

# Látkové složení pigmentů zlaté tiskařské barvy použité na podstavcích minerálů v historické mineralogické expozici Národního muzea v Praze

## Composition of pigments of gold printing-ink used on pedestals of mineralogical specimens in historical mineralogical exposition of the National Museum in Prague

ZDENĚK DOLNÍČEK\* A DALIBOR VELEBIL

Mineralogicko-petrologické oddělení, Národní muzeum, Cirkusová 1740, 193 00 Praha 9; \*e-mail: zdenek\_dolnicek@nm.cz

DOLNÍČEK Z, VELEBIL D (2018) Látkové složení pigmentů zlaté tiskařské barvy použité na podstavcích minerálů v historické mineralogické expozici Národního muzea v Praze. Bull Mineral Petrolog 26(2): 264-269. ISSN 2570-7337

### Abstract

Material composition of pigments of gold printing-ink used on pedestals of mineralogical specimens in historical mineralogical exposition of the National Museum in Prague has been determined by means of electron microprobe and microRaman analyses. Three types of pedestals originating from distinct periods of evolution of the mineralogical exposition were investigated. The oldest pedestals from the beginning of 20<sup>th</sup> century contain printing-ink based on finely powdered gold alloy composed of 90 wt. % Au, 7 wt. % Ag and 2 wt. % Cu. The printing-ink from pedestals from the 30's of the 20<sup>th</sup> century contains high contents of iron (20 wt. % Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>), aluminium (7 wt. % Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>), chlorine (14 wt. % Cl) and sulphur (2 wt. % SO<sub>3</sub>). The Raman spectrometry proved the presence of iron(III) hydroxide. We hypothesize that the pigment was probably based on Fe-Al hydroxides coloured by a sorbed yellow organic stain in this case. The youngest printing-ink used on pedestals from 80's of the 20<sup>th</sup> century contains relatively coarsely powdered alloy with composition equal to tombac (85 wt. % Cu and 15 wt. % Zn). The results show that distinctly different pigment compositions as well as different printing techniques were used in various stages of evolution of mineralogical exposition.

**Key words:** gold printing-ink, gold-coloured pigments, chemical composition, Raman spectrometry, historical mineralogical exposition, National Museum

Obdrženo: 22. 10. 2018; přijato: 14. 12. 2018

### Úvod

V roce 2011 byla kvůli zahájení plánované generální rekonstrukce historické budovy Národního muzea na Václavském náměstí v Praze vystěhována stará mineralogická expozice instalovaná v původních výstavních skříních navržených architektem Josefem Schulzem (\*1840 – †1917) ve spolupráci se správcem mineralogických sbírek Národního muzea (tehdy Musea království Českého) Karlem Vrbou (\*1845 – †1922). Architekt Schulz byl zároveň autorem celé budovy Národního muzea na horním konci Václavského náměstí. Minerály byly do roku 2011 vystaveny ve čtyřech výstavních sálech (sál 17 – systematická mineralogická sbírka, sál 15 – kabinet drahých kamenů, sál 14 – minerály českých rudních ložisek, sál 13 – české minerály ostatních typů výskytů). Systematická mineralogická sbírka byla Karlem Vrbou instalována v sále č. 17 v roce 1892 a ještě téhož roku byla zpřístupněna veřejnosti. V sálech 13 a 14 byly minerály instalovány a návštěvníkům zpřístupněny v roce 1893. V pozdějších letech docházelo k výměně méně vhodných kusů za ukázky výraznější (Tuček 1978). Podle Tučka (1978) byla systematická mineralogická expozice doplněna konkrétně v roce 1937: „...Současně byly provedeny nezbytné změny, hlavně v expozici systematické sbírky nerostů, doplněné novými druhy. Ukázky méně výrazné byly nahrazeny hodnotnějšími exempláři ze zásuvek a

mnohé nápisy opraveny tak, aby odpovídaly současnému stavu mineralogické systematiky.“

Po přestěhování sbírek do nových depozitářů v Horních Počernicích a jejich uložení byla zahájena příprava nových stálých expozic. Bylo rozhodnuto, že systematická mineralogická expozice v sále č. 17 bude obnovena v původní historické podobě v restaurovaných výstavních skříních, přičemž výběr minerálů určených k vystavení bude proveden nově, aby zahrnoval i mineralogické přírůstky nashromážděné až do dnešních dnů. S tím vyvstala potřeba vyrobit nové štítky s popisy minerálů, které budou mít věrnou podobou štítků starých. Tyto štítky byly nalepeny na oválných, černě namořených podstavcích z třešňového dřeva, na nichž jednotlivé minerály stály. Zároveň bylo zjištěno, že v expozici se nacházely tři (resp. čtyři) generace štítků, které se mírně lišily typem použitého písma a odstínem a leskem použité „zlaté barvy“. Novou otázkou tedy bylo, jaké je vlastně materiálové složení barev použitých na písma různě starých štítků. Výzkum složení použitých „zlatých“ pigmentů je předmětem tohoto článku.

### Metodika

Ústřížky papírových historických popisů se zlatým potiskem byly upevněny pomocí uhlíkové oboustranné lepicí pásky na kovový nosič. Následně byl preparát potažen uhlíkovým filmem o tloušťce 30 nm a studován

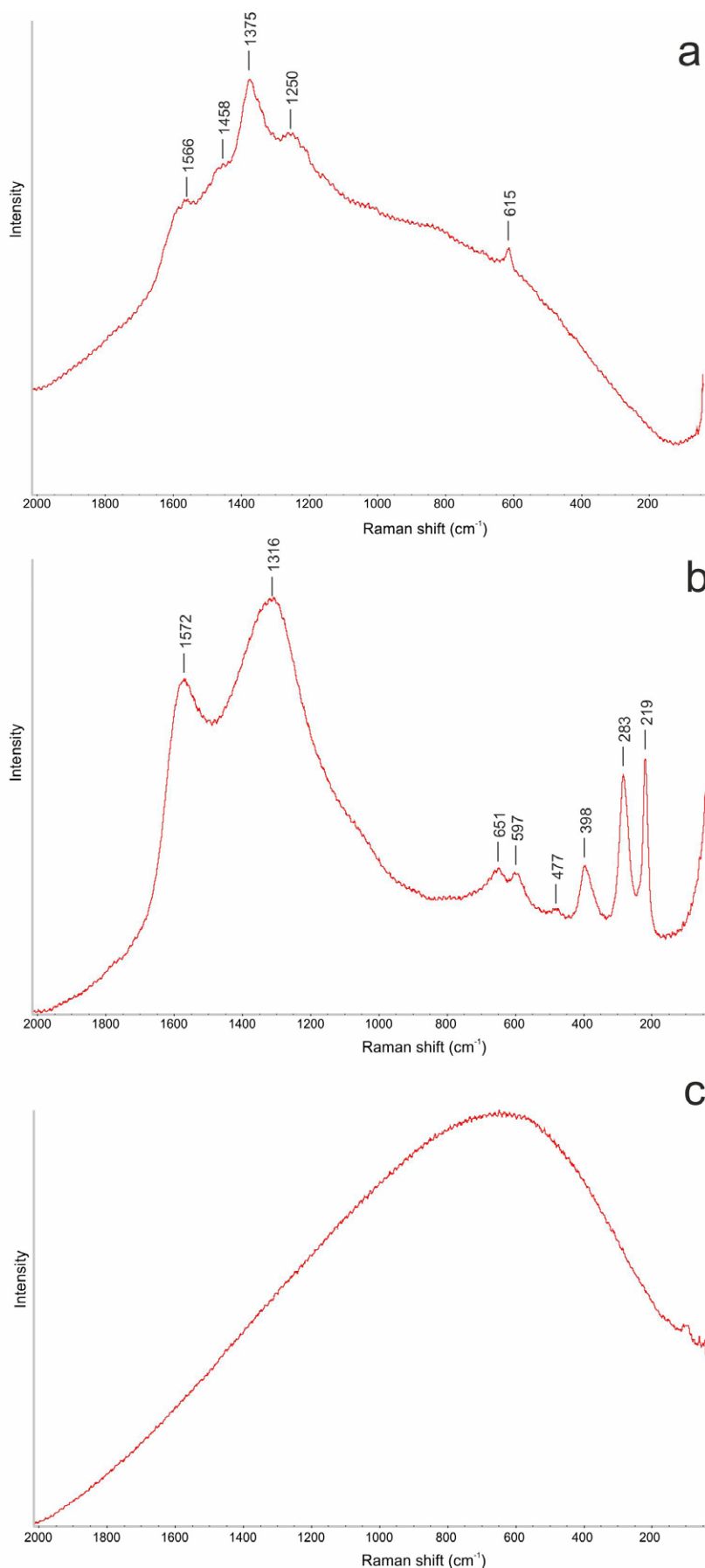
(Z. Dolníček) na elektronové mikrosondě Cameca SX-100 v laboratoři Mineralogicko-petrologického oddělení Národního muzea v Praze. Na přístroji byly pořízeny snímky ve zpětně odražených elektronech (BSE) a studováno chemické složení použité zlaté tiskařské barvy pomocí EDS a WDS analýz. Nejprve byla provedena identifikace hlavních přítomných chemických prvků pomocí EDS a následně bylo provedeno kvantitativní měření chemismu ve vlnově disperzním (WDS) modu. Při bodových analýzách barev na bázi práškových kovů bylo použito urychlovací napětí 25 kV, proud svazkem 20 nA a průměr elektronového svazku 2  $\mu\text{m}$ . Použité standardy a analytické čáry: Ag (AgLa), Au (AuMa),  $\text{Bi}_2\text{Se}_3$  (BiM $\beta$ ), CdTe (CdLa), Co (CoKa),  $\text{CuFeS}_2$  (CuKa, SKa),  $\text{FeS}_2$  (FeKa), GaAs (GaLa), Ge (GeLa), HgTe (HgLa), InAs (InLa), Mn (MnKa), NaCl (ClKa), NiAs (AsL $\beta$ ), Ni (NiKa), PbS (PbMa), PbSe (SeL $\beta$ ), PbTe (TeLa),  $\text{Sb}_2\text{S}_3$  (SbLa),

Sn (SnLa) a ZnS (ZnKa). Chemické složení barvy založené na oxidické matrici bylo analyzováno při urychlovacím napětí 15 kV, proudu 10 nA a šířce elektronového svazku 2  $\mu\text{m}$ . Použité analytické čáry a standardy: albit (NaKa), almandin (AlKa, FeKa), apatit (PKa), baryt (BaL $\beta$ ), BN (NKa), celestin (SKa), Co (CoKa),  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  (CrKa), Cs-sklo (CsLa), diopsid (MgKa), halit (ClKa), chalkopyrit (CuKa), LiF (FKa), Ni (NiKa), Rb-Ge-sklo (RbLa), rodonit (MnKa), sanidin (KKa),  $\text{TiO}_2$  (TiKa), V (VKa), vanadinit (PbMa), wollastonit (CaKa, SiKa), zinkit (ZnKa). Obsah kyslíku byl doložen podle stechiometrie. Naměřená data byla přepočítána na hm. % pomocí automatické PAP korekce (Pouchou a Pichoir 1985). Obsahy prvků, které nejsou uvedeny v tabulkách, byly ve všech případech pod mezí stanovitelnosti mikroanalýzátoru.

Ramanovská spektra byla pořízena na disperzním mikroRamanovském spektrometru DXR (Thermo Scientific)



**Obr. 1** Vzhled různě starých štítků na podstavečích minerálů z historické mineralogické expozice Národního muzea (snímky vlevo) a textura barvy zlatého písma v obraze BSE (snímky vpravo). Šířka podstavečků je 11 cm, výška 1.5 cm. a - nejstarší, b - 30. léta, c - 80. léta. Snímky podstavečků D. Velebil, BSE snímky Z. Dolníček.



**Obr. 2** Ramanova spektra zlaté barvy použité na podstavečích minerálů z historické mineralogické expozice Národního muzea. a - nejstarší, b - 30. léta, c - 80. léta.

**a**

připojeném ke konfokálnímu mikroskopu Olympus (Národní muzeum Praha). Podmínky měření byly následující: objektiv PlanFluorit 50x/0.5 BD, laser 633 nm, měřicí rozsah 38-2015  $\text{cm}^{-1}$ , mřížka 1200 vrypů/mm, doba expozice 1 s, celkový počet expozic 400, nastavený výkon laseru 1 mW, apertura 50  $\mu\text{m}$  slit (štěrbínová), šířka paprsku 1.3  $\mu\text{m}$ , spektrální rozlišení cca 3  $\text{cm}^{-1}$ . Naměřená spektra nebyla dále nijak upravována.

Referenční vzorek hydroxidu železitého byl připraven reakcí zředěného roztoku chloridu železitého (čistota p.a.) se zředěným roztokem hydroxidu sodného (t.). Sražení bylo prováděno za pokojové teploty za použití přebytku roztoku NaOH. Následovala opakovaná dekantace spojená v každém kroku s promytím sraženiny mnohonásobným přebytkem destilované vody, která byla prováděna do té doby, než byl roztok nad sraženinou zcela čirý. Poté byla sraženina vysušena volně na vzduchu za pokojové teploty. Takto vysušený vzorek byl pak použit pro Ramanovskou analýzu.

**b**

### Výsledky

Podle několika indicií, zejména podle původců jednotlivých akvizic minerálů, se zdá, že nejstarší dochovaná generace štítků s popisy není z doby prvotní instalace mineralogických expozic v letech 1892 a 1893, ale z doby pozdější, snad až po roce 1918. Tuček (1978) uvádí, že prvotní popisy minerálů na dřevěných podstavcích byly dvojjazyčné – česko-německé – a v dobovém popisu mineralogické expozice z jejich počátků se prý doslova uvádělo: „*nová výstavní sbírka mineralogická vyhovuje úplně požadavkům vědeckým, vyniká elegancí, takže na odborníky i na laiky velmi příznivý dojem činí. Jména specií jsou převážně vědecká, jen kde toho potřeba vyžadována, užito jmen obecných českých i německých; naleziště jsou v obou zemských jazycích označena.*“ Tato úplně nejstarší dvojjazyčná generace štítků se nedochovala, a proto ani nebyla předmětem našeho studia.

**c**

Až do dnešní doby se dochovaly tři (resp. čtyři – viz níže) mladší generace štítků s názvy minerálů a lokalit výhradně v českém jazyce a ty byly podrobněji prozkoumány. Všechny mají jednotný rozměr (11 × 1.5 cm) a obdobné provedení (obr. 1).

Generace štítků s popisy, považovaná v námi studovaném souboru za nejstarší, byla až do poslední

doby trvání expozice v roce 2011 nejhojněji zastoupená. Tato nejstarší generace štítků je vyvedena zlatým písmem secesního typu (obr. 1a). Mladší generace štítků, pocházející podle původců jednotlivých minerálů až ze 30. let 20. století, byla zhotovena dvěma typy písmen (můžeme též uvažovat o dvou časově blízkých generacích), jednak secesními a také groteskovými písmeny, a vyznačovala se oproti nejstarší generaci štítků svěžím vzhledem, silnějším leskem písmen a světlejším odstínem zlatožluté barvy (obr. 1b). Konzultacemi s odborníky – tiskaři – bylo zjištěno, že obě výše zmíněné generace štítků byly vyrobeny vyražením ručně vysázeného textu přes zlatou fólii na černý papírový podklad, a to za horka. Poslední, nejmladší generace štítků se od předchozích odlišuje zcela zásadně. Tyto štítky byly zhotoveny jinou technikou, nebyly vyraženy přes fólii, ale na černý papírový podklad natištěny. Písmo je neostře („rozmazané“), zcela odlišného typu od předchozích, jeho barva je nevýrazná, spíše „bronzová“ a špatně kryje podklad (obr. 1c). Tyto nejmladší štítky byly podle roků akvizice jednotlivých vystavených minerálů zhotoveny až na sklonku 80. let 20. století.

Podrobnější prohlídka zlatého písma všech tří generací popisů pod binokulárním mikroskopem nenasvědčuje jeho kompozitnímu charakteru ve smyslu použití různých, svým složením odlišných, vrstev. Nebyla potvrzena přítomnost například tenké kovové fólie, kryté vrstvou průhledného laku. Materiál, z něhož je zlaté písmo zhotoveno, se zdá být na pohled homogenní a velmi křehký, neboť při ohnutí se lehce zlomí a působením tlaku se drojí a uvolněné úlomky od papíru snadno odpadávají.

Nejstarší popisky byly zhotoveny barvou, která se v obraze BSE jeví jako kompozičně nehomogenní. Nehomogenita je podmíněna výskytem nepravidelně omezených domén s rozdílnou intenzitou světlosti (v obraze BSE), které do sebe plynule neostře (difuzně) přecházejí (obr. 1a). V této základní matici se navíc vyskytují neprůběžné v BSE obraze výrazně světlejší „žilky“, které mají velmi variabilní velikost (v řádu desítek až stovek  $\mu\text{m}$ ) a nevykazují žádnou přednostní orientaci. Jednotlivé částice pigmentu jsou velmi jemné ( $< 1 \mu\text{m}$ ) a jednotlivá zrna nelze odlišit ani při velkém zvětšení řádkovacího elektronového mikroskopu. Chemické složení barvy je uvedeno v tab. 1 (analýzy č. 109 a 110). Z výsledků vyplývá, že

hlavní složkou pigmentu je velmi jemně prášková slitina obsahující asi 90 hm. % zlata, 7 hm. % stříbra a 2 hm. % mědi. Kromě toho byl analýzami v barvě detekován i zvýšený obsah síry (cca 1 hm. %; tab. 1). EDS spektra z různě tmavých domén nejeví zřetelné rozdíly v prvkovém složení, mírné difference jsou patrné jen v intenzitě získaného signálu (v BSE obraze světlejší partie poskytují vyšší intenzitu analytického signálu nežli partie tmavší). Jak ukazují analytické sumy WDS analýz, obsah pigmentu v barvě je kolem 25 hm. % (tab. 1). Při Ramanovské analýze není při použití vyšších výkonů laseru než 1 mW tato barva stabilní a rychle degraduje. Ramanovské spektrum barvy získané při výkonu laseru 1 mW se vyznačuje vysokým fluorescenčním pozadím, z něhož vystupují jen ojedinělé nevýrazné a poměrně široké píky při  $\sim 615$ , 1250, 1375, 1458 a  $1566 \text{ cm}^{-1}$  (obr. 2a).

Barva popisů pocházejících z 30. let se v BSE obraze jeví jako kompozičně velice homogenní (obr. 1b). Jednotlivé částice pigmentu jsou opět velmi jemné ( $< 1 \mu\text{m}$ ) a jednotlivá zrna nelze odlišit ani při velkém zvětšení skenovacího elektronového mikroskopu. Chemické složení zlaté barvy je uvedeno v tab. 2. Hlavními složkami jsou v tomto případě Fe (v použité barvě bylo stanoveno  $\sim 20$  hm. %  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ), Cl ( $\sim 14$  hm. %), Al ( $\sim 7$  hm. %  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ); kromě toho byla zjištěna i zvýšená koncentrace síry (2 hm. %  $\text{SO}_3$ ; tab. 2). Obsah pigmentu v barvě je kolem 40 hm. % (tab. 2). Při Ramanovské analýze není tato barva při použití vyšších výkonů laseru než 1 mW stabilní a rychle se působením laserového paprsku vypaluje. Ramanovské spektrum této barvy získané při výkonu laseru 1 mW se vyznačuje dvěma výraznými ale velmi širokými píky při  $\sim 1572$  a  $\sim 1316 \text{ cm}^{-1}$  a nižšími a užšími píky při 651, 597, 477, 398 a  $219 \text{ cm}^{-1}$  (obr. 2b).

Barva popisů pocházejících z 80. let je v BSE obraze kompozičně homogenní. V tomto případě však obsahuje mnohem hrubší pigmentové částice, které mají šupinkovitý tvar a dosahují velikosti až kolem  $30 \mu\text{m}$  (obr. 1c). Pigment je v tomto případě tvořen slitinou tvořenou 85 hm. % mědi a 15 hm. % zinku (tab. 1, analýzy č. 111 a 112). Obsah pigmentu v barvě v tomto případě nelze dobře posoudit vzhledem k hrubozrnnosti pigmentu. Při Ramanovské analýze je tato barva stálá i při použití vyšších výkonů laseru, měření však poskytuje jen vysoké fluorescenční pozadí (obr. 2c).

**Tabulka 1** Chemické složení barev použitých pro nejstarší popisky a popisky z 80. let (levá část; hm. %) a přepočtené chemické složení slitin na 100 % (pravá část; hm. %)

č. analýzy	stáří	Ag	Au	Cu	Zn	Fe	In	S	Cl	Celkem	Ag	Au	Cu	Zn	Celkem
109	nejstarší	1.95	22.23	0.42	0	0.04	0	1.01	0.13	25.78	7.93	90.37	1.71		100
110	nejstarší	1.67	22.08	0.53	0	0.03	0	0.82	0.10	25.23	6.88	90.94	2.18		100
111	80. léta	0	0	72.03	12.34	0.03	0.04	0.04	0.03	84.51			85.37	14.63	100
112	80. léta	0	0.16	68.87	12.14	0.03	0.05	0	0	81.25			85.01	14.99	100

**Tabulka 2** Chemické složení barvy použité pro popisky z 30. let (horní část; hm. %) a přepočtené obsahu prvků na atomová % (spodní část)

č. an.	$\text{Al}_2\text{O}_3$	$\text{Fe}_2\text{O}_3$	$\text{Cr}_2\text{O}_3$	CaO	BaO	NiO	CuO	ZnO	PbO	$\text{K}_2\text{O}$	$\text{Rb}_2\text{O}$	$\text{P}_2\text{O}_5$	$\text{SO}_3$	Cl	O=Cl	Celkem
1	7.01	23.05	0.06	0.14	0.09	0.03	0	0.10	0.07	0	0.10	0.14	1.99	15.25	-3.44	44.59
2	7.93	18.44	0	0.16	0.11	0.05	0.07	0	0	0.05	0	0	2.03	13.55	-3.06	39.33
č. an.	Al	Fe	Cr	Ca	Ba	Ni	Cu	Zn	Pb	K	Rb	Subtot	P	S	Cl	Subtot
1	8.51	17.85	0.05	0.16	0.04	0.02	0	0.07	0.02	0	0.06	26.78	0.12	1.54	26.61	28.27
2	10.64	15.80	0	0.20	0.05	0.04	0.06	0	0	0.07	0	26.86	0	1.73	26.13	27.86

## Diskuse a závěr

Dosažené výsledky ukazují, že v případě nejstarších popisek a popisek z 30. let, které byly zhotoveny vyražením ručně vysázeného textu přes „zlatou fólii“ na papírový podklad, nebylo použito tenkých kovových fólií, ale fólií vyrobených na bázi jemně práškových pigmentů v kombinaci s vhodnými (pravděpodobně organickými) pojivy. Jak použití kovových fólií, tak použití práškových kovů ke zhotovení barevného písma jsou techniky používané již po řadu století (viz např. Tanevska et al. 2014, Araújo et al. 2018). V našem případě šlo pravděpodobně o nátěr „zlaté“ barvy na vhodném nosiči (např. pergamenovém papíru), který umožnil i snadnou následnou finální aplikaci takové „zlaté“ fólie (srov. obdobné novodobé systémy typu Propisot).

Pigmentem barvy použité k vytvoření fólie, z níž pak byly vyraženy nejstarší popisky, byl velmi jemný prášek zlaté slitiny o ryzosti přibližně 900/1000 (cca 22 karátů). Pozorovanou difúzní zonalitu barvy by bylo možné vysvětlit buď primární nehomogenitou ve složení barvy, způsobenou například nedokonalým rozmícháním suspenze barvy před nátěrem fólie nebo nerovnoměrnou sedimentací částic prášku zlaté slitiny po natření fólie před uschnutím barvy. Zajímavý je zvýšený obsah síry v použité barvě. Ten jistě není součástí pigmentu (tj. zlaté slitiny). Nejde ani o produkt degradace barvy, vzniklý druhotnou reakcí stříbra v pigmentu s atmosférickým  $H_2S$  (Costa 2001, Araújo et al. 2018): jednak nelze doložit zčernání pigmentu novotvořeným  $Ag_2S$  (srov. obr. 1a), jednak je obsah síry v barvě násobně vyšší než je možno teoreticky vázat veškerým přítomným množstvím stříbra (atomový poměr  $Ag/S$  v  $Ag_2S$  má hodnotu 2, zatímco týž poměr v barvě je 0.6). Je tedy zřejmé, že síra pochází z některé z dalších složek použitých k výrobě barvy (pojiv, aditiv či rozpouštědel; Kaplanová 2010).

Barva popisek pocházejících z 80. let obsahuje jako pigment jemné piliny mosazné slitiny, která svým složením odpovídá tombaku (Chvojka 1971).

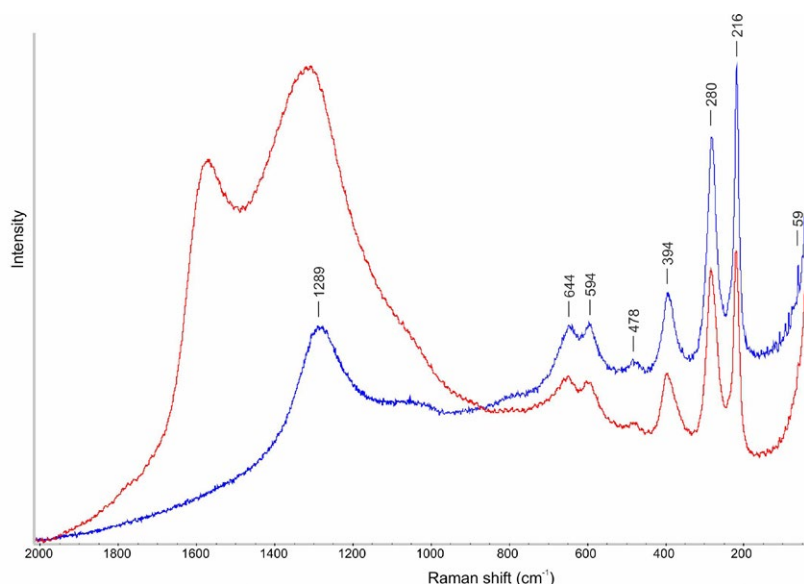
Barva popisek pocházejících z 30. let obsahuje podle výsledků mikrosondových analýz železo, hliník, chlor a kyslík. Atomový poměr hlavních kovů ( $Fe+Al$ ) k chloru je blízký hodnotě 1 (0.99 a 1.01). To by naznačovalo přítomnost sloučeniny, jejíž složení se mohlo pohybovat mezi oxy-chloridem  $Fe$  a  $Al$  se složením  $(Fe,Al)OCl$  a dihydroxy-chloridem  $Fe$  a  $Al$  se složením  $(Fe,Al)(OH)_2Cl$  (ob-

sah eventuálně přítomné vody nelze pomocí elektronové mikrosondy stanovit). Tyto sloučeniny lze laboratorně připravit, otázkou však zůstává, zda jich mohlo být v daném případě skutečně prakticky využito jako pigmentů v barvě. Oxy-chlorid železitý má totiž jednak barvu červenofialovou (nikoliv zlatou) a velkým problémem je i snadná hydrolyzovatelnost sloučenin tohoto typu za přítomnosti vlhkosti (Kikkawa et al. 1983). Zdá se tedy pravděpodobnější, že analyticky stanovené komponenty patří dvěma či více různým chemickým sloučeninám použitým v receptuře barvy, z níž byla zlatá „fólie“ v tomto případě vyrobena. Pro identifikaci různých složek barev je s úspěchem často využívána i Ramanova spektroskopie (např. Tanevska et al. 2014). V tomto případě porovnání naměřeného Ramanova spektra barvy (obr. 2b) s údaji v databázi ruff i s jině publikovanými spektry různých kyslíkatých fází  $Fe$  (např. Hanesch 2009) nevedlo k cíli; autorům tohoto příspěvku se však nepodařilo dohledat spektrum syntetického hydroxidu železitého. Přistoupili jsme proto k jeho syntéze a následnému změření Ramanova spektra, které se velmi dobře shoduje se spektrem barvy (viz obr. 3). Hydroxid železitý má však sám o sobě barvu žlutohnědou, nikoliv zlatou. Je tedy možné, že v daném případě šlo o kombinaci žlutého organického barviva sorbovaného na čerstvě vysrážených žlutohnědých hydroxidech  $Fe$  a  $Al$ . Afinitu organických barviv k ve vodě nerozpustným hydroxidům kovů se v praxi využívá nejen v barvířství (viz např. Beyer 1958), ale například i v analytické chemii (Rosický 1939).

Ramanovy spektroskopie se vedle pigmentů využívá i k identifikaci dalších komponent barev, jako jsou pojiva a aditiva. Porovnávali jsme naměřená spektra jak s údaji v databázích ruff, tak s publikovanými spektry nejruznějších přísad rostlinného i živočišného původu („vysýchavé“ oleje, vosky, pryskyřice, látky škrobové povahy, látky bílkovinné povahy), které byly do kompozic barev v historické době používány (Vandenabeele et al. 2000), i se spektry některých nových hmot, používaných až v moderní době (acetyl- a nitroderiváty celulózy - Adar 2012; epoxidové pryskyřice - např. Chike et al. 1993), ale pozice pík ve spektrech zlaté barvy z nejstarších popisek (obr. 2a) a popisek z 30. let (obr. 2b) se nám nepodařilo k žádné látce přiřadit.

Dosažené výsledky jasně ukazují jednak na využití různých typů pigmentů tiskařských barev i různých tiskařských technik během postupného, téměř sto let trvajícího

vývoje mineralogických expozic Národního muzea v Praze.



**Obr. 3** Porovnání Ramanova spektra zlaté barvy použité na podstavěcích minerálů z 30. let (červené spektrum) a spektra syntetického hydroxidu železitého (modré spektrum).

### Poděkování

Práce na článku byly finančně podpořeny Ministerstvem kultury ČR v rámci institucionálního financování výzkumné organizace Národní muzeum (00023272 – cíl DKRVO 2018/02). Oběma recenzentům (Radka Šefců, Národní galerie Praha a Daniel Ozdín, Univerzita Komenského Bratislava) děkujeme za připomínky, které významně přispěly k vylepšení rukopisu.

### Literatura

- ADAR F (2012) Interpreting Raman spectra of functionalized polymers: Applying the tricks of the trade. *Spectroscopy* 27, p. 14: 5pp
- ARAÚJO R, NABAIS P, CARDOSO IP, CASANOVA C, LEMOS A, MELO MJ (2018) Silver paints in medieval manuscripts: a first molecular survey into their degradation. *Herit Sci* 6: 8
- BEYER H (1958) *Organická chemie*. SNTL Praha
- COSTA V (2001) The deterioration of silver alloys and some aspects of their conservation. *Stud Conservat* 46, sup1: 18-34
- HANESCH M (2009) Raman spectroscopy of iron oxides and (oxy)hydroxides at low laser power and possible applications in environmental magnetic studies. *Geophys J Int* 177: 941-948
- CHIKE KE, MYRICK ML, LYON RE, ANGEL SM (1993) Raman and near-infrared studies of an epoxy resin. *Appl Spectr* 47: 1631-1635
- CHVOJKA J (1971) *Neželezné kovy a jejich slitiny*. Nakladatelství technické literatury, Praha
- KAPLANOVÁ M (2010) *Moderní polygrafie*. Svaz polygrafických podnikatelů, Praha
- KIKKAWA S, KANAMARU F, KOIZUMI M, RICH SM, JACOBSON A (1983) Layered intercalation compounds. In: HOLT SL Jr. (ed) *Inorganic syntheses*, Vol. 2: 86-89. Inorganic Syntheses Inc.
- ROSICKÝ V (1939) *Příručka pro určovací praktikum mineralogické*. Melantrich Praha
- TANEVSKA V, NASTOVA I, MINČEVA-ŠUKAROVA B, GRUPČE O, OZCATAL M, KAVČIĆ M, JAKOVLEVSKA-SPIROVSKA Z (2014) Spectroscopic analysis of pigments and inks in manuscripts: II. Islamic illuminated manuscripts (16<sup>th</sup>-18<sup>th</sup> century). *Vibrat Spectr* 73, 127-137
- TUČEK K (1978) Kapitoly z dějin mineralogicko-petrografického oddělení Národního muzea v Praze. *Čas Nár muz v Praze, řada přírodovědná* 147, 1-4: 1-142
- VANDENABEELE P, WEHLING B, MOENS L, EDWARDS H, DE REU M, VAN HOOYDONK G (2000) Analysis with micro-Raman spectroscopy of natural organic binding media and varnishes used in art. *Anal Chim Acta* 407: 261-274