

# Materiálový průzkum a dokumentace středověkých děl

---

## Deskové malířství a sochařství 1300–1530

---

## Památkový postup

---

Štěpánka Chlumská ed.  
Václava Antušková  
Helena Dáňová  
Adam Pokorný  
Radka Šefců

---



# Obsah

---

I. Úvod	4
II. Dokumentace děl sbírkového fondu – sbírková praxe	7
II.1 Popis předmětu – základní katalogové zpracování	11
III. Metody využívané k nedestruktivnímu průzkumu uměleckých děl v restaurátorské praxi	19
III.1 Radiografie uměleckých děl	21
III.2 Prohlídka a fotografický záznam ultrafialové luminiscence (fluorescence) a fotografie odražených ultrafialových paprsků	29
III.3 Prohlídka a fotografie v bočním osvětlení a světelné reflexi	32
III.4 Fotografie a prohlídka díla zvětšovací lupou a mikroskopem	34
III.5 Průzkum obrazů v infračerveném spektru	35
III.6 IR fotografie ve falešných barvách	40
IV. Malba a polychromie – přírodovědný průzkum	43
IV.1 Neinvazivní rentgenová fluorescenční analýza	45
IV.2 Odběr mikrovzorků malby a polychromie	49
IV.3 Příprava vzorků	50
IV.4 Příprava preparátů dřeva a jeho identifikace	51
IV.5 Příprava preparátů a identifikace textilních vláken	54
IV.6 Optická mikroskopie	55
IV.7 Skenovací elektronová mikroskopie s energiově-disperzní spektroskopíí	57
IV.8 Ramanova spektroskopie	60
IV.9 Infračervená spektroskopie	65
IV.10 Plynová chromatografie s hmotnostní spektroskopíí	67

# Obsah

---

V. Seznam související literatury a pramenů	68
VI. Seznam publikací a výstupů z originální práce, které předcházely výsledku	74
VII. Seznam příloh	78
Příloha č. 1: Ukázka fotodokumentace sbírkového fondu	80
Příloha č. 2: Návrh struktury zpráv o technologickém průzkumu děl zkoumaných v rámci projektu NAKI	91
Příloha č. 3: Protokol restaurátorského průzkumu díla Mistr Třeboňského oltáře, Kladení do hrobu / Sv. Jiljí, sv. Augustin a sv. Jeroným	99
Příloha č. 4: Laboratorní zpráva a protokoly z analýz, archiv chemicko-technologické laboratoře Národní galerie v Praze	166

I.

---

Úvod

Památkový postup byl realizován v rámci projektu *Historické technologie a moderní metody průzkumu. Interpretační možnosti specializovaných metod průzkumu děl středověkého umění s využitím inovativních technologií*, Program aplikovaného výzkumu a vývoje Národní a kulturní identity (NAKI) Ministerstva kultury České republiky, identifikační kód projektu: DF 13P01OVV010. O uznání tohoto památkového postupu bylo vydáno Osvědčení č. 27 Ministerstva kultury České republiky, Odboru výzkumu a vývoje, č. MK 10446/2018 OVV ze dne 7. 2. 2018.

Cílem památkového postupu je systemizovat informace o dokumentaci a průzkumu středověkých památek ve sbírkových institucích a vytvořit přehlednou strukturu základních dat, s kterou uživatelé mohou jako s vodítkem pracovat v případě, že jsou zadavateli restaurátorských či průzkumových prací, avšak nejsou specialisty v oboru. Certifikovaný památkový postup poskytuje objasnění základních návazných kroků, které dle charakteru zkoumaných děl mohou přinést požadované výsledky specializovaných analýz. Racionalizace postupů dokumentace a průzkumů fondu středověkého deskového malířství a sochařství zvýší ve svém důsledku možnosti jejich ochrany, preventivní konzervace, restaurátorských záměrů a rovněž může napomoci hlubšímu badatelskému zhodnocení. Z hlediska ochrany děl samotných ani z hlediska finančních nákladů není účelné ve všech případech dílo analyzovat souborem všech dostupných metod.

Text památkového postupu je členěn na tři části dle jednotlivých specializací. Promítá se zde hledisko uměnovědné, restaurátorské a přírodovědné. Jednotlivé kapitoly shrnují dosavadní praxi při provádění komplexního průzkumu sbírkového fondu středověkého umění. Z hlediska specializací se zde propojuje metodika přírodovědných a humanitních oborů s restaurátorskou praxí. Jednotlivé kapitoly jsou dále členěny do oddílů dle specifických metod. Obrazová dokumentace, která byla vytvořena v rámci řešení projektu, názorně ilustruje stručnou argumentaci uvedenou v textu. Podrobné informace jsou

uvedeny formou poznámkového aparátu s odkazem na literaturu k tématu. Nedílnou součástí památkového postupu jsou přílohy s metodickými pokyny, laboratorními zprávami, náhledy struktury užívaných databází a protokoly o restaurátorském průzkumu vybraného konkrétního sbírkového předmětu.

Předkladatelé předpokládají, že uživateli navrhovaného památkového postupu budou zejména pracovníci v oboru památkové péče, muzeologie, restaurování a konzervování. Informace uvedené v památkovém postupu mohou při studiu využít rovněž studenti odborných škol zaměřených na problematiku památkové péče a děl starého umění, a to zejména studenti oborů restaurování, konzervování a studenti oborů muzeologie, památkové péče a kurátorských studií. Další skupinu předpokládaných uživatelů představují správci veřejných či soukromých sbírek, kteří pečují o fond středověkého sochařství a malířství a zadávají restaurování a průzkum děl.

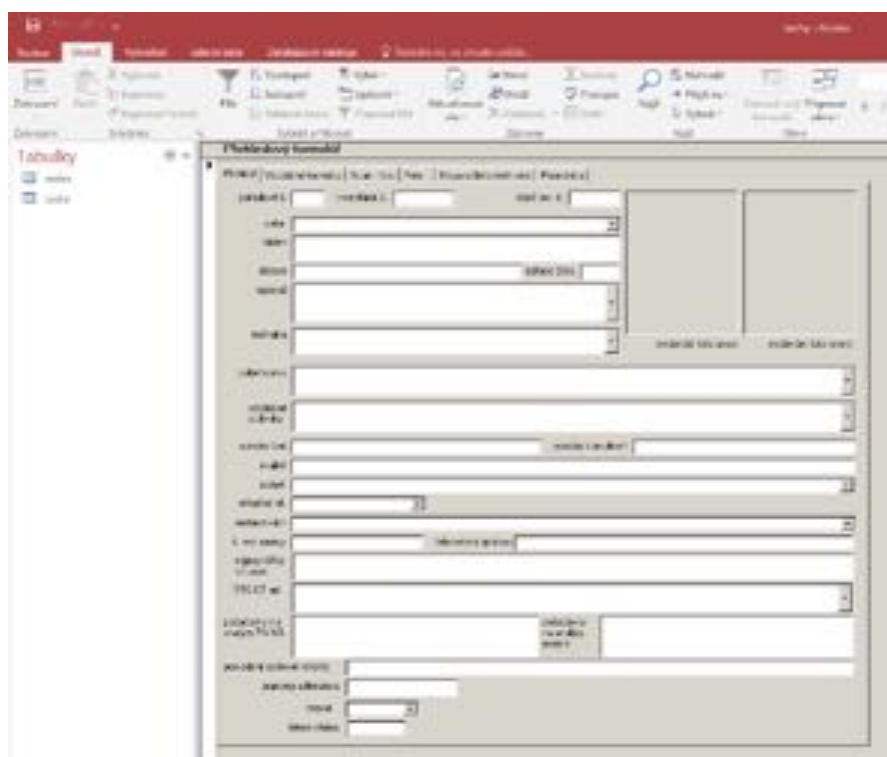
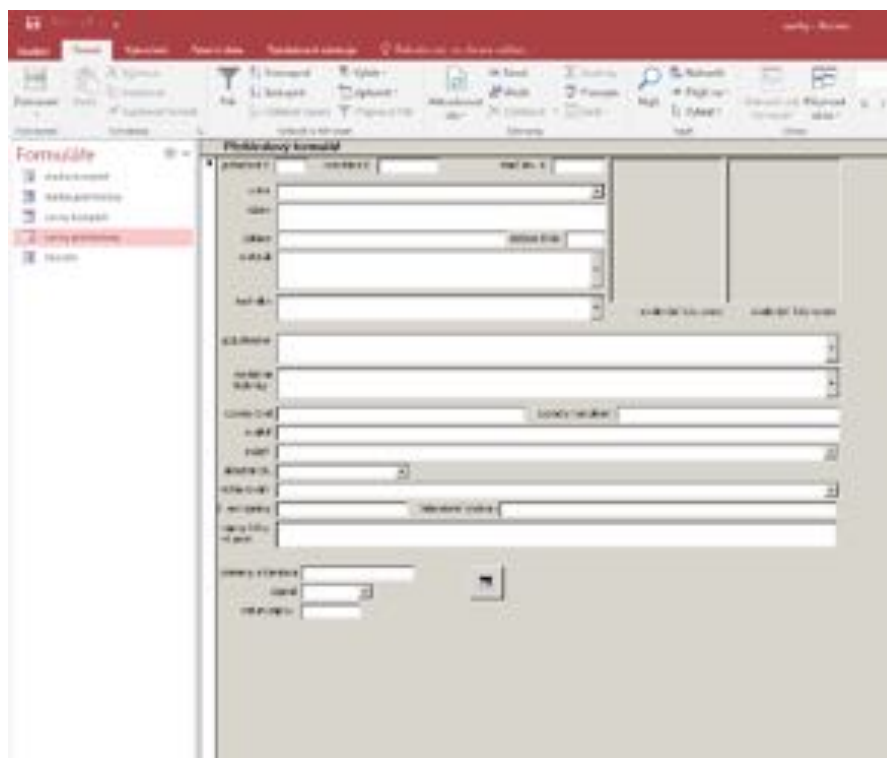
**II.**

---

**Dokumentace děl  
sbírkového fondu  
– sbírková praxe**

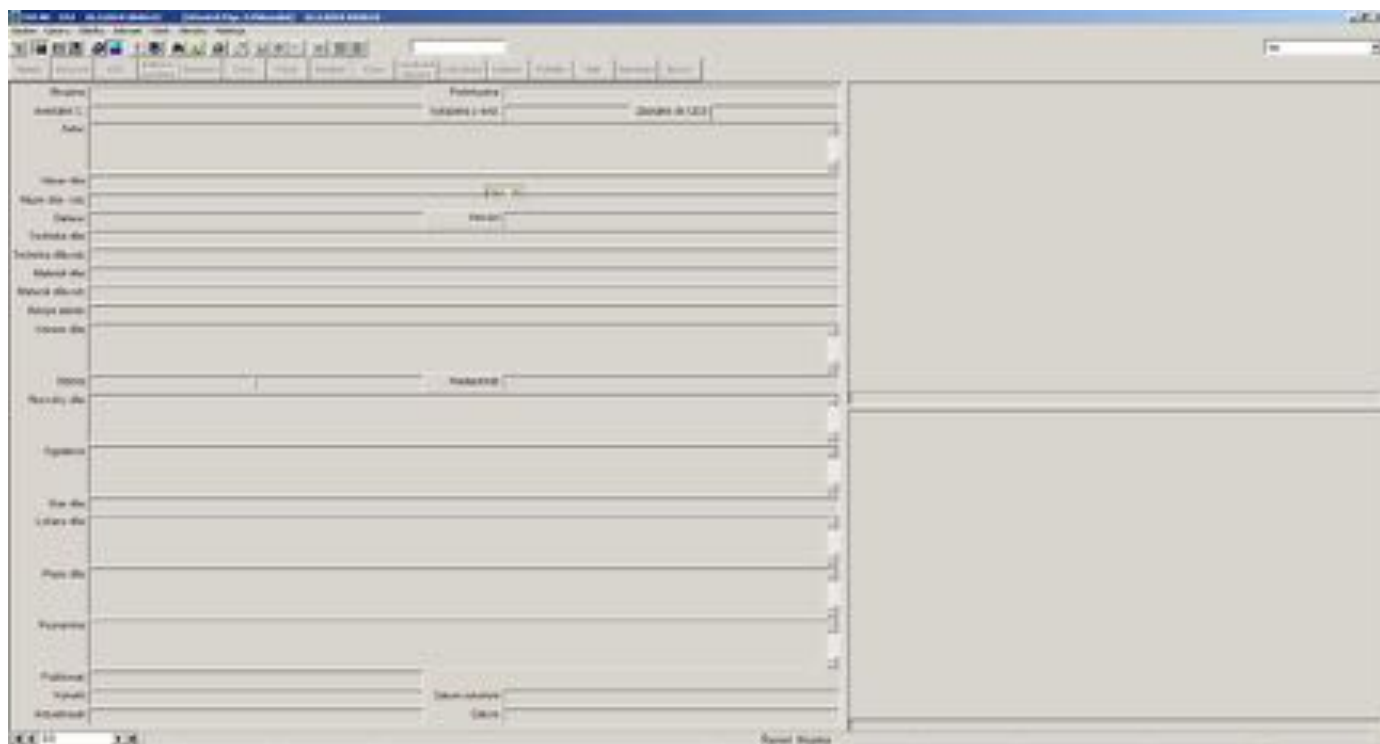
Uměleckohistorické zpracování sbírkového fondu a jeho dokumentace se pro díla starého umění zpravidla řídí metodologickými oborovými standardy, doporučeními profesních organizací (např. ICOM) a interními předpisy sbírkových institucí, které vycházejí z platné legislativy České republiky a z metodických pokynů jednotlivých zřizovatelů. Požadavky na uvedení minimálních dat o jednotlivých předmětech z fondu gotického malířství a sochařství přehledně dokládá obsahová struktura databáze, která byla užita členy řešitelského týmu projektu *Historické technologie a moderní metody průzkumu. Interpretální možnosti specializovaných metod průzkumu děl středověkého umění s využitím inovativních technologií* v rámci zpracování vybraných děl sbírkového fondu. Struktura databáze specifikuje potřeby zpracování děl středověkého umění z oblasti deskové malby a polychromované řezby. V hlavní struktuře vychází ze sbírkových databází, které jsou užívány pro evidenci a správu sbírkového fondu v Národní galerii v Praze (obr. 1).





Obr. 1 – Ukázka podoby obsahové struktury databáze. Kromě standardních polí byla rovněž sledována polychromie, výzdobné techniky, úprava adjustace, zadních stran, stopy po užitých nástrojích ad.

II. Dokumentace děl sbírkového fondu – sbírková praxe



Obr. 2 – Databáze užívaná k evidenci sbírkových předmětů od roku 1995, systém založený na MS ACCESS (BACH).

## II.1

# Popis předmětu – základní katalogové zpracování

Uměleckohistorické zpracování sbírkového fondu pro potřeby dokumentace a evidence zahrnuje v první fázi určení či ověření údajů o autorství a dataci (včetně popisu datace a signování), provenienci díla, techniku provedení a rozměry a popis stavu díla.<sup>1</sup> Do údajů o technice jsou zahrnuty v případě památek deskového malířství také údaje o rubové straně a údaje o materiálu podložky, údaje o případných plátěných přelepech, parketáži či jiné úpravě zadní strany. Součástí základní informace je rovněž posouzení původnosti adjustace (původnost rámu). Dále by měly být součástí základního popisu údaje o výzdobných technikách (např. cínovaný reliéf, trasírování, puncování atd.) a nápisech (přepis dle běžného úzu). Rozměry se uvádějí pro potřeby sbírkové evidence zpravidla bez rámu a s rámem, zaznamenány jsou údaje o úpravě podložky (seříznutí, doplnění novým dřevem atd.). Zaznamenávají jsou výška, šířka, velmi užitečný je rovněž údaj o síle původní desky (bez parketáže či jiných novodobých doplňků), z něhož lze dovodit např. možnost druhotné úpravy zadní strany. Tento údaj je významný zejména v případě původně oboustranně malovaných desek, které byly později rozříznuty a adjustovány jako samostatné obrazy, velmi často se při takové úpravě jedna ze stran desky nevratně poškodila. Součástí katalogového zpracování je také údaj o restaurování a provenienci díla, stejně jako uvedení inventárního čísla (včetně záznamů starších inventářů).

<sup>1</sup> Viz např. KOTKOVÁ 2007; KLÍPA – OTTOVÁ 2015.



Obr. 3 – Madona krumlovská, jižní Čechy, kolem 1450, Národní galerie v Praze. Nedílnou součástí obrazu je původní malovaný rám a malovaná zadní strana desky.



Obr. 4 – Sv. Kryštof, západní Čechy, kolem 1500–1510, Národní galerie v Praze. Příklad pro užití termínu *nízký reliéf*.



Obr. 5 – Panna Marie Bolestná, Mistr sv. Anny Samotřetí, severozápadní Čechy, kolem 1520, Národní galerie v Praze. Příklad pro užití formulace *plnoplastická řezba, záda vyhloubena*.



Obr. 6 – Narození Páně z Třebařova u Krasíkova, Mistr Olomouckých madon, 1510–1515, Národní galerie v Praze. Příklad pro užití termínu *vysoký reliéf*.

Příklad zpracování základního katalogového údaje pro malířské dílo:

*Madona krumlovská  
jižní Čechy, kolem 1450*

*Tempera, lipové dřevo, přední strana s celoplošným pergamenovým (?) potahem, na zadní straně spáry kryty pergamenem, zadní strana malovaná (dekor imitující kamennou desku), rám původní, 102 × 86,4 cm (včetně malovaného rámu)*

*Národní galerie v Praze, inv. č. O 698 (dříve OP 884, EC 2380)*

*Pochází z minoritského kláštera v Českém Krumlově, zakoupeno pro Obrazárnu SVPU z veřejného fondu z majetku kláštera v roce 1893.*

*Restaurování: 1958, Mojmír Hamsík; 2000 (viz rest. protokol č. 95 z 30. 5. 1958, uložený v archivu RO NG), Radana Hamsíková (viz rest. zpráva č. E 194 z roku 2000, uložená v archivu RO NG)*

*Na horizontální liště rámu andělé s nápisovými páskami a textem mariánské antifony: Regina coeli laetare (následuje opis textu dle vžitého úzu)*

*Na spodní liště: proroci Jeremiáš, David, Izaiáš; na vertikálních lištách zleva: sv. František z Assisi, sv. Ludvík z Toulouse, sv. Antonín Paduánský, sv. Bernardin ze Sieny, sv. Bonaventura (?), sv. Klára z Assisi*

*Literatura a prameny: výčet literatury a pramenů k dílu*

U sochařských památek je uváděna obdobná struktura údajů s tím, že u techniky je zaznamenán údaj o plasticitě řezby, tj. plnoplastická socha, nízký/vysoký reliéf, plnoplastická řezba, záda vyhloubena/kryta záklopem, popř. varianty základních typů vzniklé druhotnými zásahy (např. původně plnoplastická řezba, záda seříznuta), dále k technice náleží údaje o polychromii (původnost, stav), pokovení (zlacení, stříbření ad.), výzdobných technikách (např. cínovaný reliéf). Rozměry by měly být uváděny v pořadí výška, šířka, hloubka, v případě že je součástí řezby nepůvodní podstavec, je třeba uvést tuto skutečnost k celkovému údaji o výšce, a pro úplný popis originálu uvést samostatně výšku originálu a výšku doplněného soklu. Součástí katalogového zpracování je také údaj o restaurování a provenienci díla, stejně jako uvedení inventárního čísla (včetně záznamů starších inventářů).

V případě retáblů je třeba evidenčně zpracovat samostatně každou část, tzn. pohyblivá, pevná křídla, oltářní skříň, nástavec, predelu.<sup>2</sup>

<sup>2</sup> Do publikačních výstupů týkajících se sbírkového fondu jsou jednotlivé údaje vybírány dle zaměření publikace. Někteří editoři nepožadují podrobné údaje o provenienci či technice provedení.

**Příklad zpracování základního katalogového údaje pro sochařské dílo:**

*Bolestná P. Marie  
Norimberk, kolem 1450–1460*

*původní polychromie, fragment zlacení, lipové dřevo (viz laboratorní zpráva Ivany Vernerové, uložena v archivu chem. lab. NG); vzadu vyhloubeno, při restaurování roku 2000 odstraněny novější dořezby pravého cípu Mariiny roušky spadající na rameno, draperie v dolní části roucha a malíček levé ruky; novým doplňkem byl opraven levý okraj pláště P. Marie; rozměry: 114 × 38 × 25 cm*

*Národní galerie v Praze, inv. č. P 5555 (dříve DP 161)*

*Původní provenience neznámá, později sbírka arcivévodky Františka Ferdinanda d'Este, Konopiště 1918–1943; státní zámek Konopiště, získáno 1943 ze státního zámku Konopiště.*

*Restaurování: 2000, Tamara Beranová (viz rest. zpráva č. E 198 ze dne 22. 8. 2000, uložena v archivu RO NG)*

*Literatura a prameny: výčet literatury a pramenů k dílu*

Cennými údaji pro dokumentaci děl jsou stopy po původní adjustaci (např. otvory, kolíky ad.) a stopy po evidenci, dokládající provenienci předmětu (nápis, evidenční štítky ad.). Tato zjištění mohou výrazně napomoci k rekonstrukci původního kontextu díla, neboť řada sbírkového fondu středověkých děl je pouhým torzem větších, dnes již ztracených celků.



Obr. 7 – Příklady fotografické dokumentace, pohledy zdola a shora. Mistr Sv. Anny Samotřetí, Bolestná P. Marie, severozápadní Čechy, kolem 1520, Národní galerie v Praze.





8 a



8 b

Obr. 8 a – Assumpta Lannova, jižní Čechy, kolem 1450, Národní galerie v Praze.  
Obr. 8 b – Odpočívající Kristus, Mistr kadaňských Ukřižovaných, kolem 1520, zapůjčeno do Národní galerie v Praze.

Na zadní straně Assumpty Lannovy jsou jasně čitelné záznamy o nejstarších doložených majitelích díla; byl jím jihočeský sběratel F. Štulík, dílo bylo později darováno Obrazárně SVPU, od té doby prošlo několika různými druhy evidence (viz inv. štítky), nyní Národní galerie v Praze, inv. č. O 495.

Na soklu řezby byla poznamenána provenience, z níž bylo dílo deponováno do státních sbírek. V 90. letech 20. století byla řezba restituována Českomoravské provincii sv. Václava Řádu menších bratří.

K základní dokumentaci sbírkového předmětu náleží jeho fotografická dokumentace. Snímky jsou archivovány a jsou cenným zdrojem informací o díle. Základní obrazová dokumentace díla by měla obsahovat fotografie přední a zadní strany, v případě soch rovněž boční pohledy. U deskových maleb je třeba navíc dokumentovat podobu obrazu bez novodobé adjustace. Sochy je výhodné dokumentovat rovněž pohledy z tříčtvrtečních profilů a shora a zdola. K těmto základním snímkům je dle možností vhodné připojit fotodokumentaci rukopisně význačných detailů, detailů signatur, detailů poškození, výzdobných technik, adjustace ad. (viz samostatná příloha č. 1).



Obr. 9 – Mistr Třeboňského oltáře, Oltář třeboňský, Kladení do hrobu, vnitřní strana křídla, Praha, kolem 1380, Národní galerie v Praze. Fotodokumentace bez rámu, viditelné okraje desky bez malby.

Snímky by měly být pořízeny s barevnou škálou a v odpovídajícím rozlišení, uloženy rovněž v RAW formátu, aby byly k dispozici k případným úpravám a archivovány s příslušným zálohováním.<sup>3</sup>

Dokumentace děl je využívána kromě potřeb základní evidence a badatelského zhodnocení rovněž ke kontrole stavu děl v průběhu delšího časového úseku. Na základě archivních snímků je možné doložit např. postup degradace či možná dílčí poškození. Pro tyto účely je rovněž využívána dokumentace prováděná restaurátory v průběhu konzervace, restaurování či v rámci posouzení stavu díla před jeho zápůjčkou (tzv. condition report).

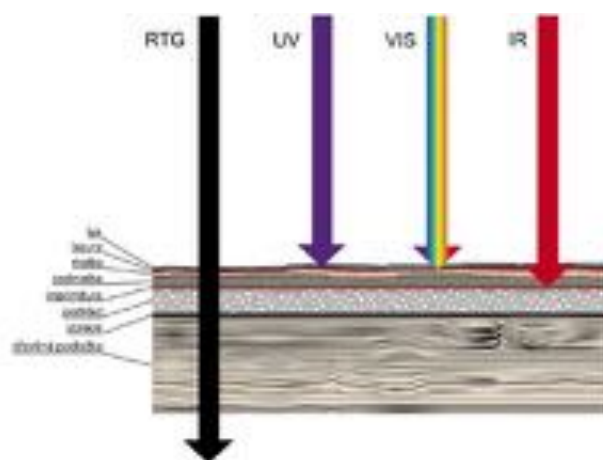
<sup>3</sup> K zásadám fotografické dokumentace a specifikaci technických parametrů např. metodické pokyny NPÚ: VÍTOVSKÝ 2006; BEZDĚK – FROUZ 2014.

**III.**

---

**Metody využívané  
k nedestruktivnímu  
průzkumu  
uměleckých děl  
v restaurátorské  
praxi**

Neinvazivní zobrazovací průzkumové metody uměleckých děl využívají elektromagnetického záření od nejkratších vln rentgenového záření, případně gama záření, až po záření s dlouhou vlnovou délkou spadající do blízké infračervené oblasti. Základními běžně používanými metodami jsou radiografie, fotografie odražených ultrafialových paprsků a ultrafialové fluorescence, prohlídka a fotografie ve viditelném světle v různém zvětšení a infračervená fotografie nebo reflektografie. Jmenované metody jsou na průzkumy uměleckých děl využívány již od první poloviny 20. století. V poslední době byly obrazové výstupy těchto metod významně zkvalitněny nástupem digitálních záznamových médií. Vedle uvedených základních metod se používá nebo je experimentována a vyvíjena celá řada dalších průzkumových technik, jejichž výstupem je obraz nebo soubor dat s ním spojených, jako například skenovací mikropofilometrie, laserové skenování, skenovací rentgenová fluorescenční metoda nebo skenovací spektrofotometrie.<sup>4</sup>



Obr. 10 – Schéma různé míry průniku RTG-UV-VIS-IR deskovou malbou.

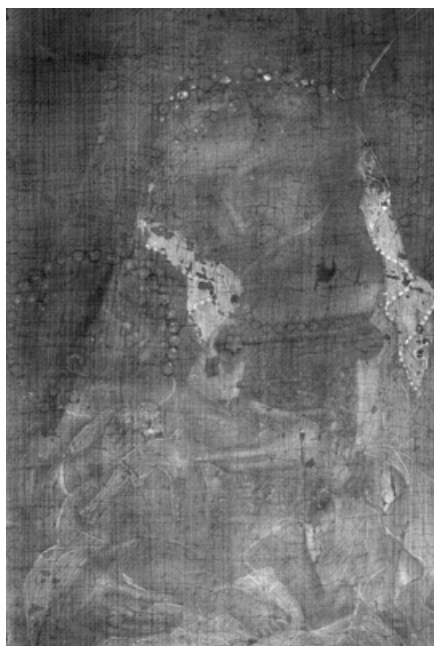
4 Více o těchto metodách viz např. FONTANA et al. 2003; BERTANI – CONSOLANDI 2006; FISCHER – KAKOULLI 2006; BELLUCCI – FROSININI 2008; DAFFARA – FONTANA – GAMBINO 2009; CASINI et al. 2009; FONTANA – GAMBINO – SANTACESARIA 2009; BARUCCI et al. 2015; CASTELLI et al. 2015.

## III.1

# Radiografie uměleckých děl

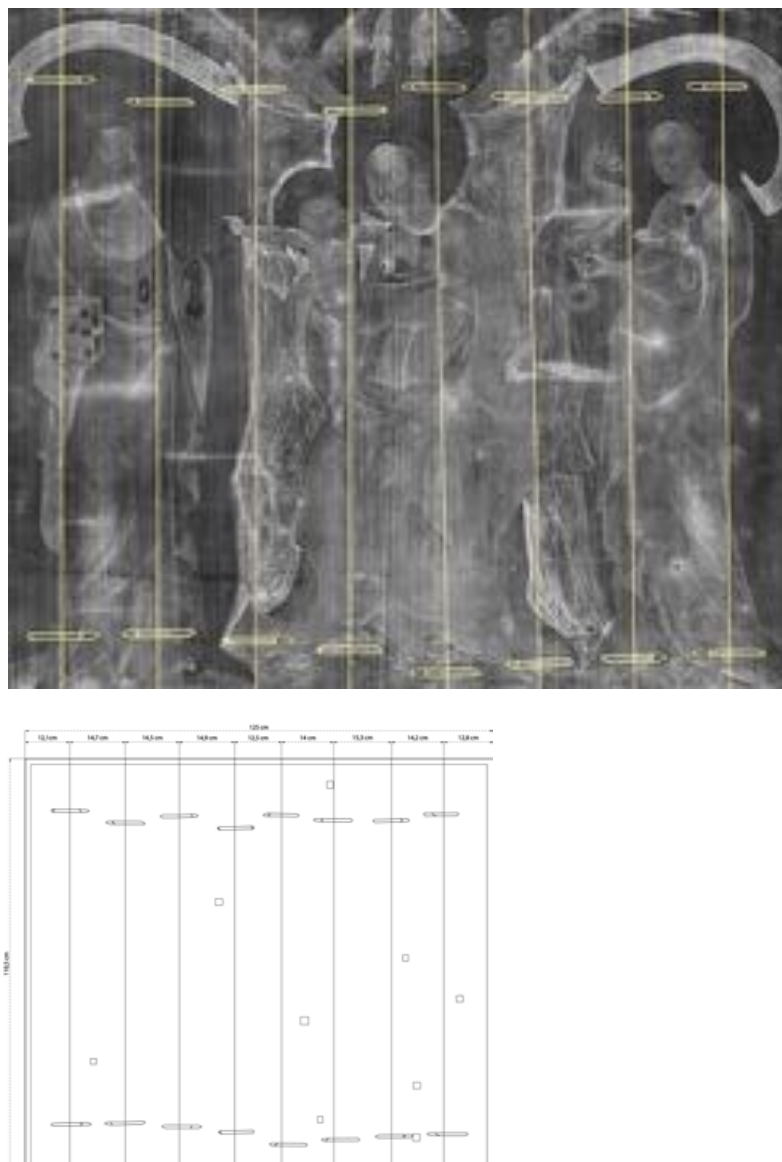
Radiografie uměleckých děl je neinvazivní zobrazovací technika, která využívá elektromagnetického záření s krátkou vlnovou délkou (10–0,1 nm) nacházející se ve vlnovém spektru před ultrafialovými paprsky.<sup>5</sup> Tato metoda je založena na schopnosti rentgenových paprsků procházet hmotou. Míra absorpce závisí na vlnové délce záření, hustotě a tloušťce zkoumaného materiálu. Čím větší je tloušťka a vyšší atomová hmotnost přítomných chemických prvků, tím větší je absorpce paprsků a nižší podíl prošlých paprsků. Neabsorbované paprsky jsou zachyceny na speciální film nebo digitální zařízení.

Pořízený RTG snímek je tak plošným záznamem prostorové projekce zkoumaného díla. Na RTG snímku se úbytek RTG záření projevuje zesvětlením tonality. Mezi malířské materiály, které pohlcují RTG záření, patří pigmenty s obsahem těžkých kovů, jako je olovnatá běloba, minium nebo rumělka. Naopak mezi pigmenty, kterými RTG paprsky procházejí, se řadí například organické pigmenty, ultramarín, zemité pigmenty, bitumeny (obr. 11). Například RTG snímek barokních obrazů



Obr. 11 – Madona římská, Praha, kolem 1350–1355, Národní galerie v Praze, RTG snímek. Inkarnáty obsahující z velké míry zemité pigmenty se na RTG snímku projevují tmavší tonalitou než partie s větším obsahem olovnaté běloby, jako rouška Madony.

<sup>5</sup> Více o této metodě viz např.: BARUCHEL et al. 2000; PADFIELD et al. 2002; MATTEINI – MOLES 2003, s. 196–209; SLÁNSKÝ 2003, s. 57–79; CASALI 2006; BETTUZZI – CASALI 2009; DUBOIS 2009; SOTIROPOULOU 2009; PEČENÝ 2010; MACBETH 2012, s. 300–305.



Obr. 12 – Madona mezi sv. Bartolomějem a sv. Markétou, Praha, po 1380, Alšova jihočeská galerie, Hluboká n. Vltavou. RTG snímek, zakres konstrukce desky. Na základě celkového RTG snímku je možné detailně poznat konstrukci desky.

koresponduje se světelnou kompozicí, protože světlé partie jsou docíleny na základě obsahu olovnaté běloby a stíny jsou založeny na obsahu zemitých pigmentů.

Metoda radiografie přináší řadu cenných informací o charakteru a stavbě díla. V rámci studia plátěných podložek obrazů je možné studovat materiálový stav, typ a hustotu textilní vazby. Taktéž jsou na RTG snímcích patrné švy textilních podložek složených z více kusů plátna. Případně lze sledovat poškození nebo druhotné zásahy, jako například záplaty perforací. V rámci studia podložek deskových obrazů poskytuje radiografie informace o stavbě desky. Na RTG snímcích je možné rozečíst místa a konstrukční typ spojů desky se spojovacími elementy a případně určit i typ řezu jednotlivých prken (obr. 12). Dále



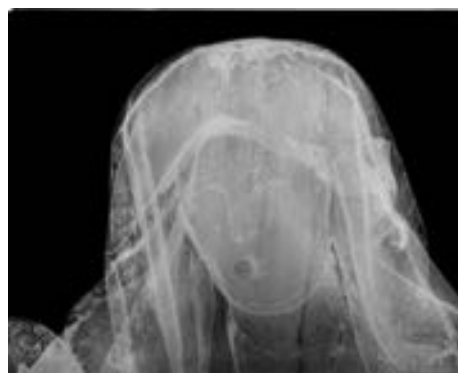
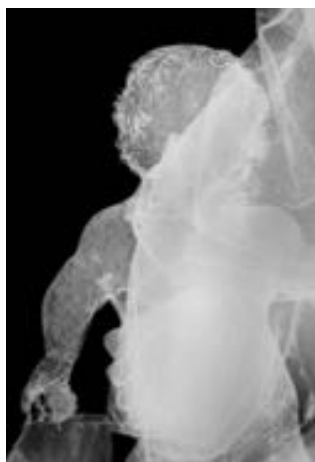
Obr. 13 – Ukřižování, Mistr Theodorik, 1360–1364, Praha, Památkový ústav středních Čech, RTG snímek. Na snímku je jasně patrná prasklina desky s tmely a defekty s odpadlou barevnou vrstvou.



Obr. 14. – Sv. Ambrož, spolupracovník Mistra Theodorika, 1360–1364, Praha, Památkový ústav středních Čech, zapůjčeno do Národní galerie v Praze, RTG snímek. Na snímku jsou patrné výrazné štětkové tahy bílé imprimitury nekorespondující s modelací.

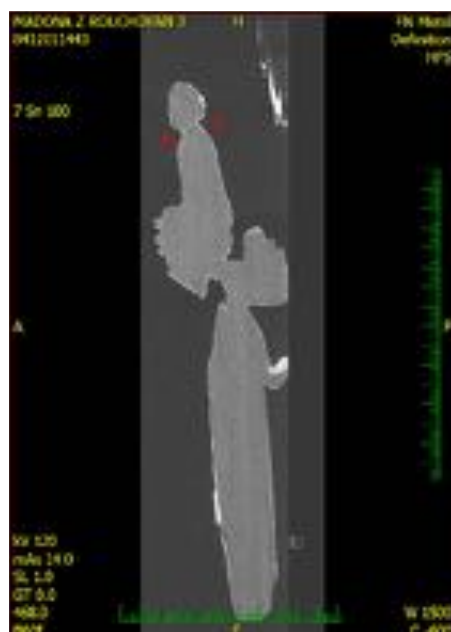
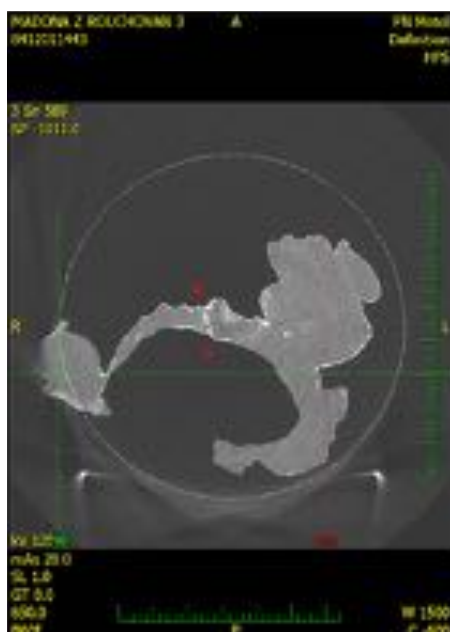
je možno identifikovat defekty, jako praskliny nebo napadení dřevokazným hmyzem, a druhotné zásahy, jako například doplněné nepůvodní části, hřebíky atp. (obr. 13).

Klasickou radiografii nelze použít u obrazů malovaných na kovové podložky. Zřetelnost malby je na RTG snímku redukována silnou absorpcí kovové podložky. Radiografie je taktéž používána na průzkum sochařských děl. Radiografií dřevěných soch lze identifikovat jejich stavbu a konstrukci, případně druhotné doplňky (obr. 15). Problémem však bývá prostorová redukce plastiky do dvojrozměrného prostoru, při které dochází k výrazným tvarovým deformacím. Při rentgenování kovových plastik je nutné použít silný zdroj rentgenového záření, které je schopno projít kovovou vrstvou. Na průzkum sochařských děl je většinou přínosnější použít RTG počítačovou tomografii, která poskytuje daleko více vypovídající informace o hmotné stavbě díla (obr. 16). Výstupem této metody je série paralelních snímků řezů objektu ve volitelných směrech. Při použití běžných lékařských rentgenových výpočetních tomografů, které jsou dimenzovány pro lidské tělo, je limitem omezená velikost zkoumaných děl. Další nevýhodou je nižší rozlišovací schopnost, než je tomu u klasické radiografie.

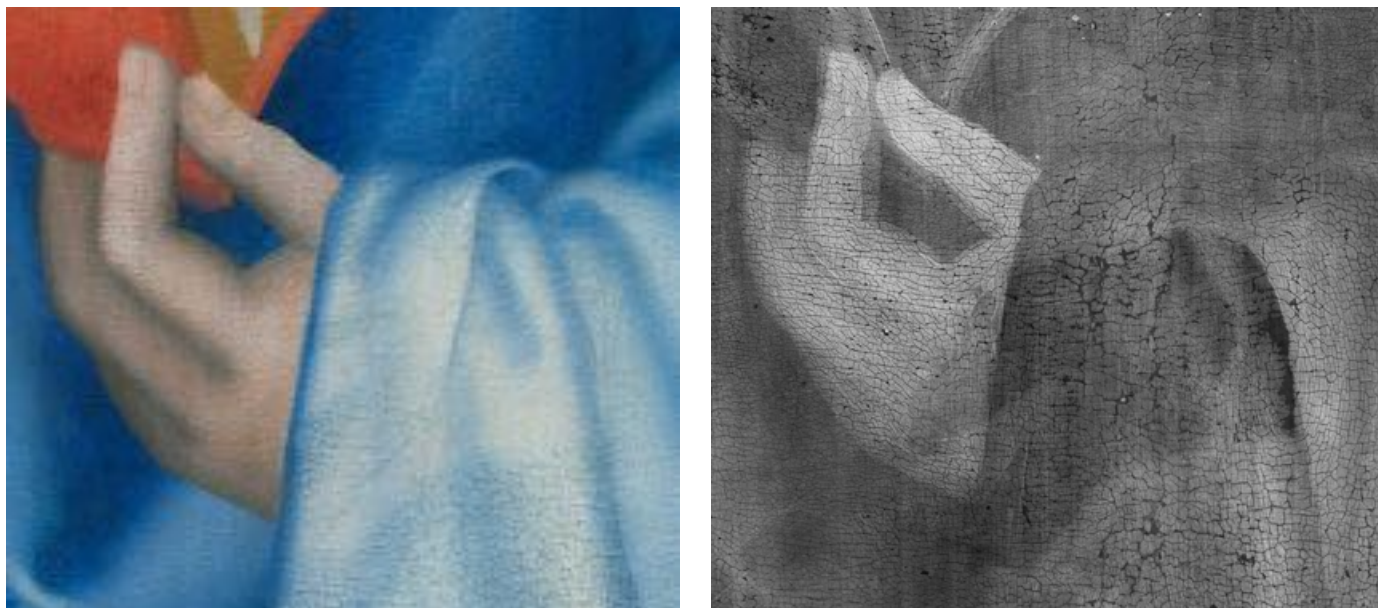


Obr. 15 – Mistr Sv. Anny Samotřetí, Sv. Anna Samotřetí z Ústí, severozápadní Čechy, kolem 1520, Praha, dominikánská provincie, zapůjčeno do Národní galerie v Praze. Snímek ve viditelném světle a detaily řezby v RTG.





Obr. 16 – Madona roučovanská, Čechy (?), kolem 1320, Národní galerie v Praze. Snímek ve viditelném světle a CT. CT snímek: Jiří Lisý.

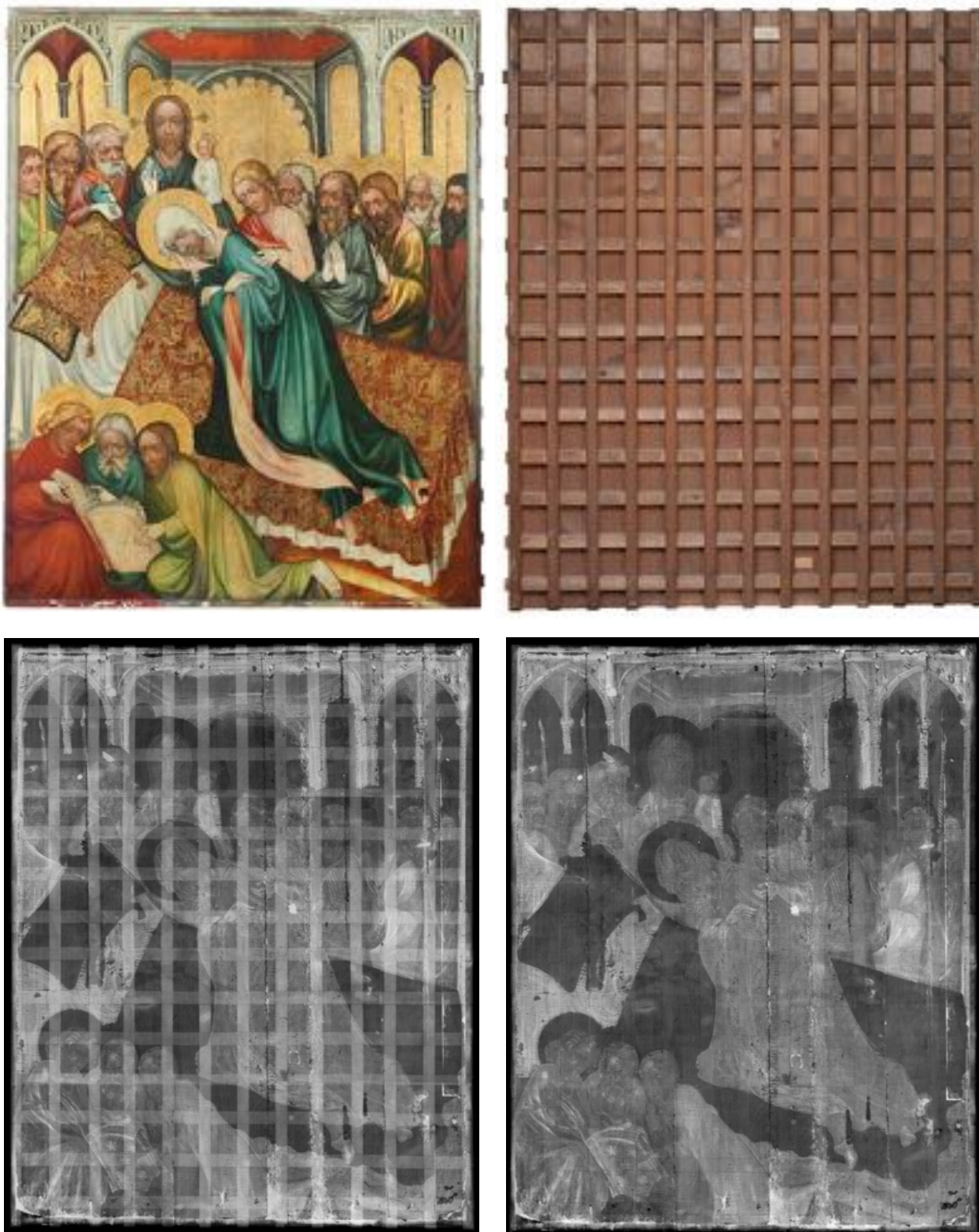


Obr. 17 – Sv. Matouš, Mistr Theodorik, 1360–1364, Praha, Památkový ústav středních Čech, zapůjčeno do Národní galerie v Praze. Snímek ve viditelném světle, RTG snímek. Na RTG snímku je patrná změna v rozvrhu ruky.

Na základě RTG snímku lze dále studovat použitou malířskou techniku. Na RTG snímcích je možné rozečíst sílu a způsob nánosu jednotlivých barevných vrstev s charakteristickým malířským rukopisem (obr. 14). RTG snímky jsou tak důležitým podkladem pro posuzování autorství. Rentgenováním lze u obrazů dále identifikovat autorské změny kompozice vzniklé v průběhu výstavby obrazu, tzv. pentimenti (obr. 17). RTG snímky dále vypovídají o materiálním stavu a druhotných zásazích. Lze tak identifikovat přemalby, zakryté defekty a tmele atp.

Zřetelnost malby na RTG snímcích může být redukována u deskových obrazů přítomností parketáže. Tento problém byl v minulosti řešen vyplněním prostoru mezi příčkami parketáže materiálem s podobnou absorpcí RTG paprsků jako dřevo. V současnosti lze viditelnou konstrukci parketáže eliminovat digitálně v grafickém programu (obr. 18).

Problémem je taktéž rentgenování oboustranných obrazů, kdy dochází k součtu malby obou stran (obr. 19).



Obr. 18 – Triptych se Smrtí Panny Marie zv. Oltář roudnický, Praha, 1410–1420, Národní galerie v Praze. Snímky ve viditelném světle a RTG snímky. Parketáž zakrývající malbu na RTG snímku byla odfiltrována v grafickém programu.



Obr. 19 – Mistr Třeboňského oltáře, Třeboňský oltář, Ukládání do hrobu / Sv. Jiljí, sv. Augustin a sv. Jeroným, Praha, kolem 1380, Národní galerie v Praze. Snímky ve viditelném světle a RTG. Na RTG snímku se sčítají obě strany malby, čtení malby je tím znesnadněno.

## III.2

# Prohlídka a fotografický záznam ultrafialové luminiscence (fluorescence) a fotografie odražených ultrafialových paprsků

Ultrafialové paprsky zahrnují oblast elektromagnetického spektra mezi viditelným světlem a rentgenovým zářením (10 nm–400 nm). Pro průzkum obrazů se používá záření v oblasti blízké ultrafialové oblasti UVA (320 nm–400 nm). V rámci restaurátorských průzkumů se používá prohlídka a fotografický záznam ultrafialové luminiscence (fluorescence) a fotografie v přímých ultrafialových paprscích.<sup>6</sup> Při osvětlení uměleckého díla ultrafialovým světlem dochází na řadě materiálů k excitaci záření s větší vlnovou délkou. V UV osvětlení tak lze pozorovat vybuzenou fluorescenci ve viditelném spektru. Pozorování je třeba provádět v zatemněné místnosti. Luminiscenci lze fotograficky zaznamenat. Při fotografickém záznamu je nutné použít speciální filtr eliminující odražené UV paprsky. Stárnutím získává řada organických malířských materiálů schopnosti luminiscence. Například staré pryskyřičné laky mají výraznou žlutozelenou luminiscenci (obr. 20). Také některé pigmenty lze identifikovat na základě charakteristické luminiscence. Prohlídka v UV světle vypovídá zejména o svrchních obrazových vrstvách, jako jsou lakové vrstvy, retuše či přemalby, lazury a svrchní malba. Na základě rozdílné luminiscence různě starých materiálů lze někdy dobře identifikovat druhotné restaurátorské zásahy. Například jsou dobře patrné novější retuše, které se v UV světle vyjevují tmavou luminiscencí (obr. 21). V případech, kdy se na obraze nachází silnější vrstva starého pryskyřičného laku, dochází díky silné luminiscenci lakové vrstvy k překrytí spodních retuší či přemaleb, které tak nejsou patrné. Prohlídky UV luminiscence je také využíváno pro kontrolu během snímání nepůvodních barevných vrstev, kde lze například dobře korigovat míru zeslabování lakových vrstev.

<sup>6</sup> Více o této metodě viz např.: MATTEINI – MOLES 2003, s. 175–182; SLÁNSKÝ 2003, s. 41–53; BUZZEGOLI – KELLER 2009a; MACBETH 2012, s. 294–296.



Obr. 20 – Mistr Litoměřického oltáře, Oltář s Nejsvětější Trojicí, Praha, po 1510, Národní galerie v Praze, snímek UV fluorescence. Starý lak se na snímku projevuje zelenou fluorescencí. Na snímku jsou viditelné staré sondy v lakové vrstvě.



Obr. 21 – Triptych se Smrtí Panny Marie zv. Oltář roudnický, Praha, 1410–1420, Národní galerie v Praze, snímek UV fluorescence. Retuše spočívající na svrchní lakové vrstvě se na snímku vyjevují tmavofialovou tonalitou.



Obr. 22 – Madona Inářská, Praha, kolem 1410–1420, Římskokatolická farnost Lnáře, zapůjčeno do Národní galerie v Praze. Fotografie odražených ultrafialových paprsků. Na snímku jsou patrné retuše v oblasti čela Panny Marie.

V rámci restaurátorských průzkumů se dále používá technika fotografie odražených ultrafialových paprsků. V tomto případě se fotograficky zaznamenávají UV paprsky odražené od malby. Na objektiv fotoaparátu je třeba nasadit filtr eliminující luminiscenci a část záření z UV lampy ve viditelném spektru. Objektiv je nutno v tomto případě přeastřit, poněvadž se UV paprsky při průchodu čočkou objektivu lomí jiným způsobem než viditelné světlo. Dále je nezbytné počítat s delší expozicí. Tato metoda stejně jako ultrafialová luminiscence vypovídá o svrchních obrazových vrstvách (obr. 22).

## III.3

# Prohlídka a fotografie v bočním osvětlení a světelné reflexi

Jedná se o jednoduchou průzkumovou techniku, která vypovídá jak o technice malby, tak o stavu uměleckého díla.<sup>7</sup> Při prohlídce je v zatemněné místnosti použit světelný zdroj umístěný pouze na jedné straně blízko roviny obrazu. V rámci průzkumu malířských obrazových deskových podložek lze touto metodou v některých případech identifikovat jednotlivé spoje desky nebo zakřivení podložky (obr. 23). Na zadní straně jsou v tomto osvětlení dobře patrné typy použitých řezbářských a truhlářských nástrojů. U obrazů na plátně můžeme sledovat deformace plátěné podložky dané například mechanickým poškozením, záplatami na zadní straně, deformací napínacího rámu nebo nerovnoměrným vypnutím. V úrovni podkladových a barevných vrstev lze sledovat krakeláž a míru miskovitě deformace nebo identifikovat místa s uvolněnou barevnou vrstvou (obr. 24).

Obr. 23 – Triptych se Smrtí Panny Marie zv. Oltář roudnický, Praha, 1410–1420, Národní galerie v Praze, snímek světelné reflexe. Na snímku je dobře čitelná zvýrazněná struktura dřevěné podložky.

Obr. 24 – Triptych se Smrtí Panny Marie zv. Oltář roudnický, Praha, 1410–1420, Národní galerie v Praze, snímek v bočním osvětlení. Na snímku je dobře patrná miskovitá deformace malby a velký tmelený defekt s napodobenou krakeláží.



7 Více o této metodě viz např.: SLÁNSKÝ 2003, s. 30–31; MACBETH 2012, s. 292–293.





Obr. 25 – Madona Inářská, Praha, kolem 1410–1420, Římskokatolická farnost Lnáře, zapůjčeno do Národní galerie v Praze. Snímek v bočním osvětlení. Na snímku je dobře čitelná struktura malby s viditelnými nánosy barvy.



Obr. 26 – Zvěstování, Čechy (?), kolem 1460, Národní galerie v Praze. Snímek světelné reflexe. Na snímku se jasně projevuje struktura malby naznačující velký podíl olejové složky v pojivu barvy.

Prohlídka v bočním osvětlení dále přináší informace o technice malby a autorském rukopisu. Velice dobře jsou například patrné pastózní nánosy malby. Na základě této průzkumové techniky tak lze dobře popsat charakter barevných tahů a celkový způsob malby (obr. 25). Patrný strukturní charakter barevné vrstvy dále vypovídá o typu použitého pojiva nebo granulaci pigmentu (obr. 26). Techniky prohlídky malby v bočním osvětlení se v rámci restaurátorských zásahů používá také pro kontrolu během upevňování barevných vrstev, vyrovnávání obrazů na plátně nebo při rentoaláži. V rámci studia obrazů na plátně lze také použít prohlídku a fotografii procházejícího světla skrz obraz.

## III.4

# Fotografie a prohlídka díla zvětšovací lupou a mikroskopem

Vizuální prohlídka díla ve viditelném světle je prvním krokem v rámci restaurátorského průzkumu. Na základě prvotní prohlídky je možno volit vhodné průzkumové metody. Prohlídka díla pomocí mikroskopu přináší cenné informace jak o malířské technice, tak o materiálním stavu díla.<sup>8</sup> Ve zvětšeném měřítku lze rozečíst malířskou výstavbu, v drobných defektech identifikovat typ podmalby, poznat charakter malířského rukopisu atp. (obr. 27). Dále je možno např. studovat typ krakeláže, identifikovat uvolněná místa, lokalizovat přemalby kryjící originální krakeláž. Fotografický záznam lze pořídit fotoaparátem s makroobjektivem, případně speciálním mikroobjektivem a mikroskopem.



Obr. 27 – Madona z Veveří, Praha, kolem 1345–1350, Římskokatolická farnost Veveří. Snímek ve viditelném světle a makrofotografie. Ve velkém zvětšení je možné rozečíst stratigrafii malby.

8 Více o této metodě viz např.: SLÁNSKÝ 2003, s. 32–33; DUBOIS 2009.

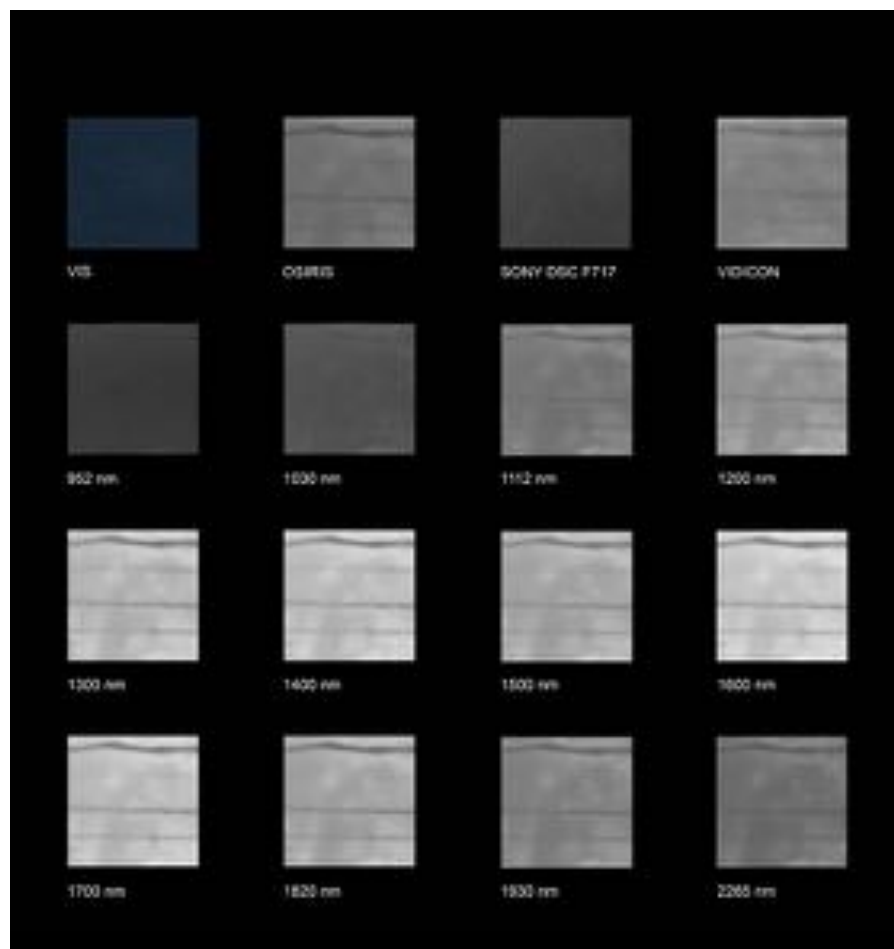
## III.5

# Průzkum obrazů v infračerveném spektru

Pro průzkum obrazů v infračerveném spektru se využívá záření v blízké infračervené oblasti (700 nm–2500 nm). Ve vyšších vlnových délkách pak dochází k nárůstu absorpce a snížení transparence barevných vrstev.<sup>9</sup> Pro zachycení obrazu je nutno použít speciálních záznamových zařízení. Jedná se o neinvazivní optické zobrazovací techniky, které zaznamenávají odražené IR světlo od zkoumaného obrazu. V závislosti na použité technice je výstupem záznamu IR fotografie nebo IR reflektogram. Průzkumové metody IR fotografie a IR reflektografie jsou založeny na schopnosti infračerveného světla procházet svrchními barevnými vrstvami řady malířských pigmentů (obr. 28). Krycí schopnost malby obecně závisí na tloušťce barevné vrstvy a na schopnosti malířského materiálu rozptýleně odrážet dopadající paprsky. Zaznamenaný obraz je tak dán poměrem absorpce, reflexe a transmise světelných paprsků, což souvisí s chemicko-fyzikální podstatou malířského materiálu a vlnovou délkou dopadajících paprsků. Schopnost reflexe malířských materiálů se obecně (jsou i výjimky) zmenšuje s narůstající vlnovou délkou. V záznamu paprsků v infračervené oblasti se na základě této materiálové podstaty může stát neprůhledná barevná vrstva ve viditelném spektru transparentní. Kvalita a míra informací obrazového výstupu vychází z použitého přístrojového vybavení.

V současnosti je pro IR fotografii možno použít upravený digitální fotoaparát s citlivostí přibližně do 1100 nm. Výhodou jsou snímky s vysokým rozlišením a širokou tonální škálou, avšak v nízké hladině spektrální citlivosti je řada pigmentů neprůhledných. Dále jsou dostupné speciální kamery (např. vidiconová kamera), které jsou schopny snímat IR paprsky s vyšší vlnovou délkou. Nevýhodou je však malé rozlišení. V poslední době je komerčně dostupná kamera Osiris se spektrální citlivostí snímače 900–1700 nm. V této oblasti je většina středověkých pigmentů transparentní. Přístroj podává snímky o vysokém rozlišení (obr. 29). Dále existují jednotlivé prototypy skenovacích zařízení vyvíjených iniciativou některých muzeí a institucí. Tyto přístroje podávají snímky s vysokým rozlišením a jsou citlivé do vyšších hladin spektra.

9 Více o této metodě viz např.: BOMFORD 2002; MATTEINI – MOLES 2003, s. 182–189; SLÁNSKÝ 2003, s. 53–57; BELLUCCI et al. 2005; DAFFARA – FONTANA – PEZZATI 2009; DAFFARA et al. 2010; MACBETH 2012, s. 296–299.



Obr. 28 – Příklad odlišné zobrazovací schopnosti podkresby kryté vrstvou azuritu dle použitého přístrojového vybavení.



Obr. 29. Madona zv. Cibulkova, Čechy, 30. léta 15. století, Národní galerie v Praze. Ukázka různého stupně zobrazení podkresby pomocí přístrojů typu Vidicon, Sony DSC-F717 a kamera Osiris.



Obr. 30 – Votivní obraz Jana Očka z Vlašimi, Praha, před 1371, Národní galerie v Praze. IR reflektogram. Na snímku je jasně patrná změna polohy hlavy.



Obr. 31. Oltář z Duban, severozápadní Čechy, kolem 1470, Biskupství litoměřické, zapůjčeno do Národní galerie v Praze. IR reflektogram. Na snímku jsou zřetelně patrné rozsáhlé plochy retuší a tmelů poškozené malby.

Díky zvýšené penetraci IR paprsků do malířských obrazových vrstev je tak možno na obrazech studovat přípravný kresebný záznam či změny mezi rozvrhem podkresby a výsledné malby, zvané pentimenti (obr. 30). S touto technikou lze také odkrýt rozsah a charakter poškození originální malby pod svrchními retušemi a přemalbami (obr. 31). Čitelnost podkresby je dána jejím materiálem a použitou malířskou technikou. Viditelnost podkresby tak závisí na síle barevných vrstev, charakteru použitých pigmentů a kontrastu odražených paprsků podkresby a podkladu (obr. 32). Podkresba je tedy dobře zřetelná v případě, kdy je na obraze použit podklad s vysokou reflexí paprsků, například křídový nebo sádrový podklad a podkresba obsahuje materiály se zvýšenou absorpcí IR paprsků, jako černé pigmenty s obsahem uhlíku. Čitelnost podkresby je značně snížena v případě použití v IR spektru transparentních materiálů, jako jsou například zemité pigmenty nebo duběnkový inkoust (obr. 33).



Obr. 32 a – Mistr Třeboňského oltáře, Třeboňský oltář, Kristus na hoře Olivetské / Sv. Kateřina, sv. Máří Magdaléna, sv. Markéta, Praha, kolem 1380, Národní galerie v Praze. IR reflektogram.

Obr. 32 b – Madona mezi sv. Bartolomějem a sv. Markétou, Praha, po 1380, Alšova jihočeská galerie, Hluboká n. Vlt. IR reflektogram. Červená podkresba s obsahem zemitých pigmentů na Třeboňském oltáři je na IR snímcích daleko méně čitelná než podkresba obsahující černé pigmenty.



Obr. 33 – Přenosný oltář z Boletic, jižní Čechy, kolem 1450, Národní galerie v Praze. IR reflektogram. Kresba provedená nejspíše duběnkovým inkoustem se na IR snímku neprojevuje.

## III.6

# IR fotografie ve falešných barvách

Další metodou využívající blízkého IR spektra záření je metoda IR fotografie ve falešných barvách.<sup>10</sup> V minulosti se pro tuto metodu používal speciální IR barevný fotografický film (Kodak Ektachrom I.R.). Vrstvy světlocitlivé filmové emulze byly selektivně senzibilizovány tak, aby červená barva odpovídala blízkému IR spektru a zelená a modrá červenému a zelenému spektru. Modré spektrum bylo třeba odfiltrovat žlutým filtrem. Tak jako i u dalších IR filmů byla citlivost tohoto IR barevného filmu do 900 nm. V současné době lze pro tuto metodu použít digitální barevnou fotografii a IR fotografii v blízkém IR spektru. Posun barevných kanálů se provede v grafickém programu.

Barevný záznam je touto technikou posunut mimo oblast viditelného spektra do IR oblasti, což má za následek charakteristickou změnu barevnosti danou odlišnou reflexí, absorpcí a transmisí vycházející z fyzikálně chemické podstaty jednotlivých malířských materiálů (obr. 34). Rozdílné pigmenty s totožným odstínem ve viditelném spektru se mohou v některých případech tímto způsobem rozlišit. Například barevnost ultramarínu se mění do purpurové tonality, zatímco azurit zůstává temně modrý. Na základě této metody tak lze rámcově získat představu o použitých pigmentech a vytvořit podklady pro následnou identifikaci pigmentů například metodou XRF nebo analýzou vzorků s cíleným odběrem. Dále se též používá UV fotografie ve falešných barvách založené na stejném principu jako IR fotografie ve falešných barvách. Touto metodou lze dobře diferencovat například bílé pigmenty (obr. 35).

<sup>10</sup> Více o této metodě viz např.: ALDOVRANDI et al. 1993; MATTEINI – MOLES 2003, s. 189–195; BUZZEGOLI – KELLER 2009b; MACBETH 2012, s. 299–300.





Obr. 34 – Mistr Třeboňského oltáře, Třeboňský oltář, Kristus na hoře Olivetské / Sv. Kateřina, sv. Máří Magdaléna, sv. Markéta, Praha, kolem 1380, Národní galerie v Praze. IR snímek ve falešné barevnosti. Na snímku se jasně projevuje retušované místo modrého pláště.



Obr. 35 – Zvěstování, Čechy (?), kolem 1460, Národní galerie v Praze. Snímek ve viditelném světle, IR snímek falešné barevnosti, UV snímek falešné barevnosti. Na snímcích ve falešné barevnosti je možno identifikovat lokální přemalby.

**IV.**

---

**Malba a polychromie  
– přírodovědný  
průzkum**

V rámci přírodovědných průzkumů je snaha o co nejkompexnější neinvazivní a nedestruktivní průzkum pomocí zobrazovacích a instrumentálních technik. Dokumentace a diagnostika aktuálního stavu barevné vrstvy obrazů a polychromie soch hraje zásadní roli na poli poznání stavu výtvarného díla.<sup>11</sup> Pro zobrazení povrchové informace o stavu díla jsou v současnosti běžně užívanými stereomikroskopy nebo USB mikroskopy pro posouzení 2D struktury povrchu díla. Ty se ovšem v praxi často setkávají s problémy, které nemohou překonat: nedostatečnou hloubkou ostrosti, neumožňující najednou zaostřit na všechny části reliéfního předmětu, a pro řadu aplikací mají nedostatečné rozlišení. Nicméně jsou významným pomocníkem při posuzování a výběru míst k měření a k odběru mikrovzorků.

Snahou je vždy v rámci přírodovědných průzkumů postupovat od neinvazivních metod, jako jsou např. metody rentgenfluorescenční, a teprve na základě výsledků z těchto metod provést kvalifikovaný a cílený odběr mikrovzorků k materiálové identifikaci a k posouzení technologické výstavby barevných vrstev.

11 ANTUŠKOVÁ et al. 2016.

## IV.1

# Neinvazivní rentgenová fluorescenční analýza

Významnou složkou při průzkumu památek jsou neinvazivní analytické metody, zejména pro stanovení prvkového složení se nejčastěji využívá metoda rentgenové fluorescenční analýzy (XRF).<sup>12</sup> Ta je založena na stimulované emisi tzv. charakteristického rentgenového záření, které vzniká v místě dopadu ionizujícího záření na povrch zkoumaného předmětu. Měřením energie produkovaného charakteristického záření lze během jedné krátké analýzy identifikovat většinu přítomných chemických prvků. V současnosti jsou nejčastěji užívané ruční XRF analyzáto-ry (obr. 36) s rhodiovou, stříbrnou nebo zlatou anodou, velkoplošnými SDD detektory s detekčním rozsahem od atomového čísla 13 – hliník až po 92 – uran. Detekční rozsah pro lehké prvky lze snížit až k atomovému číslu 11 – sodík pomocí přídavných systémů, které odčerpají vzduch, a měření je prováděno v atmosféře např. helia, dusíku.

Měření se obvykle provádí řádově několik sekund až minut (obvyklá doba měření 1–5 min.). Čím delší je čas měření, tím se dosáhne kvalitnějšího spektra s větším rozlišením. Analýzou se získá spektrum s charakteristickými pásy pro dané prvky (obr. 37).

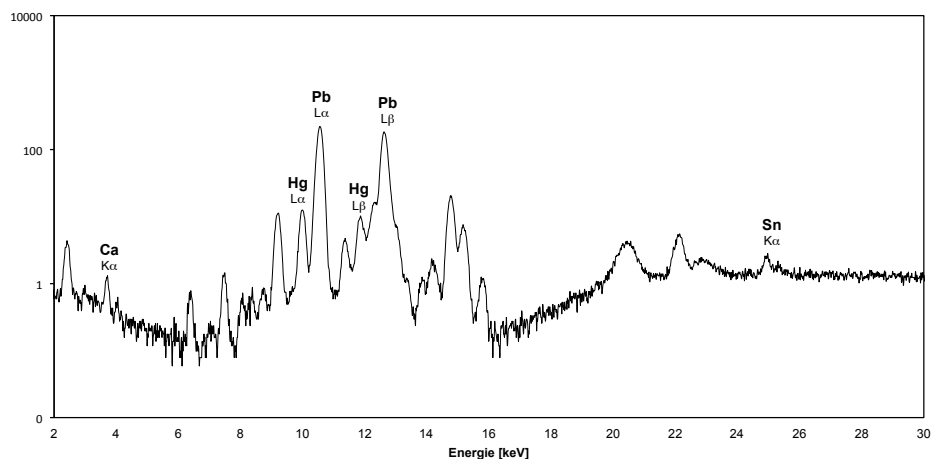
Běžné přenosné XRF analyzáto-ry s rozsahem od hliníku po uran se v posledním desetiletí staly standardním nástrojem mnoha laborato-ří.<sup>13</sup> Tyto přístroje umožňují měření přímo in situ, např. ve výstavních prostorách (obr. 38) nebo v depozitářích. Analyzáto-ry lze fixovat na stojan a měření provést přes řídicí PC.



Obr. 36 – Mobilní ruční rentgenfluorescenční analyzáto-ry.

<sup>12</sup> COLOMBO et al. 2011.

<sup>13</sup> SHUGAR – MASS 2012.



Obr. 37 – XRF spektrum z červeného šatu figury vlevo s „identifikovanými prvky“ / Třeboňský oltář, Kladení do hrobu, Mistr Třeboňského oltáře, Praha, kolem 1380, Národní galerie v Praze.



Obr. 38 – Mobilní XRF je fixován na stojanu, měření je prováděno bezkontaktně, řízeno přes PC přímo ve výstavních prostorách Národní galerie v Praze.

Výhodou užití mobilních XRF přístrojů je jejich flexibilita, relativně rychlé a snadné získání informace o prvkovém složení zkoumaného předmětu, široké uplatnění (barevné vrstvy, kovové materiály, keramika, sklo apod.) a možnost bezkontaktního měření. Nevýhodou při analýze barevné vrstvy je, že neposkytuje údaje o přesné hloubce měření. Z tohoto důvodu interpretace výsledků může nést informaci o možných použitých výtvarných materiálech na anorganické bázi, ale není možno získat informaci o stratigrafii barevných vrstev.

Rozvoj v oblasti rentgenové optiky a fokusace rentgenového záření naskytly příležitost k dalšímu podstatnému zdokonalení XRF metod.<sup>14</sup> Především možnost fokusace rentgenového záření umožnila provádě-

<sup>14</sup> HASCHKE 2014.

dět mikroanalýzy a ve spojení s vhodným polohovacím zařízením určit plošné rozložení prvků s prostorovým rozlišením až několika mikrometrů.<sup>15</sup> Tyto metody jsou označovány jako plošné 2D skenování metodou XRF. V posledních letech se začíná provádět také prvkové mapování na velkých plochách (makro-XRF)<sup>16</sup> nebo hloubkové profilování pomocí konfokální XRF.<sup>17</sup> Také u této metody se v současnosti testují možnosti její aplikace při neinvazivním průzkumu objektů kulturního dědictví.<sup>18</sup> Konfokální rentgenová fluorescenční analýza umožňuje získat informace o hloubkovém rozložení prvků ve vzorku, respektive v jednotlivých barevných vrstvách.<sup>19</sup> Konfokální XRF je v současnosti užívána omezeně, na celém světě je 11 zařízení. Národní galerie v rámci grantového projektu disponuje specializovaným konfokálním XRF analyzátozem, doposud jediným českým přístrojem (obr. 39). Konfokální XRF byl zkonstruován na Katedře dozimetrie a aplikace ionizujícího záření Fakulty jaderné a fyzikálně inženýrské ČVUT v Praze. Vývoj konfokální XRF na světě zatím nedospěl do fáze sériové výroby kompaktních komerčních zařízení a v rámci České republiky se jedná o zcela novou metodu. Tato náročná a specializovaná analýza je po experimentálním ověření<sup>20</sup> užívána cíleně pro potřeby velice specializovaného bádání vrstevnatých systémů.

Na základě výsledků neinvazivních instrumentálních a zobrazovacích metod je přistoupeno k cílenému odběru mikrovzorků k materiálové identifikaci a k posouzení technologické výstavby jednotlivých barevných vrstev.

15 TSUJI – INJUK – VAN GRIEKEN 2004; BÁRTOVÁ et al. 2017.

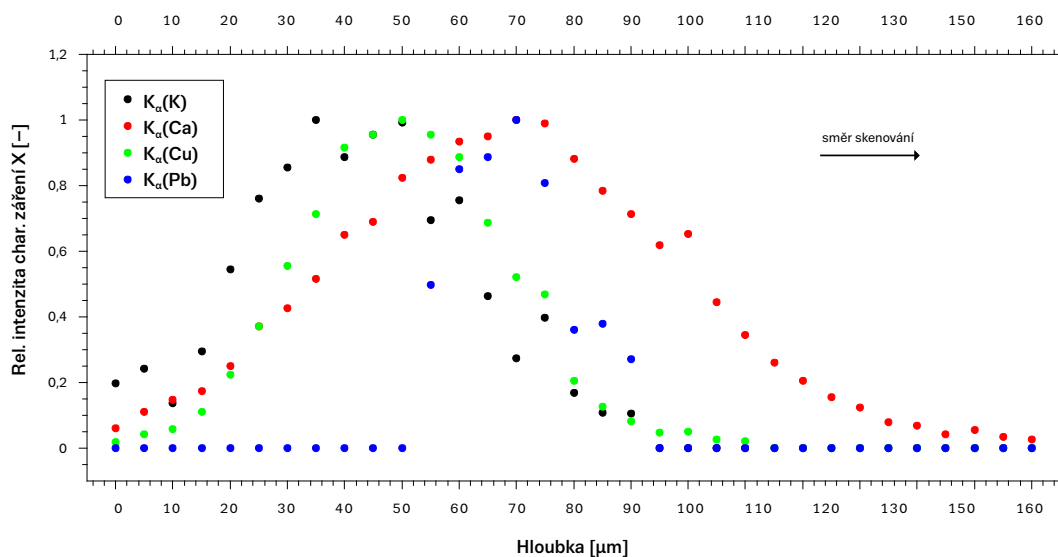
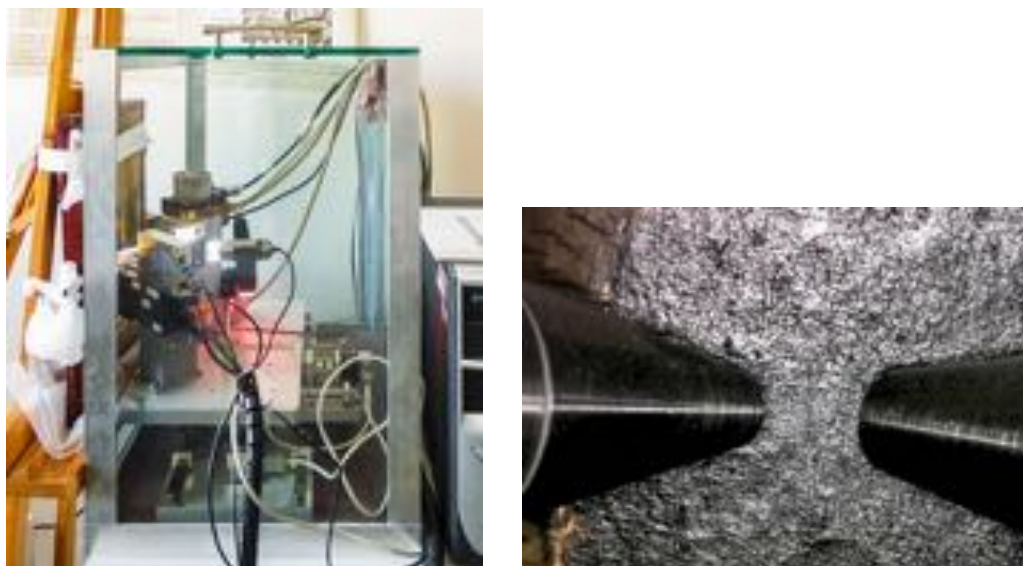
16 RICCIARDI et al. 2016.

17 NAKANO et al. 2016.

18 PROKEŠ – TROJEK 2017.

19 VAN DE VOORDE et al. 2015; BECK et al. 2014.

20 TROJEK et al. 2017.



Obr. 39 – Experimentální uspořádání XRF analyzátoru, lokace měřené plochy malby a spektra hĺoubkového profilu sledovaných prvků.



## IV.2

# Odběr mikrovzorků malby a polychromie

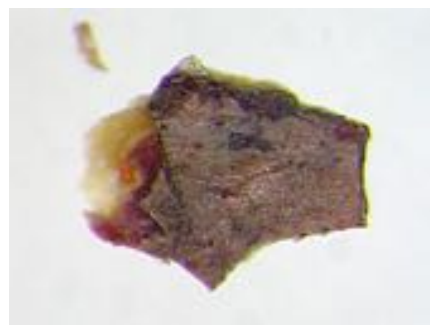
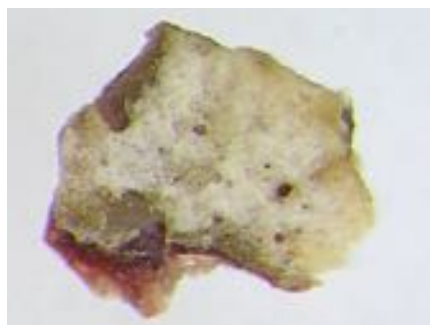
Na základě výsledků získaných neinvazivními metodami lze přistoupit k odběru mikrovzorků malby nebo polychromie. Samotný odběr provádí proškolený restaurátor ve spolupráci s přírodovědcem. Při průzkumu je brán zřetel na stav díla. Odběry jsou prováděny obvykle v místech defektů ev. na okrajích. Samotný odběr vzorku je proveden ostrými nástroji, např. skalpely, pinzetami (obr. 40).

Velikost mikrovzorku se obvykle pohybuje od 100 do 500  $\mu\text{m}$  a na jeho velikost má vliv záměr analýzy a užití instrumentální metody. Při odběru je snaha odebrat mikrovzorek tak, aby nesl kompletní informaci o celém souvrství. V případě, že dojde k příčnému rozdělení souvrství, je nutné označit části vzorků, např. spodní a vrchní souvrství, popř. provést fotodokumentaci pomocí USB mikroskopu (obr. 41) nebo stereomikroskopu. USB mikroskop díky své mobilitě je vhodnější pro dokumentaci in situ.

Vzorek je následně přemístěn do označených vzorkovnic. Materiál vzorkovnic by měl být inertní vůči materiálům na odebraném mikrovzorku. Pro vzorkovnice lze užít uzavíratelné polyethylenové pytlíky nebo uzavíratelné polyethylenové nebo polypropylenové nádoby obvykle o velikosti 1–2,5 ml. Pro označení vzorku je nejběžněji uváděna číselná řada spolu např. s inventárním nebo registračním číslem zkoumaného díla. Lokace odběru musí být vždy zdokumentována, lokace zakreslena a předána v rámci protokolů přírodovědných průzkumů.



Obr. 40 – Nástroje pro odběr vzorků.



Obr. 41 – Dokumentace mikrovzorku USB mikroskopem.

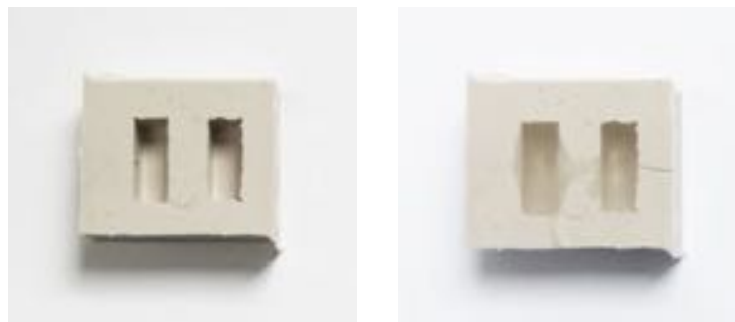
## IV.3

### Příprava vzorků

Z podstaty zkoumaných děl je zřejmé, že obvykle se jedná o vrstevnaté struktury. Pro detailní poznání jednotlivých vrstev je nutno odebrat vzorek upravit tak, aby bylo možno přesně popsat jednotlivé vrstvy, resp. celý systém, a umožnit provést na něm identifikaci užitých organických a anorganických výtvarných materiálů v každé zkoumané vrstvě zvlášť. Z odebraného mikrovzorku je připraven nábrus (příčný řez) tím způsobem, že vzorek je zafixován do syntetické pryskyřice (obr. 42). Obvykle se užívají transparentní pryskyřice na bázi polyesterů, polyakrylátů (methylmetakrylát) nebo epoxidů. Vzorek je před fixací vložen do lukoprenové formy a následně zafixován v pryskyřici.

Vzniklý blok s příčným řezem vzorku malby nebo polychromie je následně broušen a leštěn na rotačních bruskách. Příčný řez je opracováván tak dlouho, dokud nevznikne rovná a hladká plocha s kompletní stratigrafií na mikrovzorku, který je vhodný pro následnou dokumentaci a analýzu prováděnou přímo na vzniklém příčném řezu malby nebo polychromie. Takto připravený vzorek nese informaci o složení souvrství (kladení jednotlivých vrstev), o barevnosti a morfologii vrstev. Příčný řez je dokumentován pomocí optické mikroskopie a je na něm provedena analýza instrumentálními laboratorními technikami, zejména elektronovou mikroskopií s energiově disperzní spektroskopií, Ramanovou a infračervenou spektroskopií, mikrorentgenovou difrakční analýzou apod.

Z části mikrovzorku, resp. z malých fragmentů jsou dále připraveny mikroskopické preparáty z jednotlivých barevných vrstev pro pozorování individuálních zrn pigmentů a materiálů barviv metodami optické mikroskopie.



Obr. 42 – Lukoprenové formy s vloženým vzorkem a po aplikaci syntetické pryskyřice na bázi methylmetakrylátu.

## IV.4

# Příprava preparátů dřeva a jeho identifikace

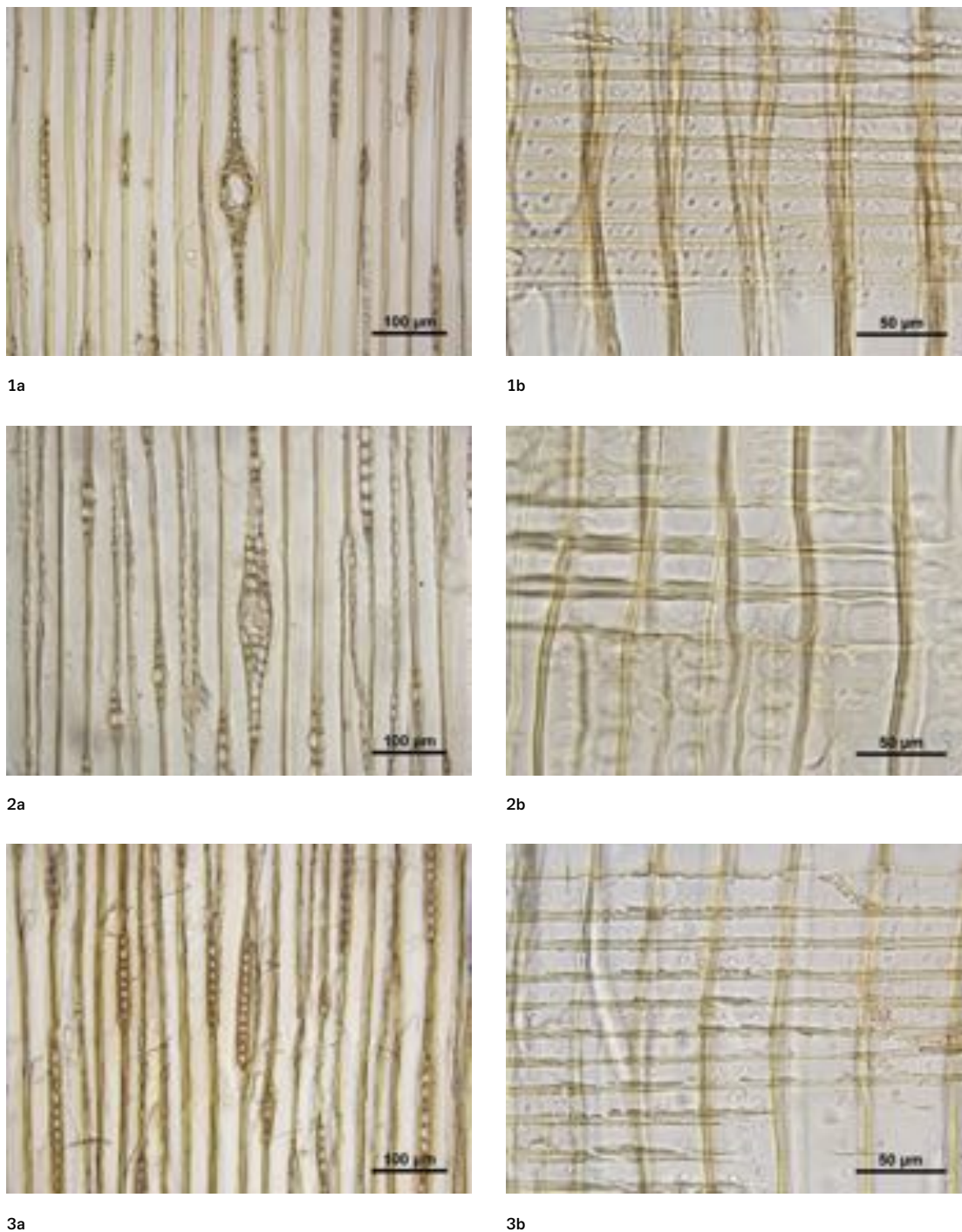
Základní vědeckou metodou průzkumu je mikroskopické posouzení morfologických znaků jednotlivých dřevin. Z odebraných vzorků jsou připraveny preparáty pro mikroskopické pozorování v příčném, radiálním a tangenciálním směru (obr. 43). Po namočení a dehydrataci je vzorek dřeva zalit do parafínu a následně nařezán na sáňkovém mikrotomu na řezy o síle 20–30  $\mu\text{m}$ . Po odstranění parafínu (rozpuštění v xylenu) jsou zalitím řezů do kanadského balzámu nebo akrylátového laku připraveny trvalé preparáty pro pozorování v mikroskopu. Vzorky jsou pozorovány v procházejícím světle s využitím polarizačního mikroskopu obvykle při zvětšení 50–500 $\times$ . Fotodokumentace může být provedena digitální kamerou nebo fotoaparátem.

Pro malé nebo silně degradované vzorky obvykle není možno připravit všechny řezy nebo je nutné identifikaci provést na částech dřeva bez přípravy trvalého preparátu.

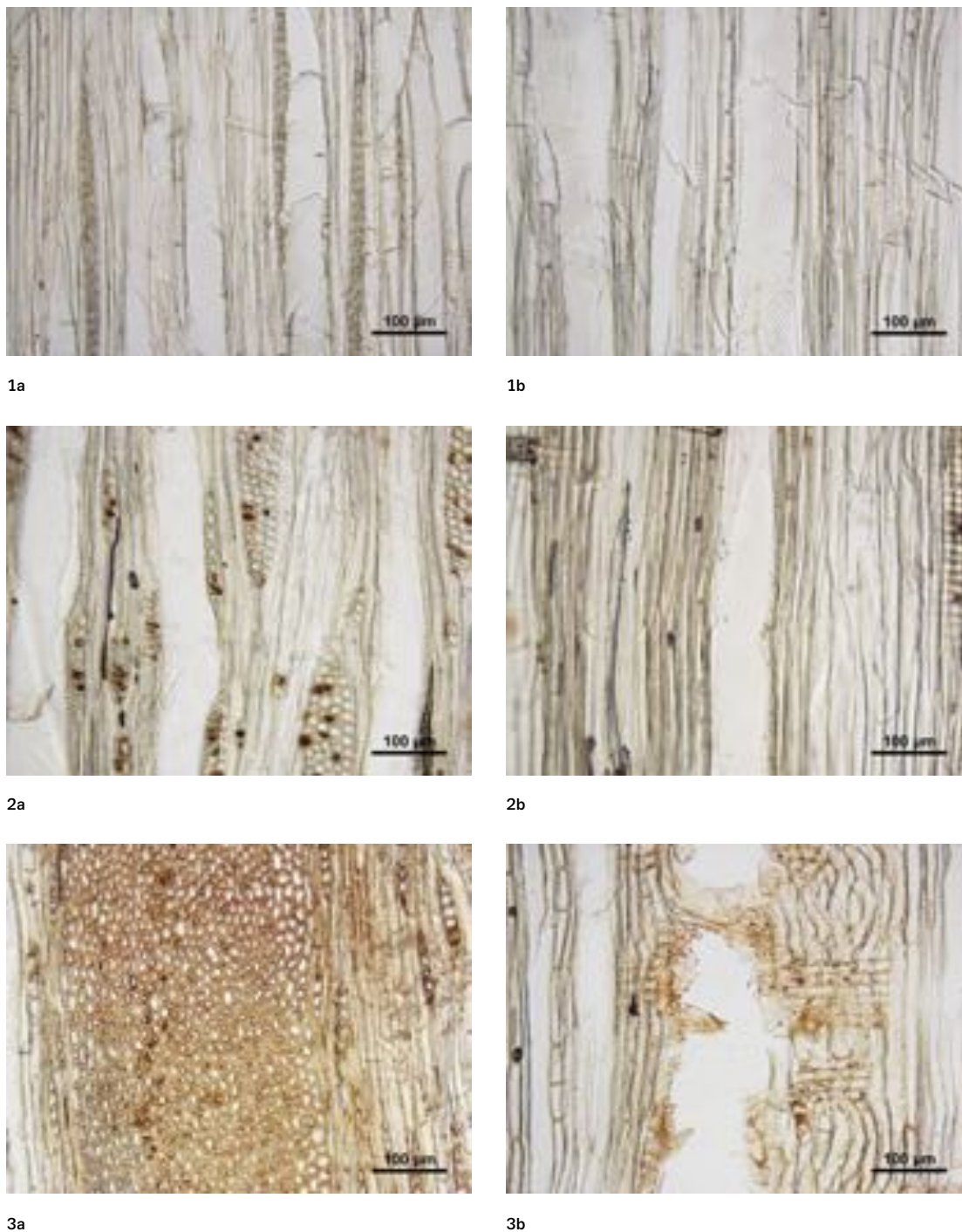
Jehličnatá dřeva se od listnatých odlišují stejnou stavbou a absencí cév (pórů) (obr. 44). Jednotlivé rody jehličnatých dřevin lze odlišit např. podle přechodu od jarního k letnímu dřevu, na základě přítomnosti pryskyřičných kanálků a jejich stavby (tangenciální řez) nebo podle ztenčenin (teček nebo dvojteček) na stěnách parenchymatických buněk dřevných paprsků (radiální řez). Hlavní charakteristické znaky využívané při identifikaci listnatých dřevin jsou především velikost a uspořádání cév v rámci letokruhu (příčný řez), šířka a výška dřevných paprsků a tvar buněk, ze kterých jsou tvořeny, typ perforace cév a případné vyztužení cév šroubovicí (radiální a tangenciální řez).

Identifikace rodu dřeva je prováděna na základě porovnání charakteristických znaků vzorků dřeva se znaky jednotlivých dřevin, uvedenými v literatuře.<sup>21</sup>

21 SCHWEINGRUBER 1990.



Obr. 43 – Preparáty dřeva v procházejícím polarizovaném světle. Tangenciální (a) a radiální (b) řezy vzorků jehličnatých dřev:  
1 – smrk (*Picea*), Zvěstování Panny Marie z Vyššího Brodu, Praha, 1430, Národní galerie v Praze.  
2 – borovice (*Pinus*), Korunovaná Panna Marie s Ježíškem, Čechy, kolem 1500, Národní galerie v Praze.  
3 – jedle (*Abies*), Panna Marie Klasová jako služebnice v chrámu, Franky nebo Rakousy, kolem 1480, Národní galerie v Praze.



Obr. 44 – Preparáty dřeva v procházejícím polarizovaném světle.

Tangenciální (a) a radiální (b) řezy vzorků listnatých dřev:

1 – lípa (*Tilia*), Sv. Václav, jižní Čechy, kolem 1490, Národní galerie v Praze.

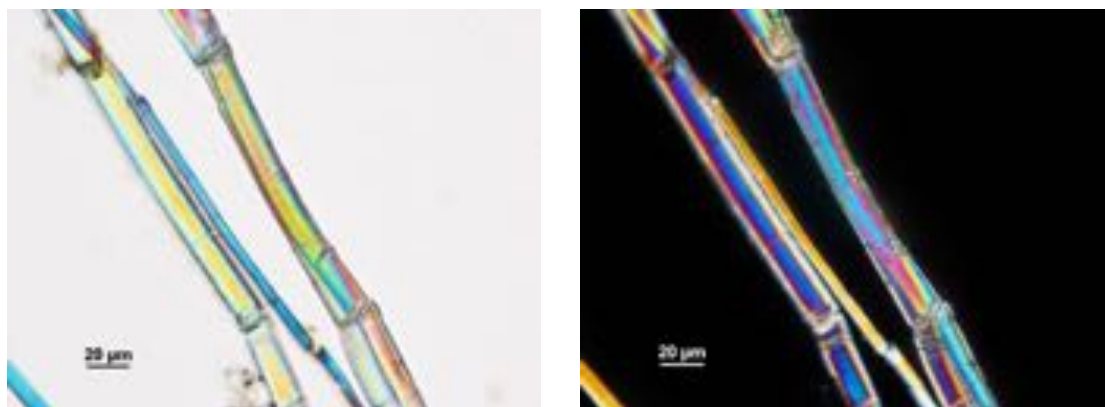
2 – javor (*Acer*), Mistr Vyšebrodského cyklu, Klanění sv. tří králů, 1345, Cisterciácké opatství Vyšší Brod, zapůjčeno do Národní galerie v Praze.

3 – dub (*Quercus*), Mistr Vyšebrodského cyklu – dílna, Madona z Veveří, 1345–1350, Římskokatolická farnost Veverská Bítýška.

## IV.5

# Příprava preparátů a identifikace textilních vláken

Pro průzkum textilních vláken se rovněž užívá mikroskopické posouzení morfologických znaků jednotlivých vláken. Z odebraných vzorků jsou připraveny preparáty pro mikroskopické pozorování v procházejícím polarizovaném světle v paralelních a zkřížených nikolech (obr. 45). Vlákná po měkčení a povaření v destilované vodě se rozvlákní pomocí jehel a vysuší. Následně jsou připraveny trvalé preparáty zalitím do kanadského balzámu nebo akrylátového laku pro pozorování v mikroskopu. Vzorky jsou pozorovány v procházejícím světle s využitím polarizačního mikroskopu obvykle při zvětšení 50–500 $\times$ . Fotodokumentace může být provedena digitální kamerou nebo fotoaparátem.

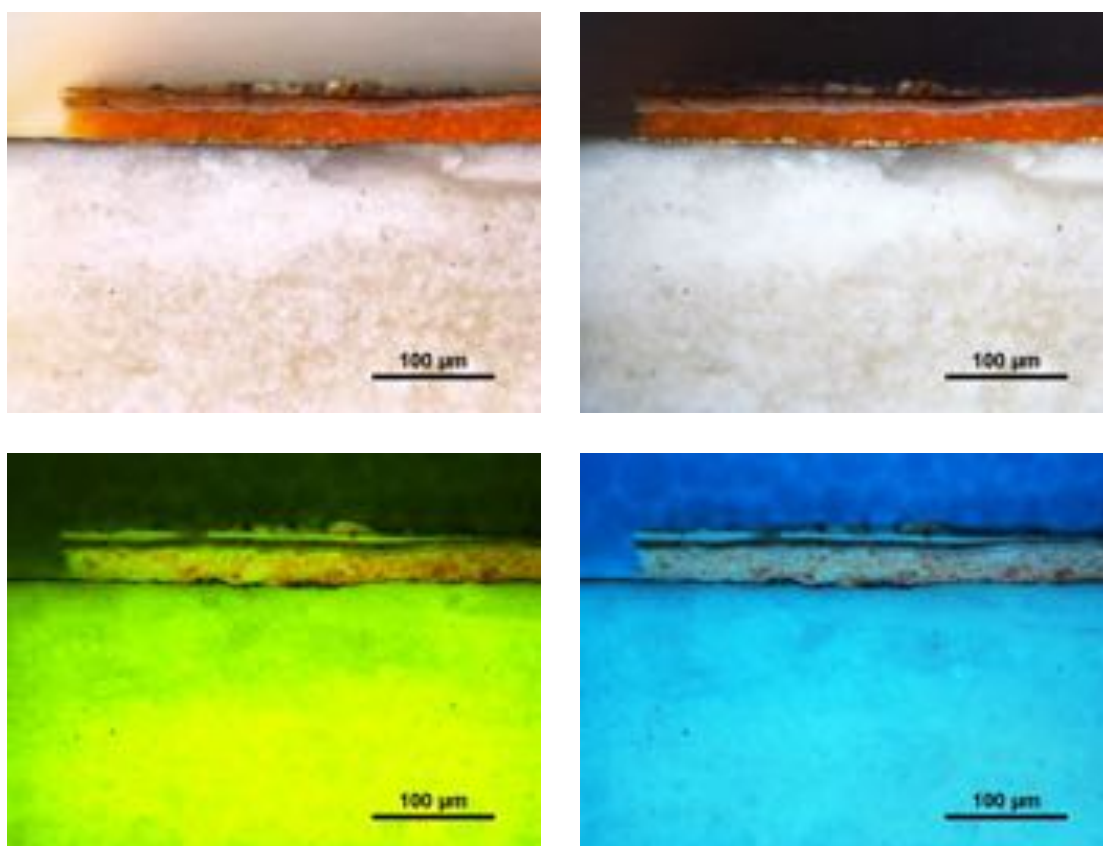


Obr. 45 – Preparáty z lněného vlákna v procházejícím polarizovaném světle s paralelními a kříženými nikoly.

## IV.6

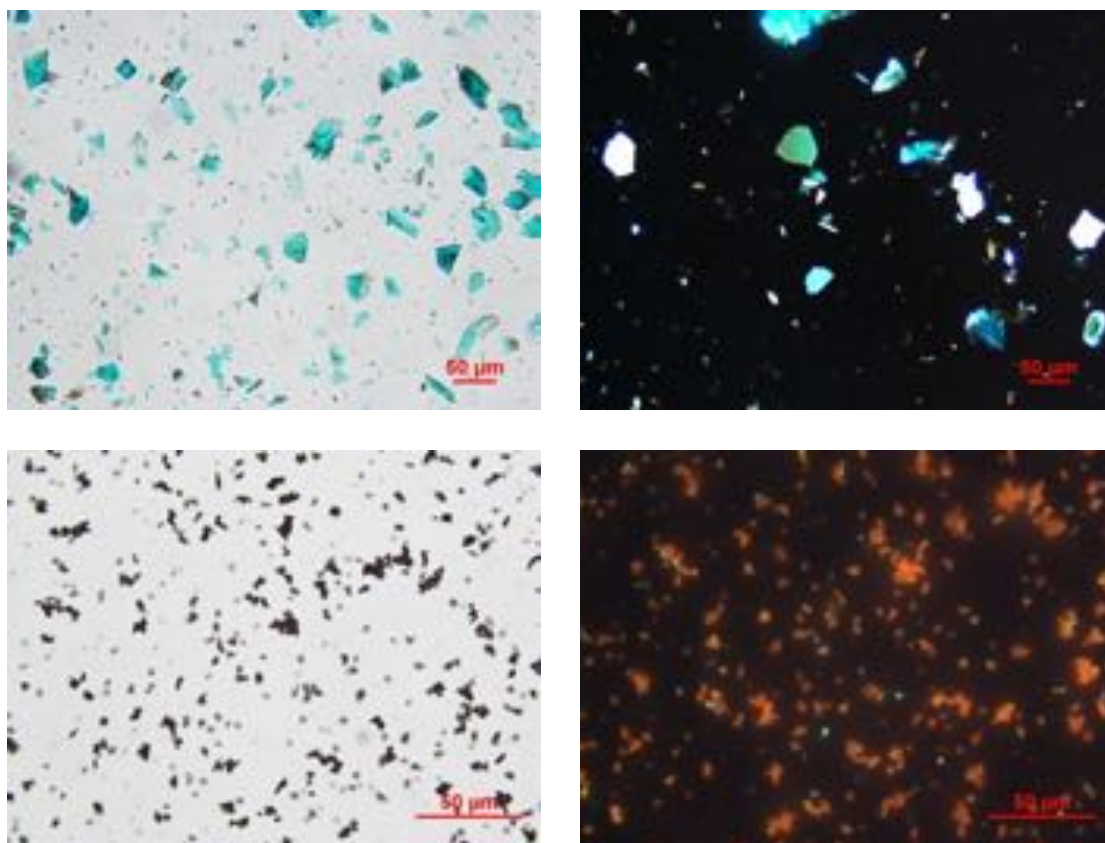
# Optická mikroskopie

Opticko-mikroskopické metody jsou využívány k posouzení stratigrafie, kladení, barevnosti a morfologie jednotlivých vrstev a optických vlastností částic pigmentů. Příčné řezy jsou obvykle pozorovány při zvětšení 50–400× v dopadajícím denním světle, v temném poli a po excitaci ultrafialovým zářením (obr. 46). Pro excitaci ultrafialového světla se užívá rtuťová výbojka obvykle s filtry o vlnové délce  $\lambda = 330\text{--}380\text{ nm}$  a  $\lambda = 450\text{--}490\text{ nm}$ .



Obr. 46 – Snímky příčného řezu v odraženém světle, v temném poli, po excitaci ultrafialovým světlem s filtry  $\lambda = 330\text{--}380\text{ nm}$  a  $\lambda = 450\text{--}490\text{ nm}$ . Snímky byly pořízeny digitální kamerou DS-Fi2 Nikon a upraveny v programu NIS Elements Analysis D.

Preparáty se zrna pigmentů jsou pozorovány v procházejícím polarizovaném světle v paralelních (PPL) a zkřížených (XPL) nikolech při obvyklém zvětšení 500–1000× (obr. 47). Fotodokumentace je pořízena kamerou s dostatečnou citlivostí nebo digitálním fotoaparátem.



Obr. 47 – Preparáty měděnky a minia v procházejícím polarizovaném světle s paralelními a zkříženými nikoly.



## IV.7

# Skenovací elektronová mikroskopie s energiově-disperzní spektroskopií

Prvkové složení je studováno na stratigrafii vzorků s využitím elektronového mikroskopu s energiově-disperzní spektroskopií (SEM-EDS).<sup>22</sup> Rovněž může být dokumentována morfologie částic pigmentu v sekundárních elektronech (SE). Velký význam má tato analytická technika při určování složení kovových vrstev<sup>23</sup> nebo při stanovení obsahu minoritních prvků v přírodních pigmentech, které mohou přinést informace o původu použitého materiálu.<sup>24</sup>

V chemicko-technologické laboratoři Národní galerie v Praze je prvkové složení vzorků stanovováno na skenovacím elektronovém mikroskopu JEOL JSM-6460 LA s energiově-disperzním rentgenovým lithiem dotovaným křemíkovým detektorem s velkou vzorkovací komorou (obr. 48).



Obr. 48 – Skenovací elektronový mikroskop JEOL JSM-6460 LA s energiově-disperzním rentgenovým detektorem a vzorkovací komorou.

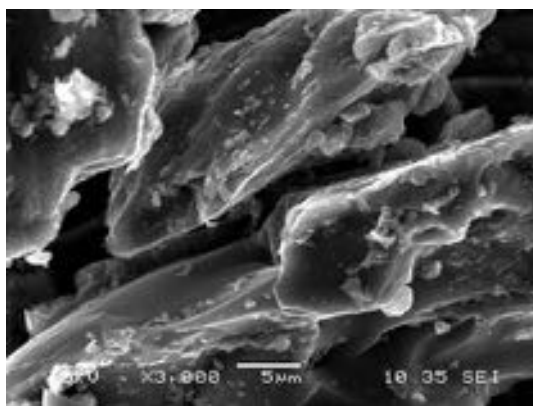
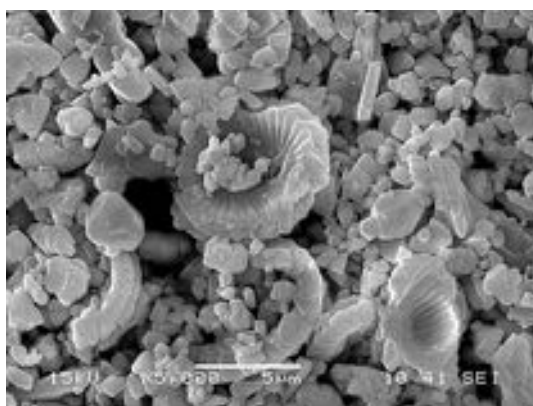
22 GOLDSTEIN 2007.

23 BORGES et al. 2008.

24 GENESTAR – PONS 2005.

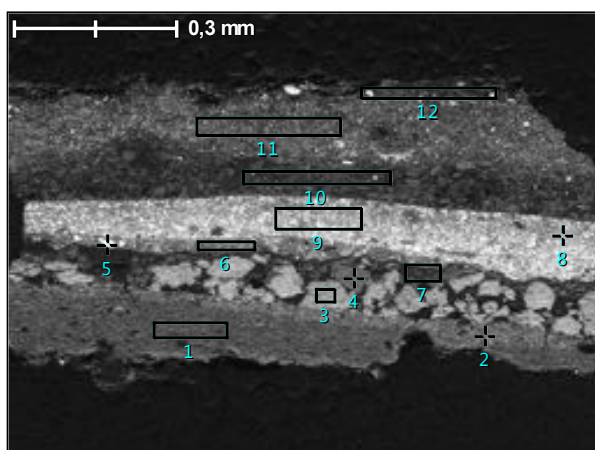
Zdrojem elektronů je wolframové vlákno. Prvková analýza je prováděna v režimu zpětně odražených elektronů (BSE), obvykle v nízkém vakuu (35 Pa) při urychlovacím napětí 20 keV (obr. 50). Detailní analýza může být provedena na konkrétních zájmových částicích pigmentů ve vrstvách nebo může být provedeno mapování rozložení jednotlivých částic pigmentů s charakteristickým prvkovým složením v jednotlivých vrstvách malby (obr. 51). Zhotovení snímků v režimu sekundárních elektronů (SE) je prováděno ve vysokém vakuu s urychlovacím napětím 15 keV (obr. 49).

Pro zvýšení povrchové vodivosti jsou v některých případech vzorky naprášeny uhlíkovou vrstvou nebo pokoveny.



Obr. 49 – Částice přírodní křída a grafitu, snímek v režimu sekundárních elektronů.

14-55-1



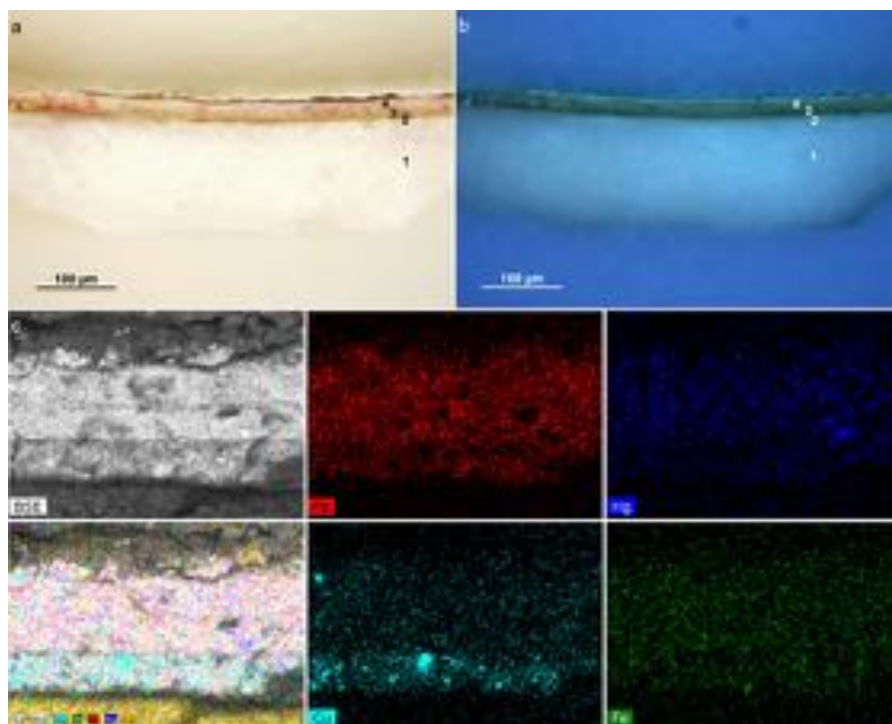
```

-----
Title      : IMG1
-----
Instrument  : 6460(LA)
Volt       : 20,00 kV
Mag        : x 140
Date       : 2014/10/09
Pixel     : 512 x 384
-----
    
```

mass%

	Mg	Al	Si	P	S	K	Ca	Mn	Fe	Co	Cu	Zn	Ba	Pb	Total
1	1.07	1.20	1.80	0.23			87.46				7.53			0.72	100.00
2	0.18	2.67	4.08	0.44		1.08	4.80		0.52		84.37			1.86	100.00
3	0.68	5.09	7.75	0.31		1.90	2.43		1.63		78.25			1.96	100.00
4	2.92	17.05	29.19	0.76		6.80	4.22	7.59	6.03	2.56	21.01			1.87	100.00
5							1.52				4.32			94.16	100.00
6	0.51	6.02	5.47	0.99		1.41	4.52		1.15		55.28			24.64	100.00
7	1.34	5.31	25.76	1.18		2.12	12.22		2.10		32.95			17.01	100.00
8		0.79	1.13		10.38		0.68		0.11		86.91				100.00
9	0.31	1.54	2.56				1.72				27.68	2.09		64.09	100.00
10	1.34	9.10	20.75	1.43	8.28	1.86	13.01		3.14		6.09	31.99	3.02		100.00
11	1.62	0.54	0.99		8.53		6.94				2.63	75.25	3.52		100.00
12	1.05	2.43	3.13		14.29	0.89	11.55				3.90	51.64	11.12		100.00

Obr. 50 – Příklad výsledků prvkové analýzy: protokol SEM-EDS.



Obr. 51 – Rozložení vybraných prvků v ploše příčného řezu (plošné mapování).

## IV.8

# Ramanova spektroskopie

Komplementární metody studující molekulovou strukturu využívané k materiálovému průzkumu jsou Ramanova a infračervená spektroskopie. Pro analýzu pigmentů na příčném řezu se používá Ramanova mikrospektroskopie ( $\mu$ RS), která díky kombinaci Ramanova spektrometru s optickým mikroskopem dosahuje vysokého prostorového rozlišení.<sup>25</sup> Ramanova spektroskopie umožňuje identifikaci struktury pigmentů, barviv a pojivových složek.<sup>26</sup> Metoda je založena na charakteristické interakci mezi analyzovanou látkou a excitačním laserovým zářením, tzv. Ramanův rozptyl (obr. 52).

Důležitým parametrem, který má zásadní vliv na kvalitu naměřených spekter, je vlnová délka excitačního laseru. Pro analýzu objektů kulturního dědictví<sup>27</sup> se nejčastěji využívají lasery o vlnové délce 532, 632 a 780 (785) nm.<sup>28</sup> Pro speciální aplikace, jako je např. analýza jílových minerálů, se používá excitační laser s vlnovou délkou 455 nm. Při analýze je nutné mít definované podmínky měření, aby nedocházelo k degradaci, event. kompletní destrukci měřeného pigmentu. Ramanova spektroskopie rovněž umožňuje specifikovat strukturu látek identického chemického složení. Získaná spektra jsou následně identifikována



Obr. 52 – Ramanův mikrospektrometr v chemicko-technologické laboratoři Národní galerie v Praze. Vnitřní vzorkovací prostor.

25 DAVERI et al. 2015.

26 DIEING – HOLLRICHER – TOPORSKI 2010.

27 LAUWERS et al. 2014.

28 BEZÚR et al. 2012.

Pigment	Výrobce	Charakteristické pásy (cm <sup>-1</sup> ), laser 780 nm
Azurit	Kremer 10200	83s, 112w, 153s, 178w, 234m, 237w, 263vw, 278vw, 328w, 398vs, 538vw, 762w, 837w, 934w, 1094s, 1416m, 1426bm, 1455vw, 1574m, 1650vw
Křída, šampaňská	Kremer 58000	155w, 282m, 712vw, 1086vs
Olovnato-cínčitá žluť, typ I.	Kremer 10100	80m, 130vs, 196m, 275sh, 292w, 379w, 457w, 525vw
Olovnato-cínčitá žluť, typ II.	Kremer 10120	67s, 138vs, 325sh
Olovnatá běloba	Kremer 46000	74s, 104s, 129s, 142br, 414vw, 680vw, 966w, 1051s, 1364vw, 1476vw(br)
Malachit	Kremer 44400	78m, 151s, 178s, 218m, 269m, 353m, 432s, 533w, 719w, 753w, 795vw, 1093w, 1367w, 1491s
Minium	Kremer 42500	64m, 86vw, 121vs, 143m, 150m, 220w, 289sh, 313w, 319m, 549s
Masikot	Kremer 43101	71m, 87s, 143vs, 288s, 384vw
Rumělka	Kremer 10610	101w, 252vs, 282w(sh), 341m
Žlutý okr	Kremer 40040	92m, 144m, 247w(sh), 263w, 301m, 399vs, 480w(sh), 558w, 705vw

Tabulka č. 1 – Příklady charakteristických pásů vybraných uměleckých pigmentů:  
s – strong, m – medium, w – weak, v – very, sh – shoulder, br – broad

na základě porovnání s knihovnou spekter.<sup>29</sup> Knihovnu spekter si obvykle vytvářejí sama specializovaná pracoviště. Chemicko-technologická laboratoř Národní galerie má jednu z nejrozsáhlejších knihoven spekter výtvarných materiálů (anorganických pigmentů a barviv).<sup>30</sup>

Měření probíhá obvykle přímo na mikrovzorcích v bodech, resp. zrnech daného pigmentu (obr. 53).

Lze provést i liniové nebo plošné 2D mapování. Mapování nám dává přehled o rozložení vybraného pigmentu v ploše vzorku (obr. 54).<sup>31</sup>

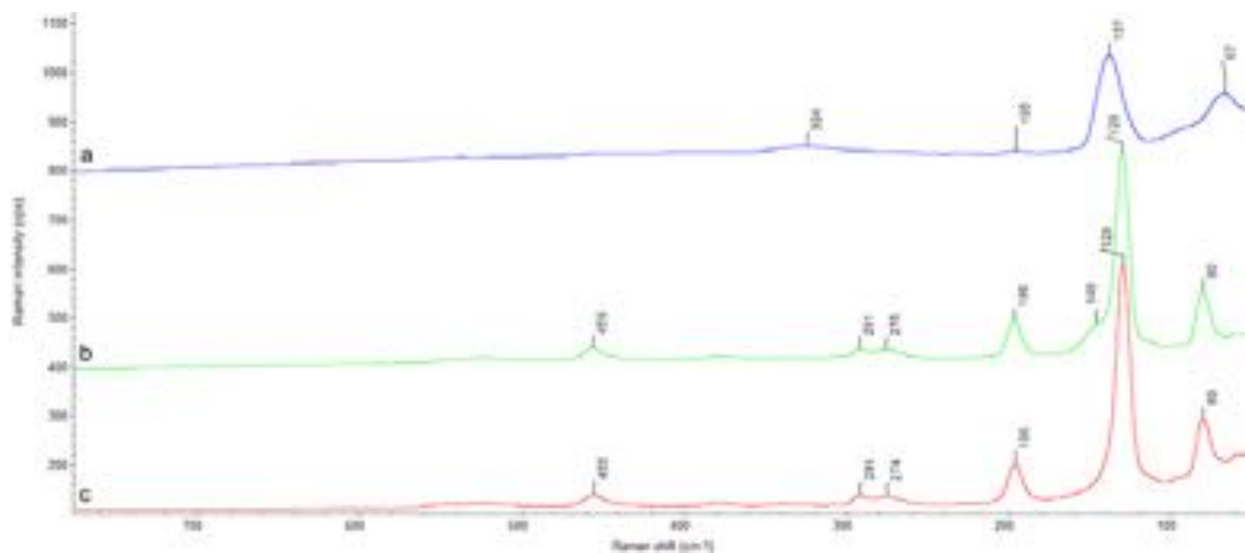
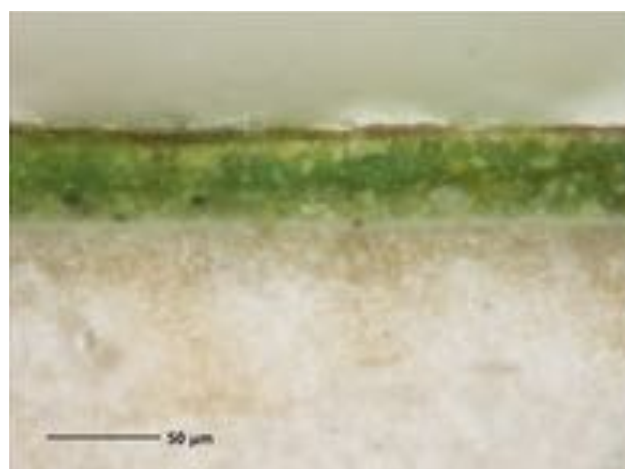
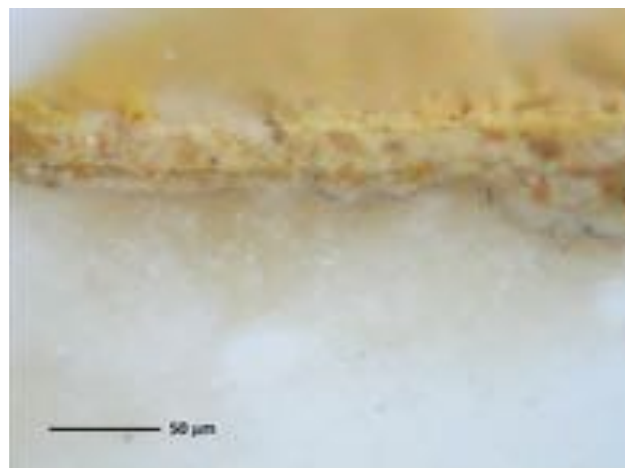
Trendem posledních let je provádění neinvazivního průzkumu přímo na uměleckém díle bez nutnosti odebírat vzorky. Tuto možnost přináší Ramanovy spektrometry doplněné o optická vlákna (obr. 55), která umožňují přivedení excitačního záření přímo k měřenému objektu a následné odvedení emitovaného záření na detektor.<sup>32</sup>

<sup>29</sup> BELL – CLARK – GIBBS 1997.

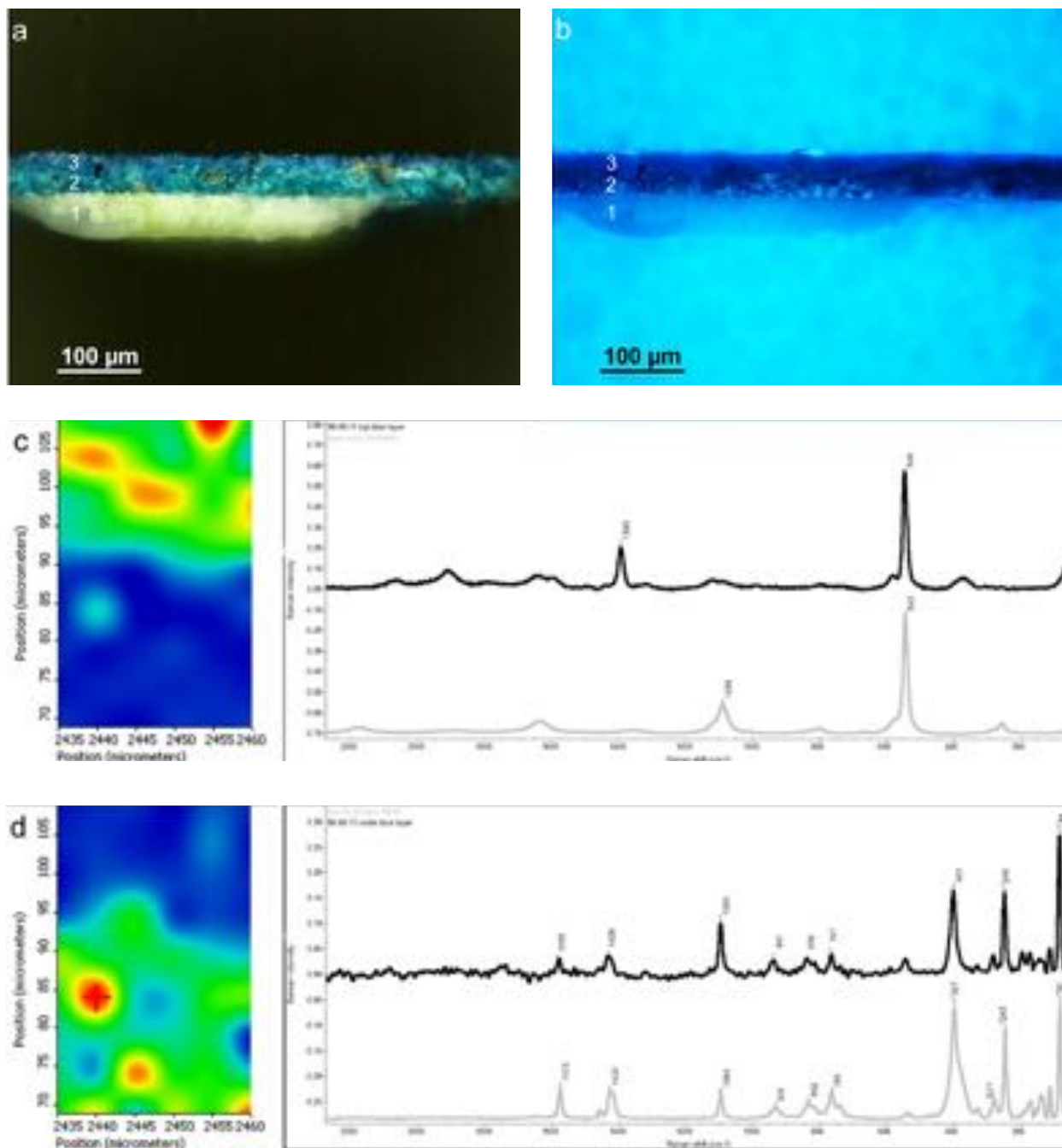
<sup>30</sup> ŠEFCŮ et al. 2017.

<sup>31</sup> CRUPI et al. 2016; ROPRET et al. 2010.

<sup>32</sup> BONIZZONI et al. 2016.



Obr. 53 – Mistr Litoměřického oltáře a dílna, Sv. Kateřina před císařem Maxentiem, Praha, kolem 1515, Národní galerie v Praze. Příčný řez vzorků ze žluté a zelené malby. V zelené malbě byla identifikována olovnato-cínčitá žluť typ I (b) i II (a). Ve žluté malbě byla identifikována olovnato-cínčitá žluť typ I (c).



Obr. 54 – Příklad plošného mapování. Rozložení přírodního ultramarínu (c) a azuritu (d) v modré malbě.



Obr. 55 – Ramanův spektrometr se zapojenými optickými vlákny.



## IV.9.

# Infračervená spektroskopie

Infračervená spektroskopie s Fourierovou transformací (FTIR) je vysoce citlivá metoda, která je díky četným měřicím módům flexibilní a nachází široké uplatnění v kvalitativní i semikvantitativní analýze.<sup>33</sup> Ve studiu složek barevné vrstvy se uplatňuje při analýze pigmentů,<sup>34</sup> organických složek malby, jako jsou barviva, pojiva barevné vrstvy a povrchové laky (např. vosky, oleje, gumy, pryskyřice, proteinové materiály),<sup>35</sup> a při studiu degradačních změn a degradačních produktů (např. kovové oxaláty a karboxyláty);<sup>36</sup> metoda je přitom schopna najednou detekovat funkční skupiny organických i anorganických složek v heterogenní směsi vzorku malby. Zdaleka největší výhodou je ale potřebné množství vzorku, které se především díky možnosti FTIR mikro-spektroskopie snížilo na minimum. Touto metodou lze v transmisním, reflexním nebo ATR měřicím módu přesně lokalizovat měřený bod na příčném řezu malby, což přináší podstatnou informaci o rozložení zkoumaných složek ve stratigrafii malby, a tím přináší zprávu o použité technice a dílenské praxi.<sup>37</sup> K tomuto účelu lze využít i možnost mapování a zobrazování, resp. rozložení složek, příp. zastoupení konkrétní složky v jednotlivých vrstvách příčného řezu malby (obr. 56).

Existují i zcela nedestruktivní varianty (infračervená spektroskopie s vláknovou optikou, přenosné IR spektrometry), ale vzhledem k nízké penetraci infračerveného záření do vzorku jsou tyto varianty vhodné pro získání povrchové informace, např. identifikace organických složek v lacích.

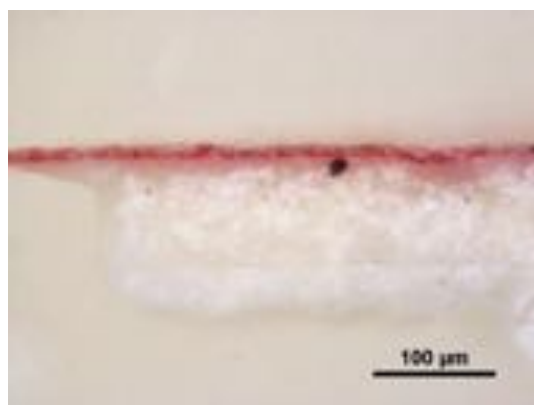
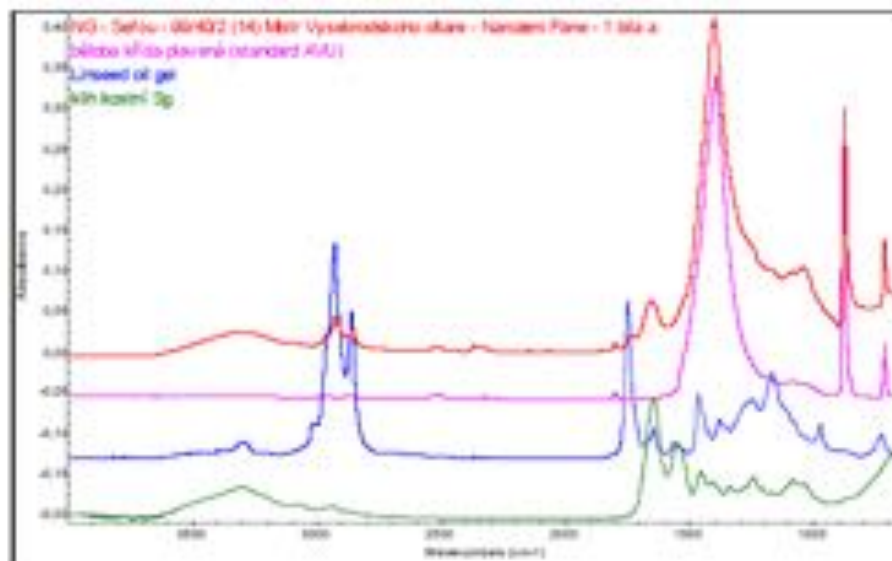
33 SPRING et al. 2008.

34 CASADIO – TONIOLO 2001.

35 BELTRAN et al. 2015.

36 SOTIROPOULOU – PAPLIAKA – VACCARI 2016; SALVADÓ et al. 2011.

37 RIZZO 2008.

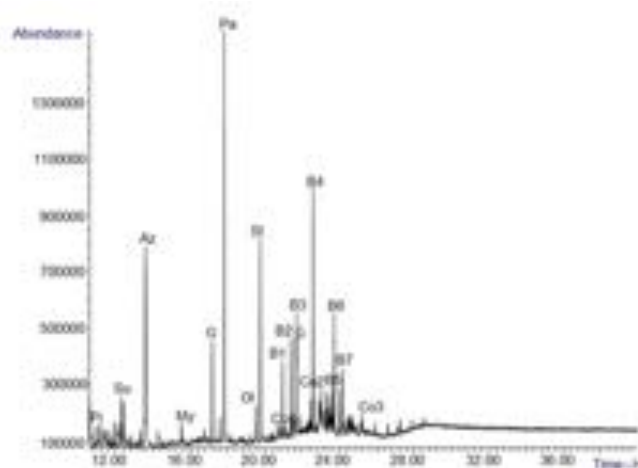


Obr. 56 – FTIR spektrum měřeno na příčném řezu technikou ATR.

## IV.10

# Plynová chromatografie s hmotnostní spektroskopií

Pro přesnou specifikaci zejména pojivových složek se využívají techniky hmotnostní spektroskopie v kombinaci se separačními technikami, obvykle plynovou nebo kapalinovou chromatografií.<sup>38</sup> Na rozdíl od infračervené spektroskopie, která se pro identifikaci pojiv také používá, umožňují tyto metody přesnější určení použité látky (druh oleje, typ bílkoviny) (obr. 57). Analýzu provádějí obvykle velice specializovaná pracoviště, která mají vytvořeny databáze spekter výtvarných materiálů.<sup>39</sup> Nevýhodou těchto metod je nutnost odběru vzorku a náročnější předúprava vzorku před samotnou analýzou. Tato metoda v posledních letech nachází uplatnění nejen při analýze pojiv a organických lakových vrstev,<sup>40</sup> ale i moderních organických pigmentů.<sup>41</sup>



Obr. 57 – Chromatogram získaný ze vzorku malby metodou plynové chromatografie s hmotnostní spektroskopií.

38 BONADUCE et al. 2016; COLOMBINI et al. 2015.

39 PITTHARD et al. 2006.

40 SEREFIDOU et al. 2016.

41 GHELARDI et al. 2015; GERMINARIO – VAN DER WERF – SABBATINI 2015.

**V.**

---

**Seznam související  
literatury a pramenů**

ALDOVRANDI – CIAPPI 1992

A. ALDOVRANDI, O. CIAPPI: Le indagini diagnostiche. Recenti esperienze su alcune problematiche, in: M. Ciatti (ed.): *Problemi di restauro, Riflessioni e ricerche*, Firenze 1992, s. 25–40.

ALDOVRANDI et al. 1993

A. ALDOVRANDI, R. BELLUCCI, D. BERTANI et al.: La ripresa in infrarosso falso colore. Nuove tecniche di utilizzo, *OPD Restauro* 5, 1993, s. 94–98.

ANTUŠKOVÁ et al. 2016

V. ANTUŠKOVÁ, I. VERNEROVÁ, Š. CHLUMSKÁ et al.: Wood as the Material of Carvings and Paintings of Bohemian and Moravian Provenance in the Years 1280–1550. Identification of Wood, *Bulletin Národní galerie v Praze XXVI*, 2016, s. 103–121 [anglicky]; s. 179–194 [česky].

BÁRTOVÁ et al. 2017

H. BÁRTOVÁ, T. TROJEK, T. ČECHÁK et al.: The Use of Various X-Ray Fluorescence Analysis Modalities for the Investigation of Historical Paintings. The Case Study on the Late Gothic Panel Painting, *Radiation Physics and Chemistry* 139, 2017, s. 100–108.

BARUCCI et al. 2015

M. BARUCCI, R. FONTANA, E. PAMPALONI et al.: Rilievo tridimensionale e analisi ad immagine multispettrale Vis-NIR, in: M. Ciatti, M. R. Valazzi (eds.): *Raffaello, La Muta. Indagini e restauro*, Firenze 2015, s. 107–112.

BARUCHEL et al. 2000

J. BARUCHEL, J. Y. BUFFIERE, E. MAIRE et al.: *X-Ray Tomography in Material Science*, Paris 2000.

BECK et al. 2014

L. BECK, H. ROUSSELIERE, J. CASTAING et al.: First use of portable system coupling X-ray diffraction and X-ray fluorescence for in-situ analysis of prehistoric rock art, *Talanta* 129, 2014, s. 459–464.

BELL – CLARK – GIBBS 1997

I. M. BELL, R. J. H. CLARK, P. J. GIBBS: Raman spectroscopic library of natural and synthetic pigments (pre- ≈ 1850 AD), *Spectrochimica Acta Part A. Molecular and Biomolecular Spectroscopy* 53/12, 1997, s. 2159–2179.

BELLUCCI – FROSININI 2008

R. BELLUCCI, C. FROSININI: Il modello 3D e la diagnostica integrata, in: M. Ciatti, C. Forinini, R. Bellucci (eds.): *Masolino, Storie di san Giuliano. Un restauro tra Italia e Francia*, Firenze 2008, s. 73–78.

BELLUCCI et al. 2005

R. BELLUCCI, B. G. BRUNETTI, C. FROSININI et al.: La Vergine delle Rocce di Leonardo. Sorprese nell'underdrawing della versione di Londra, *Kermes. La rivista del restauro* 60, 2005, s. 39–53.

BELTRAN et al. 2015

V. BELTRAN, N. SALVADÓ, S. BUTÍ et al.: Micro Infrared Spectroscopy Discrimination Capability of Compounds in Complex Matrices of Thin Layers in Real Sample Coatings from Artworks, *Microchemical Journal* 118, 2015, s. 115–123.

BERTANI – CONSOLANDI 2006

D. BERTANI, L. CONSOLANDI: High Resolution Imaging in the Near Infrared, in: L. MacDonald (ed.): *Digital heritage. Applying digital imaging to cultural heritage*, Amsterdam 2006, s. 211–238.

BETTUZZI – CASALI 2009

M. BETTUZZI, F. CASALI: Computed Tomography (CT), in: Pinna et al. 2009, s. 147–149.

BEZDĚK – FROUZ 2014

L. BEZDĚK, M. FROUZ, *Digitální a digitalizovaná fotografie pro vědecké účely v praxi památkové péče*, Praha 2014.

BOMFORD 2002

D. BOMFORD (ed.): *Underdrawings in Renaissance paintings*, London 2002.

BONADUCE et al. 2016

I. BONADUCE, E. RIBECHINI, F. MODUGNO et al.: Analytical Approaches Based on Gas Chromatography Mass Spectrometry (GC/MS) to Study Organic Materials in Artworks and Archaeological Objects, *Topics in Current Chemistry* 374/1, 2016, s. 6.

BONIZZONI et al. 2016

L. BONIZZONI, S. BRUNI, A. GALLI et al.: Non-invasive in situ analytical techniques working in synergy. The application on graduals held in the Certosa di Pavia, *Microchemical Journal* 126, 2016, s. 172–180.

BORGES et al. 2008

R. BORGES, I. TISSOT, A. I. C. SERUYA et al.: Gilding and silvering surface decoration techniques, and copper provenance studies of the tomb of D. Afonso of Portugal (15<sup>th</sup> century), *X-Ray Spectrometry* 37, 2008, s. 338–345.

BUZZEGOLI – KELLER 2009a

E. BUZZEGOLI, A. KELLER: Ultraviolet fluorescence imaging, in: Pinna et al. 2009, s. 204–206.

BUZZEGOLI - KELLER 2009b

E. BUZZEGOLI, A. KELLER: Ultraviolet/Infrared False Colour Imaging, in: Pinna et al. 2009, s. 200–203.

CASADIO et al. 2012

F. CASADIO, A. BEZÚR, I. FIEDLER et al.: Pablo Picasso to Jasper Johns. A Raman study of cobalt-based synthetic inorganic pigments, *Journal of Raman Spectroscopy* 43, 2012, s. 1761–1771.

CASADIO – TONIOLO 2001

F. CASADIO, L. TONIOLO: The Analysis of Polychrome Works of Art. 40 Years of Infrared Spectroscopic Investigations, *Journal of Cultural Heritage* 2, 2001, s. 71–78.

CASALI 2006

F. CASALI: X-Ray and Neutron Digital Radiography and Computed Tomography for Cultural Heritage, *Physical Techniques in the Study of Art, Archaeology and Cultural Heritage*, 1, 2006, s. 41–123.

CASINI et al. 2009

A. CASINI, F. LOTTI, M. POGGESI et al.: Imaging Spectroscopy, in: Pinna et al. 2009, s. 165–168.

CASTELLI et al. 2015

L. CASTELLI, C. CZELUSNIAK, M. MASSI et al.: Analisi in Fluorescenza X a scansione, in: M. Ciatti, M. R. Valazzi (eds.): *Raffaello, La Muta. Indagini e restauro*, Firenze 2015, s. 113–116.

COLOMBO et al. 2011

C. COLOMBO, S. BRACCI, C. CONTI et al.: Non-Invasive Approach in the Study of Polychrome Terracotta Sculptures. Employment of the Portable XRF to Investigate Complex Stratigraphy, *X-Ray Spectrometry* 40, 2011, s. 273–279.

CRUPI et al. 2016

V. CRUPI, V. ALLODI, C. BOTTARI et al.: Spectroscopic investigation of Roman decorated plasters by combining FT-IR, micro-Raman and UV-Raman analyses, *Vibrational Spectroscopy* 83, 2016, s. 78–84.

DAFFARA – FONTANA – GAMBINO 2009

C. DAFFARA, R. FONTANA, M. Ch. GAMBINO: Micro-Profilometry, in: Pinna et al. 2009, s. 177–178.

DAFFARA – FONTANA – PEZZATI 2009

C. DAFFARA, R. FONTANA, L. PEZZATI: Infrared Reflectography, in: Pinna et al. 2009, s. 172–174.

- DAFFARA et al. 2010  
C. DAFFARA, E. PAMPALONI, L. PEZZATI et al.: Scanning multispectral IR reflectography SMIRR. An advanced tool for art diagnostics, *Accounts of Chemical Research* 43, 2010, s. 847–856.
- DAVERI et al. 2015  
A. DAVERI, B. DOHERTY, P. MORETTI et al.: An uncovered XIII century icon. Particular use of organic pigments and gilding techniques highlighted by analytical methods, *Spectrochimica Acta Part A. Molecular and Biomolecular Spectroscopy* 135, 2015, s. 398–404.
- DIEING – HOLLRICHER – TOPORSKI 2010  
T. DIEING, O. HOLLRICHER, J. TOPORSKI (eds.): *Confocal Raman microscopy*, Heidelberg 2010.
- DUBOIS 2009  
H. DUBOIS: Visual observation, magnifying glass, stereomicroscope, raking light, in: Pinna et al. 2009, s. 206–207.
- FISCHER – KAKOULLI 2006  
Ch. FISCHER, I. KAKOULLI: Multispectral and hyperspectral imaging technologies in conservation. Current research and potential applications, *Studies in Conservation*, 51/příl. 1, 2006, s. 3–16.
- FONTANA – GAMBINO – SANTACESARIA 2009  
R. FONTANA, M. Ch. GAMBINO, A. SANTACESARIA: Laser-line scanner, in: Pinna et al. 2009, s. 174–175.
- FONTANA et al. 2003  
R. FONTANA, M. C. GAMBINO, M. GRECO et al.: High-resolution 3D digital models of artworks, in: *Proceedings of SPIE*, 5146, 2003, s. 34–43.
- GENESTAR – PONS 2005  
C. GENESTAR, C. PONS: Earth pigments in painting. Characterisation and differentiation by means of FTIR spectroscopy and SEM-EDS microanalysis, *Analytical and Bioanalytical Chemistry* 382/2, 2005, s. 269–274.
- GERMINARIO – VAN DER WERF – SABBATINI 2015  
G. GERMINARIO, I. D. VAN DER WERF, L. SABBATINI: Pyrolysis gas chromatography mass spectrometry of two green phthalocyanine pigments and their identification in paint systems, *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis* 115, 2015, s. 175–183.
- GHELARDI et al. 2015  
E. GHELARDI, I. DEGANO, M. P. COLOMBINI et al.: Py-GC/MS applied to the analysis of synthetic organic pigments. Characterization and identification in paint samples, *Analytical and Bioanalytical Chemistry* 407/5, 2015, s. 1415–1431.
- GOLDSTEIN 2007  
J. I. GOLDSTEIN: *Scanning electron microscopy and x-ray microanalysis*, New York 2007.
- HASCHKE 2014  
M. HASCHKE: *Laboratory Micro-X-Ray Fluorescence Spectroscopy. Instrumentation and Applications*, Cham 2014.
- HRADIL – HRADILOVÁ – FOGAŠ – HRDLIČKOVÁ KUČKOVÁ 2013  
D. HRADIL, J. HRADILOVÁ, I. FOGAŠ, Š. HRDLIČKOVÁ KUČKOVÁ: Přínos materiálových analýz pro interpretaci techniky malby a umělecko-historická bádání obecně, Praha 2013.
- HRADILOVÁ – HRADIL – TRMALOVÁ – ŽEMLIČKA 2015  
J. HRADILOVÁ, D. HRADIL, O. TRMALOVÁ, J. ŽEMLIČKA: Metodika pro vizualizaci vnitřní struktury malířského díla s využitím metod na bázi rentgenového záření, Praha 2015.
- HRADILOVÁ – HRADIL 2015  
J. HRADILOVÁ, D. HRADIL: Neinvazivní průzkum malířských výtvarných děl radiografickými a rentgen-fluorescenčními metodami, Praha 2015.
- INJUK – TSUJI – VAN GRIEKEN 2004  
J. INJUK, K. TSUJI, R. VAN GRIEKEN: *X-Ray Spectrometry. Recent Technological Advances*, Chichester 2004.

- KAZARIAN et al. 2008  
S. G. KAZARIAN, D. A. PEGGIE, C. RICCI et al.: ATR-FTIR Imaging for the Analysis of Organic Materials in Paint Cross Sections. Case Studies on Paint Samples from the National Gallery, London, *Analytical and Bioanalytical Chemistry* 392/1–2, 2008, s. 37–45.
- KLÍPA – OTTOVÁ 2015  
J. KLÍPA – M. OTTOVÁ (eds.): Bez hranic. Umění v Krušnohoří mezi gotikou a renesancí (katalog výstavy), Praha 2015.
- KOTKOVÁ 2007  
O. KOTKOVÁ: *National Gallery in Prague. German and Austrian Painting of the 14<sup>th</sup> to 16<sup>th</sup> Centuries. Illustrated Summary Catalogue II/1*, Praha 2007.
- LA NASA et al. 2015  
J. LA NASA, M. ZANABONIA, D. ULDANCK et al.: Novel application of liquid chromatography/mass spectrometry for the characterization of drying oils in art. Elucidation on the composition of original paint materials used by Edvard Munch (1863–1944), *Analytica Chimica Acta*, 896, 2015, s. 177–189.
- LAUWERS et al. 2014  
D. LAUWERS, V. CATTERSEL, L. VANDAMME et al.: Pigment identification of an illuminated mediaeval manuscript De Civitate Dei by means of a portable Raman equipment, *Journal of Raman Spectroscopy* 45, 2014, s. 1266–1271.
- MACBETH 2012  
R. MACBETH: The technical examination and documentation of easel paintings, in: J. H. Stoner, R. Rushfield (eds.): *Conservation of Easel Paintings*, London 2012.
- MATTEINI – MOLES 2003  
M. MATTEINI, A. MOLES: *Scienza e restauro. Metodi di indagine*, Firenze 2003.
- NAKANO et al. 2016  
K. NAKANO, A. TABE, S. SHIMOYAMA et al.: Visualizing a black cat drawing hidden inside the painting by confocal micro-XRF analysis, *Microchemical Journal* 126, 2016, s. 496–500.
- PADFIELD et al. 2002  
J. PADFIELD, D. SAUNDERS, J. CUPITT et al.: Improvements in the Acquisition and Processing of X-Ray Images of Paintings, *National Gallery Technical Bulletin* 23, 2002, s. 62–75.
- PEČENÝ 2010  
J. PEČENÝ: Zkušenosti s použitím lékařského rentgenového výpočetního tomografu, in: D. Hradil, J. Hradilová (eds.): *Acta Artis Academica. Příběh umění – proměny výtvarného díla v čase*, Praha 2010, s. 227–242.
- PINNA et al. 2009  
D. PINNA, M. GALEOTTI, R. MAZZEO (eds.): *Scientific Examination for the Investigation of Paintings. A Handbook for Conservator-Restorers*, Firenze 2009.
- PITTHARD et al. 2006  
V. PITTHARD, M. GRIESSER, S. STANEK et al.: Study of Complex Organic Binding Media Systems on Artworks Applying GC-MS Analysis. Selected Examples from the Kunsthistorisches Museum Vienna, *Macromolecular Symposia* 238, 2006, s. 37–45.
- PROKEŠ – TROJEK 2017  
R. PROKEŠ, T. TROJEK: *Návrh certifikované metodiky. Konfokální rentgenová fluorescenční analýza, [Katedra dozimetrie a aplikace ionizujícího záření, Fakulta jaderná a fyzikálně inženýrská, České vysoké učení technické v Praze]*, Praha 2017.
- RICCIARDI et al. 2016  
P. RICCIARDI, S. LEGRAND, G. BERTOLOTTI et al.: Macro X-Ray Fluorescence (MA-XRF) Scanning of Illuminated Manuscript Fragments. Potentialities and Challenges, *Microchemical Journal* 124, 2016, s. 785–791.
- RIZZO 2008  
A. RIZZO: Progress in the Application of ATR-FTIR Microscopy to the Study of Multi-layered Cross-sections From Works of Art, *Analytical and Bioanalytical Chemistry* 329, 2008, s. 47–55.



- ROPRET et al. 2010  
P. ROPRET, C. MILIANI, S. A. CENTENO et al.: Advances in Raman mapping of works of art, *Journal of Raman Spectroscopy* 41, 2010, s. 1462–1467.
- SALVADÓ et al. 2011  
N. SALVADÓ, S. BUTI, A. LABRADOR et al.: SR-XRD and SR-FTIR Study of the Alteration of Silver Foils in Medieval Paintings, *Analytical and Bioanalytical Chemistry* 399, 2011, s. 3041–3052.
- SEREFIDOU et al. 2016  
M. SEREFIDOU, S. BRACCI, D. TAPETE, Microchemical and microscopic characterization of the pictorial quality of egg-tempera polyptychs, late 14<sup>th</sup> century, Florence, Italy, *Microchemical Journal* 127, 2016, s. 187–198.
- SHUGAR – MASS 2012  
A. N. SHUGAR, L. J. MASS: *Handheld XRF for Art and Archaeology*, Leuven 2012.
- SCHWEINGRUBER 1990  
F. SCHWEINGRUBER: *Anatomie europäischer Hölzer. Ein Atlas zur Bestimmung europäischer Baum-, Strauch- und Zwergstrauchhölzer*. Bern und Stuttgart 1990.
- SLÁNSKÝ 2003  
B. SLÁNSKÝ: *Technika malby, průzkum a restaurování obrazů, II*, Praha 2003.
- SOTIROPOULOU 2009  
S. SOTIROPOULOU: X-Radiography, in: Pinna et al. 2009, s. 214–215.
- SOTIROPOULOU – PAPLIAKA – VACCARI 2016  
S. SOTIROPOULOU, Z. E. PAPLIAKA, L. VACCARI: Micro FTIR Imaging for the Investigation of Deteriorated Organic Binders in Wall Painting Stratigraphies of Different Techniques and Periods, *Microchemical Journal* 124, 2016, s. 559–567.
- SPRING et al. 2008  
M. SPRING, C. RICCI, D. A. PEGGIE et al.: ATR-FTIR Imaging for the Analysis of Organic Materials in Paint Cross Sections. Case Studies on Paint Samples from the National Gallery, London, *Analytical and Bioanalytical Chemistry* 392/1–2, 2008, s. 37–45.
- ŠEFCŮ et al. 2017  
R. ŠEFCŮ, K. HRICKOVÁ, M. KMONÍČKOVÁ et al.: *Specializovaná databáze pigmentů a barviv*, Národní galerie v Praze, Praha 2017.
- TROJEK et al. 2017  
T. TROJEK, R. PROKEŠ, R. ŠEFCŮ et al.: Confocal X-ray fluorescence spectrometer for in-situ analyses of paintings, *Radiation Physics and Chemistry* 137, 2017, s. 238–242.
- TSUJI – INJUK – VAN GRIEKEN 2004  
K. TSUJI, J. INJUK, R. VAN GRIEKEN: *X-Ray Spectrometry. Recent Technological Advances*, Chichester 2004.
- VAN DE VOORDE et al. 2015  
L. VAN DE VOORDE, B. VEKEMANS, E. VERHAEVEN et al.: Analytical characterization of a new mobile X-ray fluorescence and X-ray diffraction instrument combined with a pigment identification case study, *Spectrochimica Acta Part B. Atomic Spectroscopy* 110, 2015, s. 14–19.
- VÍTOVSKÝ 2006  
J. VÍTOVSKÝ, *Struktura a náležitosti restaurátorských zpráv: metodický list Národního památkového ústavu č. 4/2006, ze dne 4. 9. 2006, čj. NPÚ 302/6662/2006, Zprávy památkové péče 67/příloha (2007), s. 1–4.*

**VI.**

---

**Seznam publikací  
a výstupů  
z originální práce,  
které předcházely  
výsledku**

- ANTUŠKOVÁ – VERNEROVÁ – CHLUMSKÁ – DÁŇOVÁ – TŘEŠTÍKOVÁ – ŠEFCŮ 2017  
V. ANTUŠKOVÁ – I. VERNEROVÁ – Š. CHLUMSKÁ – H. DÁŇOVÁ – A. TŘEŠTÍKOVÁ – R. ŠEFCŮ:  
Wood as the material of carvings and paintings of Bohemian and Moravian provenance in the years 1280–1550. Identification of wood / Dřevo jako materiál sochařských a malířských děl bohemikální provenience 1280–1550. Identifikace dřeva, *Bulletin of the National Gallery in Prague / Bulletin Národní galerie v Praze XXVI*, 2016, s. 103–121 (anglicky) a s. 179–194 (česky).
- ANTUŠKOVÁ – ŠEFCŮ – TŘEŠTÍKOVÁ – DÁŇOVÁ 2016  
V. ANTUŠKOVÁ – R. ŠEFCŮ – A. TŘEŠTÍKOVÁ – H. DÁŇOVÁ: Guanin – nečekaný organický materiál nalezený v polychromii dřevěné plastiky, *Konference konzervátorů-restaurátorů, Brno, 13.–15. září 2016, FÓRUM 2016 pro konzervátory-restaurátory, AMG, Brno 2016*, s. 151.
- ANTUŠKOVÁ – ŠEFCŮ – TŘEŠTÍKOVÁ – DÁŇOVÁ 2016a  
V. ANTUŠKOVÁ – R. ŠEFCŮ – A. TŘEŠTÍKOVÁ – H. DÁŇOVÁ: Guanine – an unexpected organic pigment identified in the polychromy of wood sculpture using Raman microspectroscopy, *11<sup>th</sup> Conference on Lasers in the Conservation of Artworks (LACONA XI), Cracow, 19<sup>th</sup>–23<sup>rd</sup> September 2016*, s. 80.
- BÁRTOVÁ – TROJEK – ČECHÁK – ŠEFCŮ – CHLUMSKÁ 2015  
H. BÁRTOVÁ – T. TROJEK – T. ČECHÁK – R. ŠEFCŮ – Š. CHLUMSKÁ: The use of several XRF modalities to investigation of paintings: the case study on the Late Gothic panel painting, *Technart 2015 Non-destructive and microanalytical techniques in art and cultural heritage*, 27.–30. 4. 2015 Catania, 2015, P1-167, s. 327 /e-kniha/.
- BÁRTOVÁ – TROJEK – JOHNOVÁ 2016  
H. BÁRTOVÁ – T. TROJEK – K. JOHNOVÁ: Theoretical study of depth profiling with gamma- and X-ray spectrometry based on measurements of intensity ratios. *Book of Abstracts of the 2<sup>nd</sup> International Conference on Dosimetry and its Applications*, Guildford (Anglie) 2016.
- BÁRTOVÁ – ČECHÁK – TROJEK – ŠEFCŮ – CHLUMSKÁ 2017  
H. BÁRTOVÁ – T. ČECHÁK – T. TROJEK – R. ŠEFCŮ – Š. CHLUMSKÁ: The Use of Various X-Ray Fluorescence Analysis Modalities for the Investigation of Historical Paintings. The Case Study on the Late Gothic Panel Painting, *Radiation Physics and Chemistry* 139, 2017, s. 100–108.
- ČECHÁK – TROJEK – ŠEFCŮ – CHLUMSKÁ – TŘEŠTÍKOVÁ – KOTRLÝ – TURKOVÁ 2015  
T. ČECHÁK – T. TROJEK – R. ŠEFCŮ – Š. CHLUMSKÁ – A. TŘEŠTÍKOVÁ – M. KOTRLÝ – I. TURKOVÁ: The use of powdered bismuth in Late Gothic painting and sculpture polychromy, *Journal of Cultural Heritage* 16, 2015, s. 747–752.
- DÁŇOVÁ 2013  
H. DÁŇOVÁ: Jacob Beinhart a Mistr olomouckých madon – možnosti spolupráce a kulturní výměna mezi regiony v první třetině 16. století, in: *Cieszzyńskie Studia Muzealne – Těšínský muzejní sborník V.*, 2012, Český Těšín 2013, s. 87–98.
- DÁŇOVÁ – ŠEFCŮ – TŘEŠTÍKOVÁ – PITTHARD 2014  
H. DÁŇOVÁ – R. ŠEFCŮ – A. TŘEŠTÍKOVÁ – V. PITTHARD: Material Investigation of the Late Gothic Polychromy of the Nativity Relief from the Corona Sanctae Mariae Monastery in Třebořov in Moravia, in: *Sborník 11<sup>th</sup> International Conference on non-destructive investigations and microanalysis for the diagnostic and conservation of cultural and environmental heritage*, Madrid 2014, IND81, s. 1–9; ISBN 978-84-697-0522-3 /e-kniha/.
- DÁŇOVÁ – ŠEFCŮ – TŘEŠTÍKOVÁ – PITTHARD 2014–2015  
H. DÁŇOVÁ – R. ŠEFCŮ – A. TŘEŠTÍKOVÁ – V. PITTHARD: Seated Virgin Mary by Master of the Kefermarkt Altarpiece. Specification of the sculpture's monochrome surface treatment, so called Holzichtigkeit, in: *ICOM-CC Heritage Wood: Research & Conservation in the 21<sup>st</sup> century. Proceeding of the conference*, Volume I., Warsaw 2014–2015.

DÁŇOVÁ – CHLUMSKÁ 2017

H. DÁŇOVÁ – Š. CHLUMSKÁ: Očím skryté. *Dokumentace podkresby na deskových obrazech bohemikální provenience 14.–16. století* (katalog výstavy), Praha 2017.

CHLUMSKÁ 2013

Š. CHLUMSKÁ: Sv. Anna Samotřetí z Ústí nad Labem, in: Lubomír Turčan (ed.), *Gotické umění na Ústecku* (katalog výstavy), Litoměřice 2013, s. 74–76.

CHLUMSKÁ – KOTKOVÁ – TŘEŠTÍKOVÁ – ŠEFCŮ 2014

Š. CHLUMSKÁ – O. KOTKOVÁ – A. TŘEŠTÍKOVÁ – R. ŠEFCŮ: St Anne with the Virgin Mary and the Christ Child. A Work Newly Ascribed to the Master of the Litoměřice Altarpiece and his Workshop in Collections of the National Gallery in Prague/ Svatá Anna Samotřetí. Nově atribuované dílo Mistru Litoměřického oltáře ze sbírek Národní galerie v Praze, *Bulletin of the National Gallery in Prague / Bulletin Národní galerie v Praze XXIV* 2014, s. 51–69 (anglicky) a s. 154–166 (česky).

KMONÍČKOVÁ – ŠEFCŮ – CHLUMSKÁ – POKORNÝ 2016

M. KMONÍČKOVÁ – R. ŠEFCŮ – Š. CHLUMSKÁ – A. POKORNÝ: Identifikace materiálů podkresby v gotické malbě, *Konference konzervátorů-restaurátorů, Brno, 13.–15. září 2016, FÓRUM 2016 pro konzervátory-restaurátory, AMG, Brno 2016*, s. 152.

MIZERA – ŠEFCŮ – KOLOUŠEK 2016

J. MIZERA – R. ŠEFCŮ – D. KOLOUŠEK: Charakterizace fluoritů a uměleckých pigmentů s fialovým fluoritem neutronovou aktivační analýzou, *Czech Chemical Society Symposium Series, Vol 14, No 5* (2016), s. 230–231, 68. Sjezd českých a slovenských chemických společností, 4.–7. září 2016, Česká společnost chemická, Slovenská chemická spoločnosť, Praha 2016.

PROKEŠ – TROJEK 2015

R. PROKEŠ – T. TROJEK: Vlastnosti konfokální rentgenové fluorescenční aparatury s pohyblivou kolimační optikou, *Sborník abstraktů konference 37, Dny radiační ochrany, 107, Mikulov, listopad 2015*.

PROKEŠ – TROJEK 2015a

R. PROKEŠ – T. TROJEK: Properties of the Probing Volume of the Tabletop Confocal X-ray Fluorescence Setup at the Czech Technical University in Prague, in: *Book of Abstracts of conference CRETE 2015 – INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLICATIONS OF NUCLEAR TECHNIQUES, 32, Řecko, červen 2015*.

PROKEŠ – TROJEK 2016

R. PROKEŠ – T. TROJEK: Deconvolution of Element Depth Profiles of Self-prepared Paint Multilayers Obtained by Tabletop Confocal Micro X-ray Fluorescence Setup, in: *Book of Abstracts of the European Conference on X-Ray Spectrometry, Gothenburg (Švédsko) 2016*.

PROKEŠ – TROJEK 2017

R. PROKEŠ – T. TROJEK: *Návrh certifikované metodiky. Konfokální rentgenová fluorescenční analýza, [Katedra dozimetrie a aplikace ionizujícího záření, Fakulta jaderná a fyzikálně inženýrská, České vysoké učení technické v Praze]*, Praha 2017.

ŠEFCŮ – CHLUMSKÁ – TŘEŠTÍKOVÁ – TROJEK – DRAGOUNOVÁ 2015

R. ŠEFCŮ – Š. CHLUMSKÁ – A. TŘEŠTÍKOVÁ – T. TROJEK – L. DRAGOUNOVÁ: Investigation of the panel painting of St Anne with the Virgin Mary and the Child Jesus using analytical and imaging methods, *Applied Radiation and Isotopes* 95, (2015), s. 8–12.

ŠEFCŮ – CHLUMSKÁ – HOSTAŠOVÁ 2015

R. ŠEFCŮ – Š. CHLUMSKÁ – A. HOSTAŠOVÁ: An investigation of the lead tin yellows type I and II and their use in Bohemian panel paintings from the Gothic period, *Heritage Science*, 2015.

ŠEFCŮ – PITTHARD – CHLUMSKÁ – TURKOVÁ 2015

R. ŠEFCŮ – V. PITTHARD – Š. CHLUMSKÁ – I. TURKOVÁ: A multianalytical study of oil binding media and pigments using GC-MS, micro-Raman spectroscopy, FTIR, SEMEDS and histochemical analyses on Bohemian Panel Paintings from the first half of the 14th century, in: *Technart 2015 Non-destructive and microanalytical techniques in art and cultural heritage, 27.–30. 4. 2015 Catania, 2015, O-43, s. 60 /e-kniha/*.

ŠEFCŮ – KLÍPA – POKORNÝ – PITTHARD – HOSTAŠOVÁ 2015  
R. ŠEFCŮ – J. KLÍPA – A. POKORNÝ – V. PITTHARD – A. HOSTAŠOVÁ: Application of Raman spectroscopy to investigate the Bohemian medieval panel painting 'Votive Panel of Jan Očko of Vlašim', in: *8th Congress on Application of Raman Spectroscopy in Arty and Archaeology*, 1.–5. 9. 2015 Wrocław, s. 168–169.

ŠEFCŮ 2017  
R. ŠEFCŮ: Tajemství materiálů v dílně Mistra Třeboňského oltáře, in: *Restaurování a ochrana uměleckých děl 2017, Konference sdružení pro ochranu památek Arte-fakt*, 2017.

ŠEFCŮ – HRICKOVÁ – KMONÍČKOVÁ – ANTUŠKOVÁ 2017  
R. ŠEFCŮ – K. HRICKOVÁ – M. KMONÍČKOVÁ – V. ANTUŠKOVÁ: *Specializovaná databáze pigmentů a barviv*, Národní galerie v Praze, Praha 2017.

TOMŠOVÁ – ŠEFCŮ – CHLUMSKÁ – PITTHARD 2016  
K. TOMŠOVÁ – R. ŠEFCŮ – Š. CHLUMSKÁ – V. PITTHARD: Průzkum výzdobných technik na deskových malbách bohemikální provenience z období pozdní gotiky, in: *FÓRUM 2016 pro konzervátory-restaurátory*, Konference konzervátorů-restaurátorů, Brno, 13.–15. září 2016, AMG, Brno 2016, s. 154.

TOMŠOVÁ – ŠEFCŮ – CHLUMSKÁ – PITTHARD 2016  
K. TOMŠOVÁ – R. ŠEFCŮ – Š. CHLUMSKÁ – V. PITTHARD: Investigation of Techniques of Gilding and Tin-relief Decoration on Bohemian Art Works from the Gothic Period, in: *11<sup>th</sup> Conference on Lasers in the Conservation of Artworks (LACONA XI)*, Cracow, 19.–23. 9. 2016, s. 82.

TROJEK – PROKEŠ – BÁRTOVÁ – ČECHÁK – MUSÍLEK 2016  
T. TROJEK – R. PROKEŠ – H. BÁRTOVÁ – T. ČECHÁK – L. MUSÍLEK: X-ray fluorescence analysis: from spot analysis to 3D imaging, in: *Book of Abstracts of the workshop CHERNE 2016*, Cervia (Itálie) 2016.

TROJEK – PROKEŠ – ŠEFCŮ – BILAVČÍKOVÁ – ČECHÁK 2017  
T. TROJEK – R. PROKEŠ – R. ŠEFCŮ – H. BILAVČÍKOVÁ – T. ČECHÁK

Confocal X-ray fluorescence spectrometer for insitu analyses of paintings, *Radiation Physics and Chemistry* 137, 2017, s. 238–242.

TROJEK – TROJKOVÁ 2015  
T. TROJEK – D. TROJKOVÁ: Several approaches to the investigation of paintings with the use of portable X-ray fluorescence analysis, *Radiation Physics and Chemistry* 116 (2015), s. 321–325.

TROJEK – PROKEŠ – ŠEFCŮ – BILAVČÍKOVÁ – ČECHÁK 2015  
T. TROJEK – R. PROKEŠ – R. ŠEFCŮ – H. BILAVČÍKOVÁ – T. ČECHÁK: Confocal X-ray fluorescence spectrometer for in-situ analyses of paintings, in: *Book of Abstracts of conference 13<sup>th</sup> ISRP, 36, Peking, září 2015*.

#### Prameny:

Laboratorní zprávy, Archiv chemicko-technologické laboratoře Národní galerie v Praze

Restaurátorské zprávy, Archiv Restaurátorského oddělení Národní galerie v Praze

evidenční karty děl, Sběrka starého umění, Národní galerie v Praze

**VII.**

---

**Seznam příloh**

**Příloha č. 1:**  
**Ukázka fotodokumentace sbírkového fondu**

**Příloha č. 2:**  
**Návrh struktury zpráv o technologickém průzkumu děl  
zkoumaných v rámci projektu NAKI**

**Příloha č. 3:**  
**Fotodokumentace restaurátorského průzkumu díla  
Mistr Třeboňského oltáře, Kladení do hrobu / Sv. Jiljí,  
sv. Augustin a sv. Jeroným**

**Příloha č. 4:**  
**Laboratorní zpráva a protokoly z analýz,  
archiv chemicko-technologické laboratoře  
Národní galerie v Praze**

## **Příloha č. 1:**

---

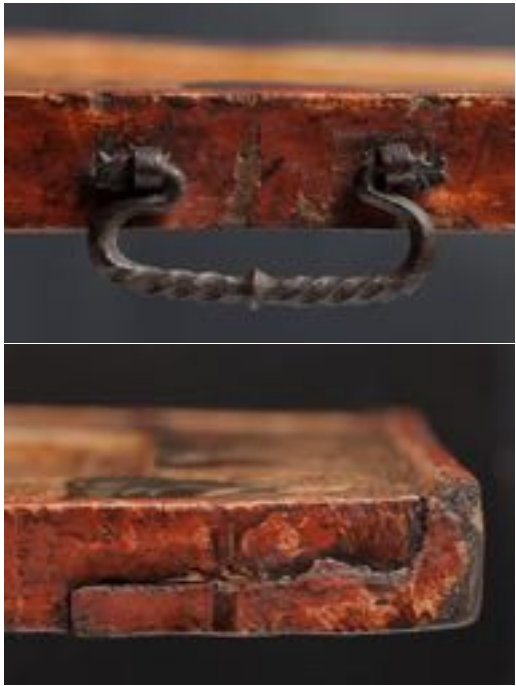
**Ukázka fotodokumentace  
sbírkového fondu**



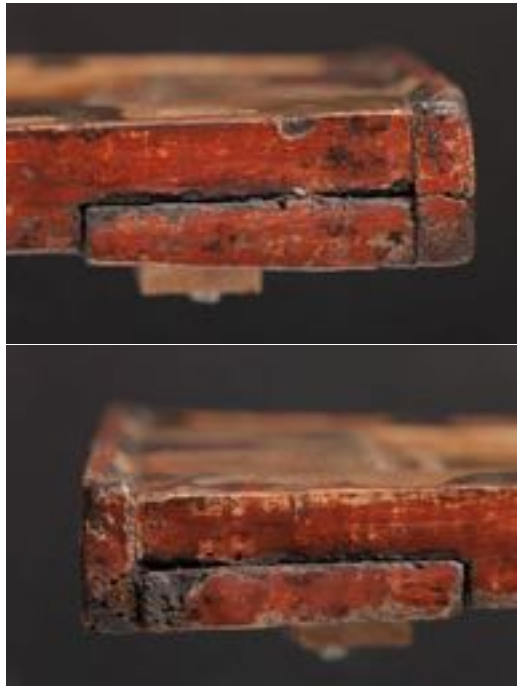
# Příklady fotodokumentace sbírkového fondu – desková malba a sochařství 1300–1550

Assumpta Lannova, Čechy, kolem 1450, Národní galerie v Praze, inv. č. O 495,  
Foto Národní galerie v Praze





Národní galerie v Praze. Projekt NAKI č. DF 13P01OVV010



Národní galerie v Praze. Projekt NAKI č. DF 13P01OVV010



Národní galerie v Praze. Projekt NAKI č. DF 13P01OVV010



Národní galerie v Praze. Projekt NAKI č. DF 13P01OVV010



Národní galerie v Praze. Projekt NAKI č. DF 13P01OVV010



Národní galerie v Praze. Projekt NAKI č. DF 13P01OVV010



Národní galerie v Praze. Projekt NAKI č. DF 13P01OVV010



Národní galerie v Praze. Projekt NAKI č. DF 13P01OVV010



Národní galerie v Praze. Projekt NAKI č. DF 13P01OVV010



Národní galerie v Praze. Projekt NAKI č. DF 13P01OVV010



Národní galerie v Praze. Projekt NAKI č. DF 13P01OVV010



Národní galerie v Praze. Projekt NAKI č. DF 13P01OVV010



Národní galerie v Praze. Projekt NAKI č. DF 13P01OVV010



Národní galerie v Praze. Projekt NAKI č. DF 13P01OVV010



Národní galerie v Praze. Projekt NAKI č. DF 13P01OVV010

Mistr sv. Anny Samotřetí z Ústí, kolem 1520, Národní galerie v Praze, inv. č. P 190,  
Foto Národní galerie v Praze







Národní galerie v Praze. Projekt NAKI č. DF 13P01OVV010



Národní galerie v Praze. Projekt NAKI č. DF 13P01OVV010



Národní galerie v Praze. Projekt NAKI č. DF 13P01OVV010



Národní galerie v Praze. Projekt NAKI č. DF 13P01OVV010





Národní galerie v Praze. Projekt NAKI č. DF 13P01OVV010



Národní galerie v Praze. Projekt NAKI č. DF 13P01OVV010



Národní galerie v Praze. Projekt NAKI č. DF 13P01OVV010



Národní galerie v Praze. Projekt NAKI č. DF 13P01OVV010



Národní galerie v Praze. Projekt NAKI č. DF 13P01OVV010



Národní galerie v Praze. Projekt NAKI č. DF 13P01OVV010



Národní galerie v Praze. Projekt NAKI č. DF 13P01OVV010



Národní galerie v Praze. Projekt NAKI č. DF 13P01OVV010

## **Příloha č. 2:**

---

**Návrh struktury zpráv  
o technologickém průzkumu  
děl zkoumaných v rámci  
projektu NAKI**

## **Metodický pokyn pro zpracování restaurátorských průzkumů v rámci grantového plnění NAKI „Historické technologie a moderní metody průzkumu. Interpretační možnosti specializovaných metod průzkumu děl středověkého umění s využitím inovativních technologií.“**

Pokyn pro vypracování technologických průzkumů malířských děl

1. Fotografie budou zaznamenány ve formátu RAW a následně konvertovány v nekomprimovaném formátu TIFF 16bit nebo zaznamenány přímo ve formátu TIFF 16bit.
2. Použitý fotoaparát musí mít rozlišení snímače větší než 8 Mpx.
3. Digitální fotoaparát musí mít nastavenou kalibrovanou teplotu použitého fotografického osvětlení.
4. Fotografie celků bude obsahovat šedou a barevnou škálu s měřítkem.
5. Fotografie budou zaznamenány na archivní CD. CD bude obsahovat soubor s fotografiemi v plné kvalitě ve formátu TIFF 16bit, soubor s náhledovými fotografiemi ve formátu JPG a PDF dokument se sesazenými fotografiemi s popiskami a textovou zprávou.
6. Pro vytvoření dokumentu PDF bude použit grafický program, např. Adobe InDesign.
7. Grafická úprava fotodokumentace bude provedena podle přílohy.
8. Dvojměrné nákresy budou provedeny ve vektorovém grafickém programu typu Adobe Illustrator.
9. Trojměrné nákresy částí uměleckých děl jako rohové spojení rámu, konstrukce dřevěné podložky atp. budou provedeny v 3D grafickém programu (např. AutoCAD, SketchUp).
10. Sekvence záběrů fotodokumentace bude následující: celek /denní světlo, celek /UV luminiscence, celek /IR reflektografie, celek /IR reflektografie ve falešných barvách, celek /RTG, celek zadní strana, detaily přední strany denní světlo, detaily /UV luminiscence, detaily /IR reflektografie, detaily /IR reflektografie ve falešných barvách, detaily /RTG, celkový nákres desky, fotografie punců, nákres a fotografie rámu.

## Pokyn pro vypracování technologických průzkumů sochařských děl

1. Fotografie budou zaznamenány ve formátu RAW a následně konvertovány v nekomprimovaném formátu TIFF 16bit nebo zaznamenány přímo ve formátu TIFF 16bit.
2. Použitý fotoaparát musí mít rozlišení snímače větší než 8 Mpx.
3. Digitální fotoaparát musí mít nastavenou kalibrovanou teplotu použitého fotografického osvětlení.
4. Fotografie celků bude obsahovat šedou a barevnou škálu s měřítkem.
5. Fotografie budou zaznamenány na archivní CD. CD bude obsahovat soubor s fotografiemi v plné kvalitě ve formátu TIFF 16bit, soubor s náhledovými fotografiemi ve formátu JPG a PDF dokument se sesazenými fotografiemi s popiskami a textovou zprávou.
6. Pro vytvoření dokumentu PDF bude použit grafický program, např. Adobe InDesign.
7. Grafická úprava fotodokumentace bude provedena podle přílohy.
8. Dvojměrné nákresy budou provedeny ve vektorovém grafickém programu typu Adobe Illustrator.
10. Sekvence záběrů fotodokumentace bude následující: celek každé strany plastiky / denní světlo, celek či detaily /RTG (v případě polychromované plastiky lze využít: UV luminiscenci, IR reflektografii a IR reflektografii ve falešných barvách), detaily jednotlivých stran /denní světlo, celkový nákres plastiky zachycující konstrukci, původní části a pozdější doplňky.

# TECHNOLOGICKÝ PRŮZKUM

*NÁZEV OBRAZU*

*OŘÍZNUTÁ FOTOGRAFIE DÍLA*

*AUTOR*  
2013

Název:  
Provenience:  
Majitel:  
Inventární číslo:  
Rozměry:

*TEXT DOKUMENTACE*

NÁZEV PROJEKTU



*POPIS FOTOGRAFIE SE ZVOLENOU PRŮZKUMOVOU METODOU*

NÁZEV OBRAZU



NÁZEV PROJEKTU

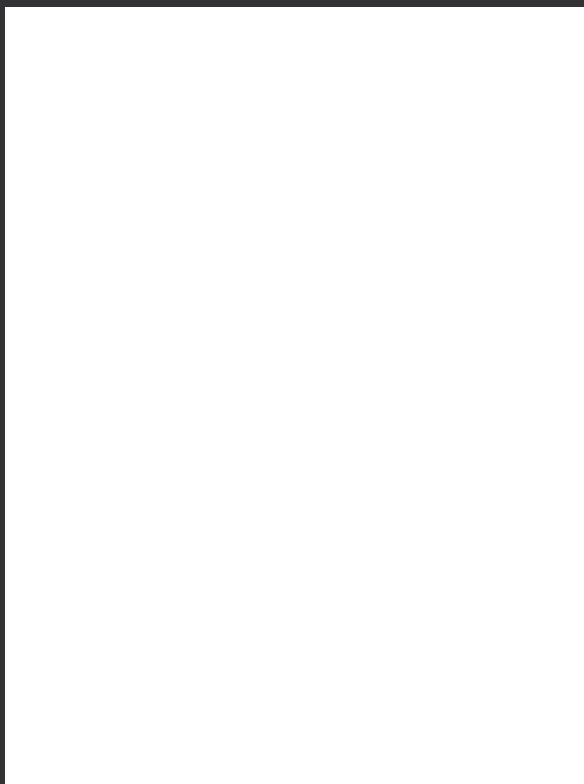


*POPIS FOTOGRAFIE SE ZVOLENOU PRŮZKUMOVOU METODOU*

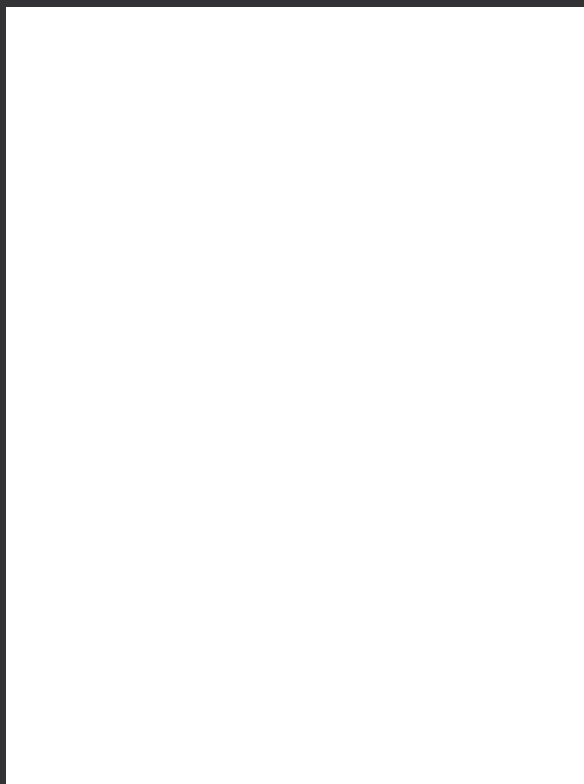


*POPIS FOTOGRAFIE SE ZVOLENOU PRŮZKUMOVOU METODOU*

NÁZEV OBRAZU



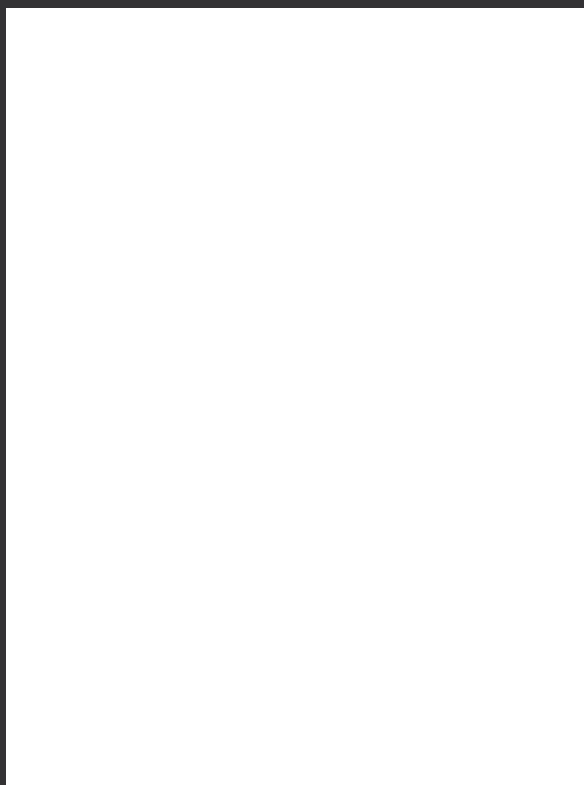
Makro 1



Makro 2



Makro 3



Makro 4

## **Příloha č. 3:**

---

**Fotodokumentace  
restaurátorského průzkumu  
díla Mistr Třeboňského  
oltáře, Kladení do hrobu  
/ Sv. Jiljí, sv. Augustin  
a sv. Jeroným**

# TECHNOLOGICKÝ PRŮZKUM

## TŘEBOŇSKÝ OLTÁŘ

KLADENÍ DO HROBU /  
SV. JILJÍ, SV. AUGUSTIN, SV. JERONÝM



Adam Pokorný

Národní galerie v Praze, 2015

Název: Ukládání do hrobu / Sv. Jiljí, sv. Augustin, sv. Jeroným  
 Mistr Třeboňského oltáře, kolem 1380

Provenience: Pochází z augustiniánského klášterního kostela sv. Jiljí v Třeboni, později v kapli v Domaníně u Třeboně

Majitel: Národní galerie v Praze, darováno roku 1921

Inventární číslo: O 1266

Rozměry: 132 cm × 91,8 cm

Technika malby českých deskových obrazů 1380–1420

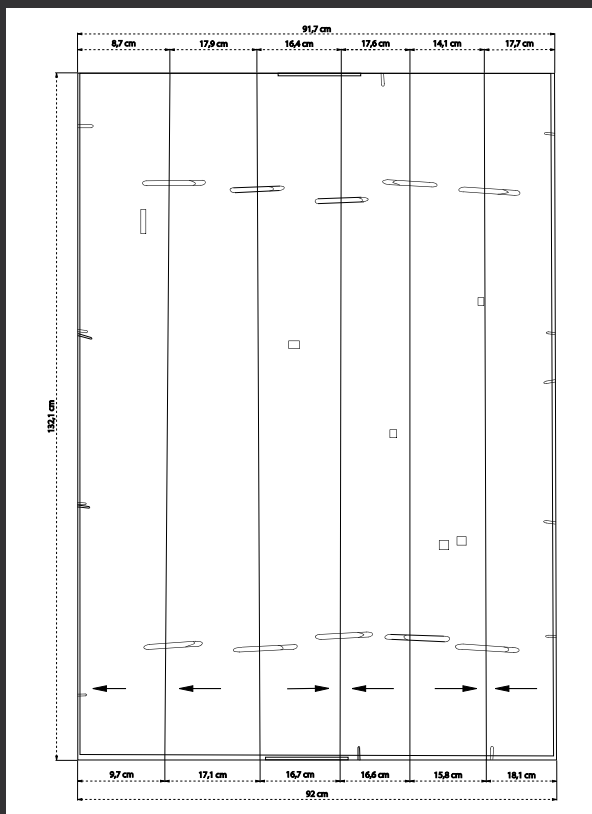


Ukládání do hrobu



Sv. Jiljí, sv. Augustin, sv. Jeroným

TECHNIKA MALBY ČESKÝCH DESKOVÝCH OBRAZŮ 1380–1420



TŘEBOŇSKÝ OLTÁŘ – KLADENÍ KRISTA DO HROBU

TECHNIKA MALBY ČESKÝCH DESKOVÝCH OBRAZŮ 1380–1420



TŘEBOŇSKÝ OLTÁŘ – KLADENÍ KRISTA DO HROBU



TŘEBOŇSKÝ OLTÁŘ – KLADENÍ KRISTA DO HROBU



TŘEBOŇSKÝ OLTÁŘ – KLADENÍ KRISTA DO HROBU



TŘEBOŇSKÝ OLTÁŘ – KLADENÍ KRISTA DO HROBU



TŘEBOŇSKÝ OLTÁŘ – KLADENÍ KRISTA DO HROBU



TŘEBOŇSKÝ OLTÁŘ – KLADENÍ KRISTA DO HROBU



TŘEBOŇSKÝ OLTÁŘ – KLADENÍ KRISTA DO HROBU



TŘEBOŇSKÝ OLTÁŘ – KLADENÍ KRISTA DO HROBU



TŘEBOŇSKÝ OLTÁŘ – KLADENÍ KRISTA DO HROBU



TŘEBOŇSKÝ OLTÁŘ – KLADENÍ KRISTA DO HROBU



TŘEBOŇSKÝ OLTÁŘ – KLADENÍ KRISTA DO HROBU



TŘEBOŇSKÝ OLTÁŘ – KLADENÍ KRISTA DO HROBU



TŘEBOŇSKÝ OLTÁŘ – KLADENÍ KRISTA DO HROBU





TŘEBOŇSKÝ OLTÁŘ – KLADENÍ KRISTA DO HROBU



TŘEBOŇSKÝ OLTÁŘ – KLADENÍ KRISTA DO HROBU



TŘEBOŇSKÝ OLTÁŘ – KLADENÍ KRISTA DO HROBU



TŘEBOŇSKÝ OLTÁŘ – KLADENÍ KRISTA DO HROBU



TŘEBOŇSKÝ OLTÁŘ – KLADENÍ KRISTA DO HROBU



TŘEBOŇSKÝ OLTÁŘ – KLADENÍ KRISTA DO HROBU



TŘEBOŇSKÝ OLTÁŘ – KLADENÍ KRISTA DO HROBU



TŘEBOŇSKÝ OLTÁŘ – KLADENÍ KRISTA DO HROBU

TECHNIKA MALBY ČESKÝCH DESKOVÝCH OBRAZŮ 1380–1420



TŘEBOŇSKÝ OLTÁŘ – KLADENÍ KRISTA DO HROBU

TECHNIKA MALBY ČESKÝCH DESKOVÝCH OBRAZŮ 1380–1420



TŘEBOŇSKÝ OLTÁŘ – KLADENÍ KRISTA DO HROBU

TECHNIKA MALBY ČESKÝCH DESKOVÝCH OBRAZŮ 1380–1420



TŘEBOŇSKÝ OLTÁŘ – KLADENÍ KRISTA DO HROBU

TECHNIKA MALBY ČESKÝCH DESKOVÝCH OBRAZŮ 1380–1420



TŘEBOŇSKÝ OLTÁŘ – KLADENÍ KRISTA DO HROBU



TŘEBOŇSKÝ OLTÁŘ – KLADENÍ KRISTA DO HROBU



TŘEBOŇSKÝ OLTÁŘ – KLADENÍ KRISTA DO HROBU



TŘEBOŇSKÝ OLTÁŘ – KLADENÍ KRISTA DO HROBU



TŘEBOŇSKÝ OLTÁŘ – KLADENÍ KRISTA DO HROBU



TŘEBOŇSKÝ OLTÁŘ – KLADENÍ KRISTA DO HROBU



TŘEBOŇSKÝ OLTÁŘ – KLADENÍ KRISTA DO HROBU



TŘEBOŇSKÝ OLTÁŘ – KLADENÍ KRISTA DO HROBU



TŘEBOŇSKÝ OLTÁŘ – KLADENÍ KRISTA DO HROBU



TŘEBOŇSKÝ OLTÁŘ – KLADENÍ KRISTA DO HROBU



TŘEBOŇSKÝ OLTÁŘ – KLADENÍ KRISTA DO HROBU



TŘEBOŇSKÝ OLTÁŘ – KLADENÍ KRISTA DO HROBU



TŘEBOŇSKÝ OLTÁŘ – KLADENÍ KRISTA DO HROBU



TŘEBOŇSKÝ OLTÁŘ – KLADENÍ KRISTA DO HROBU



TŘEBOŇSKÝ OLTÁŘ – KLADENÍ KRISTA DO HROBU



TŘEBOŇSKÝ OLTÁŘ – KLADENÍ KRISTA DO HROBU



TŘEBOŇSKÝ OLTÁŘ – KLADENÍ KRISTA DO HROBU

TECHNIKA MALBY ČESKÝCH DESKOVÝCH OBRAZŮ 1380–1420



TŘEBOŇSKÝ OLTÁŘ – KLADENÍ KRISTA DO HROBU

TECHNIKA MALBY ČESKÝCH DESKOVÝCH OBRAZŮ 1380–1420



TŘEBOŇSKÝ OLTÁŘ – KLADENÍ KRISTA DO HROBU

TECHNIKA MALBY ČESKÝCH DESKOVÝCH OBRAZŮ 1380–1420



TŘEBOŇSKÝ OLTÁŘ – KLADENÍ KRISTA DO HROBU

TECHNIKA MALBY ČESKÝCH DESKOVÝCH OBRAZŮ 1380–1420



TŘEBOŇSKÝ OLTÁŘ – KLADENÍ KRISTA DO HROBU





TŘEBOŇSKÝ OLTÁŘ – KLADENÍ KRISTA DO HROBU



TŘEBOŇSKÝ OLTÁŘ – KLADENÍ KRISTA DO HROBU



TŘEBOŇSKÝ OLTÁŘ – KLADENÍ KRISTA DO HROBU



TŘEBOŇSKÝ OLTÁŘ – KLADENÍ KRISTA DO HROBU



TŘEBOŇSKÝ OLTÁŘ – KLADENÍ KRISTA DO HROBU



TŘEBOŇSKÝ OLTÁŘ – KLADENÍ KRISTA DO HROBU



TŘEBOŇSKÝ OLTÁŘ – KLADENÍ KRISTA DO HROBU



TŘEBOŇSKÝ OLTÁŘ – KLADENÍ KRISTA DO HROBU



TŘEBOŇSKÝ OLTÁŘ – KLADENÍ KRISTA DO HROBU



TŘEBOŇSKÝ OLTÁŘ – KLADENÍ KRISTA DO HROBU



TŘEBOŇSKÝ OLTÁŘ – KLADENÍ KRISTA DO HROBU



TŘEBOŇSKÝ OLTÁŘ – KLADENÍ KRISTA DO HROBU



TŘEBOŇSKÝ OLTÁŘ – KLADENÍ KRISTA DO HROBU



TŘEBOŇSKÝ OLTÁŘ – KLADENÍ KRISTA DO HROBU



TŘEBOŇSKÝ OLTÁŘ – KLADENÍ KRISTA DO HROBU



TŘEBOŇSKÝ OLTÁŘ – KLADENÍ KRISTA DO HROBU



TŘEBOŇSKÝ OLTÁŘ – KLADENÍ KRISTA DO HROBU



TŘEBOŇSKÝ OLTÁŘ – KLADENÍ KRISTA DO HROBU



TŘEBOŇSKÝ OLTÁŘ – KLADENÍ KRISTA DO HROBU



TŘEBOŇSKÝ OLTÁŘ – KLADENÍ KRISTA DO HROBU

TECHNIKA MALBY ČESKÝCH DESKOVÝCH OBRAZŮ 1380–1420



TŘEBOŇSKÝ OLTÁŘ – KLADENÍ KRISTA DO HROBU

TECHNIKA MALBY ČESKÝCH DESKOVÝCH OBRAZŮ 1380–1420



TŘEBOŇSKÝ OLTÁŘ – KLADENÍ KRISTA DO HROBU

TECHNIKA MALBY ČESKÝCH DESKOVÝCH OBRAZŮ 1380–1420



TŘEBOŇSKÝ OLTÁŘ – KLADENÍ KRISTA DO HROBU

TECHNIKA MALBY ČESKÝCH DESKOVÝCH OBRAZŮ 1380–1420



TŘEBOŇSKÝ OLTÁŘ – KLADENÍ KRISTA DO HROBU



TŘEBOŇSKÝ OLTÁŘ – KLADENÍ KRISTA DO HROBU



TŘEBOŇSKÝ OLTÁŘ – KLADENÍ KRISTA DO HROBU



TŘEBOŇSKÝ OLTÁŘ – KLADENÍ KRISTA DO HROBU



TŘEBOŇSKÝ OLTÁŘ – KLADENÍ KRISTA DO HROBU

TECHNIKA MALBY ČESKÝCH DESKOVÝCH OBRAZŮ 1380–1420



TŘEBOŇSKÝ OLTÁŘ – KLADENÍ KRISTA DO HROBU

TECHNIKA MALBY ČESKÝCH DESKOVÝCH OBRAZŮ 1380–1420



TŘEBOŇSKÝ OLTÁŘ – KLADENÍ KRISTA DO HROBU

TECHNIKA MALBY ČESKÝCH DESKOVÝCH OBRAZŮ 1380–1420



TŘEBOŇSKÝ OLTÁŘ – KLADENÍ KRISTA DO HROBU

TECHNIKA MALBY ČESKÝCH DESKOVÝCH OBRAZŮ 1380–1420



TŘEBOŇSKÝ OLTÁŘ – KLADENÍ KRISTA DO HROBU





TŘEBOŇSKÝ OLTÁŘ – KLADENÍ KRISTA DO HROBU



TŘEBOŇSKÝ OLTÁŘ – KLADENÍ KRISTA DO HROBU



TŘEBOŇSKÝ OLTÁŘ – KLADENÍ KRISTA DO HROBU



TŘEBOŇSKÝ OLTÁŘ – KLADENÍ KRISTA DO HROBU



TŘEBOŇSKÝ OLTÁŘ – KLADENÍ KRISTA DO HROBU



TŘEBOŇSKÝ OLTÁŘ – KLADENÍ KRISTA DO HROBU



TŘEBOŇSKÝ OLTÁŘ – KLADENÍ KRISTA DO HROBU



TŘEBOŇSKÝ OLTÁŘ – KLADENÍ KRISTA DO HROBU



TŘEBOŇSKÝ OLTÁŘ – KLADENÍ KRISTA DO HROBU



TŘEBOŇSKÝ OLTÁŘ – KLADENÍ KRISTA DO HROBU



TŘEBOŇSKÝ OLTÁŘ – KLADENÍ KRISTA DO HROBU



TŘEBOŇSKÝ OLTÁŘ – KLADENÍ KRISTA DO HROBU

TECHNIKA MALBY ČESKÝCH DESKOVÝCH OBRAZŮ 1380–1420



TŘEBOŇSKÝ OLTÁŘ – KLADENÍ KRISTA DO HROBU

TECHNIKA MALBY ČESKÝCH DESKOVÝCH OBRAZŮ 1380–1420



TŘEBOŇSKÝ OLTÁŘ – KLADENÍ KRISTA DO HROBU

TECHNIKA MALBY ČESKÝCH DESKOVÝCH OBRAZŮ 1380–1420



TŘEBOŇSKÝ OLTÁŘ – KLADENÍ KRISTA DO HROBU

TECHNIKA MALBY ČESKÝCH DESKOVÝCH OBRAZŮ 1380–1420



TŘEBOŇSKÝ OLTÁŘ – KLADENÍ KRISTA DO HROBU

TECHNIKA MALBY ČESKÝCH DESKOVÝCH OBRAZŮ 1380–1420



TŘEBOŇSKÝ OLTÁŘ – KLADENÍ KRISTA DO HROBU

TECHNIKA MALBY ČESKÝCH DESKOVÝCH OBRAZŮ 1380–1420



TŘEBOŇSKÝ OLTÁŘ – KLADENÍ KRISTA DO HROBU

TECHNIKA MALBY ČESKÝCH DESKOVÝCH OBRAZŮ 1380–1420



TŘEBOŇSKÝ OLTÁŘ – KLADENÍ KRISTA DO HROBU

TECHNIKA MALBY ČESKÝCH DESKOVÝCH OBRAZŮ 1380–1420



TŘEBOŇSKÝ OLTÁŘ – KLADENÍ KRISTA DO HROBU

TECHNIKA MALBY ČESKÝCH DESKOVÝCH OBRAZŮ 1380–1420



TŘEBOŇSKÝ OLTÁŘ – KLADENÍ KRISTA DO HROBU

TECHNIKA MALBY ČESKÝCH DESKOVÝCH OBRAZŮ 1380–1420



TŘEBOŇSKÝ OLTÁŘ – KLADENÍ KRISTA DO HROBU

TECHNIKA MALBY ČESKÝCH DESKOVÝCH OBRAZŮ 1380–1420



TŘEBOŇSKÝ OLTÁŘ – KLADENÍ KRISTA DO HROBU

TECHNIKA MALBY ČESKÝCH DESKOVÝCH OBRAZŮ 1380–1420



TŘEBOŇSKÝ OLTÁŘ – KLADENÍ KRISTA DO HROBU

TECHNIKA MALBY ČESKÝCH DESKOVÝCH OBRAZŮ 1380–1420



TŘEBOŇSKÝ OLTÁŘ – KLADENÍ KRISTA DO HROBU

TECHNIKA MALBY ČESKÝCH DESKOVÝCH OBRAZŮ 1380–1420



TŘEBOŇSKÝ OLTÁŘ – KLADENÍ KRISTA DO HROBU

TECHNIKA MALBY ČESKÝCH DESKOVÝCH OBRAZŮ 1380–1420



TŘEBOŇSKÝ OLTÁŘ – KLADENÍ KRISTA DO HROBU

TECHNIKA MALBY ČESKÝCH DESKOVÝCH OBRAZŮ 1380–1420



TŘEBOŇSKÝ OLTÁŘ – KLADENÍ KRISTA DO HROBU



TŘEBOŇSKÝ OLTÁŘ – KLADENÍ KRISTA DO HROBU



TŘEBOŇSKÝ OLTÁŘ – KLADENÍ KRISTA DO HROBU



TŘEBOŇSKÝ OLTÁŘ – KLADENÍ KRISTA DO HROBU



TŘEBOŇSKÝ OLTÁŘ – KLADENÍ KRISTA DO HROBU





TŘEBOŇSKÝ OLTÁŘ – KLADENÍ KRISTA DO HROBU



TŘEBOŇSKÝ OLTÁŘ – KLADENÍ KRISTA DO HROBU



TŘEBOŇSKÝ OLTÁŘ – KLADENÍ KRISTA DO HROBU



TŘEBOŇSKÝ OLTÁŘ – KLADENÍ KRISTA DO HROBU



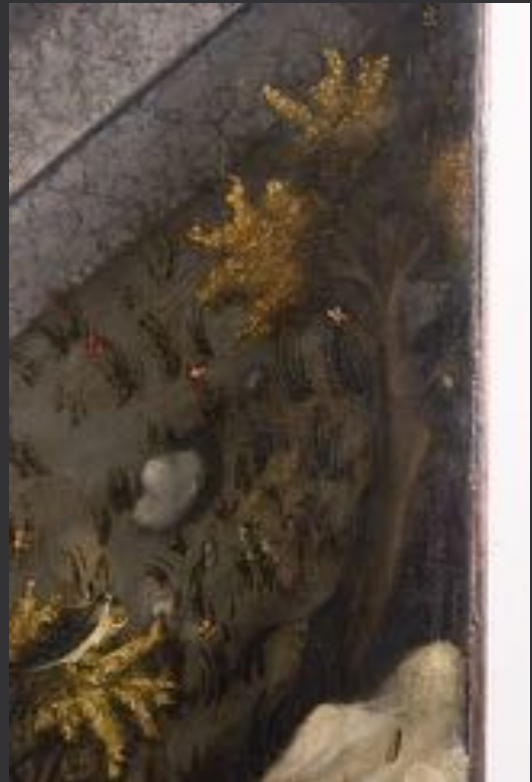
TŘEBOŇSKÝ OLTÁŘ – KLADENÍ KRISTA DO HROBU



TŘEBOŇSKÝ OLTÁŘ – KLADENÍ KRISTA DO HROBU



TŘEBOŇSKÝ OLTÁŘ – KLADENÍ KRISTA DO HROBU



TŘEBOŇSKÝ OLTÁŘ – KLADENÍ KRISTA DO HROBU



TŘEBOŇSKÝ OLTÁŘ – KLADENÍ KRISTA DO HROBU



TŘEBOŇSKÝ OLTÁŘ – KLADENÍ KRISTA DO HROBU



TŘEBOŇSKÝ OLTÁŘ – KLADENÍ KRISTA DO HROBU



TŘEBOŇSKÝ OLTÁŘ – KLADENÍ KRISTA DO HROBU



TŘEBOŇSKÝ OLTÁŘ – KLADENÍ KRISTA DO HROBU



TŘEBOŇSKÝ OLTÁŘ – KLADENÍ KRISTA DO HROBU



TŘEBOŇSKÝ OLTÁŘ – KLADENÍ KRISTA DO HROBU



TŘEBOŇSKÝ OLTÁŘ – KLADENÍ KRISTA DO HROBU



TŘEBOŇSKÝ OLTÁŘ – KLADENÍ KRISTA DO HROBU



TŘEBOŇSKÝ OLTÁŘ – KLADENÍ KRISTA DO HROBU



TŘEBOŇSKÝ OLTÁŘ – KLADENÍ KRISTA DO HROBU



TŘEBOŇSKÝ OLTÁŘ – KLADENÍ KRISTA DO HROBU



TŘEBOŇSKÝ OLTÁŘ – KLADENÍ KRISTA DO HROBU



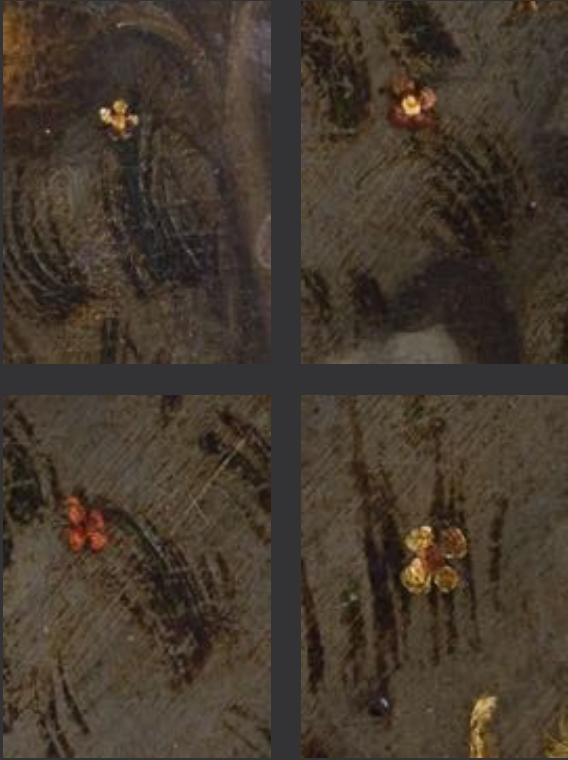
TŘEBOŇSKÝ OLTÁŘ – KLADENÍ KRISTA DO HROBU



TŘEBOŇSKÝ OLTÁŘ – KLADENÍ KRISTA DO HROBU



TŘEBOŇSKÝ OLTÁŘ – KLADENÍ KRISTA DO HROBU



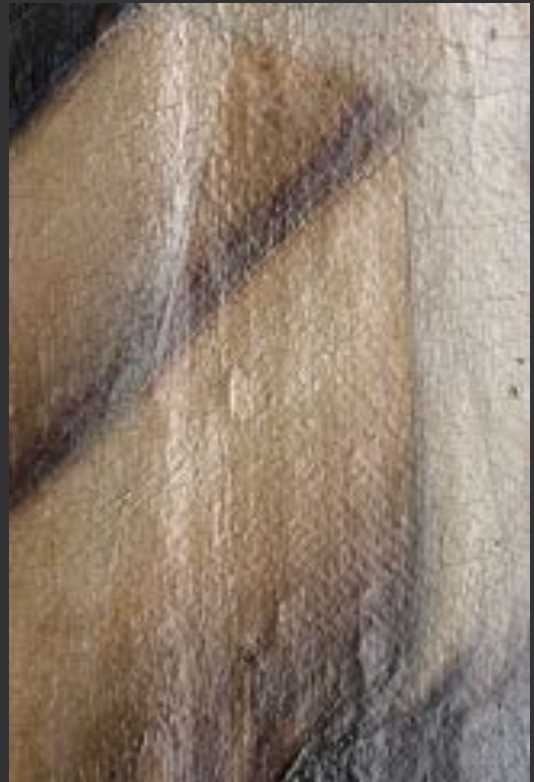
TŘEBOŇSKÝ OLTÁŘ – KLADENÍ KRISTA DO HROBU



TŘEBOŇSKÝ OLTÁŘ – KLADENÍ KRISTA DO HROBU



TŘEBOŇSKÝ OLTÁŘ – KLADENÍ KRISTA DO HROBU



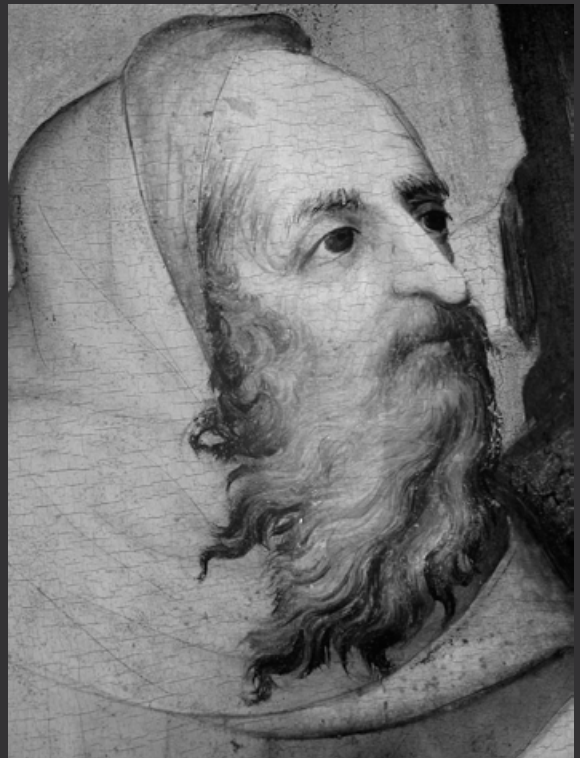
TŘEBOŇSKÝ OLTÁŘ – KLADENÍ KRISTA DO HROBU

TECHNIKA MALBY ČESKÝCH DESKOVÝCH OBRAZŮ 1380–1420



TŘEBOŇSKÝ OLTÁŘ – KLADENÍ KRISTA DO HROBU

TECHNIKA MALBY ČESKÝCH DESKOVÝCH OBRAZŮ 1380–1420



TŘEBOŇSKÝ OLTÁŘ – KLADENÍ KRISTA DO HROBU

TECHNIKA MALBY ČESKÝCH DESKOVÝCH OBRAZŮ 1380–1420



TŘEBOŇSKÝ OLTÁŘ – KLADENÍ KRISTA DO HROBU

TECHNIKA MALBY ČESKÝCH DESKOVÝCH OBRAZŮ 1380–1420



TŘEBOŇSKÝ OLTÁŘ – KLADENÍ KRISTA DO HROBU



TECHNIKA MALBY ČESKÝCH DESKOVÝCH OBRAZŮ 1380–1420



TŘEBOŇSKÝ OLTÁŘ – KLADENÍ KRISTA DO HROBU

TECHNIKA MALBY ČESKÝCH DESKOVÝCH OBRAZŮ 1380–1420



TŘEBOŇSKÝ OLTÁŘ – KLADENÍ KRISTA DO HROBU

TECHNIKA MALBY ČESKÝCH DESKOVÝCH OBRAZŮ 1380–1420

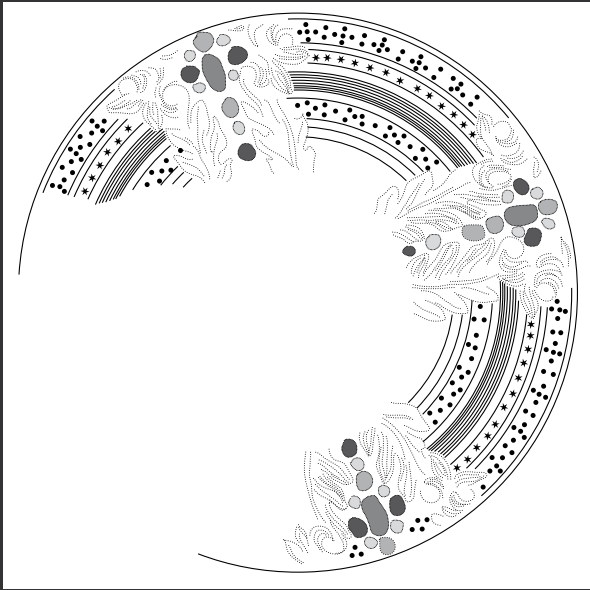


TŘEBOŇSKÝ OLTÁŘ – KLADENÍ KRISTA DO HROBU

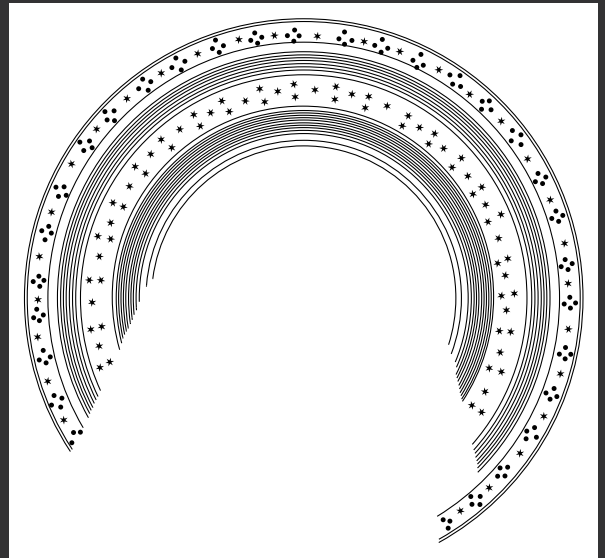
TECHNIKA MALBY ČESKÝCH DESKOVÝCH OBRAZŮ 1380–1420



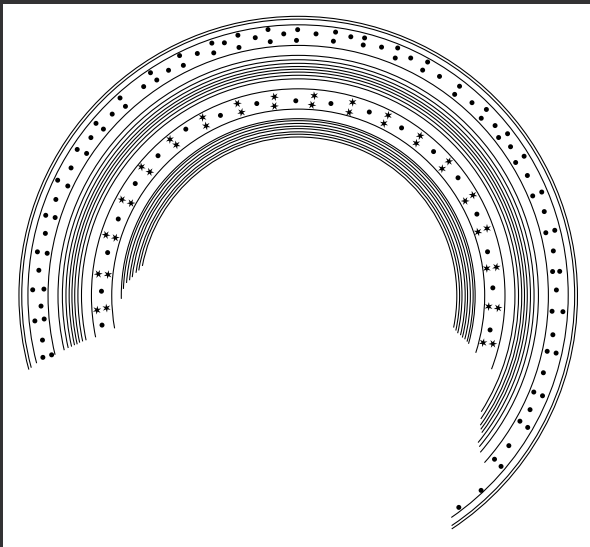
TŘEBOŇSKÝ OLTÁŘ – KLADENÍ KRISTA DO HROBU



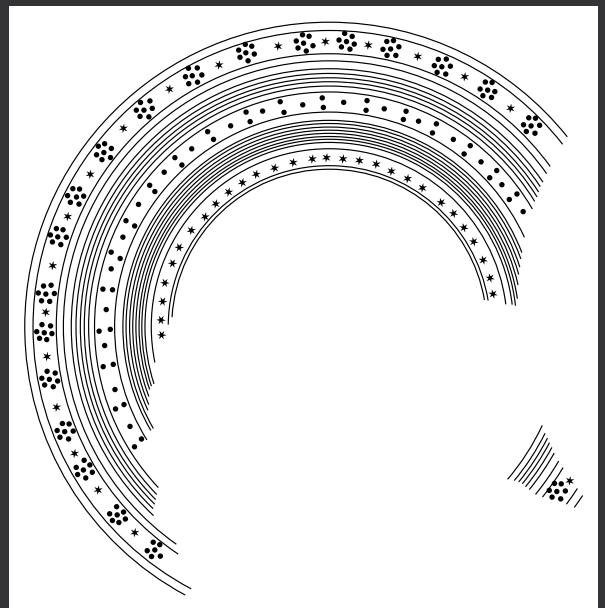
TŘEBOŇSKÝ OLTÁŘ – KLADENÍ KRISTA DO HROBU



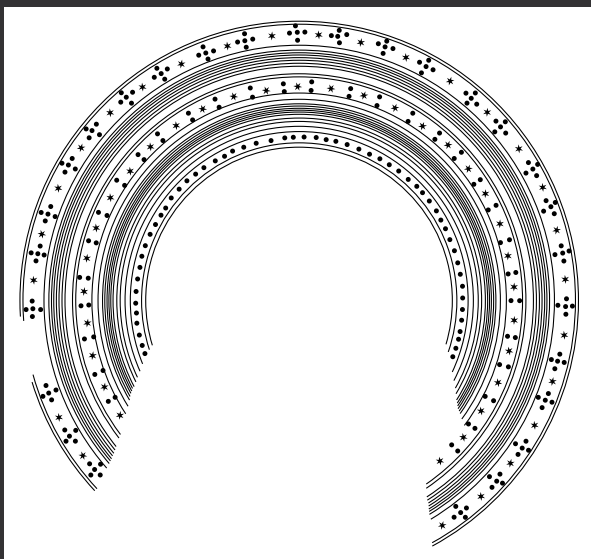
TŘEBOŇSKÝ OLTÁŘ – KLADENÍ KRISTA DO HROBU



TŘEBOŇSKÝ OLTÁŘ – KLADENÍ KRISTA DO HROBU



TŘEBOŇSKÝ OLTÁŘ – KLADENÍ KRISTA DO HROBU



TŘEBOŇSKÝ OLTÁŘ – KLADENÍ KRISTA DO HROBU



TŘEBOŇSKÝ OLTÁŘ – KLADENÍ KRISTA DO HROBU



TŘEBOŇSKÝ OLTÁŘ – KLADENÍ KRISTA DO HROBU



TŘEBOŇSKÝ OLTÁŘ – KLADENÍ KRISTA DO HROBU



TŘEBOŇSKÝ OLTÁŘ – KLADENÍ KRISTA DO HROBU



TŘEBOŇSKÝ OLTÁŘ – KLADENÍ KRISTA DO HROBU



TŘEBOŇSKÝ OLTÁŘ – KLADENÍ KRISTA DO HROBU



TŘEBOŇSKÝ OLTÁŘ – SV. JILJÍ, SV. AUGUSTIN A SV. JERONÝM



TŘEBOŇSKÝ OLTÁŘ – SV. JILJÍ, SV. AUGUSTIN A SV. JERONÝM



TŘEBOŇSKÝ OLTÁŘ – SV. JILJÍ, SV. AUGUSTIN A SV. JERONÝM



TŘEBOŇSKÝ OLTÁŘ – SV. JILJÍ, SV. AUGUSTIN A SV. JERONÝM



TŘEBOŇSKÝ OLTÁŘ – SV. JILJÍ, SV. AUGUSTIN A SV. JERONÝM



TŘEBOŇSKÝ OLTÁŘ – SV. JILJÍ, SV. AUGUSTIN A SV. JERONÝM



TŘEBOŇSKÝ OLTÁŘ – SV. JILJÍ, SV. AUGUSTIN A SV. JERONÝM



TŘEBOŇSKÝ OLTÁŘ – SV. JILJÍ, SV. AUGUSTIN A SV. JERONÝM



TŘEBOŇSKÝ OLTÁŘ – SV. JILJÍ, SV. AUGUSTIN A SV. JERONÝM

TECHNIKA MALBY ČESKÝCH DESKOVÝCH OBRAZŮ 1380–1420



TŘEBOŇSKÝ OLTÁŘ – SV. JILJÍ, SV. AUGUSTIN A SV. JERONÝM

TECHNIKA MALBY ČESKÝCH DESKOVÝCH OBRAZŮ 1380–1420



TŘEBOŇSKÝ OLTÁŘ – SV. JILJÍ, SV. AUGUSTIN A SV. JERONÝM

TECHNIKA MALBY ČESKÝCH DESKOVÝCH OBRAZŮ 1380–1420



TŘEBOŇSKÝ OLTÁŘ – SV. JILJÍ, SV. AUGUSTIN A SV. JERONÝM

TECHNIKA MALBY ČESKÝCH DESKOVÝCH OBRAZŮ 1380–1420



TŘEBOŇSKÝ OLTÁŘ – SV. JILJÍ, SV. AUGUSTIN A SV. JERONÝM

TECHNIKA MALBY ČESKÝCH DESKOVÝCH OBRAZŮ 1380–1420



TŘEBOŇSKÝ OLTÁŘ – SV. JILJÍ, SV. AUGUSTIN A SV. JERONÝM

TECHNIKA MALBY ČESKÝCH DESKOVÝCH OBRAZŮ 1380–1420



TŘEBOŇSKÝ OLTÁŘ – SV. JILJÍ, SV. AUGUSTIN A SV. JERONÝM

TECHNIKA MALBY ČESKÝCH DESKOVÝCH OBRAZŮ 1380–1420



TŘEBOŇSKÝ OLTÁŘ – SV. JILJÍ, SV. AUGUSTIN A SV. JERONÝM

TECHNIKA MALBY ČESKÝCH DESKOVÝCH OBRAZŮ 1380–1420



TŘEBOŇSKÝ OLTÁŘ – SV. JILJÍ, SV. AUGUSTIN A SV. JERONÝM



TECHNIKA MALBY ČESKÝCH DESKOVÝCH OBRAZŮ 1380–1420



TŘEBOŇSKÝ OLTÁŘ – SV. JILJÍ, SV. AUGUSTIN A SV. JERONÝM

TECHNIKA MALBY ČESKÝCH DESKOVÝCH OBRAZŮ 1380–1420



TŘEBOŇSKÝ OLTÁŘ – SV. JILJÍ, SV. AUGUSTIN A SV. JERONÝM

TECHNIKA MALBY ČESKÝCH DESKOVÝCH OBRAZŮ 1380–1420



TŘEBOŇSKÝ OLTÁŘ – SV. JILJÍ, SV. AUGUSTIN A SV. JERONÝM

TECHNIKA MALBY ČESKÝCH DESKOVÝCH OBRAZŮ 1380–1420



TŘEBOŇSKÝ OLTÁŘ – SV. JILJÍ, SV. AUGUSTIN A SV. JERONÝM



TŘEBOŇSKÝ OLTÁŘ – SV. JILJÍ, SV. AUGUSTIN A SV. JERONÝM



TŘEBOŇSKÝ OLTÁŘ – SV. JILJÍ, SV. AUGUSTIN A SV. JERONÝM



TŘEBOŇSKÝ OLTÁŘ – SV. JILJÍ, SV. AUGUSTIN A SV. JERONÝM



TŘEBOŇSKÝ OLTÁŘ – SV. JILJÍ, SV. AUGUSTIN A SV. JERONÝM



TŘEBOŇSKÝ OLTÁŘ – SV. JILJÍ, SV. AUGUSTIN A SV. JERONÝM



TŘEBOŇSKÝ OLTÁŘ – SV. JILJÍ, SV. AUGUSTIN A SV. JERONÝM



TŘEBOŇSKÝ OLTÁŘ – SV. JILJÍ, SV. AUGUSTIN A SV. JERONÝM



TŘEBOŇSKÝ OLTÁŘ – SV. JILJÍ, SV. AUGUSTIN A SV. JERONÝM

TECHNIKA MALBY ČESKÝCH DESKOVÝCH OBRAZŮ 1380–1420



TŘEBOŇSKÝ OLTÁŘ – SV. JILJÍ, SV. AUGUSTIN A SV. JERONÝM

TECHNIKA MALBY ČESKÝCH DESKOVÝCH OBRAZŮ 1380–1420



TŘEBOŇSKÝ OLTÁŘ – SV. JILJÍ, SV. AUGUSTIN A SV. JERONÝM

TECHNIKA MALBY ČESKÝCH DESKOVÝCH OBRAZŮ 1380–1420



TŘEBOŇSKÝ OLTÁŘ – SV. JILJÍ, SV. AUGUSTIN A SV. JERONÝM

TECHNIKA MALBY ČESKÝCH DESKOVÝCH OBRAZŮ 1380–1420



TŘEBOŇSKÝ OLTÁŘ – SV. JILJÍ, SV. AUGUSTIN A SV. JERONÝM



TŘEBOŇSKÝ OLTÁŘ – SV. JILJÍ, SV. AUGUSTIN A SV. JERONÝM



TŘEBOŇSKÝ OLTÁŘ – SV. JILJÍ, SV. AUGUSTIN A SV. JERONÝM



TŘEBOŇSKÝ OLTÁŘ – SV. JILJÍ, SV. AUGUSTIN A SV. JERONÝM



TŘEBOŇSKÝ OLTÁŘ – SV. JILJÍ, SV. AUGUSTIN A SV. JERONÝM



TECHNIKA MALBY ČESKÝCH DESKOVÝCH OBRAZŮ 1380–1420



TŘEBOŇSKÝ OLTÁŘ – SV. JILJÍ, SV. AUGUSTIN A SV. JERONÝM

TECHNIKA MALBY ČESKÝCH DESKOVÝCH OBRAZŮ 1380–1420



TŘEBOŇSKÝ OLTÁŘ – SV. JILJÍ, SV. AUGUSTIN A SV. JERONÝM

TECHNIKA MALBY ČESKÝCH DESKOVÝCH OBRAZŮ 1380–1420



TŘEBOŇSKÝ OLTÁŘ – SV. JILJÍ, SV. AUGUSTIN A SV. JERONÝM

TECHNIKA MALBY ČESKÝCH DESKOVÝCH OBRAZŮ 1380–1420



TŘEBOŇSKÝ OLTÁŘ – SV. JILJÍ, SV. AUGUSTIN A SV. JERONÝM

TECHNIKA MALBY ČESKÝCH DESKOVÝCH OBRAZŮ 1380–1420



TŘEBOŇSKÝ OLTÁŘ – SV. JILJÍ, SV. AUGUSTIN A SV. JERONÝM

TECHNIKA MALBY ČESKÝCH DESKOVÝCH OBRAZŮ 1380–1420



TŘEBOŇSKÝ OLTÁŘ – SV. JILJÍ, SV. AUGUSTIN A SV. JERONÝM

TECHNIKA MALBY ČESKÝCH DESKOVÝCH OBRAZŮ 1380–1420



TŘEBOŇSKÝ OLTÁŘ – SV. JILJÍ, SV. AUGUSTIN A SV. JERONÝM

TECHNIKA MALBY ČESKÝCH DESKOVÝCH OBRAZŮ 1380–1420



TŘEBOŇSKÝ OLTÁŘ – SV. JILJÍ, SV. AUGUSTIN A SV. JERONÝM



TŘEBOŇSKÝ OLTÁŘ – SV. JILJÍ, SV. AUGUSTIN A SV. JERONÝM



TŘEBOŇSKÝ OLTÁŘ – SV. JILJÍ, SV. AUGUSTIN A SV. JERONÝM



TŘEBOŇSKÝ OLTÁŘ – SV. JILJÍ, SV. AUGUSTIN A SV. JERONÝM



TŘEBOŇSKÝ OLTÁŘ – SV. JILJÍ, SV. AUGUSTIN A SV. JERONÝM



TECHNIKA MALBY ČESKÝCH DESKOVÝCH OBRAZŮ 1380–1420



TŘEBOŇSKÝ OLTÁŘ – SV. JILJÍ, SV. AUGUSTIN A SV. JERONÝM

TECHNIKA MALBY ČESKÝCH DESKOVÝCH OBRAZŮ 1380–1420



TŘEBOŇSKÝ OLTÁŘ – SV. JILJÍ, SV. AUGUSTIN A SV. JERONÝM

TECHNIKA MALBY ČESKÝCH DESKOVÝCH OBRAZŮ 1380–1420



TŘEBOŇSKÝ OLTÁŘ – SV. JILJÍ, SV. AUGUSTIN A SV. JERONÝM

TECHNIKA MALBY ČESKÝCH DESKOVÝCH OBRAZŮ 1380–1420



TŘEBOŇSKÝ OLTÁŘ – SV. JILJÍ, SV. AUGUSTIN A SV. JERONÝM

TECHNIKA MALBY ČESKÝCH DESKOVÝCH OBRAZŮ 1380–1420



TŘEBOŇSKÝ OLTÁŘ – SV. JILJÍ, SV. AUGUSTIN A SV. JERONÝM

TECHNIKA MALBY ČESKÝCH DESKOVÝCH OBRAZŮ 1380–1420



TŘEBOŇSKÝ OLTÁŘ – SV. JILJÍ, SV. AUGUSTIN A SV. JERONÝM

TECHNIKA MALBY ČESKÝCH DESKOVÝCH OBRAZŮ 1380–1420



TŘEBOŇSKÝ OLTÁŘ – SV. JILJÍ, SV. AUGUSTIN A SV. JERONÝM

TECHNIKA MALBY ČESKÝCH DESKOVÝCH OBRAZŮ 1380–1420



TŘEBOŇSKÝ OLTÁŘ – SV. JILJÍ, SV. AUGUSTIN A SV. JERONÝM

TECHNIKA MALBY ČESKÝCH DESKOVÝCH OBRAZŮ 1380–1420



TŘEBOŇSKÝ OLTÁŘ – SV. JILJÍ, SV. AUGUSTIN A SV. JERONÝM

TECHNIKA MALBY ČESKÝCH DESKOVÝCH OBRAZŮ 1380–1420



TŘEBOŇSKÝ OLTÁŘ – SV. JILJÍ, SV. AUGUSTIN A SV. JERONÝM

TECHNIKA MALBY ČESKÝCH DESKOVÝCH OBRAZŮ 1380–1420



TŘEBOŇSKÝ OLTÁŘ – SV. JILJÍ, SV. AUGUSTIN A SV. JERONÝM

TECHNIKA MALBY ČESKÝCH DESKOVÝCH OBRAZŮ 1380–1420



TŘEBOŇSKÝ OLTÁŘ – SV. JILJÍ, SV. AUGUSTIN A SV. JERONÝM



TŘEBOŇSKÝ OLTÁŘ – SV. JILJÍ, SV. AUGUSTIN A SV. JERONÝM



TŘEBOŇSKÝ OLTÁŘ – SV. JILJÍ, SV. AUGUSTIN A SV. JERONÝM



TŘEBOŇSKÝ OLTÁŘ – SV. JILJÍ, SV. AUGUSTIN A SV. JERONÝM



TŘEBOŇSKÝ OLTÁŘ – SV. JILJÍ, SV. AUGUSTIN A SV. JERONÝM



TŘEBOŇSKÝ OLTÁŘ – SV. JILJÍ, SV. AUGUSTIN A SV. JERONÝM



TŘEBOŇSKÝ OLTÁŘ – SV. JILJÍ, SV. AUGUSTIN A SV. JERONÝM



TŘEBOŇSKÝ OLTÁŘ – SV. JILJÍ, SV. AUGUSTIN A SV. JERONÝM



TŘEBOŇSKÝ OLTÁŘ – SV. JILJÍ, SV. AUGUSTIN A SV. JERONÝM

TECHNIKA MALBY ČESKÝCH DESKOVÝCH OBRAZŮ 1380–1420



TŘEBOŇSKÝ OLTÁŘ – SV. JILJÍ, SV. AUGUSTIN A SV. JERONÝM

TECHNIKA MALBY ČESKÝCH DESKOVÝCH OBRAZŮ 1380–1420



TŘEBOŇSKÝ OLTÁŘ – SV. JILJÍ, SV. AUGUSTIN A SV. JERONÝM

TECHNIKA MALBY ČESKÝCH DESKOVÝCH OBRAZŮ 1380–1420



TŘEBOŇSKÝ OLTÁŘ – SV. JILJÍ, SV. AUGUSTIN A SV. JERONÝM

TECHNIKA MALBY ČESKÝCH DESKOVÝCH OBRAZŮ 1380–1420



TŘEBOŇSKÝ OLTÁŘ – SV. JILJÍ, SV. AUGUSTIN A SV. JERONÝM

TECHNIKA MALBY ČESKÝCH DESKOVÝCH OBRAZŮ 1380–1420



TŘEBOŇSKÝ OLTÁŘ – SV. JILJÍ, SV. AUGUSTIN A SV. JERONÝM

TECHNIKA MALBY ČESKÝCH DESKOVÝCH OBRAZŮ 1380–1420



TŘEBOŇSKÝ OLTÁŘ – SV. JILJÍ, SV. AUGUSTIN A SV. JERONÝM

TECHNIKA MALBY ČESKÝCH DESKOVÝCH OBRAZŮ 1380–1420



TŘEBOŇSKÝ OLTÁŘ – SV. JILJÍ, SV. AUGUSTIN A SV. JERONÝM

TECHNIKA MALBY ČESKÝCH DESKOVÝCH OBRAZŮ 1380–1420



TŘEBOŇSKÝ OLTÁŘ – SV. JILJÍ, SV. AUGUSTIN A SV. JERONÝM

TECHNIKA MALBY ČESKÝCH DESKOVÝCH OBRAZŮ 1380–1420



TŘEBOŇSKÝ OLTÁŘ – SV. JILJÍ, SV. AUGUSTIN A SV. JERONÝM

TECHNIKA MALBY ČESKÝCH DESKOVÝCH OBRAZŮ 1380–1420



TŘEBOŇSKÝ OLTÁŘ – SV. JILJÍ, SV. AUGUSTIN A SV. JERONÝM

TECHNIKA MALBY ČESKÝCH DESKOVÝCH OBRAZŮ 1380–1420



TŘEBOŇSKÝ OLTÁŘ – SV. JILJÍ, SV. AUGUSTIN A SV. JERONÝM

TECHNIKA MALBY ČESKÝCH DESKOVÝCH OBRAZŮ 1380–1420



TŘEBOŇSKÝ OLTÁŘ – SV. JILJÍ, SV. AUGUSTIN A SV. JERONÝM





TŘEBOŇSKÝ OLTÁŘ – SV. JILJÍ, SV. AUGUSTIN A SV. JERONÝM



TŘEBOŇSKÝ OLTÁŘ – SV. JILJÍ, SV. AUGUSTIN A SV. JERONÝM



TŘEBOŇSKÝ OLTÁŘ – SV. JILJÍ, SV. AUGUSTIN A SV. JERONÝM



TŘEBOŇSKÝ OLTÁŘ – SV. JILJÍ, SV. AUGUSTIN A SV. JERONÝM



TŘEBOŇSKÝ OLTÁŘ – SV. JILJÍ, SV. AUGUSTIN A SV. JERONÝM



TŘEBOŇSKÝ OLTÁŘ – SV. JILJÍ, SV. AUGUSTIN A SV. JERONÝM



TŘEBOŇSKÝ OLTÁŘ – SV. JILJÍ, SV. AUGUSTIN A SV. JERONÝM



TŘEBOŇSKÝ OLTÁŘ – SV. JILJÍ, SV. AUGUSTIN A SV. JERONÝM

TECHNIKA MALBY ČESKÝCH DESKOVÝCH OBRAZŮ 1380–1420



TŘEBOŇSKÝ OLTÁŘ – SV. JILJÍ, SV. AUGUSTIN A SV. JERONÝM

TECHNIKA MALBY ČESKÝCH DESKOVÝCH OBRAZŮ 1380–1420



TŘEBOŇSKÝ OLTÁŘ – SV. JILJÍ, SV. AUGUSTIN A SV. JERONÝM

TECHNIKA MALBY ČESKÝCH DESKOVÝCH OBRAZŮ 1380–1420

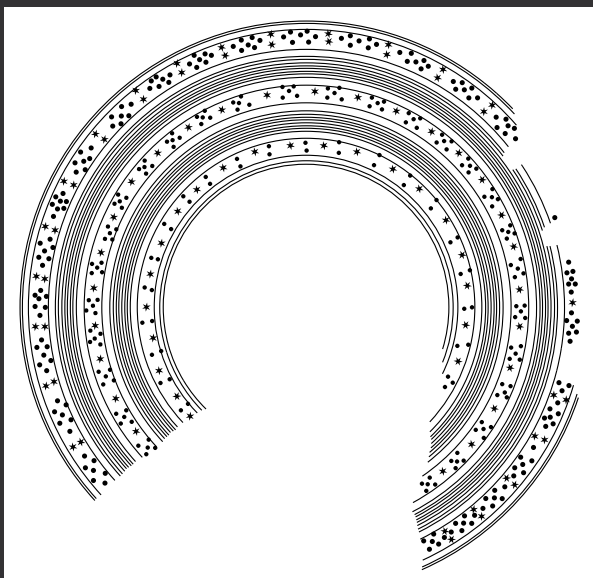


TŘEBOŇSKÝ OLTÁŘ – SV. JILJÍ, SV. AUGUSTIN A SV. JERONÝM

TECHNIKA MALBY ČESKÝCH DESKOVÝCH OBRAZŮ 1380–1420



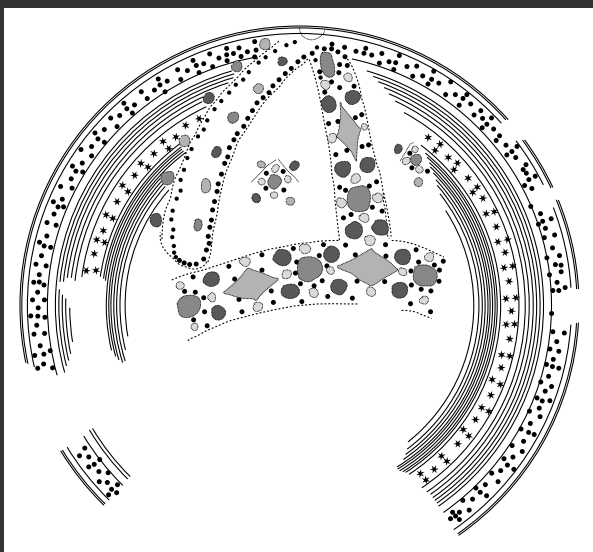
TŘEBOŇSKÝ OLTÁŘ – SV. JILJÍ, SV. AUGUSTIN A SV. JERONÝM



TŘEBOŇSKÝ OLTÁŘ – SV. JILJÍ, SV. AUGUSTIN A SV. JERONÝM



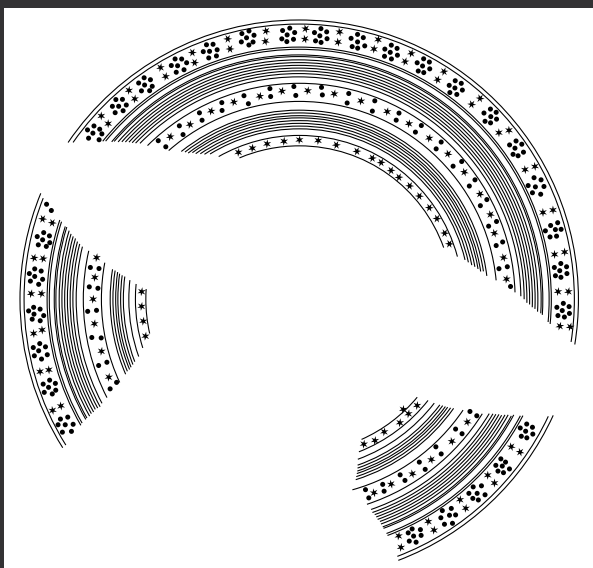
TŘEBOŇSKÝ OLTÁŘ – SV. JILJÍ, SV. AUGUSTIN A SV. JERONÝM



TŘEBOŇSKÝ OLTÁŘ – SV. JILJÍ, SV. AUGUSTIN A SV. JERONÝM



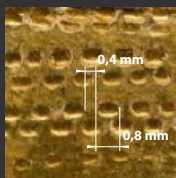
TŘEBOŇSKÝ OLTÁŘ – SV. JILJÍ, SV. AUGUSTIN A SV. JERONÝM



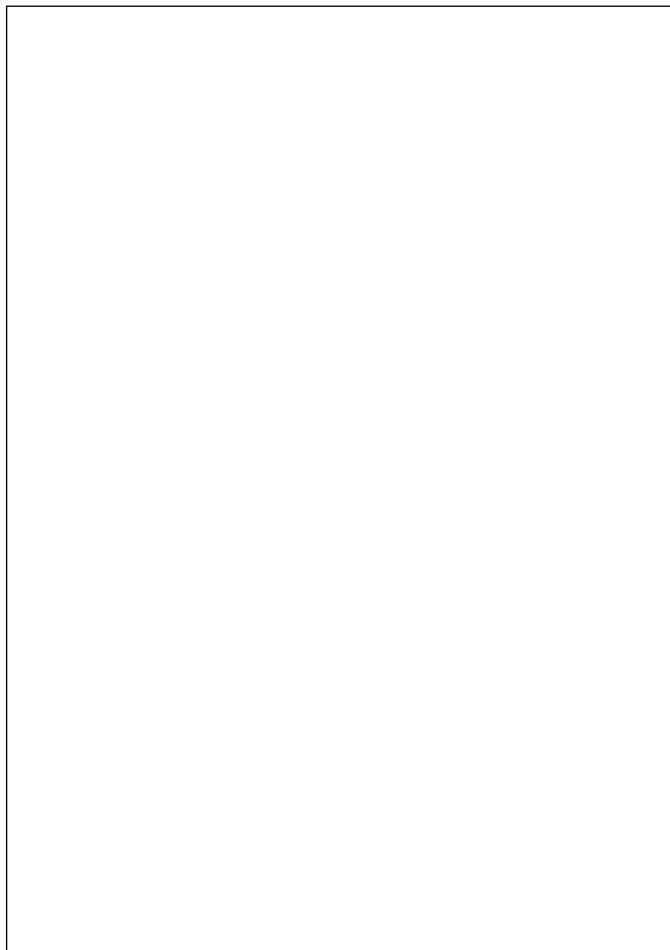
TŘEBOŇSKÝ OLTÁŘ – SV. JILJÍ, SV. AUGUSTIN A SV. JERONÝM



TŘEBOŇSKÝ OLTÁŘ – SV. JILJÍ, SV. AUGUSTIN A SV. JERONÝM



TŘEBOŇSKÝ OLTÁŘ – SV. JILJÍ, SV. AUGUSTIN A SV. JERONÝM



## **Příloha č. 4:**

---

**Laboratorní zpráva a protokoly  
z analýz, archiv chemicko-  
-technologické laboratoře**

## Laboratorní zpráva

**15/219**

**Autor:** Anonym (Severozápadní Čechy)  
**Název díla:** Sv. Erasmus, sv. Linhart, sv. Pantaleon  
**Doba vzniku:** 1480 – 1490  
**Inv. č.:** P 3020  
**Rozměry:** 73 cm × 57 cm  
**Majitel:** Národní galerie v Praze  
**Restaurátor:** ak. mal. Anna Třeštíková

V rámci grantového projektu NAKI – Technologie 15006 byla provedena neinvazivní makro-fotodokumentace povrchu polychromie a prvková analýza a dále průzkum polychromie, pro který bylo odebráno šest vzorků:

- vzorek č. 1 – pressbrokát (?) na rukávu sv. Pantaleona
- vzorek č. 2 – červený rub pláště sv. Pantaleona
- vzorek č. 3 – stříbření na plášti sv. Linharta
- vzorek č. 4 – zlacení na plášti sv. Erasma
- vzorek č. 5 – inkarnát sv. Erasma
- vzorek č. 6 – zelená punčocha na noze sv. Pantaleona

### Použité postupy a analytické metody

- neinvazivní rentgenfluorescenční analýza (XRF) provedená pomocí přenosného přístroje NITON XL3t GOLDD+ od firmy Thermo Scientific (**příloha XRF**)
- makro-fotodokumentace povrchu provedená pomocí USB mikroskopu AM4113ZT Dino-Lite Premier v polarizovaném světle při zvětšení 50 × a 200 × a rozlišení 1,3 MPx, zpracování v programu Dino Capture 2.0 verze 1.5.1.F. (**příloha Makro-foto**)
- příprava příčných nábrusů: část vzorků malby byla zalita do methyl-methakrylátové pryskyřice ClaroCit, po vytvrzení byl nábrus vybroušen a vyleštěn na brusných papírech tvrdosti P 320, P 1200 a P 2500
- zhotovení fotografií nábrusů na mikroskopu Eclipse 600 Nikon v odraženém světle, v temném poli a po excitaci ultrafialovým světlem ve dvou rozsazích vlnových délek (UV filtr 330 – 380 nm a zelený filtr 450 – 490 nm) pomocí kamery DS-Fi2 Nikon, jejich zpracování na PC v programech NIS Elements D a Zoner Photo Studio 8 a následný popis stratigrafie
- příprava preparátů pigmentů a jejich mikroskopická analýza v polarizačním mikroskopu
- mikrochemická analýza a zkoušky rozpustnosti pigmentů standardními mikroanalytickými postupy
- molekulová analýza na mikro-vzorcích metodou Ramanovy mikrospektroskopie provedená na disperzním Ramanově mikrospektroskopu Nicolet DXR od firmy Thermo Scientific, zpracování v programu Omnic 9 (**příloha MRS**)
- prvková analýza na mikro-vzorcích provedená na elektronovém mikroskopu s mikroanalýzátoem JEOL JSM 6460 LA (**příloha SEM/EDS**)
- mikrochemický test na přítomnost oleje u vzorků č. 1 – 6 a histochemické barvení příčných řezů fuschinem S k prokázání proteinů u vzorku č. 4

- analýza pojiv plynovou chromatografií s hmotnostní spektroskopií pomocí 6890N plynového chromatografu modelu 6890N a kvadrupólového hmotnostního spektrometru modelu 5973N od firmy Agilent Technologies (**příloha GC/MS**)

## Výsledky analýz

Komplexní interpretace výsledků vychází z komplementárně se doplňujících analýz a všech získaných dat.

### Vzorek č. 1 – pressbrokát (?) na rukávu sv. Pantaleona

Na stratigrafii vzorku lze pozorovat zbytky podkladu z přírodní křídly pojené olejem. Na tuto vrstvu pravděpodobně (v místech, kde podklad již chybí) navazuje spodní červená vrstva minia a dále i černá vrstva tvořená černí na bázi uhlíku a miniem. Nad těmito vrstvami leží širší organická vrstva plněná vlákny rostlinného původu (bavlna, len), silně pojená olejem. Na vrstvu s vlákny je vyvedena červená vrstva mordantu tvořená rumělkou, přírodními červenými hlinkami (s příměsí anatasu), červeným organickým lakem a křídou silně pojená olejem. Červená vrstva je dále pokovená zlatou folií s příměsí stříbra. Na úrovni zlaté folie byl identifikován i ojedinělý fragment cínové folie, zřejmě se tedy jedná o zdegradovaný zbytek zlacené pressbrokátové výzdoby (potvrzeno i makrofotodokumentací povrchu a prvkovou analýzou obdobných částí šatu sv. Pantaleona). Ve vrstvách nad pokovením byla identifikována novější retuš barytové a zinkové běloby v organické vrstvě vosku.

Za účelem identifikace pojiv hmoty brokátu s cínovou folií (která není zachycena na stratigrafii vzorku č. 1) byla využita metoda GC-MS, kterou byly v této hmotě identifikovány lněný olej se stopami včelího vosku a borové pryskyřice a živočišný klič. Hmota brokátu je tedy pojena převážně živočišným kličem s přídavkem oleje (jak dokazuje i mikrochemická zkouška na přítomnost oleje); pryskyřice je spolu s olejem (prokázaným rovněž mikrochemickou zkouškou) součástí mordantu pod pokovením, vosk lze najít na povrchu vzorku. Olej byl mikrochemickými zkouškami potvrzen dále i v organické vrstvě vláken.

Ve vzorku byla nalezena noha hmyzu (viz fotodokumentace).

### Vzorek č. 2 – červený rub pláště sv. Pantaleona

Na stratigrafii vzorku lze pozorovat podklad z přírodní křídly s ojedinělými zrny černí na bázi uhlíku silně pojený olejem. Nad podkladem jsou červené vrstvy, opět silně pojené olejem: spodní oranžová je tvořena miniem, vrchní oranžovo-růžová obsahuje zrna rumělků, minia a masikotu. Na povrchu jsou zřetelné kousky organické vrstvy vosku.

### Vzorek č. 3 – stříbření na plášti sv. Linharta

Na stratigrafii vzorku je pozdější sádrový podklad pojený olejem s pravděpodobnou příměsí proteinu, na kterém je provedeno pokovení plátkovým stříbrem na červenou vrstvu přírodní hlínky (pravděpodobně poliment), a to ve dvou následných vrstvách (tj. nad spodní vrstvou stříbra byla vyvedena další, vrchní stříbrná vrstva). Nad vrchním stříbřením se dále nachází silná organická vrstva vosku.



**Vzorek č. 4 – zlacení na plášti sv. Erasma**

Na stratigrafii vzorku je pozdější sádrový podklad pojený proteinem s příměsí oleje, ve kterém bylo dále nalezeno ojedinělé zrno ultramarínu. Podklad je pokoven plátkovým zlatem na červenou vrstvu přírodní hlínky (s příměsí anatasu) pojenou taktéž proteinem s přídatkem oleje. Nad zlacením se dále nachází tenká organická vrstva vosku.

**Vzorek č. 5 – inkarnát sv. Erasma**

Na stratigrafii vzorku lze pozorovat podklad z přírodní křídly pojený olejem, na který je provedeno pokovení plátkovým zlatem na červenou silně olejovou vrstvu přírodní červené hlínky (s příměsí anatasu) a rumělky. Na stratigrafii je dále patrná malá ohraničená oranžová vrstva na bázi olovnaté běloby a křídly. Nad pokovením je vrstva malby inkarnátu silně pojená olejem, ve které byla identifikována četná zrna minia, ojedinělá zrna černi na bázi uhlíku i skvrny červeného organického laku v olovnaté bělobě. Nad vrstvou malby inkarnátu jsou dále zřetelné dvě organické vrstvy laku a vosku.

**Vzorek č. 6 – zelená punčocha na noze sv. Pantaleona**

Na stratigrafii vzorku je podklad z přírodní křídly pojený olejem překrytý vrstvou olejové izolace. Nad podkladem jsou tři zelené vrstvy silně pojené olejem: ve spodní světle zelené vrstvě byl identifikován měďnatý pigment (pravděpodobně měděnka) s příměsí anatasu, olovnatá běloba, ale i Berlínská modř (možné znečištění z vrchních vrstev, viz dále); tmavě zelená vrstva obsahuje měďnatý pigment (pravděpodobně měděnku) a čern na bázi uhlíku; vrchní červeno-zelená zahrnuje rumělku, Berlínskou modř a příměs anatasu. Na červeno-zelené vrstvě byly nalezeny fragmenty zlatého pokovení, nad kterým byly identifikovány novější doplňky na bázi barytové běloby a transparentní vrstvy chromové zeleni (směsi Pruské modři a chromové žluti) v organické vrstvě vosku.

V Praze dne 24. 8. 2016

Ing. Kateřina Tomšová  
Chemicko-technologická laboratoř NG v Praze

**Podklady**

1. Evidenční karta díla, NG v Praze, inv. č.: P 3020, zdroj databáze Bach.
2. EASTAUGH, N., WALSH, V., CHAPLIN, T., SIDDALL, R. *Pigment Compendium: A Dictionary and Optical Microscopy of Historical Pigments*. Butterworth-Heinemann, 2008. ISBN 978-0-7506-8980-9.
3. LOSOS, L. *Pozlacování a polychromie*. GRADA, 2005. ISBN 80-247-0913-9.

Rozsah zprávy:	70 stran	
	3 strany textu	18 stran protokol MRS (Ing. K. Tomšová)
	1 strana zákres míst odběru vzorků	16 stran protokol XRF (Ing. K. Tomšová)
	10 stran obrazová příloha	9 stran protokol SEM/EDS (Bc. BcA M. Kmoníčková)
	8 stran příloha Makro-fotodokumentace (Ing. K. Tomšová)	5 stran protokol GC-MS (Dr. Václav Pitthard)

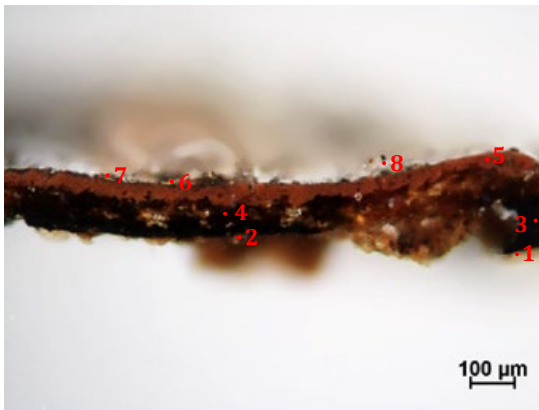
Zákres míst odběru vzorků



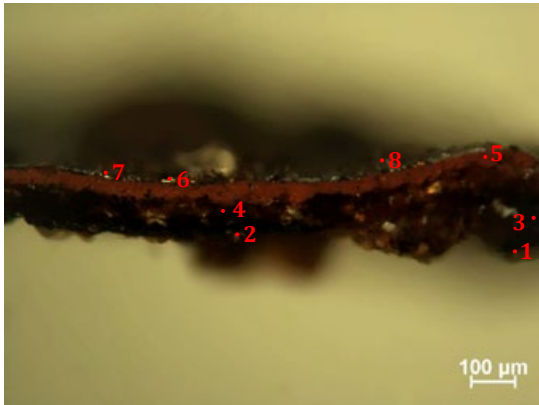
Anonym, Čechy 1480 – 1490

Sv. Erasmus, sv. Linhart, sv. Pantaleon

NG v Praze, inv. č. P 3020



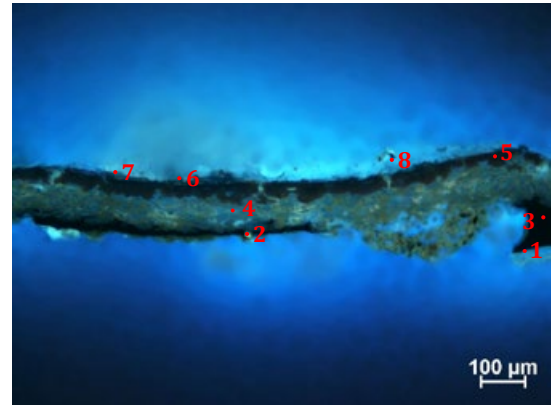
odražené světlo



temné pole

**Vzorek č. 1 – pressbrokát (?) na rukávu sv. Pantaleona**

- 8 organická vrstva – vosk
- 7 světlá – barytová běloba, zinková běloba
- 6 pokovení – zlato
- 5 červená – rumělka, přírodní červená hlínka, křída, červený organický lak
- 4 hnědá – organická vrstva
- 3 černá – čern na bázi uhlíku, minium
- 2 spodní červená – minium
- 1 zbytky podkladu – přírodní křída

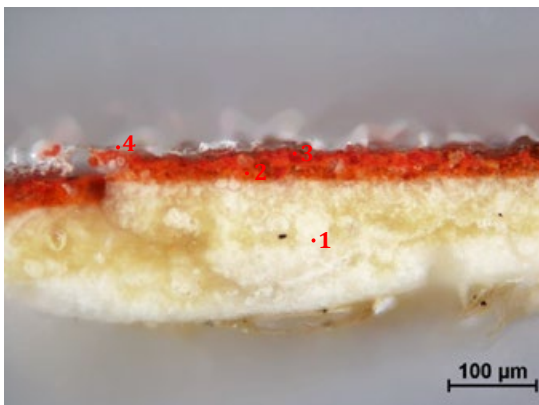


UV světlo

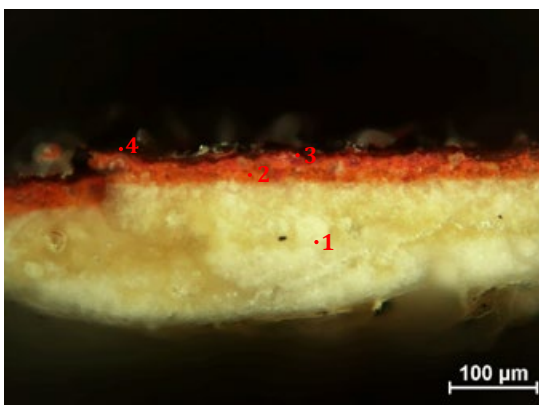
Anonym, Čechy 1480 – 1490

Sv. Erasmus, sv. Linhart, sv. Pantaleon

NG v Praze, inv. č. P 3020



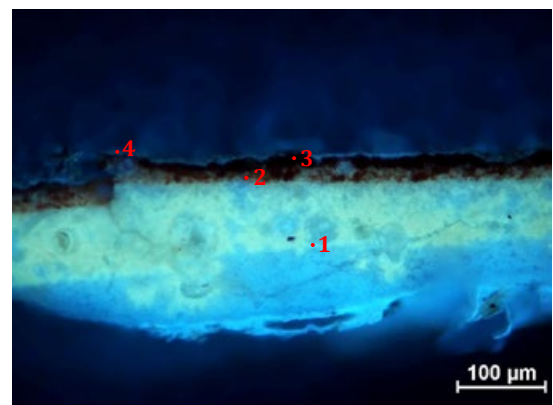
odražené světlo



temné pole

**Vzorek č. 2 – červený rub pláště sv. Pantaleona**

- 4 organická vrstva – vosk
- 3 oranžovo-růžová – rumělka, minium, masikot
- 2 oranžová – minium
- 1 podklad – přírodní křída

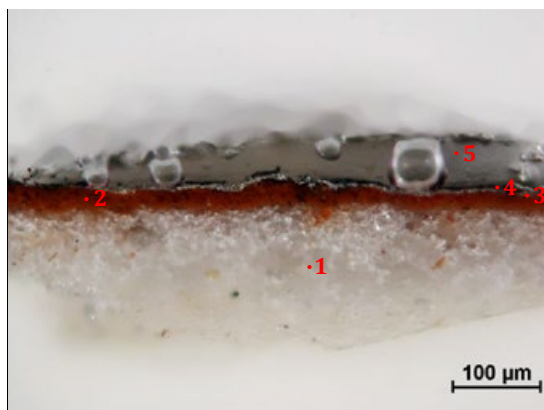


UV světlo

Anonym, Čechy 1480 – 1490

Sv. Erasmus, sv. Linhart, sv. Pantaleon

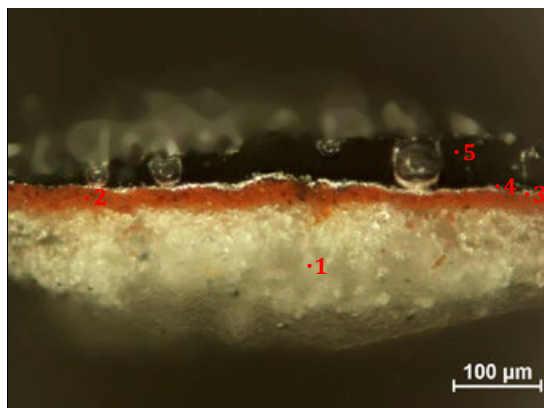
NG v Praze, inv. č. P 3020



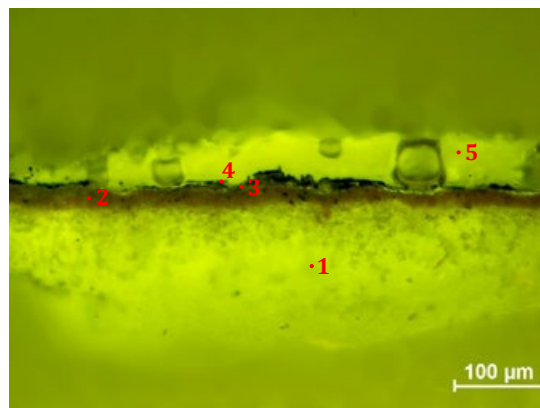
odražené světlo

**Vzorek č. 3 – stříbření na plášti sv. Linharta**

- 5 organická vrstva – vosk
- 4 pokovení vrchní – stříbro s degradačními produkty
- 3 pokovení spodní – stříbro
- 2 červená – přírodní červená hlínka
- 1 podklad – sádra



temné pole

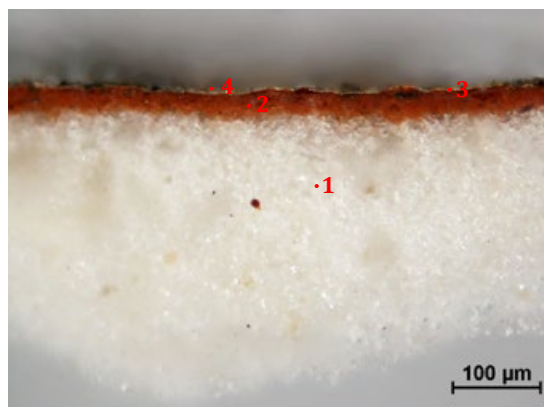


UV světlo

Anonym, Čechy 1480 – 1490

Sv. Erasmus, sv. Linhart, sv. Pantaleon

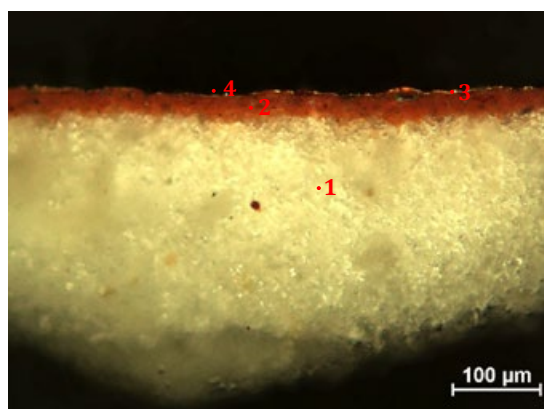
NG v Praze, inv. č. P 3020



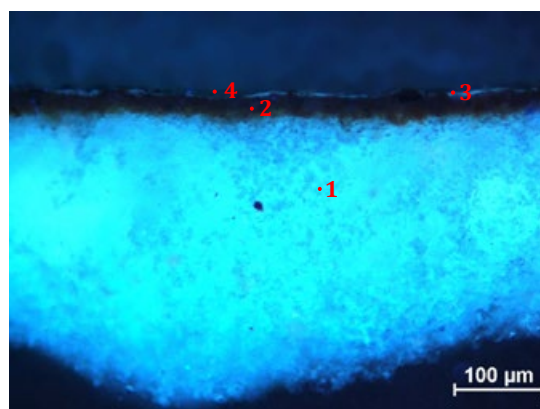
odražené světlo

**Vzorek č. 4 – zlacení na plášti sv. Erasma**

- 4 organická vrstva – vosk
- 3 pokovení – zlato
- 2 červená – přírodní červená hlínka
- 1 podklad – sádra



temné pole

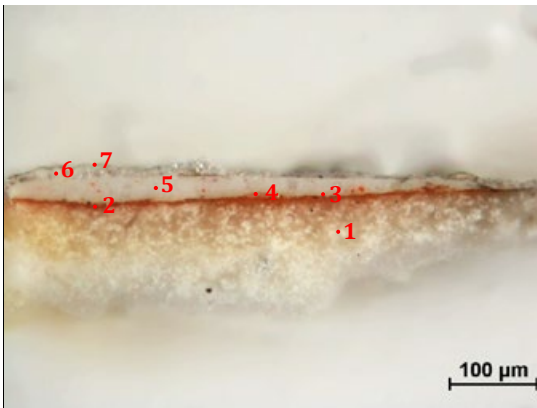


UV světlo

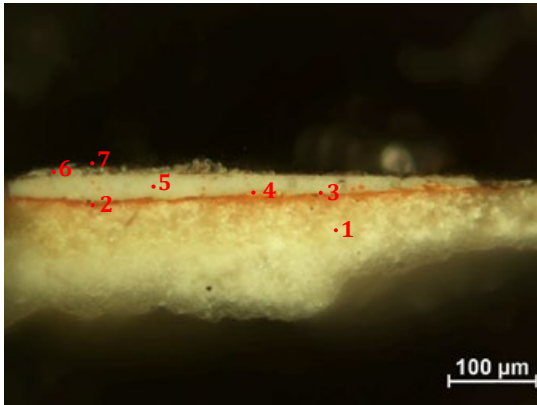
Anonym, Čechy 1480 – 1490

Sv. Erasmus, sv. Linhart, sv. Pantaleon

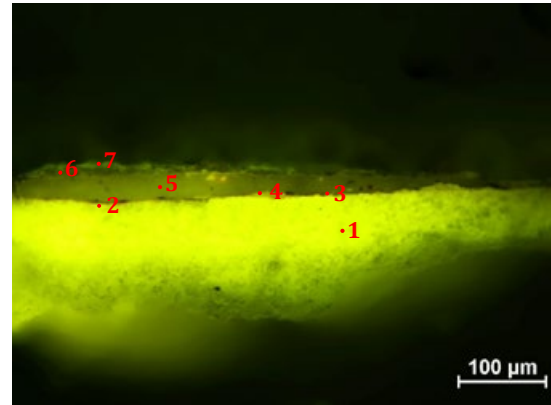
NG v Praze, inv. č. P 3020



odražené světlo



temné pole



UV světlo

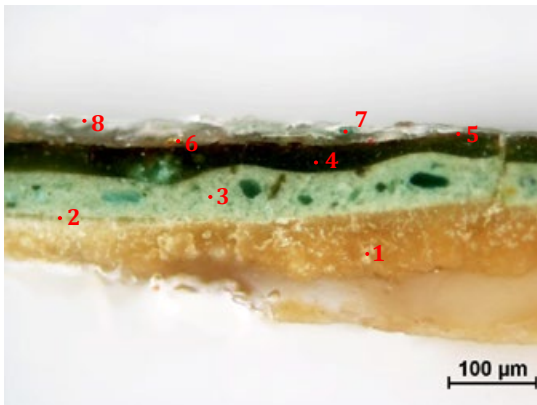
**Vzorek č. 5 – inkarnát sv. Erasma**

- 7 organická vrstva – lak
- 6 organická vrstva – vosk
- 5 bílá – olovnatá běloba, minium, křída, červený organický lak
- 4 oranžová – olovnatá běloba, křída
- 3 pokovení – zlato
- 2 červená – přírodní červená hlinka, rumělka
- 1 podklad – přírodní křída

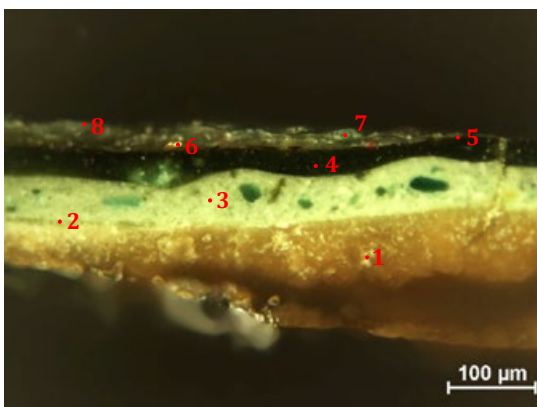
Anonym, Čechy 1480 – 1490

Sv. Erasmus, sv. Linhart, sv. Pantaleon

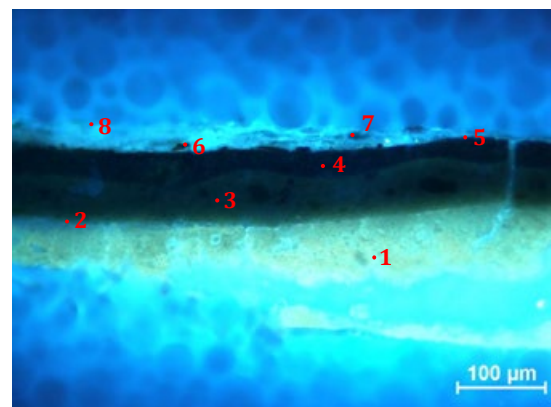
NG v Praze, inv. č. P 3020



odražené světlo



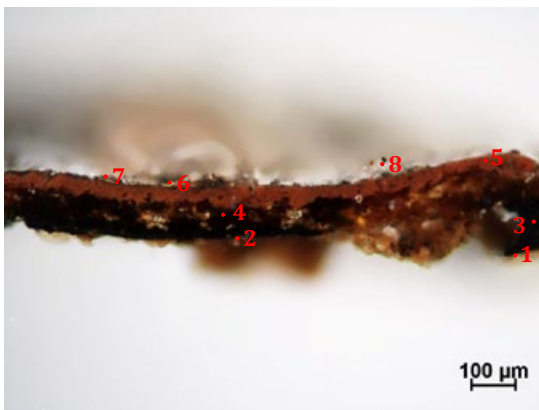
temné pole



UV světlo

**Vzorek č. 6 – zelená punčocha na noze sv. Pantaleona**

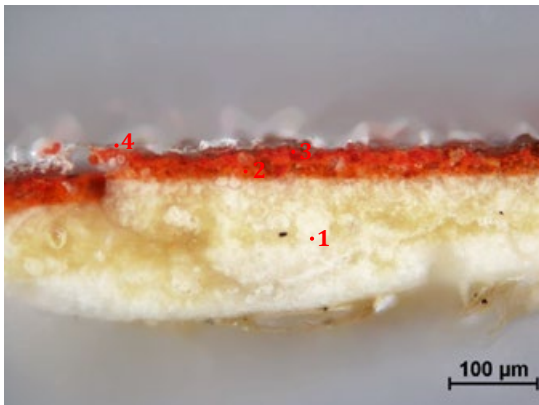
- 8 organická vrstva – vosk
- 7 transparentní zelená – barytová běloba, chromová zeleň
- 6 fragmenty pokovení – zlato
- 5 červeno-zelená – rumělka, Berlínská modř
- 4 tmavě zelená – měďnatý pigment (měděnka), čern na bázi uhlíku
- 3 světle zelená – měďnatý pigment (měděnka), olovnatá běloba, druhotná Berlínská modř (viz text)
- 2 organická izolace – olej
- 1 podklad – přírodní křída



vzorek č. 1

**Vzorek č. 1 – pressbrokát (?) na rukávu sv. Pantaleona**  
 vyhodnocení po orientační zkoušce na přítomnost oleje

	vrstva	olej
8	organická vrstva vosku	-
7	světlá retuš	-
6	zlaté pokovení	-
5	červená	++
4	hnědá organická vrstva	++
3	černá	-
2	spodní červená	-
1	křídový podklad	+

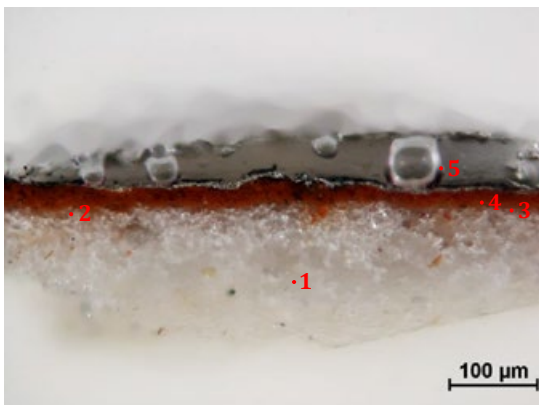


vzorek č. 2

**Vzorek č. 2 – červený rub pláště sv. Pantaleona**

vyhodnocení po orientační zkoušce na přítomnost oleje

	vrstva	olej
4	organická vrstva vosku	-
3	oranžovo-růžová	++
2	oranžová	++
1	křídový podklad	++

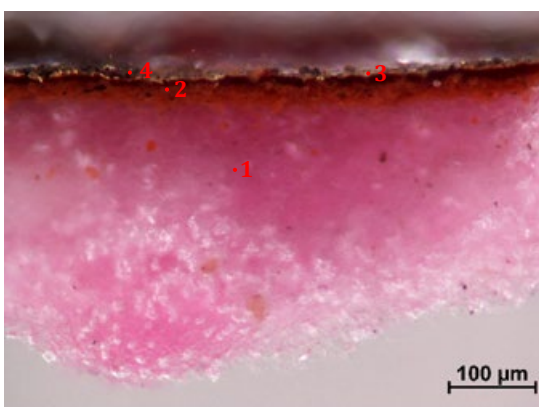


vzorek č. 3

**Vzorek č. 3 – stříbření na plášti sv. Linharta**

vyhodnocení po orientační zkoušce na přítomnost oleje

	vrstva	olej
5	organická vrstva vosku	-
4	stříbrné pokovení vrchní	-
3	stříbrné pokovení spodní	-
2	červený poliment	-
1	sádrový podklad	+



vzorek č. 4

**Vzorek č. 4 – zlacení na plášti sv. Erasma**

vyhodnocení po histochemickém barvení a orientační zkoušce na přítomnost oleje

	vrstva	proteiny	olej
4	organická vrstva vosku	-	-
3	zlaté pokovení	-	-
2	červená	+	+
1	sádrový podklad	++	+

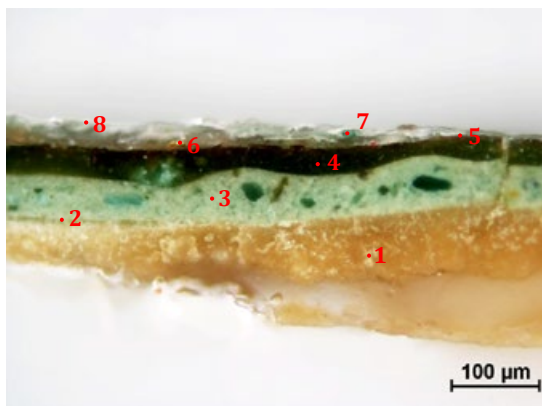


vzorek č. 5

**Vzorek č. 5 – inkarnát sv. Erasma**

vyhodnocení po orientační zkoušce na přítomnost oleje

	vrstva	olej
7	organická vrstva laku	-
6	organická vrstva vosku	-
5	bílý inkarnát	++
4	oranžová	++
3	zlaté pokovení	-
2	červená	++
1	křídový podklad	+

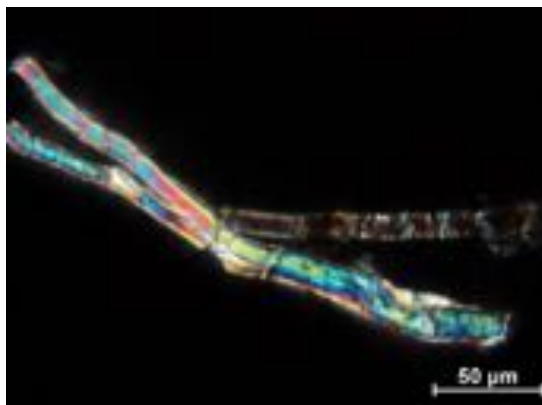


vzorek č. 6

**Vzorek č. 6 – zelená punčocha na noze sv. Pantaleona**

vyhodnocení po orientační zkoušce na přítomnost oleje

	vrstva	olej
8	organická vrstva vosku	-
7	transparentní zelená	-
6	fragmenty pokovení	-
5	červeno-zelená	++
4	tmavě zelená	++
3	světle zelená	++
2	organická izolace	++
1	křídový podklad	+



vzorek č. 1 – preparát hnědé organické vrstvy (rostlinná vlákna)



vzorek č. 1 – preparát hnědé organické vrstvy (rostlinná vlákna)



vzorek č. 1 – preparát hnědé organické vrstvy (rostlinná vlákna)



vzorek č. 1 – preparát hnědé organické vrstvy (noha hmyzu)

## **Příloha: Makro-fotodokumentace povrchu polychromie 15/219**

**Autor:** Anonym (Severozápadní Čechy)  
**Název díla:** Sv. Erasmus, sv. Linhart, sv. Pantaleon  
**Doba vzniku:** 1480 – 1490  
**Inv. č.:** P 3020  
**Rozměry:** 73 cm × 57 cm  
**Majitel:** Národní galerie v Praze  
**Restaurátor:** ak. mal. Anna Třeštíková

### **Specifikace přístroje**

Fotografie byly pořízeny pomocí USB mikroskopu AM4113ZT Dino-Lite Premier v polarizovaném světle při zvětšení 50 × a 200 × a rozlišení 1,3 MPx a následně zpracovány v programu Dino Capture 2.0 verze 1.5.1. F.

### **Výsledky**

Pro porovnání byla dokumentována vytipovaná místa zlacená (3, 14), stříbřená (4, 5, 7 – 9), místa inkarnátů (2, 10, 17 – 19), pressbrokátů (11 – 13), zelená (15, 16), červená (1) a bílá (6). Veškeré plochy stejné barvy z různých míst díla jsou dle makro-fotodokumentace vyvedeny vždy stejným způsobem.

Kompletní vyhodnocení makro-fotodokumentace je komplementární součástí Laboratorní zprávy 15/219.

V Praze dne 18. 7. 2016

Ing. Kateřina Tomšová  
Chemicko-technologická laboratoř NG v Praze

### **Podklady**

1. Evidenční karta díla, NG v Praze, inv. č.: P 3020, zdroj databáze Bach.

Rozsah přílohy: 8 stran

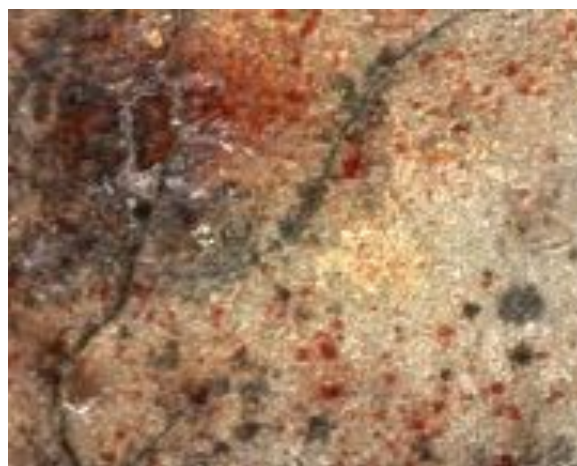


## Zákres ploch makro-fotodokumentace povrchu





*zvětšení 50 ×*



*zvětšení 200 ×*

plocha č. 1: sv. Erasmus, červená pokrývka hlavy – červený organický lak na bílém podkladě, místy zlacení



*zvětšení 50 ×*



*zvětšení 200 ×*

plocha č. 2: sv. Erasmus, inkarnát (tvář) – červený organický lak na bílém podkladě



*zvětšení 50 ×*



*zvětšení 200 ×*

plocha č. 3: sv. Erasmus, zlatý plášť – zlato na červené vrstvě



*zvětšení 50 ×*



*zvětšení 200 ×*

plocha č. 4: sv. Erasmus, šat pod pláštěm (hrud') – stříbro a jeho černé degradační produkty na červené vrstvě



*zvětšení 50 ×*



*zvětšení 200 ×*

plocha č. 5: sv. Erasmus, šat pod pláštěm (nohy) – stříbro a jeho černé degradační produkty na červeném podkladě



*zvětšení 50 ×*



*zvětšení 200 ×*

plocha č. 6: sv. Erasmus, světlý spodní šat – bílá vrstva



*zvětšení 50 ×*



*zvětšení 200 ×*

plocha č. 7: sv. Linhart, stříbrný plášť (rukáv) – stříbro a jeho černé degradační produkty na červené vrstvě



*zvětšení 50 ×*



*zvětšení 200 ×*

plocha č. 8: sv. Linhart, stříbrný plášť (límeč) – stříbro a jeho černé degradační produkty na červené vrstvě



*zvětšení 50 ×*

plocha č. 9: sv. Linhart, stříbrný plášť (pod rukávem) – stříbro a jeho černé degradační produkty



*zvětšení 50 ×*



*zvětšení 200 ×*

plocha č. 10: sv. Pantaleon, inkarnát – červený organický lak na bílém podkladě



*zvětšení 50 ×*

plocha č. 11: sv. Pantaleon, šat (hrud') – pressbrokát na bílém podkladě, místy zlacení



*zvětšení 50 ×*



*zvětšení 200 ×*

plocha č. 12: sv. Pantaleon, šat (levé podpaží)

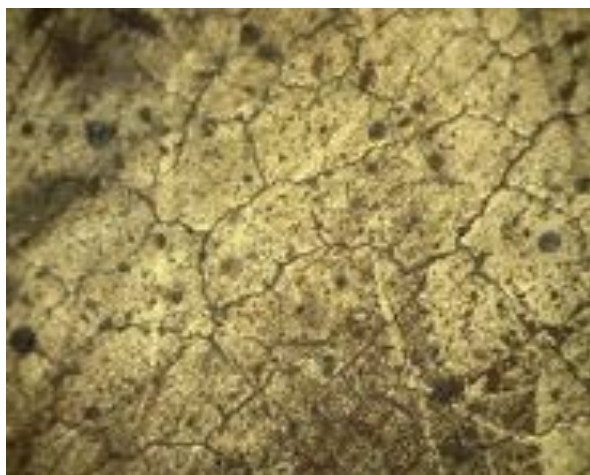


*zvětšení 50 ×*



*zvětšení 200 ×*

plocha č. 13: sv. Pantaleon, šat (spodek) – pressbrokát na bílém podkladě



*zvětšení 50 ×*



*zvětšení 200 ×*

plocha č. 14: sv. Pantaleon, zlatý plášť – zlato na červené vrstvě



*zvětšení 50 ×*



*zvětšení 200 ×*

plocha č. 15: sv. Pantaleon, zelená punčocha – novější retuše



*zvětšení 50 ×*



*zvětšení 200 ×*

plocha č. 16: spodní deska (pod sv. Pantaleonem) – novější retuše



*zvětšení 50 ×*



*zvětšení 200 ×*

plocha č. 18: sv. Linhart, inkarnát (u oka)



*zvětšení 50 ×*

plocha č. 17: sv. Erasmus, inkarnát (u oka)



*zvětšení 50 ×*

plocha č. 19: sv. Linhart, obočí

# Protokol analýzy metodou rentgenové fluorescence (XRF) 15/219

**Autor:** Anonym (Severozápadní Čechy)  
**Název díla:** Sv. Erasmus, sv. Linhart, sv. Pantaleon  
**Doba vzniku:** 1480 – 1490  
**Inv. č.:** P 3020  
**Rozměry:** 73 cm × 57 cm  
**Majitel:** Národní galerie v Praze  
**Restaurátor:** ak. mal. Anna Třeštíková

Rentgenfluorescenční analýza (XRF) byla provedena v rámci grantového projektu NAKI – Technologie 15006 k neinvazivní orientační identifikaci pigmentů polychromované dřevorezby.

## Specifikace přístroje

Spektra byla měřena pomocí přenosného přístroje NITON XL3t GOLDD+ od firmy Thermo Scientific vybaveným minirentgenovým zdrojem záření s Ag anodou, velkoplošným SDD+ detektorem, čtyřmi filtry rozsahu (main, low, high, light range) a integrovanou CCD kamerou pro zobrazení měřené plochy. Byla měřena kruhová plocha o průměru 8 – 15 mm při max. napětí 50 kV po dobu cca 330 s, a to bezkontaktně ze vzdálenosti cca 0,5 – 1 cm. Ve spektrech nebyly označovány pásy prvků, které jsou přítomny v aparatuře a ve filtrech (např. Ag).

## Výsledky analýz

Identifikované prvky a k nim přiřazené navržené anorganické pigmenty jsou shrnuty v Tab. 1 a na přiložených spektrech 49 – 68. Kompletní naměřená data jsou uložena v archivu chemicko-technologické laboratoře NG v Praze.

U všech měřených míst bylo prokázáno olovo (olovnatá běloba či minium v inkarnátu, minium či masikot v červených plochách, masikot v zelených plochách, příměs cínu v pressbrokáttech), vápník (křídový podklad), železo (přírodní železité pigmenty a okry) a síra (spolu s vápníkem poukazuje na možný výskyt i pozdějšího sádrového podkladu, pravděpodobně u pokovených míst). Na pokovených místech (spektra 49 – 51, 53, 55, 55, 59, 62) bylo identifikováno zlato, resp. stříbro (pásy stříbra intenzivnější než pásy odpovídající stříbrné anodě přístroje) spolu s železem (součást okrů použitých v polimentu pod pokovením). U spekter 63 – 65 byla potvrzena výzdoba pressbrokátů. U spekter inkarnátů (52, 54, 60, 61) a na některých dalších plochách (červená i zelená místa, pokovená místa) byla dále naměřena rtuť (rumělka). Na zelených plochách (67, 68) byl identifikován starší měďnatý pigment i pozdější pigment na bázi chromu (pravděpodobně chromová zeleň). Na spektrech 54, 57, 58, 63 – 65, 67, 68 bylo naměřeno větší množství barya a zinku (barytová běloba, zinková běloba z pozdějších retuší). Všechna spektra ukazují relativně intenzivní pásy stroncia (možný doprovodný minerál celestinit nebo stroncianit např. křídového podkladu). Chemické složení uvedených pigmentů viz Tab. 2.



Tab. 1: Souhrn naměřených výsledků

lokace	spektrum	chemické prvky	navržené pigmenty a pokovení
sv. Erasmus, červená pokrývka hlavy	49	<b>Fe, Ca, Pb, Au, Ag,</b> Hg, Sr (S)	Au, Ag – zlatá folie s příměsí stříbra Fe – železité pigmenty, okry Pb – minium, masikot, olovnatá běloba Ca, S – křída, sádra (podklad, příp. druhotný) Hg, S – rumělka Sr, S – celestinit, stroncianit
sv. Erasmus, červená pokrývka hlavy	50 (režim kovy)	<b>Fe, Ca, Pb, Au, Ag,</b> Hg, Sr (S)	Au, Ag – zlatá folie s příměsí stříbra Fe – železité pigmenty, okry Pb – minium, masikot, olovnatá běloba Ca, S – křída, sádra (podklad, příp. druhotný) Hg, S – rumělka Sr, S – celestinit, stroncianit
sv. Erasmus, zlatý lem pokrývky hlavy	51 (režim kovy)	<b>Au, Fe, Pb, Ca, Sr,</b> Ag (S)	Au, Ag – zlatá folie s příměsí stříbra Fe – železité pigmenty, okry Pb – minium, masikot, olovnatá běloba Ca, S – křída, sádra (podklad, příp. druhotný) Sr, S – celestinit, stroncianit
sv. Erasmus, inkarnát	52	<b>Pb, Fe, Hg, Ca, Sr, S</b>	Pb – olovnatá běloba, minium Fe – železité pigmenty, okry Hg, S – rumělka Ca – křída (podklad) Sr, S – celestinit, stroncianit
sv. Erasmus, zlatý plášť	53	<b>Au, Fe, Pb, Ca, Sr</b> (P, S, Ti, Cu)	Au – zlatá folie Fe – železité pigmenty, okry Pb – minium, masikot, olovnatá běloba Ca, S – křída, sádra (podklad, příp. druhotný) Sr, S – celestinit, stroncianit
sv. Erasmus, vřeteno	54	<b>Pb, Zn, Ca, Ba, Fe,</b> Hg, Sr, S (Cr, Si)	Pb – olovnatá běloba, minium Zn – zinková běloba Ca – křída (podklad) Ba, S – barytová běloba Fe – železité pigmenty, okry Hg, S – rumělka Sr, S – celestinit, stroncianit
sv. Erasmus, šat pod pláštěm (hrud')	55	<b>Ag, Fe, Pb, Ca, Sr,</b> Au, Hg, S (Si)	Ag, Au – stříbrná folie s příměsí zlata Fe – železité pigmenty, okry Pb – minium, olovnatá běloba Ca, S – křída, sádra (podklad, příp. druhotný) Hg, S – rumělka Sr, S – celestinit, stroncianit
sv. Erasmus, šat pod pláštěm (nohy)	56	<b>Ag, Fe, Pb, Ca, Sr,</b> Au, Hg, S (Si)	Ag, Au – stříbrná folie s příměsí zlata Fe – železité pigmenty, okry Pb – minium, olovnatá běloba Ca, S – křída, sádra (podklad, příp. druhotný) Hg, S – rumělka Sr, S – celestinit, stroncianit

lokace	spektrum	chemické prvky	navržené pigmenty a pokovení
sv. Erasmus, světly spodní šat	57	<b>Zn, Pb, Ca,</b> Fe, Hg, Sr, Ba, S	Zn – zinková běloba Pb – olovnatá běloba Ca – křída (podklad) Fe – železité pigmenty, okry Hg, S – rumělka Ba, S – barytová běloba Sr, S – celestinit, stroncianit
sv. Linhart, světly spodní šat	58	<b>Zn, Pb, Ca,</b> Fe, Sr, Ba, S	Zn – zinková běloba Pb – olovnatá běloba Ca – křída (podklad) Fe – železité pigmenty, okry Ba, S – barytová běloba Sr, S – celestinit, stroncianit
sv. Linhart, stříbrný plášť (pod rukávem)	59	<b>Ag,</b> Ca, Fe, Pb, Au, Hg, Sr, S (Si)	<b>Ag, Au</b> – stříbrná folie s příměsí zlata Ca, S – křída, sádra (podklad, příp. druhotný) Fe – železité pigmenty, okry Pb – minium, olovnatá běloba Hg, S – rumělka Sr, S – celestinit, stroncianit
sv. Linhart, inkarnát	60	<b>Pb,</b> Fe, Hg, Ca, Sr, S	Pb – olovnatá běloba, minium Fe – železité pigmenty, okry Hg, S – rumělka Ca – křída (podklad) Sr, S – celestinit, stroncianit
sv. Pantaleon, inkarnát	61	<b>Pb,</b> Hg, Fe, Ca, Sr, S	Pb – olovnatá běloba, minium Hg, S – rumělka Fe – železité pigmenty, okry Ca – křída (podklad) Sr, S – celestinit, stroncianit
sv. Pantaleon, zlatý plášť	62	<b>Au,</b> Fe, Ca, Pb, Sr, S (Ti, Al, Si)	<b>Au</b> – zlatá folie Fe – železité pigmenty, okry Ca, S – křída, sádra (podklad, příp. druhotný) Pb – minium, masikot, olovnatá běloba Sr, S – celestinit, stroncianit
sv. Pantaleon, šat (pravé podpaží)	63	<b>Sn, Pb, Zn,</b> Au, Fe, Ca, Ba, S, Sr (Hg, Si)	<b>Sn, Pb</b> – pressbrokát <b>Au</b> – zlatá folie Pb – olovnatá běloba, minium Zn – zinková běloba Fe – železité pigmenty, okry Ca – křída (podklad) Ba, S – barytová běloba Sr, S – celestinit, stroncianit
sv. Pantaleon, šat (hrud')	64	<b>Zn, Pb, Sn,</b> Ca, Fe, Au, Hg, Ba, Sr, S (Ti, Si)	<b>Sn, Pb</b> – pressbrokát <b>Au</b> – zlatá folie Zn – zinková běloba Pb – olovnatá běloba, minium Ca – křída (podklad) Fe – železité pigmenty, okry Hg, S – rumělka Ba, S – barytová běloba Sr, S – celestinit, stroncianit

lokace	spektrum	chemické prvky	navržené pigmenty a pokovení
sv. Pantaleon, šat (levé podpaží)	65	<b>Zn, Pb, Sn</b> , Ca, Fe, Au, Ba, Sr, Hg, S	Sn, Pb – pressbrokát Au – zlatá folie Zn – zinková běloba Pb – olovnatá běloba, minium Ca – křída (podklad) Fe – železité pigmenty, okry Ba, S – barytová běloba Hg, S – rumělka Sr, S – celestinit, stroncianit
sv. Pantaleon, červený rub pláště	66	<b>Pb, Hg</b> , Fe, Ca, S, Sr (Au, Si)	Pb – minium, masikot, olovnatá běloba Hg, S – rumělka Fe – železité pigmenty, okry Ca – křída (podklad) Sr, S – celestinit, stroncianit
sv. Pantaleon, zelená punčocha	67	<b>Cu, Pb, Zn</b> , Fe, Ca, Sr, Cr, Ba, Hg, S (Si)	Cu – měděnka, kuprit, malachit Cr, Pb, Fe – chromová zeleň, chromoxid Pb – olovnatá běloba, masikot Zn – zinková běloba Fe – železité pigmenty, okry Ca – křída (podklad) Ba, S – barytová běloba Hg, S – rumělka Sr, S – celestinit, stroncianit
spodní deska (pod sv. Pantaleonem)	68	<b>Cu, Zn, Pb</b> , Fe, Ca, Sr, Ba, Cr, Hg, S (Si, Au)	Cu – měděnka, kuprit, malachit Zn – zinková běloba Cr, Pb, Fe – chromová zeleň, chromoxid Pb – olovnatá běloba, masikot Fe – železité pigmenty, okry Ca – křída (podklad) Ba, S – barytová běloba Hg, S – rumělka Sr, S – celestinit, stroncianit

Tab. 2: Chemické složení navržených pigmentů

barva	pigment	vzorec (složení)
bílá	křída	$\text{CaCO}_3$
	sádra	$\text{CaSO}_4 \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$
	olovnatá běloba	$2 \text{PbCO}_3 \cdot \text{Pb}(\text{OH})_2$
	celestinit	$\text{SrSO}_4$
	stroncianit	$\text{SrCO}_3$
	barytová běloba	$\text{BaSO}_4$
	zinková běloba	$\text{ZnO}$
žlutá	masikot	$\text{PbO}$
červená	rumělka	$\text{HgS}$
	minium	$\text{Pb}_3\text{O}_4$
	železité pigmenty, okry	hydratované oxidy železa, hlinky
zelená	měděnka	zásadité a neutrální octany měďnaté
	kuprit	$\text{Cu}_2\text{O}$
	malachit	$\text{CuCO}_3 \cdot \text{Cu}(\text{OH})_2$
	chromová zeleň	směs $\text{Fe}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ , příp. $\text{KFe}[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ a $\text{PbCrO}_4$
	chromoxid	$\text{Cr}_2\text{O}_3$

V Praze dne 10. 8. 2016

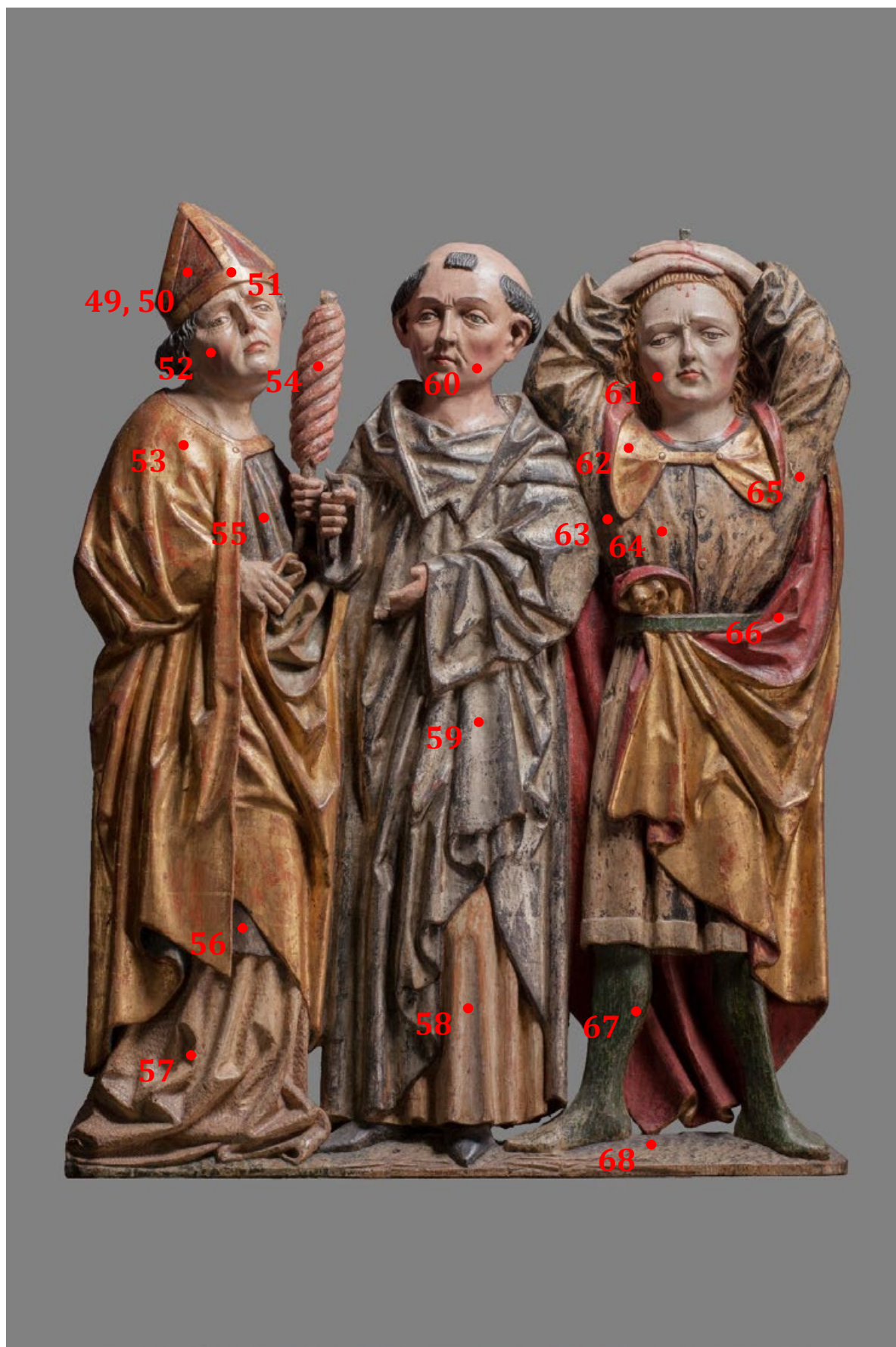
Ing. Kateřina Tomšová  
Chemicko-technologická laboratoř NG  
v Praze

### Podklady

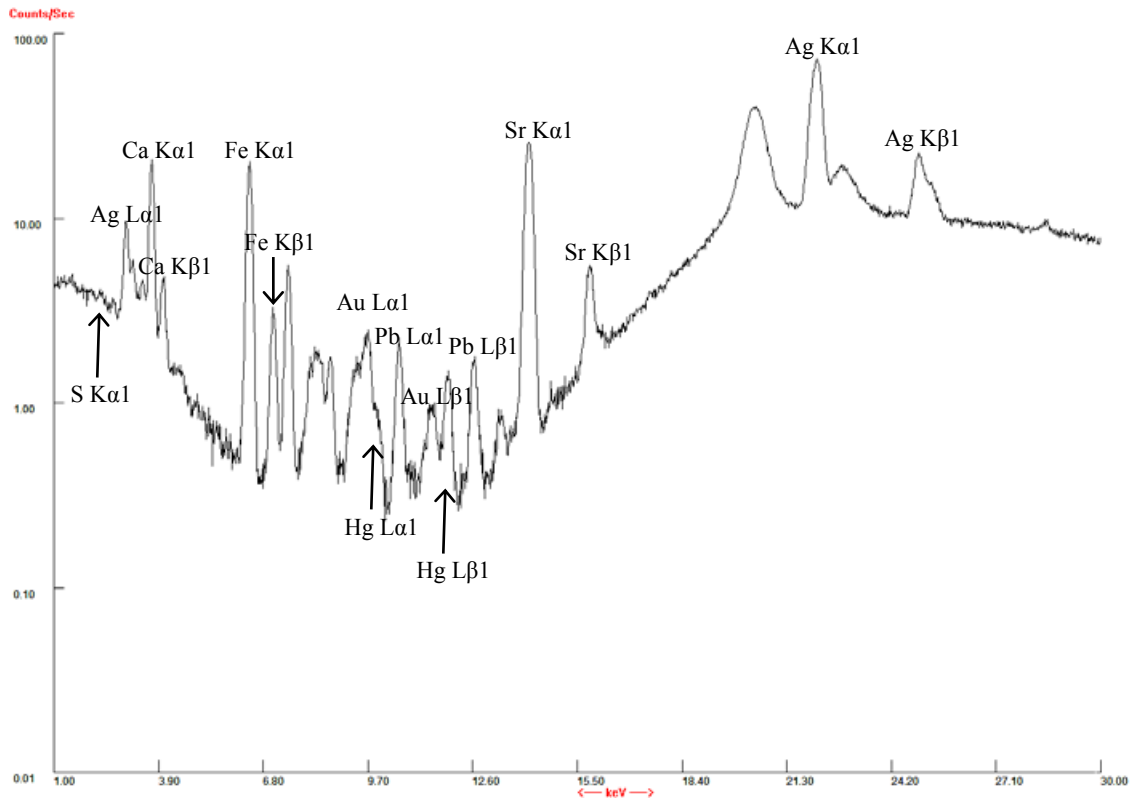
1. Evidenční karta díla, NG v Praze, inv. č.: P 3020, zdroj databáze Bach.

Rozsah protokolu: 16 stran  
5 stran textu  
1 strana zákres měřených míst  
10 stran spekter

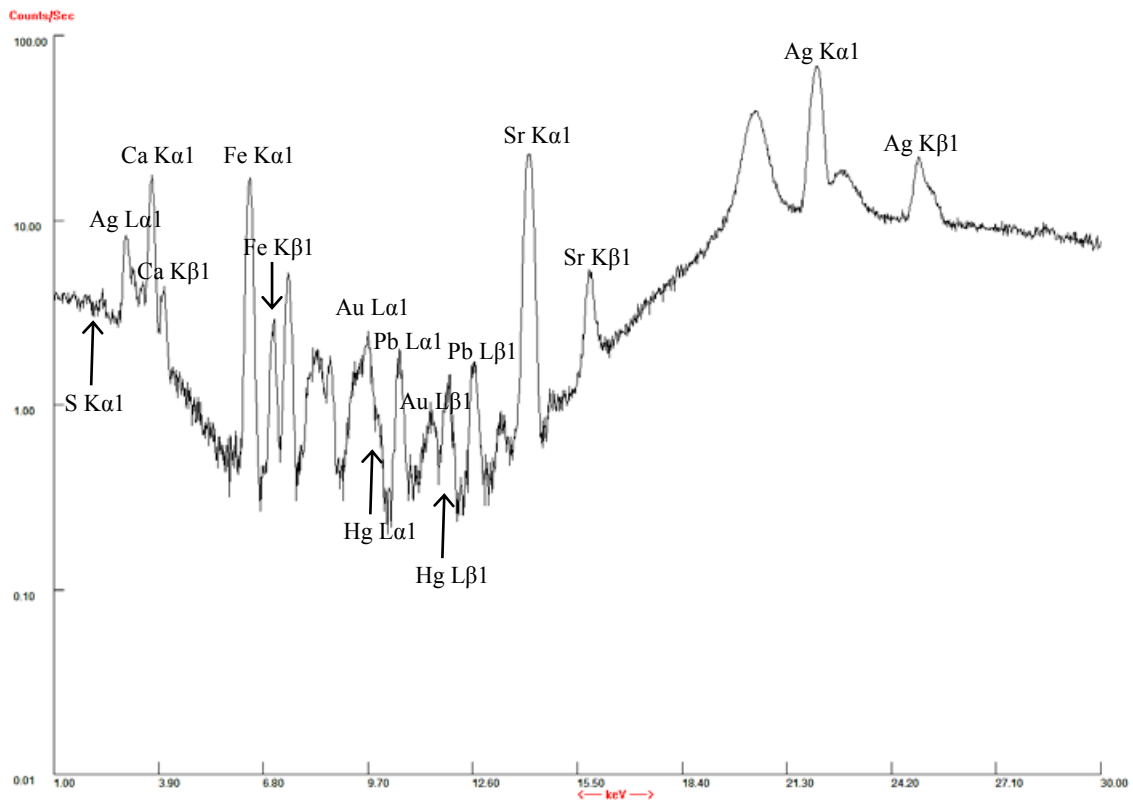
## Zákres měřených míst



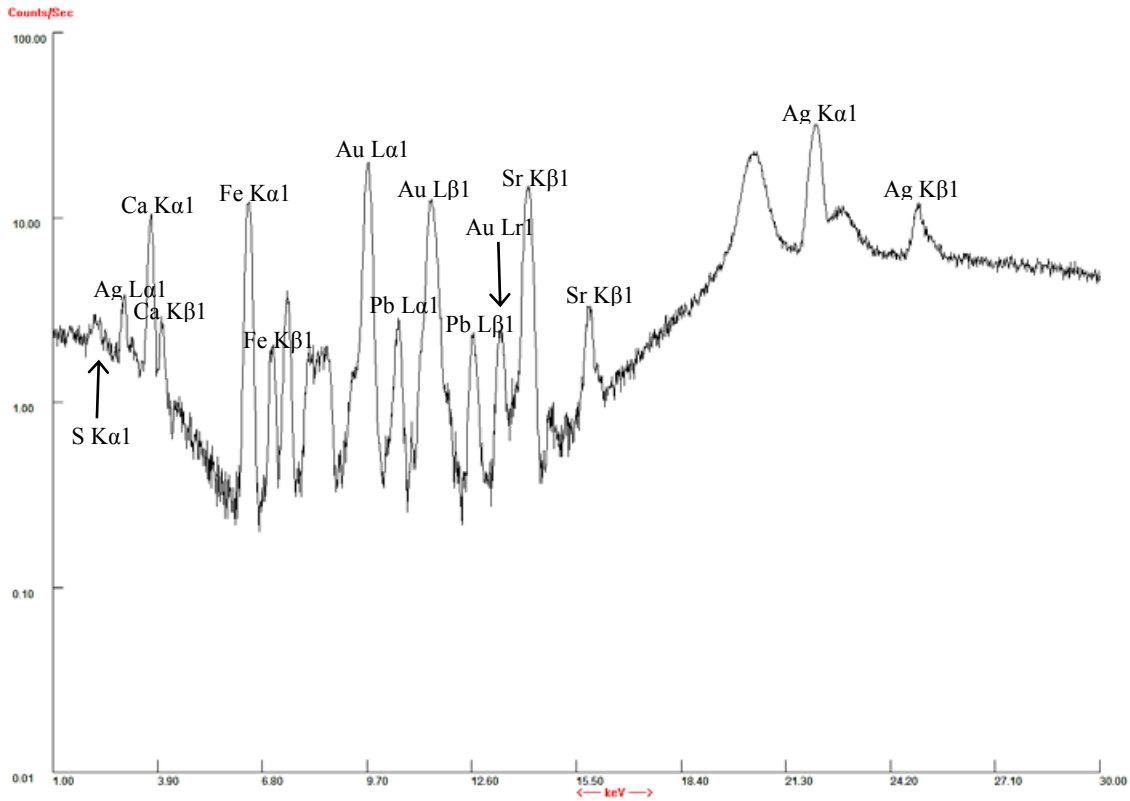
## Spektra XRF



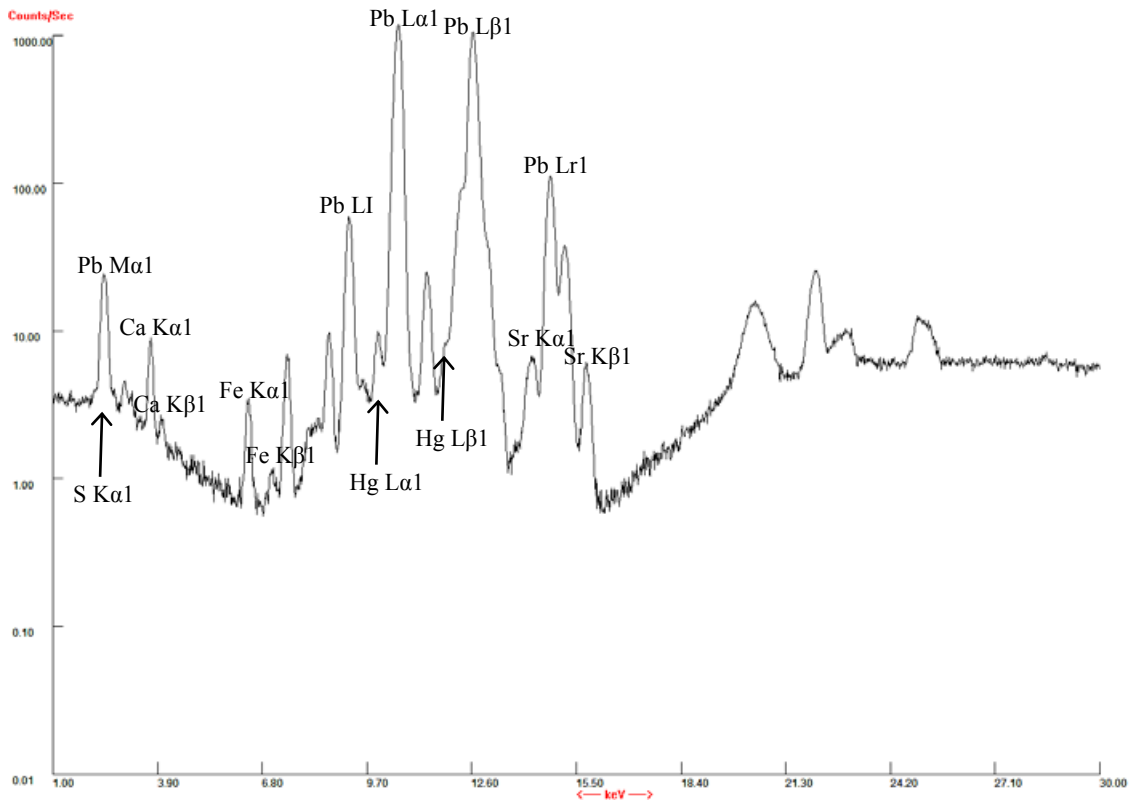
spektrum č. 49 – sv. Erasmus, červená pokrývka hlavy



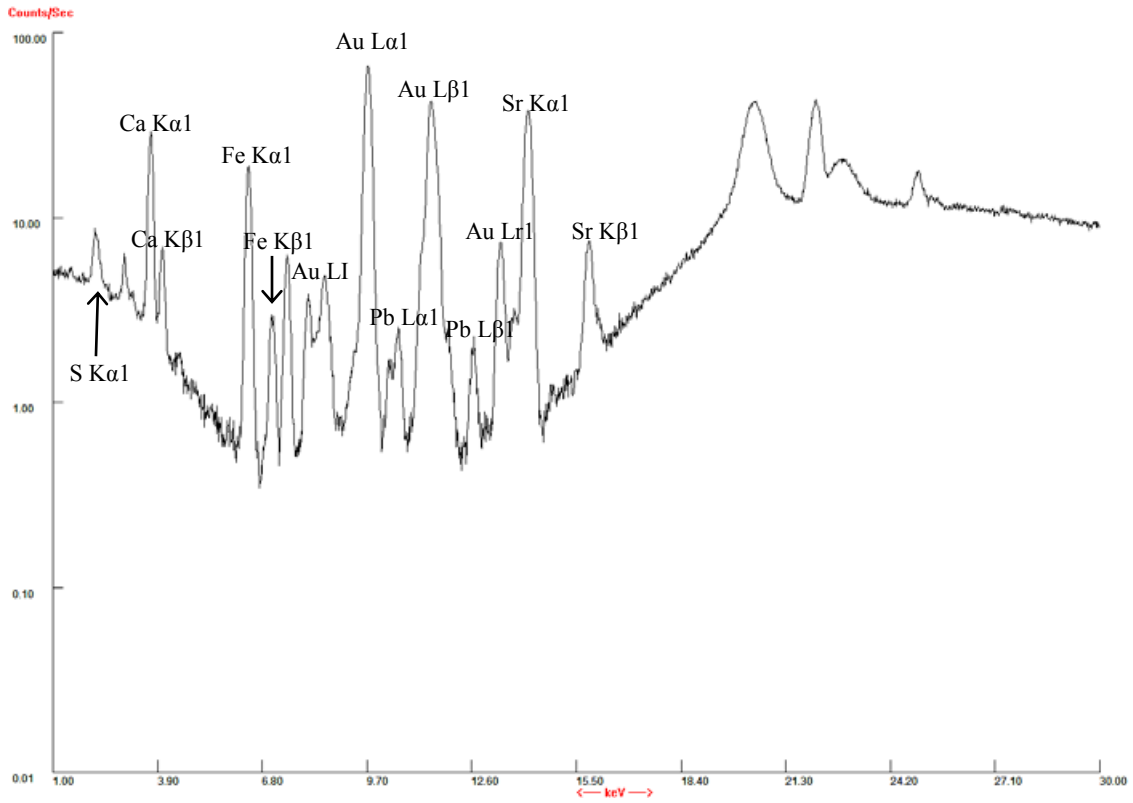
spektrum č. 50 – sv. Erasmus, červená pokrývka hlavy (režim kovy)



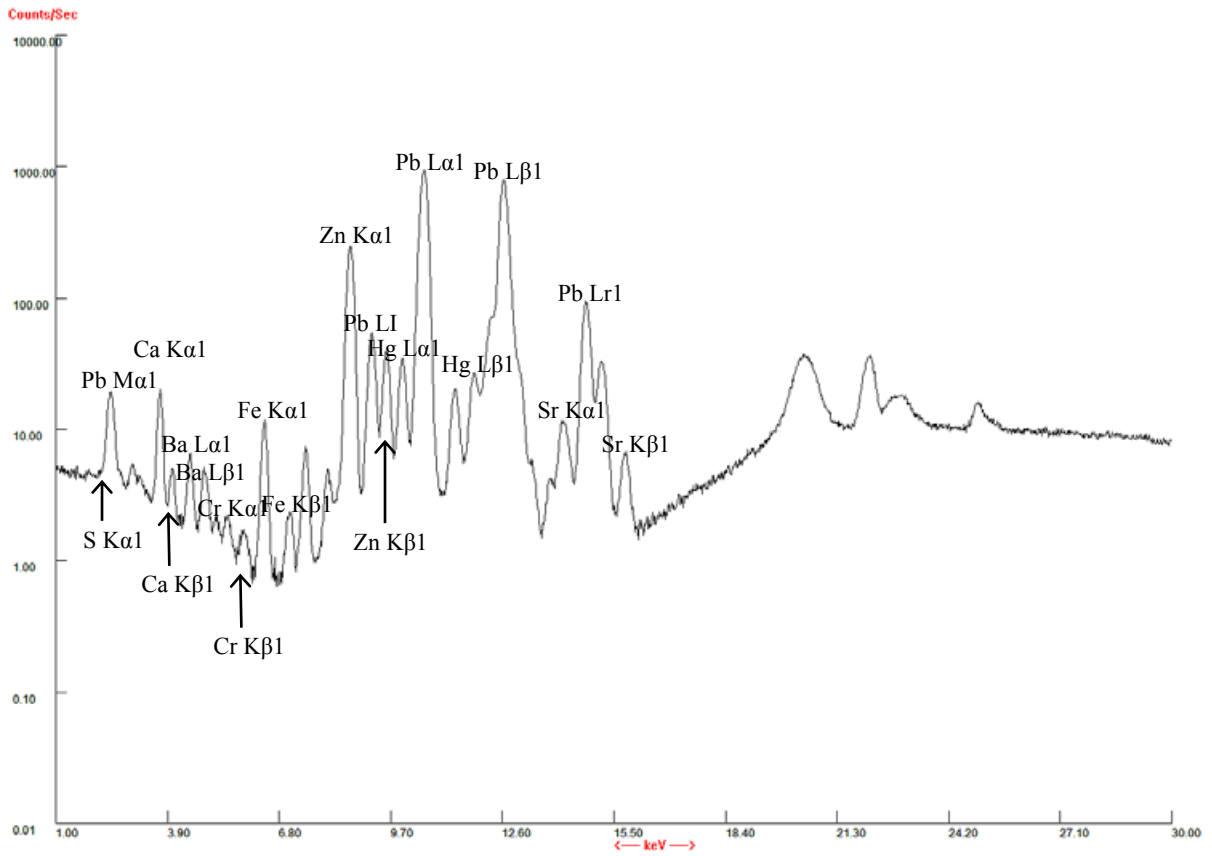
spektrum č. 51 – sv. Erasmus, zlatý lem pokrývky hlavy



spektrum č. 52 – sv. Erasmus, inkarnát

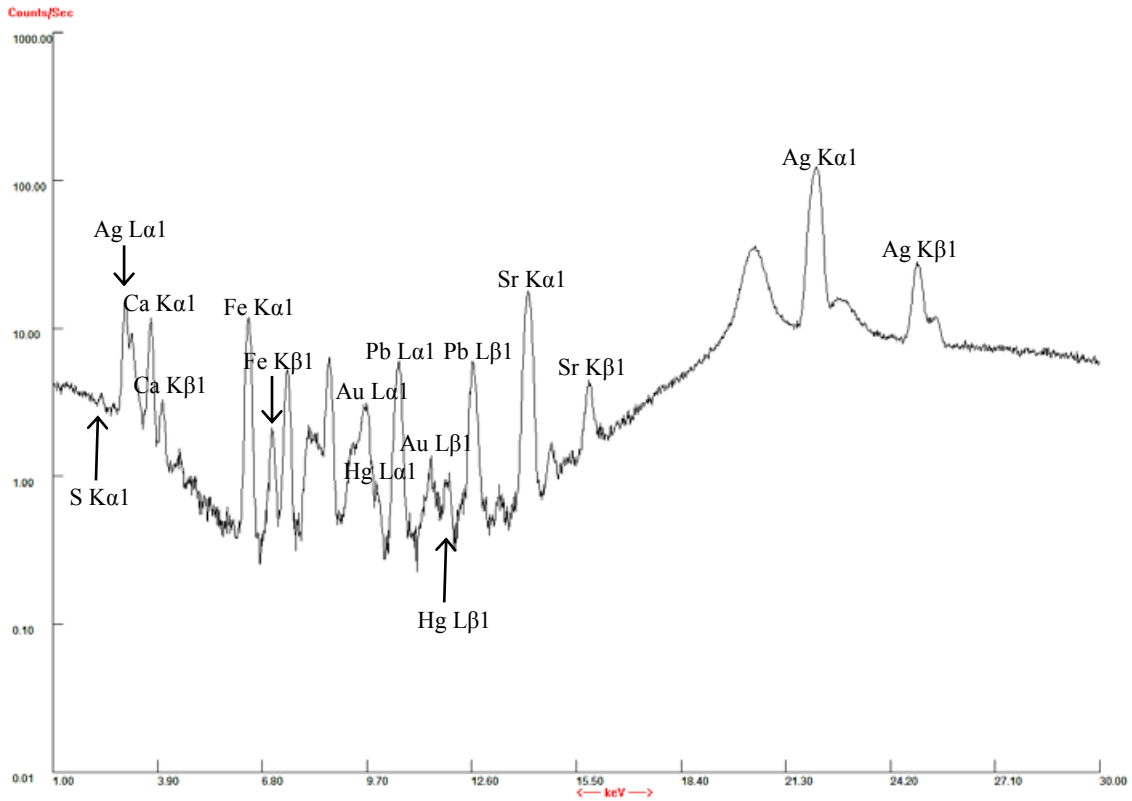


spektrum č. 53 – sv. Erasmus, zlatý plášť

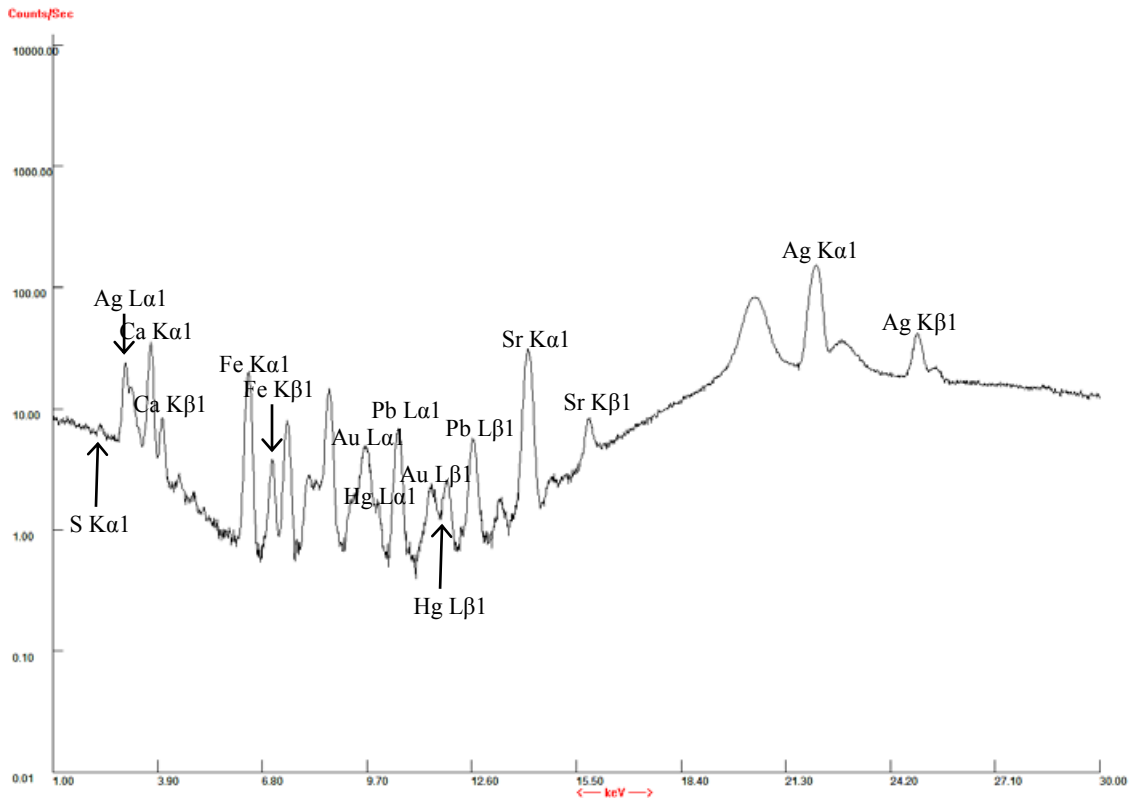


spektrum č. 54 – sv. Erasmus, vřeteno

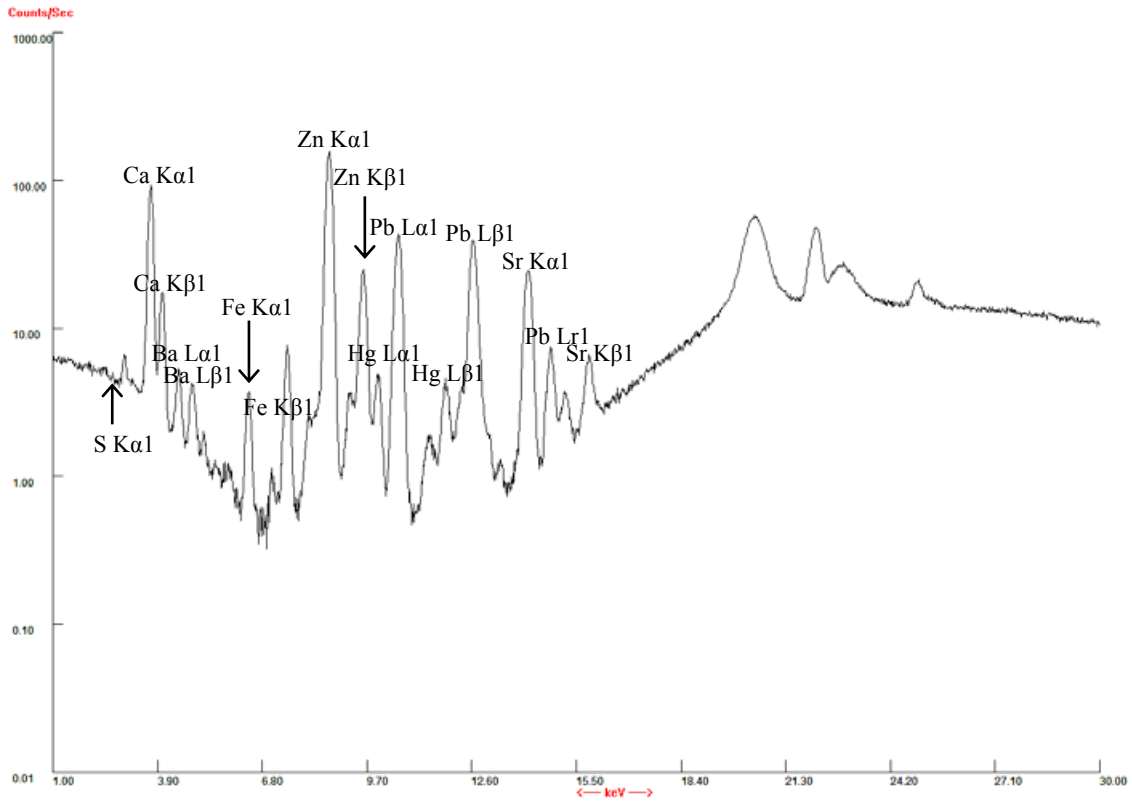




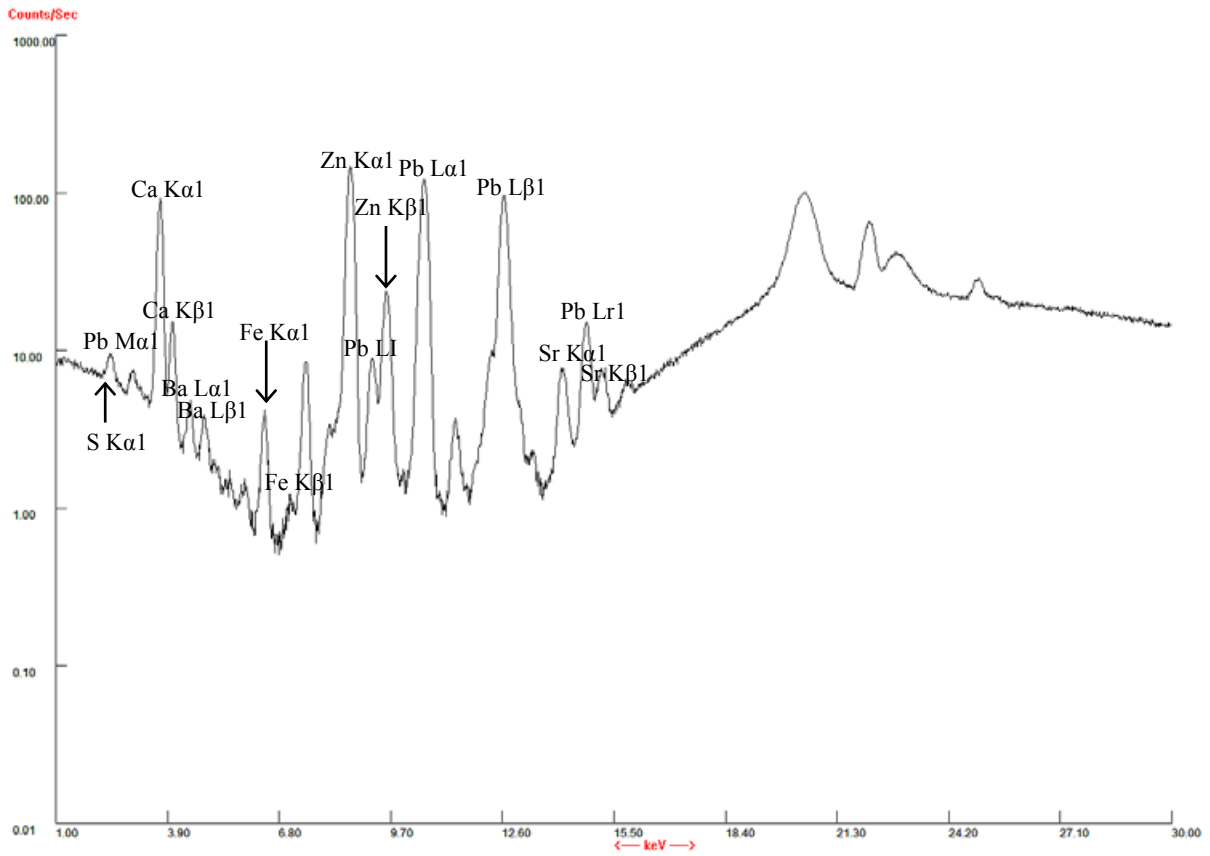
spektrum č. 55 – sv. Erasmus, šat pod pláštěm (hrud')



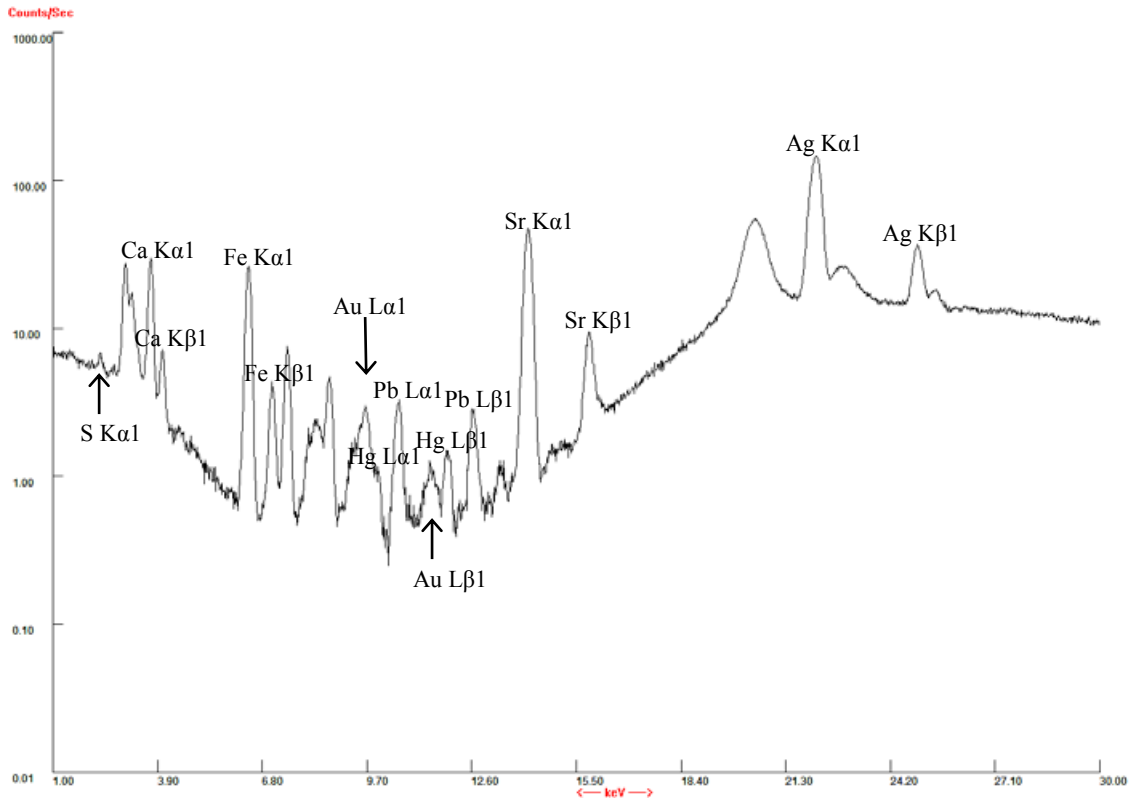
spektrum č. 56 – sv. Erasmus, šat pod pláštěm (nohy)



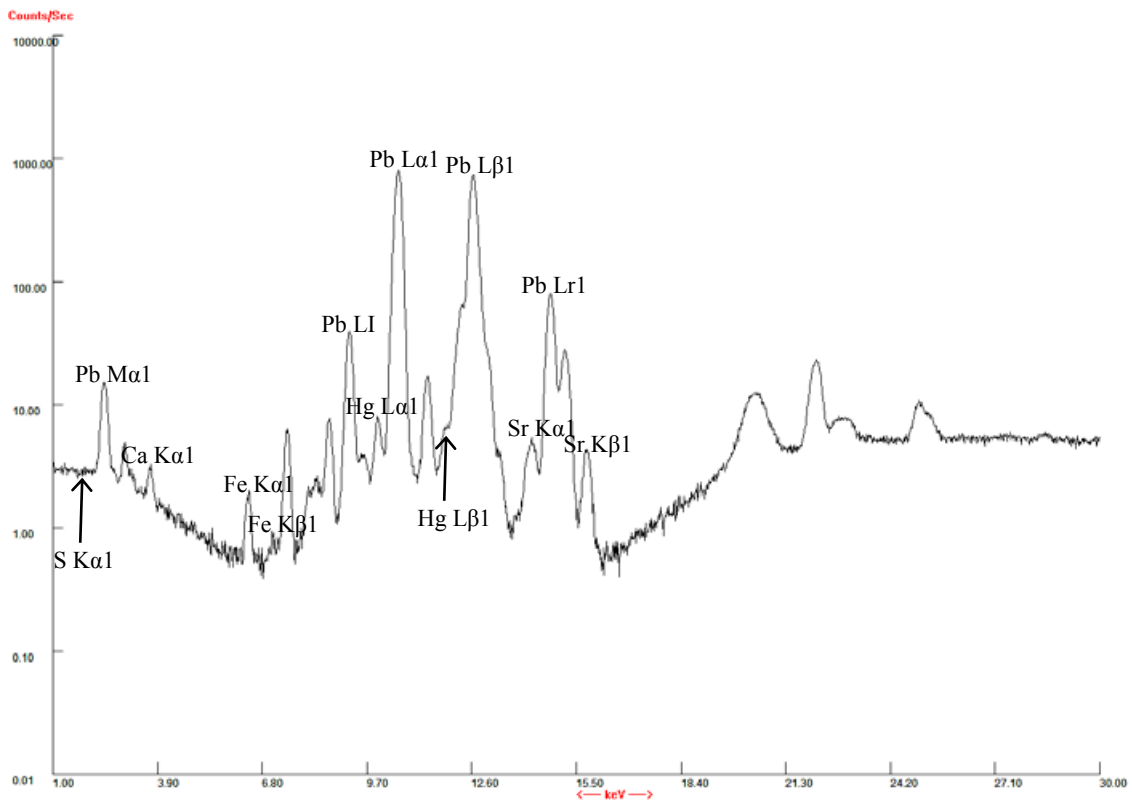
spektrum č. 57 – sv. Erasmus, světlý spodní šat



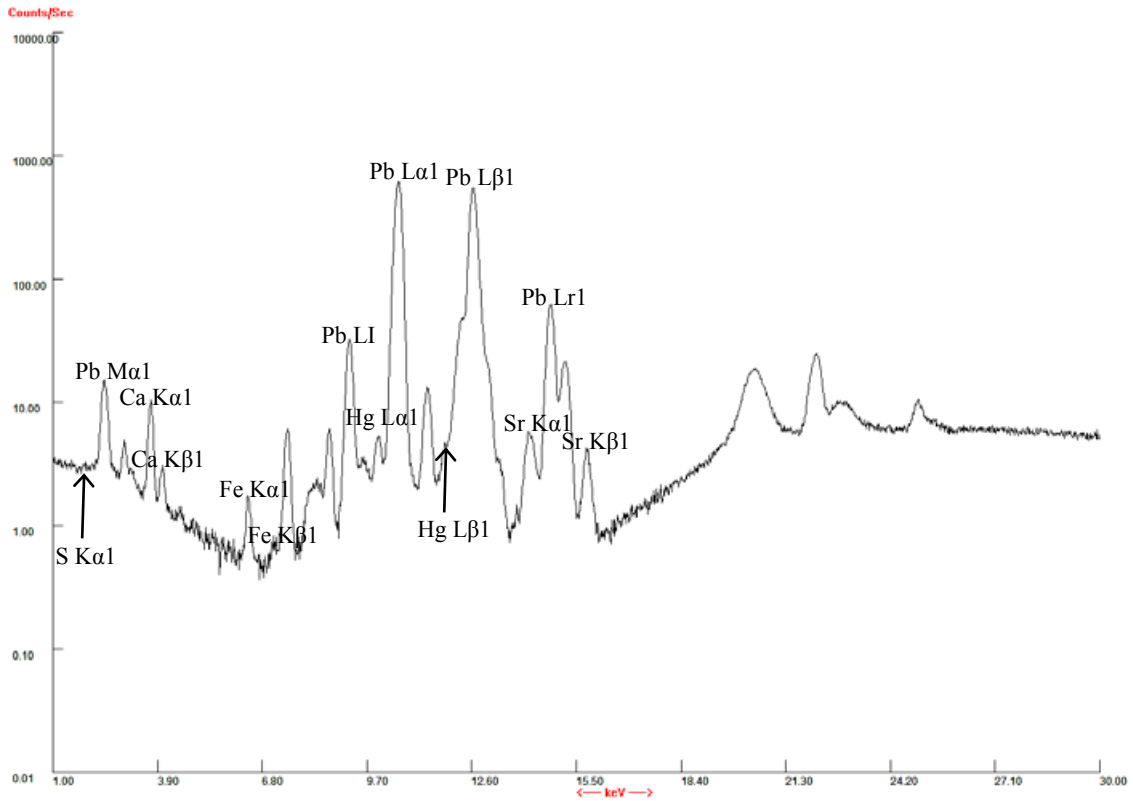
spektrum č. 58 – sv. Linhart, světlý spodní šat



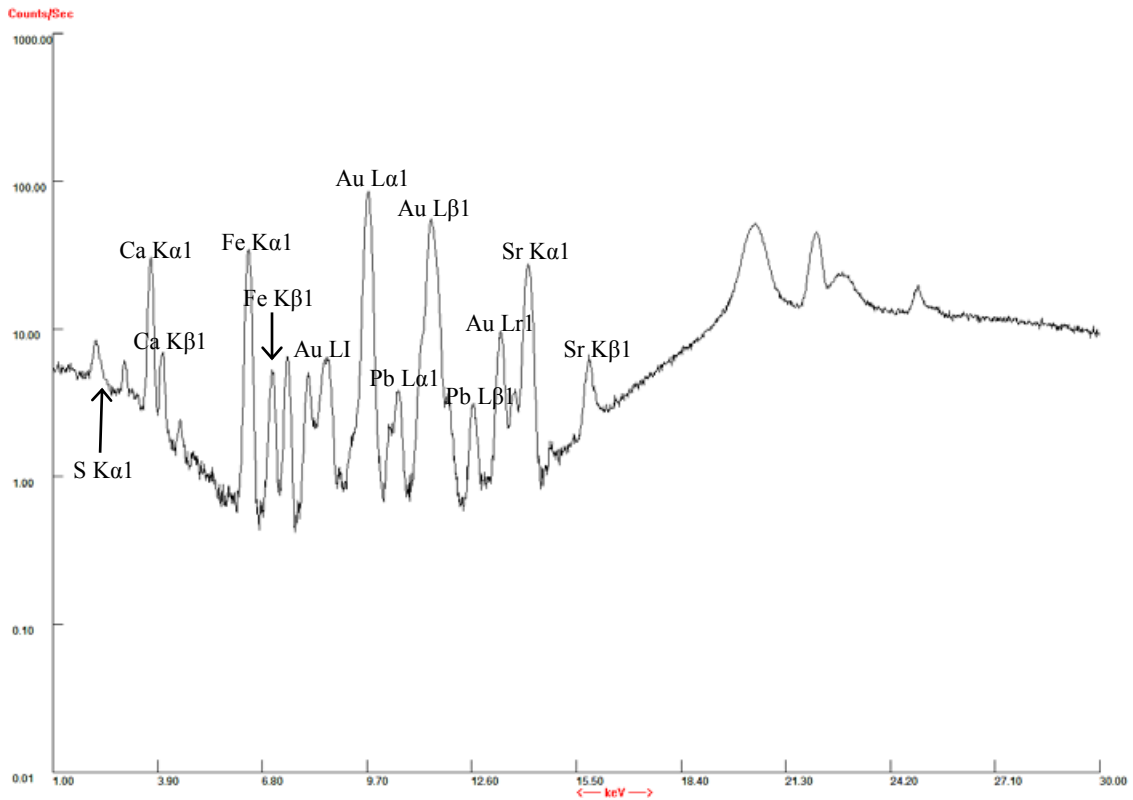
spektrum č. 59 – sv. Linhart, stříbrný plášť (pod rukávem)



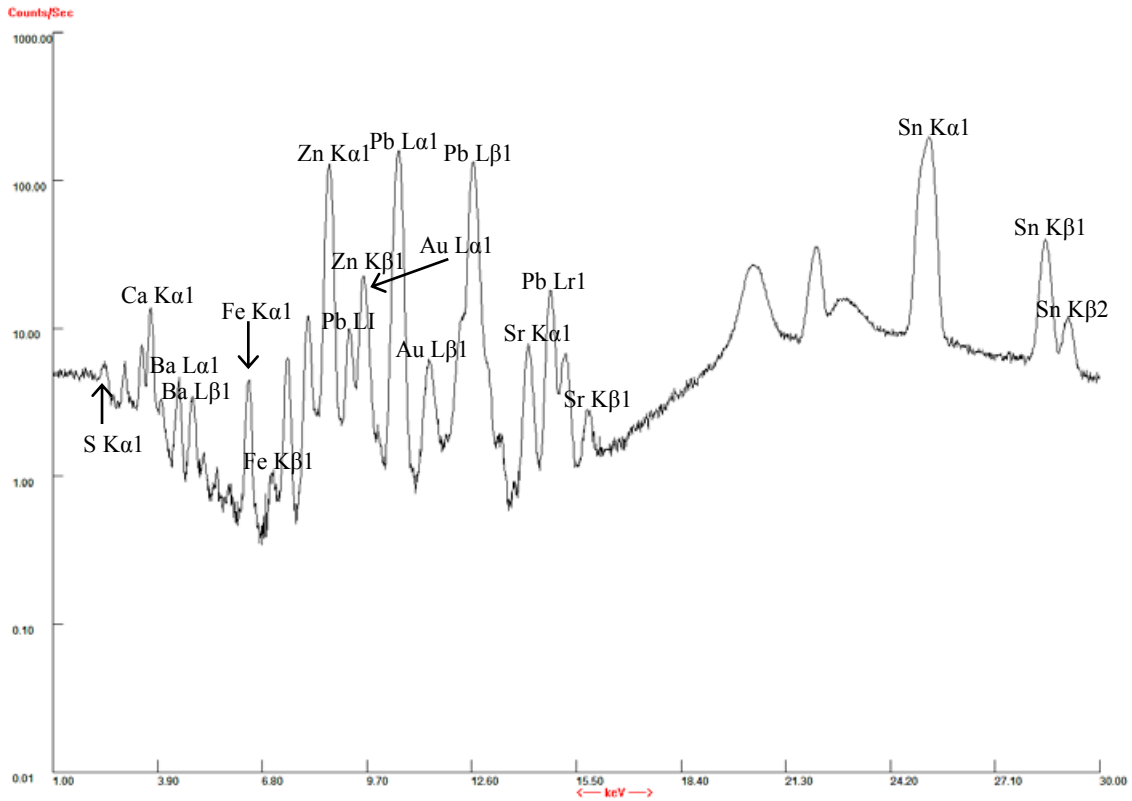
spektrum č. 60 – sv. Linhart, inkarnát



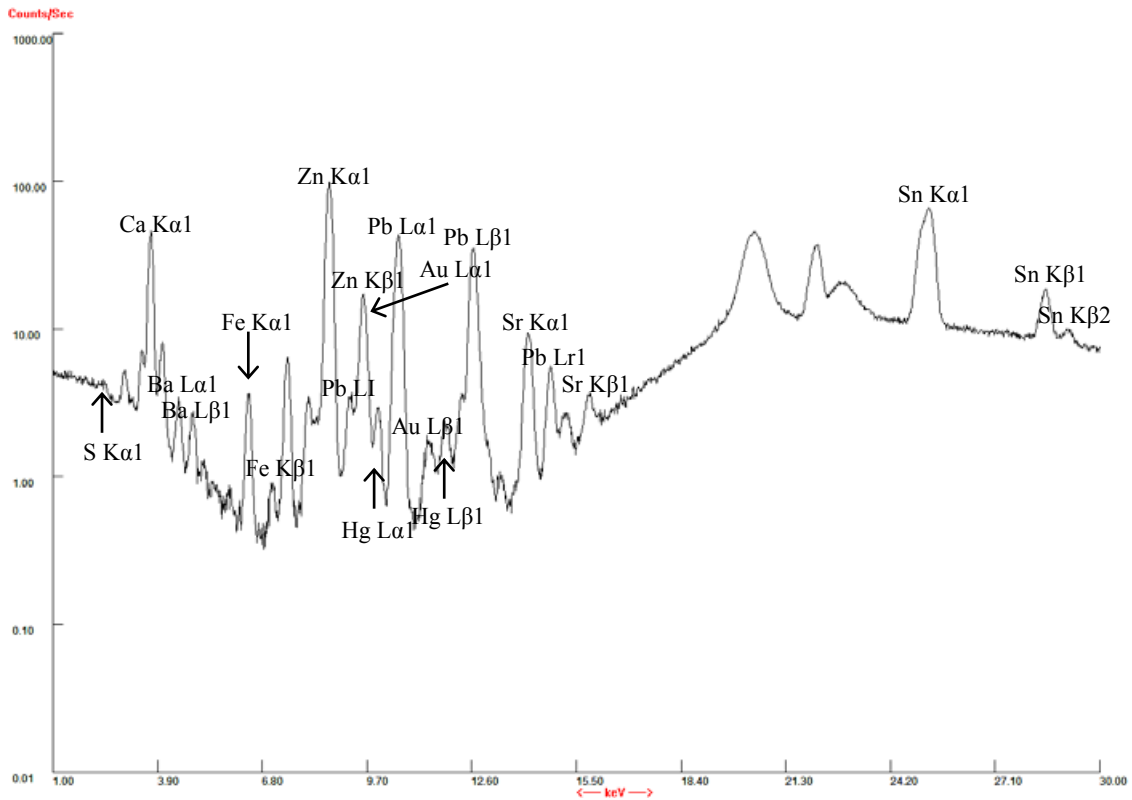
spektrum č. 61 – sv. Pantaleon, inkarnát



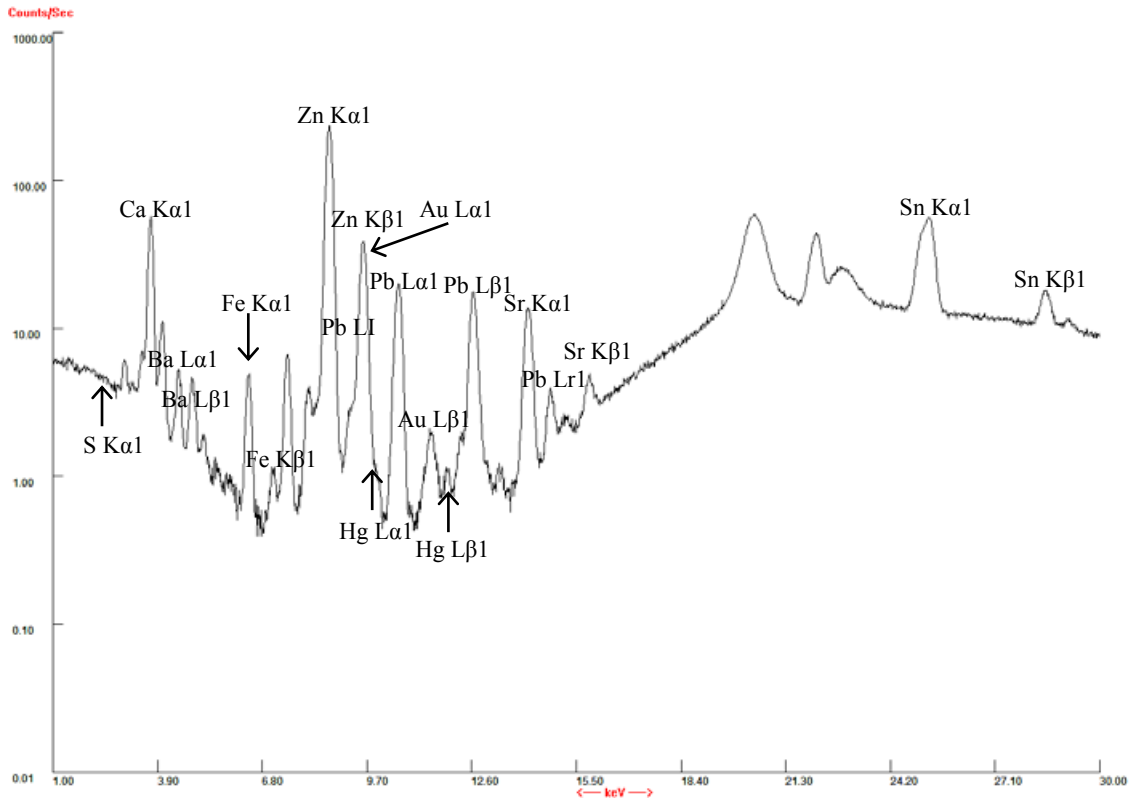
spektrum č. 62 – sv. Pantaleon, zlatý plášť



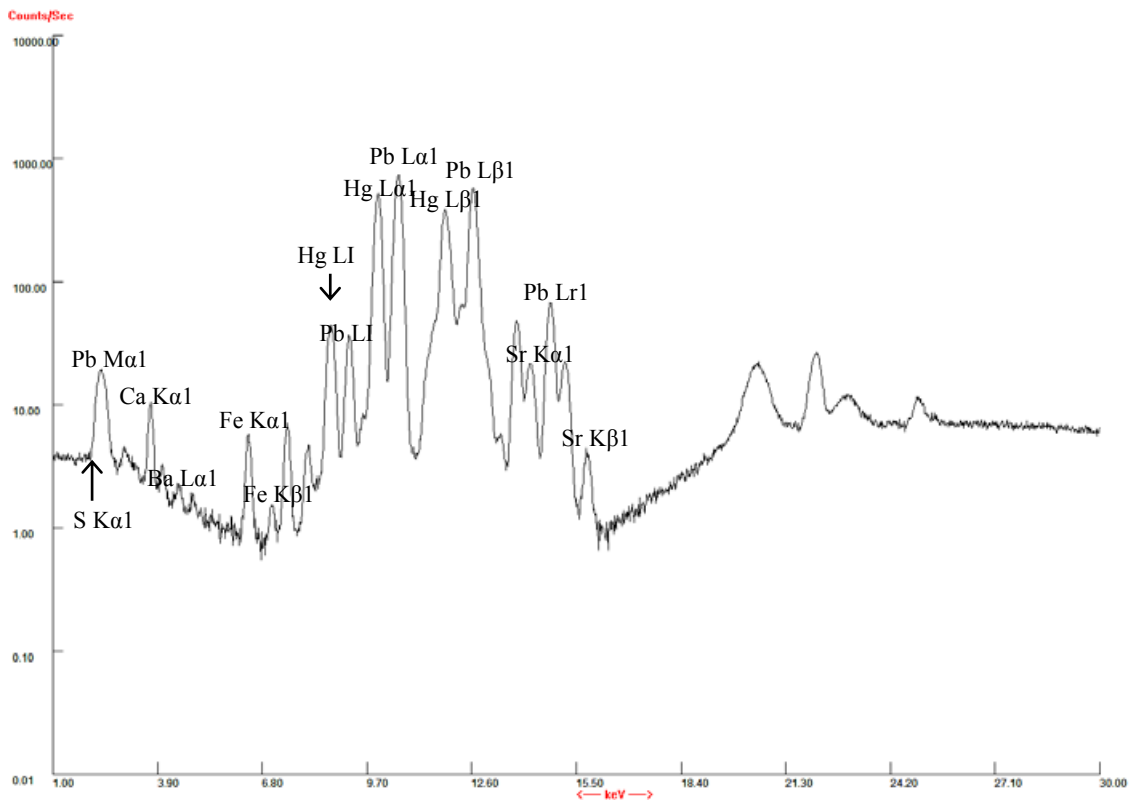
spektrum č. 63 – sv. Pantaleon, šat (pravé podpaží)



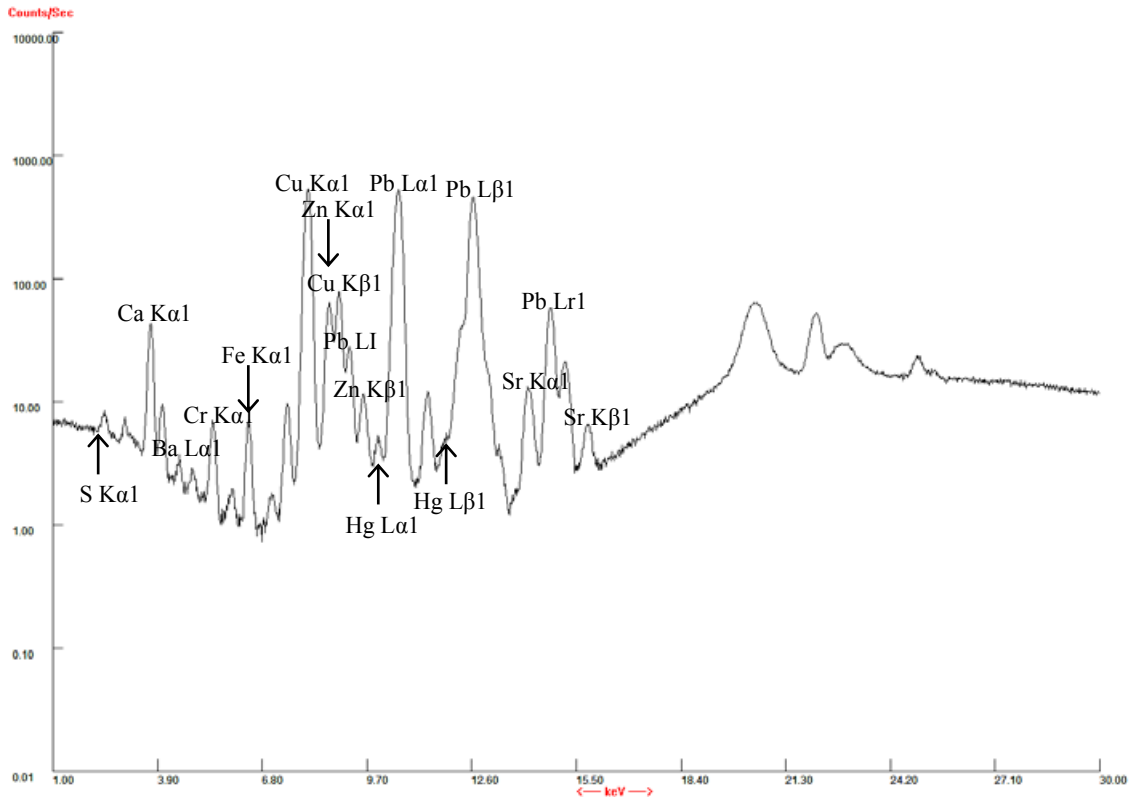
spektrum č. 64 – sv. Pantaleon, šat (hrud')



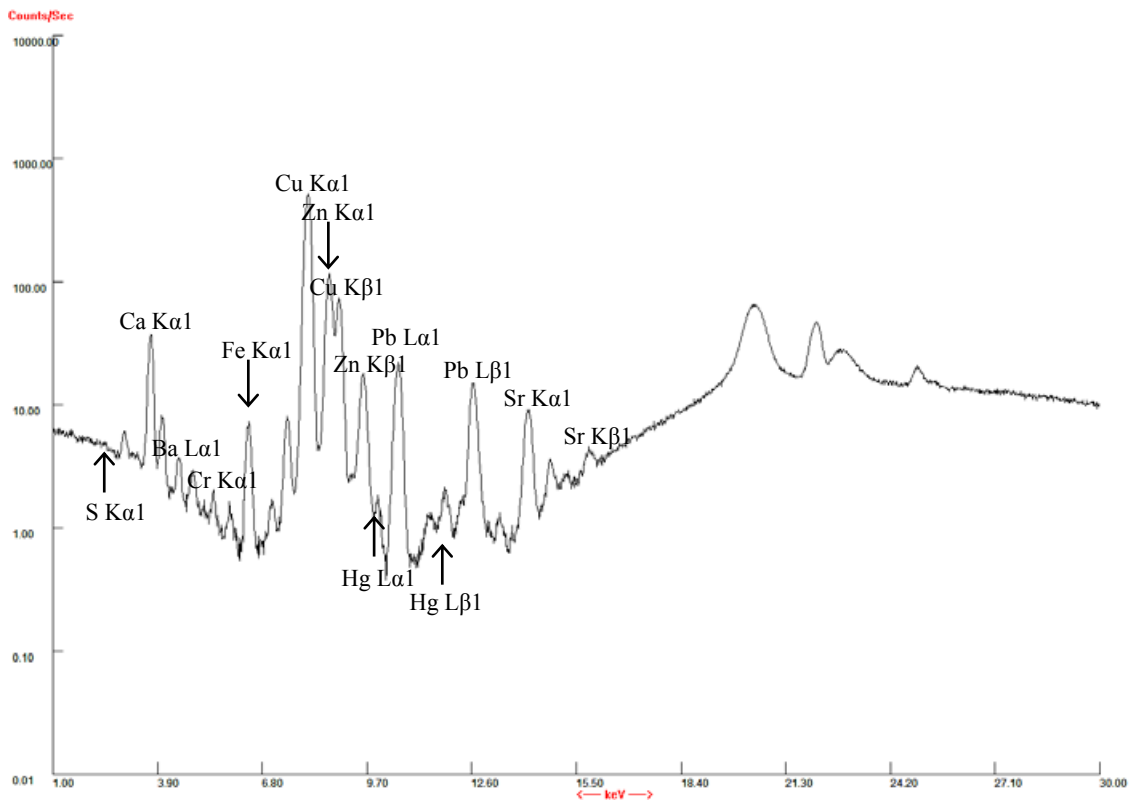
spektrum č. 65 – sv. Pantaleon, šat (levé podpaží)



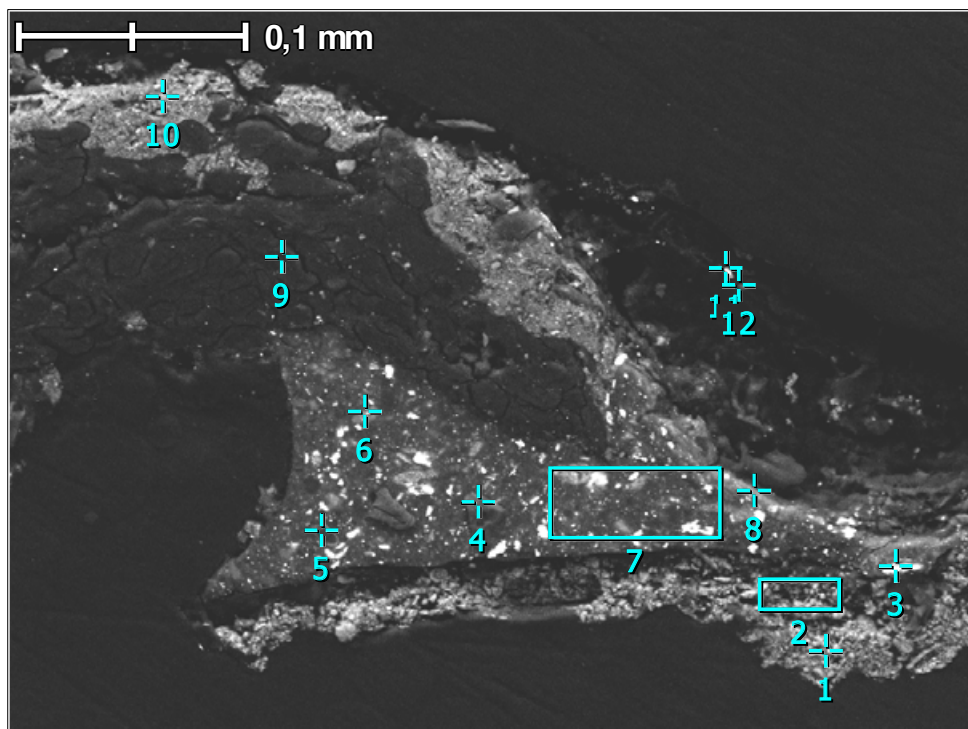
spektrum č. 66 – sv. Pantaleon, červený rub pláště



spektrum č. 67 – sv. Pantaleon, zelená punčocha



spektrum č. 68 – spodní deska (pod sv. Pantaleonem)



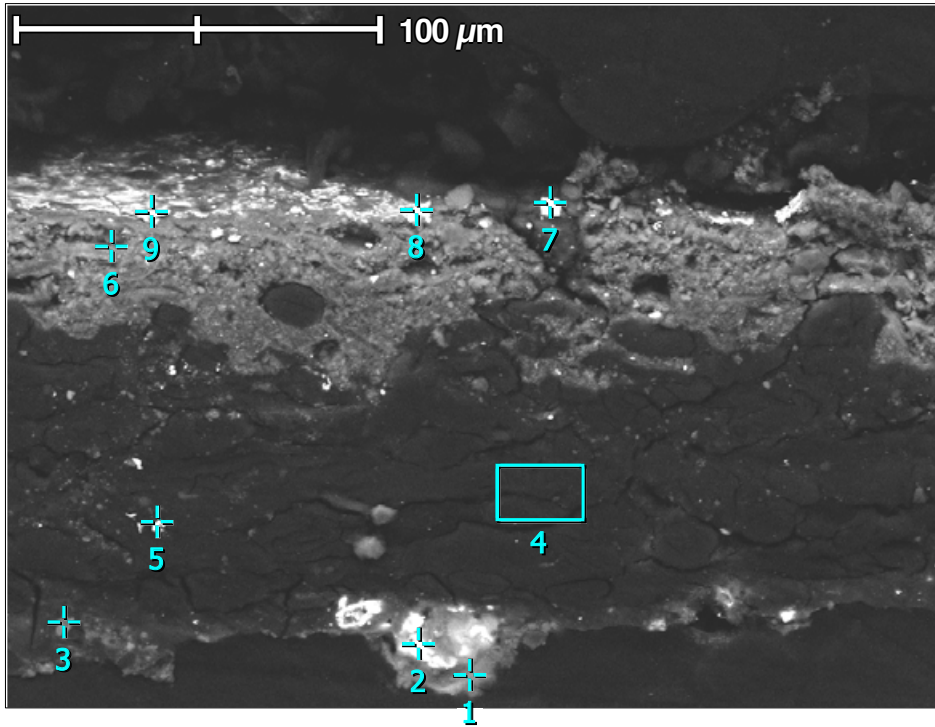
```

-----
Title       : IMG1
-----
Instrument  : 6060(LA)
Volt       : 20,00 kV
Mag        : x 300
Date       : 2016/08/03
Pixel      : 1024 x 768
-----
    
```

mass%

	Na	Al	Si	P	S	Cl	K	Ca	Ti	Fe	Cu	Zn	Ba	Pb	Total
1								100.00							100.00
2		1.85	1.09					86.84				6.08		4.15	100.00
3								1.88						98.12	100.00
4	7.28	1.57	0.95		6.76	16.47	8.00	4.35	1.25		17.78			35.61	100.00
5		19.60	2.18				5.55	6.74			16.60			49.32	100.00
6											62.57			37.43	100.00
7								5.27			25.34			69.39	100.00
8		3.62	2.56	9.35			2.31	23.13	2.05	8.21	5.51	16.31		26.95	100.00
9		6.97	15.69	7.79				32.51						37.05	100.00
10		8.58	13.74				2.63	44.31	1.26	26.19				3.29	100.00
11		1.68	0.67		14.78			2.42				5.88	74.57		100.00
12		1.78	2.22		2.31			84.22				9.47			100.00



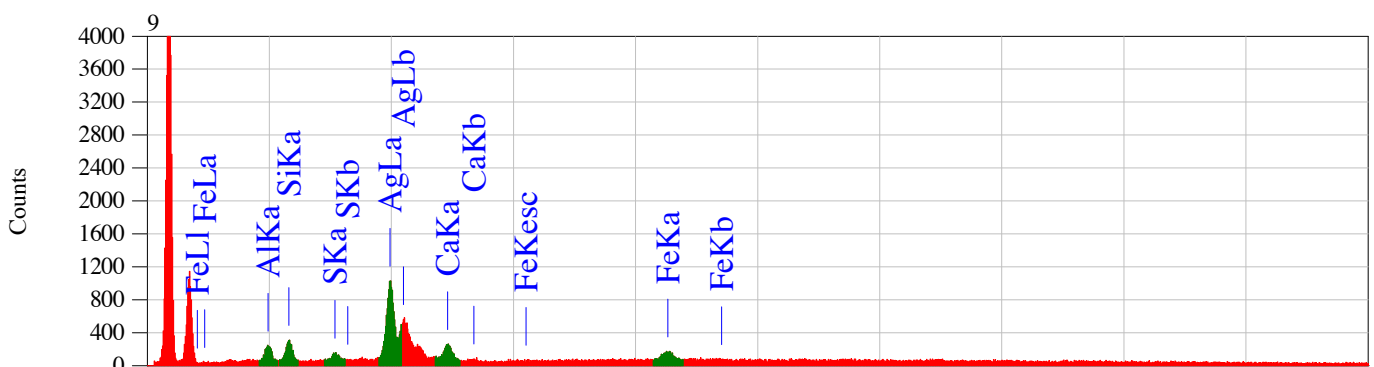
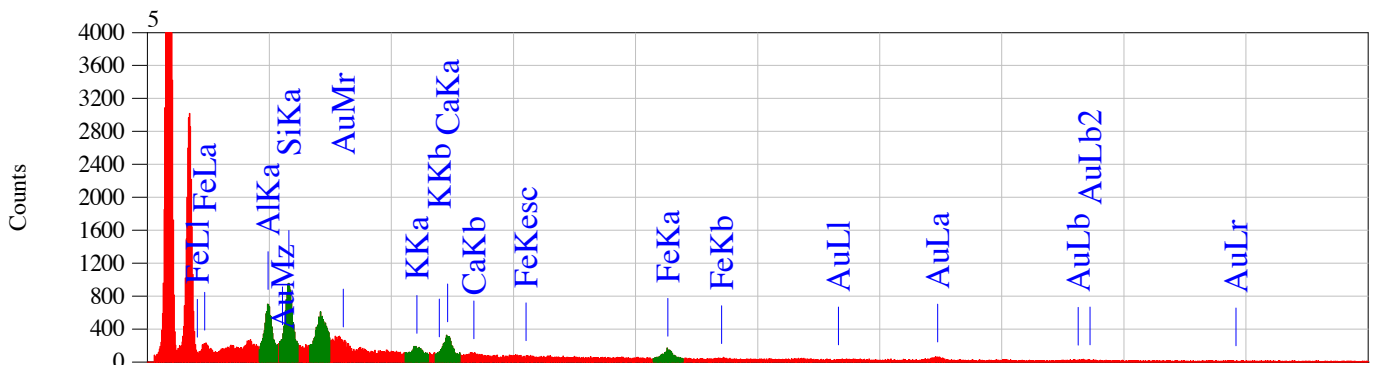
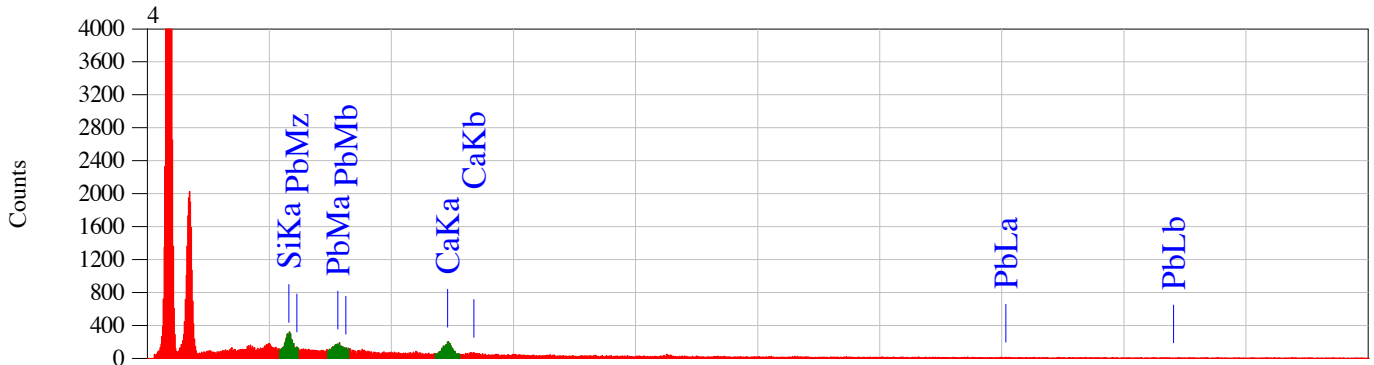
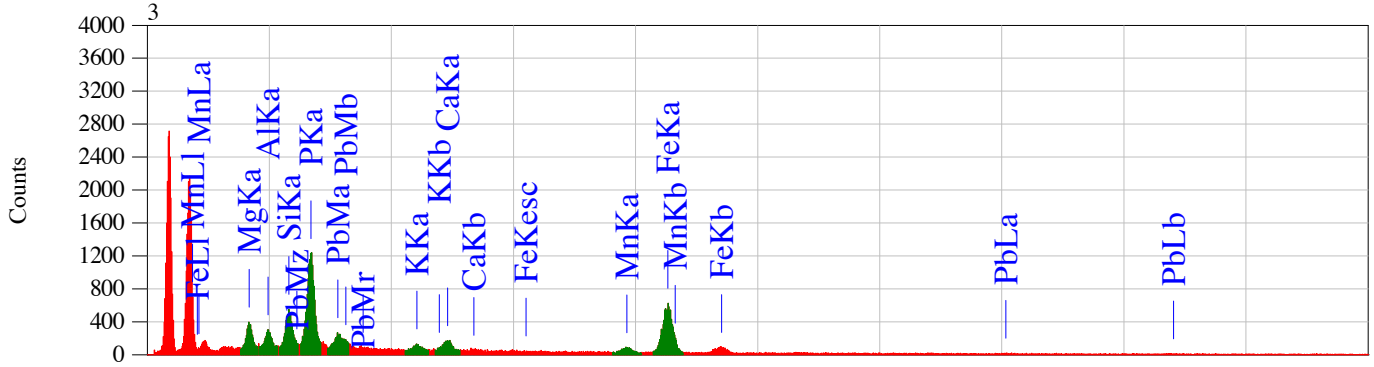
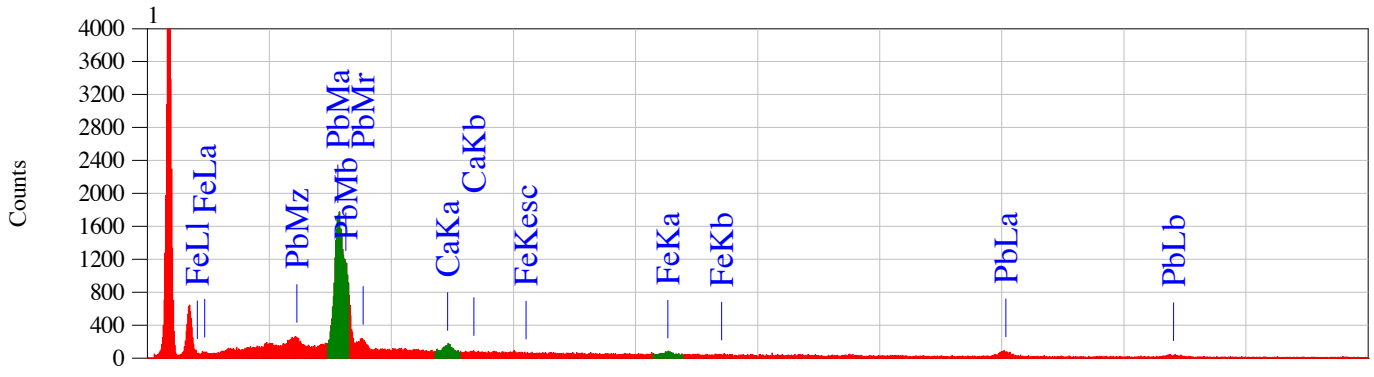


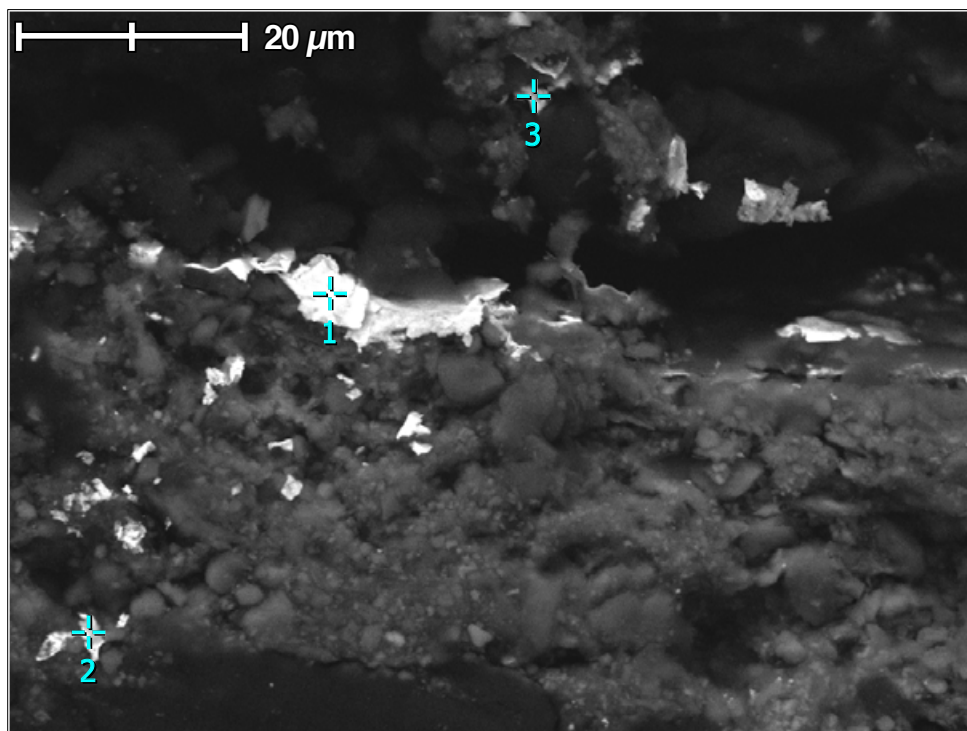
```

-----
Title       : IMG1
-----
Instrument  : 6060(LA)
Volt       : 20,00 kV
Mag        : x 500
Date       : 2016/08/03
Pixel     : 1024 x 768
-----
    
```

mass%

	Mg	Al	Si	P	S	K	Ca	Ti	Mn	Fe	Ag	Sn	Au	Pb	Total
1							3.50			2.82				93.68	100.00
2														100.00	100.00
3	6.36	3.76	5.98	21.00		1.66	3.34		4.02	42.67				11.22	100.00
4			23.00				41.57							35.43	100.00
5		13.61	17.50			3.73	12.87			14.38			37.90		100.00
6		4.81	11.31			3.03	50.85			27.41				2.60	100.00
7		1.58	2.01							1.73		94.69			100.00
8		3.38	4.60			1.73	13.85	3.69		28.67	4.54		39.53		100.00
9		5.13	5.19		2.07		9.62			11.51	66.48				100.00



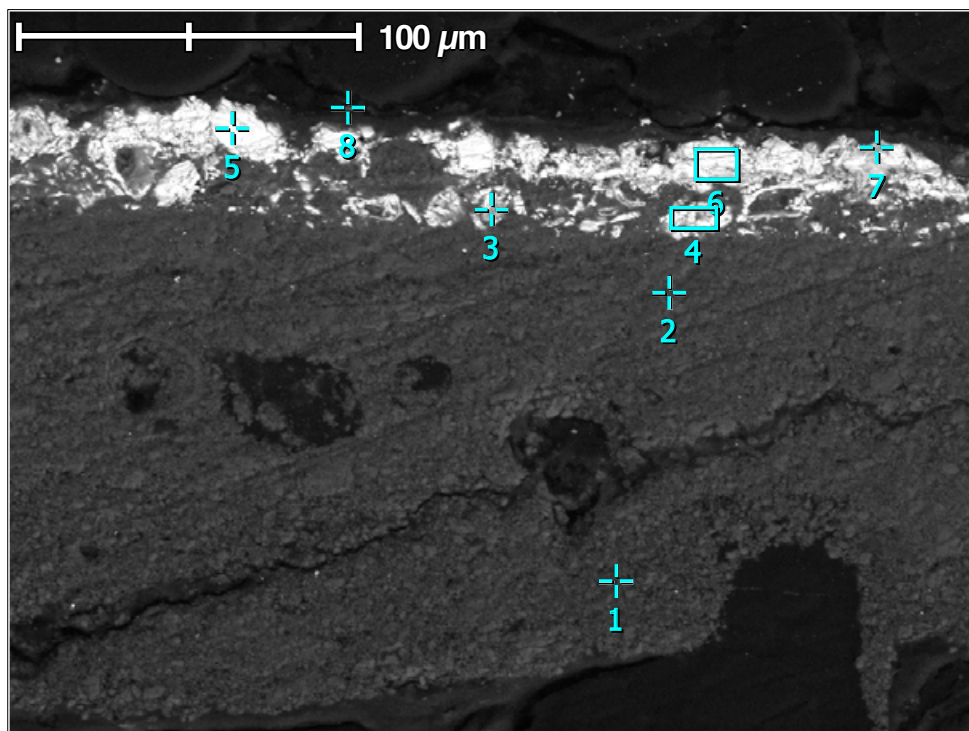


```

-----
Title       : IMG1
-----
Instrument  : 6060(LA)
Volt       : 20,00 kV
Mag        : x 1,500
Date       : 2016/08/03
Pixel      : 1024 x 768
-----
  
```

mass%

	Al	Si	S	K	Ca	Fe	Cu	Ag	Au	Total
1	0.84	1.49	5.89		1.51	1.86	2.90	22.02	63.49	100.00
2	7.98	13.14		1.78	8.70	18.99			49.40	100.00
3	4.78	5.27	8.44	1.88	11.17	6.85		43.12	18.49	100.00

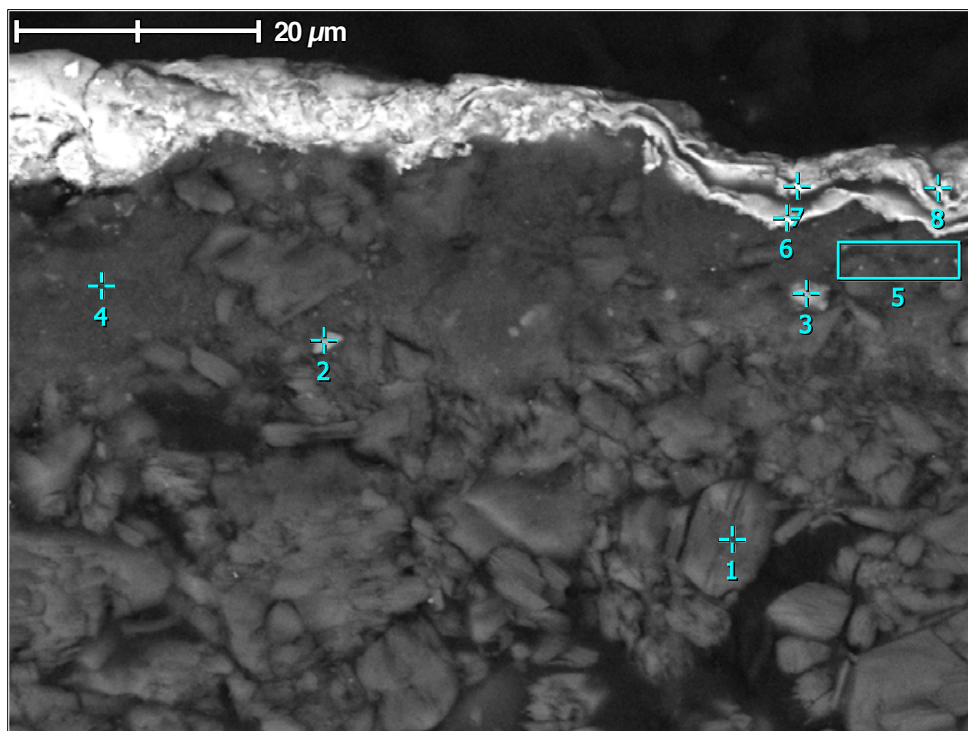


```

-----
Title       : IMG1
-----
Instrument  : 6060(LA)
Volt       : 20,00 kV
Mag        : x 450
Date       : 2016/08/02
Pixel      : 1024 x 768
-----
    
```

mass%

	Al	Si	S	Ca	Fe	Zn	Sn	Hg	Pb	Total
1				100.00						100.00
2	1.19	1.42		85.31	3.26				8.82	100.00
3				8.04					91.96	100.00
4				9.39					90.61	100.00
5			11.49	2.03				86.48		100.00
6			13.45	3.69				82.86		100.00
7							60.88		39.12	100.00
8			7.67	25.23	3.01	7.11		14.11	42.89	100.00

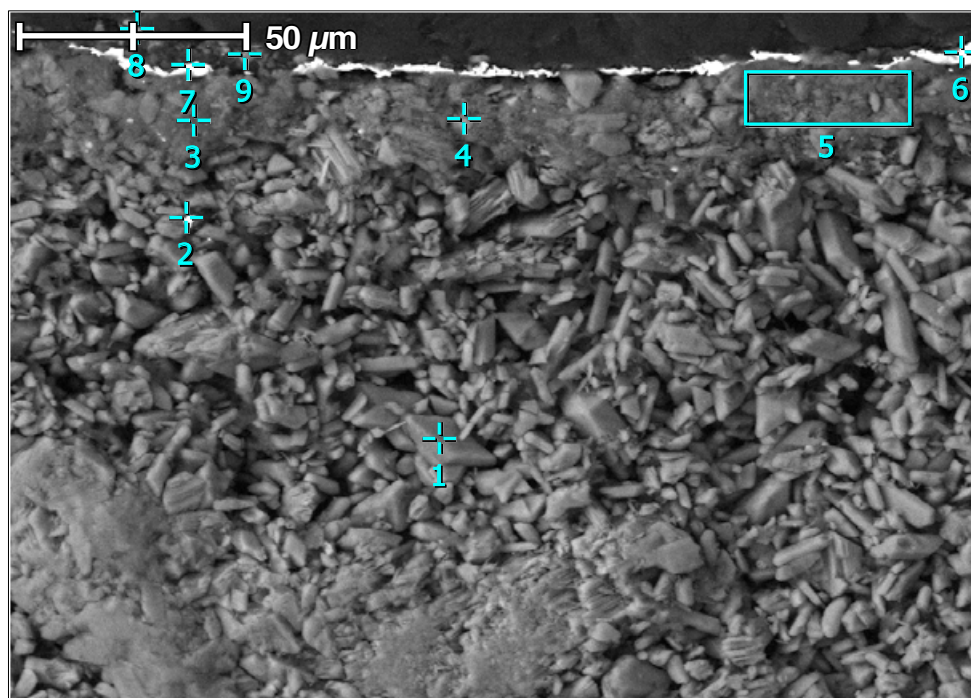


```

-----
Title       : IMG1
-----
Instrument  : 6060(LA)
Volt       : 20,00 kV
Mag        : x 1,600
Date       : 2016/08/02
Pixel      : 1024 x 768
-----
  
```

mass%

	Al	Si	P	S	Cl	K	Ca	Fe	Ag	Total
1				41.50			58.50			100.00
2	9.65	21.80	21.24	20.55			20.29	6.47		100.00
3	9.29	7.52		3.83			3.56	73.62	2.18	100.00
4	28.27	29.61		6.92		2.84	7.65	21.76	2.95	100.00
5	12.32	11.29		20.39		1.75	25.92	10.46	17.86	100.00
6	2.93	2.00		2.69	1.81	2.72	5.10	1.48	81.27	100.00
7	3.82	0.35		1.70			2.42		91.71	100.00
8	2.48	0.89		11.00	0.23		3.98		81.42	100.00

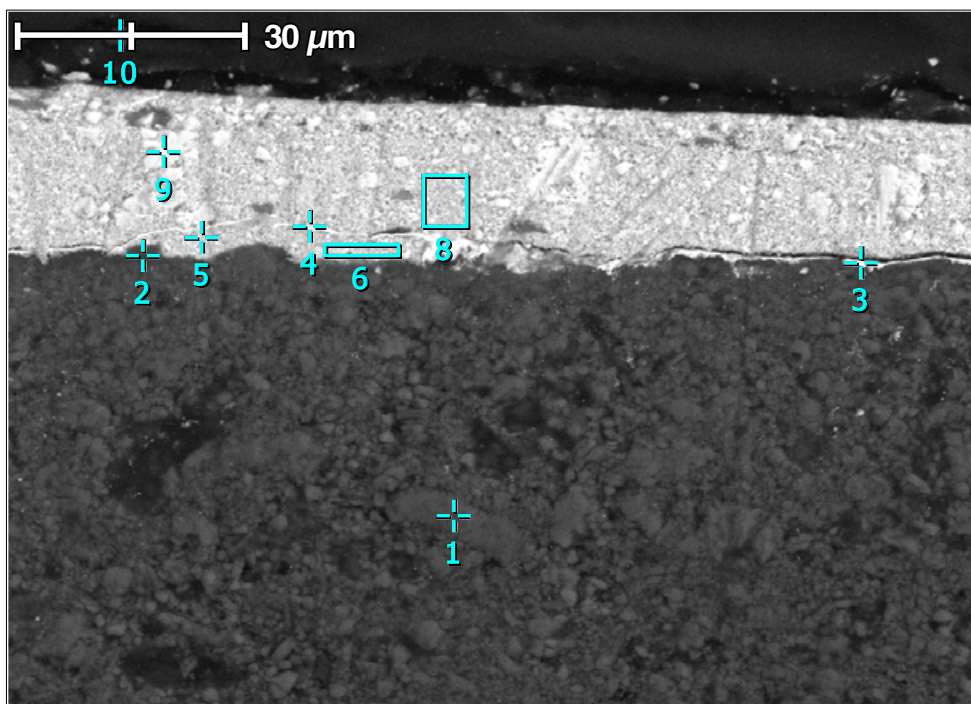


```

-----
Title       : IMG1
-----
Instrument  : 6060(LA)
Volt       : 20,00 kV
Mag        : x 600
Date       : 2016/08/02
Pixel     : 1024 x 768
-----
  
```

mass%

	Mg	Al	Si	S	K	Ca	Ti	Fe	Ag	Au	Total
1				41.87		58.13					100.00
2				30.80		32.21				36.99	100.00
3		21.92	23.77	15.83	2.07	19.40		17.01			100.00
4		12.43	12.31	27.60	1.52	35.60		10.55			100.00
5		15.77	15.82	24.07	1.75	30.34		12.25			100.00
6		1.11	1.25			5.17		1.43		91.03	100.00
7		2.55	3.72			6.38		2.57	4.22	80.56	100.00
8		9.17	22.39	17.97		44.33		6.14			100.00
9	4.92	17.08	35.48	7.34	7.24	9.81	2.11	16.01			100.00

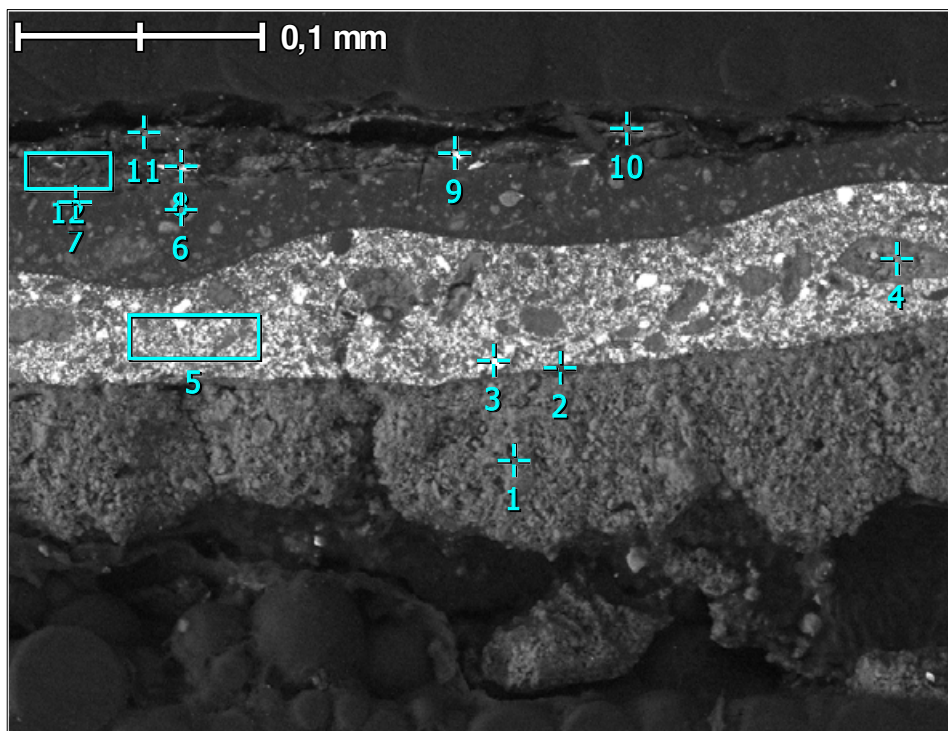


```

-----
Title       : IMG1
-----
Instrument  : 6060(LA)
Volt       : 20,00 kV
Mag        : x 1,000
Date       : 2016/08/02
Pixel      : 1024 x 768
-----
  
```

mass%

	Na	Al	Si	K	Ca	Fe	Au	Pb	Total
1					100.00				100.00
2		18.62	18.33	1.83	19.74	7.08	3.14	31.25	100.00
3		3.70	2.93		7.86	3.76	58.68	23.05	100.00
4					4.36		12.58	83.07	100.00
5					6.40			93.60	100.00
6		1.58	1.40		7.24	3.71		86.07	100.00
9					3.81			96.19	100.00
8					4.90			95.10	100.00
10	4.45	8.08	12.94		27.96			46.58	100.00



```

-----
Title       : IMG1
-----
Instrument  : 6060(LA)
Volt        : 20,00 kV
Mag         : x 330
Date        : 2016/08/03
Pixel       : 1024 x 768
-----
  
```

mass%

	Al	Si	S	Ca	Cr	Cu	Zn	Sn	Ba	Au	Pb	Total
1				100.00								100.00
2				63.69		8.18					28.13	100.00
3				3.51		3.14					93.35	100.00
4				3.01		89.76					7.23	100.00
5				3.41		24.23					72.36	100.00
6				2.74		93.35					3.92	100.00
7						5.98		22.45			71.56	100.00
8				3.33		6.04				90.64		100.00
9			14.25	1.39		2.74			81.62			100.00
10	1.43	1.60		46.11	35.70	4.10	2.84				8.22	100.00
11		1.26		61.50	27.54	3.82	4.43				1.46	100.00
12	2.87	2.81		40.93		13.97	15.39		16.11		7.94	100.00



## Protokol analýzy metodou Ramanovy mikrospektroskopie (MRS)

15/219

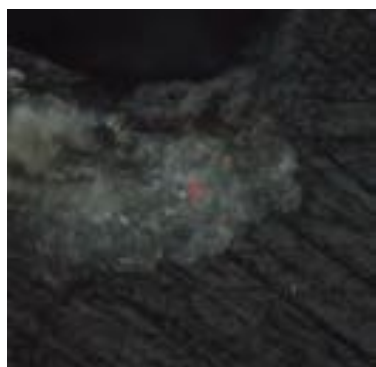
**Autor:** Anonym (Severozápadní Čechy)  
**Název díla:** Sv. Erasmus, sv. Linhart, sv. Pantaleon  
**Doba vzniku:** 1480 – 1490  
**Inv. č.:** P 3020  
**Rozměry:** 73 cm × 57 cm  
**Majitel:** Národní galerie v Praze  
**Restaurátor:** ak. mal. Anna Třeštíková

Ramanova mikrospektroskopie (MRS) byla provedena v rámci grantového projektu NAKI – Technologie 15006 k identifikaci pigmentů na příčných nábrusech polychromované dřevorezby.

### Specifikace přístroje

Spektra byla měřena pomocí disperzního Ramanova mikroskopu Nicolet DXR od firmy Thermo Scientific s objektivy 10 ×, 20 × 50 × a 100 ×. Analýza byla provedena v rozsahu 3300 – 50 cm<sup>-1</sup> při spektrálním rozlišení 4 cm<sup>-1</sup> za použití excitačních laserů o vlnové délce 780 nm a 532 nm. Spektra byla vyhodnocena v programu Omnic 9 a interpretována na základě porovnání s knihovnou spekter pigmentů (viz prezentovaná srovnávací spektra standardů)

### Vzorek č. 15/219/1



*podklad*



*spodní červená*



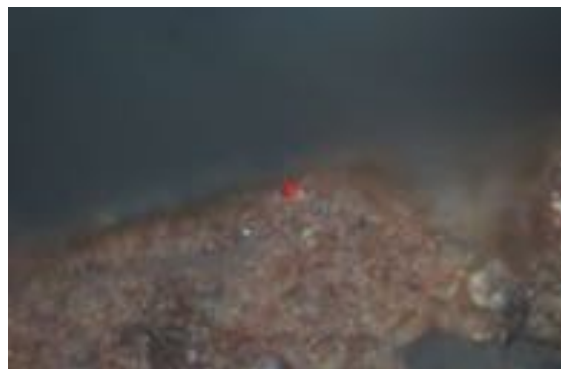
*černá*



*černá, červené zrno*

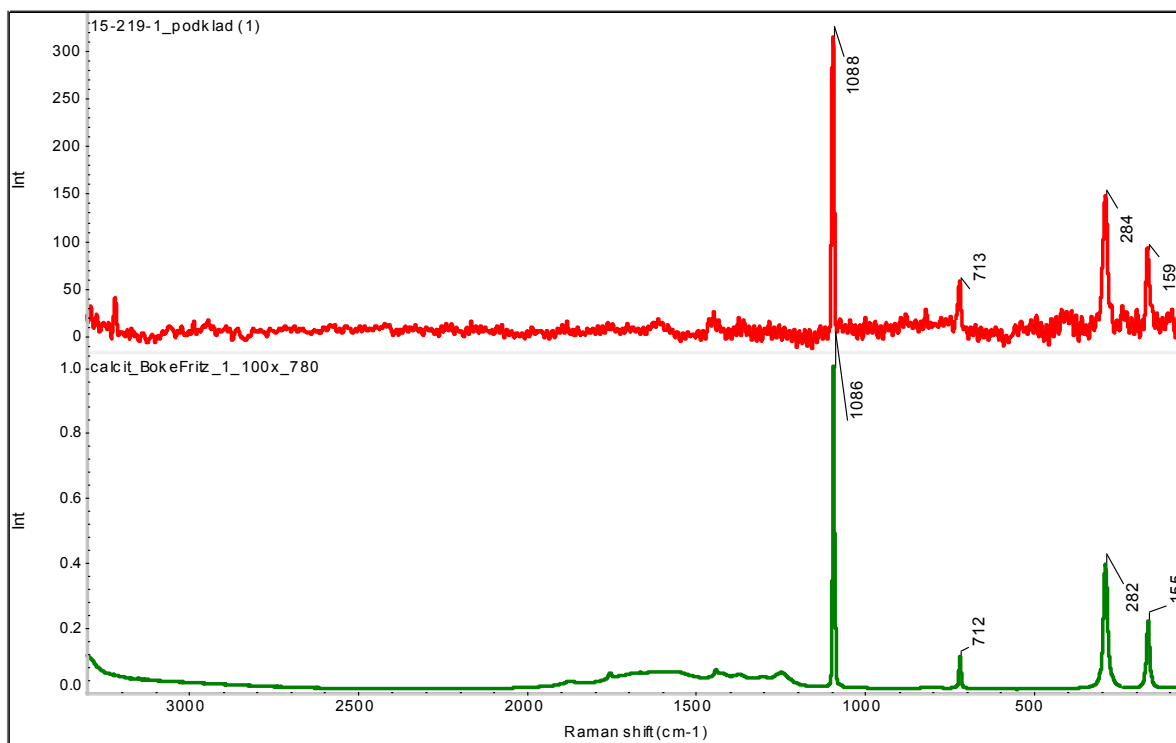


červená (zrno 2)

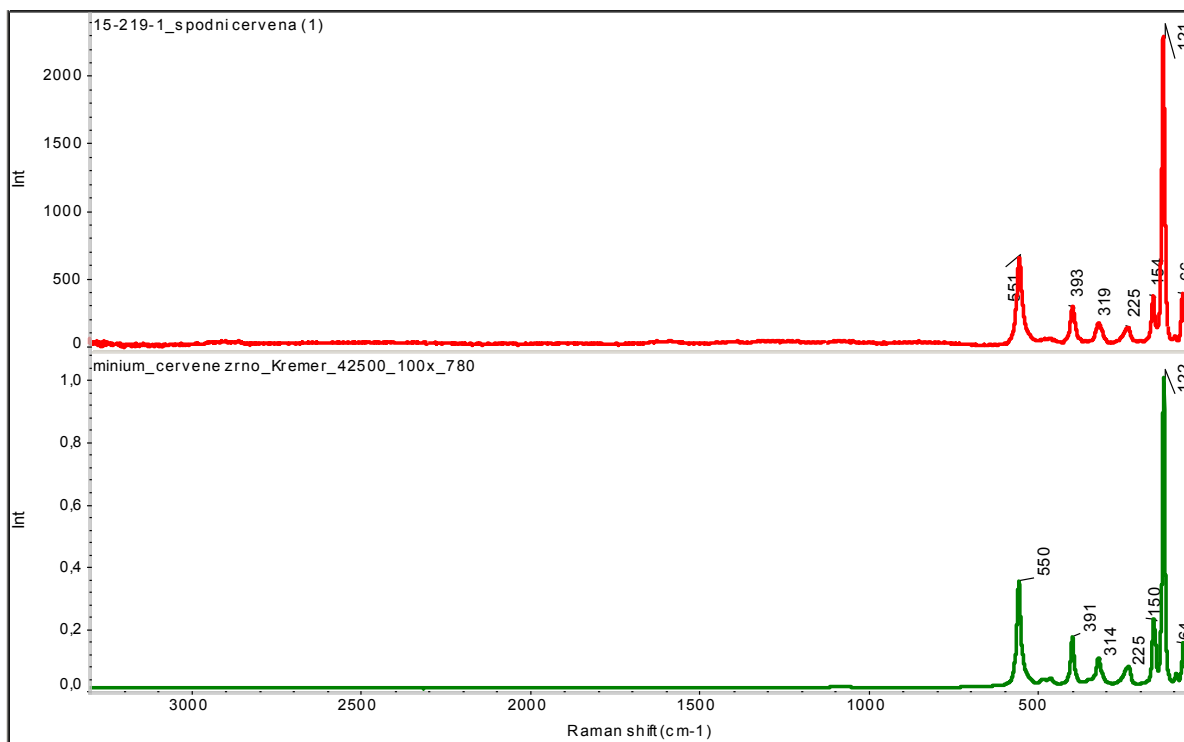


červená (zrno 6)

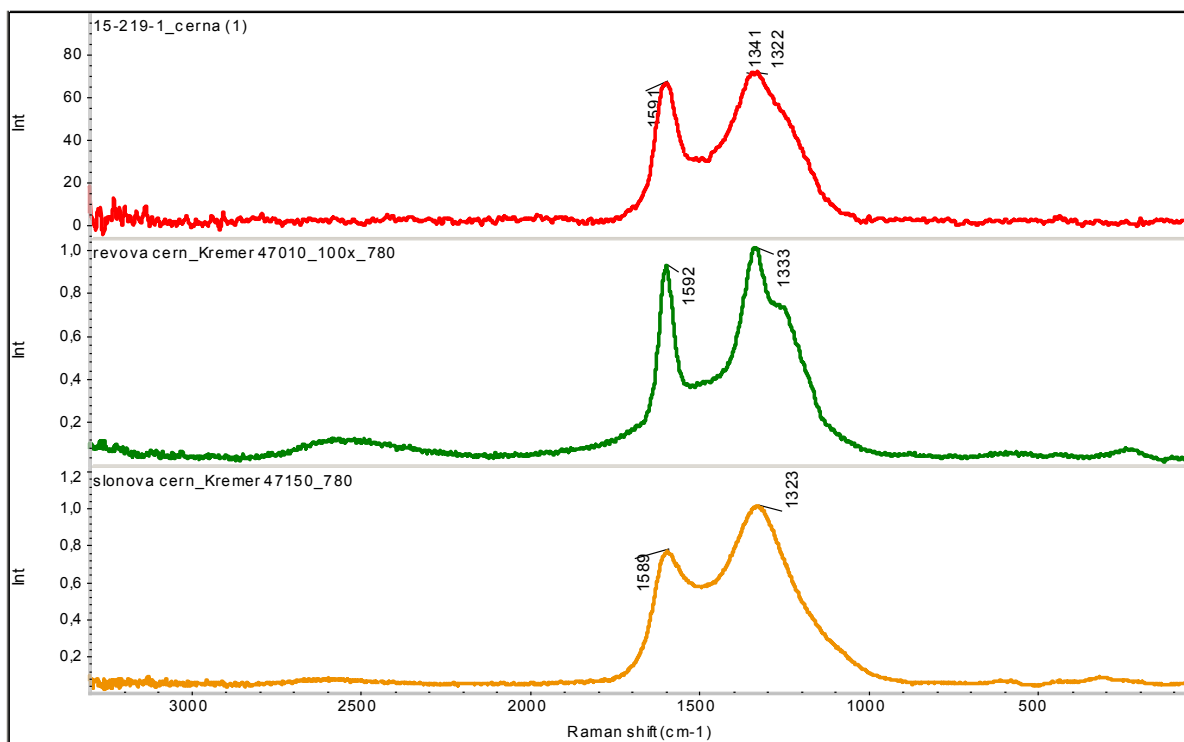
Obr. 1: Snímky z Ramanova mikroskopu s vyznačením měřených bodů ve vrstvě podkladu, spodní červené, černé a vrchní červené vrstvě pod pokovením



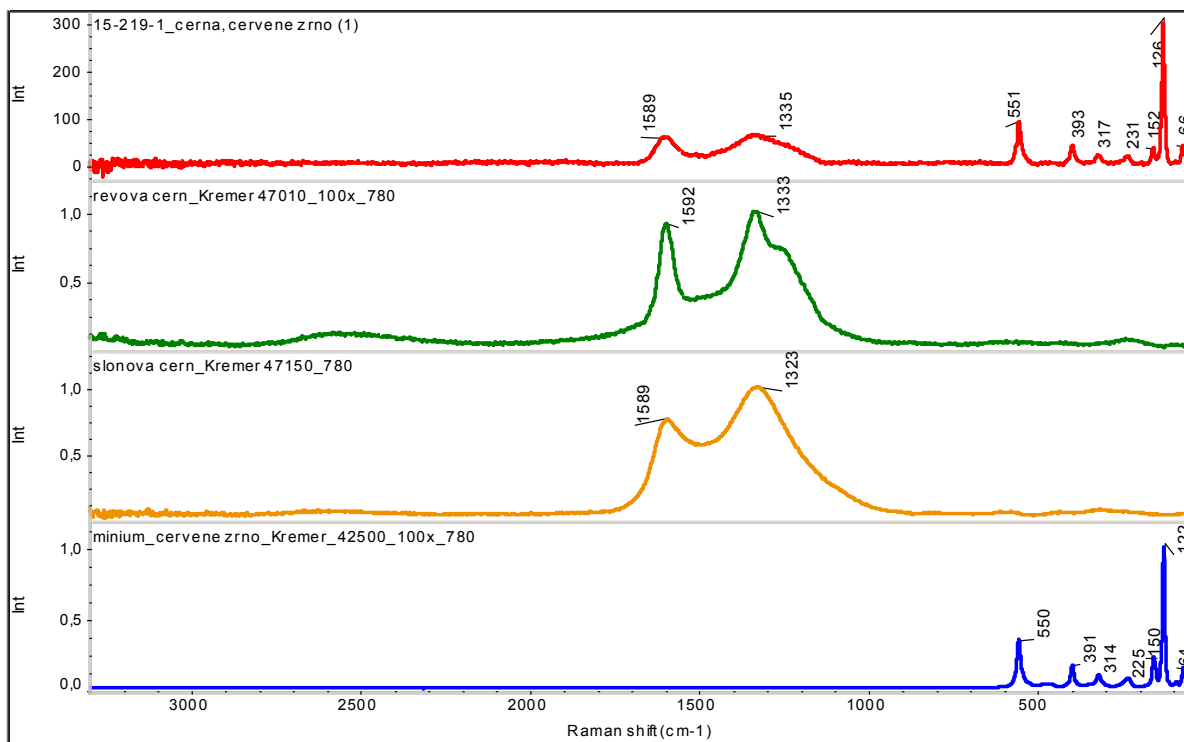
Obr. 2: Spektrum spodní bílé vrstvy podkladu se spektrem standardu kalcitu ( $\text{CaCO}_3$ )



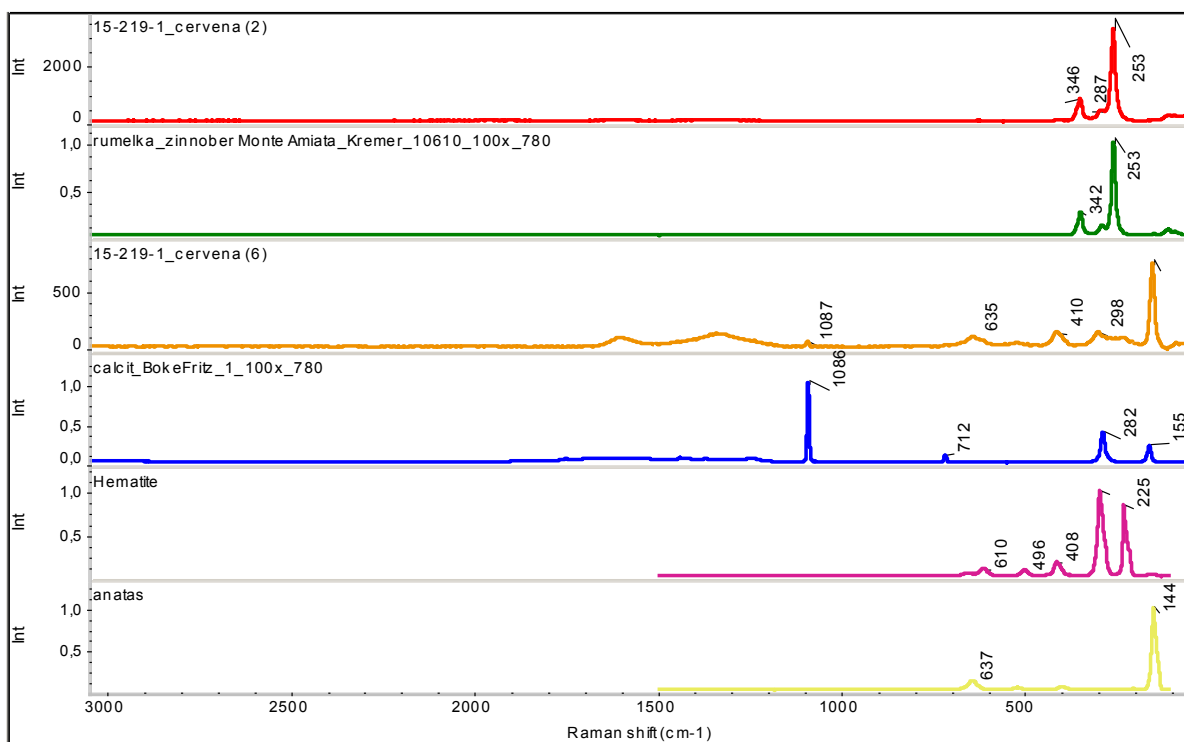
Obr. 3: Spektrum spodní červené vrstvy se spektrem standardu minia ( $Pb_3O_4$ )



Obr. 4: Spektrum černé vrstvy se spektry standardů révové černi (amorfní C) a slonové černi (C s příměsí  $Ca_3(PO_4)_2$  a  $Mg_3(PO_4)_2$  a  $CaCO_3$ )

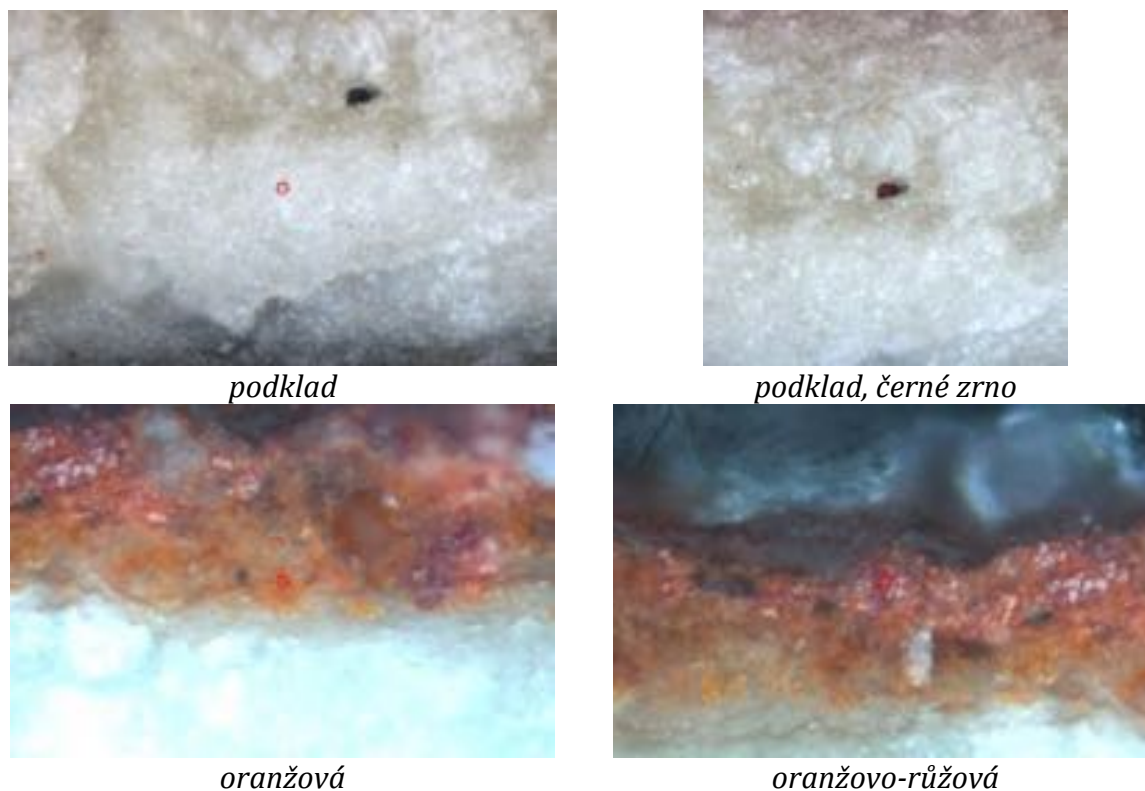


Obr. 5: Spektrum červeného zrna z černé vrstvy se spektry standardů révové černi (amorfní C), slonové černi (C s příměsí  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$  a  $\text{Mg}_3(\text{PO}_4)_2$  a  $\text{CaCO}_3$ ) a minia ( $\text{Pb}_3\text{O}_4$ )

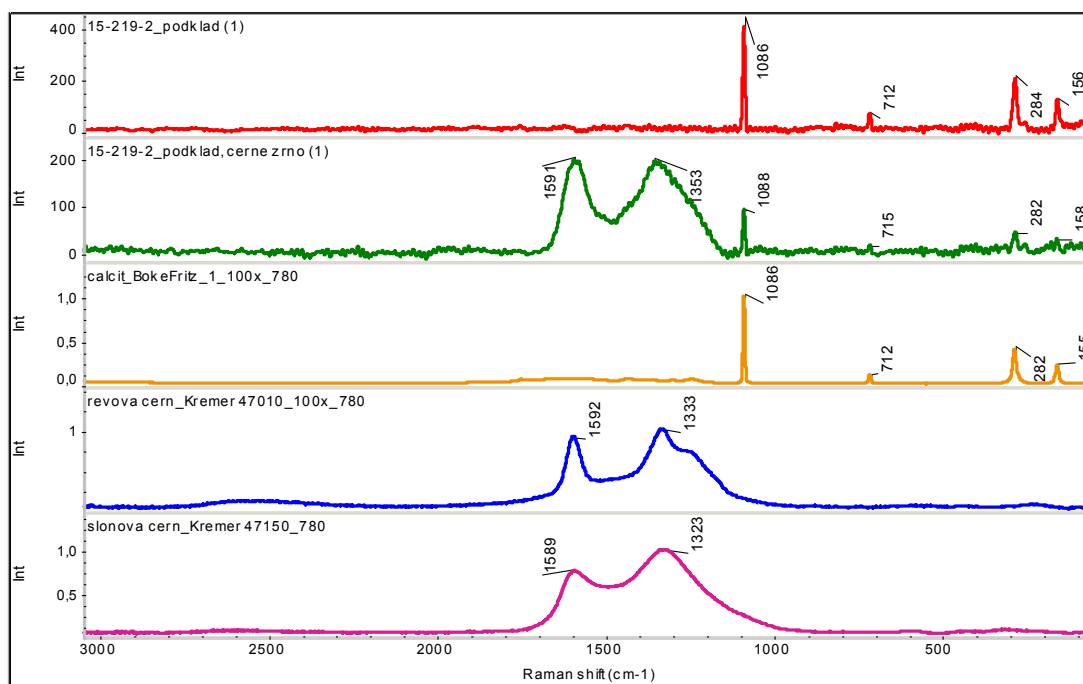


Obr. 6: Spektrum zrna 2 a 6 z červené vrstvy se spektry standardů rumělky ( $\text{HgS}$ ), kalcitu ( $\text{CaCO}_3$ ), hematitu ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) a anatasu ( $\text{TiO}_2$ )

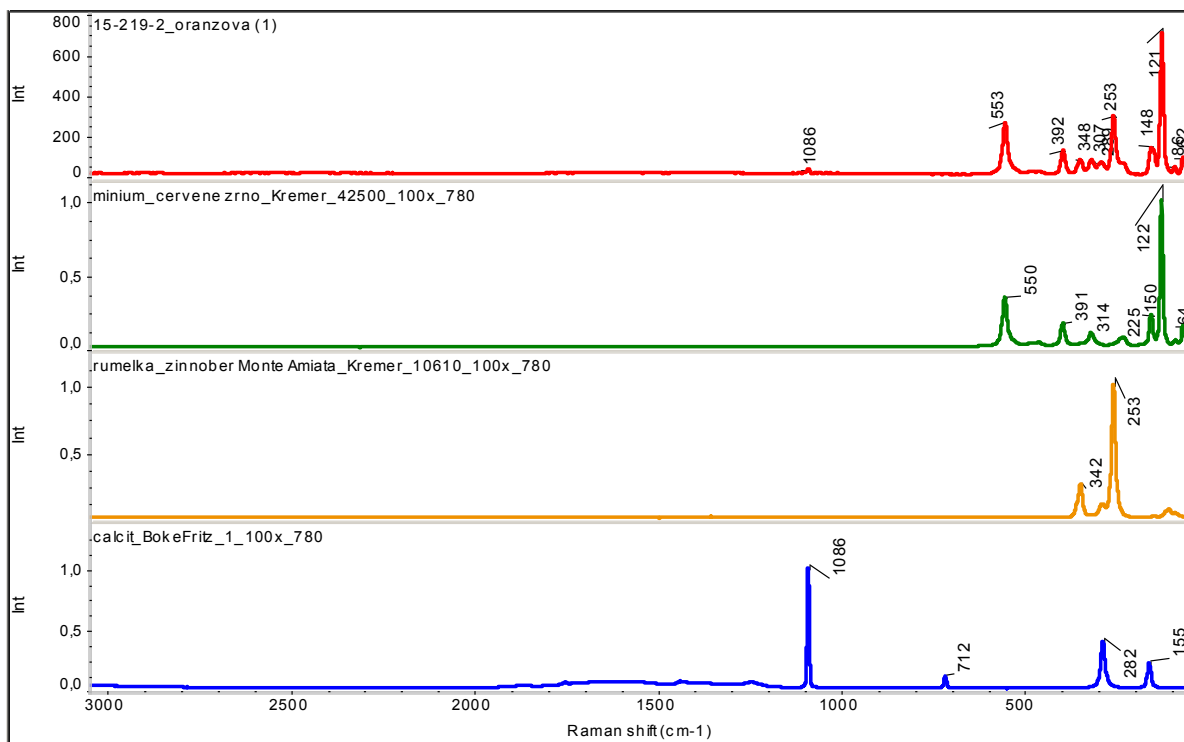
Vzorek č. 15/219/2



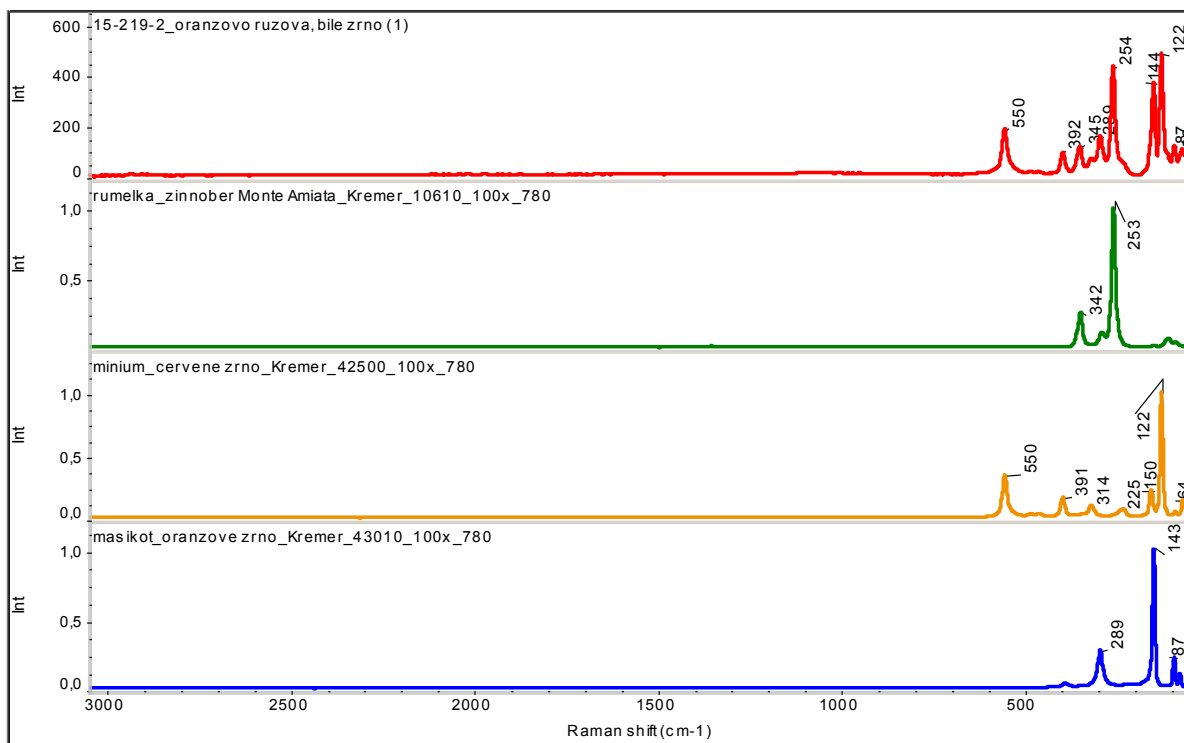
Obr. 7: Snímky z Ramanova mikroskopu s vyznačením měřených bodů ve spodní vrstvě podkladu (bílá) a vrchních vrstvách (oranžová, oranžovo-růžová)



Obr. 8: Spektrum spodní vrstvy podkladu (bílé, černého zrna) se spektry standardů kalcitu ( $\text{CaCO}_3$ ), révové černi (amorfní C) a slonové černi (C s příměsí  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$  a  $\text{Mg}_3(\text{PO}_4)_2$  a  $\text{CaCO}_3$ )

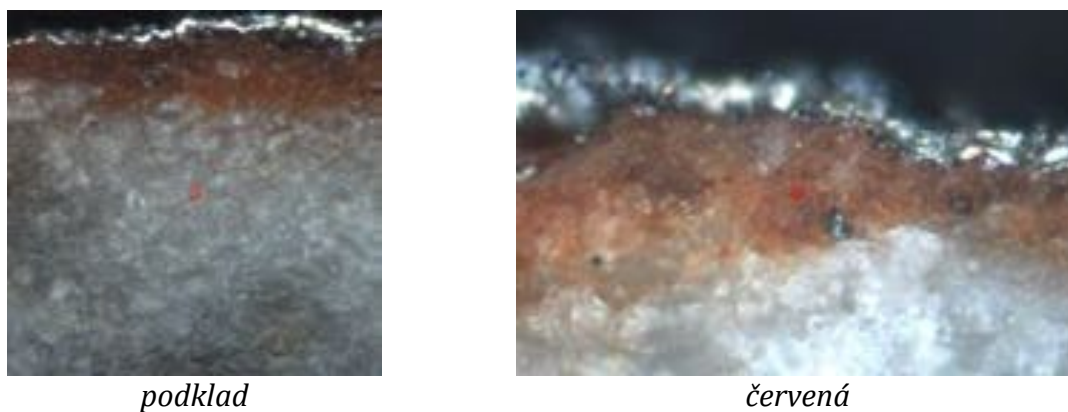


Obr. 9: Spektrum oranžové vrstvy se spektry standardů minia (Pb<sub>3</sub>O<sub>4</sub>), rumělky (HgS) a kalcitu (CaCO<sub>3</sub>)

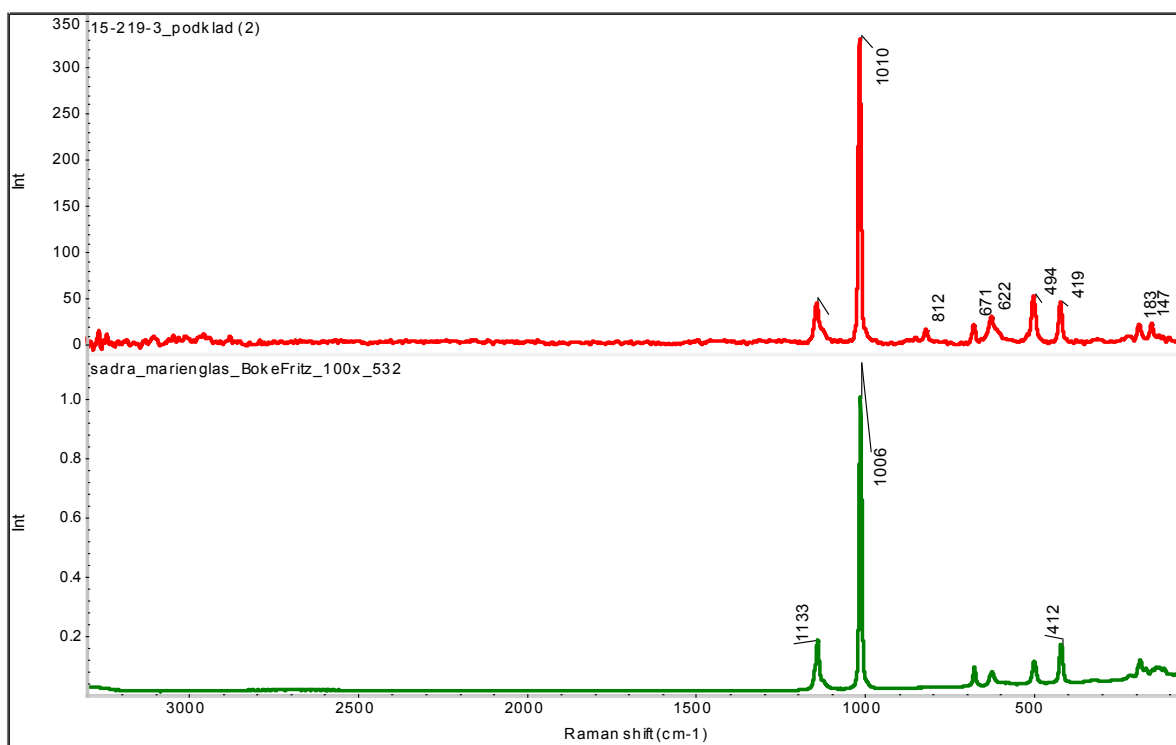


Obr. 10: Spektrum oranžovo-růžové vrstvy se spektrem standardu rumělky (HgS), minia (Pb<sub>3</sub>O<sub>4</sub>) a masikotu (PbO)

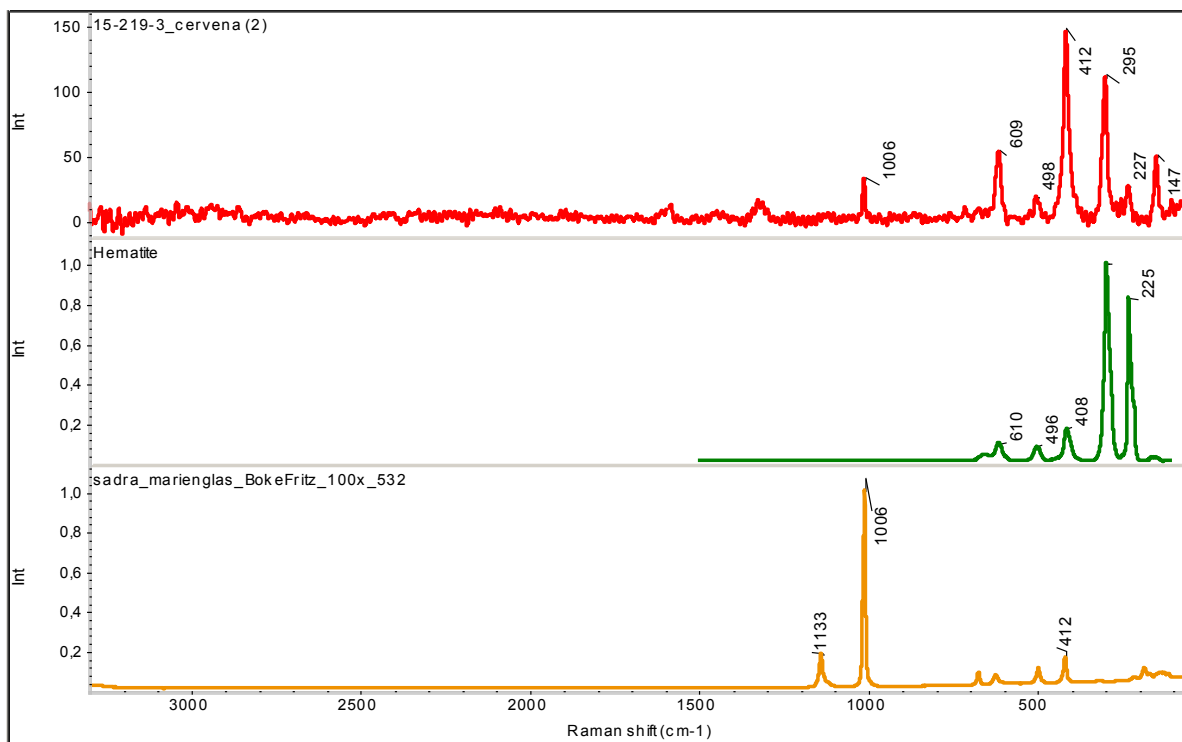
Vzorek č. 15/219/3



Obr. 11: Snímky z Ramanova mikroskopu s vyznačením měřených bodů ve spodní vrstvě podkladu (bílá) a vrstvě pod pokovením (červená)



Obr. 12: Spektrum spodní bílé vrstvy podkladu se spektrem standardu sádry ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$ )



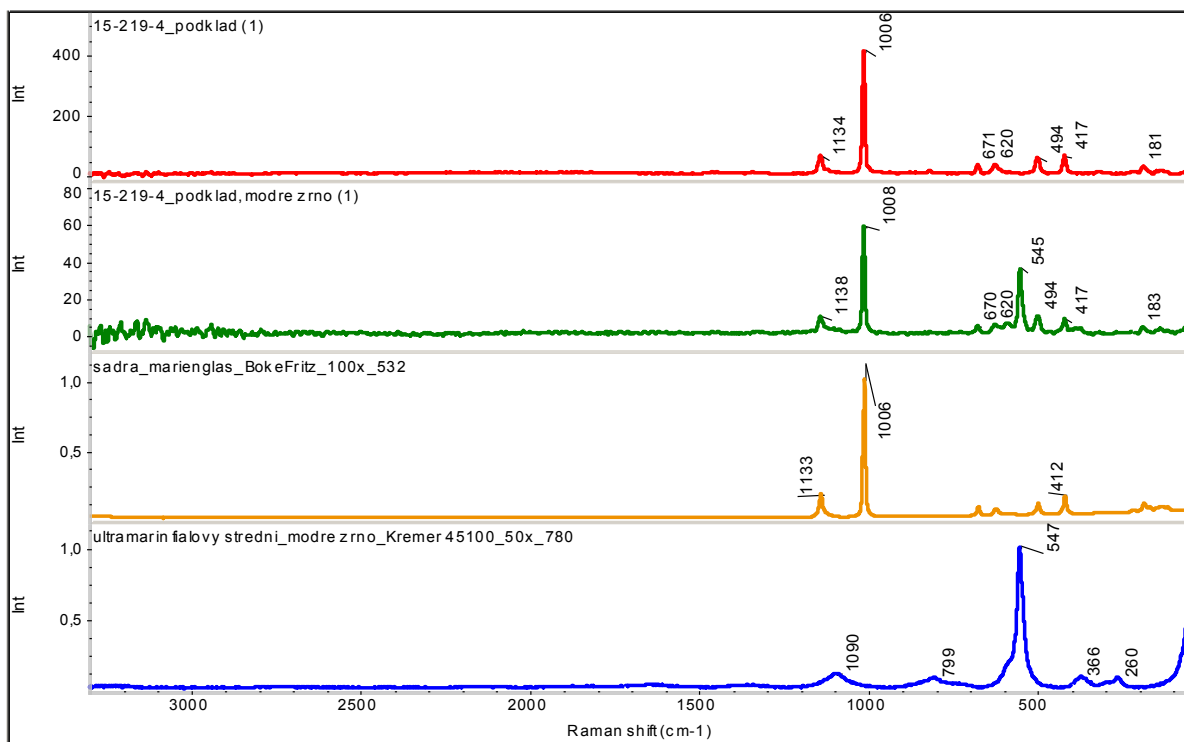
Obr. 13: Spektrum červené vrstvy se spektry standardů hematitu ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) a sádry ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$ )

**Vzorek č. 15/219/4**

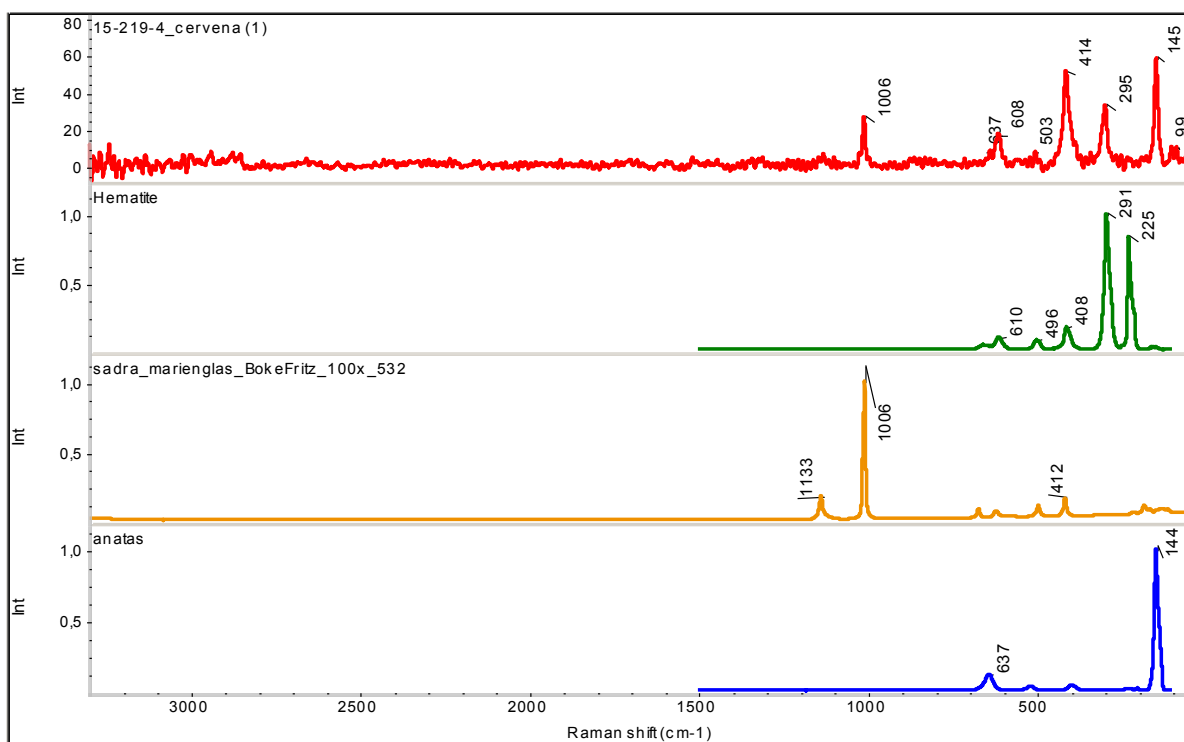


Obr. 14: Snímky z Ramanova mikroskopu s vyznačením měřených bodů ve spodní vrstvě podkladu (bílá) a vrstvě pod pokovením (červená)





Obr. 15: Spektrum spodní vrstvy podkladu (bílé, modrého zrna) se spektry standardů sádry ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$ ) a ultramarínu ( $\text{Na}_{8-10}(\text{Al}_6\text{Si}_6\text{O}_{24})\text{S}_{2-4}$ )

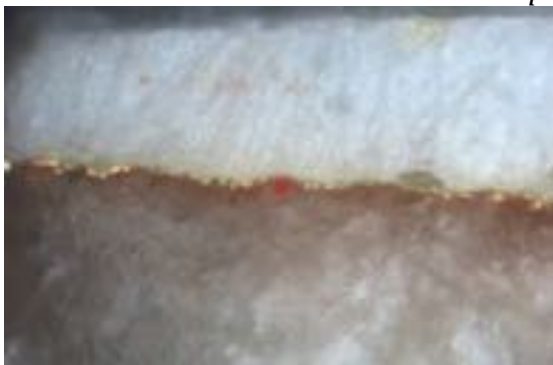


Obr. 16: Spektrum červené vrstvy se spektry standardů hematitu ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ), sádry ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$ ) a anatasu ( $\text{TiO}_2$ )

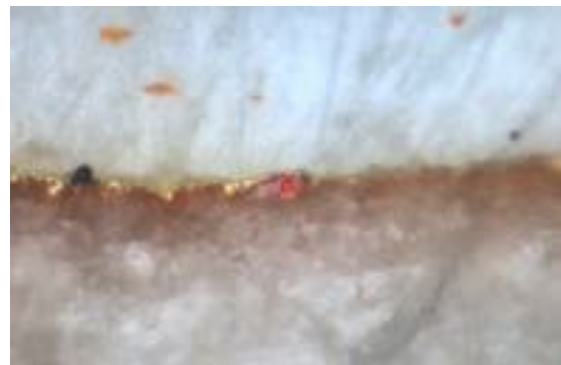
Vzorek č. 15/219/5



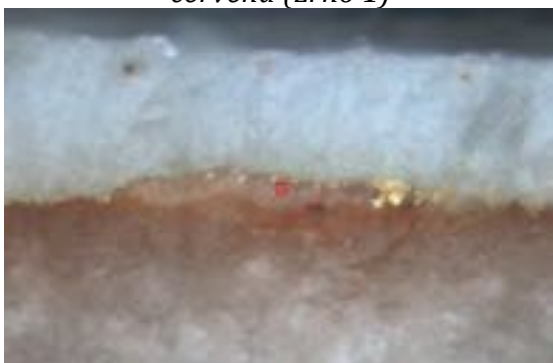
*podklad*



*červená (zrno 1)*



*červená (zrno 2)*



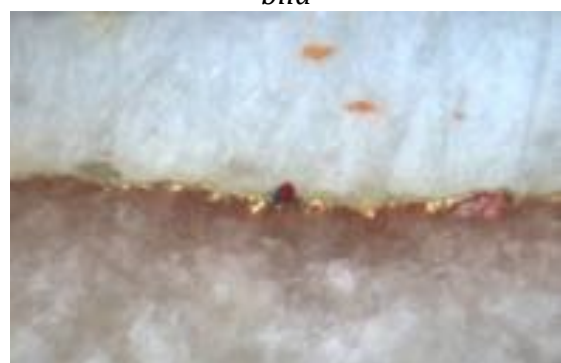
*oranžová*



*bílá*

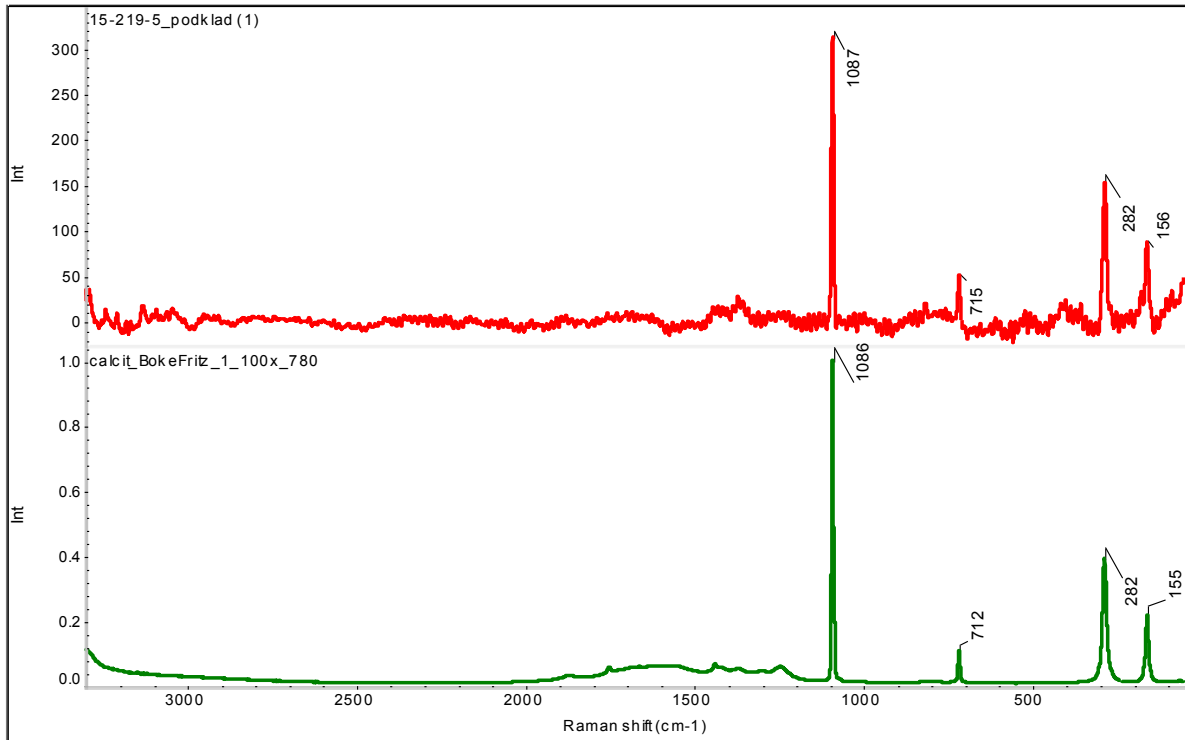


*bílá, oranžové zrno*

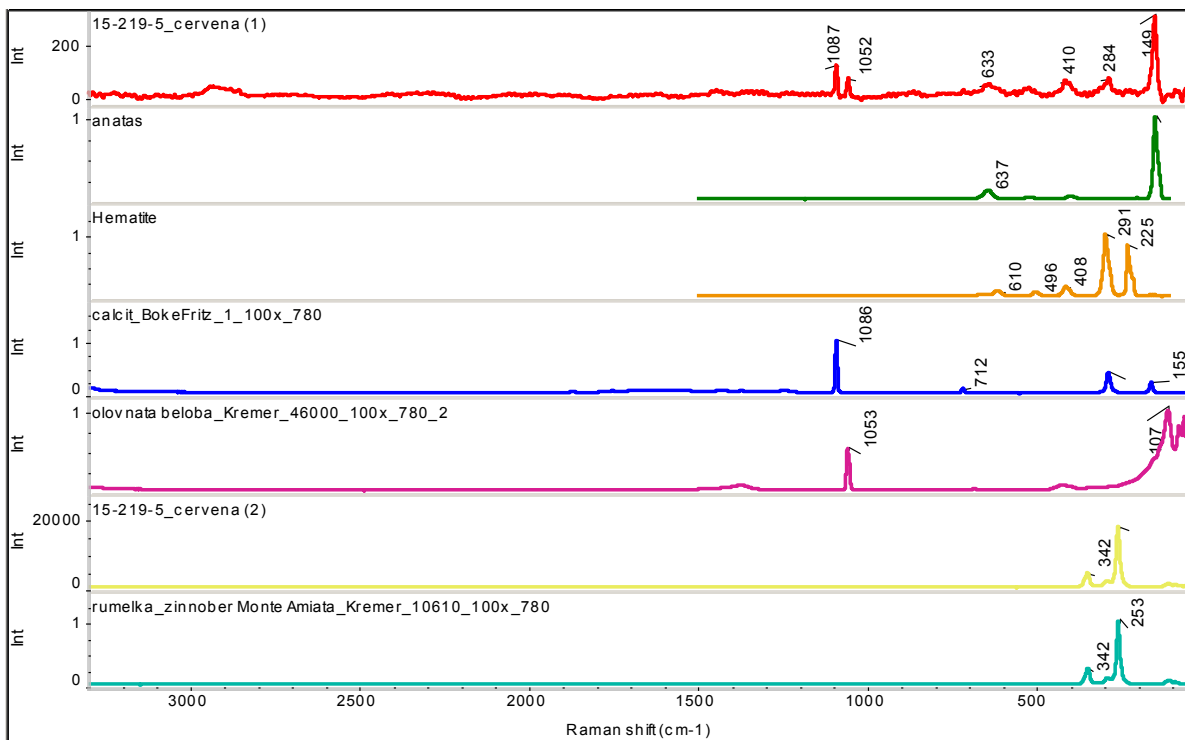


*bílá, černé zrno*

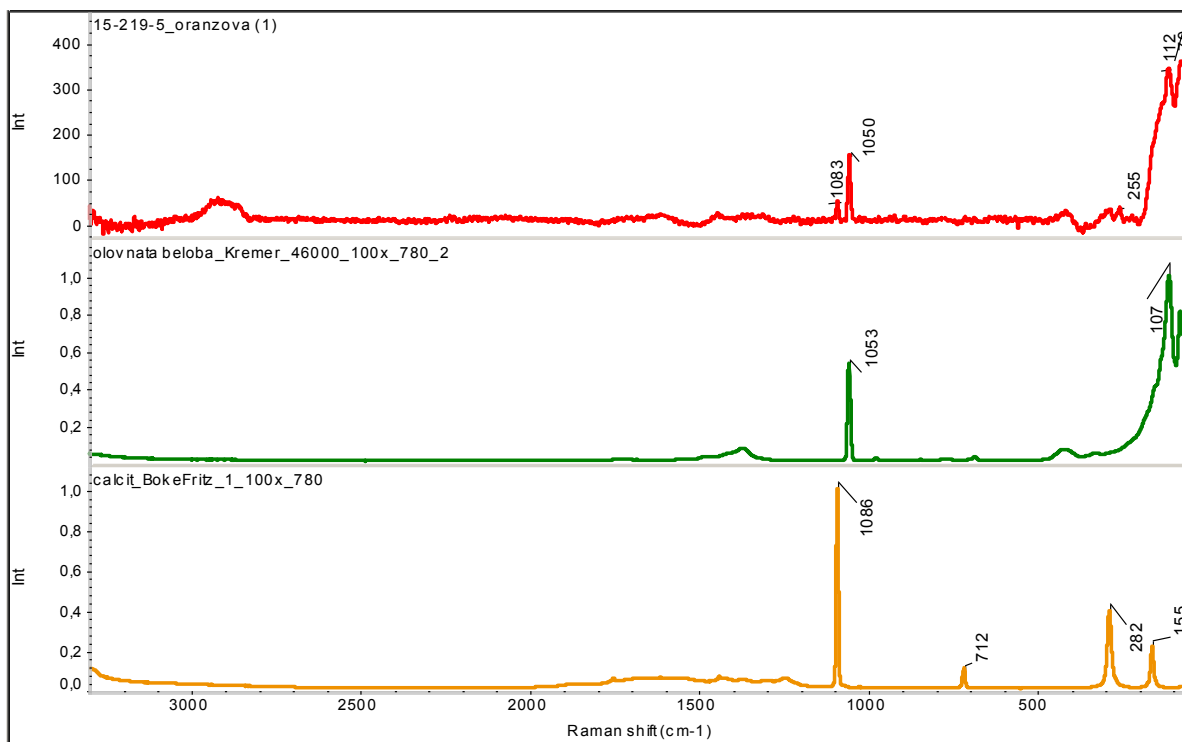
Obr. 17: Snímky z Ramanova mikroskopu s vyznačením měřených bodů ve spodní vrstvě podkladu (bílá), vrstvě pod pokovením (červená) a vrchní vrstvě inkarnátu (bílá)



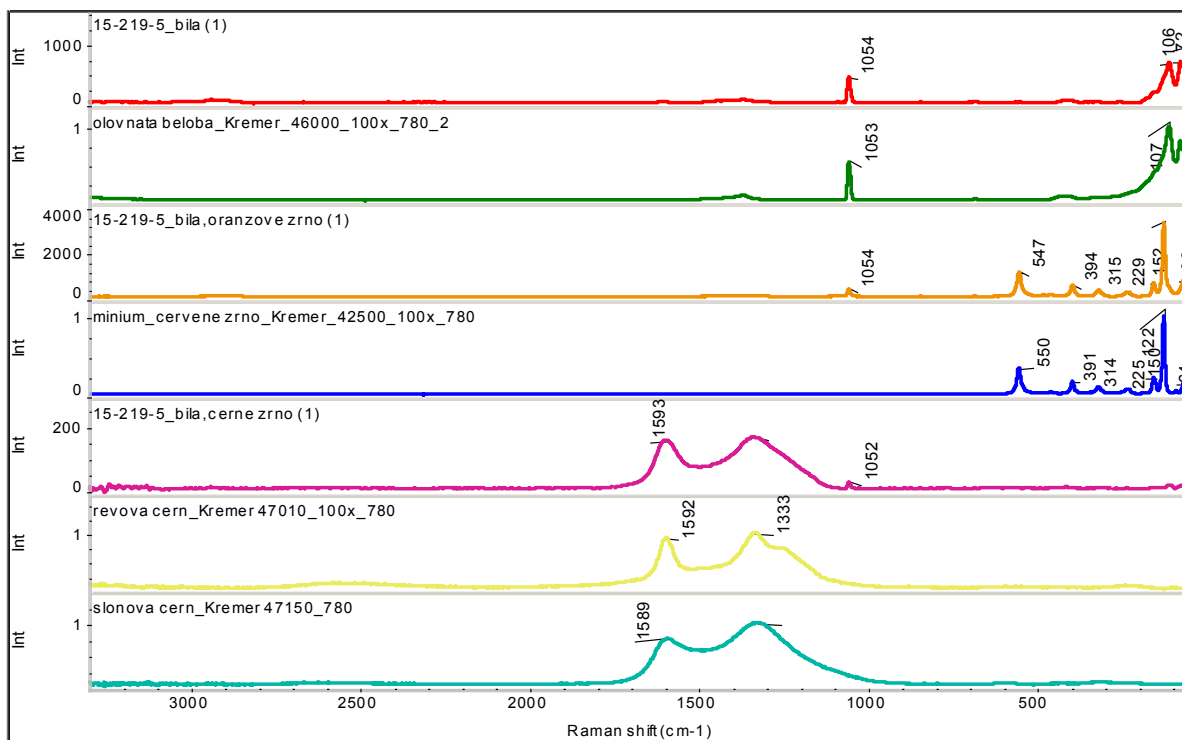
Obr. 18: Spektrum spodní bílé vrstvy podkladu se spektrem standardu kalcitu (CaCO<sub>3</sub>)



Obr. 19: Spektrum zrna 1 a 2 z červené vrstvy se spektry standardů anatasu (TiO<sub>2</sub>), hematitu (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>), kalcitu (CaCO<sub>3</sub>), olovnaté běloby (2 PbCO<sub>3</sub> · Pb(OH)<sub>2</sub>) a rumělky (HgS)

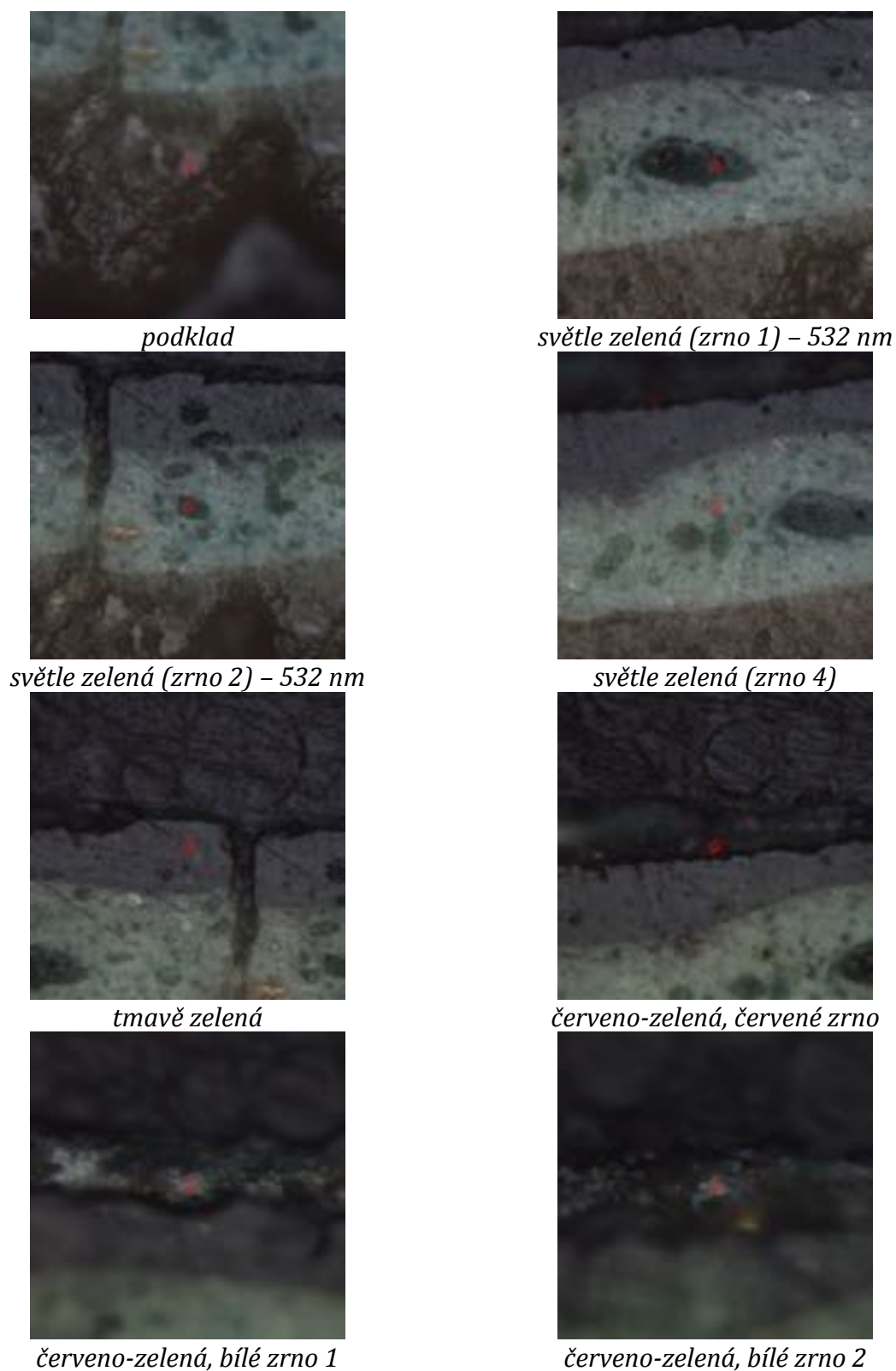


Obr. 20: Spektrum oranžové vrstvy se spektry standardů olovnaté běloby ( $2 \text{PbCO}_3 \cdot \text{Pb(OH)}_2$ ) a kalcitu ( $\text{CaCO}_3$ )

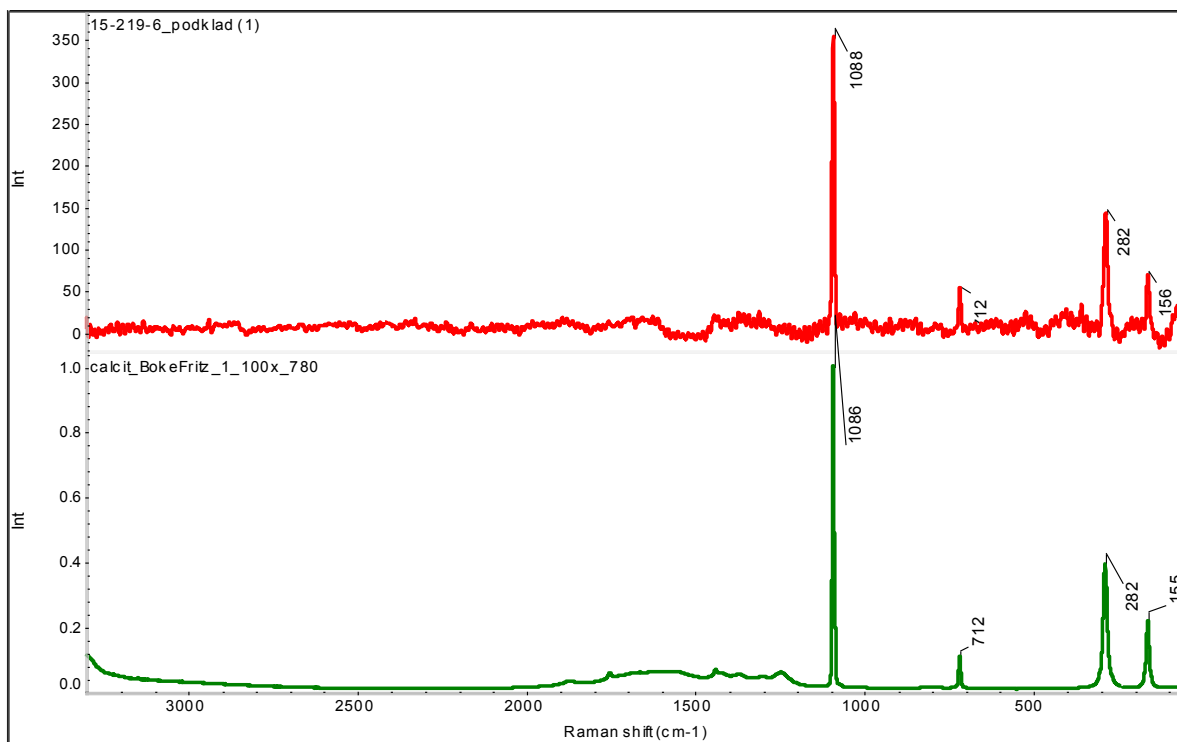


Obr. 21: Spektrum vrstvy inkarnátu (bílé, oranžového a černého zrna) se spektry standardů olovnaté běloby ( $2 \text{PbCO}_3 \cdot \text{Pb(OH)}_2$ ), minia ( $\text{Pb}_3\text{O}_4$ ), révové černi (amorfni C) a slonové černi (C s příměsí  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$  a  $\text{Mg}_3(\text{PO}_4)_2$  a  $\text{CaCO}_3$ )

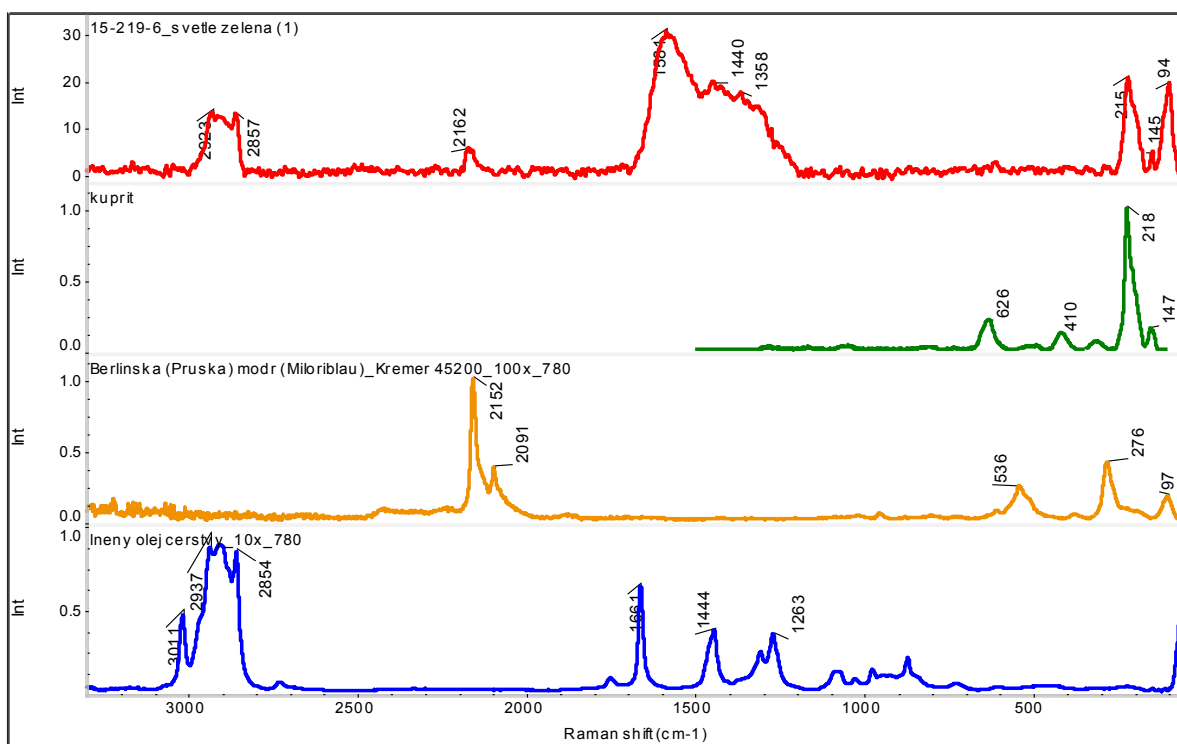
Vzorek č. 15/219/6



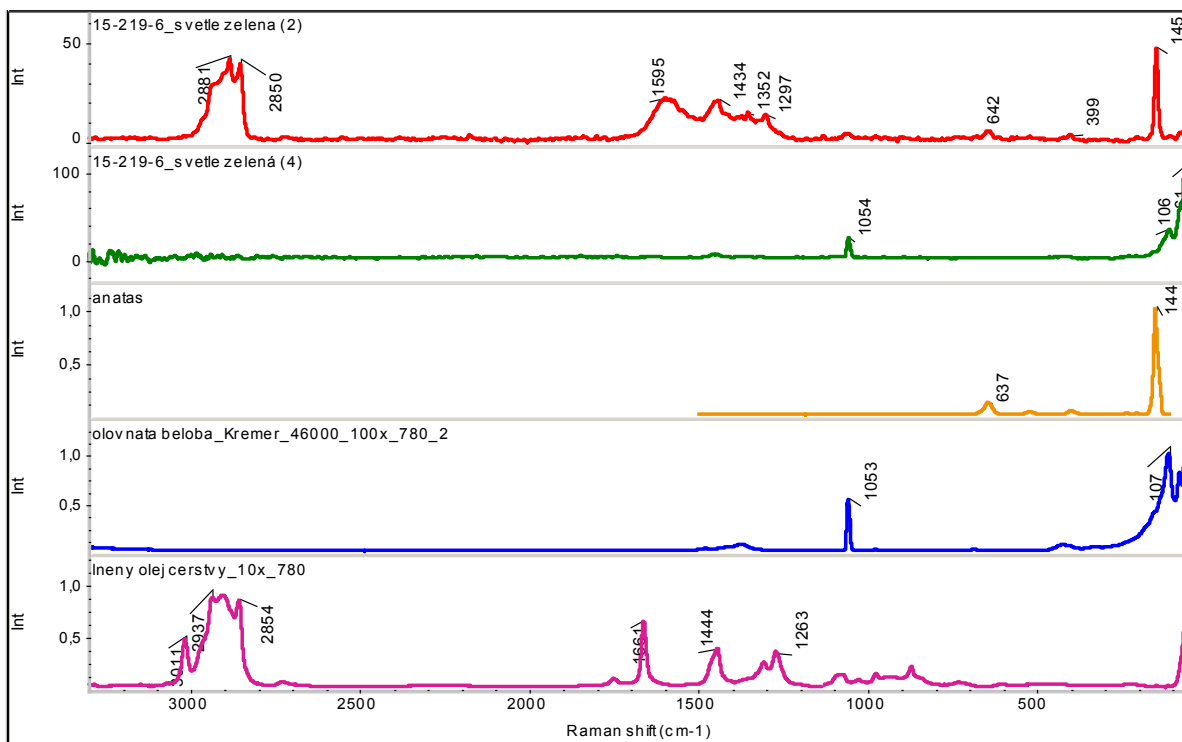
Obr. 22: Snímky z Ramanova mikroskopu s vyznačením měřených bodů ve spodní vrstvě podkladu (bílá) a vrchních vrstvách (světle zelená, tmavě zelená, červeno-zelená)



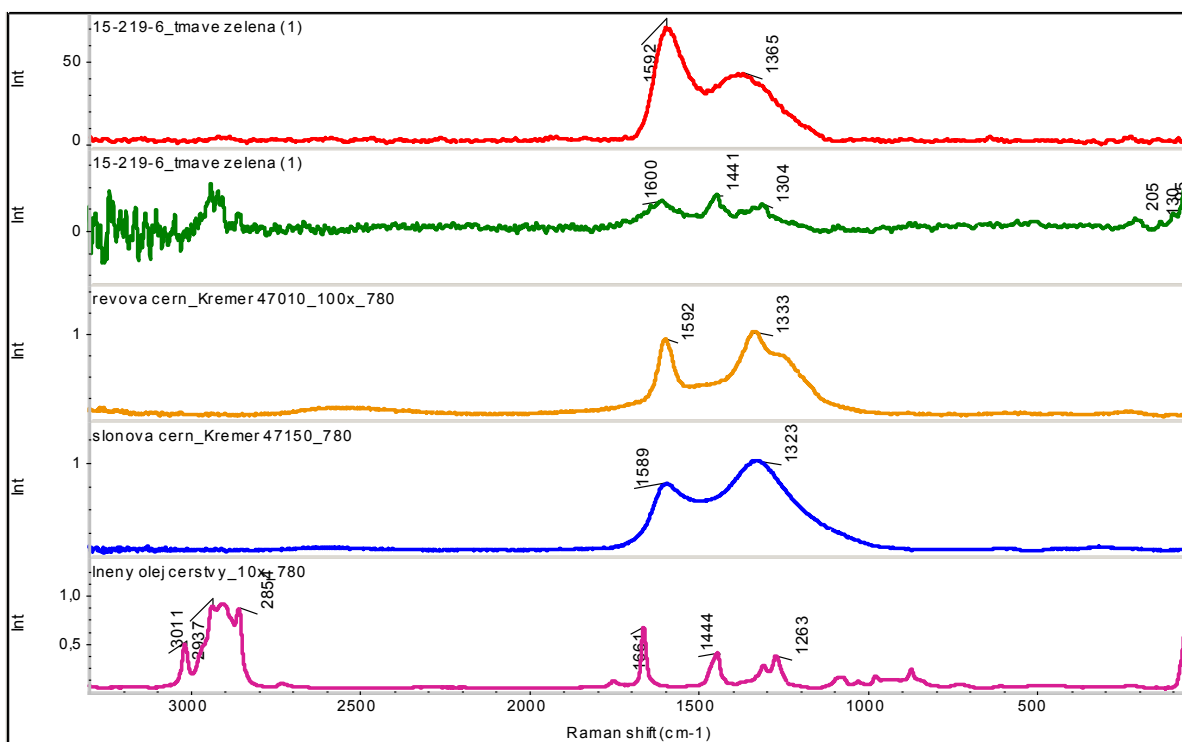
Obr. 23: Spektrum spodní bílé vrstvy podkladu se spektrem standardu kalcitu ( $\text{CaCO}_3$ )



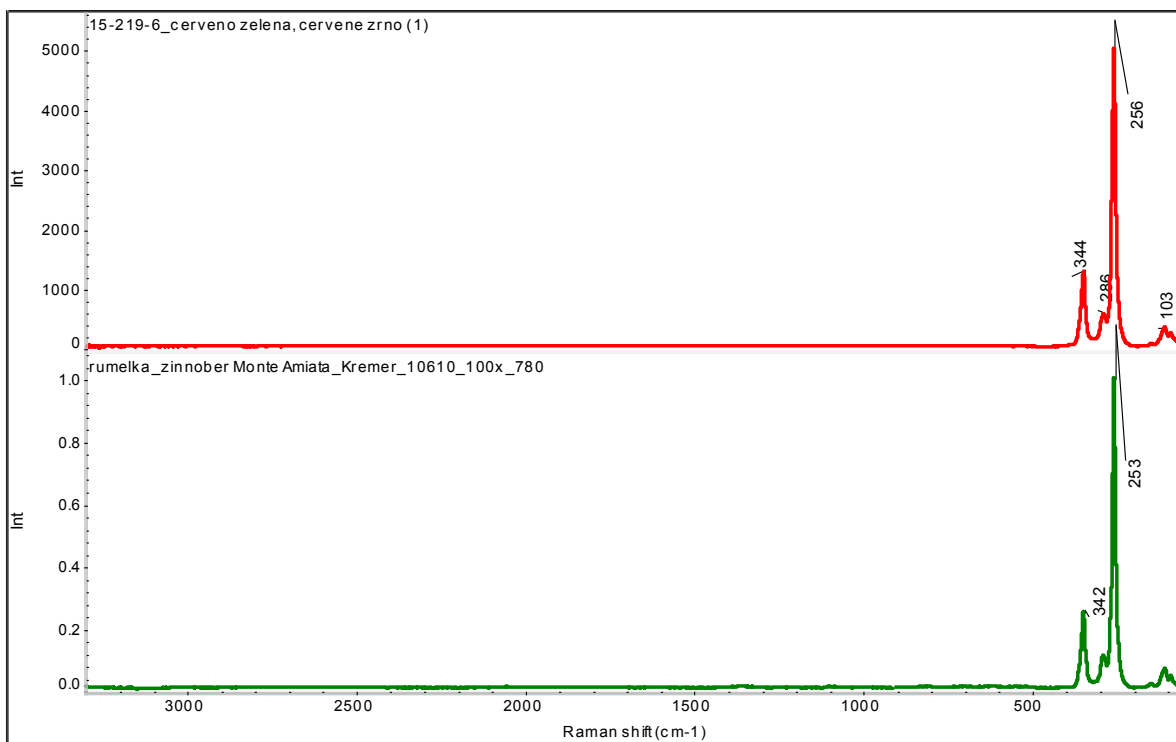
Obr. 24: Spektrum zrna 1 ze světle zelené vrstvy se spektry standardů kupritu ( $\text{Cu}_2\text{O}$ ), Berlínské modři ( $\text{Fe}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]_3$  a  $\text{KFe}[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ ) a lněného oleje (estery vyšších mastných kyselin)



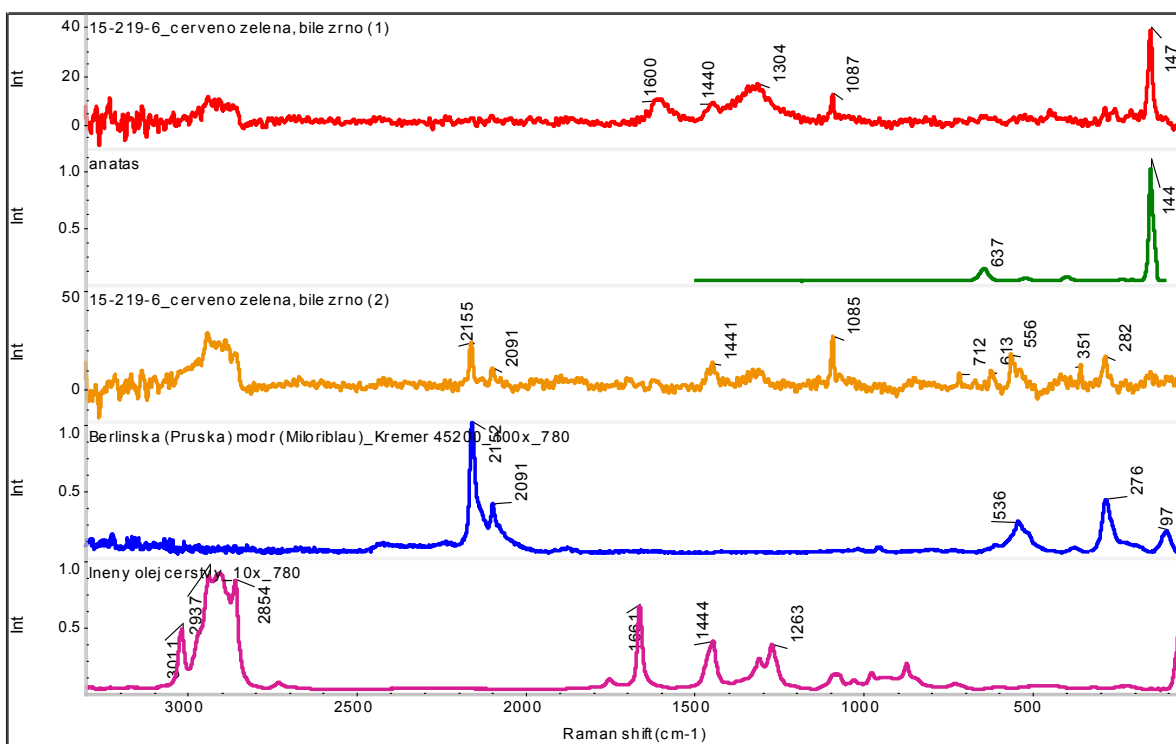
Obr. 25: Spektrum zrn 2 a 4 ze světle zelené vrstvy se spektry standardů anatasu (TiO<sub>2</sub>), olovnaté běloby (2 PbCO<sub>3</sub> · Pb(OH)<sub>2</sub>) a lněného oleje (estery vyšších mastných kyselin)



Obr. 26: Spektrum tmavě zelené vrstvy se spektry standardů révové černi (amorfní C), slonové černi (C s příměsí Ca<sub>3</sub>(PO<sub>4</sub>)<sub>2</sub> a Mg<sub>3</sub>(PO<sub>4</sub>)<sub>2</sub> a CaCO<sub>3</sub>) a lněného oleje (estery vyšších mastných kyselin)



Obr. 27: Spektrum červeno-zelené vrstvy se spektrem standardu rumělky (HgS)



Obr. 28: Spektrum červeno-zelené vrstvy se spektry standardů anatasu ( $\text{TiO}_2$ ), Berlínské modři ( $\text{Fe}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]_3$  a  $\text{KFe}[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ ) a lněného oleje (estery vyšších mastných kyselin)



Tab. 1: Souhrn naměřených výsledků

vzorek	vrstva	identifikované složky	spektrum	
15/219/1	podklad	kalcit /CaCO <sub>3</sub> /	Obr. 2	
	spodní červená	minium /Pb <sub>3</sub> O <sub>4</sub> /	Obr. 3	
	černá	čerň na bázi uhlíku /C/ minium /Pb <sub>3</sub> O <sub>4</sub> /	Obr. 4, 5 Obr. 5	
	vrchní červená	rumělka /HgS/ hematit /Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> / kalcit /CaCO <sub>3</sub> / anatas /TiO <sub>2</sub> /	Obr. 6 Obr. 6 Obr. 6 Obr. 6	
15/219/2	podklad	kalcit /CaCO <sub>3</sub> / čerň na bázi uhlíku /C/	Obr. 8 Obr. 8	
	oranžová	rumělka /HgS/ minium /Pb <sub>3</sub> O <sub>4</sub> / kalcit /CaCO <sub>3</sub> /	Obr. 9 Obr. 9 Obr. 9	
	oranžovo-růžová	rumělka /HgS/ minium /Pb <sub>3</sub> O <sub>4</sub> / masikot /PbO/	Obr. 10 Obr. 10 Obr. 10	
15/219/3	podklad	sádra /CuSO <sub>4</sub> · 2 H <sub>2</sub> O/	Obr. 12	
	červená	hematit /Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> / sádra /CuSO <sub>4</sub> · 2 H <sub>2</sub> O/	Obr. 13 Obr. 13	
15/219/4	podklad	sádra /CuSO <sub>4</sub> · 2 H <sub>2</sub> O/ ultramarín /Na <sub>8-10</sub> (Al <sub>6</sub> Si <sub>6</sub> O <sub>24</sub> )S <sub>2-4</sub> /	Obr. 15 Obr. 15	
	červená	hematit /Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> / sádra /CuSO <sub>4</sub> · 2 H <sub>2</sub> O/ anatas /TiO <sub>2</sub> /	Obr. 16 Obr. 16 Obr. 16	
15/219/5	podklad	kalcit /CaCO <sub>3</sub> /	Obr. 18	
	červená	anatas /TiO <sub>2</sub> / hematit /Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> / kalcit /CaCO <sub>3</sub> / olovnatá běloba /2 PbCO <sub>3</sub> · Pb(OH) <sub>2</sub> / rumělka /HgS/	Obr. 19 Obr. 19 Obr. 19 Obr. 19 Obr. 19	
		oranžová	olovnatá běloba /2 PbCO <sub>3</sub> · Pb(OH) <sub>2</sub> / kalcit /CaCO <sub>3</sub> /	Obr. 20 Obr. 20
		bílá	olovnatá běloba /2 PbCO <sub>3</sub> · Pb(OH) <sub>2</sub> / minium /Pb <sub>3</sub> O <sub>4</sub> / čerň na bázi uhlíku /C/	Obr. 21 Obr. 21 Obr. 21

vzorek	vrstva	identifikované složky	spektrum
15/219/6	podklad	kalцит /CaCO <sub>3</sub> /	Obr. 23
	světle zelená	kupřit /Cu <sub>2</sub> O/ Berlínská modř /Fe <sub>4</sub> [Fe(CN) <sub>6</sub> ] <sub>3</sub> a KFe[Fe(CN) <sub>6</sub> ]/ lněný olej /estery vyšších mastných kyselin/ anatas olovnatá běloba	Obr. 24 Obr. 24 Obr. 24, 25 Obr. 25 Obr. 25
	tmavě zelená	čern na bázi uhlíku /C/ lněný olej /estery vyšších mastných kyselin/	Obr. 26 Obr. 26
	červeno-zelená	rumělka /HgS/ anatas /TiO <sub>2</sub> / Berlínská modř /Fe <sub>4</sub> [Fe(CN) <sub>6</sub> ] <sub>3</sub> a KFe[Fe(CN) <sub>6</sub> ]/ lněný olej /estery vyšších mastných kyselin/	Obr. 27 Obr. 28 Obr. 28 Obr. 28

Kompletní výsledky měření včetně informací o podmínkách měření jsou uloženy v archivu chemicko-technologické laboratoře.

V Praze dne 5. 8. 2016

Ing. Kateřina Tomšová  
Chemicko-technologická laboratoř NG  
v Praze

Rozsah protokolu: 18 stran

Dr. Václav Pitthard  
Conservation Scientist  
vaclav.pitthard@khm.at  
Tel. 0043 1 5252405702  
Fax. 0043 1 5252404398

Ing. Radka Šefců

Národní Galerie v Praze  
Restaurátorské oddělení  
Klášter sv. Anežky České  
U milosrdných 17  
110 15 Praha

Vienna, 18.07.2016

**Report on the GC-MS analyses of binding media from polychromy  
“Sv. Erasmus, Sv. Zikmund and Sv. Pantaleon”  
the National Gallery, Prague, CZ  
(Inv. No. P 3020)**

**Introduction**

Two samples of organic materials were analysed for the presence of lipids, resinous as well as proteinaceous media by gas chromatography - mass spectrometry technique. The analytical procedure for the analysis of lipids is based on the transesterification of fatty acids and the determination of their relative ratios to identify particular lipids, the analytical procedure for the analysis of resinous binding media is based on the esterification of resinous acids followed by the identification of particular resins according to their resinous acid methyl esters, and the analytical procedure for the analysis of proteinaceous materials is based on an acidic hydrolysis of proteins

to liberate amino acids, followed by the derivatisation and quantitative determination of amino acids as their silyl derivatives.

## **Experimental**

### Analytical procedure for lipids and resins:

#### *Transmethylation with Meth-Prep II:*

The solid reference standards and the sample were placed in vials with conical inserts and then treated with a 0.2M methanolic solution of Meth-Prep II (30 µl) and a solvent mixture (methanol: toluene, 1:2; 70µl). The sealed vials were heated to 60°C for 1 hour, removed from the heat, cooled to room temperature, and centrifuged. The clear solutions were replaced into new vials and 1µl injected into a GC inlet at a temperature of 300°C.

### Analytical procedure for proteins:

#### *Acidic hydrolysis:*

The solid reference standards and the sample were placed in conical Reacti-vials and treated with 6M hydrochloric acid (HCl, 100 µl). The vials were closed with Mininert valves to be able to evacuate the vials and purge them with nitrogen (repeated twice). The sealed vials were heated to 105°C for 24 hour, removed from the heat, and cooled to room temperature. Their content was evaporated to dryness under a gentle stream of nitrogen while warming the vials to 60°C. High purity water (40µl) was added, stirred and the content was again evaporated to dryness. Ethanol (40µl) was added twice, stirred and the content evaporated to dryness. To avoid humidity contamination to a minimum the vials were placed into a sealed exicator for 24 h.

#### *Derivatisation procedure:*

The dried samples were then processed with a pyridine – pyridine hydrochloride mixture (15µl) and a silylation reagent (MTBSTFA, 30µl), and kept at 60°C for 1h. After cooling 1µl of the reaction mixture was injected into a GC inlet at a temperature of 300°C.

Apparatus:

GC-MS analyses were performed on a 6890N gas chromatograph connected to a quadrupole mass spectrometer, model 5973N (both Agilent Technologies, USA).

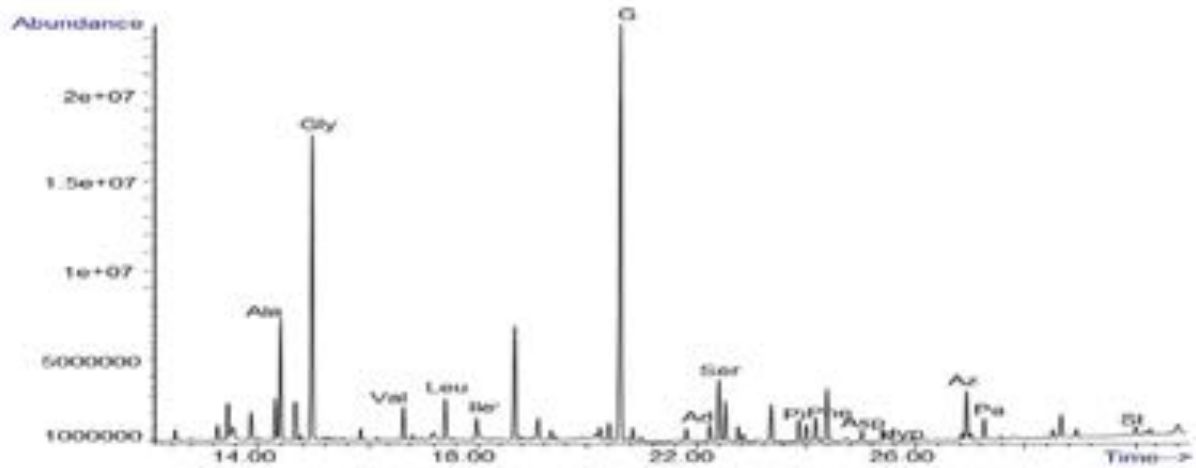
**Results and discussion**

The results are listed in the Table 1 and depicted in Figures 1-2.

sample	sample location/ sample description	lipids/waxes	resins	proteins
<b>1.</b> <b>15-219-1</b>	rukáv sv. Pantaleona, pressbrokát	- drying oil	#	- <u>animal glue</u>
<b>2.</b> <b>15-219-1</b>	rukáv sv. Pantaleona, pressbrokát	- <u>linseed oil</u> (P/S~1.6, A/P~0.8, A/Su>5) - traces of beeswax	- traces of pine resin	#

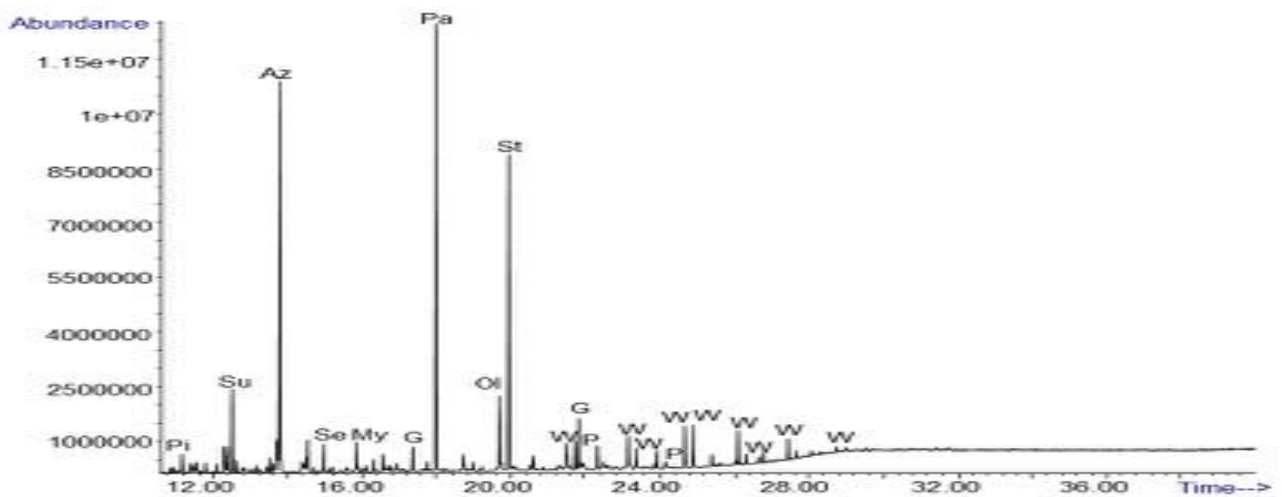
**Table 1: The composition of the samples derived by GC-MS analyses**

Note: #...not analysed



**Figure 1. The chromatogram of the organic material from sample (15-219-1) after hydrolysis**

Note: amino acids from animal glue (Ala...alanine, Gly...glycine, Val...valine, Leu...leucine, Ile...isoleucine, Ser...serine, Phe...phenylalanine, Asp...aspartic acid, Hyp...hydroxyproline), glycerol (G) and fatty acids from drying oil (Ad...adipic acid, Pi...pimelic acid, Az...azelaic acid, Pa...palmitic acid, St...stearic acid).



**Figure 2. The chromatogram of the organic material from sample (15-219-1) after methylation**

Note: glycerol (G) and fatty acids from linseed oil (Pi...pimelic acid, Su...suberic acid, Se...sebacic acid, My...myristic acid, Az...azelaic acid, Pa...palmitic acid, Ol...oleic acid, St...stearic acid); P...pine resin diterpenes; W...beeswax components.

## Conclusions

Sample **15-219-1** was analysed for the presence of proteins as well as lipids and resins. As depicted in Figs 1-2, sample is mostly based on linseed oil with trace additions of beeswax and pine resin. Animal glue was detected as proteinaceous binder in the sample.

Drying oil was detected according to the ratios of fatty acids, pine resin was identified according to the characteristic markers like dehydroabietic acid and its oxidation products. Long chain esters and acids confirmed beeswax. Animal glue was specified due to the profile of amino acids, namely higher amounts of glycine and presence of hydroxyproline, which are the major markers of animal glues.



---

**Materiálový průzkum  
a dokumentace středověkých děl.  
Deskové malířství  
a sochařství 1300–1530**

**Památkový postup**

**Štěpánka Chlumská ed.  
Václava Antušková  
Helena Dáňová  
Adam Pokorný  
Radka Šefců**

**Grafická úprava a sazba:  
Ondřej Bouška**

**Ediční poznámka:  
Textová část přílohy č. 4 je publikována  
v původní verzi bez redakčních úprav.**

**Realizováno za podpory Programu aplikovaného výzkumu a vývoje  
národní a kulturní identity (NAKI) Ministerstva kultury ČR, granto-  
vý projekt: *Historické technologie a moderní metody průzkumu. In-  
terpretační možnosti specializovaných metod průzkumu děl stře-  
dověkého umění s využitím inovativních technologií*, identifikační  
kód projektu přidělený MK ČR: DF13P01OVV010**

**© Národní galerie v Praze, 2017**

**ISBN 978-80-7035-670-8**