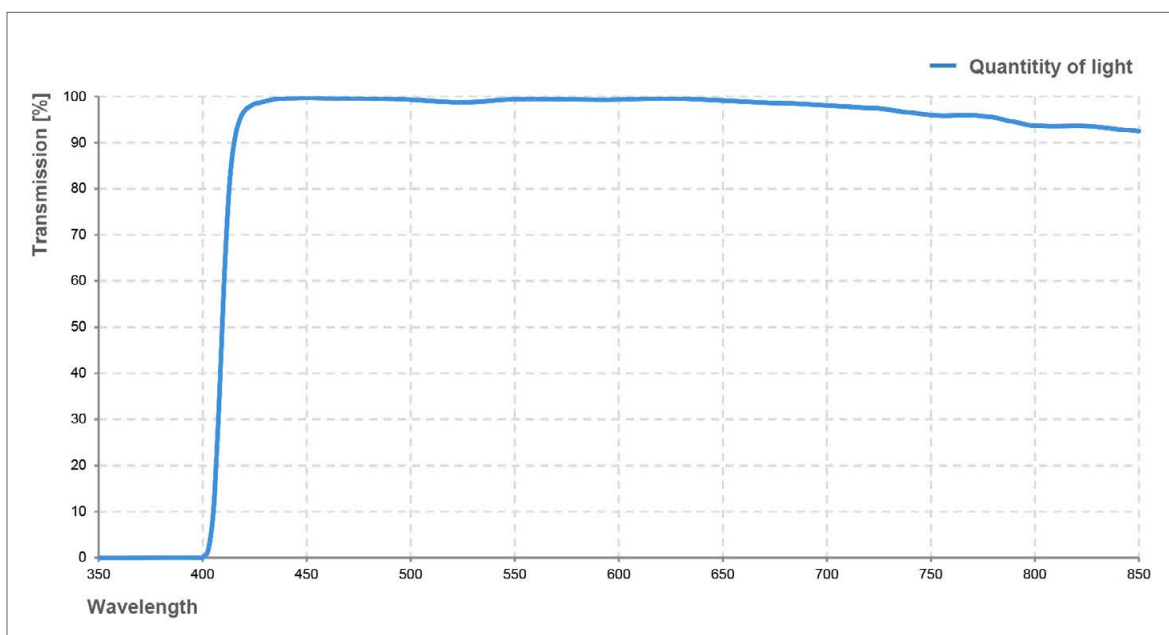
**Obr. 30:** Přehled spektrálních křivek IR blokačních filtrů *MaxMax X-Nite*, především filtru X-Nite CC1 (modrá křivka) [Filters Technical, LDP LLC MaxMax]. Spektrální křivka je závislostí transmittance (osa y) na vlnové délce záření (osa x, nm).



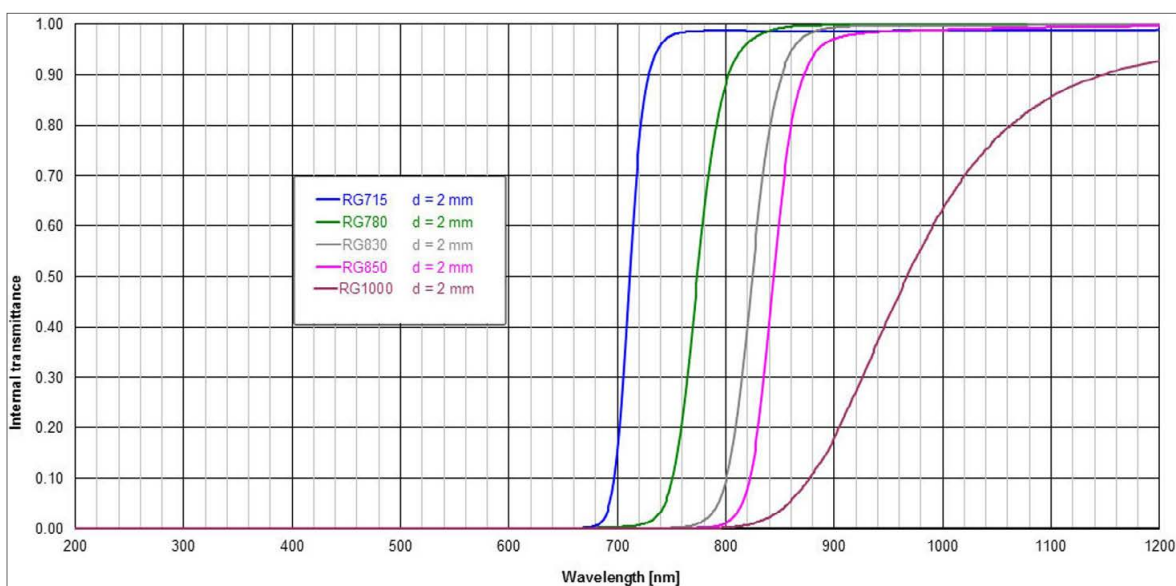
**Obr. 31:** Přehled spektrální křivky UV/IR blokačního filtru *Baader UV/IR Cut/L-Filter* [*Baader UV/IR Cut/L-Filter, Baader Planetarium GmbH*]. Spektrální křivka je závislostí transmittance (osa y) na vlnové délce záření (osa x, nm).



**Obr. 32:** Přehled spektrální křivky UV/IR blokačního filtru *Astronomik L1, L2, L3* [*ASTRONOMIK, Astronomik Luminance filters L-1, L-2 and L-3*]. Spektrální křivka je závislostí transmittance (osa y) na vlnové délce záření (osa x, nm).

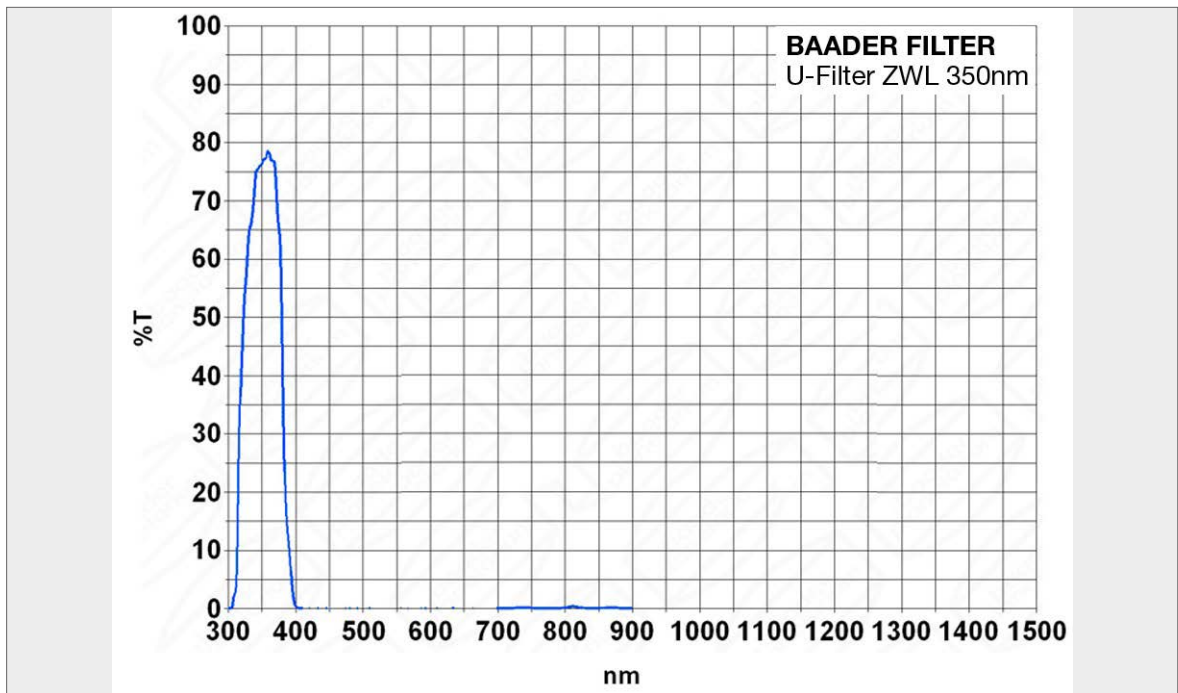


**Obr. 33:** Spektrální křivka UV blokačního filtru ZEISS T\* UV Filter [CARL ZEISS AG, ZEISS T\* UV Filter]. Spektrální křivka je závislostí transmittance (osa y) na vlnové délce záření (osa x, nm).

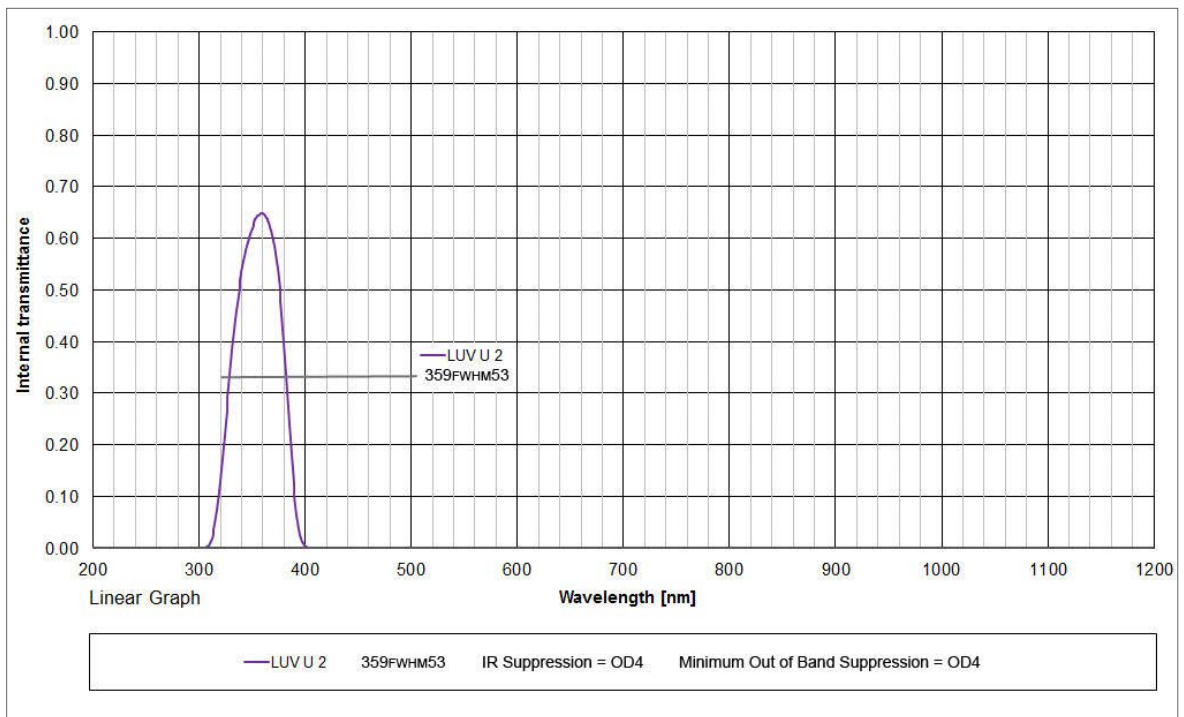


**Obr. 34:** Přehled spektrálních křivek infračervených propustných filtrů Schott řady RG: RG715, RG780, RG830, RG850 a RG1000. [SCHOTT AG]. Spektrální křivka je závislostí transmittance (osa y) na vlnové délce záření (osa x, nm).

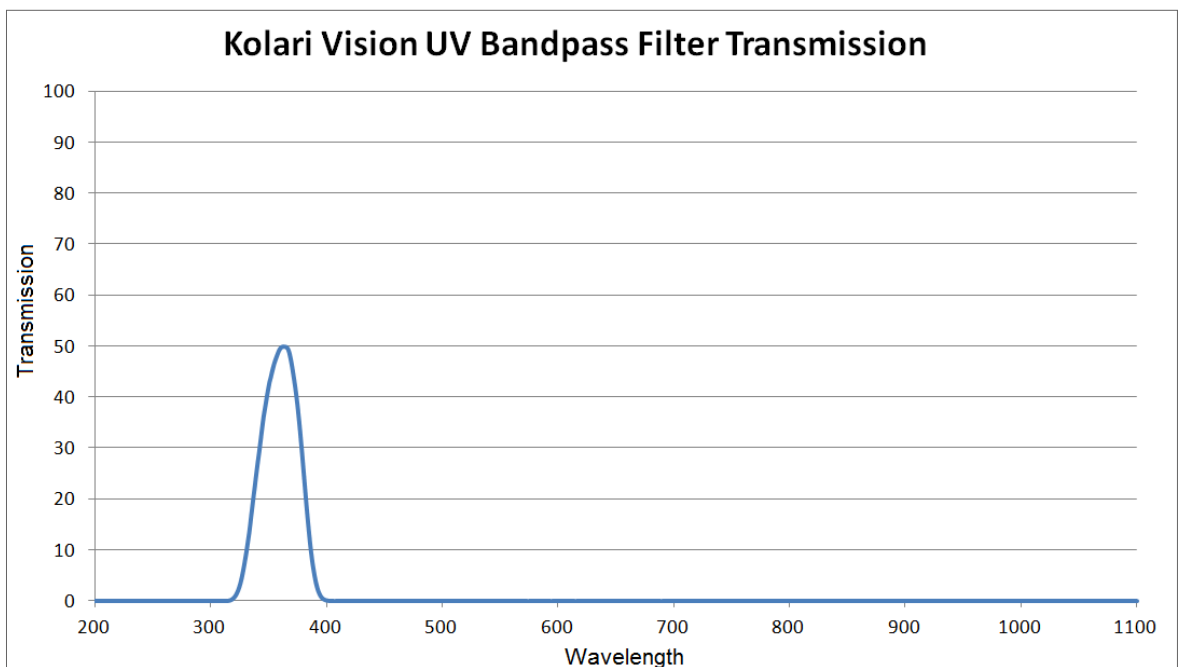




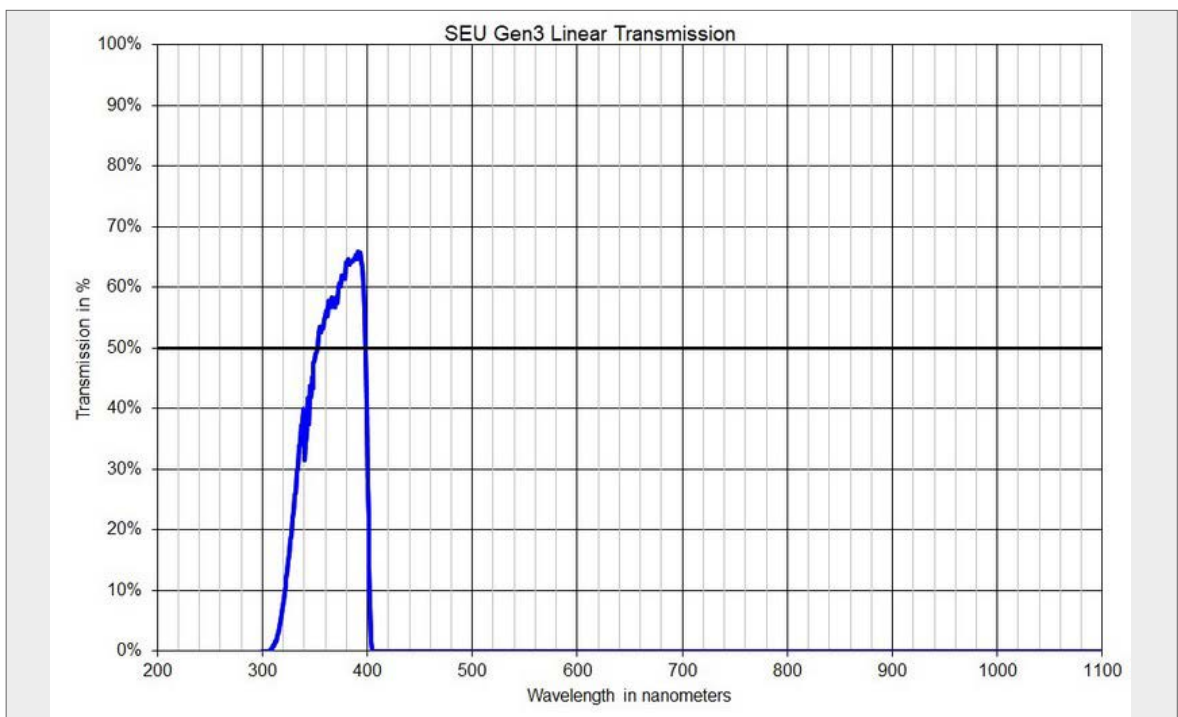
**Obr. 35:** Spektrální křivka UV propustného Baader U-Venus 2" filtru [BAADER PLANETARIUM GMBH, Baader U-Venus-Filter]. Spektrální křivka je závislostí transmittance (osa y) na vlnové délce záření (osa x, nm).



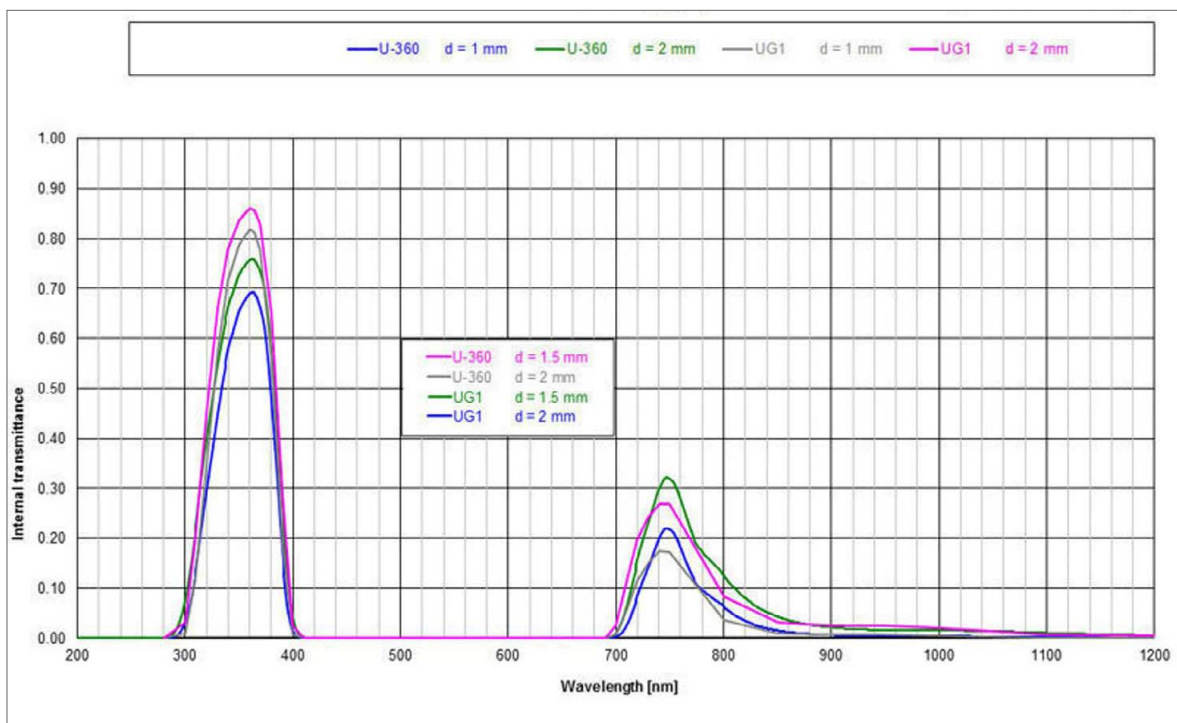
**Obr. 36:** Spektrální křivka UV propustného filtru LUV U 2. [UVI OPTICS]. Spektrální křivka je závislostí transmittance (osa y) na vlnové délce záření (osa x, nm).



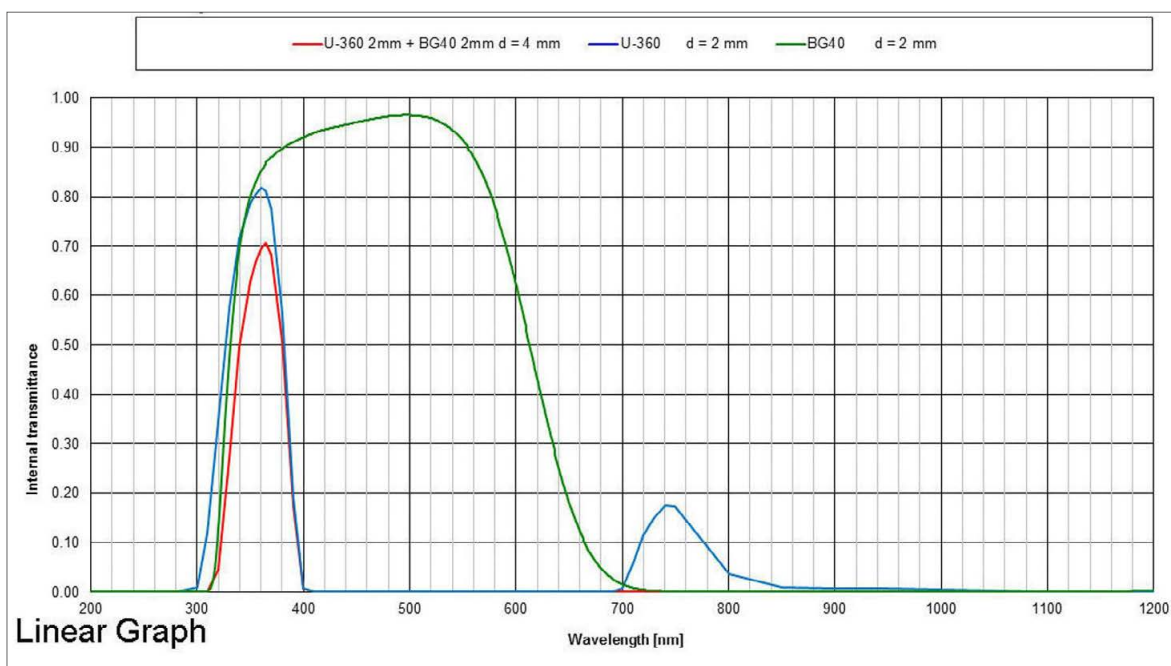
**Obr. 37:** Spektrální křivka UV propustného *Kolari Vision UV Bandpass* filtru [KOLARI VISION. *Kolari Vision UV Photography Filter*]. Spektrální křivka je závislostí transmittance (osa y) na vlnové délce záření (osa x, nm).



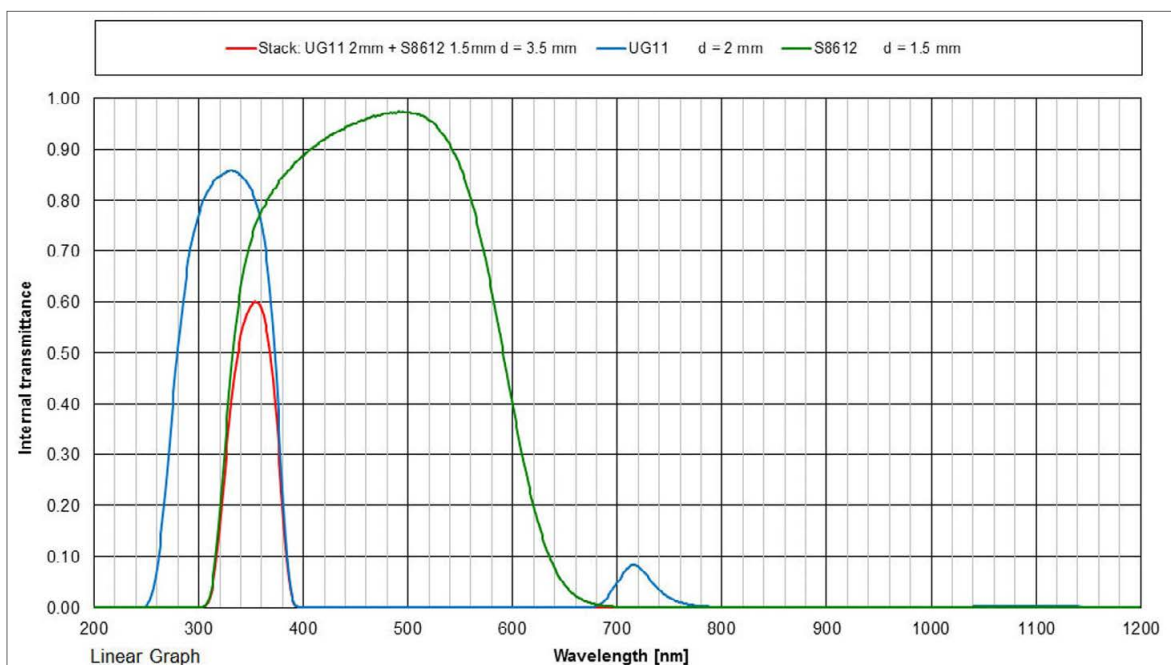
**Obr. 38:** Spektrální křivka UV propustného filtru *StraightEdgeU Gen3* [UVROPTICS]. Spektrální křivka je závislostí transmittance (osa y) na vlnové délce záření (osa x, nm).



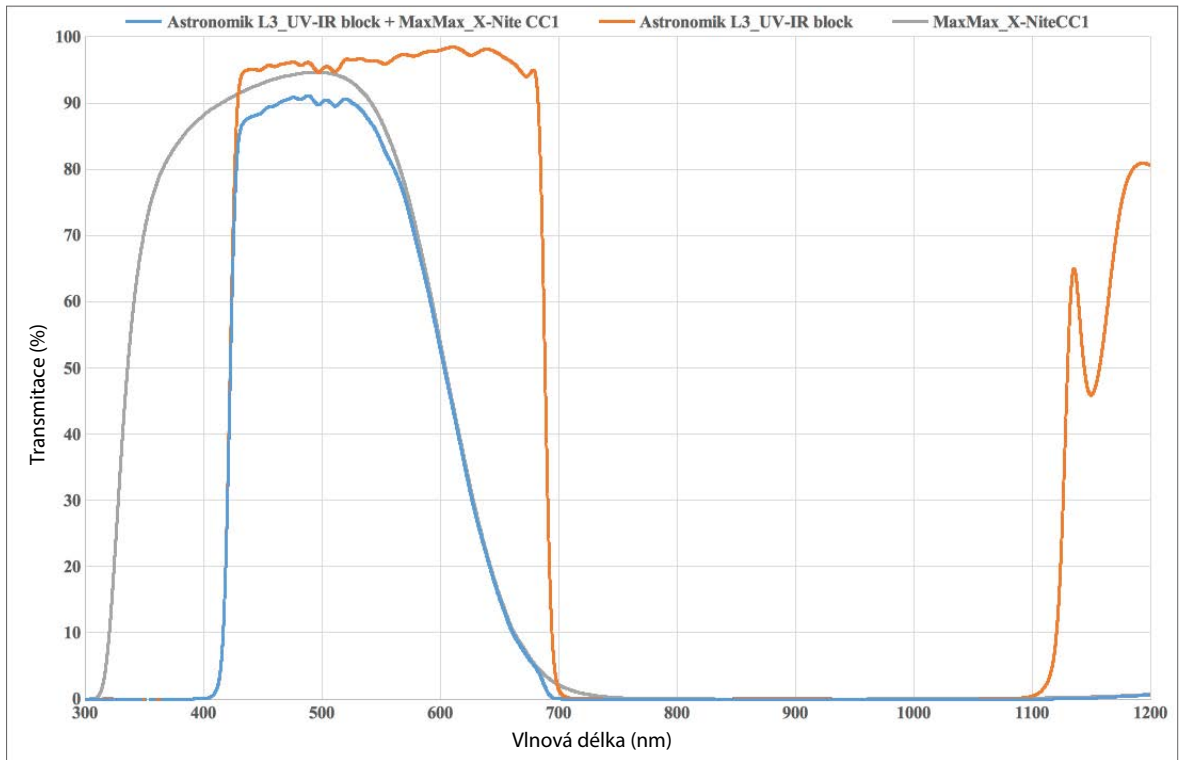
**Obr. 39:** Spektrální křivky UV propustných filtrů které také částečně propouštějí IR záření, filtry *Hoya U 360* a *Schott UG1* v různých tloušťkách [UVIROPICS]. Spektrální křivka je závislostí transmittance (osa y) na vlnové délce záření (osa x, nm).



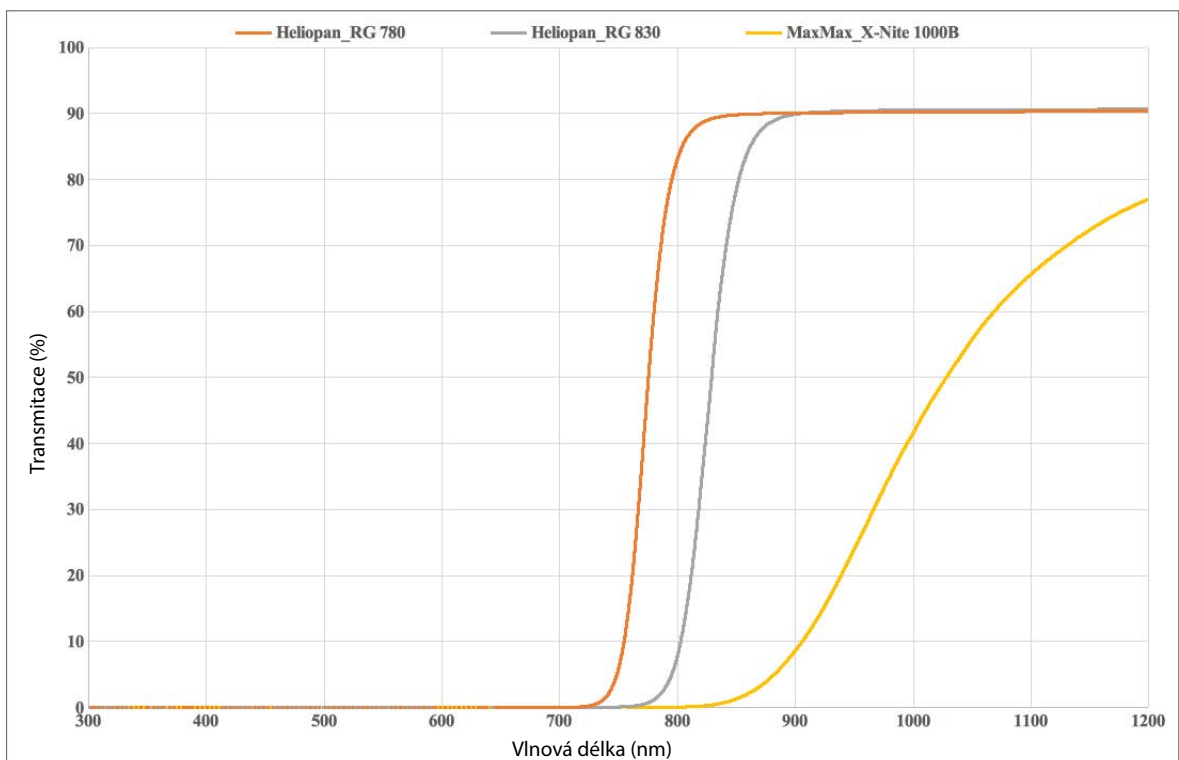
**Obr. 40:** Spektrální křivka UV propustného filtru *Hoya U 360* ve spojení s IR blokačním filtrem *Schott BG40*. [UVIROPICS].



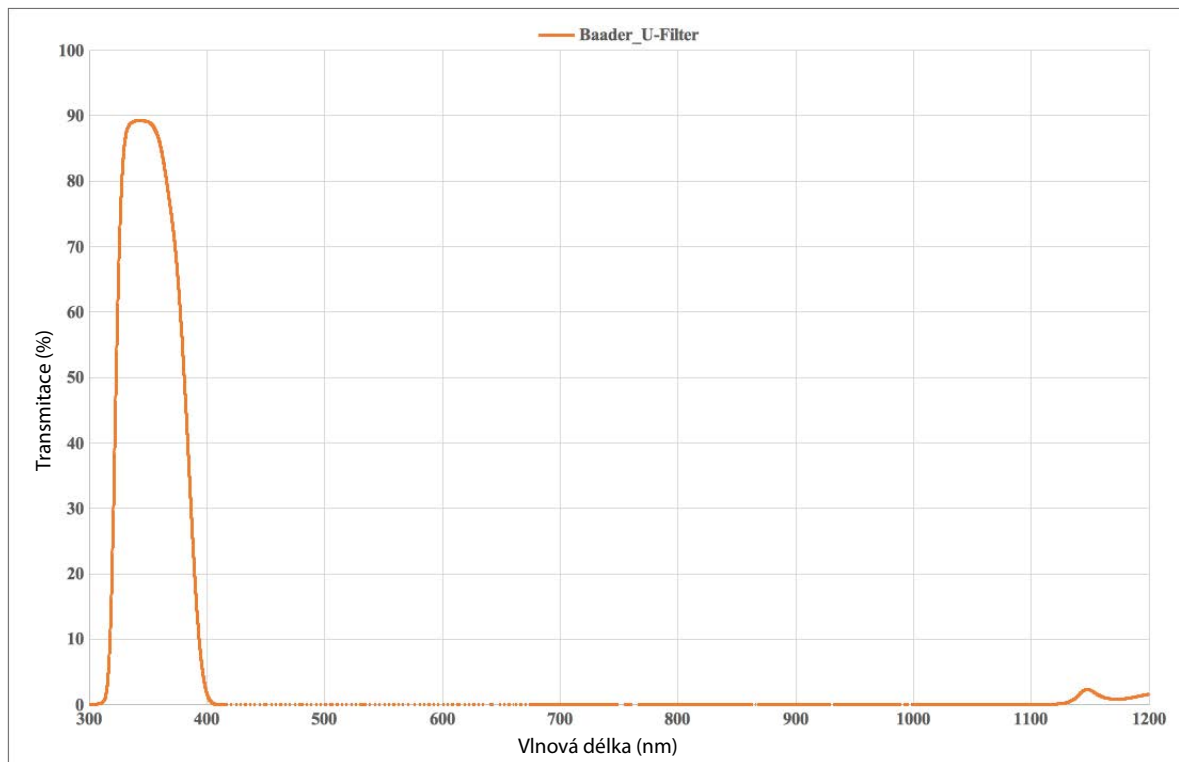
**Obr. 41:** Spektrální křivka UV propustného filtru *Schott UG11* ve spojení s IR blokačním filtrem *Schott S8612*. [UVIROPICS]. Spektrální křivka je závislostí transmittance (osa y) na vlnové délce záření (osa x, nm).



**Obr. 42:** Spektrální křivky dvou filtrů, *MaxMax Xnite CC1* (šedá) a *Astronomik L-3 UV-IR Block* (oranžová) a jejich kombinace (modrá) pro snímání viditelné části spektra. Křivka byla změřena na Katedře polygrafie a fotofyziky Univerzity Pardubice pro účely experimentální práce.



**Obr. 43:** Spektrální křivky infračervených pass filtrů *Heliopan RG780* (oranžová), *RG830* (šedá) a filtru *MaxMax X-Nite 1000 B* (žlutá), pro fotografie infračervené reflexe. Filtr propouští hraniční oblast citlivosti digitálního fotoaparátu. Křivka byla změřena na Katedře polygrafie a fotofyziky Univerzity Pardubice pro účely experimentální práce.



**Obr. 44:** Spektrální křivka filtru *Baader U Venus 2"* filtr pro snímání ultrafialové reflexe. Křivka byla změřena na Katedrě polygrafie a fotofyziky Univerzity Pardubice pro účely experimentální práce.



**Obr. 45:** Sada šesti obrazů spektrální fotografie s kalibračními nástroji, standard *Spectralon* s 99% odrazivostí, *X-RITE ColorChecker Passport Photo 2* a 15 referenčními pigmenty, 1) fotografie ve viditelném světle (VIS); 2) IR fotografie (IRR); 3) UV fotografie (UVR); 4) falešné barvy IR fotografie (IRRFC); 5) falešné barvy UV fotografie (UVRFC).



**Obr. 46:** Sada čtyř obrazů spektrální fotografie IRR s kalibračními nástroji, standard *Spectralon* s 99% odrazivostí, *X-RITE ColorChecker Passport Photo 2* a 15 referenčními pigmenty, 1) IR fotografie s filtrem *RG 830* (IRR830); 2) falešné barvy IR fotografie ze snímku s použitým filtrem *RG830* (IRRFC830); 3) IR fotografie s filtrem *X-Nite 1000 B* (IRR1000); 4) falešné barvy IR fotografie ze snímku s použitým filtrem *X-Nite 1000 B* (IRRFC1000).

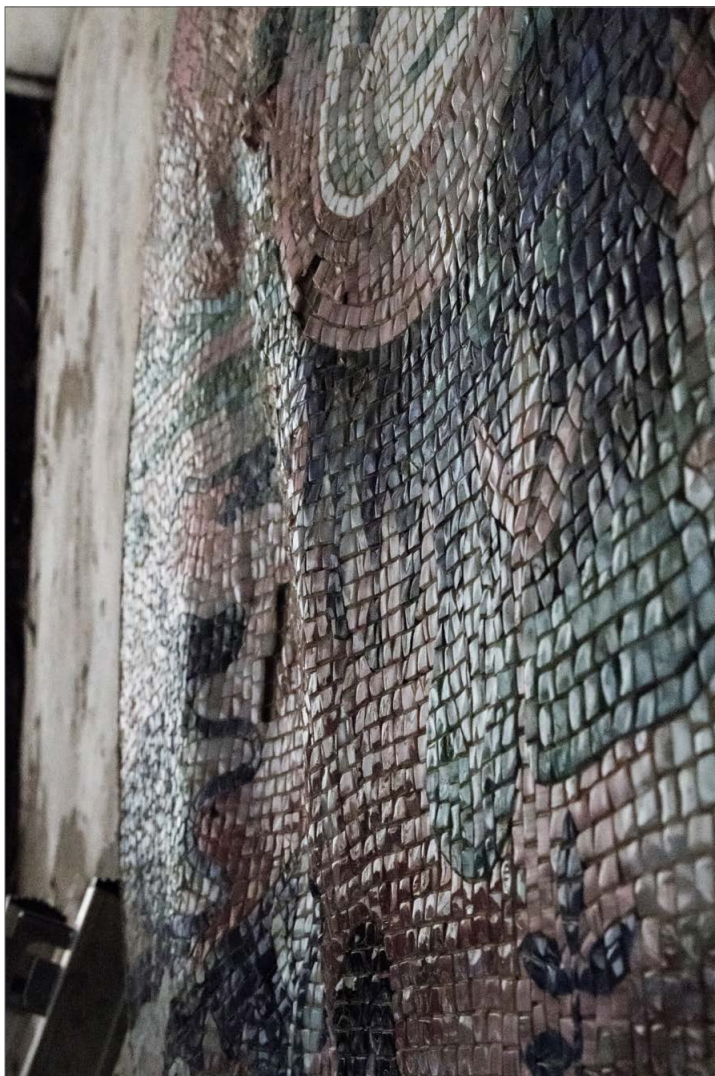


## VIII.2 Obrazová příloha praktické části

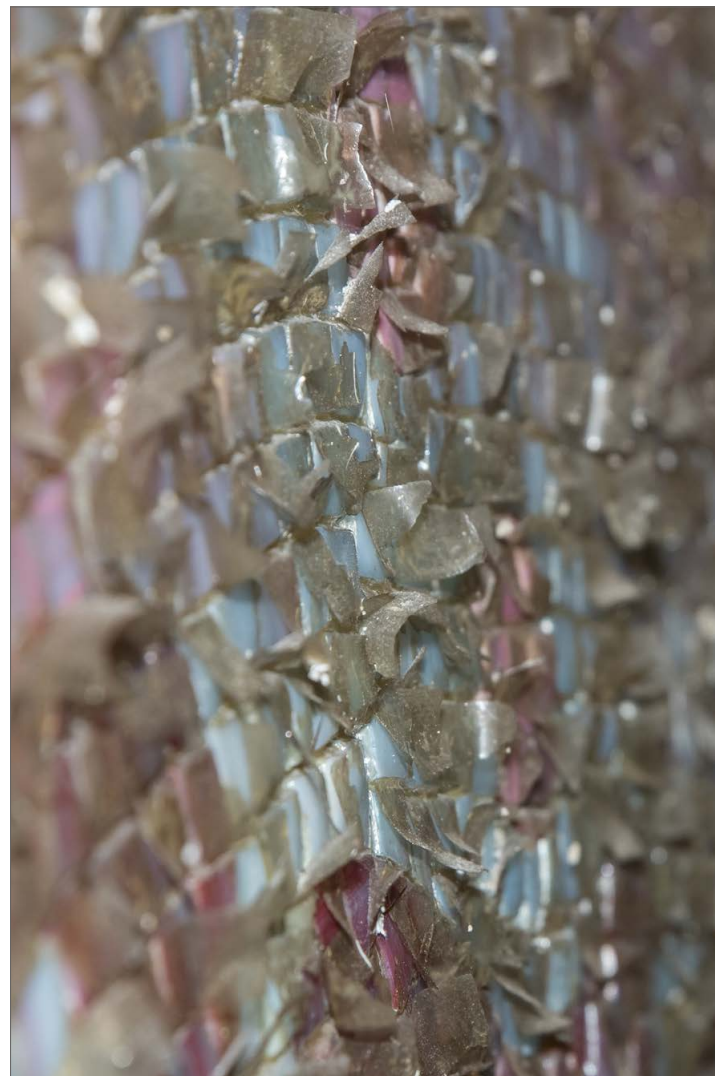
### VIII.2.1 Panel s motivem racka z dolní stanice výtahu na vyhlídku Pastýřská stěna v Děčíně



**Obr. 47:** Skleněná mozaika s motivem racka – celkový pohled na mozaiku před restaurováním. Původní umístění na stěně schodišťové haly dolní stanice lanovky na Pastýřskou stěnu v Děčíně.



**Obr. 48:** Skleněná mozaika s motivem racka – detail zvlněného povrchu mozaiky v důsledku degradované dřevotřískové podložky.



**Obr. 49:** Skleněná mozaika s motivem racka – detail povrchu mozaikových kostek s odlupujícími se šupinami epoxidové pryskyřice, použité jako finální povrchový lak.



**Obr. 50:** Skleněná mozaika s motivem racka – detail degradované epoxidové pryskyřice s odlupujícími se mozaikovými kostkami.



**Obr. 51:** Skleněná mozaika s motivem racka – detail dolní části mozaikového výjevu – bílé usazeniny, korodovaný ocelový rám, úplná ztráta mozaikových kostek.



**Obr. 53:** Skleněná mozaika s motivem racka – celkový pohled na mezipatro schodišťové haly, kde byla mozaika původně umístěna.



**Obr. 52:** Skleněná mozaika s motivem racka – pohled na zadní stranu dřevotřískového panelu po sejmutí ze stěny.



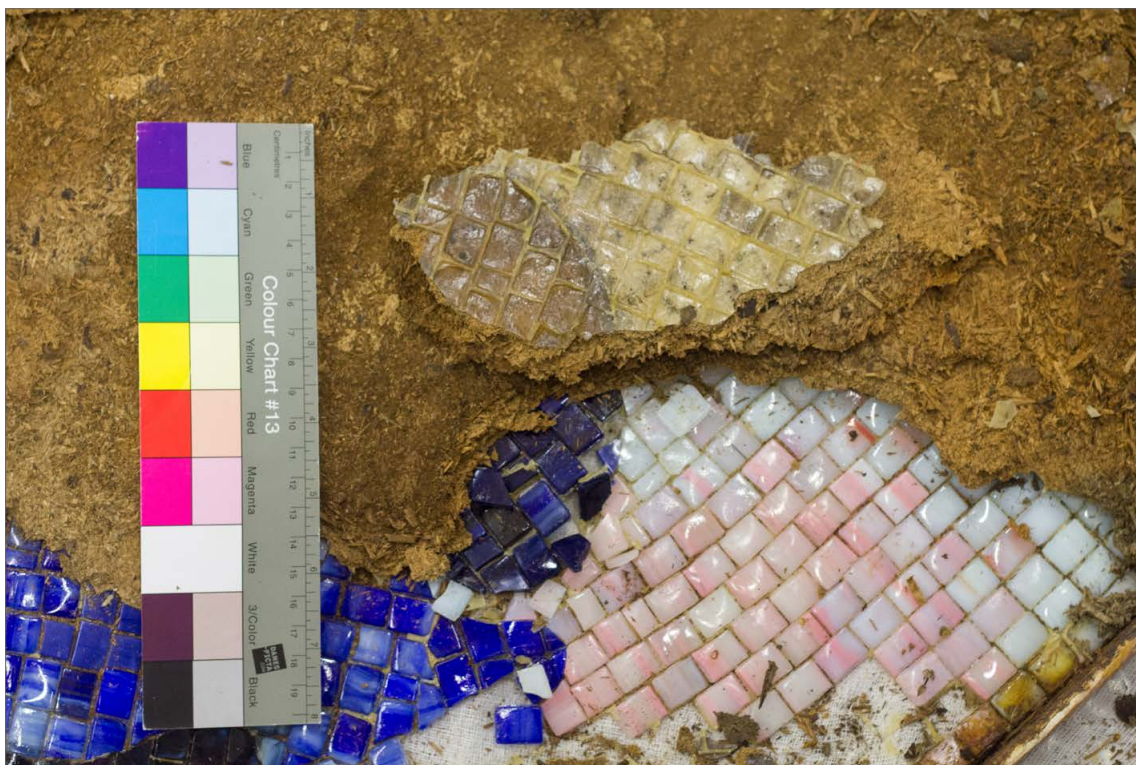
**Obr. 55:** Skleněná mozaika s motivem racka – celkový pohled na zajištění mozaiky gázovým přelepem.



**Obr. 54:** Skleněná mozaika s motivem racka – detail zadní strany panelu – zbytky kovového zavěšovacího systému a degradovaná dřevotřísková deska.



**Obr. 56:** Skleněná mozaika s motivem racka – celkový pohled na mozaiku v průběhu odstraňování dřevotřískové desky a epoxidového lepu (rubová strana).



**Obr. 57:** Skleněná mozaika s motivem racka – detail mozaiky v průběhu odstraňování dřevotřískové desky a epoxidového lepu. Na odloupnutém dílu lze pozorovat kresbu tužkou a rozdílné zbarvení epoxidové pryskyřice (rubová strana).



**Obr. 58:** Skleněná mozaika s motivem racka – detail mozaiky v průběhu odstraňování dřevotřískové desky – viditelný zkorodovaný vrut upevňující ocelový rám.





**Obr. 59:** Skleněná mozaika s motivem racka – detail místa s kostkami uvolněnými během mechanického odstraňování epoxidové pryskyřice (rubová strana).



**Obr. 60:** Skleněná mozaika s motivem racka – jednotlivé uvolněné mozaikové kostky přenesené na karton a uspořádané dle jejich původní pozice.



**Obr. 61:** Skleněná mozaika s motivem racka – přelep z japonského papíru na očištěné rubové straně.



**Obr. 62:** Skleněná mozaika s motivem racka – snímání gázového přelepu z lícové strany.



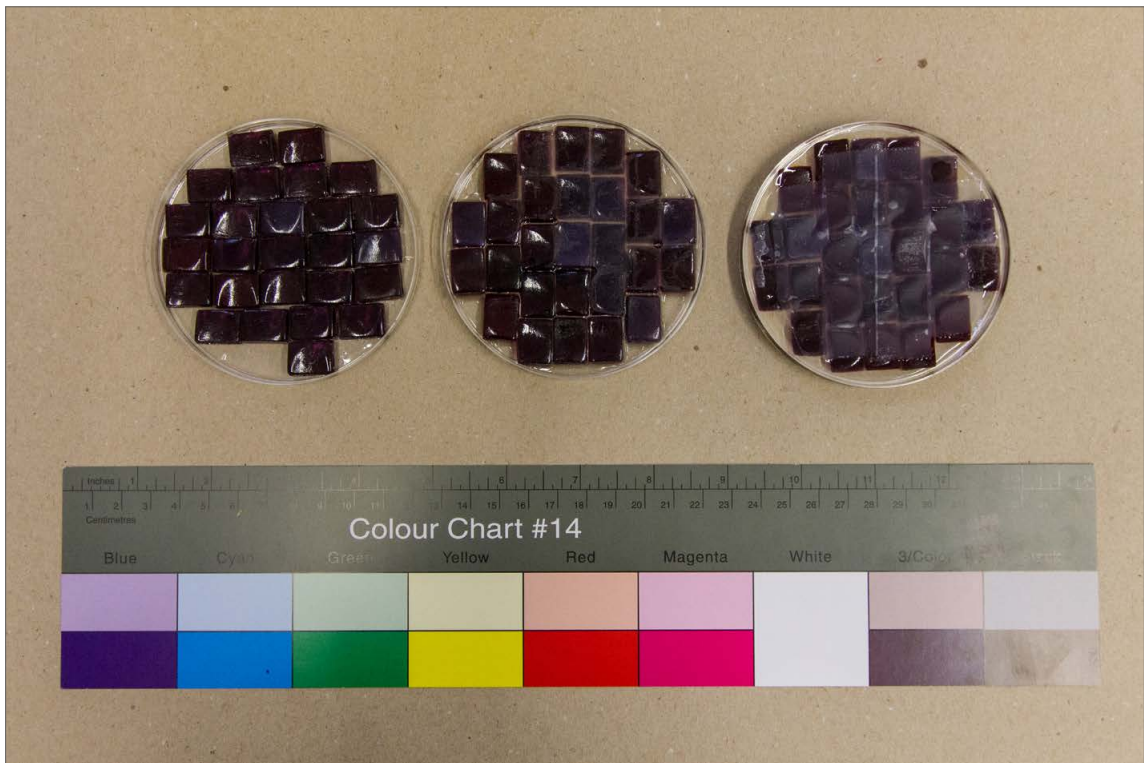
**Obr. 63:** Skleněná mozaika s motivem racka – grafické vyznačení úplné ztráty mozaikových kostek.



**Obr. 64:** Skleněná mozaika s motivem racka – celkový pohled na lícovou (pohledovou) stranu mozaiky po očištění.



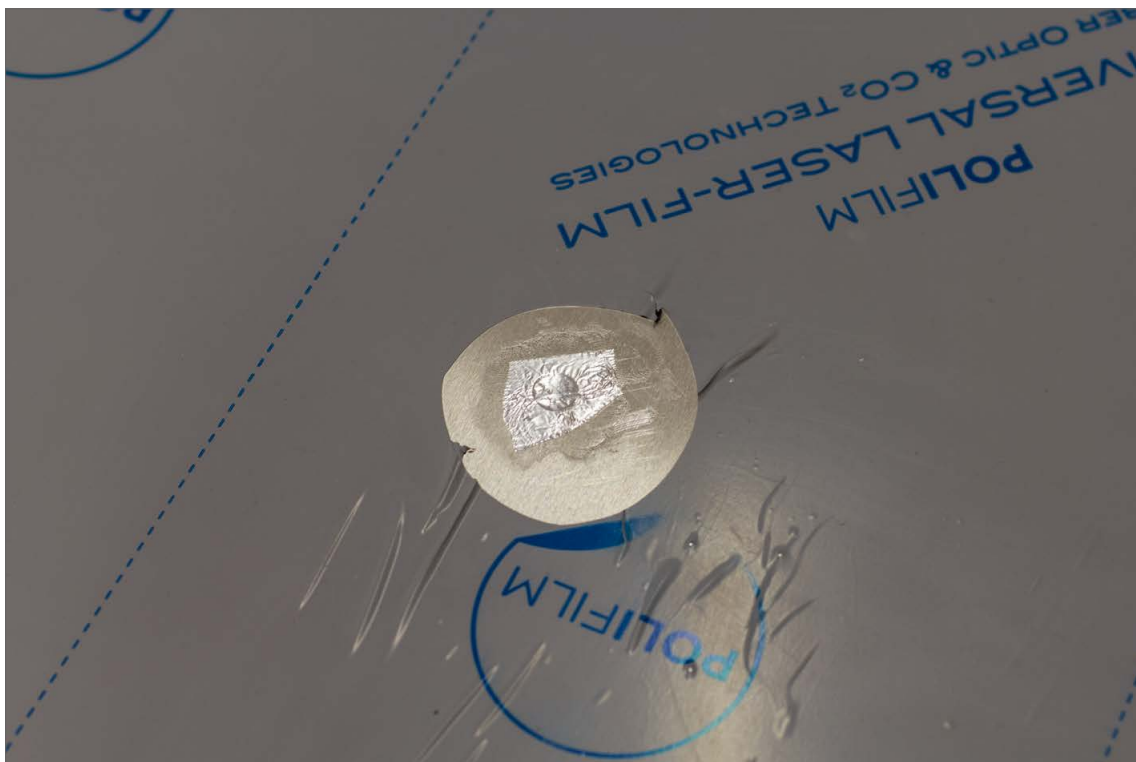
**Obr. 65:** Skleněná mozaika s motivem racka – postup doplnění chybějících částí mozaiky u defektu č. 14 – (zleva) místo se ztrátou kostek, připravený díl s doplňkem, místo po provedení rekonstrukce.



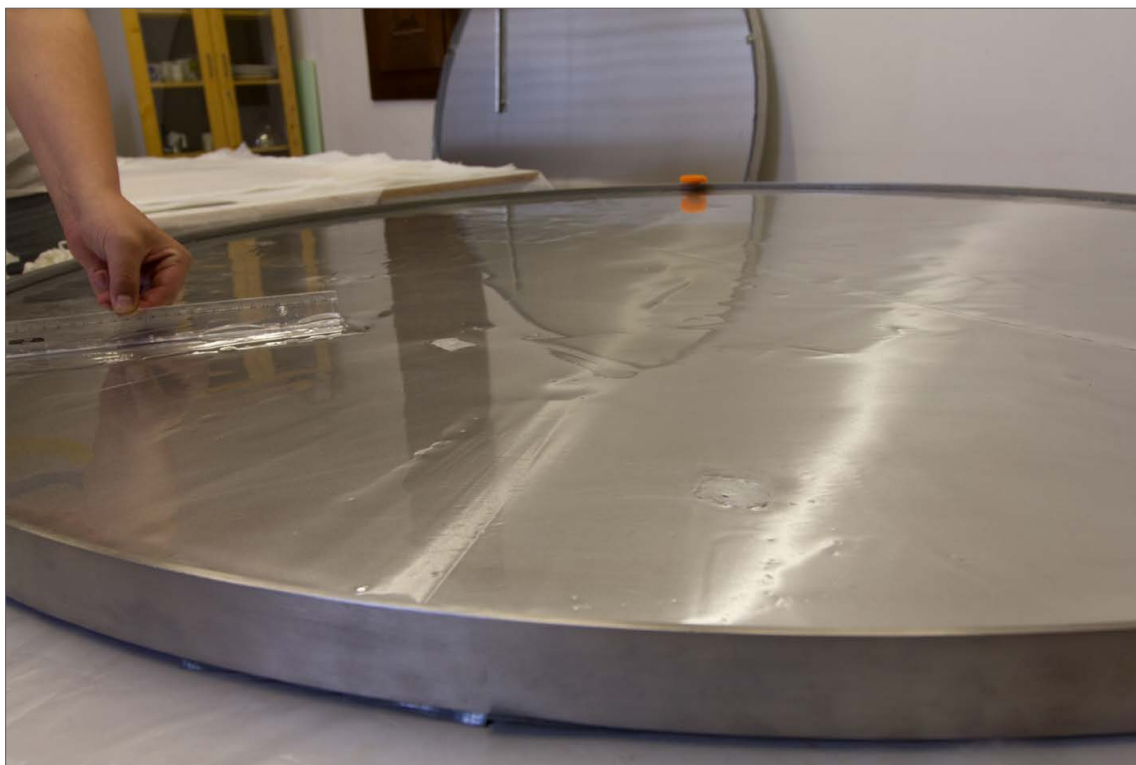
**Obr. 66:** Skleněná mozaika s motivem racka – zkouška stanovení množství epoxidové pryskyřice (zleva): 0,5 mm, 1 mm, 2 mm. U posledních dvou zkoušek lze pozorovat nežádoucí přilepení japonského papíru.



**Obr. 67:** Skleněná mozaika s motivem racka – vyplnění mezery mezi voštinovou deskou a rámem pomocí transparentního modifikovaného polymeru Ceresit FT 101.



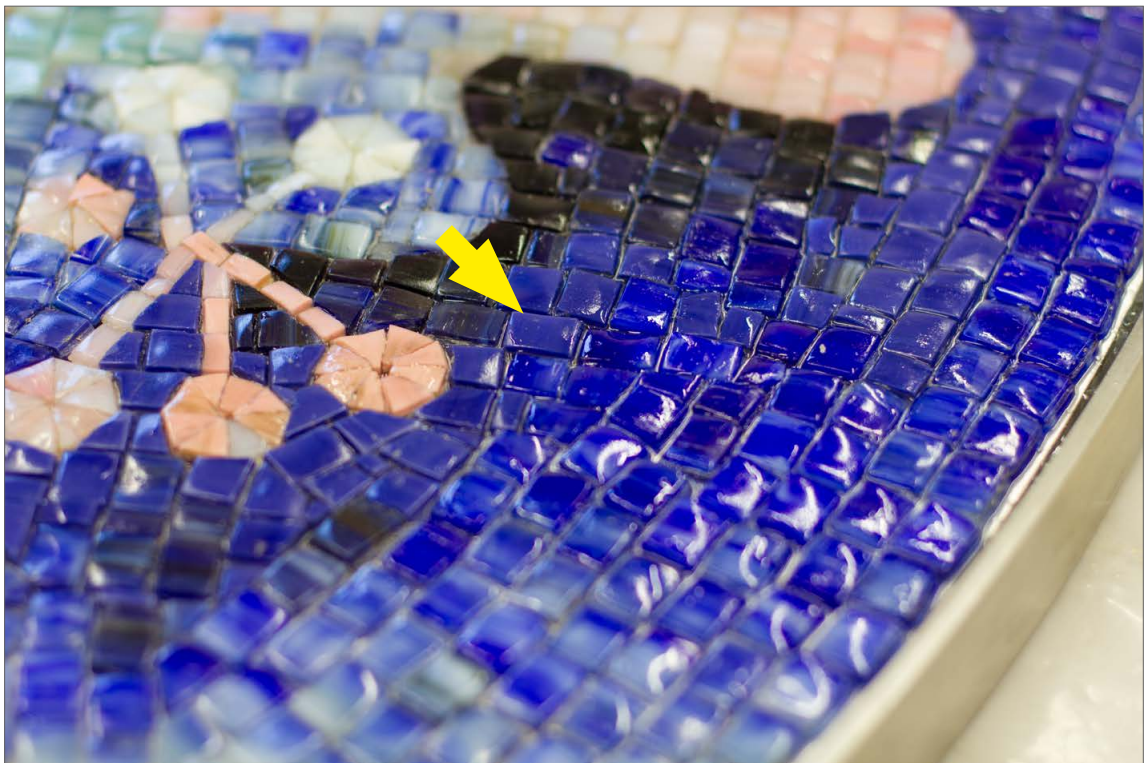
**Obr. 68:** Skleněná mozaika s motivem racka – překrytí šroubů upevňujících zavěšovací systém pomocí hliníkové fólie.



**Obr. 69:** Skleněná mozaika s motivem racka – rovnoměrná aplikace epoxidové pryskyřice *HXTAL NYL-1*.



**Obr. 70:** Skleněná mozaika s motivem racka – nežádoucí proniknutí epoxidové pryskyřice skrz spáry mezi kostkami do papírového přelepu.



**Obr. 71:** Skleněná mozaika s motivem racka – epoxidová pryskyřice na povrchu skleněných kostek.

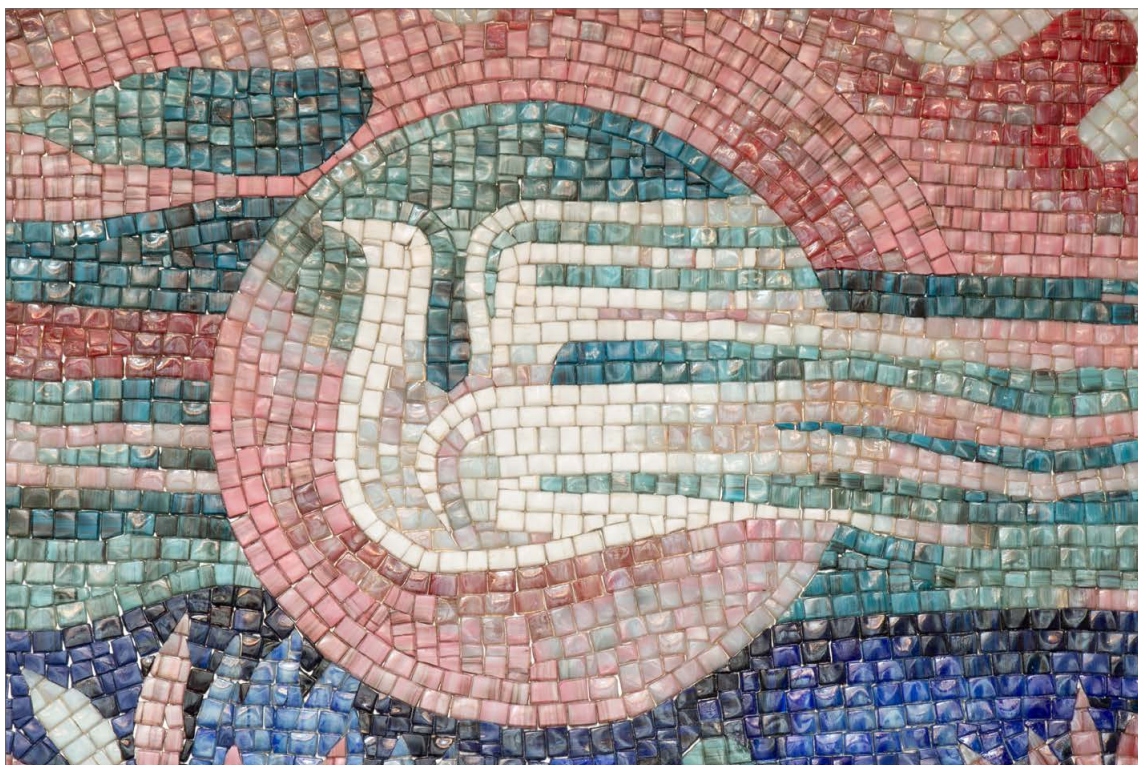


**Obr. 72:** Skleněná mozaika s motivem racka – zkouška čištění čerstvé epoxidové pryskyřice pomocí buničínového tampónu smočeného v xylenu (očistěné kostky jsou matné, to naznačuje nepřítomnost pryskyřice).





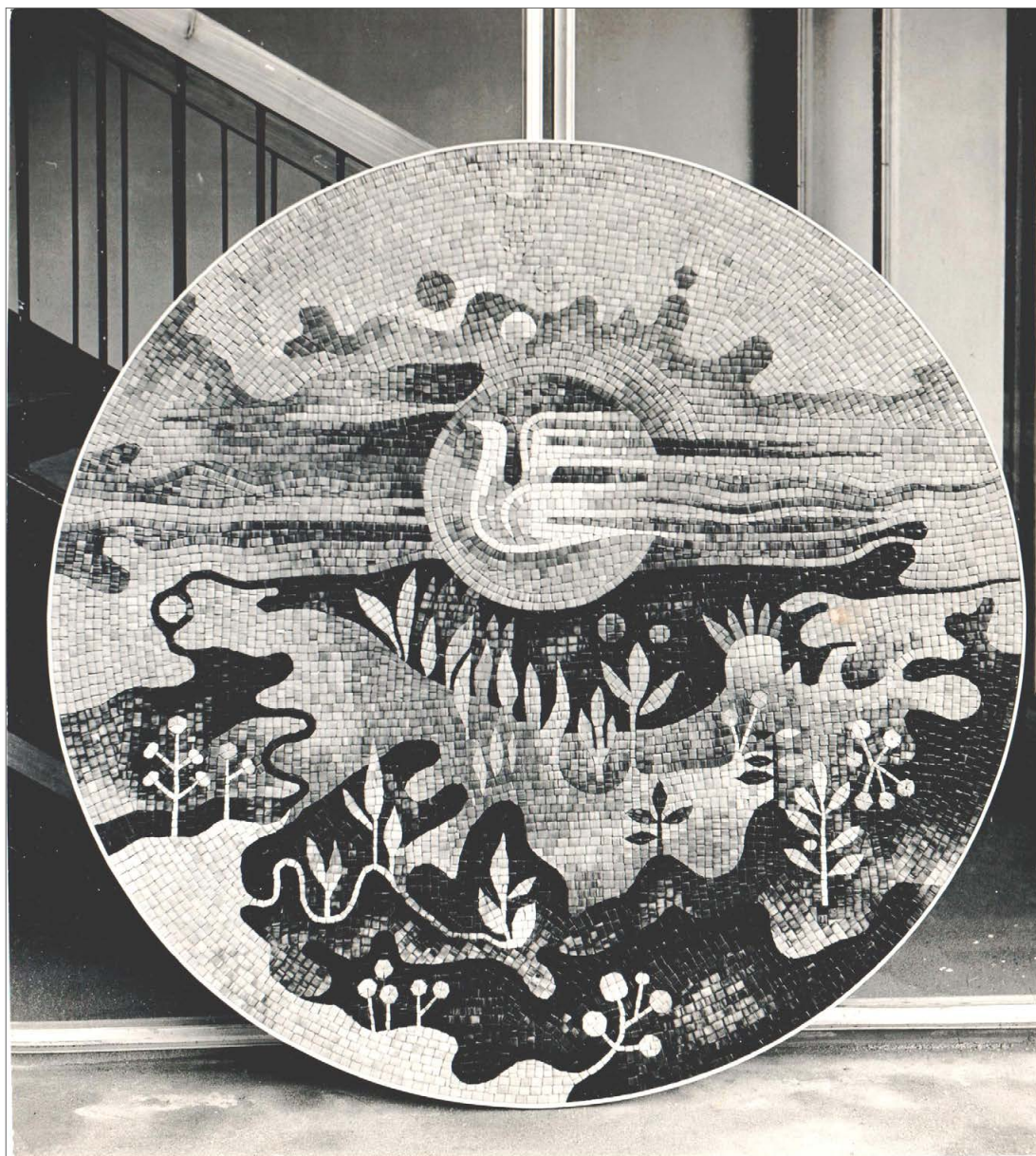
**Obr. 73:** Skleněná mozaika s motivem racka – celkový pohled na mozaiku po restaurování.



**Obr. 74:** Skleněná mozaika s motivem racka – detail motivu racka po restaurování.

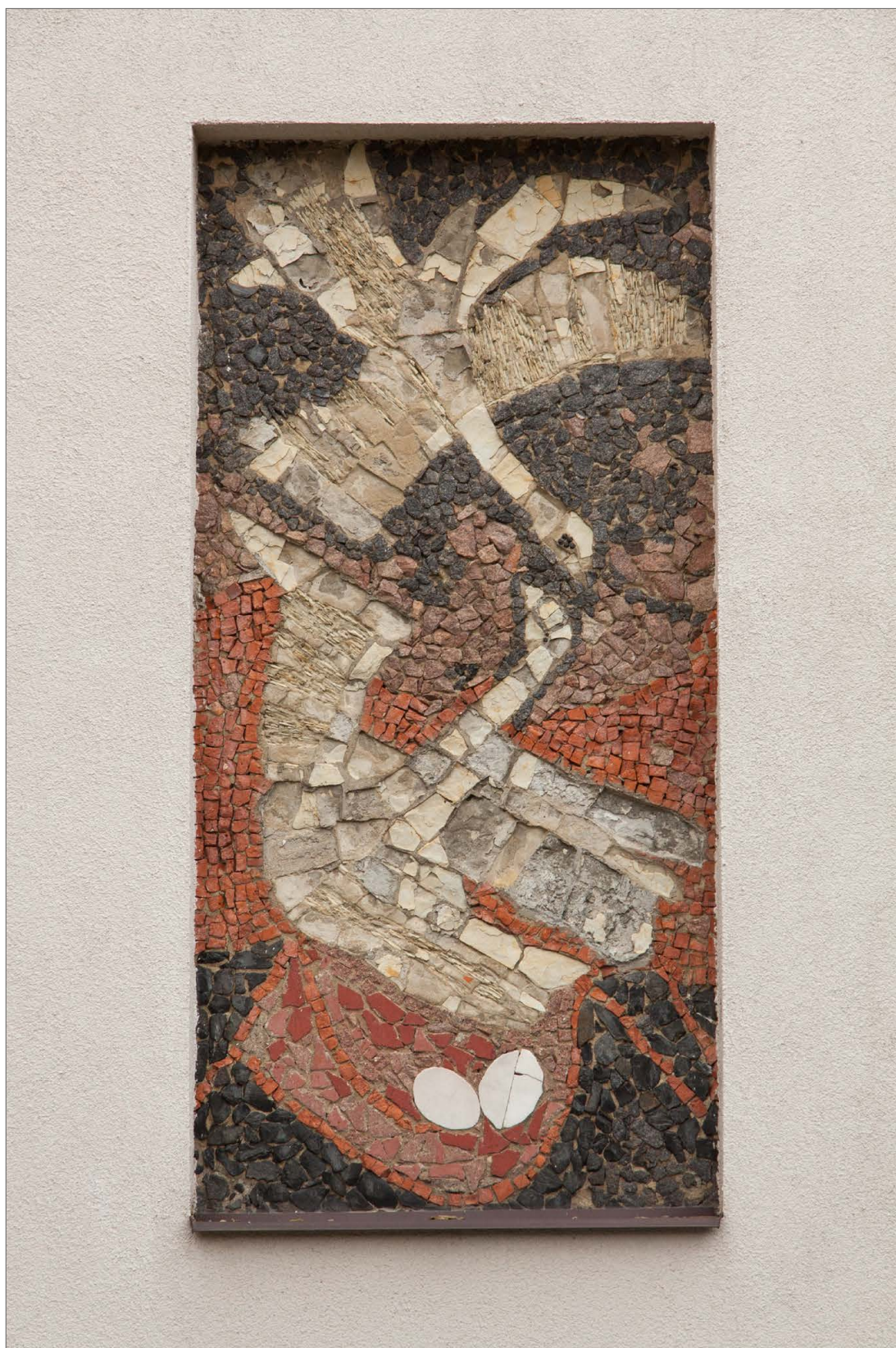


**Obr. 75:** Skleněná mozaika s motivem racka – stav po restaurování místa úplné ztráty mozaikových kostek v nejméně poškozené dolní části výjevu po provedení rekonstrukce.



**Obr. 76:** Historická fotografie mozaikového výjevu s rackem před osazením v mezipatře schodišťové haly dolní stanice lanovky na vyhlídku Pastýřská stěna [Osobní archiv Vladimíra Petráčka].

## VIII.2.2 Exteriérová mozaika Ptačí rodina v ul. Lidická v Litomyšli



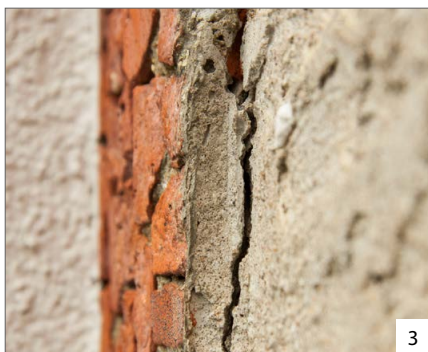
**Obr. 77:** Kamenná mozaika Ptačí rodina – celkový pohled na mozaiku před restaurováním na severní přístavbě činžovního domu v Litomyšli.



**Obr. 78:** Kamenná mozaika Ptačí rodina – stav před restaurováním, detail střední části mozaiky hlav ptáků.



**Obr. 79:** Kamenná mozaika Ptačí rodina – stav před restaurováním, detail horní části mozaiky ocasu ptáka přilétajícího shora.

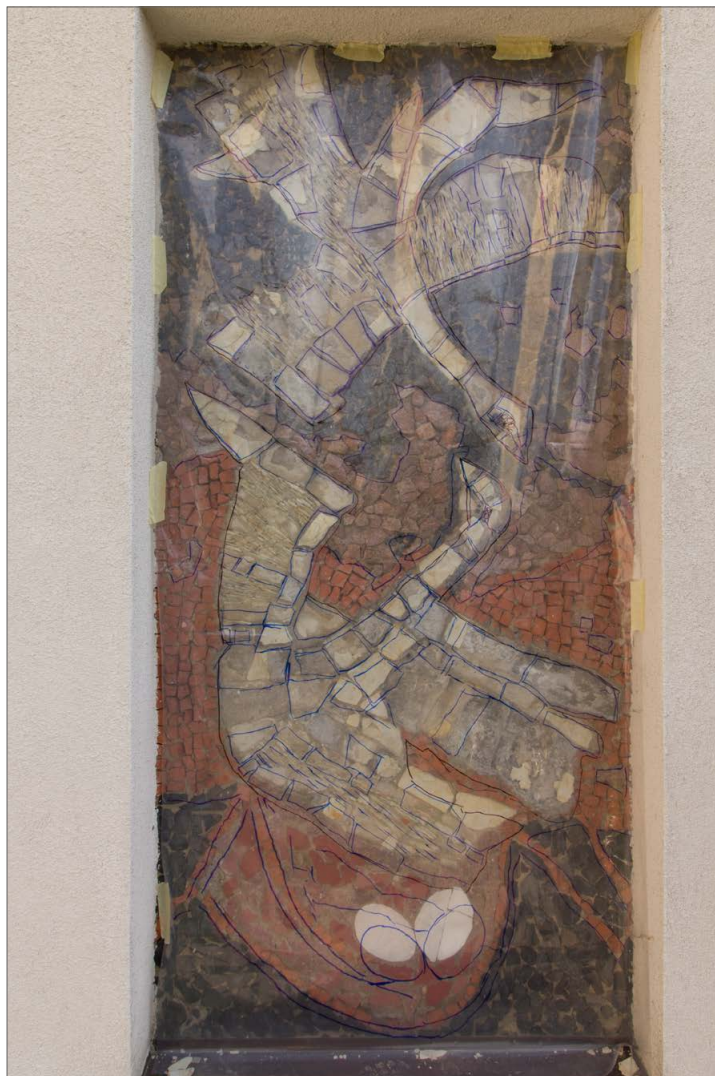


**Obr. 80:** Kamenná mozaika Ptačí rodina – přehled poškození a doplňkových či tvůrčích zásahů autorky: 1 – poškození až ztráta opukových kamenů, 2 – zvětvávání opukových kamenů osazených na kolmo k loži, 3 – trhliny v osazovací maltě mozaiky, 4 – první menšinová cementová malta (teplá šedá), 5 – druhá menšinová jemnozrnná cementová malta (studená šedá), 6 – bílý zákal na odhalené menšinové osazovací maltě, 7 – světle okrový polymerní materiál strukturálně pojící od lupující se opuku.

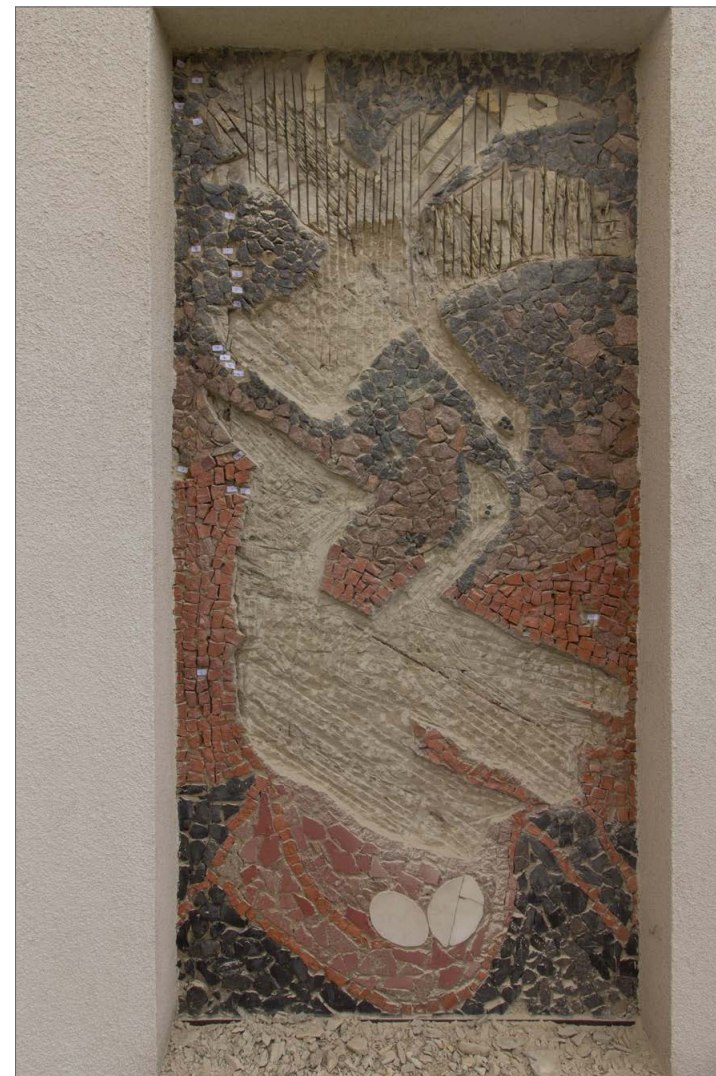


**Obr. 81:** Kamenná mozaika Ptačí rodina – přehled použitých materiálů: 1 – černá metamorfovaná hornina (amfibolit/amfibolová břidlice/lydit), 2 – načervenalý a šedočerný granitoid, 3 – opuka, 4 – pálená cihla, 5 – červeno-růžovým nátěrem opatřené kusy omítky, 6 – světlý mramor, 7 – černé skleněné korálky.





**Obr. 82:** Kamenná mozaika Ptačí rodina – proces přenášení otisků mozaikových kostek na transparentní fólii.



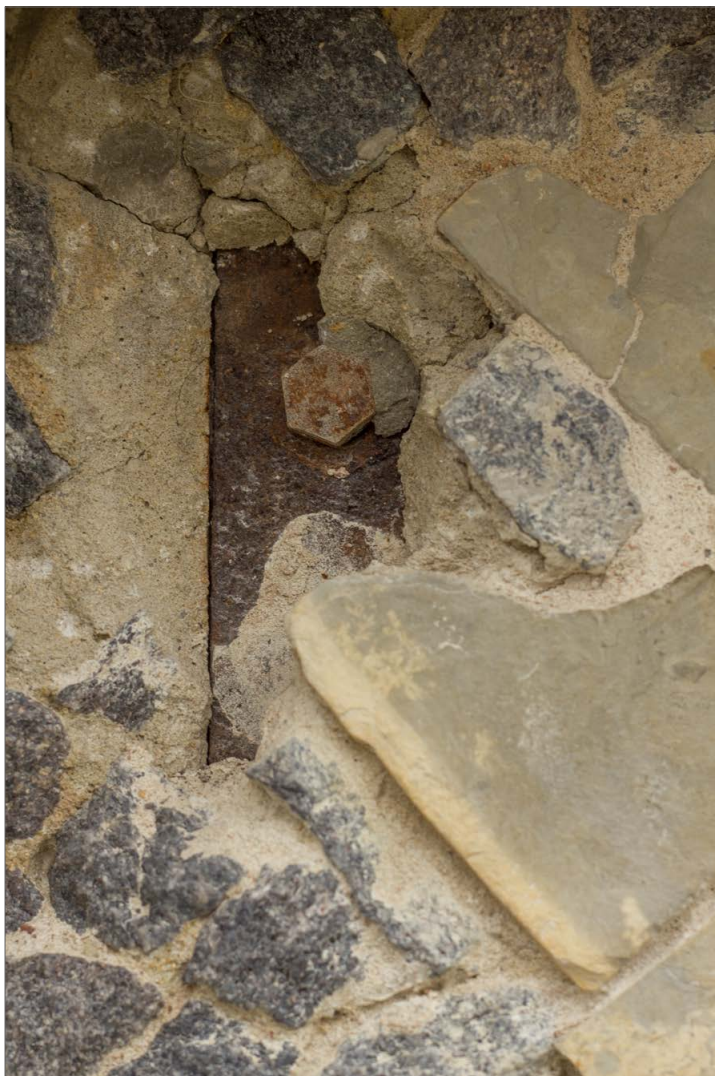
**Obr. 83:** Kamenná mozaika Ptačí rodina – průběh redukce původní ložné malty, bílé štítky s čísly označují uvolněné mozaikové kameny.



**Obr. 84:** Kamenná mozaika Ptačí rodina – připravené opukové kameny.



**Obr. 85:** Kamenná mozaika Ptačí rodina – průběh osazování opukových kamenů do nového maltového lože.



**Obr. 86:** Kamenná mozaika Ptačí rodina – detail obnažené ocelové armatury v horní levé části mozaikového výjevu.



**Obr. 87:** Kamenná mozaika Ptačí rodina – detail obnažené ocelové armatury ve střední pravé části mozaikového výjevu.



**Obr. 88:** Kamenná mozaika Ptačí rodina – detail malty zpevněné armovací mřížkou v horní levé části mozaikového výjevu.



**Obr. 89:** Kamenná mozaika Ptačí rodina – detail malty zpevněné armovací mřížkou ve střední pravé části mozaikového výjevu.



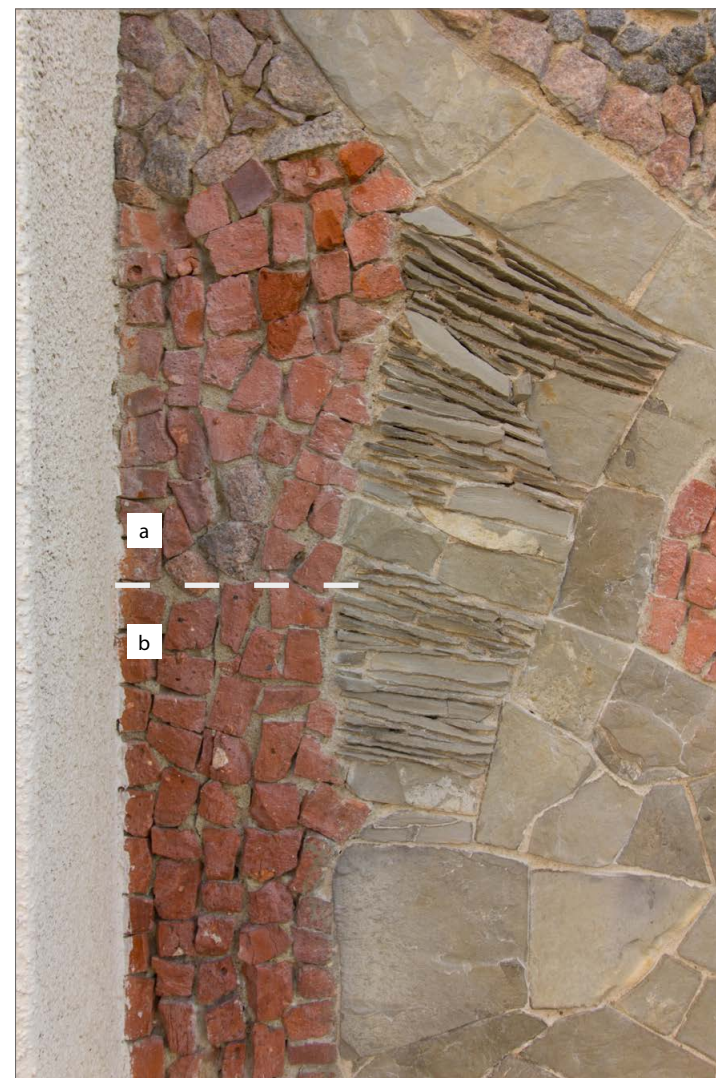
**Obr. 90:** Kamenná mozaika Ptačí rodina – detail po osazení mozaikových kamenů v místě obnažené ocelové armatury v horní levé části mozaikového výjevu.



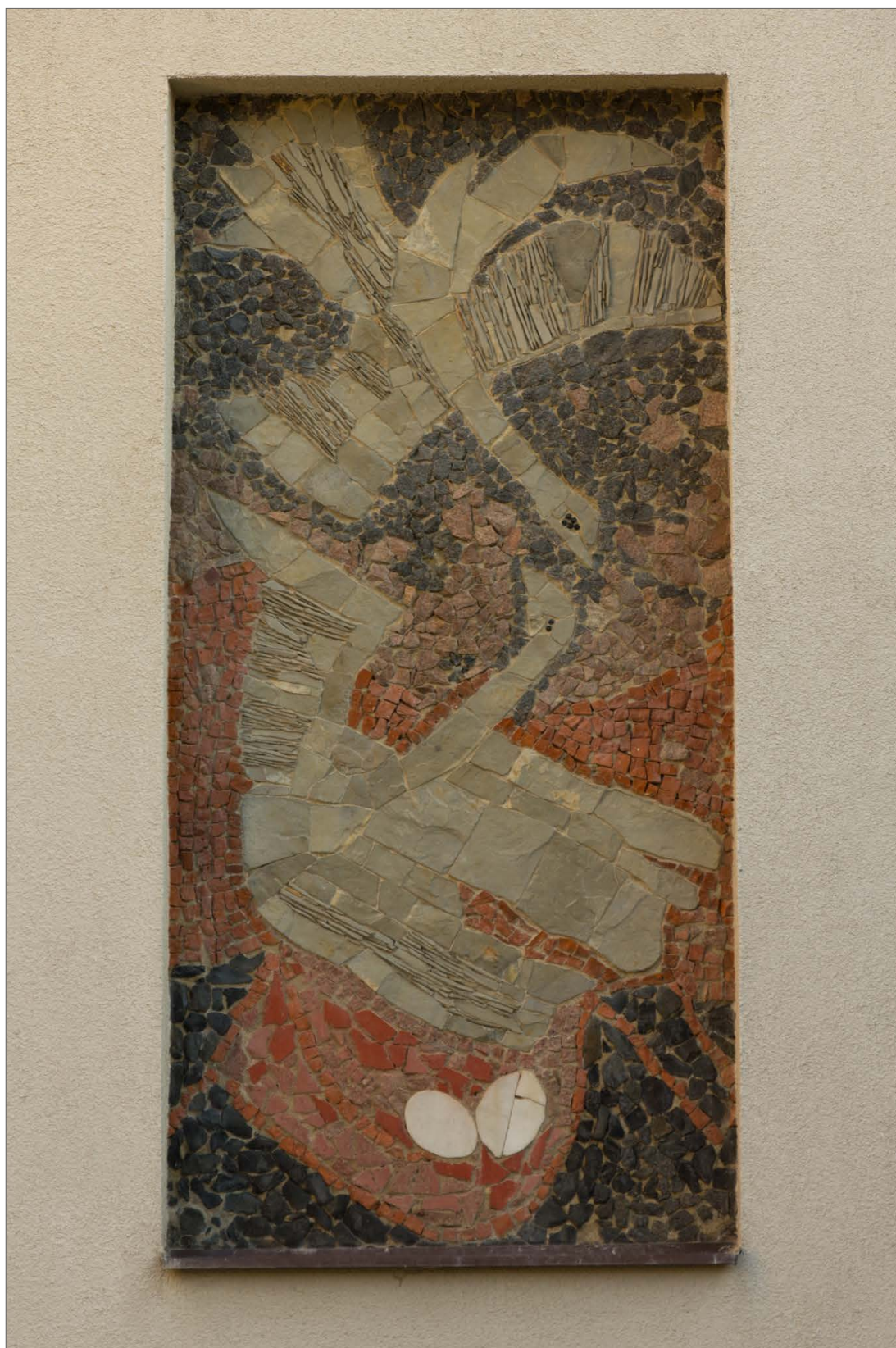
**Obr. 91:** Kamenná mozaika Ptačí rodina – detail po osazení mozaikových kamenů v místě obnažené ocelové armatury ve střední pravé části mozaikového výjevu.



**Obr. 92:** Kamenná mozaika Ptačí rodina – celkový pohled na mozaikový výjev po doplnění všech mozaikových kamenů.



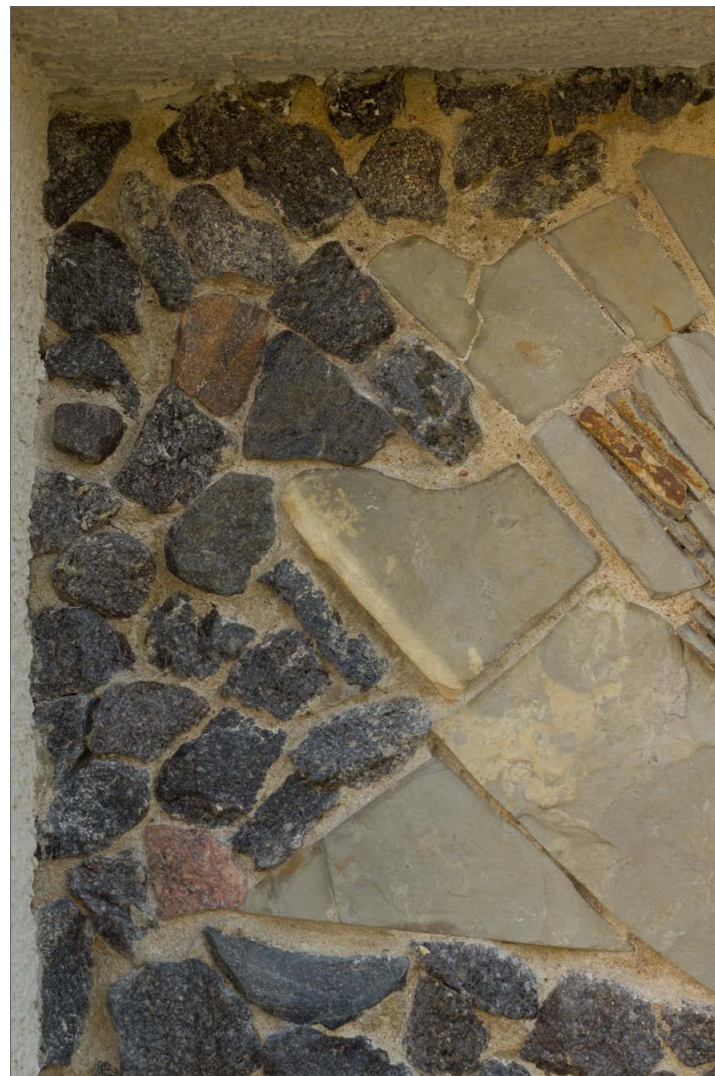
**Obr. 93:** Kamenná mozaika Ptačí rodina – průběh čištění mozaikových kamenů, a) cihlové kostky před očištěním s bílým filmem, b) cihlové kostky po očištění 2% (hm.) kys. citronovou.



**Obr. 94:** Kamenná mozaika Ptačí rodina – celkový pohled na mozaiku po restaurování.

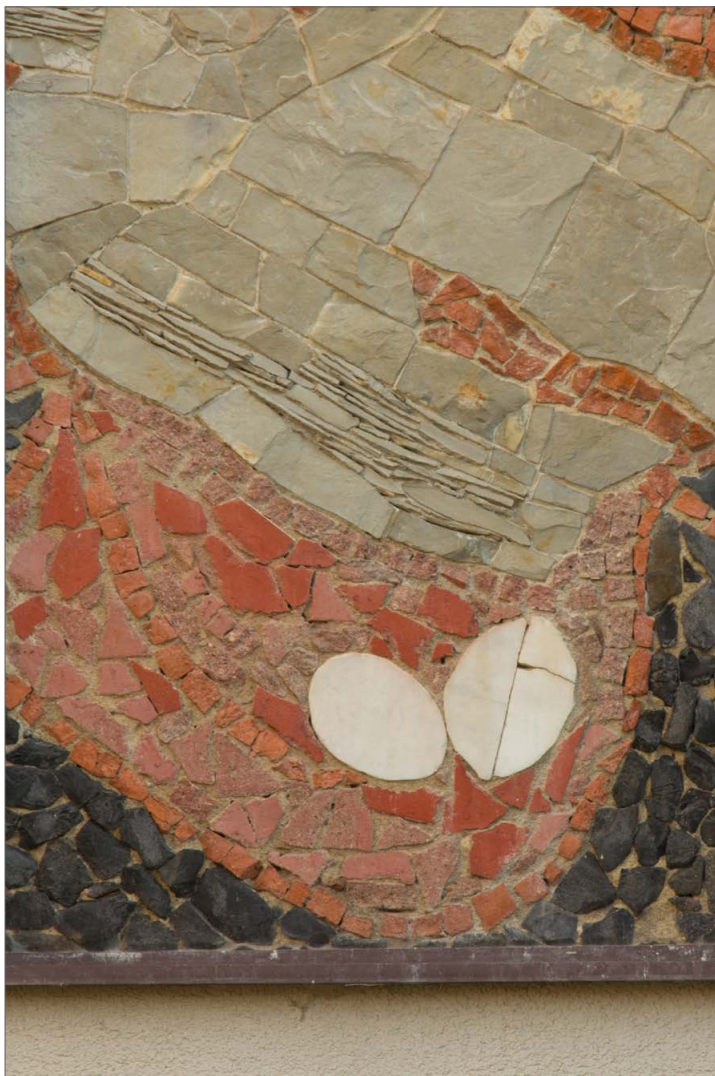


**Obr. 95:** Kamenná mozaika Ptačí rodina – stav po restaurování, detail střední části mozaiky hlav ptáků.

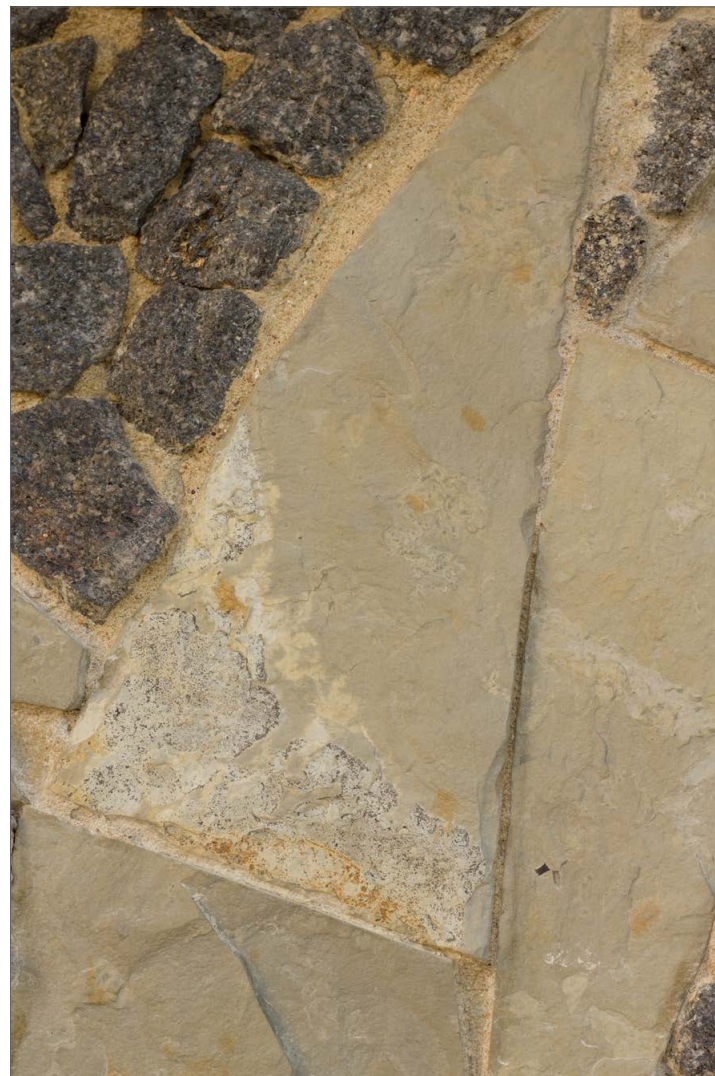


**Obr. 96:** Kamenná mozaika Ptačí rodina – stav po restaurování, detail horní části mozaiky – ocas ptáka přilétajícího shora.





**Obr. 97:** Kamenná mozaika Ptačí rodina – stav po restaurování, detail spodní části mozaiky hnízda se dvěma vejci.



**Obr. 98:** Kamenná mozaika Ptačí rodina – stav po restaurování, detail horní části mozaiky křídla horní holubice – změna barevnosti opuky.



**Obr. 99:** Historická fotografie z prvního osazování mozaiky s motivem Ptačí rodina na západní fasádu činžovního domu [BRÝDL, Miroslav. Osobní archiv].



**Obr. 100:** Historická fotografie dokumentující pravděpodobně stavební úpravy na zahradě, v pozadí osazená mozaika s motivem Ptačí rodina [BRÝDL, Miroslav. Osobní archiv].



**Obr. 101:** Historická fotografie z prvního osazování mozaiky s motivem Ptačí rodina na západní fasádu činžovního domu – detail mozaiky použitý při rozboru velikosti a tvarů opukových kamenů (vlevo) [BRÝDL, Miroslav. *Osobní archiv*].

**Obr. 102:** Historická fotografie mozaiky s motivem Ptačí rodina již z období po přemístění na severní stěnu přístavby – detail mozaiky (vpravo) [BRÝDL, Miroslav. *Osobní archiv*].



**Obr. 103:** Kamenná mozaika „Hnízdo“ pro halu základní školy v Křenově, č. p. 141. Ovál 130 × 280 cm. Autor: ak. mal. Ludmila Jandová, 1966. [ŘÍHOVÁ, Vladislava. *Osobní archiv*].



**Obr. 104:** Návrh mozaiky „Hnízdo“ pro halu základní školy v Křenově. Autor: ak. mal. Ludmila Jandová. [JANDA, Martin. *Pozůstalost Ludlily Jandové*].



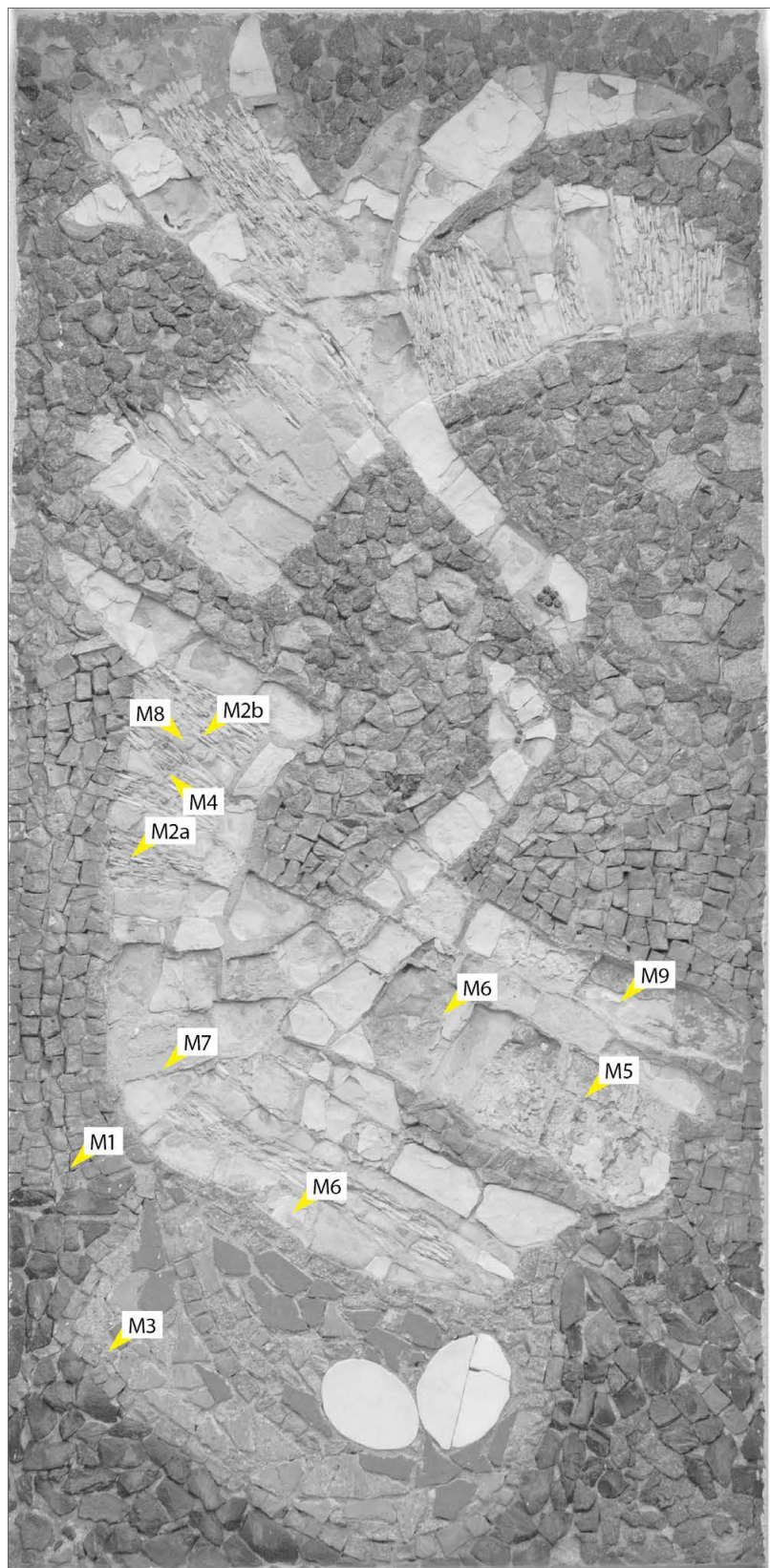
**Obr. 105:** Kamenná mozaika ze soukromého domu Jandových v Osíku. Autor: ak. mal. Ludmila Jandová. [ŘÍHOVÁ, Vladislava. *Osobní archiv* (foto: Jana Nádvorníková)].



**Obr. 106:** Kamenná mozaika „Let ptáků“ pro interiér projekčního střediska ZPA Jičín v Čakovicích. 263 × 600 cm. Autor: ak. mal. Ludmila Jandová, 1979. [ŘÍHOVÁ, Vladislava. *Osobní archiv*].

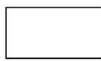

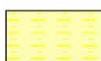


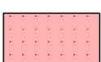


## VIII.3 Grafické přílohy praktické části

### VIII.3.1 Exteriérová mozaika Ptačí rodina v ul. Lidická v Litomyšli



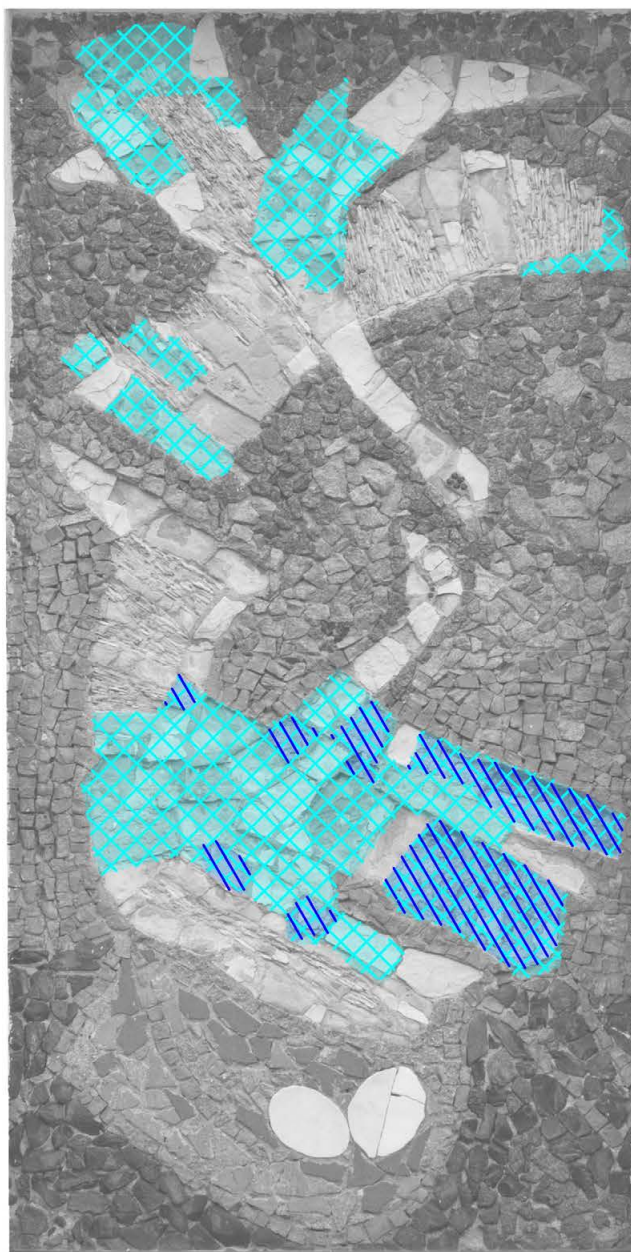
**Obr. 107:** Grafický zakres: přehled odebraných vzorků pro chemicko-technologický průzkum na mozaice s motivem Ptačí rodina.






	Celek	194 dm <sup>2</sup>	100%		Černá metamorfovaná hornina	19.75 dm <sup>2</sup>	10.2%
	Vápenatý prachovec (opuka)	29.45 dm <sup>2</sup>	15.2%		Mramor	2.42 dm <sup>2</sup>	1.2%
	Granitoid šedočerné barvy	39.14 dm <sup>2</sup>	20.2%		Pálená cihla	25.96 dm <sup>2</sup>	13.4%
	Granitoid načervenalé barvy	17.09 dm <sup>2</sup>	8.8%		Úlomky omítky s červeno-růžovým nátěrem	13.47 dm <sup>2</sup>	6.9%

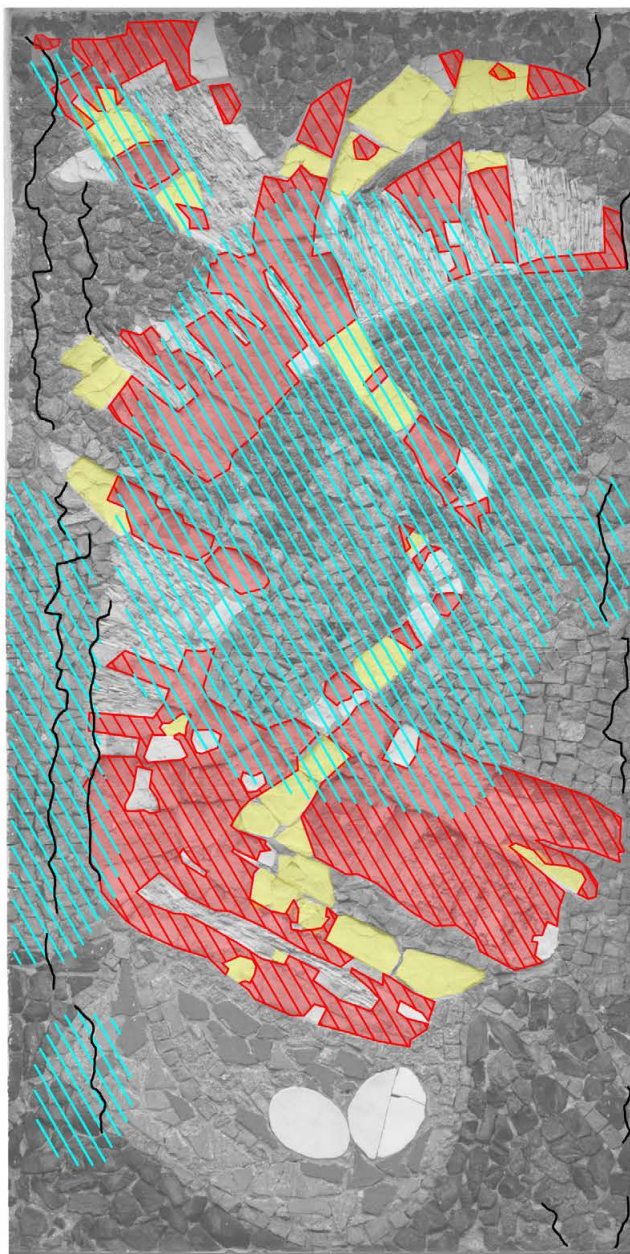
**Obr. 108:** Grafický zákres: přehled použitých mozaikových kostek na mozaice s motivem Ptačí rodina.










	Celek	194 dm <sup>2</sup>	100%
	Jemná cementová omítka	8.09 dm <sup>2</sup>	4.2%
	Cementová omítka (teplá)	32.73 dm <sup>2</sup>	16.9%

**Obr. 109:** Grafický zákres: přehled použitých druhů malt (pouze menšinových, převažující osazovací malta není zakreslena) na mozaice s motivem Ptačí rodina.



	Celek	194 dm <sup>2</sup>	100%		Dutiny	76.92 dm <sup>2</sup>	39.7%
	Ztráta mozaikových kostek	37.99 dm <sup>2</sup>	19.6%		Trhliny	39.14 dm	-
	Odlupující se opuka	11.10 dm <sup>2</sup>	5.7%				

**Obr. 110:** Grafický zakres: poškození na mozaice s motivem Ptačí rodina.

## IX Seznam textových příloh

- Př. 01:** HURTOVÁ, Ing. Alena. *Chemicko-technologický průzkum: Mozaika Děčín*. Univerzita Pardubice. Fakulta restaurování. Katedra chemické technologie. Litomyšl, 2017.
- Př. 02:** NOVÁKOVÁ, Ing. Martina a Ing. Irena KUČEROVÁ, Ph.D. *Testování epoxidových pryskyřic vhodných pro spoj kov – sklo: Pojivo pro transfer skleněné mozaiky na kovový podklad*. VŠCHT. Fakulta chemické technologie. Ústav chemické technologie restaurování památek. Praha, 2018.
- Př. 03:** LESNIAKOVÁ, Petra. *Chemicko-technologický průzkum exteriérové mozaiky: Ludmila Jandová – Ptačí rodina, Litomyšl*. Univerzita Pardubice. Fakulta restaurování. Katedra chemické technologie. Litomyšl, 2016.
- Př. 04:** ŠTAFEN, RNDr. Zdeněk. *Petrologické vyhodnocení hornin použitých na mozaice L. Jandové „Ptačí rodina“ na severní fasádě přístavku v Litomyšli, Lidické č. 913*. Choceň, 2016.
- Př. 05:** HXTAL Adhesive, LLC. *Technical Sheet: HXTAL NYL-1*.
- Př. 06:** Remmers CZ, s. r. o. *Technický list. Číslo výrobku 0616: Antihygro*, 2018.

## Příloha 1

### **Chemicko-technologický průzkum: Mozaika Děčín**

Ing. Alena Hurtová

Univerzita Pardubice, Fakulta restaurování, Katedra chemické technologie

Litomyšl, 2017



## Chemicko-technologický průzkum

---

Mozaika Děčín

### Zadavatel průzkumu:

Ateliér restaurování nástěnné malby a sgrafita – Adéla Škrabalová, David Svoboda

### Zpracovatel průzkumu:

Katedra chemické technologie, Fakulta restaurování, Univerzita Pardubice, Jiráskova 3, Litomyšl, 570 01, Ing. Alena Hurtová

### Zadání průzkumu:

Analýza pojiva

### Metody průzkumu:

Infračervená spektrometrie – provedeno na infračerveném spektrofotometru s Fourierovou transformací (FTIR) Nicolet 380 se SeZn ATR krystalem. Vyhodnocení spekter bylo provedeno pomocí programu OMNIC 7.3 srovnávací metodou se spektry standardu knihovny FR, Polymers Miracle UP a databáze IRUG (<http://www.irug.org/search-spectral-database>)

### Popis metodiky:

Infračervená spektrometrie – měření bylo provedeno na prášku, připraveném z kusového vzorku

### Seznam vzorků:

vzorek	Identifikační č.	popis
Vz. č. 1	8913	Pojivo z oblasti racka
Vz. č. 2	8914	Pojivo z oblasti stromu

### Použitá literatura:

FUWEI LIU, MINGXI YIN, BANGYUNXIONG, FENG ZHENG, WENFENG MAO, ZHE CHEN, CHUNQINGHE, XIPO ZHAO, PENGFEI FANG, Evolution of microstructure of epoxy coating during UV degradation progress studied by slow positron annihilation spectroscopy and electrochemical impedance spectroscopy. *Electrochimica Acta*, 2014, vol. 133, p. 283–293

**Fotografie objektu:**

Pojivo z oblasti racka



Pojivo z oblasti stromu



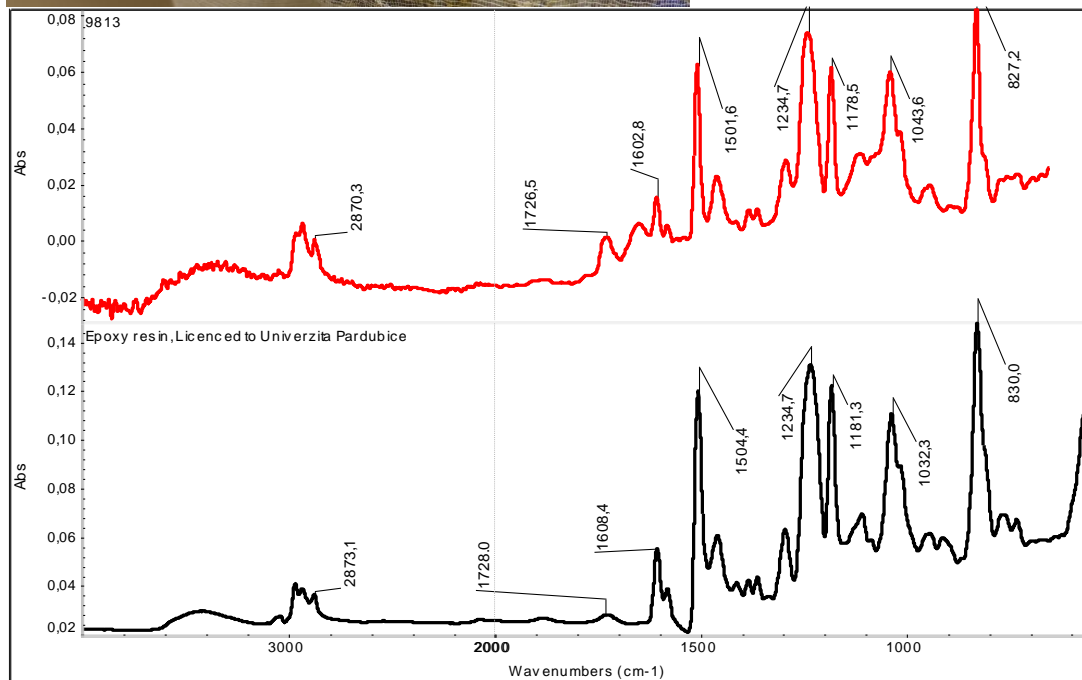
## Výsledky chemicko-technologického průzkumu:

### Vzorek č. 1 (8913)

Pojivo z oblasti racka

### Identifikace organických látek

### Infračervená spektrometrie



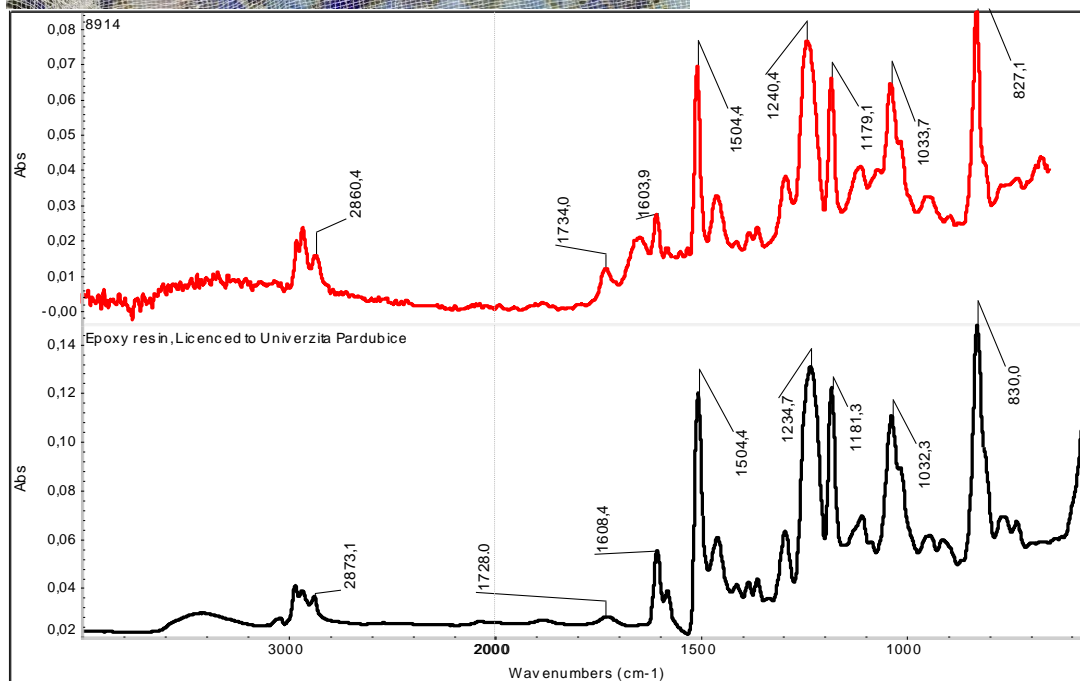
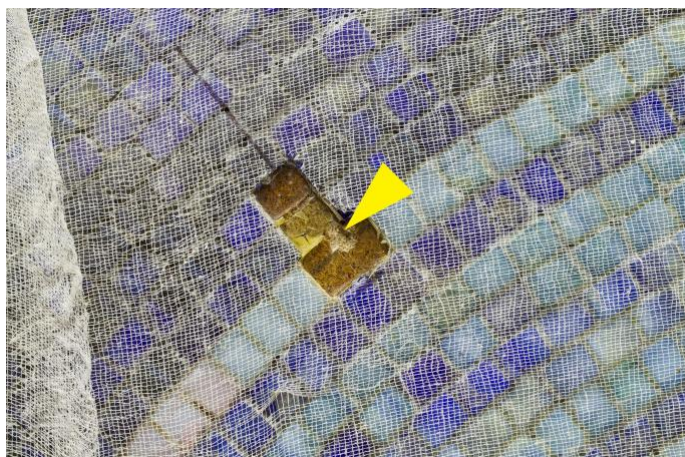
Spektrum vzorku obsahovalo převážně pásy typické pro epoxidovou pryskyřici. Rozdíly mezi spektrem standardu a vzorku byly pravděpodobně způsobeny přítomností skupin vzniklých v důsledku degradace pryskyřice (pás okolo 1730 cm<sup>-1</sup> – 1705 cm<sup>-1</sup> pravděpodobně odpovídá karbonylové skupině kyselin, ketonů a aldehydů, pás okolo 1650 cm<sup>-1</sup> odpovídá pravděpodobně karbonylové skupině amidu).

## Vzorek č. 1 (8913)

Pojivo z oblasti stromu

### Identifikace organických látek

### Infračervená spektrometrie



Spektrum vzorku obsahovalo převážně pásy typické pro epoxidovou pryskyřici. Rozdíly mezi spektrem standardu a vzorku byly pravděpodobně způsobeny přítomností skupin vzniklých v důsledku degradace pryskyřice (pás okolo  $1730\text{ cm}^{-1}$  –  $1705\text{ cm}^{-1}$  pravděpodobně odpovídá karbonylové skupině kyselin, ketonů a aldehydů, pás okolo  $1650\text{ cm}^{-1}$  odpovídá pravděpodobně karbonylové skupině amidu).



**Závěr:**

Vzorky č. V1 a V2 (8913 a 8914) byly převážně tvořeny epoxidovou pryskyřicí.

**Zpracovala:**

V Litomyšli 26. 10. 2017

Ing. Alena Hurtová  
Fakulta restaurování Univerzita Pardubice

## Příloha 2

### **Testování epoxidových pryskyřic vhodných pro spoj kov – sklo: Pojivo pro transfer skleněné mozaiky na kovový podklad**

Ing. Martina Nováková a Ing. Irena Kučerová, Ph.D.

VŠCHT. Fakulta chemické technologie. Ústav chemické technologie restaurování památek  
Praha, 2018



## **Příloha 3-2**

### **Testování epoxidových pryskyřic vhodných pro spoj kov – sklo.**

#### **Pojivo pro transfer skleněné mozaiky na kovový podklad**

**V Praze dne 31. 3. 2018**

**Vypracovala: Ing. Martina Nováková a Ing. Irena Kučerová, Ph.D.**

#### **Úvod**

Dvě mozaiky Vladimíra Petráčka, které byly umístěny v prostorách výtahu na Pastýřskou stěnu v Děčíně, byly zhotoveny netradiční technikou. Skleněné rotačně mačkané kostky byly nalepeny epoxidovou pryskyřicí na dřevotřískový podklad. Po dohodě s autorem mozaiky byl pro transfer mozaiky zvolen kovový podklad – hliníková deska. Proto bylo třeba odzkoušet vhodné adhezivum, které by zajistilo pevné spojení mozaiky s podkladem a zároveň vykazovalo dobrou odolnost vůči stárnutí. Adhezivum bude zčásti vyplňovat spáry mezi kostkami, stejně jako tomu bylo na originálním díle.

Jako testované adhezivum byly zvoleny epoxidové pryskyřice, které zaručují dobrou adhezi mezi oběma materiály. Dalším požadavkem byla dostatečná doba zpracovatelnosti. Připravená lepicí směs musí mít dobrý rozliv, aby dobře pokryla celý panel (průměr cca 150 cm a 170 cm) a zároveň poskytla dostatek restaurátorům dostatek času pro manipulaci s mozaikou a její transfer.

Na základě výše uvedených požadavků byl proveden materiálový průzkum, na jehož základě byly vybrány čtyři epoxidové pryskyřice, které byly dále testovány. Byl sledován rozliv, průběh vytvrzování, barevnost a lesk povrchu připraveného filmu. Dále byl zjišťován vliv rozdílné teplotní roztažnosti nanesené vrstvy epoxidové pryskyřice a podkladového materiálu na adhezi filmu k podkladu. Pomocí umělého stárnutí byla na vzorcích adheziv zjišťována jejich odolnost vůči stárnutí.

## Experimentální část a výsledky

### Testovaný materiál

K testování byly vybrány čtyři epoxidové pryskyřice s dlouhou dobou zpracovatelnosti:

- **EPOX G300** (Dawex Chemical s.r.o., Paseky 615, 763 11, Želechovice nad Dřevnicí)
- **UHU PLUS endfest 300** (distributor: Z-TRADE s.r.o., třída Soukenická 76, Olivětín, Broumov; made in Germany)
- **Araldite 2020** (Huntsman Advanced Materials (UK) Ltd. Duxford, Cambridge CB2 4QA, UK)
- **HXTAL NYL-1** (KOREST, Restaurierungsbedarf, Uta Drescher-Zeisig, Querstr.1, 01665, Niederjahna bei Meißen, Germany). HXTAL NYL-1 je epoxidová pryskyřice, která byla vyvinuta speciálně pro restaurování skla.

### Podložka a příprava vzorků

Pro testování bylo použito odmaštěné tabulové sklo a hliníkový plech (Al99,5). Na podložky byly nanесeny filmy epoxidových pryskyřic pomocí nanášecího válečku s tloušťkou mokrého 125  $\mu\text{m}$ . U vzorků určených pro vyhodnocení adheze pomocí mřížkové zkoušky byla dle požadavků testu tloušťka mokrého filmu 75  $\mu\text{m}$ .

Při nanášení adheziva HXTAL NYL-1 pomocí nanášecího válečku docházelo ke slévání hmoty do středu skel.

### Umělé stárnutí

Vzorky pryskyřic nanесených na skleněné a hliníkové podložce byly podrobeny umělému stárnutí v zařízení Q-Lab CR 10 (USA), které simulovalo cyklické střídání hlavních degradačních parametrů. Cyklus se sestával z ozařování vzorků UV zářením ( $\lambda = 320 \text{ nm}$ , energie záření:  $0,68 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$ , teplota:  $50 \text{ }^\circ\text{C}$ , doba: 5 h), skrápění demineralizovanou vodou (teplota:  $20 \text{ }^\circ\text{C}$ , doba: 2 min) a kondenzace vodní páry na povrchu (teplota:  $40 \text{ }^\circ\text{C}$ , doba: 2 h).

### Změna barevnosti po umělém stárnutí

Během stárnutí vzorků dochází ke změnám v chemickém složení polymerů, které jsou zpravidla provázané změnou barevnosti. Proto byly vyhodnocovány změny barevnosti pomocí kolorimetru. Pro měření byl využit přenosný UV/VIS spektrofotometr (kolorimetr) Spectro photo meter CM-700d (KONIKA MINOLTA), který pracuje v oblasti viditelného světla o vlnových

délkách 400-700 nm a zaznamenává reflektanci studovaného povrchu. Barevný odstín definuje v systému CIELAB, v němž hodnoty  $L^*a^*b^*$  určují:

- $L^*$  je jas, udává, jestli je barva světlá nebo tmavá,
- $a^*$  určuje směr od červené k zelené ( $+a^*$  je směr červené,  $-a^*$  směr zelené),
- $b^*$  určuje směr od žluté k modré ( $+b^*$  je směr žluté a  $-b^*$  směr modré).

Střed je bezbarvý (odstín šedi). Jak  $a^*$  a  $b^*$  rostou a bod se pohybuje od středu, sytost barvy roste. Celková změna barvy neboli **celková barevná diference  $\Delta E^*$** , která je mírou velikosti barevného rozdílu mezi předlohou (standardem) a měřeným vzorkem, se vypočítá podle vzorce:

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

kde je

$\Delta L^* = L^*_{\text{vzorku}} - L^*_{\text{předlohy}}$ , rozdíl jasů barev, posun od černé k bílé,

$\Delta a^* = a^*_{\text{vzorku}} - a^*_{\text{předlohy}}$ , červeno zelený rozdíl,

$\Delta b^* = b^*_{\text{vzorku}} - b^*_{\text{předlohy}}$ , žluto modrý rozdíl.

Slovní hodnocení celkové barevné diference  $\Delta E^*$  dle ČSN 67 3068 je následující:

$\Delta E^*$       *Charakteristika barevné změny*

do 0.5      Barevný odstín je téměř beze změny, stálost je výborná

0.5-3      Vzorek vykazuje postřehnutelnou změnu barevného odstínu

3-8      Vzorek není barevně stálý

8-30      Vzorek má velmi špatnou barevnou stálost

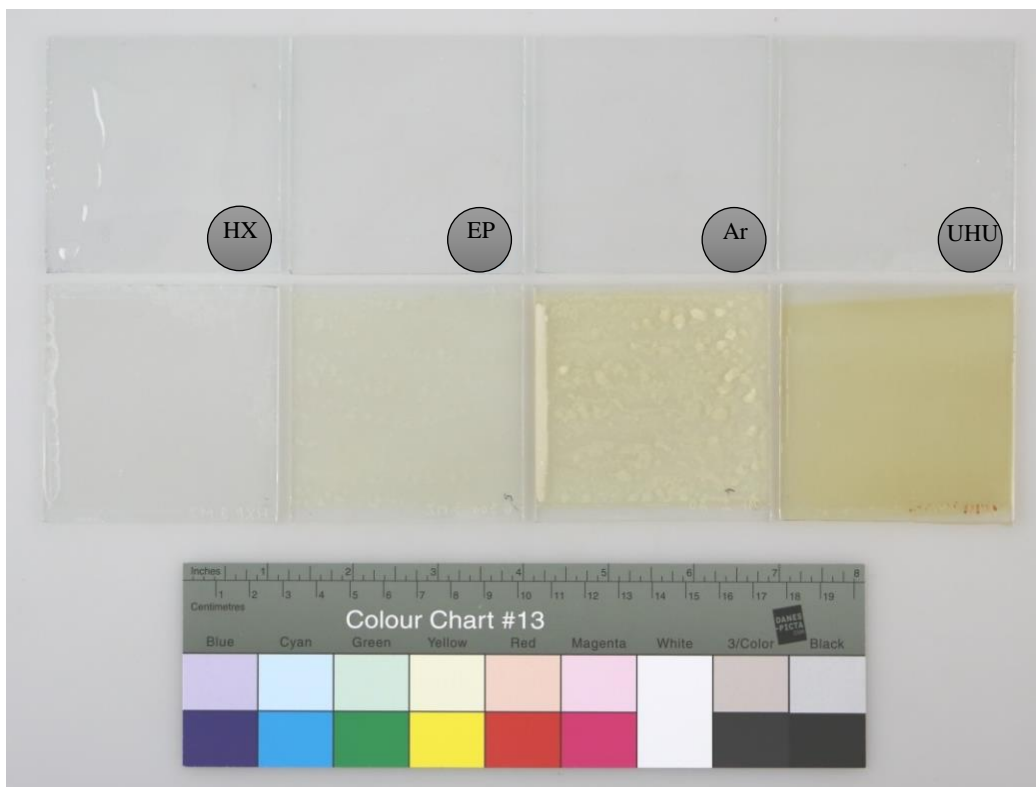
30-60      Vzorek je naprosto nestálý.

Změny barevnosti po umělém stárnutí byly proměřovány vždy na třech vzorcích nanesených na skleněné podložce. Vzorek byl proměřen vždy na stejném místě, a to po před a po umělém stárnutí.

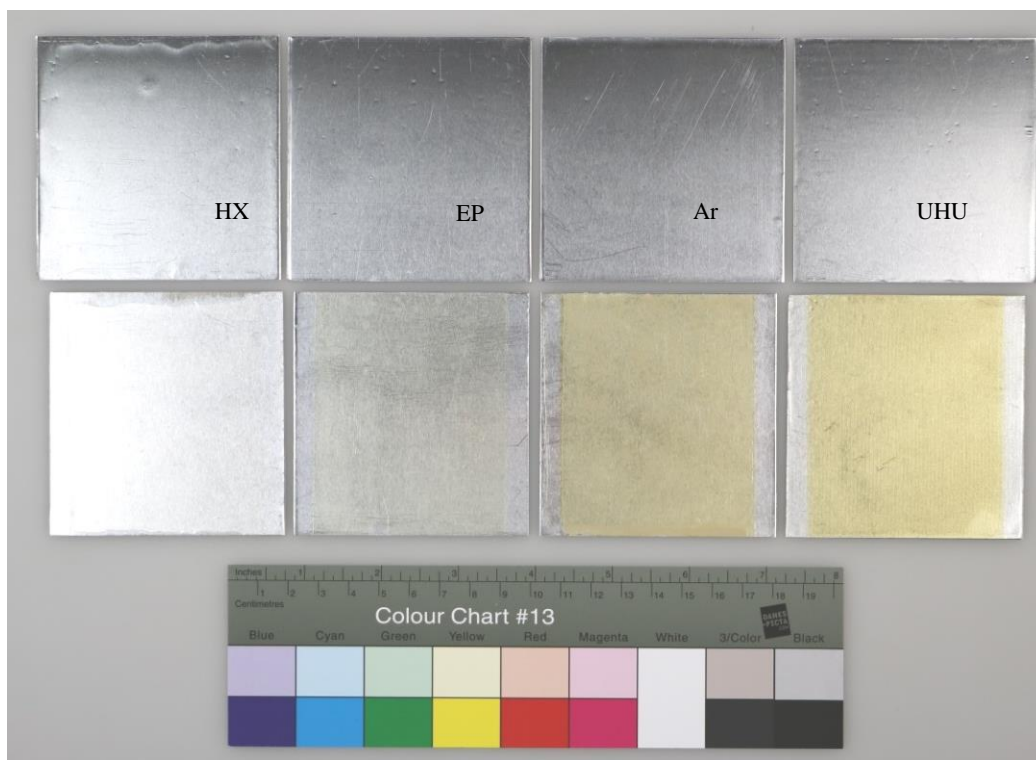
U všech vzorků docházelo především žloutnutí, viz *Tab. 1 a Obr. 1 a 2*. Největší barevná změna byla zaznamenána v případě adheziva UHU PLUS endfest 300. Naopak adhezivum HXTAL NYL-1 bylo s celkovou barevnou diferencí  $\Delta E^* = 1,72$  (kritická právě vnímatelná barevná shoda), proto bylo toto adhezivum vyhodnoceno jako barevně nejstálejší.

*Tab. 1: Změna barevnosti po umělém stárnutí epoxidových pryskyřic v QUV panelu*

Parametr	Araldite 2020	EPOX G300	UHU PLUS endfest 300	HXTAL NYL-1
změna barevnosti po umělém stárnutí $\Delta E^*$	18,19	8,92	27,10	1,72
žloutnutí po umělém stárnutí $\Delta b^*$	16,54	8,38	26,32	1,67



*Obr. 1: Vzorky adheziv na skleněné podložce po nanesení a po umělém stárnutí;  
HXTAL NYL-1 = HX, EPOX G300 = EP, UHU PLUS endfest 300 = UHU, Araldite 2020 = Ar.*

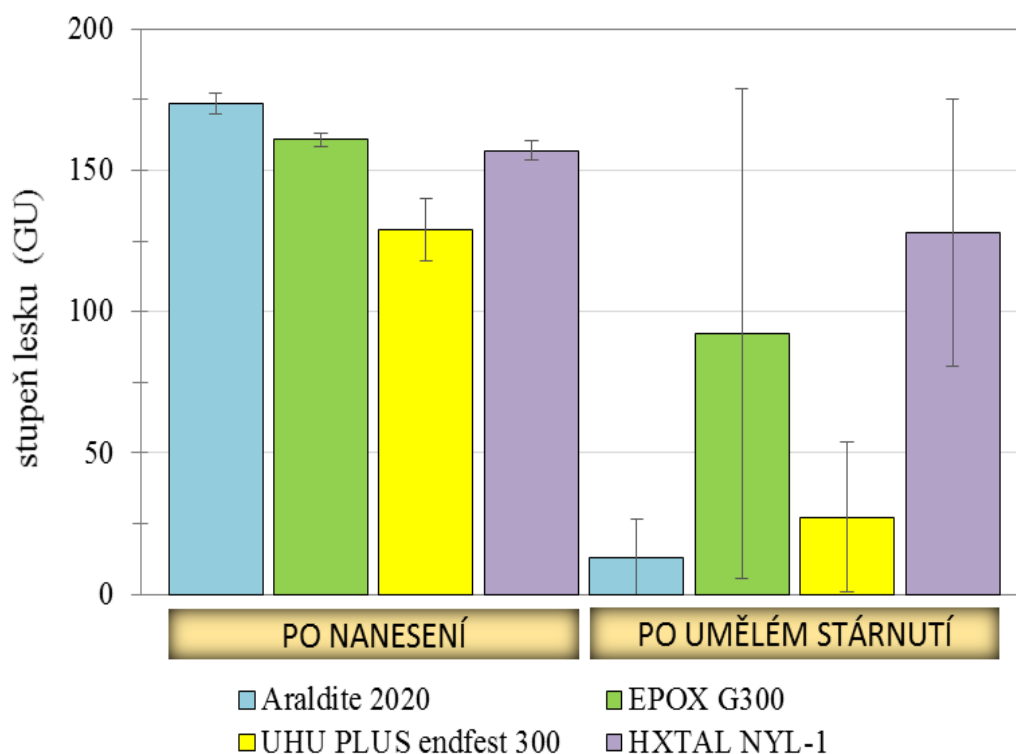


*Obr. 2: Vzorky adheziv na hliníkové podložce po nanesení a po umělém stárnutí  
HXTAL NYL-1 = HX, EPOX G300 = EP, UHU PLUS endfest 300 = UHU, Araldite 2020 = Ar*

### Změna lesku po umělém stárnutí

Změna lesku je další parametr, který vypovídá o degradaci sledovaného materiálu. Změna lesku vzorků byla měřena pomocí leskoměru micro-TRI-gloss (BYK Gardner, Německo) pod úhlem 20° na min. 3 vzorcích epoxidových pryskyřic nanesených na skleněné podložce, a to před a po umělém stárnutí.

Během umělého stárnutí adheziv došlo ke snížení průměrné hodnoty lesku povrchu, viz *Obr. 3*. U vzorků lepidla EPOX G300 a zvláště pak u adheziva Araldite 2020 byly po umělém stárnutí pozorovány matné skvrny na povrchu vrstvy. Mohlo by se jednat o k povrchu migrující nízkomolekulární látky, které byly rozpuštěny ve vodě při skrápění vzorků.



*Obr. 3: Změna lesku povrchu vzorků adheziv po umělém stárnutí*

### Cyklické změny teploty – vliv teplotní roztažnosti na adhezi

Vzorky adheziv nanesené na skleněné i hliníkové podložce byly střídavě vystavovány teplotě 50 °C a cca 22 °C, a to vždy po uplynutí alespoň 1 h. Celkem bylo provedeno 50 cyklů. Po té byly vzorky podrobeny testování adheze pomocí mřížkové zkoušky, viz níže.

### Rozliv

Válcový prostor formy o průměru 26 mm a objemu 13 ml byl naplněn připraveným adhezivem. Přetoky adheziva byly stěrkou setřeny do integrovaného kanálku. Forma byla sejmuta ze skleněné podložky a sledováno bylo zvyšování poloměru kruhu v závislosti na čase. Zkouška byla ukončena po uplynutí 1 hodiny. Výsledky jsou uvedeny v *Tab. 2*. Nejmenší rozliv byl zaznamenán u adheziva s nejvyšší viskozitou, adheziva UHU PLUS endfest 300.

*Tab. 2: Rozliv epoxidových lepidel*

Čas (min)	Zvýšení průměru (cm)			
	Araldite 2020	EPOX G300	UHU PLUS endfest 300	HXTAL NYL-1
1	3,0	3,0	1,0	3,0
2	4,0	3,5	1,5	3,0
3	4,0	3,5	1,5	3,5
10	4,5	3,5	1,5	3,5
30	4,5	4,0	2,0	4,0
60	5,0	4,5	2,5	4,5

### Průběh vytvrzování

Ke sledování průběhu vytvrzování byla využita zkouška zasychání – metoda s použitím mechanického záznamu průběhu zasychání<sup>1</sup> (ČSN EN ISO 9117-4). Na povrch zkušebního pruhu byla nanesena vrstva testovaného adheziva o výšce 1 mm. Tloušťka naneseného filmu byla regulována pomocí distanční pásky, která také zabránila stékání adheziva z testovacího pruhu. Skleněné pásky s adhezivem se umístily do přístroje, následně byla spuštěna jehla, která se pohybovala konstantní rychlostí. Jehla vlivem tuhnutí adheziva začne zanechávat stopu.

Měření průběhu vytvrzování bylo provedeno na třech vzorcích. Aritmetický průměr hodnot je uveden v *Tab. 3*.

Bod gelace (*Tab. 4*) byl zjišťován pomocí rotačního reometru AR-G2 (TA Instruments); průměr terče: 25 mm; výška: 1 mm; frekvence: 1 Hz. Výsledky jsou průměrem hodnot dvou měření (*Obr. 4–11*).

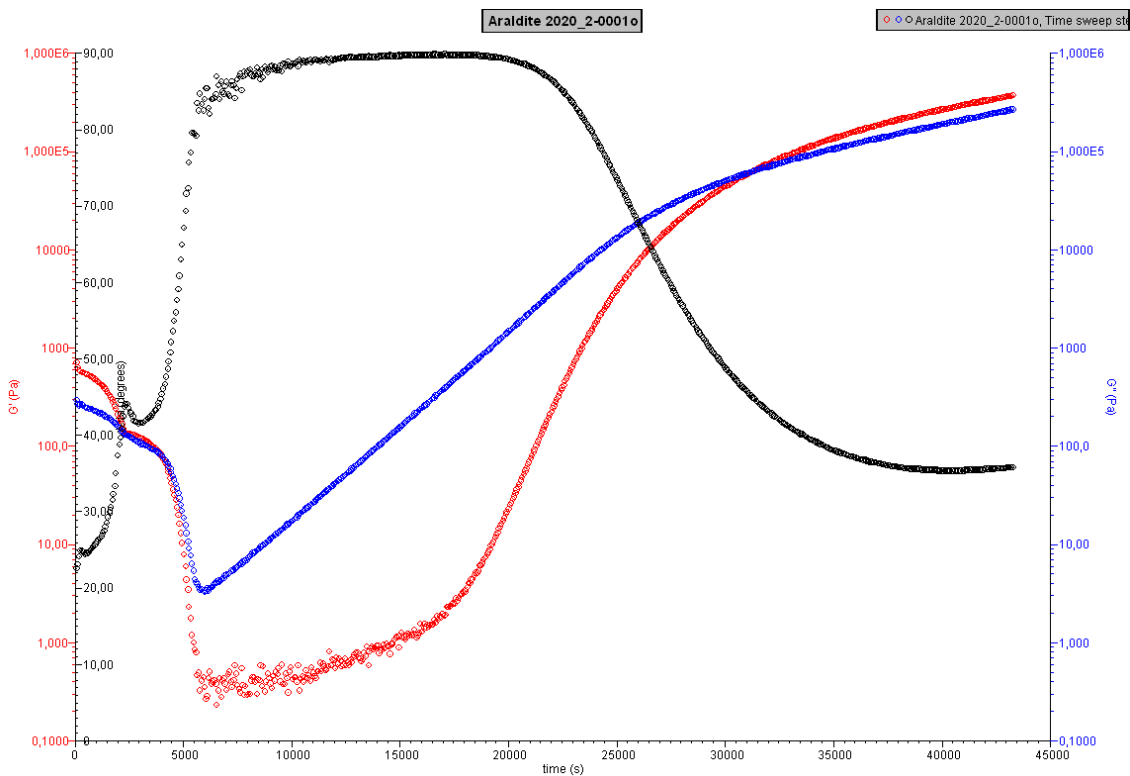


Tab. 3: Zkouška zasychání – mechanický záznam průběhu zasychání při teplotě 22 °C

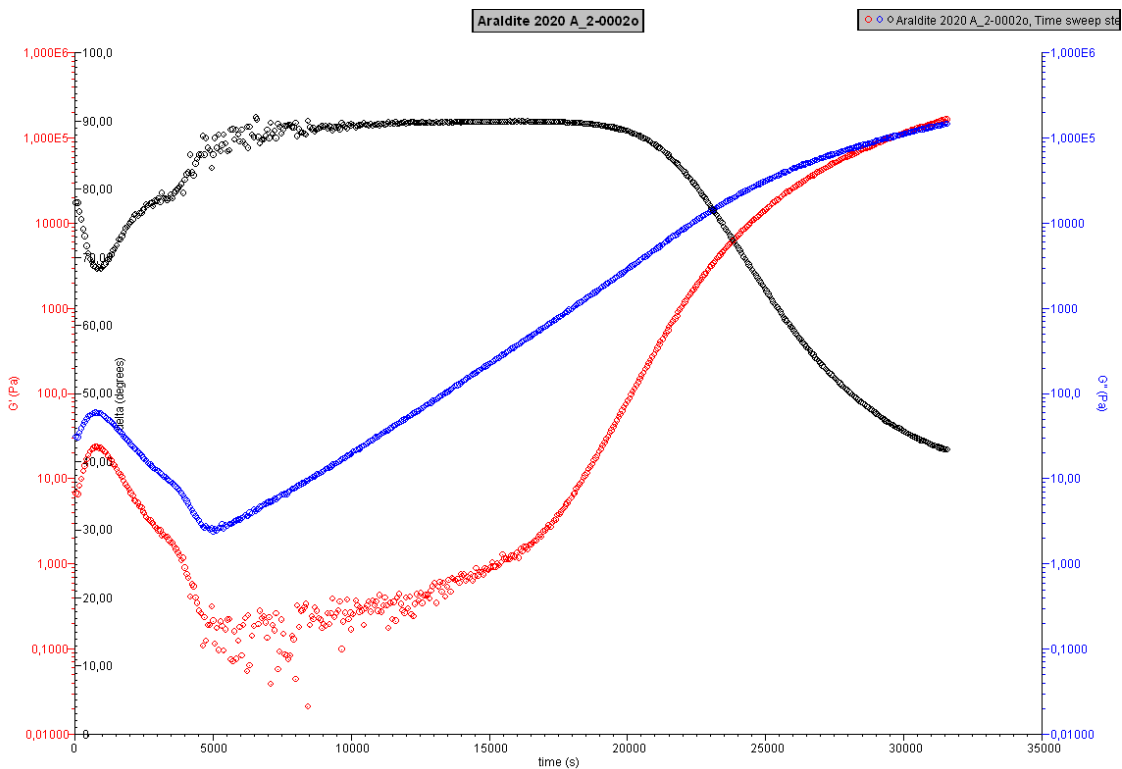
	Čas (h)			
	Araldite 2020	EPOX G300	UHU PLUS endfest 300	HXTAL NYL-1
zaschnutí na dotek	6,5	17,0	4,5	22,0
ztráta lepivosti	7,5	20	5,5	> 24,0
zatvrdnutí	10,5	> 24,0	7,0	> 24,0
proschnutí	12,5	> 24,0	12,0	> 24,0

Tab. 4: Určení bodu gelace při teplotě 30 °C

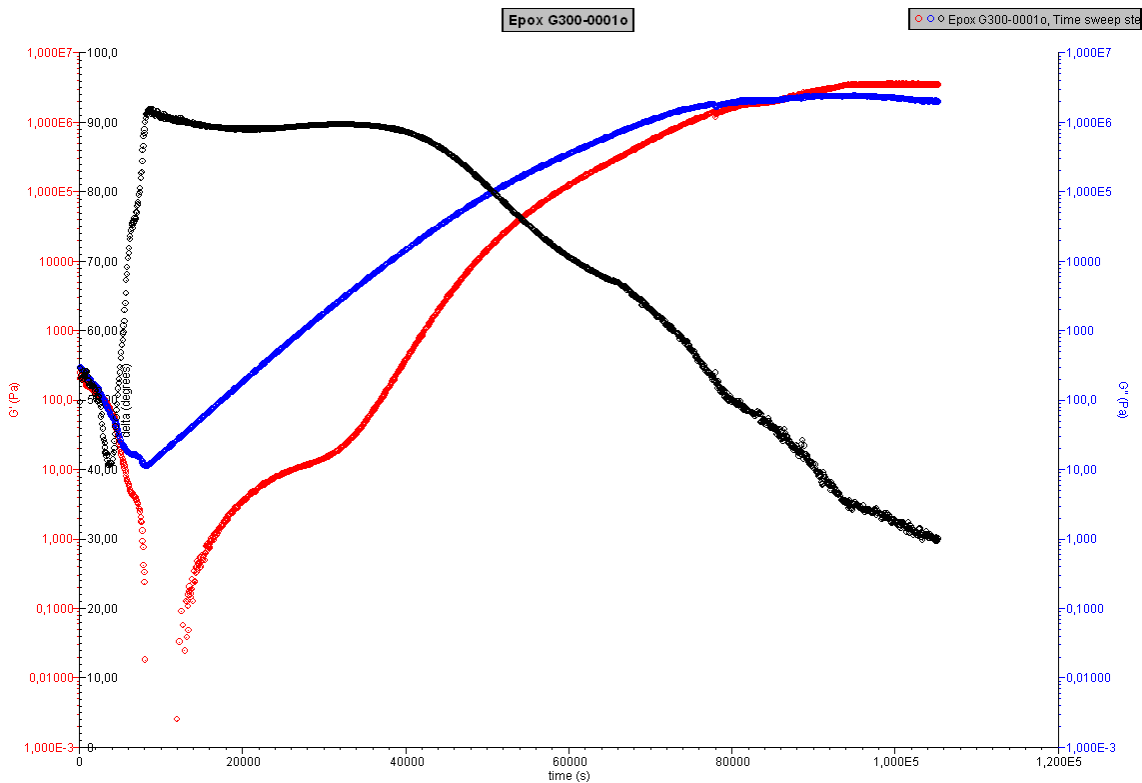
Parametr	Araldite 2020	EPOX G300	UHU PLUS endfest 300	HXTAL NYL-1
bod gelace (h)	8,0	22,7	7,2	27,7



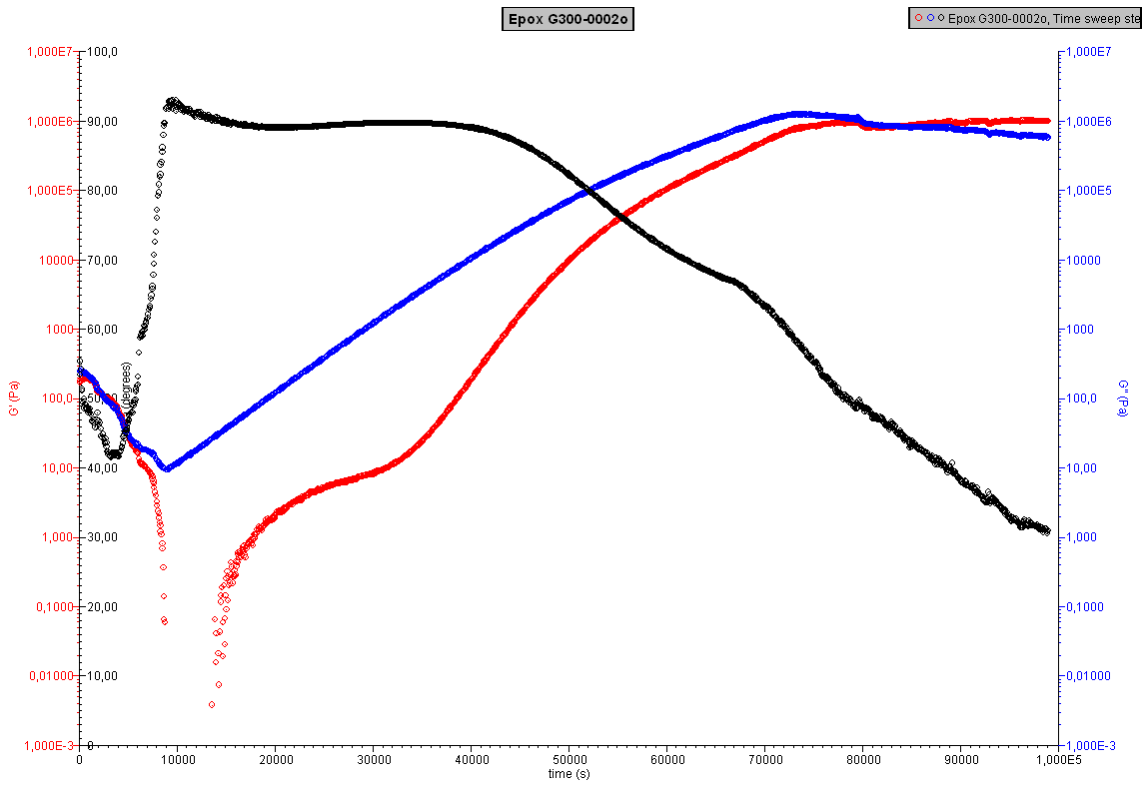
Obr. 4: Závislost viskozitního ( $G''$ ) a elastického ( $G'$ ) modulu lepidla Araldite 2020 na čase



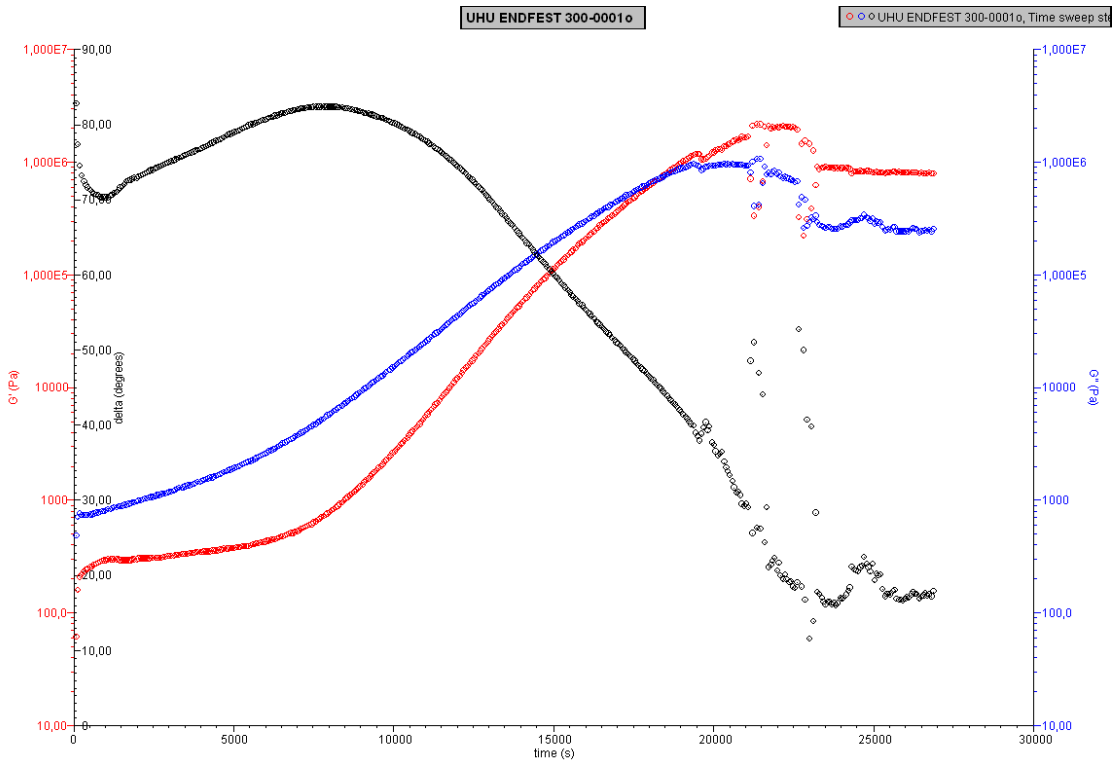
Obr. 5: Závislost viskozitního ( $G''$ ) a elastického ( $G'$ ) modulu lepidla Araldite 2020 na čase



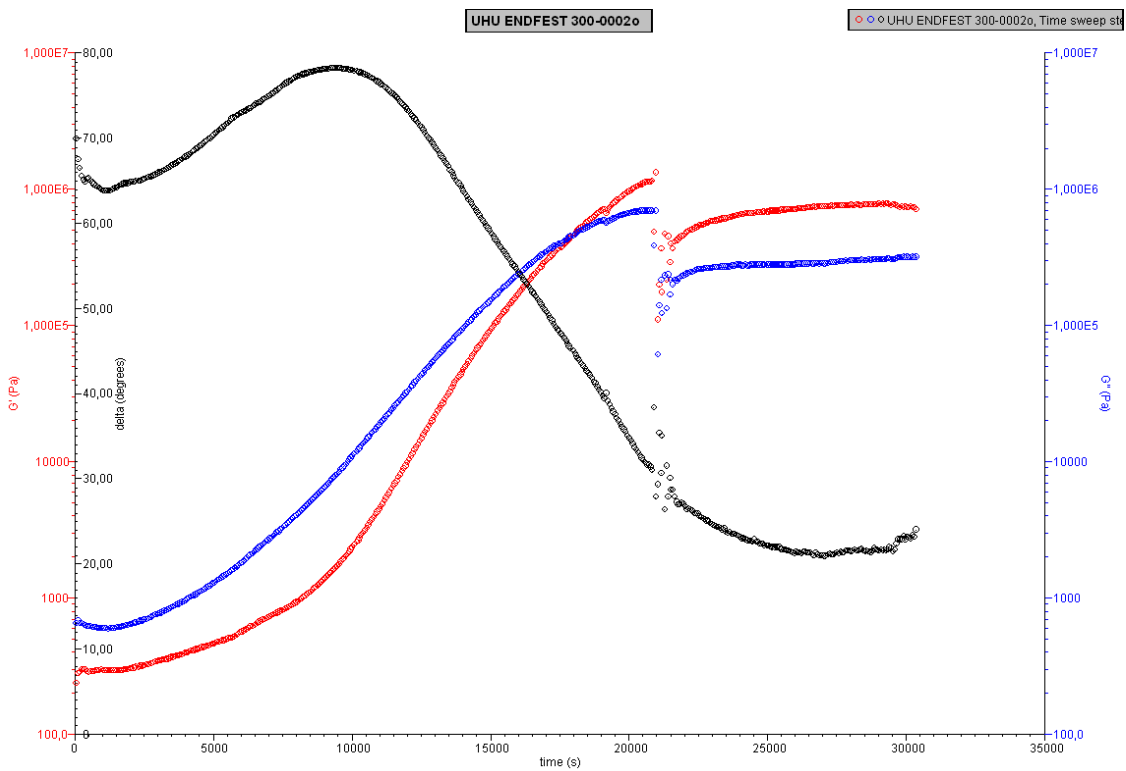
Obr. 6: Závislost viskozitního ( $G''$ ) a elastického ( $G'$ ) modulu lepidla EPOX G300 na čase



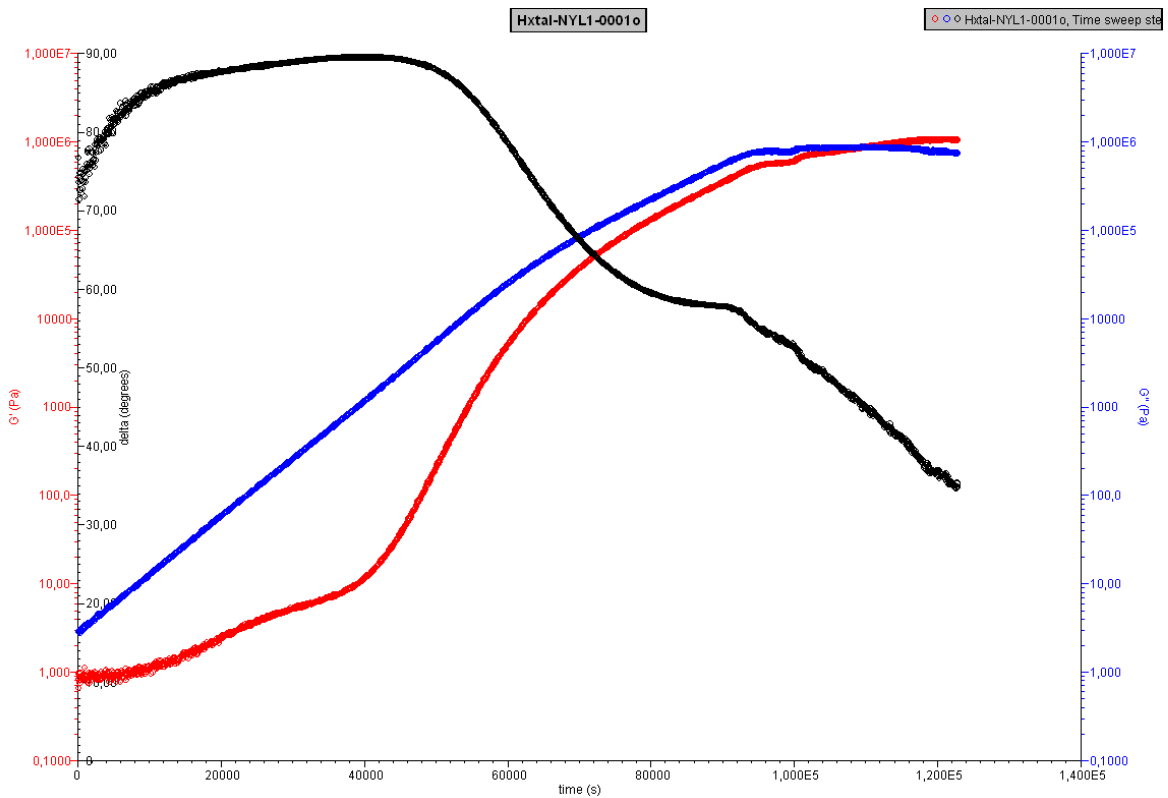
Obr. 7: Závislost viskozitního ( $G''$ ) a elastického ( $G'$ ) modulu lepidla EPOX G300 na čase



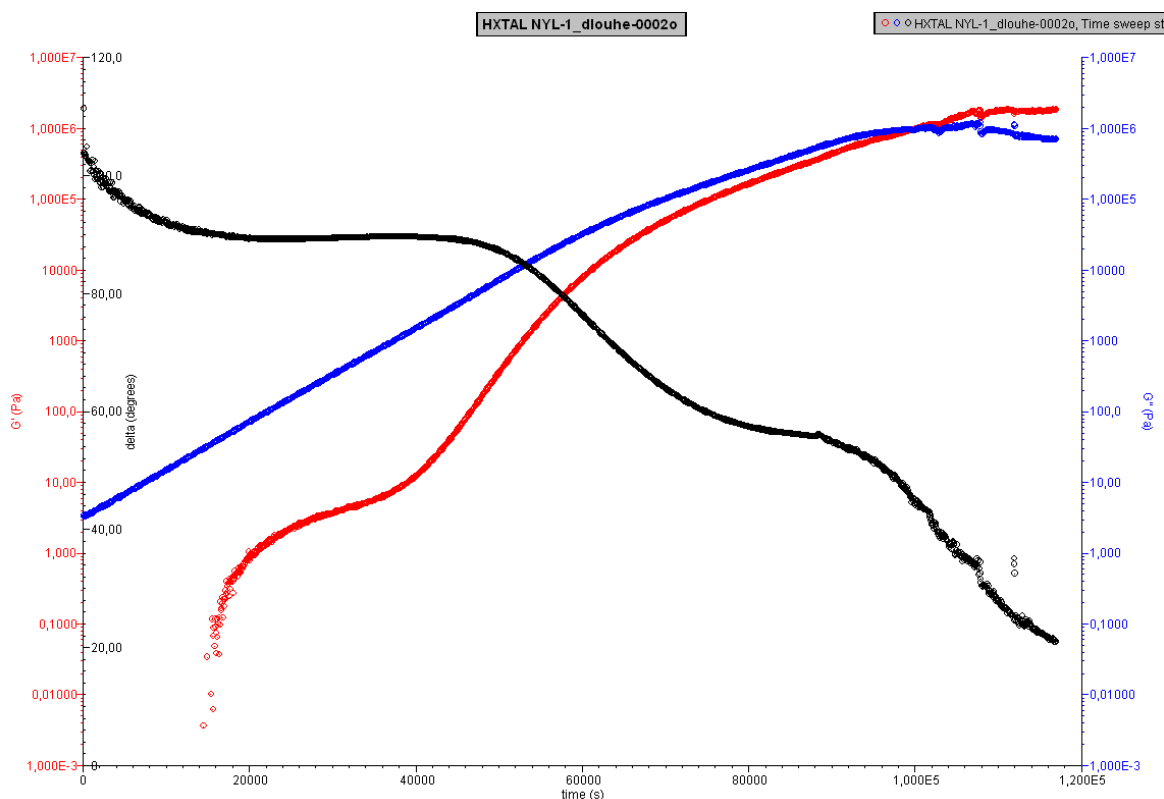
Obr. 8: Závislost viskozitního ( $G''$ ) a elastického ( $G'$ ) modulu lepidla UHU PLUS endfest 300 na čase



Obr. 9: Závislost viskozitního ( $G''$ ) a elastického ( $G'$ ) modulu lepidla UHU PLUS endfest 300 na čase



Obr. 10: Závislost viskozitního ( $G''$ ) a elastického ( $G'$ ) modulu lepidla HXTAL NYL-1 na čase



Obr. 11: Závislost viskozitního ( $G''$ ) a elastického ( $G'$ ) modulu lepidla HXTAL NYL-1 na čase

### Odtrhová zkouška přilnavosti<sup>2</sup> (ČSN EN 24624)

Odtrhová zkouška přilnavosti byla provedena za využití přístroje PosiTest Pull-Off Adhesion Tester (DeFelsko, USA). Průměr zkušební panenky byl 20 mm. Zkušební panenka se přilepila pomocí standardizovaného epoxidového lepidla k povrchu filmu. Po vytvrzení lepidla bylo testované adhezivum po obvodu panenky oříznuto. Po té byla panenka uchycena do přístroje a provedlo se vlastní měření – odtrh. Testovány byly vzorky adheziv před a po umělém stárnutí.

V případě adheziva HXTAL NYL-1 byly připraveny sady podkladů bez primeru a s ním. Pro všechna testovaná adheziva byly připraveny i hliníkové podložky, u nichž byl brusným papírem P400 těsně před aplikací zdrsňen povrch.

Ve všech případech byl překročen měřicí rozsah přístroje pro zkušební panenku s plochou o průměru 20 mm, tj. 20 MPa. V případě adheziva HXTAL NYL-1 se tedy ani při použitím testu neprojevil vliv úprav povrchu.

### Mřížková zkouška přilnavosti<sup>3</sup> (ČSN EN ISO 2409)

Adheziva byla na podložku nanесena pomocí válečku vymezujícího tloušťku mokré vrstvy 75 µm. Testovány byly vzorky epoxidových pryskyřic na skleněné i hliníkové podložce před a po vystavení cyklickým změnám teploty a po umělém stárnutí, viz Tab. 5. Provedená zkouška spočívá v proříznutí filmu paralelními noži, a to kolmo na sebe. Provedené řezy musí proniknout do podkladu. Na takto vzniklý rastr – mřížka se očistí měkkým štětečkem a aplikuje se na něj standartní lepicí páska. Po jejím odtržení se povrch očistí a vyhodnotí se míra odlupování filmu od podkladu dle návodu.

Nejlepší adhezi k podkladu vykazovala epoxidová pryskyřice HXTAL NYL-1. Po umělém stárnutí docházelo u většiny vzorků ke zhoršení adheze k podkladu.

Tab. 5: Vyhodnocení mřížkové zkoušky.

Hodnocení: 0 - řezy jsou zcela hladké, žádný čtverec mřížky není poškozen; 1 – nepatrné poškození v místech, kde se řezy kříží, poškozená plocha nesmí přesahovat 5 %; 2 - film je nepatrně poškozen podél řezů a v jejich křížení, poškození mřížky je vyšší než 5 %, ale nižší než 15 % celkové plochy; 3 – nátěr je částečně poškozen v rozích řezů, podél řezných hran částečně nebo celý na různých místech mřížky, poškození mřížky je v intervalu více než 15 % a méně než 35 % plochy; 4 - na filmu jsou patrné velké změny v rozích řezů, některé čtverečky jsou poškozeny částečně nebo zcela, plocha mřížky je poškozena více než z 35 %, ale méně než z 65 %; 5 – povrch je změněn z více než 65 %.

Popis vzorků	Klasifikace			
	Araldite 2020	EPOX G300	UHU PLUS endfest 300	HXTAL NYL-1
Adhezivum na skleněné podložce před stárnutím	3	3	0	0
Adhezivum na hliníkové podložce před stárnutím	3	1	0	0
Adhezivum na skleněné podložce po umělém stárnutí	5	4	3	1
Adhezivum na hliníkové podložce po umělém stárnutí	3	2	1	0
Adhezivum na skleněné podložce po cyklických změnách teplot	5	3	0	0
Adhezivum na hliníkové podložce po cyklických změnách teplot	3	0	0	0

### Další sledované vlastnosti

Subjektivně byly sledovány i další vlastnosti připravovaných adheziv, které jsou shrnuty v *Tab. 6*. Konkrétně byla vyhodnocována zpracovatelnost a sensorické vlastnosti při přípravě. A dále lepivost připravených filmů po jejich vytvrzení.

*Tab. 6: Doplnkové vlastnosti testovaných epoxidových pryskyřic; stupnice 1-3, 1 je nejlepší.*

Sledovaná vlastnost filmu	Araldite 2020	EPOX G300	UHU PLUS endfest 300	HXTAL NYL-1
Příprava směsi	1	1	3	2
Senzorické vlastnosti – příprava	2	1	3	1
Lepivost na dotek po vytvrzení	ne	ne	ano	ne

### Závěr

Testovány byly čtyři epoxidové pryskyřice vhodné pro spoj sklo-kov. Z provedených testů se jako nejvhodnější bylo vyhodnoceno adhezivum HXTAL NYL-1. Adheziva EPOX G 300 a Araldite 2020 měla v porovnání s předchozím slabší adhezi k použitým podložkám a při umělém stárnutí žloutla. Adhezivum UHU PLUS endfest 300 vykazovalo dobrou adhezi ke sklu i hliníku, ovšem mělo žlutou barvu, jeho povrch byl i po vytvrzení lepivý a během umělého stárnutí docházelo k silnému žloutnutí.

### Literatura:

- 1 ČSN EN ISO 9117-4. *Nátěrové hmoty – Zkoušky zasychání – Část 4: Metoda s použitím mechanického záznamu průběhu zasychání*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2013. 12 p.
- 2 ČSN EN 24624. *Nátěrové hmoty – Odtrhová zkouška přilnavosti*. Praha: Český normalizační institut, 1994. 12 p.
- 3 ČSN EN ISO 2409. *Nátěrové hmoty – Mřížková zkouška*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2013. 17 p.

## Přílohy – shrnutí studovaných vlastností

### Epoxidové lepicí a licí hmoty vhodné pro spoje sklo-hliník

Parametr	Araldite 2020	EPOX G300	UHU PLUS endfest 300	HXTAL NYL-1
Barevnost pryskyřice	čirá	čirá	žlutá	čirá
Bod gelace při 30 °C (h)	8,0	22,7	7,2	27,7
Zkouška zasychání při cca 22 °C – doba zaschnutí na dotek <sup>1</sup> (h)	6,5	17,0	4,5	22,0
Zkouška zasychání při cca 22 °C – doba proschnutí <sup>1</sup> (h)	12,5	> 24,0	12,0	> 24,0
Rozliv <sup>2</sup> (cm)	5,0	4,5	2,5	4,5
Mřížková zkouška <sup>3</sup> – sklo (třída)	3	3	0	0
Mřížková zkouška <sup>3</sup> – hliník (třída)	3	1	0	0
Odrhová zkouška přilnavosti <sup>4</sup> – sklo (MPa)	> 20			
Odrhová zkouška přilnavosti <sup>4</sup> – hliník (MPa)	> 20			
Změna barevnosti po umělém stárnutí <sup>5</sup> $\Delta E^*$	18,19	8,92	27,10	1,72
Žloutnutí po umělém stárnutí <sup>5</sup> $\Delta b^*$	16,54	8,38	26,32	1,67
Příprava hmoty	1	1	3	2
Senzorické vlastnosti – příprava	2	1	3	1
Lepivost na dotek po vytvrzení	ne	ne	ano	ne

1 ČSN EN ISO 9117-4

2 Zvýšení poloměru kruhu po 1 h, 13 ml,  $d = 26$  mm.

3 ČSN EN ISO 2409

4 ČSN EN 24624

5 Podmínky umělého stárnutí: 30 denní simulace působení povětrnostních podmínek – cyklus se sestává z ozařování vzorků UV zářením ( $\lambda = 320$  nm, energie záření:  $0,68$  W·m<sup>-2</sup>, teplota: 50 °C, doba: 5 h), skrápění demineralizovanou vodou (teplota: 20 °C, doba: 2 min) a kondenzace vodní páry na povrchu (teplota: 40 °C, doba: 2 h).



### Epoxidové lepicí a licí hmoty vhodné pro spoje sklo-hliník – grafické znázornění výsledků

Parametr	Araldite 2020	EPOX G300	UHU PLUS endfest 300	HXTAL NYL-1
Barevnost pryskyřice	čirá	čirá	žlutá	čirá
Bod gelace při 30 °C (h)	8,0	22,7	7,2	27,7
Zkouška zasychání při cca 22 °C – doba zaschnutí na dotek <sup>1</sup> (h)	6,5	17,0	4,5	22,0
Zkouška zasychání při cca 22 °C – doba proschnutí <sup>1</sup> (h)	12,5	> 24,0	12,0	> 24,0
Rozliv <sup>2</sup> (cm)	5,0	4,5	2,5	4,5
Mřížková zkouška <sup>3</sup> – sklo (třída)	☹️	☹️	😊	😊
Mřížková zkouška <sup>3</sup> – hliník (třída)	☹️	😊	😊	😊
Odrhová zkouška přilnavosti <sup>4</sup> – sklo (MPa)	😊			
Odrhová zkouška přilnavosti <sup>4</sup> – hliník (MPa)	😊			
Změna barevnosti po umělém stárnutí <sup>5</sup> $\Delta E^*$	☹️	☹️	☹️	😊
Žloutnutí po umělém stárnutí <sup>5</sup> $\Delta b^*$	☹️	☹️	☹️	😊
Příprava hmoty	😊	😊	☹️	☹️
Senzorické vlastnosti – příprava	☹️	😊	☹️	😊
Lepivost na dotek po vytvrzení	ne	ne	ano	ne

1 ČSN EN ISO 9117-4

2 Zvýšení poloměru kruhu po 1 h, 13 ml, d = 26 mm.

3 ČSN EN ISO 2409

4 ČSN EN 24624

5 Podmínky umělého stárnutí: 30 denní simulace působení povětrnostních podmínek – cyklus se sestává z ozařování vzorků UV zářením ( $\lambda = 320 \text{ nm}$ , energie záření:  $0,68 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$ , teplota:  $50 \text{ °C}$ , doba: 5 h), skrápění demineralizovanou vodou (teplota:  $20 \text{ °C}$ , doba: 2 min) a kondenzace vodní páry na povrchu (teplota:  $40 \text{ °C}$ , doba: 2 h).

## Příloha 3

### **Chemicko-technologický průzkum exteriérové mozaiky: Ludmila Jandová – Ptačí rodina, Litomyšl**

Ing. Petra Lesniaková, Ph.D.

Univerzita Pardubice, Fakulta restaurování, Katedra chemické technologie

Litomyšl, 2016

## CHEMICKO-TECHNOLOGICKÝ PRŮZKUM EXTERIÉROVÉ MOZAIKY LUDMILA JANDOVÁ – PTAČÍ RODINA, LITOMYŠL

### ODBORNÝ PEDAGOGICKÝ DOZOR / STUDENTI

MgA. Barbora Vařejková  
BcA. Adéla Škrabalová, BcA. David Svoboda  
Ateliér restaurování nástěnné malby a sgrafita, Fakulta restaurování, Univerzita Pardubice

### SPECIFIKACE OBJEKTU, LOKALIZACE

Litomyšl, Lidická 913, severní fasáda západní přístavby činžovního domu, převážně kamenná exteriérová mozaika s námětem Ptačí rodina – kombinace cihel, hornin, korálků a kusů zatvrdlé malty s nátěrem, autor Ludmila Jandová (1938 – 2008), vznik 1969?, transfer 70. léta 20. stol.

### ZADÁNÍ PRŮZKUMU, ODBĚR VZORKŮ

Zadání, cíl průzkumu: stratigrafický a materiálový průzkum vzorků osazovacích malt a vybraných osazených materiálů; obsah vodorozpustných solí

Počet a typ dodaných vzorků: 9 kusových vzorků za účelem materiálového rozboru, případně průzkumu stratigrafie vrstev; 5 vzorků vrtné moučky získaných ze 2 vrtů provedených ve výšce 7 a 82 cm a 1 vzorek horniny ke stanovení obsahu vodorozpustných solí

**Tab. 1:** Přehled vzorků k materiálovému a stratigrafickému průzkumu.

Evidenční číslo	Označení, lokalizace, popis
8418	M1, osazený materiál – červená pálená keramika, zřejmě cihlářský střep
8419	M2A osazený materiál – hornina, béžová, degradovaná, sedimentární
8420	M3, osazený materiál – malta s růžovou povrchovou úpravou
8421	M4, osazovací původní malta
8422	M5, osazovací šedá předpokládaná druhotná malta
8423	M6, osazovací šedá předpokládaná druhotná malta teplejšího odstínu
8424	M7, osazovací malta šedý odstín, dvě vrstvy
8425	M8, osazovací šedá předpokládaná původní malta
8426	M9, bílý povlak na šedé osazovací předpokládané druhotné maltě podobné M5

**Tab. 2:** Přehled vzorků vrtné moučky ke stanovení obsahu vodorozpustných solí, případně pH.

Evidenční číslo	Označení, lokalizace, popis
Vrt 1	Výška 7 cm, zleva 10 cm, hloubka V1A 0-1 cm, V1B 1-2 cm
Vrt 2	Výška 82 cm, zleva 55 cm, hloubka V2A 0-1 cm, V2B 1-2 cm, V2C 2-3 cm
8419	M2B, osazený materiál – hornina, béžová, degradovaná, sedimentární

### ZPRÁVA Z CHEMICKO-TECHNOLOGICKÉHO PRŮZKUMU

Počet stran:	37	Datum:	16. 12. 2016
Autor:	Petra Lesniaková		
Místo:	Katedra chemické technologie, Fakulta restaurování, Litomyšl, Jiráskova 3		

## METODIKA PRŮZKUMU

### STRATIGRAFIE A MATERIÁLOVÉ SLOŽENÍ VZORKŮ

Studium stratigrafie a materiálového složení vzorků bylo provedeno s využitím mikroskopických technik optické a skenovací elektronové mikroskopie (SEM). K mikroskopickému průzkumu byly ze vzorků nebo jejich vybraných částí připraveny příčné řezy v podobě nábrusů a výbrusů. Nábrusy byly připraveny zalitím úlomků vzorků do dentální pryskyřice Spofacryl na akrylátové bázi. Výbrusy byly připraveny firmou Diatech s využitím epoxidové pryskyřice Specifix (Struers). Studium a dokumentace příčných řezů vzorků byly provedeny optickým mikroskopem Eclipse LV100D-U (Nikon) s digitálním fotoaparátem EOS 1100D (Canon) v dopadajícím viditelném, modrém světle a UV záření. Jako imerzní kapalina byla použita demineralizovaná voda. Pouhličené příčné řezy vzorků byly dále studovány elektronovým mikroskopem Mira 3 LMU (Tescan) v režimu zpětně odražených elektronů (BSE). Materiálový průzkum byl proveden na základě určení prvkového složení částí vzorků vybraných pomocí světelné mikroskopie skenovací elektronovou mikroskopií s energiově-disperzní analýzou (SEM/EDX). Prvková analýza byla provedena pomocí systému Bruker Quantax 2000 (Bruker) na pouhličených příčných řezech ve vysokém vakuu v režimu zpětně odražených elektronů (BSE). Výsledky prvkového složení analyzovaných míst jsou uvedeny v tabulkách na základě atomových procent tak, že prvky s dominantním zastoupením jsou podtrženy, následují prvky s menším zastoupením a v závorkách jsou uvedeny prvky s minoritním zastoupením.

### MNOŽSTVÍ VODOROZPUSTNÝCH SOLÍ

Obsah aniontů vodorozpuštěných solí, chloridů, síranů a dusičnanů, byl stanoven pomocí UV/VIS spektrofotometrie z extraktů vzorků v destilované vodě. K tomuto účelu byl využit spektrofotometr Beckman Coulter DU© 720, měření bylo provedeno ve viditelném spektru světla v rozsahu vlnových délek 345 - 515 nm. Obsah vodorozpuštěných solí je v tabulkách uveden ve hmotnostních procentech (% hm.) a molárních koncentracích (mmol/kg).

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

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

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

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

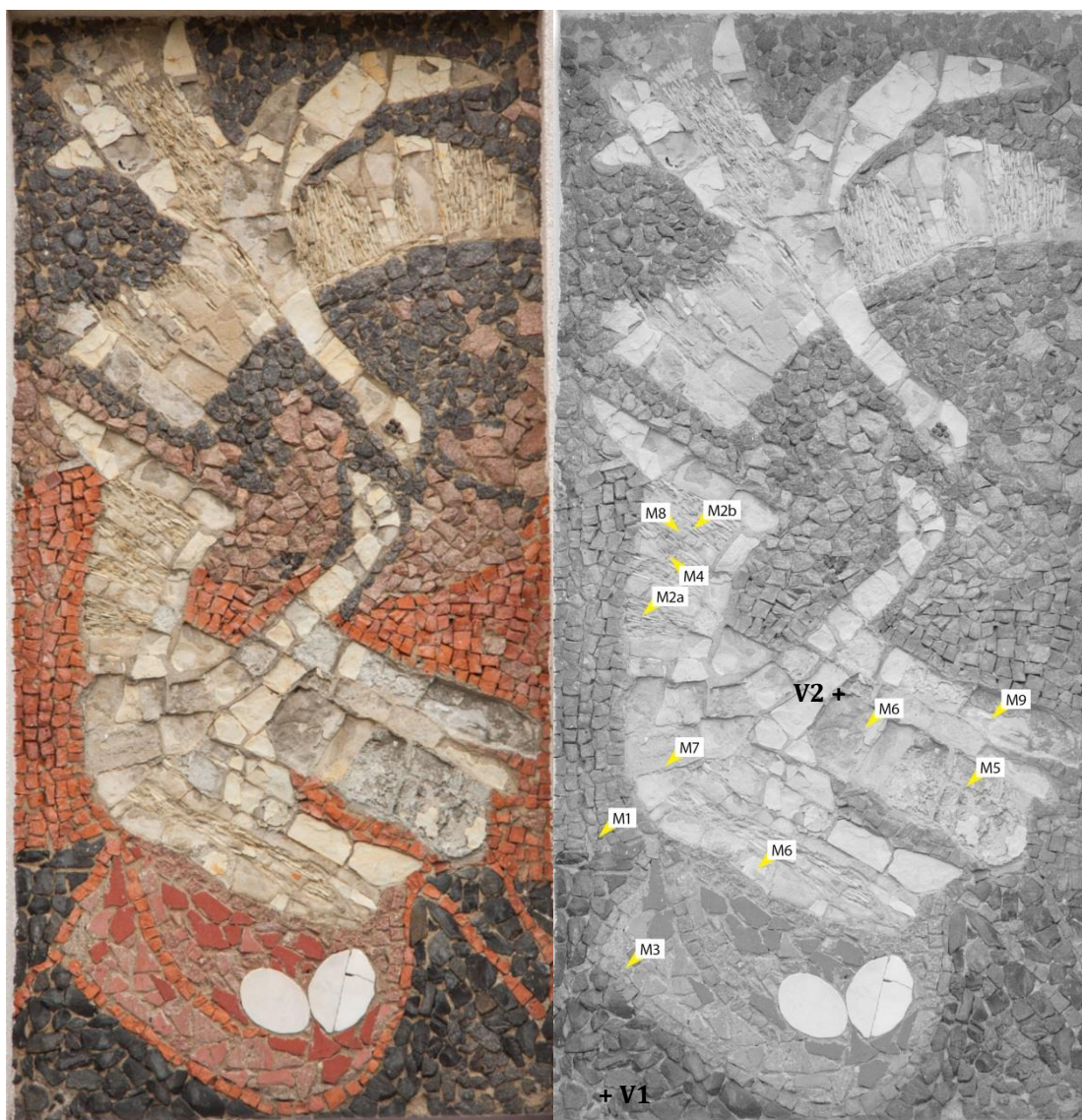
### STANOVENÍ HODNOT PH

pH bylo stanoveno potenciometricky ve vodných výluzích vzorků odebraných ke stanovení vodorozpuštěných solí. K tomuto účelu byl využit pH metr InoLab pH 730 (WTW) s kombinovanou elektrodou Sen Tix San (WTW). Výluhy byly připraveny tak, že poměr hmotností vrtné moučky ze vzorků a vody byl 1:2, přičemž reálná hmotnost vrtné moučky se pohybovala mezi 0,1 a 0,25 g.

### SÍTOVÁ ANALÝZA PLNIVA / NEROZPUSTNÉHO PODÍLU MALT

Částečně rozmělněné vzorky malt byly rozloženy 10% hm. roztokem kyseliny chlorovodíkové (HCl) a filtrovány. Rozbor vychází z předpokladu, že plnivo neobsahuje uhličitany a rozpustnou část vzorku tvoří pouze uhličitánové pojivo malty. Nerozpustný zbytek (plnivo) byl po vysušení podroben sítové analýze s použitím sít o průměru otvorů 0,063, 0,125, 0,25, 0,5, 1, 2, 4 mm ručním třepáním. K mikroskopickému průzkumu a fotografickému záznamu nerozpustného zbytku byl využit stereoskopický mikroskop SMZ800 (Nikon) s digitálním fotoaparátem EOS 1100D (Canon).

## ZÁKRES ODEBRANÝCH VZORKŮ



Obr. 1 Zákres míst odběrů vzorků, exteriérová mozaika, Ludmila Jandová – Ptačí rodina (foto D. Svoboda).

## VÝSLEDKY PRŮZKUMU MNOŽSTVÍ VODOROZPUSTNÝCH SOLÍ, STANOVENÍ pH

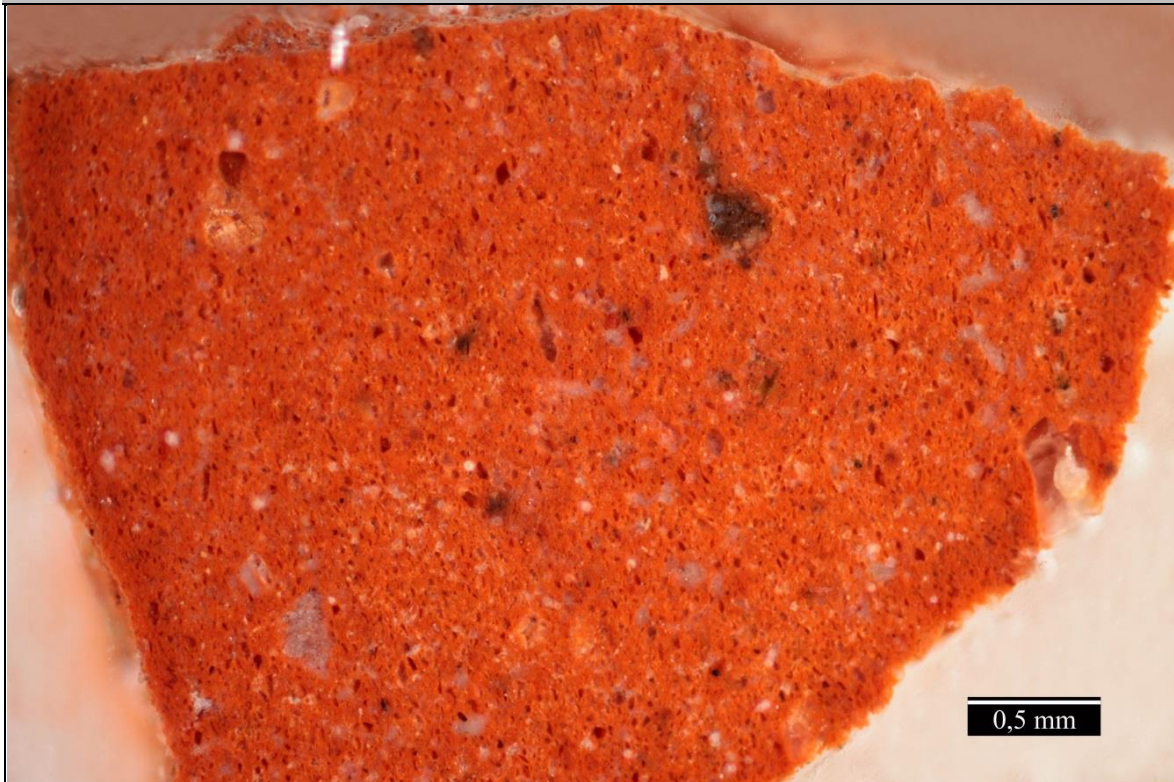
Tab. 5 Výsledky stanovení koncentrace vodorozpuštěných solí a hodnot pH.

Číslo vzorku výška/hloubka (cm)	Hodnota pH	Chloridy (Cl <sup>-</sup> )		Síraný (SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> )		Dusičnany (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	
		(hm. %)	(mmol/kg)	(hm. %)	(mmol/kg)	(hm. %)	(mmol/kg)
V1A 10 / 7/0-1	9,6	<0,01	<2,0	0,91	95	0,03	6
V1B 10 / 7/1-2	10,8	0,03	7	0,01	1	0,03	7
V2A 25 / 82/0-1	8,8	<0,01	<2,0	0,25	26	0,05	9
V2B 25 / 82/1-2	8,85	0,05	10	0,79	55	0,01	2
V2C / 82/2-3	-	0,02	4	0,06	4	<0,01	<2,0
8419 / M2B	-	0,03	7	<0,01	<1,0	<0,01	<2,0

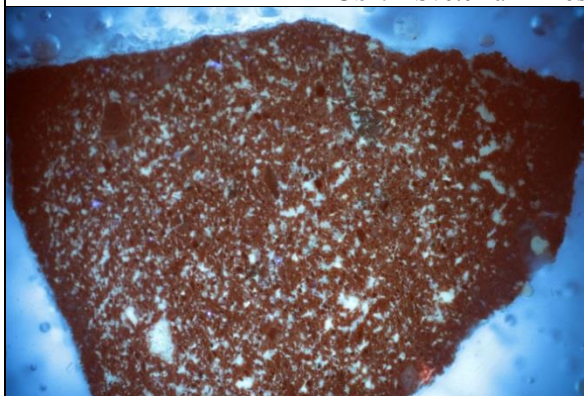
Z průzkumu obsahu vodorozpuštěných solí vyplývá velmi vysoká koncentrace síranů do hloubky 1 cm ve výšce 7 cm (vrt V1) a do hloubky 2 cm ve výšce 82 cm (vrt V2). Koncentrace dusičnanů a chloridů je z hlediska možnosti vzniku poškození nízké. Ve vzorku horniny byly zjištěny zanedbatelné koncentrace vodorozpuštěných solí.

**VÝSLEDKY MATERIÁLOVÉHO PRŮZKUMU**

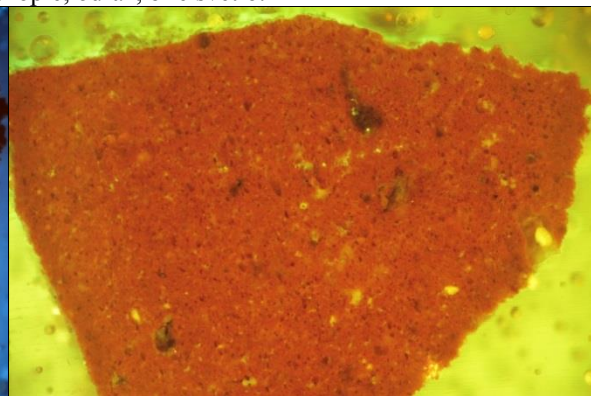
**VZOREK 8418 / M1 / OSAZENÝ MATERIÁL – PÁLENÁ KERAMIKA, CIHLÁŘSKÝ STŘEP**



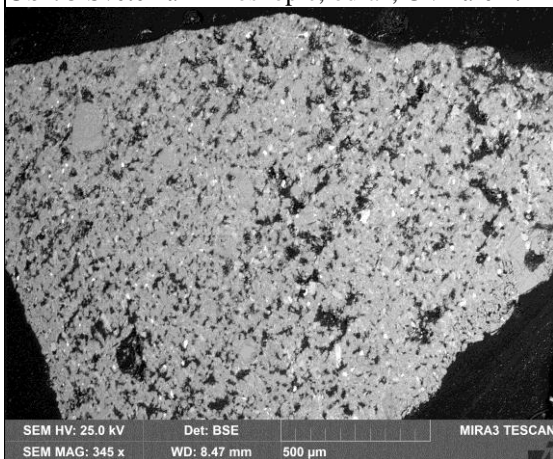
**Obr. 2** Světelná mikroskopie, odraz, bílé světlo.



**Obr. 3** Světelná mikroskopie, odraz, UV záření.



**Obr. 4** Světelná mikroskopie, odraz, modré světlo.



**Obr. 5** Elektronová mikroskopie, SEM/BSE.

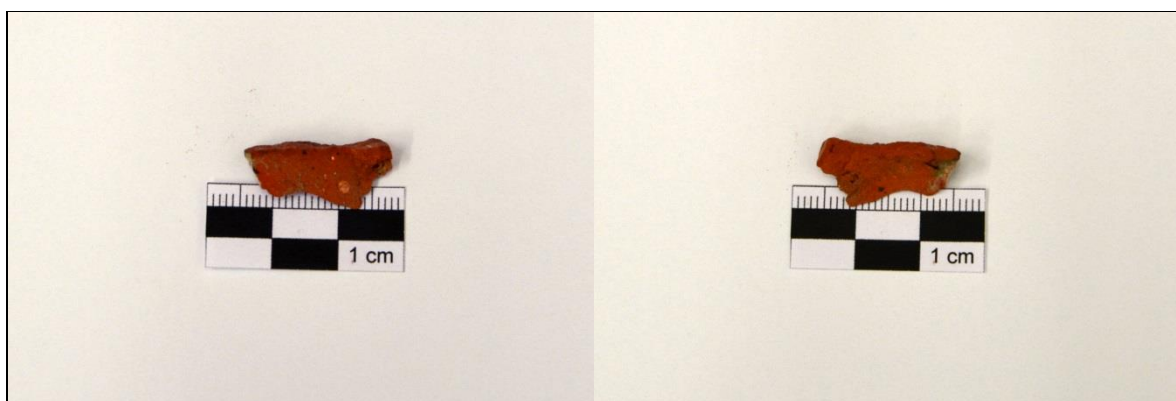
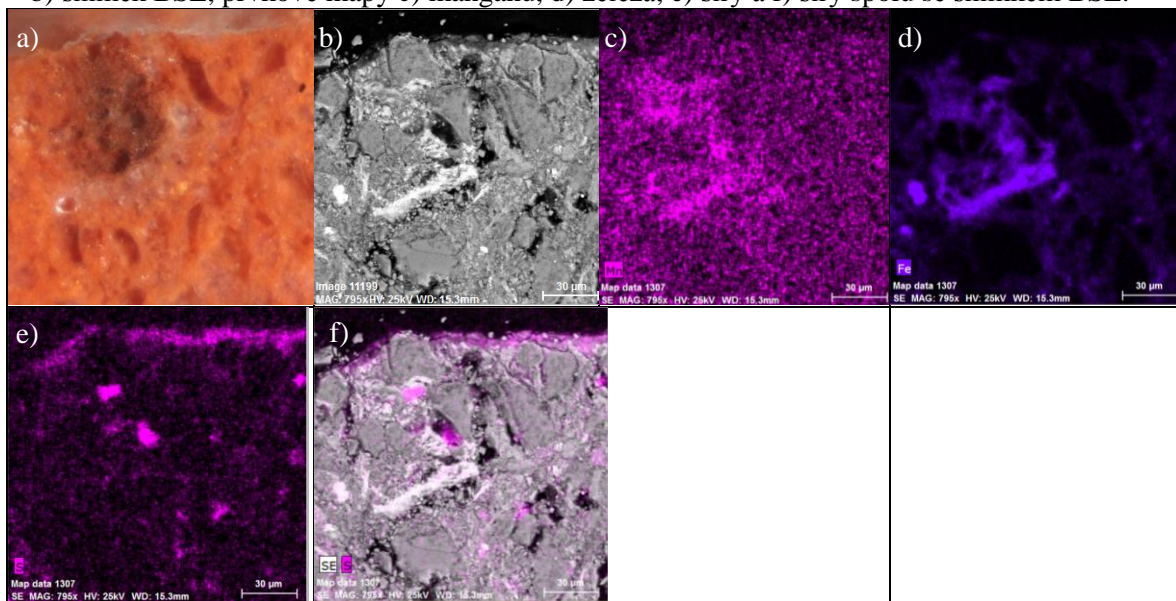


**Obr. 6** Místo odběru vzorku.

**Tab. 6:** Výsledky průzkumu osazeného materiálu – cihlářský střep / vzorek 8418.

Číslo vrstvy	Popis vrstvy, světelná mikroskopie	Složení a popis vrstvy – světelná a elektronová mikroskopie s prvkovou analýzou (SEM/BSE/EDX)
–	povrch – přítomen bílý fragment	<u>Si</u> (Al, Ca, Fe, S, K, Cl): blíže nespecifikováno, místy povrch obohacen o síru (S) a fosfor (P)
0.	úlolek, cihla, červená, velikost zrn do cca 0,1 mm, ojediněle větší zrna velikosti cca 0,2 mm	<u>Mezizrnná hmota</u> <u>Si</u> , Al, Fe (K, Mg, Ca, Na, Ti, Cl): sloučeniny železa červených odstínů, hlinitokřemičitany, šedé zóny obsahují vyšší množství manganu a železa (Mn, Fe), blíže nespecifikováno <u>Plnivo nebo přirozená příměs výchozího materiálu, případně aditiva:</u> křemen <u>Si</u> , další silikáty – např. <u>Si</u> , <u>K</u> , <u>Al</u> (Na), bílá malá zrna <u>Ti</u> , <u>Si</u> , <u>Al</u> (K, Fe), tmavé zrno <u>Si</u> , <u>Fe</u> , <u>Mg</u> (Ca, Mn), částice <u>Ca</u> , <u>Si</u> , Fe, Mg, Al

**Tab. 7:** Snímky tmavé části vzorku a) optická (bílé světlo) mikroskopie, elektronová mikroskopie – b) snímek BSE, prvkové mapy c) manganu, d) železa, e) síry a f) síry spolu se snímkem BSE.

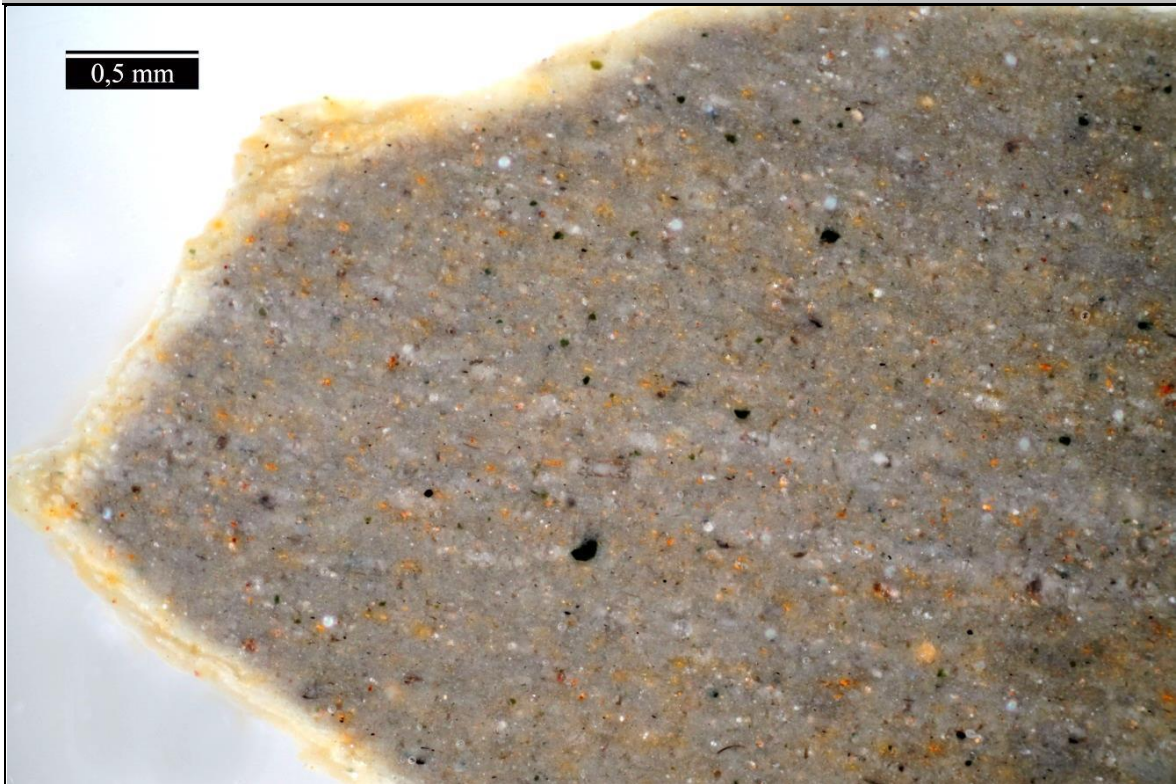


**Obr. 7, 8** Stereomikroskopie - dokumentace vzorku z pohledové a spodní strany.

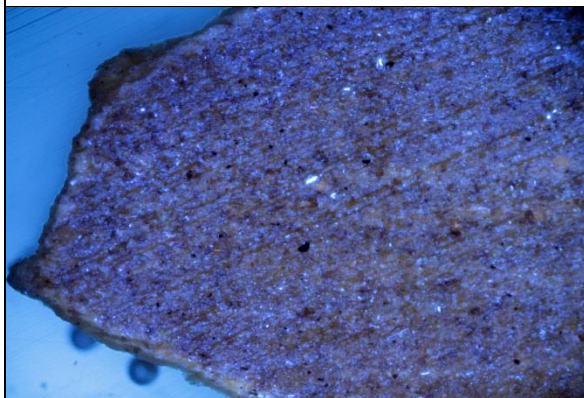
### Shrnutí:

Vzorek je úlomek červené pálené keramiky, zřejmě cihly, která byla použita jako osazovaný materiál. Ve hmotě úlomku byly ojediněle zaznamenány menší šedé zóny obohacené o mangan a železo. Plnivem nebo přirozenou složkou výchozího materiálu je jemnozrnný písek/prach s velikostí zrn přibližně 0,05 mm. Povrch úlomku je zřejmě obohacen o síran vápenatý a sloučeniny fosforu. Zdrojem uvedených sloučenin mohou být vodorozpustné soli.

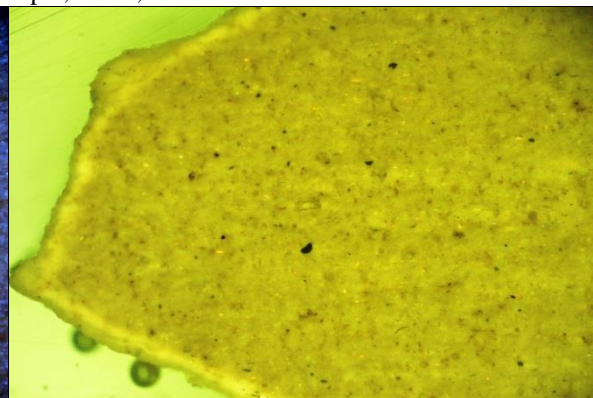
**VZOREK 8419 / M2A / OSAZENÝ MATERIÁL – HORNINA DEGRADOVANÁ, SEDIMENTÁRNÍ**



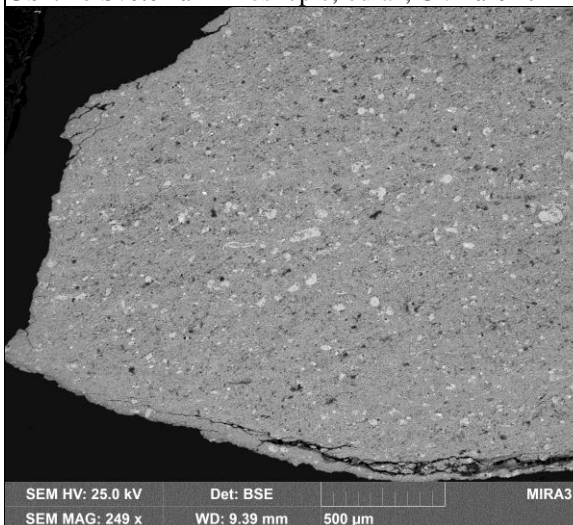
**Obr. 9** Světelná mikroskopie, odraz, bílé světlo.



**Obr. 10** Světelná mikroskopie, odraz, UV záření.



**Obr. 11** Světelná mikroskopie, odraz, modré světlo.



**Obr. 12** Elektronová mikroskopie, SEM/BSE.



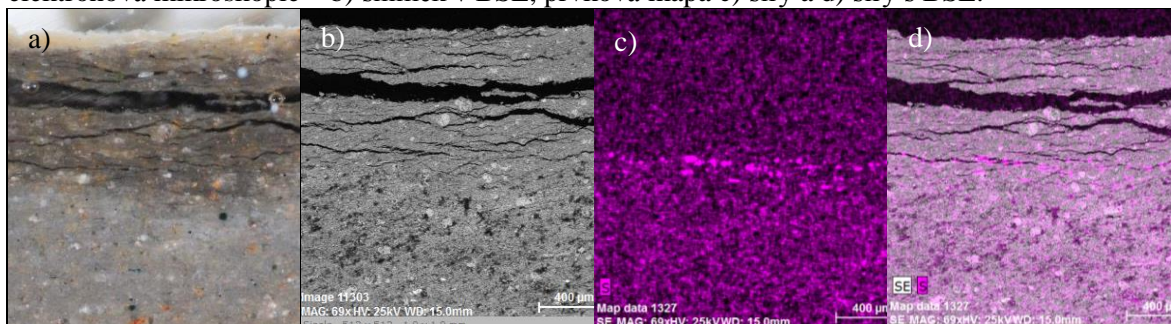
**Obr. 13.** Místo odběru vzorku.



**Tab. 8:** Výsledky průzkumu vzorku osazeného materiálu – sedimentární hornina / vzorek 8419.

Číslo vrstvy	Popis vrstvy, světelná mikroskopie	Složení a popis vrstvy – světelná a elektronová mikroskopie s prvkovou analýzou (SEM/BSE/EDX)
0.	úloмок sedimentární horniny, povrch se vyznačuje žlutou barevností, vnitřní materiál je šedý, obsahuje černé, červené, okrové/žluté částice a zelená zrna, u povrchu dezintegrace hmoty – trhliny	<u>Vnitřní šedá část</u> Si, Ca (Al, Fe, Mg, Na, Ti, S, P, K): uhlíčitan vápenatý (fosilie), drobná křemenná zrna, žluté a červené částice na bázi sloučenin železa Fe (Al, Si, Mg, Ca) nebo Ca, Fe (Al, Si, Mg), ojediněle zelená zrna Si, Al, Fe, K, Mg – zřejmě glaukonit <u>Povrchová okrová část</u> Si, Ca (Al, Fe, Mg, Na, Ti, S, P, K): uhlíčitan vápenatý (fosilie), drobná křemenná zrna (cca 0,025 mm), žluté a červené částice na bázi sloučenin železa Fe (Al, Si, Mg, Ca) nebo Ca, Fe (Al, Si, Mg), obdobné složení jako vnitřní materiál v některých trhlinách zaznamenán vyšší obsah síry – může indikovat přítomnost síranů

**Tab. 9:** Snímky horniny v místě zvýšeného obsahu síry v trhlíně: a) světelná mikroskopie, elektronová mikroskopie – b) snímek v BSE, prvková mapa c) síry a d) síry s BSE.



**Obr. 14, 15** Stereomikroskopie - dokumentace vzorku z pohledové a spodní strany.

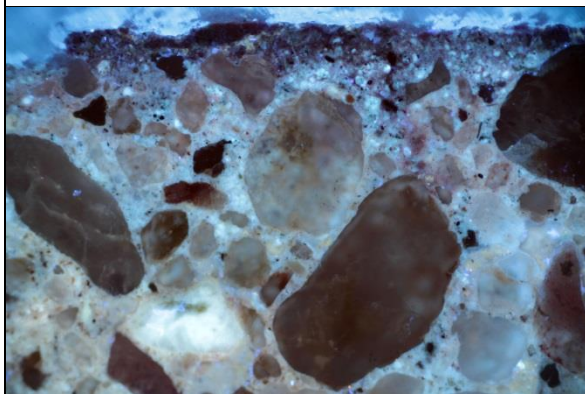
#### Shrnutí:

Vzorek je úlomek našedlé sedimentární horniny, jejíž povrch je degradovaný a vyznačuje se okrovou barevností. Vysoký stupeň degradace se projevuje v úbytku hmoty, štěpení v sedimentárních rovinách a již zmíněnou změnou barevnosti povrchu. Hornina obsahuje uhlíčitan vápenatý a silikátové složky. Mikroskopicky byly zaznamenány vápenné schránky mikroorganismů, křemenná zrna, červené a žluté částice na bázi sloučenin železa, v malé míře zelená silikátová zrna, zřejmě zrna glaukonitu. Prvkové složení povrchu horniny se od vnitřní části neliší. Změna barevnosti povrchu mohla nastat vyplavením šedé složky s černými částicemi deštěm. V některých mikrotrhlinách byl zaznamenán vyšší obsah síry. Je možné, že je síra součástí vodorozpuštěných síranů, které mohou být jednou z příčin degradace povrchu kamene.

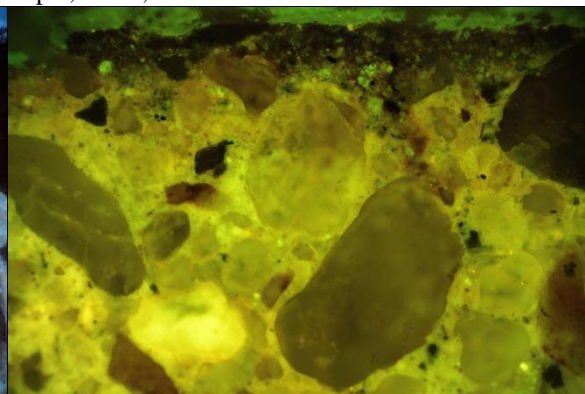
**VZOREK 8420 / M3 / OSAZENÝ MATERIÁL –MALTA S RŮŽOVÝMI POVRCHOVÝMI ÚPRAVAMI**



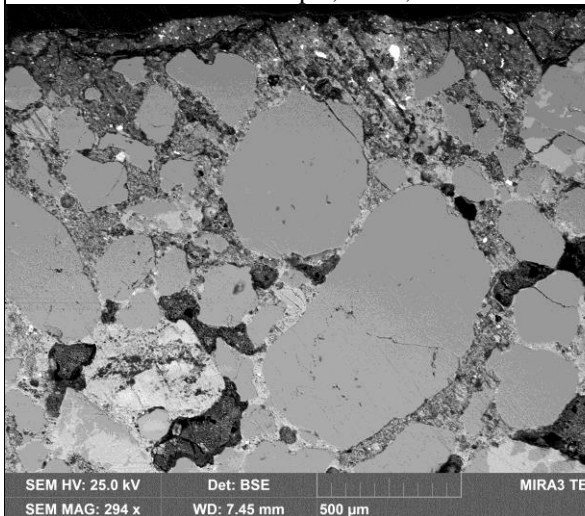
**Obr. 16** Světelná mikroskopie, odraz, bílé světlo.



**Obr. 17** Světelná mikroskopie, odraz, UV záření.



**Obr. 18** Světelná mikroskopie, odraz, modré světlo.



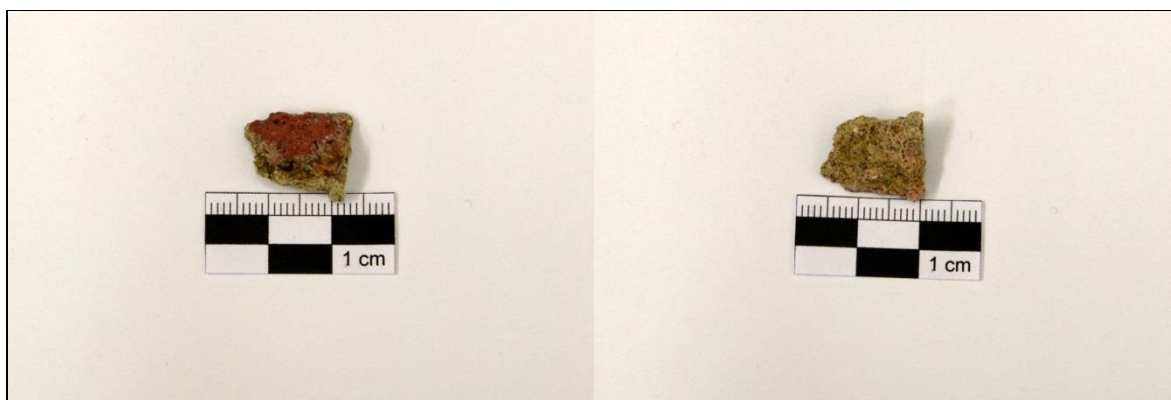
**Obr. 19** Elektronová mikroskopie, SEM/BSE.



**Obr. 20.** Místo odběru vzorku.

**Tab. 10:** Výsledek průzkumu osazeného materiálu – malta s růžovým nátěrem / vzorek 8420.

Číslo vrstvy	Popis vrstvy, světelná mikroskopie	Složení a popis vrstvy – světelná a elektronová mikroskopie s prvkovou analýzou (SEM/BSE/EDX)
2.	červená vrstva, dobře propojená s vrstvou 1	<u>Si</u> , Ca, Al, Fe (Mg, K, S, Cl, Ba, Ti): uhlíčitán vápenatý, silikáty, železitá červeně, zřejmě slínkové částice s různým poměrem <u>Si</u> , <u>Ca</u> , Mg, Al (Fe) nebo <u>Si</u> , <u>Ca</u> , <u>Mg</u> , Al (Fe), okrové částice <u>Si</u> , Ca, Al, Mg (Fe, K, Ti, Na, Cl) blíže nespecifikovány, ojediněle zrna barytu <u>Ba</u> , <u>S</u>
1.	silnější růžová vrstva se zrny – zřejmě hrubozrnný nátěr, dobře propojená s maltou	<u>Mezizrnný prostor/pojivo</u> <u>Ca</u> , Si (Fe, Al, Mg, S, Ti): slínkové částice s různým poměrem <u>Si</u> , <u>Ca</u> Mg, Al, Fe (Ti) – belit, alit <u>Plnivo</u> : křemenná zaoblená zrna <u>Si</u> , další silikátová zrna <u>Si</u> , Al, Na (K) – zřejmě pocházejí z omítky, se kterou se vrstva mísí, ojediněle zrna barytu <u>Ba</u> , <u>S</u> , železitá červeně
0.	zatvrdlá malta, větší zrna plniva velikosti cca 2,5 až 5 mm, často zaoblená, průhledná a poloprůhledná barevná (růžová, okrová), menší zelená oblá zrna velikosti cca 0,1 mm, místy růžové zóny	<u>Mezizrnný prostor/pojivo</u> <u>Ca</u> , Si (Fe, Al, Mg, S, Ti): slínkové částice s různým poměrem <u>Si</u> , <u>Ca</u> Mg, Al, Fe (Ti) a <u>Si</u> , Ca, Mg, Al (Fe) – belit, alit, relativně vyšší obsah křemíku <u>Plnivo</u> : křemenná často zaoblená zrna <u>Si</u> , další silikátová zrna <u>Si</u> , Al, Na (K), zelená oblá zrna <u>Si</u> , <u>Fe</u> , <u>Ca</u> , K (Al, Mg) a <u>Si</u> , <u>Fe</u> , Al, Mg, K (Ca), zcela ojediněle zrna barytu <u>Ba</u> , <u>S</u> , železitá červeně



**Obr. 21, 22** Stereomikroskopie - dokumentace vzorku z pohledové a spodní strany.

### Shrnutí:

Vzorek byl získán z okrové zatvrdlé malty (vrstva 0) s růžovými povrchovými úpravami (vrstvy 1, 2). Úlomky osazené v mozaice byly zřejmě získány rozbitím větších kusů zatvrdlé malty. Většinou byly uloženy v mozaice růžovou/červenou povrchovou úpravou pohledově, ale také tak, že úprava není vidět a úlomky byly osazené z boku do ložné malty mozaiky.

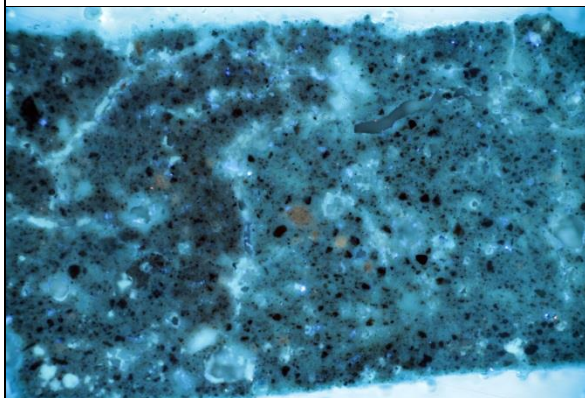
Zatvrdlá malta je dosti pevná, nelze rozlomit rukou. Obsahuje zrna plniva, kterým je křemičitý písek s křemennými a dalšími silikátovými zrny maximální velikosti cca 5 mm. Charakteristická je přítomnost obličných poloprůhledných silikátových zrn zelené barvy přibližné velikosti 0,1 mm. Je možné, že byla malta probarvena ve hmotě, obsahuje růžové zóny s železitým pigmentem. Pojivo je na minerální bázi, obsahuje slínkové částice a relativně vyšší obsah křemíku. Lze předpokládat, že byl k přípravě malty použit cement, zřejmě portlandský. Nelze zcela vyloučit přítomnost vzdušného vápna, nicméně pojivové částice vzdušného vápna nebyly zaznamenány.

Na osazených kusech zatvrdlé malty se nalézá světle růžová povrchová úprava 1 s cementem zřejmě portlandským. Vrstva je probarvená železitou červení, obsahuje ojedinělá zrna barytu. Zřejmě byla nanášena na nezatvrdlou spodní maltu, jelikož je s ní dobře propojená a místy se s ní mísí. V propojených částech se vyskytují zrna plniva, nelze rozhodnout, zda pocházejí z omítky (vrstva 0). Následuje tmavě růžová nesouvislá tenčí vrstva 2 probarvená železitou červení. Ve vrstvě byla zaznamenána ojedinělá zrna barytu. Vrstva je na minerální bázi, vyznačuje se vysokým obsahem křemíku a přítomností slínkových částice indikující použití cementu. V růžových vrstvách nebyly zaznamenány pojivové částice vzdušného vápna.

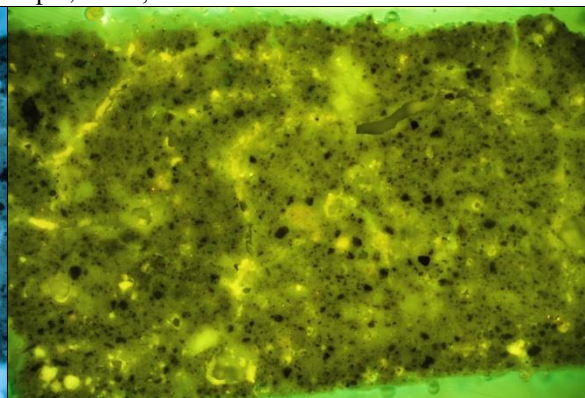
**VZOREK 8422 / M5 / OSAZOVACÍ ŠEDÁ PŘEDPOKLÁDANÁ DRUHOTNÁ MALTA**



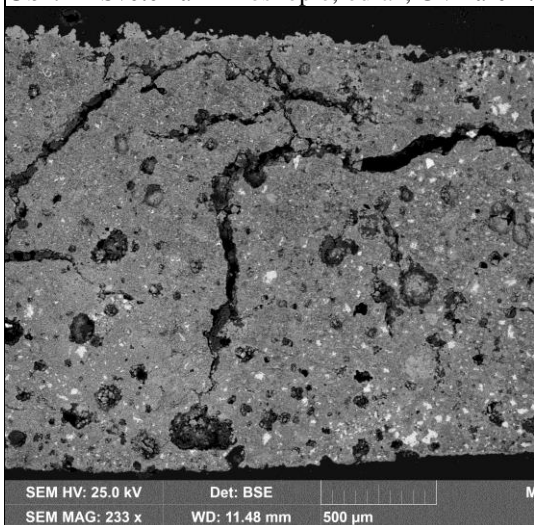
**Obr. 23** Světelná mikroskopie, odraz, bílé světlo.



**Obr. 24** Světelná mikroskopie, odraz, UV záření.



**Obr. 25** Světelná mikroskopie, odraz, modré světlo.



**Obr. 26** Elektronová mikroskopie, SEM/BSE.



**Obr. 27.** Místo odběru vzorku.

**Tab. 11:** Výsledky průzkumu vzorku šedé osazovací zřejmě druhotné malty / vzorek 8422.

Číslo vrstvy	Popis vrstvy, světelná mikroskopie	Složení a popis vrstvy – světelná a elektronová mikroskopie s prvkovou analýzou (SEM/BSE/EDX)
1.	tenká nesouvislá bílá vrstva, místy hnědý povrch	<u>Ca</u> (Fe, S, Si, Mg): zřejmě uhličitan vápenatý, blíže nespecifikována <u>Si</u> , Ca (Fe, Al, K, Mg, Na, Ti, Cl): jiná část obohacená o křemík, blíže nespecifikována
0.	šedá vrstva zatvrdlé malty, při povrchu béžová, obsahuje tmavé slínkové částice	<u>Mezizrný prostor/pojivo</u> <u>Ca</u> , Si (Al, Fe, Mg, S, K): velké množství slínkových částic s různým poměrem prvků <u>Si</u> , <u>Ca</u> Mg, Al, Fe (Ti) – belit, alit, některé fáze s vyšším obsahem hořčíku (Mg), dále beztvaré částice obdobného složení <u>Plnivo</u> : křemenná zrna <u>Si</u> velikosti cca 0,04 mm – malé množství, zaznamenáno malé zelené zrno <u>Ca</u> , Si (Cr, Al, Fe, Mg, K, P, Ti) velké množství kulatých vzduchových kavit velikosti do cca 0,2 mm, trhliny

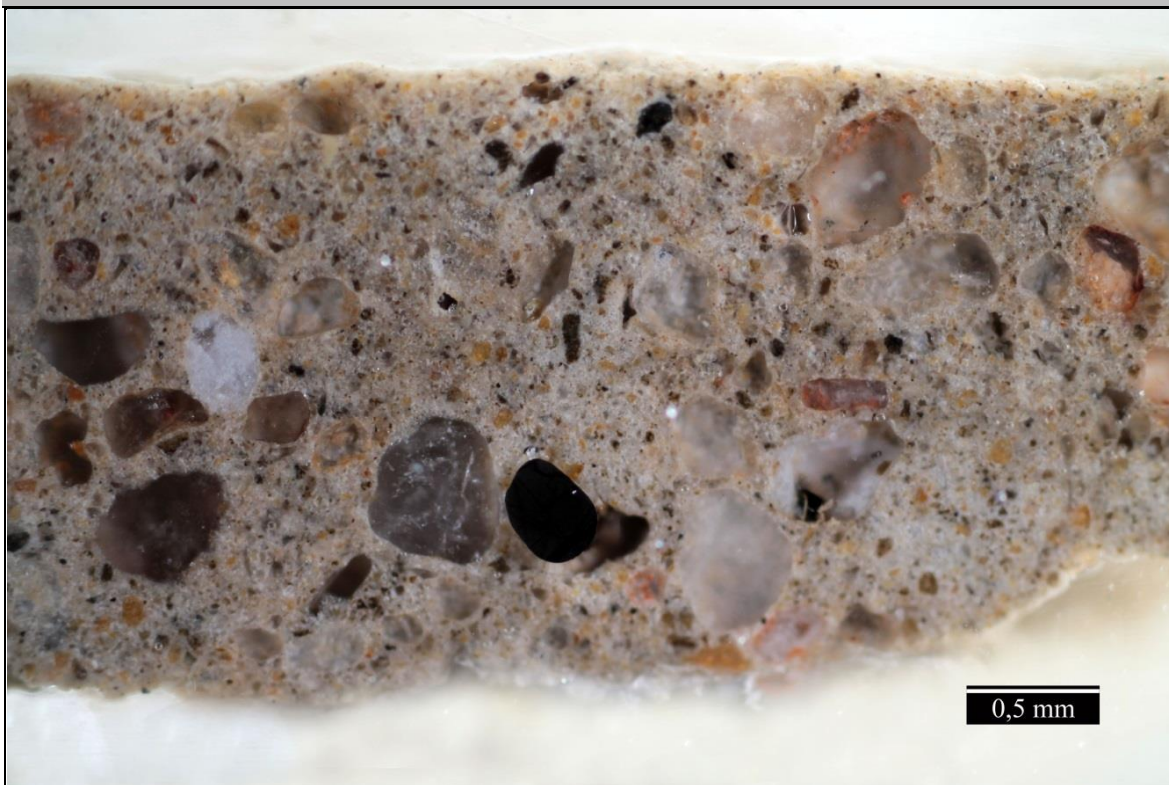


**Obr. 28, 29** Stereomikroskopie - dokumentace vzorku z pohledové a spodní strany.

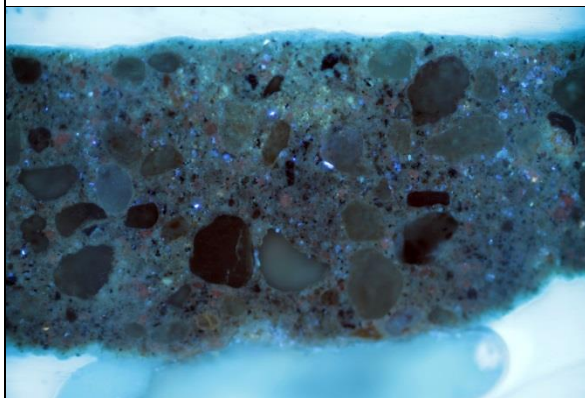
#### Shrnutí:

Vzorek sestává z úlomků šedé předpokládané druhotné osazovací malty. Malta se vyznačuje charakteristickou sítí prasklin a přítomností vzduchových bublin maximální velikosti cca 0,2 mm. Obsahuje velmi jemný křemičitý písek nebo prach s přibližnou velikostí zrn 0,04 mm, který může pocházet z výchozí suroviny použité jako pojivo. Pojivo obsahuje velké množství slínkových částic indikujících přítomnost cementu, zřejmě portlandského. Přítomnost vzdušného vápna nelze vyloučit, nebyly však zaznamenány vápenné pojivové částice, na základě jejichž přítomnosti by bylo možné tuto složku pojiva potvrdit.

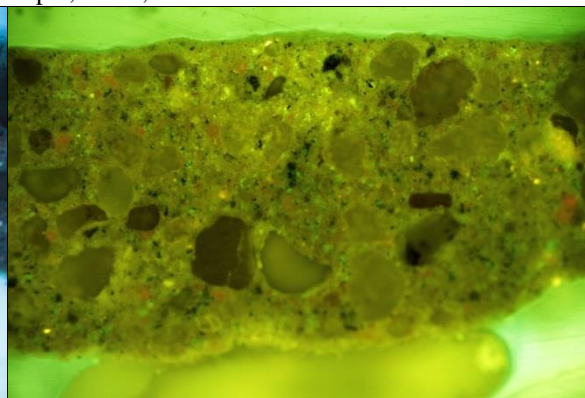
VZOREK 8423 / M6 / OSAZOVACÍ ŠEDÁ MALTA TEPLEJŠÍHO ODSŤÍNU



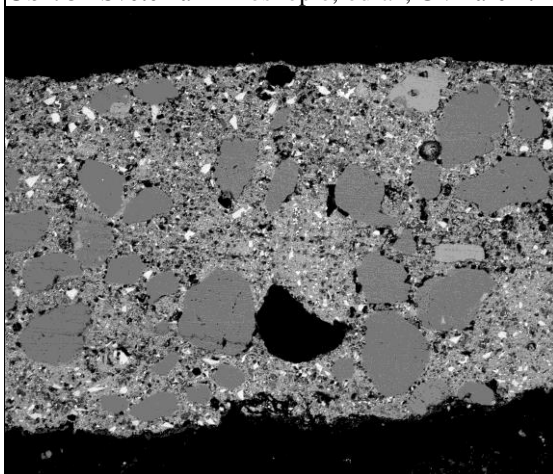
Obr. 30 Světelná mikroskopie, odraz, bílé světlo.



Obr. 31 Světelná mikroskopie, odraz, UV záření.



Obr. 32 Světelná mikroskopie, odraz, modré světlo.



SEM HV: 25.0 kV Det: BSE  
 SEM MAG: 283 x WD: 8.92 mm 500 μm MIR

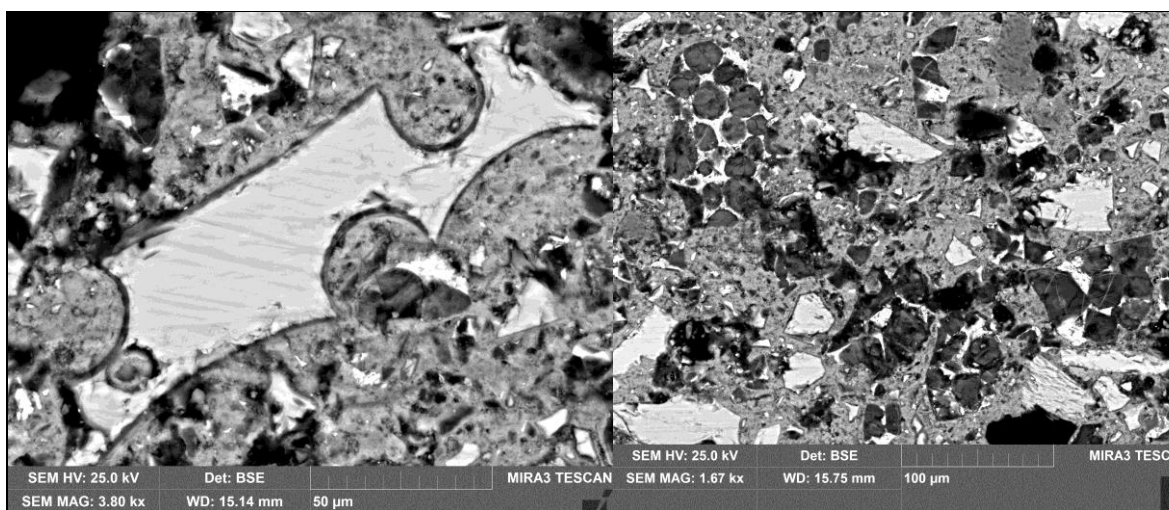
Obr. 33 Elektronová mikroskopie, SEM/BSE.



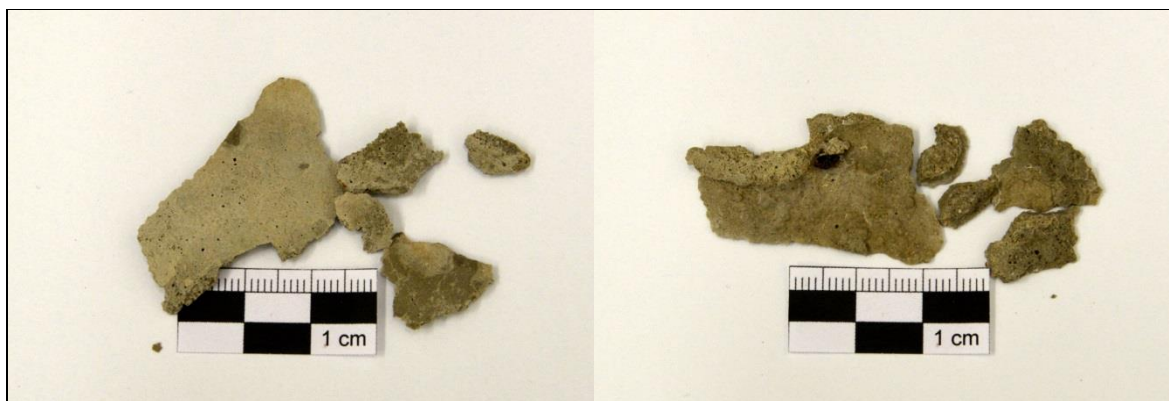
Obr. 34. Místo odběru vzorku.

**Tab. 12:** Výsledky průzkumu vzorku zřejmě druhotné osazovací malty / vzorek 8423.

Číslo vrstvy	Popis vrstvy, světelná mikroskopie	Složení a popis vrstvy – světelná a elektronová mikroskopie s prvkovou analýzou (SEM/BSE/EDX)
0.	světle okrová malta, průhledná a poloprůhledná zrna plniva, větší zrna plniva jsou oblá, velikost do 0,5 mm, menší oblé okrové částice, tmavé slínkové částice, ostrohranné částice často s růžovou UV luminiscencí	<b>Mezizrnný prostor/pojivo</b> Ca, Si (Al, Fe, Mg, S, K): velké množství slínkových částic s různým poměrem prvků <u>Si</u> , <u>Ca</u> Mg, Al, Fe (Ti) – belit, alit, někdy fáze s vyšším obsahem hořčíku (Mg), bez tvaré částice obdobného složení, okrové zřejmě hydraulické pojivové částice se zónami různého poměru prvků <u>Ca</u> , <u>Si</u> (Al, Fe, K, Mg, S, Ti), ostrohranné poloprůhledné částice (často růžová UV luminiscence) <u>Ca</u> , Si (Al, Mg, Mn, Na, Ti, S) často s dekalcifikovaným lemem a různou velikostí do cca 0,1 mm <b>Plnivo:</b> zejména křemenná zaoblená zrna <u>Si</u> , další silikátová zrna, např. <u>Si</u> , Al, Na (K) ojediněle kulaté vzduchové kavity velikosti do cca 0,6 mm



**Obr. 35, 36** SEM/BSE. Ostrohranné částice s dekalcifikovaným lemem, slínkové částice.



**Obr. 37, 38** Stereomikroskopie - dokumentace vzorku z pohledové a spodní strany.

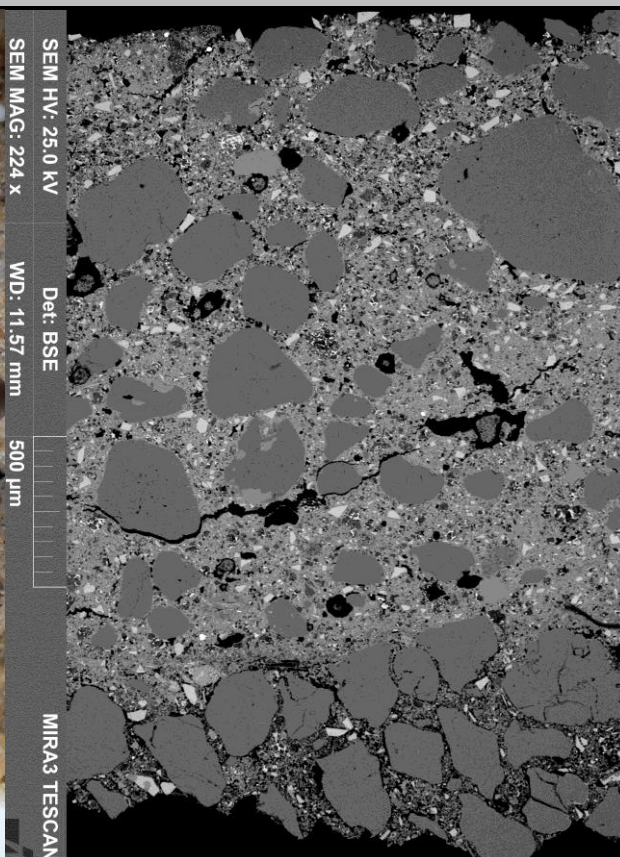
### Shrnutí:

Vzorek je úlomkem předpokládané druhotné okrové malty plněné křemičitým pískem. Větší zrna písku jsou oblá, dosahují velikosti do 0,5 mm. Dále jsou přítomny menší ostrohranné poloprůhledné částice přibližné velikosti 0,1 mm, vyznačující se často růžovou UV luminiscencí. Jedná se zřejmě o strusku nebo jiný odpad z energetiky/metalurgie apod. Lze předpokládat, že došlo k reakci těchto částic s pojivem malty, jelikož u mnohých byl zaznamenán dekalcifikovaný lem. V mezizrnném prostoru se nacházejí okrové částice zřejmě hydraulického/znečištěného vápna a velké množství slínkových částic. Lze předpokládat, že byl k přípravě malty použit struskoportlandský cement. Přítomnost vzdušného vápna nelze vyloučit, nebyly však zaznamenány vápenné pojivové částice, na základě jejichž přítomnosti by bylo možné tuto složku pojiva potvrdit.

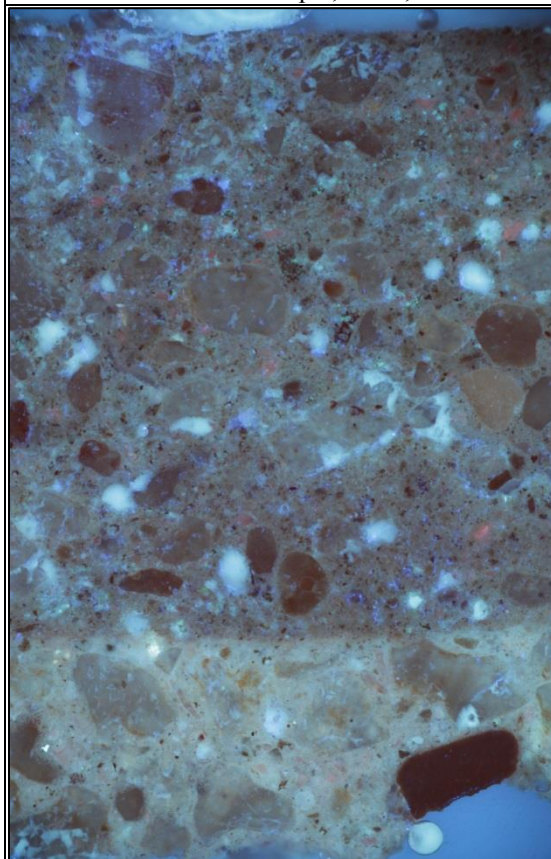
**VZOREK 8424 / M7 / OSAZOVACÍ MALTY, SVRCHNÍ MALTA TEPLEJŠÍHO ŠEDÉHO ODSTÍNU**



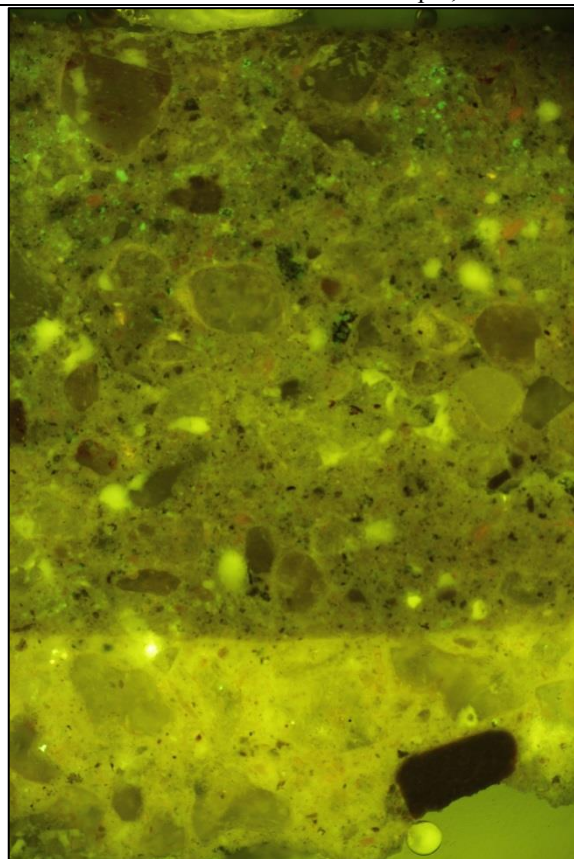
**Obr. 39** Světelná mikroskopie, odraz, bílé světlo.



**Obr. 40** Elektronová mikroskopie, SEM/BSE.

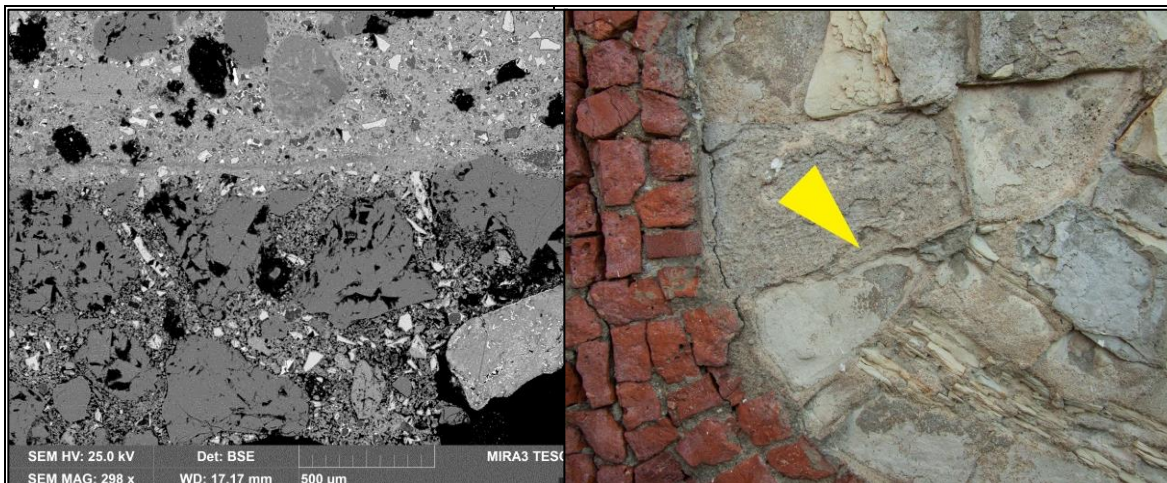


**Obr. 41** Světelná mikroskopie, odraz, UV záření.



**Obr. 42** Světelná mikroskopie, odraz, modré světlo.



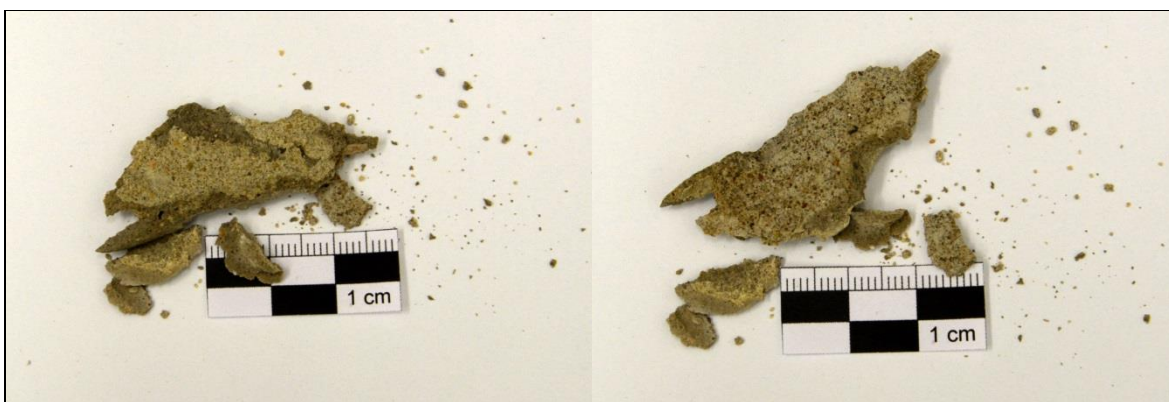


Obr. 43 SEM/BSE. Přechod mezi maltami, detail.

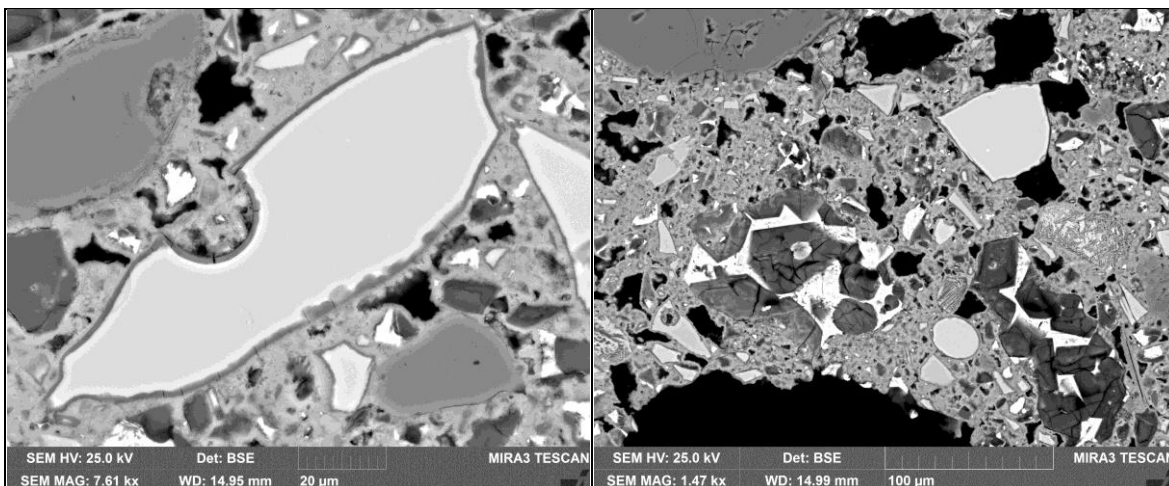
Obr. 44. Místo odběru vzorku.

Tab. 13: Výsledky průzkumu vzorku souvrství osazovacích malt / vzorek 8424.

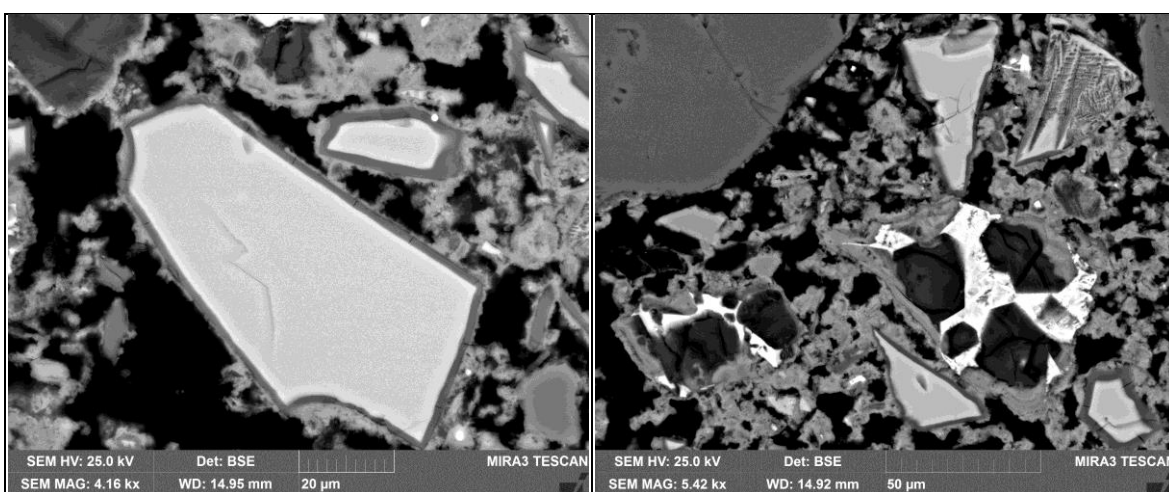
Číslo vrstvy	Popis vrstvy, světelná mikroskopie	Složení a popis vrstvy – světelná a elektronová mikroskopie s prvkovou analýzou (SEM/BSE/EDX)
OB.	světle okrová svrchní malta, průhledná a poloprůhledná zrna plnivá, většinou oblá, červená oblá zrna, menší oblé okrové částice, tmavé slínkové částice, ostrohranné částice často s růžovou UV luminiscencí	<u>Mezizrnný prostor/pojivo</u> Ca Si (Al, Fe, Mg, S, K): velké množství slínkových částic s různým poměrem <u>Si</u> , <u>Ca</u> Mg, Al, Fe (Ti) – belit, alit, někdy fáze s vyšším obsahem hořčíku (Mg), okrové zřejmě hydraulické pojivové částice se zónami různého poměru prvků <u>Ca</u> , <u>Si</u> (Al, Fe, K, Mg, S, Ti), ostrohranné poloprůhledné částice poměrně často s dekalcifikovaným lemem <u>Ca</u> , Si (Al, Mg, Mn, Na, Ti, S) různé velikosti do cca 0,1 mm (často růžová UV luminiscence) <u>Plnivo</u> : zejména křemenná zaoblená zrna <u>Si</u> , další silikátová zrna např. <u>Si</u> , Al, Na (K), velikost do cca 0,8 mm Kulaté vzduchové otvory velikosti do cca 0,5 mm
0A.	světle okrová spodní malta, průhledná a poloprůhledná zrna plnivá, menší oblé okrové částice, zelená až žlutozelená oblá zrna, tmavé slínkové částice, ostrohranné částice často s růžovou UV luminiscencí	<u>Mezizrnný prostor/pojivo</u> Ca Si (Al, Fe, Mg, S): velké množství slínkových částic s různým poměrem <u>Si</u> , <u>Ca</u> Mg, Al, Fe (Ti) – belit, alit, někdy fáze s vyšším obsahem hořčíku (Mg), ostrohranné poloprůhledné částice poměrně často s dekalcifikovaným lemem <u>Ca</u> , Si (Al, Mg, Mn, Na, Ti, S) různé velikosti do cca 0,1 mm (často růžová UV luminiscence) <u>Plnivo</u> : zejména křemenná zrna <u>Si</u> , další silikátová zrna <u>Si</u> , Al, Na (K), velikost do cca 0,5 mm, zelená a žlutozelená oblá zrna <u>Ca</u> , <u>Si</u> (Al, Fe, Mg, K) kulaté vzduchové kavity do velikosti cca 0,15 mm



Obr. 45, 46 Stereomikroskopie - dokumentace vzorku z pohledové a spodní strany.



Obr. 47, 48 SEM/BSE. Angulární částice s reakčním lemem a slínkové částice. Svrchní malta 0B.



Obr. 49, 50 SEM/BSE. Angulární částice s reakčním lemem, slínkové částice. Spodní malta 0A.

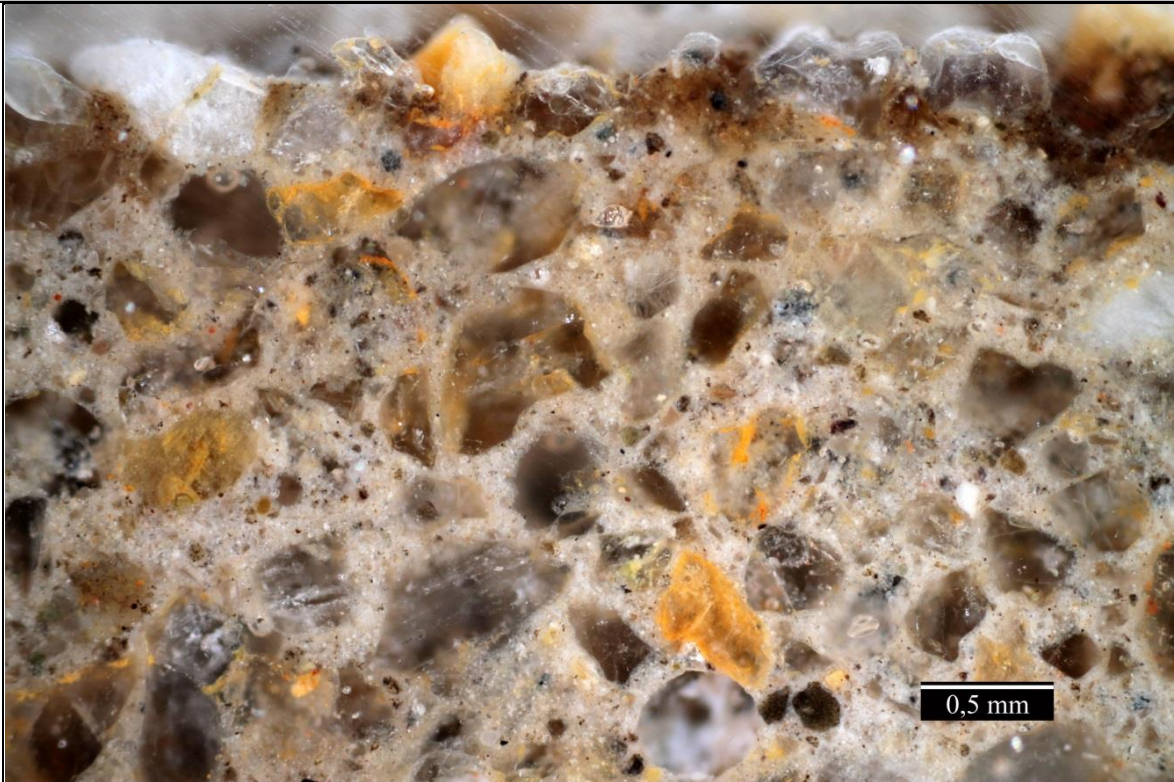
### Shrnutí:

Vzorek je úlovkem souvrství dvou okrových/našedlých malt (vrstva 0A spodní malta, vrstva 0B svrchní malta). Mezi maltami bylo zaznamenáno nesouvislé rozhraní obohacené o křemík.

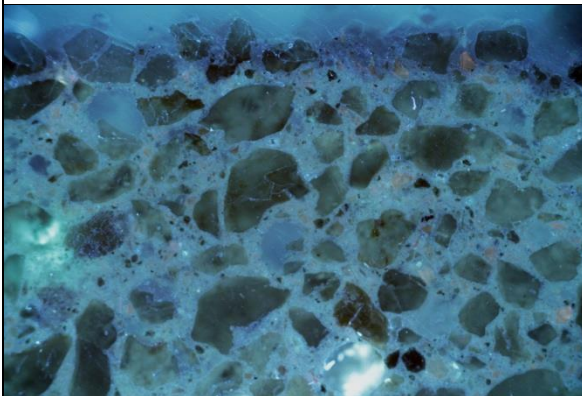
Spodní okrová malta (vrstva 0A) je plněna křemičitým pískem, který se vyznačuje přítomností oblých zelených a žluto-zelených zrn. Největší velikost zrn je cca 0,5 mm. Vzhledem k malé velikosti studované části malty však nelze tento údaj zevšeobecnit. Dále jsou přítomny menší ostrohranné poloprůhledné částice přibližné maximální velikosti 0,1 mm. Jedná se zřejmě o strusku nebo jiný odpad z energetiky/metalurgie apod. Lze předpokládat, že došlo k reakci těchto částic s pojivem, jelikož u mnohých z nich byl zaznamenán dekalifikovaný lem. V mezizrnném prostoru se nachází okrové a hnědé slínkové částice. Z uvedených údajů vyplývá, že byl k přípravě malty zřejmě použit struskoportlandský cement. Nelze vyloučit příměs vzdušného vápna. V maltě však nebyly zaznamenány vápenné pojivové částice, které by tuto složku pojiva prokázaly.

Svrchní okrová malta (vrstva 0B) je materiálově i vizuálně podobná spodní vrstvě, liší se UV luminiscencí a zřejmě také množstvím pojiva. V omítce jsou přítomny menší ostrohranné poloprůhledné částice přibližné velikosti 0,1 mm. Lze předpokládat, že došlo k reakci těchto částic s pojivem malty, jelikož na povrchu mnohých z nich byl zaznamenán dekalifikovaný lem. V mezizrnné hmotě se nachází velké množství slínkových částic. Lze předpokládat, že byl k přípravě malty použit struskoportlandský cement. Nelze vyloučit současné použití vzdušného vápna, v omítce však nebyly zaznamenány vápenné pojivové částice.

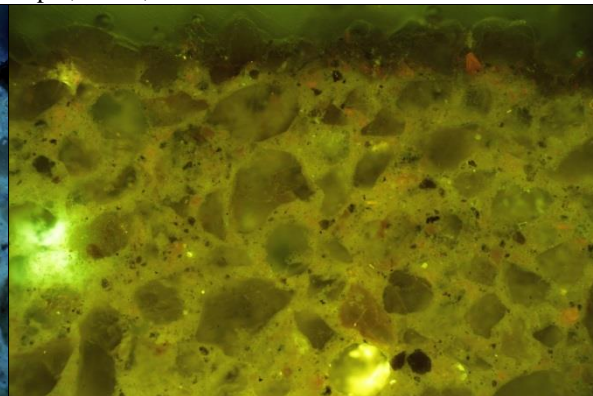
**VZOREK 8425 / M8 / OSAZOVACÍ MALTA PŮVODNÍ**



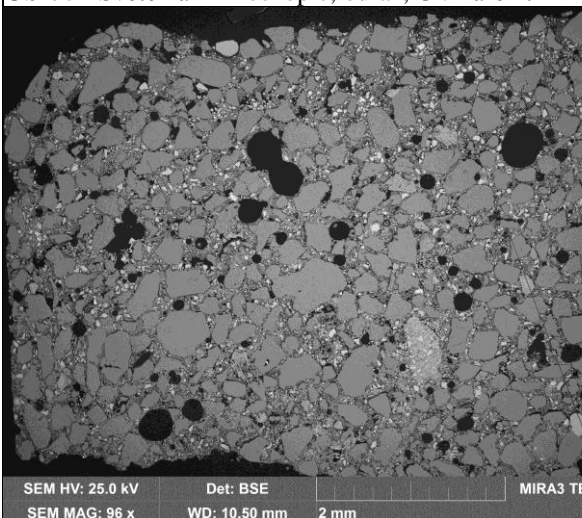
**Obr. 51** Světelná mikroskopie, odraz, bílé světlo.



**Obr. 52** Světelná mikroskopie, odraz, UV záření.



**Obr. 53** Světelná mikroskopie, odraz, modré světlo.



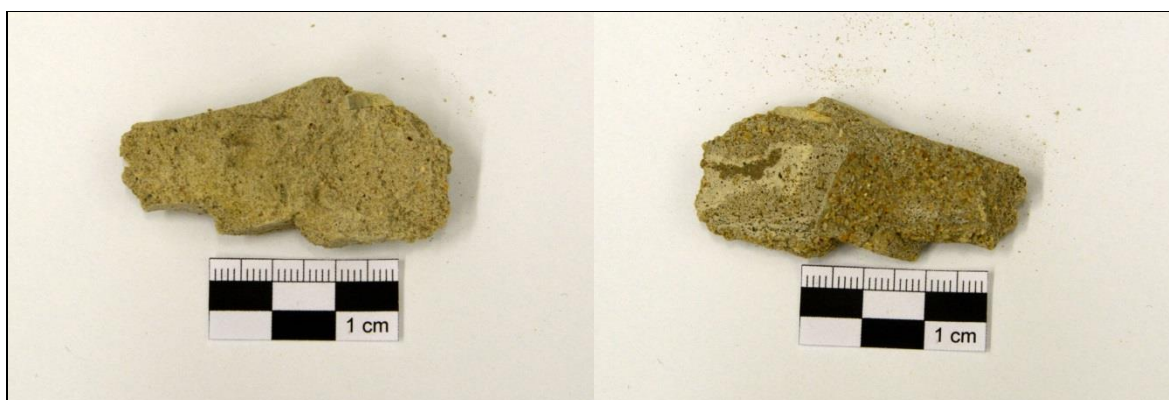
**Obr. 54** Elektronová mikroskopie, SEM/BSE.



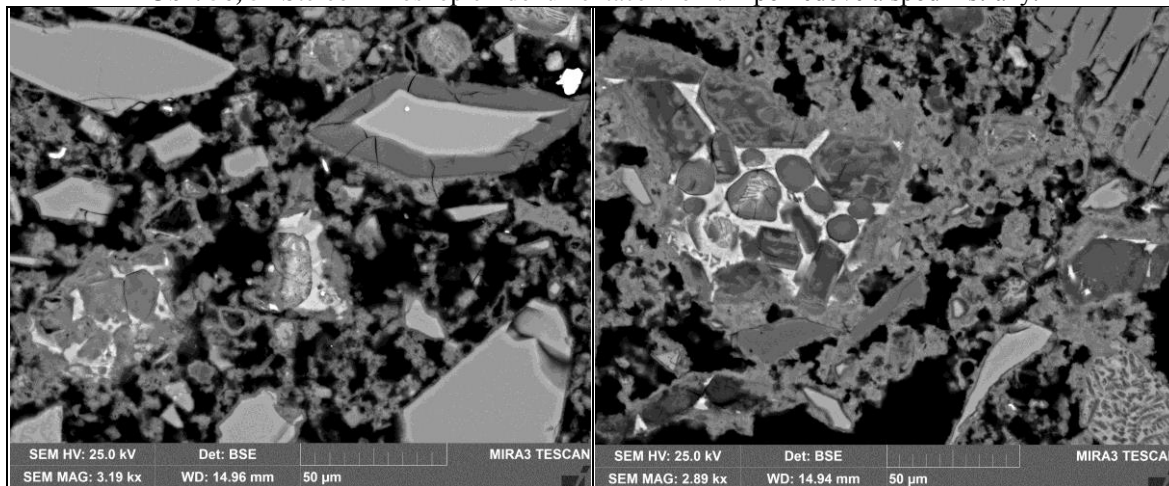
**Obr. 55.** Místo odběru vzorku.

**Tab. 14:** Výsledky průzkumu vzorku původní osazovací malty / vzorek 8425.

Číslo vrstvy	Popis vrstvy, světelná mikroskopie	Složení a popis vrstvy – světelná a elektronová mikroskopie s prvkovou analýzou (SEM/BSE/EDX)
1.?	nesouvislá hnědá vrstva	zřejmě obdobné složení jako vrstva 0
0.	světle okrová vrstva malty, průhledná a poloprůhledná zrna plniva, menší oblé okrové částice, zelená až žluto-zelená zrna, slínkové částice, zrna velikosti do cca 0,8 mm, ostrohranné částice často s růžovou UV luminiscencí	<u>Mezizrnný prostor</u> Ca Si (Al, Fe, Mg, S, Na, Cl): velké množství slínkových částic s různým poměrem Si, Ca, Mg, Al, Fe (Ti) – belit, alit, ostrohranné poloprůhledné částice většinou s dekalifikovaným lemem Ca, Si, Mg, Al (Mn, Na, Ti, S) různé velikosti do cca 0,15 mm (někdy růžová UV luminiscence) <u>Plnivo:</u> převážně křemenná zrna Si, další silikátová zrna Si, Al, Na (K), velikost do cca 0,8 mm, zelená a žlutozelená oblá zrna Ca, Si (Al, Fe, Mg, K) nebo Si, Fe, Al (Ca, Al, K, Mg) kulaté vzduchové kavity velikosti cca 0,8 mm



**Obr. 56, 57** Stereomikroskopie - dokumentace vzorku z pohledové a spodní strany.

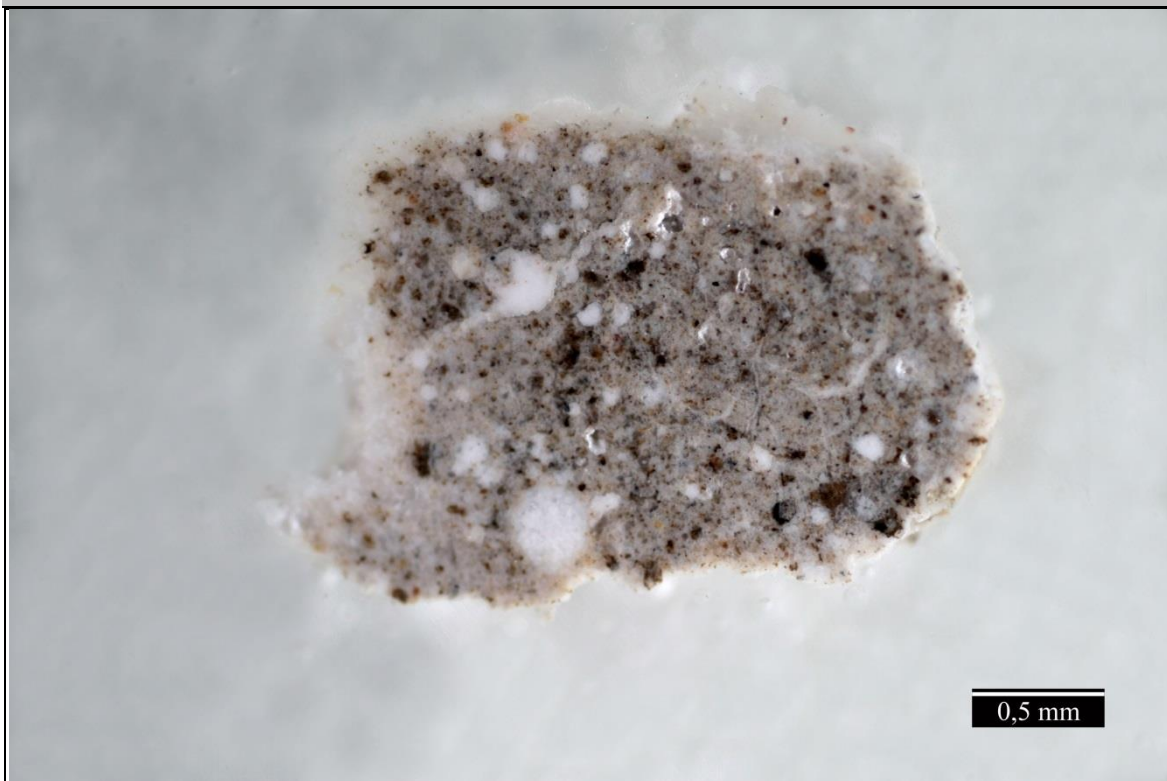


**Obr. 58, 59** SEM/BSE. Angulární částice s reakčním lemem a slínkové částice.

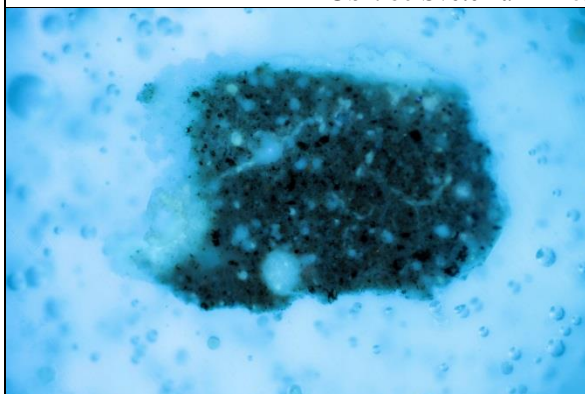
### Shrnutí:

Okrová malta je plněna křemičitým pískem, který se vyznačuje přítomností oblých silikátových zelených a žluto-zelených zrn. Největší přibližná velikost zrn je 0,8 mm. Dále jsou v omítce přítomny menší ostrohranné poloprůhledné částice přibližné maximální velikosti 0,15 mm. Jedná se zřejmě o strusku nebo jiný vedlejší produkt z energetiky/metalurgie apod. Lze předpokládat, že došlo k reakci těchto částic s pojivem malty, jelikož u mnohých z nich byl na povrchu zaznamenán dekalifikovaný lem. V mezizrnném prostoru se nachází okrové a hnědé slínkové částice. Na základě uvedených údajů lze předpokládat, že byl k přípravě malty použit struskoportlandský cement. Přítomnost vzdušného vápna nelze vyloučit, v e vzorku však nebyly zaznamenány vápenné pojivové částice.

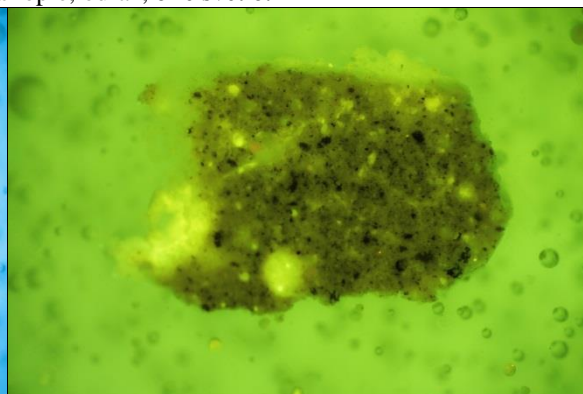
**VZOREK 8426 / M9 / BÍLÝ POVRAK NA DRUHOTNÉ ŠEDÉ OSAZOVACÍ MALTĚ**



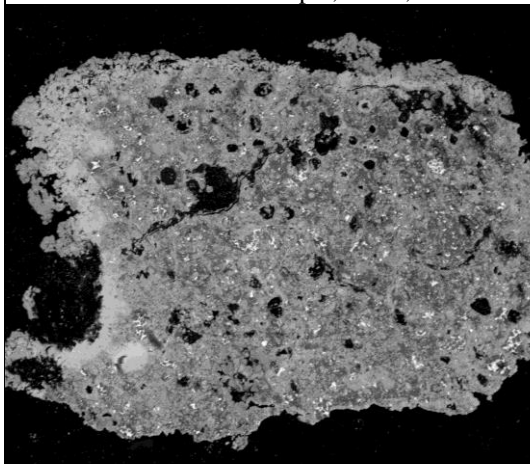
**Obr. 60** Světelná mikroskopie, odraz, bílé světlo.



**Obr. 61** Světelná mikroskopie, odraz, UV záření.



**Obr. 62** Světelná mikroskopie, odraz, modré světlo.



**Obr. 63** Elektronová mikroskopie, SEM/BSE.

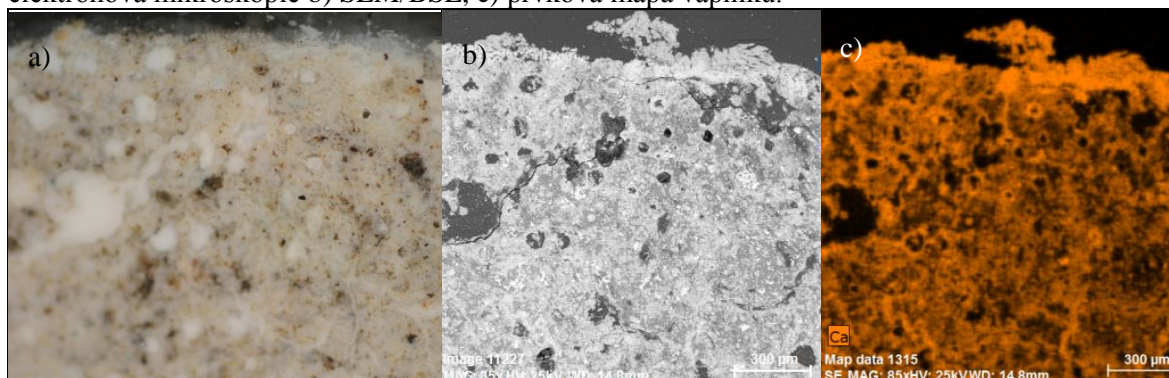


**Obr. 64** Místo odběru vzorku.

**Tab. 15:** Výsledky průzkumu vzorku druhotné osazovací malty s bílým povlakem / vzorek 8426.

Číslo vrstvy	Popis vrstvy, světelná mikroskopie	Složení a popis vrstvy – světelná a elektronová mikroskopie s prvkovou analýzou (SEM/BSE/EDX)
1.	bílá vrstva, hrubý povrch	<u>Ca</u> (Mg, Si, Al): zřejmě uhličitan vápenatý
0.	šedá malta	<u>Mezizrnná hmota/pojivo</u> <u>Ca</u> , Si (Al, Fe, Mg, S, Ti, Cl, Na, S): velké množství slídkových částic s různým poměrem <u>Si</u> , <u>Ca</u> Mg, Al, Fe (Ti) – belit, alit v menší míře, dále beztvaré částice obdobného složení, blíže nespecifikováno <u>Plnivo</u> : ojediněle křemenná zrna <u>Si</u> velikosti cca 0,04 mm vzduchové kavity kruhového tvaru velikosti do cca 0,1 mm

**Tab. 16:** Snímky povrchové bílé vrstvy a) optickým mikroskopem v odraženém bílém světle, elektronová mikroskopie b) SEM/BSE, c) prvková mapa vápníku.



**Obr. 65, 66** Stereomikroskopie - dokumentace vzorku z pohledové a spodní strany.

### Shrnutí:

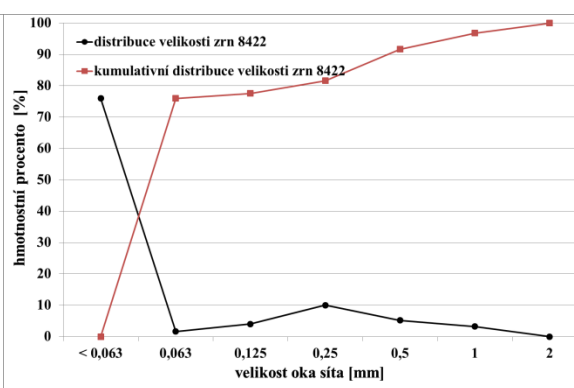
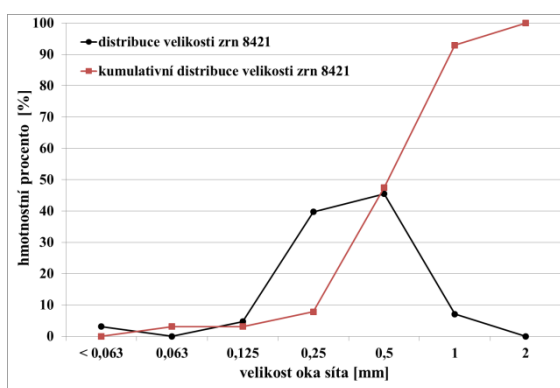
Vzorek je úlomek druhotné šedé malty, na jejímž povrchu byl zaznamenán bílý hrubý povlak. Malta se vyznačuje přítomností vzduchových bublin velikosti cca 0,1 mm. Obsahuje cement, zřejmě portlandský. Nelze vyloučit současné použití vzdušného vápna. V omítce však nebyly zaznamenány vápenné pojivové vápenné částice, na základě jejichž přítomnosti by bylo možné tuto složku pojiva potvrdit. Plnivo sestává ze silikátových zrn malé velikosti cca 0,04 mm. Složení malty nebylo blíže specifikováno. Jedná se o obdobný materiál jako vzorek 8422/M5.

Bílý povlak vyskytující se na povrchu vzorku je složen zejména z vápníku, lze předpokládat, že se jedná o vápenný výkvět/výluh.

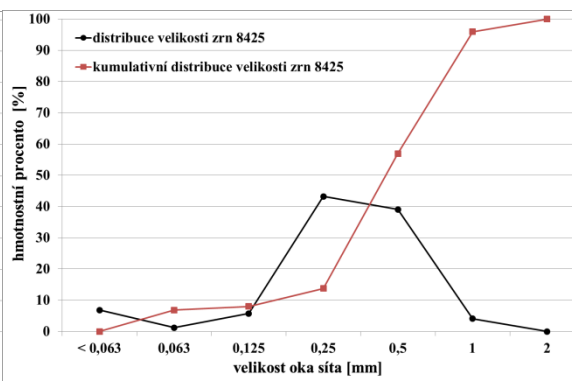
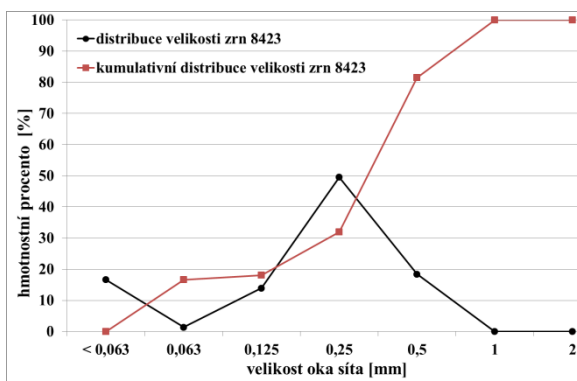
## VÝSLEDKY SÍTOVÉ ANALÝZY PLNIVA

Tab. 17: Výsledky síťového rozboru plniva.

	8421 / M4		8422 / M5		8423 / M6		8425 / M8	
hmotnost nerozložené malty [g]	0,33		4,24		0,74		4,13	
velikost oka [mm]	záchyt [% hm.]	propad [% hm.]	záchyt [% hm.]	propad [% hm.]	záchyt [% hm.]	propad [% hm.]	záchyt [% hm.]	propad [% hm.]
< 0,063	3,09	0,00	75,94	0,00	16,67	0,00	6,81	0,00
0,063	0,00	3,09	1,63	75,94	1,40	16,67	1,17	6,81
0,125	4,70	3,09	4,01	77,57	13,92	18,07	5,74	7,98
0,25	39,72	7,79	10,03	81,58	49,55	31,99	43,18	13,73
0,5	45,45	47,51	5,18	91,61	18,46	81,54	39,04	56,90
1,0	7,05	92,95	3,21	96,79	0	100	4,06	95,94
2,0	0	100	0	100			0	100

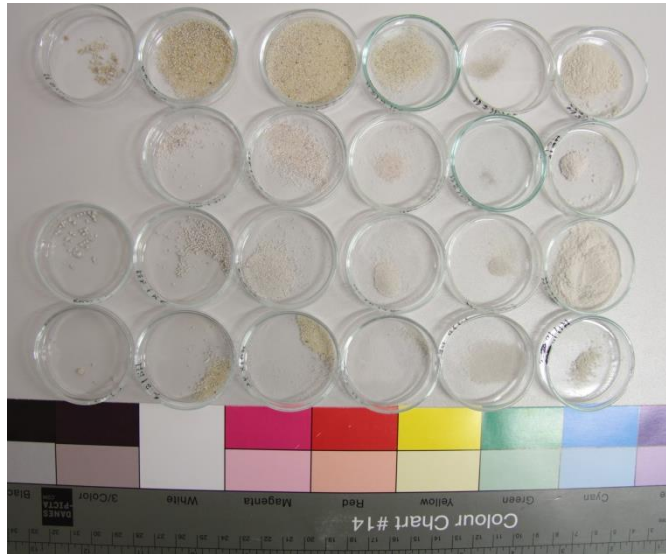


Graf 1, 2 Distribuční a kumulativně distribuční křivky hmotnostních frakcí nerozpuštěného podílu vzorků 8421/M4, 8422/M5.




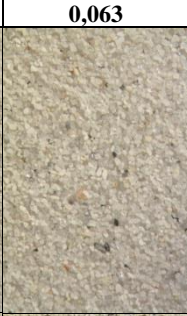
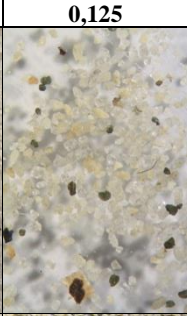







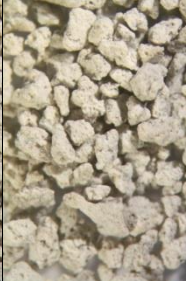


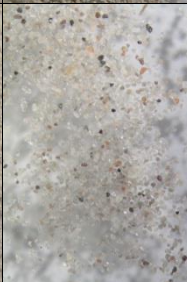
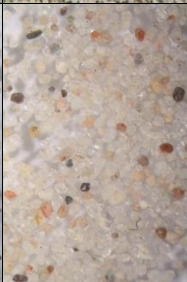
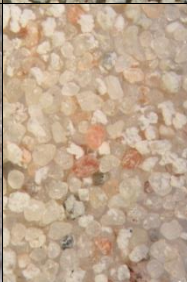

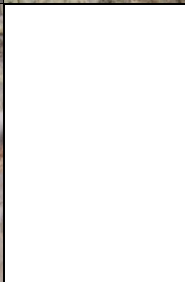






Graf 3, 4 Distribuční a kumulativně distribuční křivky hmotnostních frakcí nerozpuštěného podílu vzorků 8423/M6, 8425/M8.

Kvůli malému množství vzorků nebyl vyhodnocen poměr mísení pojiva a plniva. Ze stejného důvodu lze také výsledky síťové analýzy považovat pouze za orientační. Z výsledků síťové analýzy i optických vlastností plniva vyplývá, že je plnivo vzorků 8421 a 8425 srovnatelné. Je jím křemičitý písek vyznačující se malým množstvím nejjemnějších frakcí a okrovou barevností. Největší zastoupení mají zrna velikosti mezi 0,25 až 1 mm, největší zrna mají velikost do 2 mm. Nerozpuštěný podíl vzorku 8423 se vyznačuje úzkou distribucí zrn plniva a vysokým podílem nejjemnější frakce dosahující 17 hm. %. Největší zastoupení dosahující 50 hm. % má frakce se zrnky velikosti 0,25 až 0,5 mm, zrna mají maximální velikost 1 mm. Vzorek 8422 prakticky neobsahuje plnivo s velikostí nad 0,063 mm. Nerozpuštěný podíl vzorku je tvořen zejména nejjemnější křemičitou frakcí bílého odstínu.



**Obr. 67** Dokumentace nerozpustných podílů vzorků 8421, 8422, 8423 a 8425. Vpravo nejjemnější frakce, následují frakce ze sít s velikostí otvorů 0,063; 0,125; 0,25; 0,5; případně 1 mm.

**Tab. 18:** Stereomikroskopie, dokumentace frakcí nerozpustného podílu v 10 % hm. HCl.

	0	0,063	0,125	0,25	0,5	1
8421						
8422						
8423						
8425						



## ZÁVĚR

Průzkum byl zaměřen na materiálový rozbor, případně stratigrafii vzorků odebraných z exteriérové mozaiky s námětem Ptačí rodina, nacházející se na fasádě přístavby činžovního domu v Litomyšli, ulici Lidická č.p. 913. Průzkumu byly podrobeny původní osazovací a předpokládané druhotné malty, dále potom osazené materiály – cihla, sedimentární degradovaná hornina a úlomky zatvrdlé malty s červenými/růžovými povrchovými úpravami. K průzkumu byly použity metody optické a elektronové mikroskopie s prvkovou analýzou (SEM/EDX). Podrobný popis stratigrafie a materiálového složení studovaných vzorků jsou uvedeny v části výsledků průzkumu výše. Dále byl stanoven obsah vodorozpustných solí ve vzorcích vrtné moučky odebraných ze dvou míst ve výšce 7 a 82 cm. Výsledky průzkumu jsou shrnuty v následujících odstavcích.

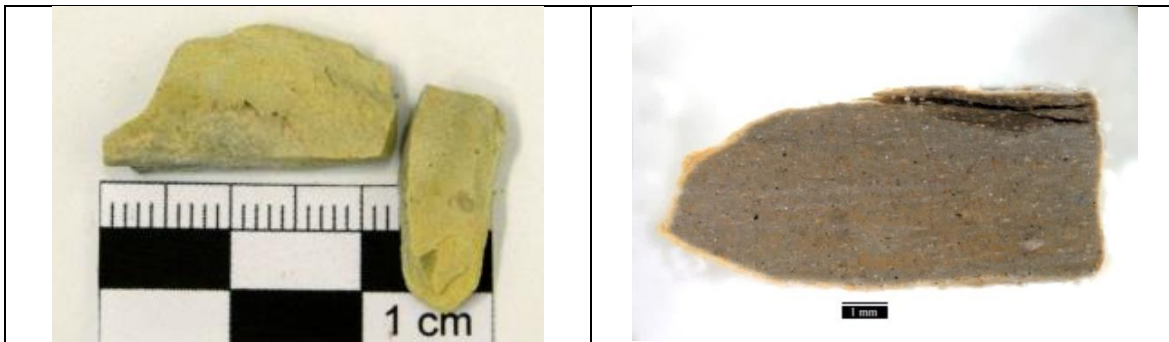
### Materiálový a stratigrafický průzkum osazených materiálů

#### Vzorek červené pálené keramiky, zřejmě cihly / vzorek 8418 M1

Materiál obsahuje křemičitý písek/prach, jehož zrna mají velikost přibližně 0,05 mm. Povrch úlomku cihly je zřejmě obohacen o síran vápenatý a sloučeniny fosforu, zdrojem uvedených sloučenin mohou být například vodorozpustné soli.

#### Hornina sedimentární / vzorek 8419 M2

Povrch šedé horniny je degradovaný a vyznačuje se okrovou barevností. Vysoký stupeň degradace se projevuje v úbytku hmoty, štěpením v sedimentárních rovinách a změnou barevnosti povrchu. Hornina, zřejmě opuka, obsahuje uhličitán vápenatý a silikátové složky, mikroskopicky byly zaznamenány vápenné fosilie. V některých trhlinách byl zaznamenán vyšší obsah síry. Síra je zřejmě součástí vodorozpustných solí, síranů, které mohou být jednou z příčin degradace horniny. Prvkové složení povrchu horniny se od její vnitřní části neliší. Změna barevnosti může být způsobena vyplavením šedé složky srážkovou vodou.



Obr. 68, 69 Vzorky sedimentární horniny a průřez vzorku 8419.

#### Úlomky zatvrdlé malty s červeno-růžovými povrchovými úpravami / vzorek 8420 M3

Zatvrdlá malta je dosti pevná, nelze rozlomit rukou. Plnivem je křemičitý písek s velikostí zrn do cca 5 mm. Pro plnivo je charakteristická přítomnost oblých poloprůhledných silikátových zrn zeleného odstínu přibližné velikosti 0,1 mm. Pojivo obsahuje cement zřejmě portlandský a relativně vyšší obsah křemíku, blíže nebylo specifikováno. Nelze vyloučit současné použití vzdušného vápna, vápenné pojivové částice však nebyly zaznamenány. Malta obsahuje růžové zóny s železitým pigmentem. Je tedy možné, že byla probarvena ve hmotě nebo došlo k promísení s růžovou povrchovou úpravou v povrchové části malty. Světle růžová povrchová úprava obsahuje portlandský cement. Vrstva byla pravděpodobně nanesena na čerstvou spodní maltu (podložku), jelikož je s ní dobře propojena a místy se vrstvy mísí. Není jednoznačné, zda byla růžová vrstva plněna. V propojených částech s omítkou se vyskytují zrna křemičitého písku s oblými zelenými silikátovými zrny, který může pocházet z omítky. Vrstva je probarvená železitou červení, podobně jako následující tmavší růžová vrstva. Tato povrchová úprava je na minerální bázi, obsahuje slínkové částice indikující možné použití cementu a velmi vysoký obsah křemíku.

## Materiálový a stratigrafický průzkum osazovacích malt

### Zřejmě druhotná malta, šedá / vzorek 8422 M5

Malta se vyznačuje charakteristickou sítí prasklin a přítomností vzduchových bublin maximální velikosti 2 mm. Lze předpokládat, že byl k přípravě malty použit portlandský cement. Nelze vyloučit současné použití vzdušného vápna. V maltě však nebyly zaznamenány vápenné pojivové částice, jejichž přítomnost by tuto složku pojiva potvrdila. Malta prakticky neobsahuje plnivo s velikostí zrn větší než 0,063 mm. Nerozpustný podíl je tvořen nejjemnější frakcí křemičitého prachu. Nelze posoudit, zda byl prach do malty přidán jako plnivo nebo byl součástí pojiva.

### Předpokládaná druhotná okrová malta / vzorek 8423 M6

Malta je plněna křemičitým pískem s úzkou distribucí zrn. 50 hm. % nerozpustného podílu tvoří frakce zrn velikosti 0,25 až 0,5 mm, podíl nejjemnější frakce je 17 hm. %. Větší zrna jsou oblá, dosahují velikosti 1 mm. K přípravě malty zřejmě použit struskoportlandský cement. Zároveň nelze vyloučit současné použití vzdušného vápna, pojivové vápenné částice však nebyly zaznamenány.

### Souvrství dvou okrovo-šedých malt / vzorek 8424 M7

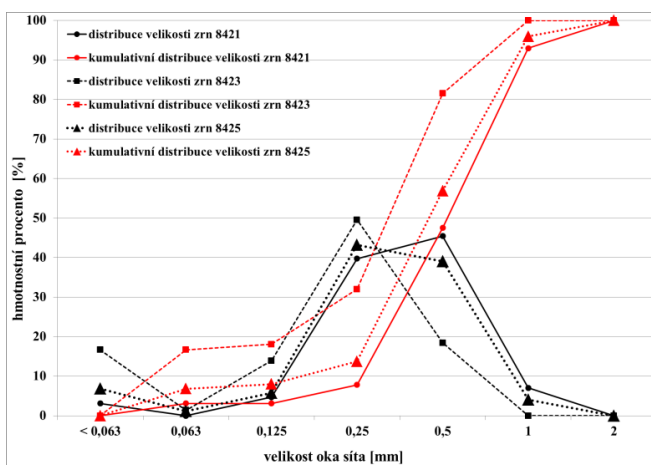
Spodní okrová malta je plněna křemičitým pískem, který se vyznačuje ojedinělým výskytem oblých zelených a okrovo-zelených zrn. Mezi maltami bylo zaznamenáno nesouvislé rozhraní obohacené o křemík, jehož přítomnost nebyla vysvětlena. Svrchní našedlá až okrová malta se vyznačuje rozdílnou UV luminiscencí, v plnivu navíc nebyla zaznamenána charakteristická zelená zrna, která se vyskytují ve spodní vrstvě. Zdrojem charakteristické UV luminiscence spodní malty může být příměs organické látky. Lze předpokládat, že byl k přípravě malt použit struskoportlandský cement. Přítomnost vzdušného vápna nelze vyloučit, nebyly však zaznamenány vápenné pojivové částice, na jejichž přítomnost by tuto složku pojiva mohla potvrdit. Optickými vlastnostmi i složením se spodní malta podobá maltě vzorku 8425, svrchní malta vzorku 8423.

### Malta osazovací předpokládaná původní / vzorek 8425 M8, případně vzorek 8421 M4

Okrová malta je plněna křemičitým pískem s maximální velikostí zrn 2 mm. Pro plnivo je charakteristická občasná přítomnost oblých zelených a žluto-zelených zrn. Vyznačuje se nízkým obsahem nejjemnějších frakcí a okrovou barevností. Největší zastoupení (cca 40 hm. %) mají zrna velikosti mezi 0,25 a 1 mm. Lze předpokládat, že byl k přípravě malty použit struskoportlandský cement. Přítomnost vzdušného vápna nelze vyloučit, nebyly však zaznamenány vápenné pojivové částice, jejichž přítomnost by tuto složku pojiva mohla potvrdit.

### Bílý povlak na druhotné šedé maltě / vzorek 8426 M9

Povlak nacházející se na druhotné šedé maltě s cementem obdobné vzorku 8422 M5 je zřejmě složen z uhličitanu vápenatého. Povrch povlaku je hrubý. Zřejmě se jedná o vápenný výluh.



**Graf 5** Srovnání frakcí plniva vzorků 8421, 8423, 8425.

### **Obsah vodorozpustných solí**

Z průzkumu obsahu vodorozpustných solí vyplývá velmi vysoká koncentrace síranů do hloubky 1 cm ve výšce 7 cm (vrt V1) a do hloubky 2 cm ve výšce 82 cm (vrt V2). Koncentrace dusičnanů a chloridů je z hlediska možnosti koroze materiálů nízká.

**PŘÍLOHA – FOTOGRAFICKÁ DOKUMENTACE**

Autor snímků a zákresu míst odběrů vzorků: BcA. David Svoboda



**Obr. 70, 71** Snímek mozaiky, lokalizace míst odběrů vzorků.



**Obr. 72** Místo vrtu V1 ve výšce 7 cm; stanovení obsahu vodorozpustných solí (V1A, V1B).



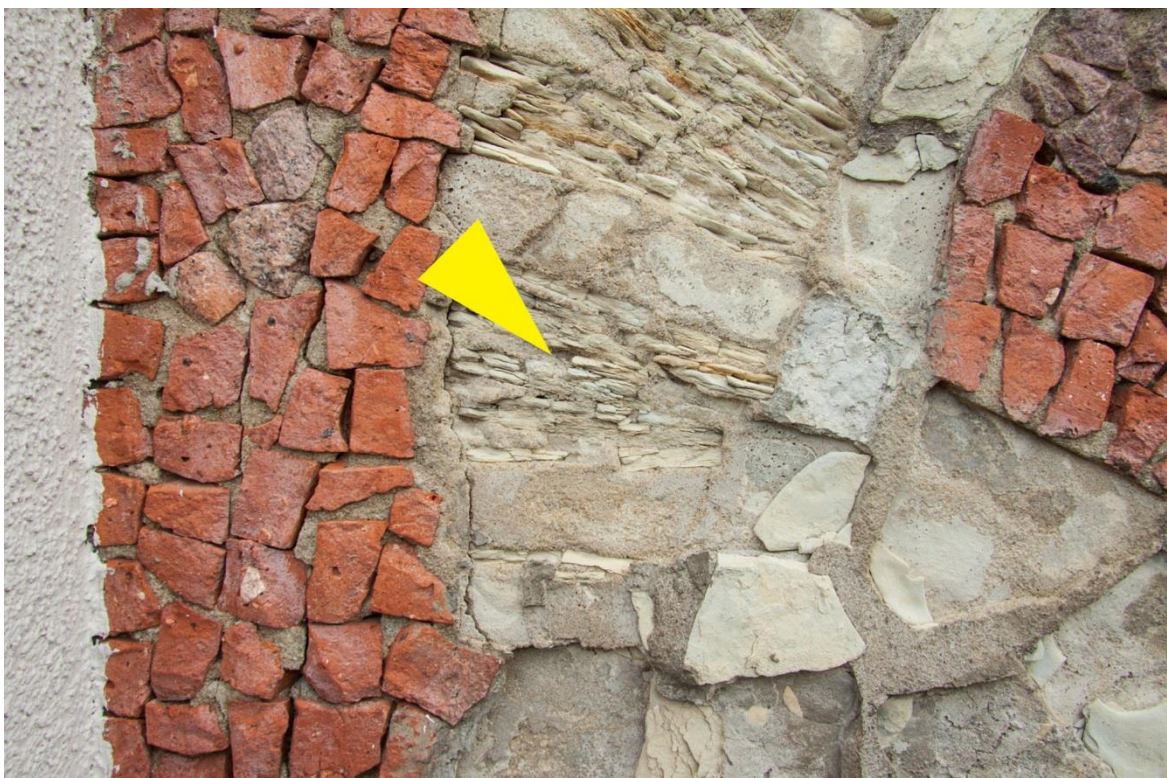
**Obr. 73** Místo vrtu V2 ve výšce 82 cm; stanovení obsahu vodorozpustných solí (V2A, V2B, V2C).



**Obr. 74** Místo odběru vzorku 8418 / M1.



**Obr. 75** Místo odběru vzorku 8418 / M1, detail.



**Obr. 76** Místo odběru vzorku 8419A / M2A.



**Obr. 77** Místo odběru vzorku 8419A / M2A, detail.



**Obr. 78** Místo odběru vzorku 8419B / M2B.



**Obr. 79** Místo odběru vzorku 8419B / M2B, detail.



**Obr. 80** Místo odběru vzorku 8420 / M3.



**Obr. 81** Místo odběru vzorku 8420 / M3, detail.





**Obr. 82** Místo odběru vzorku 8421 / M4.



**Obr. 83** Místo odběru vzorku 8421 / M4, detail.



**Obr. 84** Místo odběru vzorku 8422 / M5.



**Obr. 85** Místo odběru vzorku 8422 / M5, detail.



**Obr. 86** Místo odběru vzorku 8423 / M6.



**Obr. 87** Místo odběru vzorku 8423 / M6, detail.



**Obr. 88** Místo odběru vzorku 8424 / M7.



**Obr. 89** Místo odběru vzorku 8424 / M7, detail.



**Obr. 90** Místo odběru vzorku 8425 / M8.



**Obr. 91** Místo odběru vzorku 8425 / M8, detail.


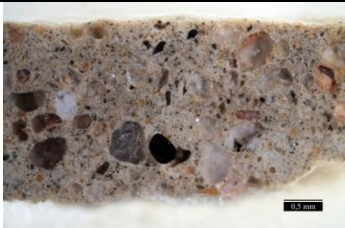
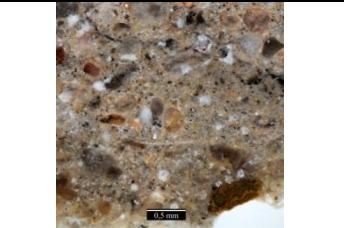
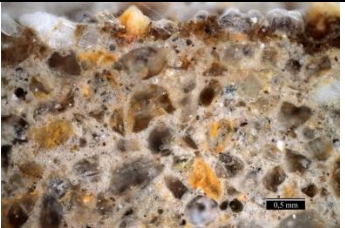
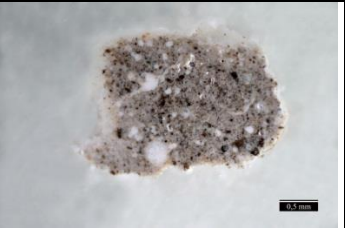
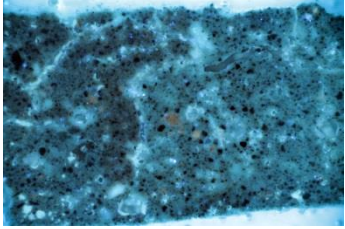
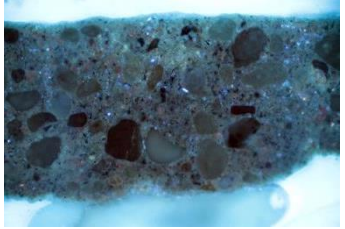
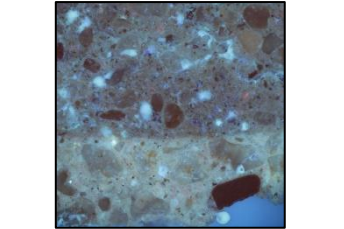
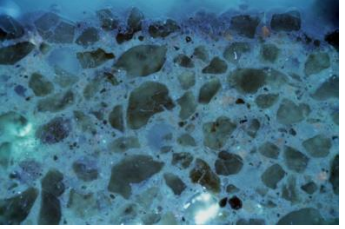
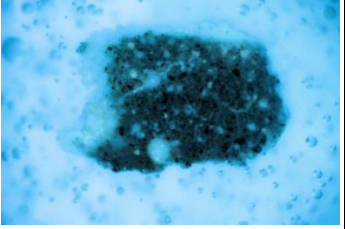
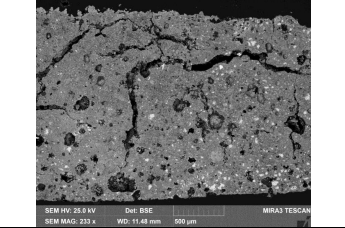
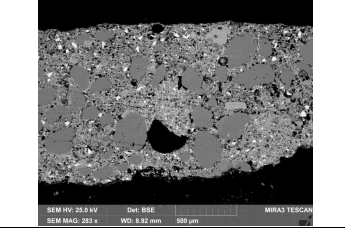
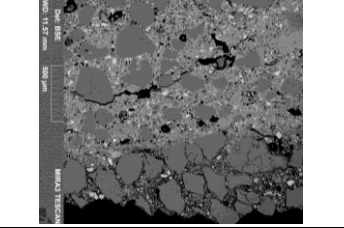
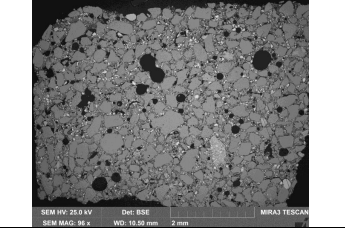
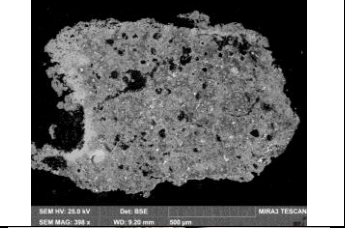







**Obr. 92** Místo odběru vzorku 8426 / M9.



**Obr. 93** Místo odběru vzorku 8426 / M9, detail.

**PŘÍLOHA – PŘEHLED VZORKŮ A VÝSLEDKŮ PRŮZKUMU OSAZOVACÍCH MALT**

Vzorek	8422 / M5	8423 / M6	8424 / M7 0A,0B	8425 / M8	8426 / M9
Optická mikroskopie bílé světlo					
Optická mikroskopie UV záření					
Elektronová mikroskopie SEM / BSE					
Detail míst odběru vzorků					

## Příloha 4

**Petrologické vyhodnocení hornin použitých na mozaice L. Jandové „Ptačí rodina“ na severní fasádě přístavku v Litomyšli, Lidické č. 913**

RNDr. Zdeněk Štaffen

Choceň, 2016.



## **Petrologické vyhodnocení hornin použitých na mozaice L. Jandové „Ptačí rodina“ na severní fasádě přístavku v Litomyšli, Lidické č. 913**

Dne 6. 12. 2016 byla za přítomnosti ing. Petry Lesniakové, Ph.D. a studentů, pracujících na restaurování mozaiky, provedena prohlídka struktury mozaiky, za účelem makroskopického stanovení příslušnosti použitého materiálu do petrologického systému. Zjištěno bylo následující:

Struktura mozaiky je zhotovena

- a) z materiálů antropogenní povahy – cihla, barevná omítka
- b) ze sedimentárních hornin – „opuka“ (vápenatý prachovec)
- c) z magmatických hornin – granitoidní horniny
- d) metamorfovaných hornin – krystalický vápenec (mramor)  
amfibolit-amfibolická břidlice?

Výše uvedené materiály byly použity takto:

### *Skupina a)*

- *cihlový materiál* (keramika?) je použit v okolí ptáka, sedícího na hnízdě a je s ním v přímém kontaktu po téměř celém jeho obvodu. Výjimku tvoří prostor hnízda. Použitý cihlový materiál jeví známky povrchové úpravy „drásáním“ ostrým předmětem (paralelní rýhování, snímek L-M3-01).
- *omítkový materiál* je tvořen fragmenty probarvené (růžové), patrně tvrdé omítky. Použitý materiál červené barvy by mohly být fragmenty střešní krytiny.

### *Skupina b)*

- „*opukový*“ *materiál* (správněji kalovec-mudstone) je použit výhradně ke zhotovení ptačích těl. Přírozená dělitelnost horniny, charakteristická pro opukový materiál, je použita dvojitým způsobem. V křídlech ptáků jsou tenké opukové vrstvy kladeny kolmo k povrchu mozaiky do podkladního pojiva, výjimečně pak svou plochou paralelně s povrchem („naplocho“). Tento způsob je použit téměř výhradně v prostoru krků a hlav ptáků. Obecně lze říci, že kladení horniny plochou dělitelnosti paralelně s povrchem mozaiky bylo řešení, které je příčinou částečné nebo totální destrukce povrchu, kdy je odhaleno maltové lože mozaiky. V prostoru křídel je však nutno zmínit značný podíl malty, která místy překrývá strukturu kladení opukových šupin kolmo k povrchu a je tedy otázkou, zda křídla původně nebyla tvořena omítkou nebo zda je přiznání struktury „šupin“ výtvarným záměrem (ač strukturně nevhodným).

### *Skupina c)*

- *granitoidní materiál* lze barevně rozlišit na granitoid načervenalé barvy a granitoid šedočerné barvy. Obě varianty jsou středně zrnité (0,3 – 3,0 mm). Je pravděpodobně použit výběr z drceného kameniva některého z „žulových“ lomů v regionu. Pokud je materiál místní, přicházejí v úvahu lomy Černá skála u Potštejna nebo lom Litice (načervenalá varianta), případně lom Budislav, kde lze z pestré škrály těžených hornin vybrat požadovanou barevnost kamene, použitého v mozaice. Výše popsané granitoidní horniny tvoří „oblohu“ v okolí snášejícího se ptáka (černá varianta granitoidu, pararuly?). Kontakt mezi hnízdícím ptákem a černou oblohou nad ním tvoří granitoid načervenalé barvy. Tento granitoid tvoří v jednovrstevnou bázi ptačího hnízda.

### *Skupina d)*

- *metamorfovaný materiál* zastoupený nevýznamným množstvím v podobě dvou vajec v hnízdě, která jsou zhotovena z krystalického vápence-mramoru. Obtížně identifikovatelnou skupinu hornin tvoří tmavé podloží hnízda v dolní části mozaiky. Bez odebrání vzorku a jeho mikroskopického vyhodnocení nelze jednoznačně rozhodnout, zda se jedná o amfibolit (Markovice?), amfibolovou břidlici nebo lyditi („buližník“ – kvarcit) z vodních toků v okolí Luže (Krounka, Žejbro).

### **Závěr**

Z hlediska restaurování mozaiky Ptačí rodina na severní fasádě přístavku domu v Lidické č. 913 v Litomyšli lze jako závažně poškozenou část považovat těla ptáků, zhotovených z vápenatého prachovce („opuky“- kalovce). V důsledku přirozené dělitelnosti (vrstevnatosti) této sedimentární horniny došlo k její závažné dezintegraci především tam, kde je tato hornina situována paralelně s povrchem mozaiky. Zde došlo buď k jejímu totálnímu odloučení od maltového podkladu, nebo v něm vězí její nepravidelné reliktů. V případě „lístkovatění“ křídel ptáků je třeba zvážit, zda se jedná o výtvarný záměr či místa, kde došlo k odpadnutí původního probarveného maltového krytu. Značný rozsah maltových reliktů v tomto prostoru by tomu nasvědčoval. Za možný zdroj náhradního kamene je možné považovat kvalitní těženou opuku bělohorského souvrství v lomu Příbylov u Skutče.

## Příloha 5

**Technický list, HXTAL NYL-1**

HXTAL Adhesive, LLC

# HXTAL NYL-1

## HXTAL NYL-1 TECHNICAL SHEET

Developed specifically for the conservation and restoration industries, HXTAL NYL-1 is a two part, low viscosity epoxy with exceptional non-yellowing properties combined with high strength characteristics.

HXTAL NYL-1 is a hard, water white epoxy that bonds to glass, ceramic, metals, wood, ivory, marble and many other substrates.

For best results, HXTAL NYL-1 should be accurately mixed by weight 3 parts of A (resin) to 1 part B (hardener).

HXTAL reaches 90% bond cure in 7 days at room temperature (roughly 75°F, 24°C).



### TECHNICAL DATA

#### PHYSICAL PROPERTIES

Appearance	Colorless, clear two part epoxy
Tensile Strength	5400psi
Tensile Modulus	316,000 psi
Elongation	3%
Flexural Strength	10,100 psi
Flexural Modulus	365,000 psi
Impact Strength	0.14 ft lbs/inch
Heat Distortion Temp 264/66psi	37.5°C/39°C
Hardness (Shore D) 0/10secs	78/73
Refractive Index	1.515
Gel time, 110g mass 150°F 100°F	25.8 minutes 262.7 minutes
Cure of 0.2mm film at 25°C Cure to touch Full Cure	15.3 hours 30.9 hours
Initial Yellowness index	~6
Yellowness after 1600 hours of weatherometer exposure	~6-8
Yellowness after 3000 hours of weatherometer exposure	~13

The information in this technical data sheet is considered accurate at the time of publication. No warranty to usage is expressed or implied by this data. Individual usage may vary and results of usage may vary from these details and HXTAL Adhesive, LLC is not held liable for any information expressed herein.

**HXTAL Adhesive, LLC**

T/828 254 9825 www.hxtal.com

## Příloha 6

**Technický list, Číslo výrobku 0616: Antihygro**

Remmers CZ, s. r. o.

2018



## Antihygro

Ochranný prostředek na vodné bázi pro přírodní horniny s jílovým tmelem, omezujícím hygrické bobtnání

Dostupnost		
Počet kusů na paletě	84	24
<b>Balení</b>	<b>5 l</b>	<b>30 l</b>
Typ balení	plastový kanistr	plastový kanistr
Kód obalu	05	30
<b>Číslo výrobku</b>		
0616	■	■

### Spotřeba



Vrstevnatý pískovec: 1,0 – 4,5 l/m<sup>2</sup>

Barevný pískovec: 0,3 – 2,5 l/m<sup>2</sup>

Tufy: 1,0 – 6,0 l/m<sup>2</sup>

Cihla: 0,2 – 3,0 l/m<sup>2</sup>

Přesnou spotřebu nutno zjistit na zkušební ploše.

### Oblasti použití



- Přírodní kámen s jílovitou, minerální strukturou
- Zmírnění procesů zvětvávání způsobených minerálními jíly

### Vlastnosti výrobku

- Redukuje hygrické bobtnání
- Snížení rychlosti bobtnání
- Nehydrofobní
- Bez zvýšení pevnosti

### Údaje o výrobku

Hustota (20 °C)	ca. 1,0 g/cm <sup>3</sup>
Obsah účinných látek	0,2 Mol/l
Barva	farblos
Zápach	neutral

Uvedené hodnoty jsou typické vlastnosti produktu a neznamenají závaznou specifikaci produktu.



## Přípravné práce

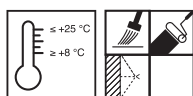
### ■ Požadavky na podklad

Podklad musí být savý, čistý, bez prachu a suchý.

### ■ Příprava podkladu

Nutné čištění provést šetrně, např. postřikem studenou resp. teplou vodou nebo parním čištěním; v případě neodolných nečistot použít zařízení s jemným proudem rotec 25 l (5235) nebo čisticí prostředky Remmers [např. odstraňovač nečistot (0671), Clean FP (0666), Clean AC (0672), Combi WR (0675)].

## Zpracování



### ■ Podmínky při zpracování

Teplota materiálu, podkladu a okolí: min. +8 °C až max. +25 °C

Impregnační prostředek nanášet beztlakým poléváním dosyta (zabránit rozprašování), až se vytvoří jazyk 30-50 cm stékajícího prostředku.

Každý úsek polévat ve vodorovných serpentínách odspodu nahoru.

Postup několikrát (min. dvakrát) opakovat, dokud podklad saje.

Na plochy, na které není možné materiál nanášet stříkáním, nanášet prostředek namočeným štětcem nebo válečkem.

## Upozornění při zpracování

Čerstvě ošetřené plochy chránit před nárazovým deštěm, větrem, slunečním zářením a před kondenzací vody.

## Upozornění

Odchytky od platných předpisů musí být schváleny samostatně.

Při návrhu a následném zpracování musí být dodrženy příslušné předpisy.

Podmínkou optimální funkce je správná spotřeba; ta je závislá vždy na porositě a vlhkosti podkladu.

Zbytky předchozích čištění (např. smáčedla, vosky) mohou negativně ovlivňovat účinek prostředku a musí proto být zcela odstraněny.

Vysoká zásaditost může negativně ovlivnit účinnost.

## Nářadí / čištění



Nízkotlaké nekorodující dopravní a stříkací zařízení, čerpadla kapalin, štětec, štětka

Pracovní nástroje musí být suché a čisté.

Po práci a před delší přestávkou nástroje vyčistěte vodou.

Zbytky po mytí zneškodňujte v souladu s předpisy.

### Remmers nářadí

- [Gloria Hochleistungssprühgerät 410 / 405 T Profiline \(4667\)](#)
- [Gloria Drucksprüher Pro 100 \(4668\)](#)
- [Gloria CleanMaster PERFORMANCE PF 50 \(4666\)](#)
- [Gloria CleanMaster EXTREME EX 100 \(4665\)](#)

## Skladování / trvanlivost



V uzavřených originálních obalech v chladu, suchu a chráněné před mrazem. Trvanlivost min. 12 měsíců.

Otevřená balení co nejrychleji zpracujte.

## Bezpečnostní údaje

Bližší informace o bezpečnosti při dopravě, skladování, manipulaci a také o likvidaci a ekologii najdete v aktuálním bezpečnostním listu.

## Osobní ochranné pomůcky

Při nanášení stříkáním používejte dýchačí filtr P2, ochranné brýle, ochranné rukavice a pracovní oblečení.



Upozornění na likvidaci  
odpadů

Obsah/nádobu likvidujte v souladu s místními/regionálními/národními/mezinárodními předpisy. Pouze obaly beze zbytků odevzdávejte k recyklaci. Nesmí se odstraňovat společně s komunálním odpadem. Nevylévejte do kanalizace.

Upozorňujeme na to, že výše uvedené údaje/data byla stanovena v praxi, resp. v laboratoři jako orientační hodnoty, a proto jsou v zásadě nezávazná. Tyto údaje tedy představují pouze všeobecné pokyny a popisují naše produkty a informují o jejich použití a zpracování. Přitom je nutné brát ohled na to, že na základě rozdílnosti a mnohostrannosti daných pracovních podmínek, použitých materiálů a staveb nelze přirozeně zaznamenat všechny individuální případy.

Proto v případě pochyb doporučujeme provést zkoušky nebo se nás zeptat. Pokud jsme se písemně nezaručili za specifickou vhodnost nebo vlastnosti produktů ke smluvně určenému účelu, je technické poradenství v oblasti použití nebo instruktáž, i když je provádíme podle nejlepšího svědomí, každopádně nezávazná. Jinak platí naše Všeobecné prodejní a dodací podmínky.

Nové vydání tohoto Technického listu nahrazuje poslední vydání Technického listu.