FORUM / 2022 / ROČ. XII / Č. 1

PRO KONZERVÁTORY-RESTAURÁTORY
FORUM FOR CONSERVATORS-RESTORERS

2022 / Vol. XII / No. 1
Peer-reviewed open access journal

Chief editor: Ing. Alena Selucká
Editors: Mgr. Pavla Stöhrová, Mgr. Jana Fricová

Editorial Board:
Ing. Ivo Štěpánek (Head of Editorial Board)
doc. Dr. Ing. Michal Ďurovič
akad. mal. Igor Fogaš
Ing. Pavel Jirásek
Ing. Jan Josef
doc. akad. soch. Petr Kuthan
prof. RNDr. Jiří Příhoda, CSc.
Ing. Radka Šefců
Mgr. Pavla Stöhrová (Secretary)

Open acces since 2019 available for free
on https://mck.technicalmuseum.cz/casopis-fkr/
The journal is indexed and abstracted in EBSCO.

Published by:
Technické muzeum v Brně
Purkyňova 105, 612 00 Brno, Czech Republic

Contact for communication:
fricova@tmbrno.cz / stohrova@tmbrno.cz / selucka@tmbrno.cz

© Technické muzeum v Brně, 2022
ISSN (Online) 2571-4384
ISSN (Print) 1805-0050

TECHNICKÉ MUZEUM V BRNĚ

METODICKÉ CENTRUM KONZERVACE

VÝZNAM DATABÁZÍ VÝTVARNÝCH MATERIÁLŮ PŘI PRŮZKUMU UMĚLECKÝCH DĚL

Kateřina Hricková • Radka Šefců • Václava Antušková Karolína Hricková

Národní galerie Praha

Ing. Bc. Kateřina Hricková se v Národní galerii Praha zabývá materiálovými průzkumy uměleckých děl a výzkumem historických uměleckých technik. Svou profesní odbornost prohlubuje působením a studiem na spřízněných výzkumných a sbírkotvorných pracovištích. (katerina.hrickova@ngprague.cz)

Jedním z nejdůležitějších bodů v komplexním procesu péče o sbírkové předměty je znalost jejich materiálové podstaty. Ke správné identifikaci materiálů jsou ovšem zapotřebí kvalitní reference a soubory komparačních dat, jež jsou snadno přístupné široké odborné veřejnosti (zejména díky online formátu). Tato práce přináší přehled a srovnání veřejně dostupných materiálových databází zabývajících se výtvarnými materiály (pigmenty, barvivy, pojivy apod.) a jejich analýzou, jež slouží jako tyto nezbytné referenční zdroje. Informuje o databázích prezentujících různá spektra (Ramanova, infračervená, UV-VIS), informace o prvkovém složení (XRF, EDS), mikroskopické snímky (OM, SEM) i jiné analytické informace, příp. pouze slučujících informace z externích zdrojů; pojednává o jejich výhodách či případných limitech plynoucích z jejich specifického zaměření; odkazuje na zahraniční i české zdroje. Práce dále seznamuje se současným projektem Národní galerie Praha, jehož výstupem bude zcela nová online databáze standardů pigmentů a barviv, slučující na jednom místě české názvosloví, mikroskopické snímky, spektra i příklady užití pigmentů v barevné vrstvě na konkrétních obrazech. Tento (nejen) pro české prostředí unikátní referenční materiál bude zpřístupněn odborníkům i veřejnosti od roku 2023 na stránkách NGP.
Klíčová slova: databáze, Národní galerie Praha, pigmenty a barviva, analýza, umění, malba

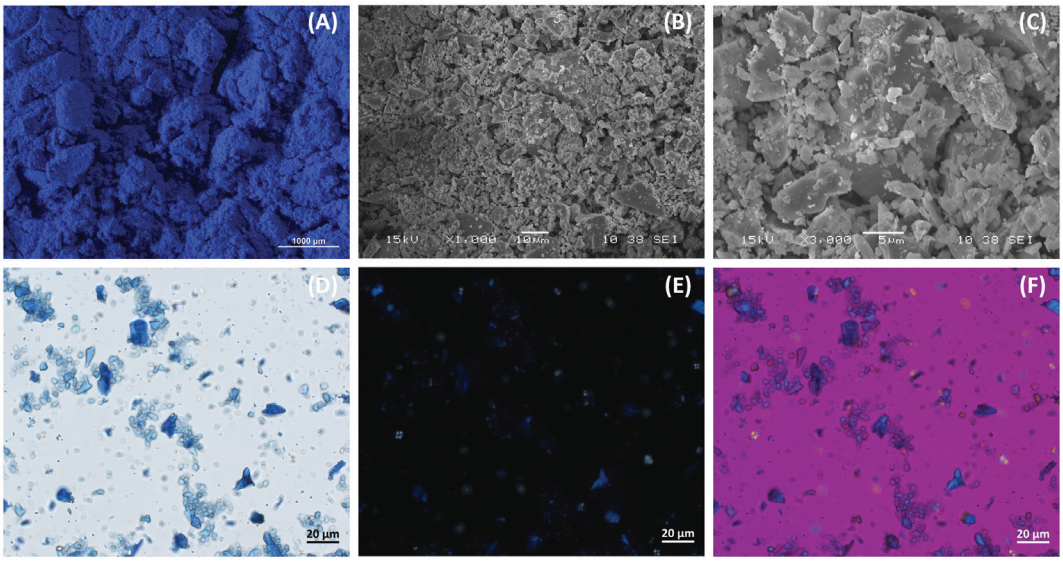
THE IMPORTANCE OF FINE ART MATERIALS DATABASES IN RESEARCHING WORKS OF ART One of the most important parts in the complex process of caring for collection items is to understand the material composition of the works of art. However, for the correct indentification of materials, high-quality references and comparative data files are required, which are also easily accessible to the broad professional public (especially thanks to their online format). This work provides an overview and comparison of publicly available material databases dealing with fine art materials (pigments, dyes, binders etc.) and their analyses that serve as such necessary reference sources. It introduces databases that present various spectra (Raman, IR, UV-VIS), provide information on elemental composition (XRF, EDS), microscopic images (OM, SEM) and other analytical information, or, they only combine information from external sources; the work discusses their benefis or possible limits resulting from their specific focus; it refers both to foreign and Czech sources. The work also introduces the current project of the National Gallery Prague: a completely new online database of standards of pigments and dyes, comprising in one Czech nomenclature, microscopic images, spectra and also examples of the use of pigments in colour layers in paricular paintings. This (not only) within the Czech scope unique reference material will be made available to experts and the public on the NGP website starting from 2023.
Key words: database, National Gallery Prague, pigments and dyes, analysis, art, painting

Znalost materiálové podstaty výtvarných děl je jedním z nejdůležitějších bodů v komplexním procesu péče o sbírkové předměty. Porozumění skladbě díla a přesná a správná identifikace jeho složek – především pigmentů, barviv, pojiv nebo přírodních i syntetických polymerů – může přinést stěžejní informace, jež jsou nepostradatelné při plánování konzervačního zásahu, porozumění degradačním procesům nebo zodpovězení otázek týkajících se pravosti, provenience nebo způsobu vzniku díla. Výsledky materiálové analýzy tak nejsou zajímavé a nezbytné pouze pro chemiky a přírodovědce, ale i pro restaurátory a konzervátory, kurátory, umělce, kunsthistoriky, historiky, památkáře, studenty i další odbornou veřejnost.

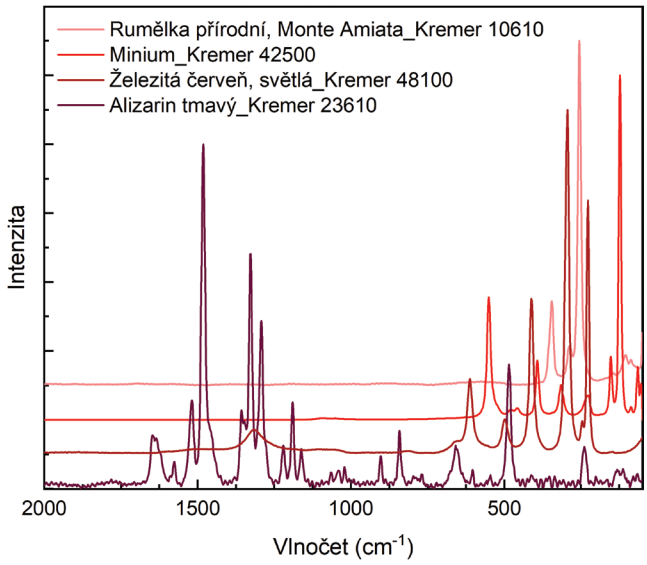
S ohledem na širokou škálu zkoumaných materiálů i na specifické požadavky, jež na analýzu takové materiály kladou, se mezi nejpoužívanější a nejvšestrannější metody analýzy řadí zejména mikroskopické metody – optická a elektronová mikroskopie (OM, SEM), metody elementární analýzy – rentgenofluorescenční analýza (XRF), energiově disperzní spektroskopie (EDS), metody strukturní analýzy – infračervená (FTIR) a Ramanova spektroskopie (RS), reflexní spektroskopie s vláknovou optikou (FORS), rentgenová difrakční analýza (XRD), ale i separační metody – plynová (GC) a kapalinová chromatografie (LC). Přístrojovým vybavením odpovídajícím výše zmíněným metodám v současnosti disponuje stále více pracovišť.

Zásadním limitem při analýze materiálů se tak spíše než dostupnost průzkumových metod stává nedostatek kvalitních referenčních zdrojů nebo komparačních materiálů pro správnou interpretaci dat. Například optická dokumentace morfologie částic pigmentů (obr. 1) nebo naměřená molekulová spektra (obr. 2, 3) potřebují k přímé identifikaci látek srovnání s dostupnými standardy. Z toho důvodu jsou materiálové databáze, jež slučují analytické, ale i mnohé další informace o skupině zájmových materiálů, nutným podkladem.

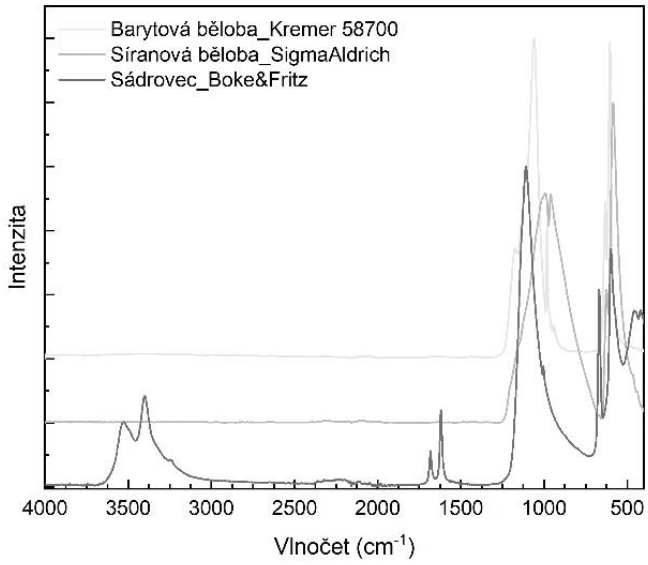
V současnosti existuje již celá řada různých databází, jejichž předmětem jsou výtvarné nebo příbuzné materiály. Při využití v praxi je třeba počítat s některými limity, které jsou dány specifickým účelem, pro který konkrétní databáze vznikla. Mnohé databáze jsou pouze úzce zaměřené nebo specializované na určitý druh materiálů, některé přinášejí pouze jediný druh analytické informace, jiné pouze slučují analytické informace z externích zdrojů. Šířeji zaměřené databáze jsou ojedinělé, a to zejména proto, že udržení jejich komplexnosti je složitý a nepřetržitý proces, při němž je navíc nutno počítat se zajištěním v plném rozsahu i z dlouhodobého hlediska. To však může být limitováno škálou vlivů, například financováním, dostupností materiálů, udržením nároků technologického pokroku apod. Většina dostupných databází je pouze v anglickém jazyce. Bohužel, některé zajímavé databáze jsou k dnešnímu dni již nefunkční [například Castro a kol., 2005; Castro a kol., 2003]. Je proto zřejmé, že i přes variabilitu existujících databází nemůže být jejich nabídka úplná.



Obr. 1 *Ukázka morfologie částic standardu kobaltové modři tmavé (Kremer 45700): práškový pigment (A); snímky ze skenovacího elektronového mikroskopu v režimu sekundárních elektronů při zvětšení 1000× (B) a 3000× (C); snímky z polarizačního optického mikroskopu v paralelních nikolech (D), zkřížených nikolech (E) a zkřížených nikolech se sádrovcovou destičkou (F). Fotografie © 2022 Národní galerie Praha / Example of particle morphology of cobalt blue dark standard (Kremer 45700): powder pigment (A); scanning electron micsroscope images in secondary electron mode at 1000× (B) and 3000× (C) magnification; optical microscope images in plane-polarized light (D), cross-polarized light (E) and cross-polarized light with a sensitive tint plate (F). Photo © 2022 National Gallery Prague*



Obr. 2 *Ukázka Ramanových spekter (780 nm) vybraných standardů červených pigmentů / Example of Raman spectra (780 nm) of selected red pigment standards*



Obr. 3 *Ukázka infračervených ATR spekter vybraných standardů bílých pigmentů / Example of infrared ATR spectra of selected white pigment standards*

Cílem této práce je přinést základní přehled existujících zejména online databází prezentujících základní informace i analytická data o výtvarných materiálech, ukázat na jejich základní přednosti a limity a rovněž rozšířit povědomí o možnostech vyhledávání potřebných analytických informací. Příspěvek zároveň představuje přípravu veřejně přístupné databáze Národní galerie Praha (NGP), která bude zahrnovat základní informace o pigmentech a barvivech – mikroskopické snímky i spektra naměřená různými metodami prvkové a molekulové analýzy i příklady užití těchto výtvarných materiálů v barevné vrstvě malby na konkrétních obrazech ze sbírek NGP.

PŘEHLED DATABÁZÍ

Dodnes bylo zveřejněno množství publikací zabývajících se analýzou široké škály materiálů výtvarných děl, vytvářením souhrnných přehledů a tvorbou offline databází, a to včetně knih, kompendií a tištěných verzí databází, příp. knihoven různých druhů spekter. Přehled optických a morfologických znaků částic pigmentů pozorovaných metodou optické mikroskopie shrnuje obsáhlá publikace *Pigment Compendium* [Eastaugh a kol., 2007]. Ramanovou spektroskopií se zabývaly například studie zkoumající samotné anorganické pigmenty a minerály [Bell a kol., 1997; Burgio a kol., 2001], pigmenty v rozdílných pojivech v různých malířských technikách [Burrafato a kol., 2004], minerály obsažené v kovových korozních produktech a barevných sklech [Bouchard a kol., 2003], středověké pigmenty a barviva [Marucci a kol., 2018], organické

pigmenty [Schulte a kol., 2008; Vandenabeele a kol., 2000a] nebo organické složky barevné vrstvy jako jsou pojiva a laky [Edwards a kol., 1998; Edwards a kol., 1996; Vandenabeele a kol., 2000b]. Pro infračervenou spektroskopii byly vytvořeny například knihovny pigmentů [Miliani a kol., 2012; Silva a kol., 2006] nebo organických pojiv, laků a konsolidantů [Invernizzi a kol., 2018]. Spektra jsou v nich uváděna ve formě obrázků nebo rozsáhlých tabulek s identifikovanými pásy a až na výjimku [Bell a kol., 1997] nemají tyto databáze online ekvivalent. Další nevýhodou je pouze úzké zaměření na určitou skupinu materiálů a různé a mnohdy neporovnatelné experimentální podmínky použité při měření spekter.[1]

V českém prostředí jsou offline databáze výtvarných materiálů přístupné široké odborné i laické veřejnosti stále ojedinělé. Patří k nim například *Specializovaná databáze pigmentů a barviv* [Šefců a kol., 2017] přinášející analytické informace o 62 standardních anorganických pigmentech a organických barvivech charakteristických v malbě a polychromii ve 14.–16. století (obr. 4) nebo *Databáze materiálů užívaných v glazurách* [Kloužková a kol., 2020], jež přináší soubor analytických informací[2] 149 standardních materiálů užívaných při glazování a povrchových úpravách keramiky: glazurních a keramických surovin, pigmentů, barviv aj.

Pro svou potřebu si řada institucí (specializovaných pracovišť, laboratoří, příp. komerčních subjektů) vytváří vlastní interní offline databáze, mezi které lze zařadit například knihovny spekter získané měřením vlastních sbírek výtvarných materiálů dostupnými analytickými metodami nebo databáze uměleckých děl ve sbírkotvorných institucích. Některé mohou mít nejen offline, ale i online formát, ovšem nemusí být veřejně přístupné, příp. být veřejné vůbec nemohou z důvodu možného zneužití dat. Českým příkladem jsou databáze určené úzkému okruhu uživatelů, jež vznikly v rámci projektu bezpečnostního výzkumu MV ČR:[3] *Databáze výtvarných materiálů 20. století* shromažďující analytická data[2] získaná z výtvarných materiálů [online 1] a unikátní *Autorská databáze* [online 2] shromažďující výsledky restaurátorské dokumentace a laboratorních průzkumů přímo z výtvarných uměleckých děl ze sbírek NGP autorů 1. poloviny 20. století.

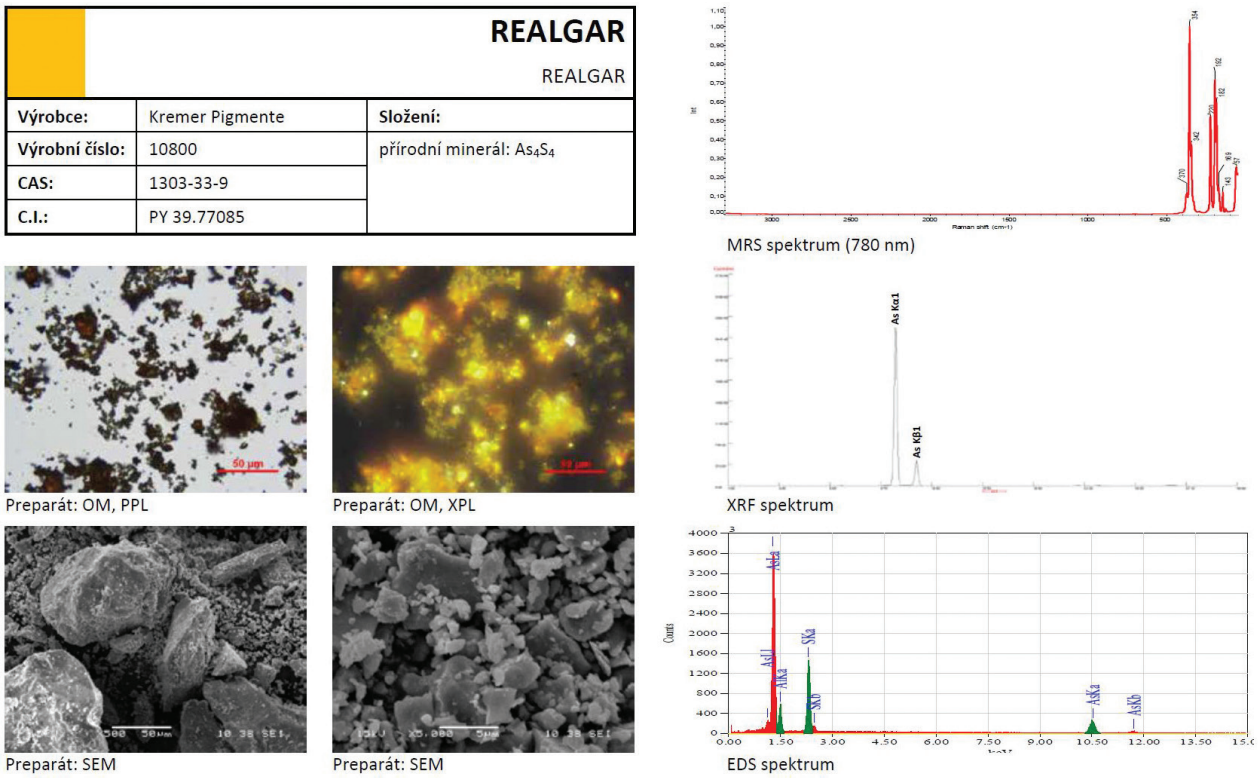
Plnohodnotné online databáze se objevují zhruba od roku 2000 [Caggiani a kol., 2016]. Od té doby vznikly takové, jež se v různém rozsahu přímo vztahují především k výtvarným uměleckým dílům, příp. se zabývají příbuznými obory. V této práci jsou databáze uváděny v kapitolách podle rozsahu (analytických) informací, jež přinášejí.

Všeobecné online databáze

Níže zařazené databáze slučují široké informace o výtvarných materiálech: informace technické, chemické, historické, vizuální i analytické (příp. odkazují na analytické informace z jiných externích zdrojů). Kromě spektroskopických informací mohou zahrnovat data pro identifikaci na základě morfologických vlastností (snímky z optického nebo elektronového mikroskopu), fotografie v různých režimech osvětlení a další analytické výstupy (například XRF spektra, LC chromatogramy aj.) (tab. 1). Čím více takových vzájemně se doplňujících analytických informací databáze uvádí, tím může být přínosnější.

CAMEO (The Conservation and Art Materials Encyclopedia Online) [online 3]

Tato živá elektronická databáze shromažďuje informace o výtvarných materiálech i materiálech užívaných v konzervování a restaurování. S počtem okolo 10 000 položek (pigmenty, minerály, pojiva, nátěrové systémy, adheziva, vlákna, rozpouštědla, inhibitory koroze, dřeva, polutanty, hmyz, pesticidy, úložné materiály aj.) se jedná o největší soubor svého druhu. Je dostupná online od roku 2000 a její současný wiki formát umožňuje širokému spektru dobrovolných editorů po celém světě doplňovat informace [Derrick, 2016]. Ke každému záznamu je přiřazena stránka se základní charakteristikou (například název, struktura, zdroj, původ, historie výroby, vzhled, použití), synonymy a cizojazyčnými názvy, fyzikálními a chemickými vlastnostmi a referencemi na další zdroje. Součástí je obvykle obrazová dokumentace zahrnující dokumentaci vzhledu (surovin, výrobků, korozních produktů aj.) i četné analytické informace (ve formátu obrázku): mikroskopické charakteristiky z optické i elektronové mikroskopie, transmisní infračervená spektra, mikro-Ramanova spektra (lasery 532 a 785 nm), XRF, XRD i EDS spektra, UV-VIS spektra a LC chromatogramy barviv [Derrick, 2016].



Obr. 4 Ukázka záznamu realgaru ze Specializované databáze pigmentů a barviv [Šefců a kol., 2017] / Example of realgar record from Specializovaná databáze pigmentů a barviv [Šefců a kol., 2017]

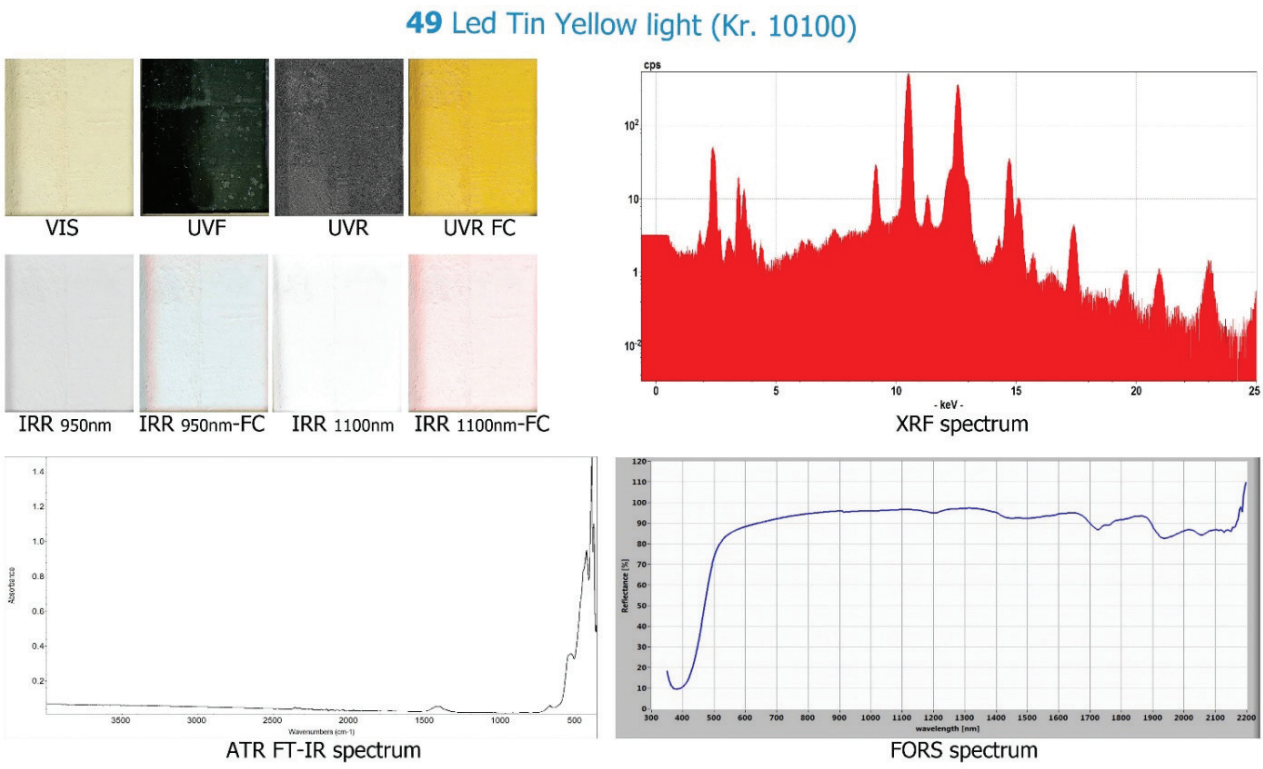
Pigments through the Ages [online 4]
Přehledně zpracovaný a vizuálně přitažlivý atlas 40 nejdůležitějších pigmentů užívaných do poč. 20. století obsahuje i výčet nejběžnějších malířských technik a různých metod identifikace pigmentů. Kromě stručného popisu pigmentů (jejich různých názvů, historického přehledu použití nebo informací o výrobě) je atlas zajímavý zejména konkrétními příklady užití daných pigmentů na uměleckých dílech. U každého pigmentu jsou také technické informace – chemické složení, krystalická struktura, C.I.,[4] ale i přehled možných optických i spektroskopických způsobů identifikace s odkazy na spektra z externích databází (IRUG, UCL Raman Spectroscopic Library, NASA ECOSTRESS Spectral Library, USGS Spectral Library). Kapitola o identifikačních metodách seznamuje zejména s mikroskopickými technikami (OM, SEM), spektroskopií (RS, FTIR, XRF), metodami datování, 3D modelování nebo tomografie, ale také s dokumentačními metodami užívanými při restaurátorském průzkumu.[5]

ColourLex [online 5]
První část databáze přináší informace o malbách významných světových malířů s důrazem na analýzu použitých pigmentů. Druhou částí je lexikon vybraných (cca 80) pigmentů. Každá stránka obsahuje fotografii pigmentu (prášku i nanesené barevné vrstvy), informaci o chemickém složení a vlastnostech, názvech, C.I., historickém přehledu použití, výrobě a uvádí konkrétní příklady použití na historických dílech i četné reference a odkazy. Zahrnuje i analytické informace (FTIR, Ramanova, UV-VIS spektra, XRF aj.), ovšem nejčastěji pouze ve formě odkazů na externí databáze (Pigment Checker, UCL Raman Spectroscopic Library, Database of ATR-FT-IR spectra of various materials, RRUFF). Třetí část se zabývá vědeckými metodami zkoumání maleb: tato kapitola má velice podobnou strukturu jako výše uvedený atlas. Poslední část je sbírka odkazů na literární zdroje o obrazech, malířích, pigmentech a vědeckých metodách používaných při zkoumání obrazů.

Pigment Checker, Cultural Heritage Science Open Source [online 6]
Jedná se o kolekci vzorníků vybraných nejužívanějších historických i moderních pigmentů a barviv. Aktuální verzi tvoří cca 70 pigmentů pojených akrylátovým pojivem.[6] Vzorníky slouží k evaluaci a procvičování zobrazovacích a spektroskopických metod pro identifikaci pigmentů [Caggiani a kol., 2016; Larsen a kol., 2016]. Ze spekter vznikají volně přístupné databáze spektroskopických technik: XRF spektra [Larsen a kol., 2016], UV-VIS-NIR reflexní spektra [Cosentino, 2014], Ramanova spektra naměřená pomocí různých laserů (532, 785, 830 a 1064 nm) [Caggiani a kol., 2016] nebo FTIR difuzní reflexní spektra [online 7]. Veškerá spektra lze prohlížet jako obrázky u jednotlivých pigmentů nebo stáhnout ve formátu .csv a implementovat do vlastních knihoven. Položky jsou specifikovány výrobcem, složením a hodnotou C.I.

Pictorial Material Database [online 8]
Tento projekt je kolekcí modelových vzorníků barevné vrstvy vytvořených různými kombinacemi výtvarných materiálů,[7] jež jsou rozděleny do tří hlavních kategorií podle období užívání (čtvrtou kategorii tvoří zvlášť přírodní a syntetická barviva). Každá uvedená položka (139 pigmentů a 34 barviv) obsahuje spektrální informace (XRF, ATR FTIR, FORS) ve formátu obrázku a dále dokumentaci jejich různých modelových kombinací v různých režimech osvětlení (VIS, UVF, UVR, UVFC, IRR a IRFC při různých vlnových délkách) [Cavaleri a kol., 2017]. Jednotlivé pigmenty a barviva jsou specifikovány pouze výrobcem a výrobním číslem (obr. 5).

The Color of Art Pigment Database [online 9]
Nejrozsáhlejší a nejúplnější volně přístupná databáze pigmentů a barviv s jejich hodnotami C.I., jež dále obsahuje informace o názvech, alternativních názvech, chemickém složení, fyzikálních a chemických vlastnostech (opacitě, světlostálosti, spotřebě oleje, toxicitě) aj. I přes svůj rozsah ovšem neobsahuje žádné analytické informace jako výše zmíněné databáze, a jedná se tak především o přehled pigmentů a barviv.



Obr. 5 Ukázka záznamu olovnato-cíničité žluti typu I z Pictorial Material Database [online 8] / Example of lead-tin yellow type I record from Pictrorial Material Database [online 8]

Tab. 1 Přehled veřejně dostupných všeobecných i specializovaných online databází a jimi prezentovaných analytických informací / Overview of publicly available general and specialised online databases and the analytical information they present

Název databáze	Položky*	Počet**	OM	SEM	EDS / WDS	XRF	XRD	RS	IR	UV-VIS-(IR)	LC / GC / TLC	Formát***
CAMEO	výtvarné materiály, materiály památkových objektů, konzervační prostředky aj.	cca 10 000	X	X	X	X	X	X	X	X	X	.tif
ColourLex	pigmenty, barviva	78	X			(X)		(X)	(X)	(X)		.jpeg, odkazy
Database of ATR-FT-IR Spectra of Various Materials	pigmenty, plniva, pojiva, laky, textilní vlákna, konzervační prostředky	250							X			.png
ENS Handbook of Raman Spectra for Geology	minerály	78						X				.txt, .pdf
IRDG	anorganické sloučeniny	68						X				.pdf
IRUG	výtvarné materiály, konzervační prostředky aj.	cca 3000						X	X			.dx, .pdf
Lipid Bank	přírodní lipidy	7009							X	X	X	.gif
Mineral Spectroscopic Server	minerály	cca 200						(X)	X	X		.txt, .csv
NASA ECOSTRESS Spectral Library	minerály, horniny, zeminy, umělé materiály (vč. pigmentů) aj.	3447								X		.gif, .txt
Pictorial Material Database	pigmenty, barviva	173				X			X	X		.jpeg
Pigment Checker	pigmenty, barviva	70				X		X	X	X		.txt, .csv
Pigment Through the Ages	pigmenty, barviva	40	X					(X)	(X)	(X)		odkazy
ROD	geologické materiály aj.	1100						X				.rod, .jdx
Romain Database of Raman Spectroscopy	pigmenty, minerály, umělecká díla	399						X				.txt, .spc
RRUFF	minerály	cca 4000		X	X		X	X	X			.txt, .rruff
SOPRANO	syntetické organické pigmenty	325						X				.csv, .dx, .spc
SPECARB	sacharidy	26						X				.gif, .spc
UCL Raman Spectroscopic Library	pigmenty	56						X				.gif, .spc
USGS Spectral Library	minerály, zeminy, umělé materiály (vč. pigmentů) aj.	2468								X		.gif, .txt
WURM	minerály	325						X	X			online

Vysvětlivky: X – dostupné informace, (X) – informace dostupné formou odkazu na data jiných databází nebo další referenční zdroje;
OM – optická mikroskopie, SEM – skenovací elektronová mikroskopie, EDS / WDS – energiově / vlnově disperzní spektroskopie, XRF – rentgenová fluorescenční analýza, XRD – rentgenová difrakční analýza, RS – Ramanova spektroskopie, IR – infračervená spektroskopie, UV-VIS-(IR) – reflexní spektroskopie v UV-VIS-(IR) oblasti spektra, LC / GC / TLC – kapalinová / plynová / tenkovrstvá chromatografie
* U všech položek nemusí být dostupné veškeré zmíněné analytické informace v plném rozsahu. Je pouze ilustrována diverzita prezentovaných informací.
** Aktuální počty k datu 1. 3. 2022. U živých, průběžně doplňovaných databází se mohou aktuální počty položek lišit.
*** Textové a jednoduché datové soubory (.txt, .csv, .rruff, .rod, .jdx), příp. spektroskopický formát (.spc) lze stáhnout a implementovat do příslušných analytických softwarů. Ve formátu .dx lze online spektra interaktivně prohlížet, ovšem nelze je stáhnout. Ostatní formáty protokolů (.pdf) a obrázků (.gif, .png, .jpeg) lze zobrazit nebo stáhnout pouze formou neinteraktivního náhledu.

Specializované online databáze

Databáze zařazené v této kapitole v různém rozsahu přináší spektroskopické informace – RS, FTIR, UV-VIS-(NIR) – o výtvarných materiálech, případně materiálech příbuzné povahy, zejména z oblasti mineralogie a geologie[8] (tab. 1, 2). Dále jsou zde zařazeny databáze, které se úzce specializují na určitý druh materiálů, a nelze je tak uvádět mezi všeobecnými souhrnnými databázemi.

Raman Spectroscopic Library, University College London [online 10]
Jedna z prvních online databází, jež obsahuje disperzní mikro-Ramanova spektra (lasery 514 a 633 nm) 56 přírodních i syntetických pigmentů [Bell a kol., 1997]. Položky jsou definovány pouze svým chemickým složením. Spektra lze nahlédnout ve formátu obrázku, příp. stáhnout ve spektroskopickém formátu (.spc).

IRUG (Infrared and Raman Users Group) [online 11]
Skupina uživatelů infračervených a Ramanových spektrometrů provozuje online recenzovanou kooperativní databázi pro sdílení Ramanových a infračervených referenčních spekter získaných různými technikami měření. V současnosti obsahuje přes 3000 položek, jež lze filtrovat podle kategorií (pigmenty a minerály, organická barviva a pigmenty, skla, uhlovodíky, oleje, vosky, proteiny, přírodní pryskyřice, syntetické pryskyřice, směsi, neklasifikované materiály), podle analytické metody nebo podle klíčových slov. Obsahuje mikro-Ramanova spektra získaná různými lasery (514, 532, 633, 780/785, 1064 nm), transmisní a ATR infračervená spektra. Tato spektra, jež prochází recenzním řízením, jsou dostupná v interaktivním[9] formátu (.dx), příp. mohou být stažena ve formě protokolu (.pdf) [Lomax a kol., 2013]. Jednotlivé položky jsou specifikovány názvem, chemickým vzorcem a číslem CAS.

Romanian database of Raman spectroscopy [online 12]
Tato databáze slučuje disperzní Ramanova spektra (532 nm) standardů cca 400 pigmentů a minerálů i spektra naměřená na konkrétních dílech (fresky, umělecké předměty). Položky, specifikované vzorcem a krystalografickými daty, jsou doplněny odkazy na literaturu. Spektra jsou přiložena ve stažitelných formátech (.txt, .spc); u spekter konkrétních uměleckých předmětů jsou spektra doplněna podrobnostmi o interpretaci.

SOPRANO (Synthetic Organic Pigments Research Aggregation Network) [online 13]
Jedná se o referenční knihovnu disperzních Ramanových spekter (780 nm) celkem 325 syntetických organických pigmentů. Po rozkliknutí položky se objeví interaktivní spektra,[9] jež lze po přihlášení stáhnout v různých formátech (.csv, .dx, .spc) [Fremout a kol., 2012]. Položky jsou specifikovány názvem, chemickou třídou, hodnotou C.I. a dodavatelem.

Database of ATR-FT-IR spectra of various materials, University of Tartu [online 14]
Vizuálně propracovaná databáze obsahuje na 250 FTIR spekter naměřených technikou ATR na materiálech barevné vrstvy malby (pigmentech, plnivech, pojivech), lacích, textilních vláknech, konzervačních prostředcích, ale i vybraných pigmentech pojených v oleji [Vahur a kol., 2016]. Spektra jsou prezentována v podobě obrázku. Položky jsou specifikovány názvem, vzorcem a dodavatelem.

RRUFF, Arizona State University a Caltech [online 15]
Největší online databáze vibračních spekter minerálů (horninotvorných, drahokamů) obsahující cca 4000 položek, ve které je každý uváděný minerál nejprve specifikován fázovou i elementární analýzou.[10] Obsahuje základní identifikaci (název, ideální vzorec, chemické složení, lokalitu apod.), fotografie (makrofotografie, snímky z elektronového mikroskopu), několik sad mikro-Ramanových spekter získaných za různých experimentálních podmínek,[11] dále ATR infračervená spektra, XRD spektra a široký seznam referencí. Zprocesovaná i původní data lze stáhnout v textových formátech [Lafuente a kol., 2015].

Mineral Spectroscopic Server, Caltech [online 16]
Server poskytuje informace o cca 200 minerálech (horninotvorných, drahokamech) a jejich VIS-NIR a IR spektra naměřená různými technikami,[12] jež lze stáhnout v různých textových formátech; Ramanova spektra jsou již součástí RRUFF databáze.

IRDG (Infrared and Raman Discussion Group) [online 17]
Na této platformě najdeme FT-Ramanovu (1064 nm) referenční knihovnu 68 anorganických materiálů specifikovaných vzorcem ve formátu .pdf.

Handbook of Raman Spectra of Geology, ENS de Lyon [online 18]
Tato databáze obsahuje 78 mineralogických záznamů: základní charakteristiku (název, specifikaci vzorku vzorcem a jeho krystalickou mřížku), mikro-Ramanovo spektrum (515 nm), stažitelné v textovém formátu (.txt) i ve formě protokolu (.pdf), a další reference.

ROD (Raman Open Database) [online 19]
Tato otevřená databáze je součástí projektu SOLSA, jež se zabývá automatizací *in situ* analýz geologických vzorků (minerálů, rud). Obsahuje nicméně informace o všech třídách materiálů (minerály a pigmenty, skla, organické i anorganické materiály, polymery, kovy, keramika, léky, jaderné materiály, nebezpečné materiály aj.), jež jsou charakterizovány chemickým a mineralogickým názvem a složením. V současné době obsahuje cca 1100 záznamů. Slučuje Ramanova spektra srovnatelné kvality z různých zdrojů a publikovaná v různých publikacích a je navíc propojena se strukturálními krystalografickými daty (databáze COD, TCOD). Uvádí experimentální i teoretická spektra, jež lze stáhnout v textových formátech, i reference na další literaturu [El Mendili a kol., 2019].

WURM [online 20]
Tato online databáze teoretických Ramanových a infračervených spekter[13] a jiných fyzikálních vlastností minerálů (krystalické struktury, dielektrické vlastnosti) je uživatelsky přívětivá, přehledná a orientovaná na koncového uživatele. Sada vizualizačních nástrojů umožňuje pozorovat krystalickou strukturu, vibrační vzory i různá spektra (pouze v online prostředí). Obsahuje 325 záznamů [Caracas a kol., 2011].

USGS Spectral Library [online 21]
Tato knihovna UV-VIS-IR spekter je provozovaná americkou vědeckou agenturou Ministerstva Vnitra U.S. Geological Survey. Spektra jsou měřena laboratorními i terénními, pozemními i vzdušnými spektrometry. Použité přístroje pokrývají vlnové délky 0,2–200 µm, tj. od ultrafialové po dalekou infračervenou oblast. Obsahuje cca 2500 spekter minerálů, zemin, organických materiálů, rostlin, umělých materiálů (vč. pigmentů) aj. Položky obsahují základní specifikaci (původ, chemické složení apod.). Spektra lze rozkliknout v podobě obrázku, příp. stáhnout v textovém souboru [Kokaly a kol., 2017].

Tab. 2 Přehled veřejně dostupných spektroskopických online databází a jimi prezentovaných informací s ohledem na techniky měření / Overview of publicly available online spectroscopic databases and the information they present with respect to measurement techniques

NÁZEV DATABÁZE	Ramanova spektroskopie*								Infračervená spektroskopie*				Reflexní spektroskopie* UV-VIS-IR / FORS
	488 nm	514 nm	532 nm	633 nm	780 nm	785 nm	830 nm	1064 nm	transmise	zrcadlová reflexe	difuzní reflexe	ATR	
CAMEO			X			X			X				
Database of ATR-FT-IR Spectra of Various Materials												X	
ENS Handbook of Raman Spectra for Geology		X											
IRDG								X					
IRUG		X	X	X	X	X		X	X			X	
Mineral Spectroscopic Server			(X)			(X)			X	X		X	0,3–2,5 µm
NASA ECOSTRESS Spectral Library													0,3–25 µm
Pictorial Material Database												X	0,35–2,2 µm
Pigment Checker			X			X	X	X			X		0,2–1,69 µm
ROD	X	X	X		X	X							
Romain Database of Raman Spectroscopy			X										
RRUFF			X			X						X	
SOPRANO					X								
SPECARB								X					
UCL Raman Spectroscopic Library		X		X									
USGS Spectral Library													0,2–200 µm
WURM	teoretická								teoretická				

Vysvětlivky: X – dostupné informace, (X) – informace dostupné formou odkazu na data jiných databází nebo další referenční zdroje; ATR – technika zeslabeného totálního odrazu, UV-VIS-IR – reflexní spektroskopie naměřená v UV-VIS-IR oblasti spektra, FORS – reflexní spektroskopie naměřená vláknovou optikou
***** U všech položek nemusí být dostupné veškeré zmíněné analytické informace v plném rozsahu. Je pouze ilustrována diverzita prezentovaných informací.

NASA ECOSTRESS Spectral Library [online 22]
Knihovna UV-VIS-IR spekter je součástí NASA projektů ECOSTRESS (*ECOsystem Spaceborne Thermal Radiometer Experiment on Space Station*) a ASTER (*Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer*). Spektra jsou měřena spektrometry v rozsahu vlnových délek zpravidla 0,3–14 µm, tj. od ultrafialové po střední infračervenou oblast. Obsahuje cca 3500 spekter minerálů, hornin, zemin, umělých materiálů, vegetace i astronomických vzorků. Položky obsahují základní specifikaci (původ, chemické složení apod.). Spektra lze rozkliknout v podobě obrázku, příp. stáhnout v textovém souboru [Meerdink a kol., 2019].

Specarb [online 23]
Knihovna obsahuje FT-Ramanova spektra (1064 nm) sacharidů (monosacharidů, disacharidů, oligosacharidů a polysacharidů) v podobě obrázku i stažitelného spektroskopického formátu. Položky jsou specifikovány vzorcem, číslem CAS, dodavatelem a molární hmotností. V současné době obsahuje pouze 26 záznamů.

Lipid Bank [online 24]
Veřejná otevřená specializovaná databáze přírodních lipidů (vč. mastných kyselin, vosků, glycerolipidů, sfingolipidů, steroidů, vitaminů aj.) slučující analytické informace z externích zdrojů (spektra UV, IR, MS, NMR, chromatogramy LC aj.). Obsahuje přes 7000 položek: název (běžný, IUPAC), strukturu, spektrální informace ve formátu obrázků a informace z literatury [Watanabe a kol., 2000].

DATABÁZE UMĚLECKÝCH MATERIÁLŮ NÁRODNÍ GALERIE PRAHA (DatUM NGP)

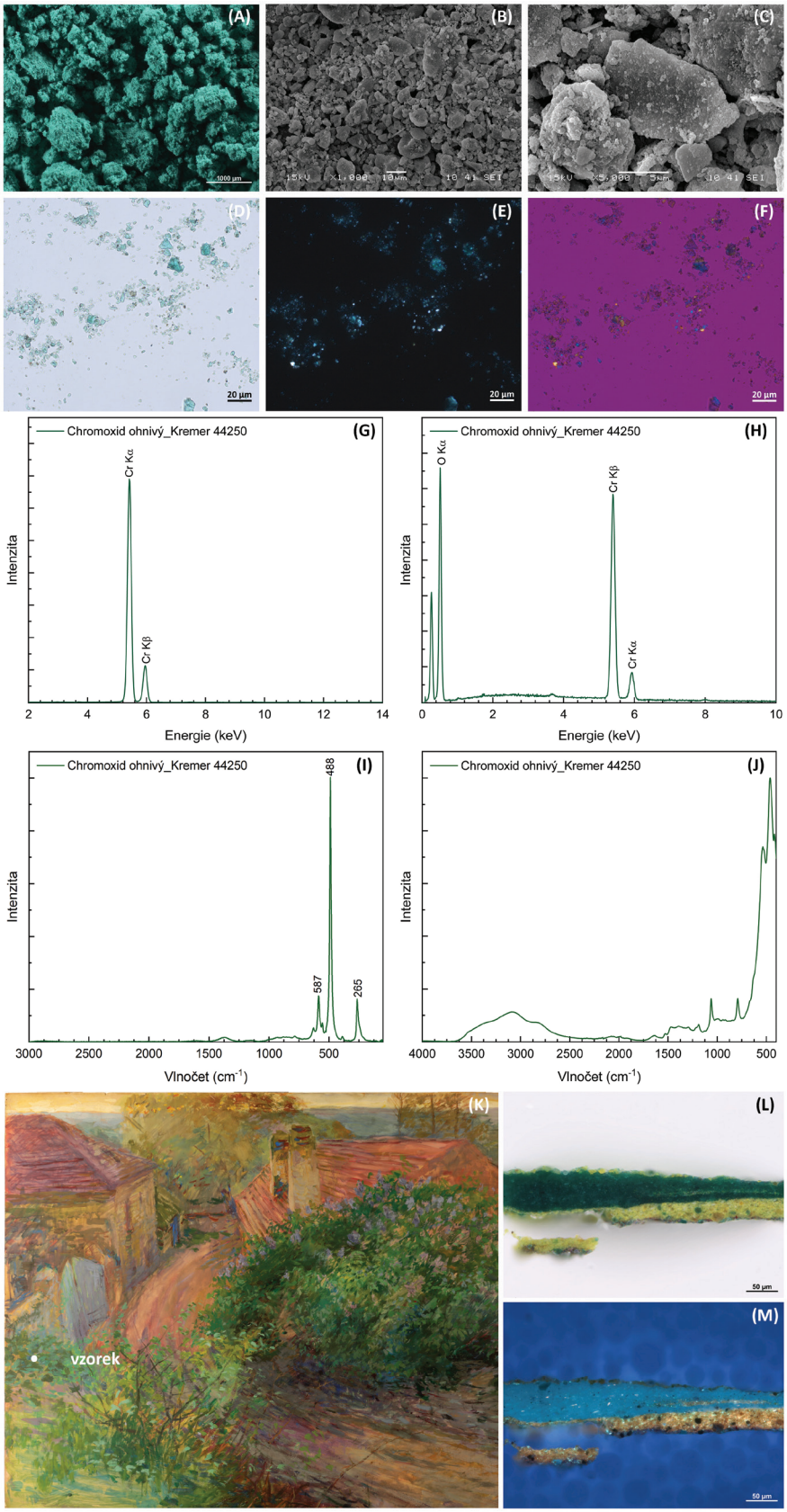
Národní galerie Praha v současné době připravuje nejrozsáhlejší referenční databázi standardů výtvarných materiálů v českém rozhraní, slučující specifikaci položek (včetně českého názvosloví) s jejich analytickými daty nebo příklady užití na uměleckých dílech. Projekt je zaměřen zejména na barvicí složky barevné vrstvy – přírodní i syntetické pigmenty, barviva (příp. rostlinné suroviny k jejich přípravě), plniva, minerály aj. (tab. 3) – používané napříč historií v malbě a polychromii. Databáze bude zpřístupněna veřejnosti od roku 2023 na webových stránkách NGP a postupně bude doplňována o nově získaná data.
Pro vznik databáze jsou užity standardy ze sbírky chemicko-technologické laboratoře NGP přesně definovaného chemického složení: jedná se vesměs o práškové materiály nebo rostlinné suroviny barviv, dodané převážně firmou Kremer Pigmente GmbH & Co. KG.[14]
Ve sbírce je mnohdy zastoupeno více verzí daného pigmentu (například pigmenty přírodní i syntetické, přírodní pigmenty z různých lokalit, syntetické pigmenty dodávané různými firmami apod.) pro zachycení variability výtvarných materiálů.
Hlavička každé položky bude kromě její makro- a mikrofotografie zahrnovat český, anglický, příp. i obchodní název, barvu a výrobní číslo, identifikátory C.I. a CAS a informace o složení. Jádrem databáze budou výsledky identifikačních metod: snímky z polarizační optické mikroskopie (pořízené v paralelních nikolech, zkřížených nikolech a zkřížených nikolech se sádrovcovou destičkou), snímky z elektronové mikroskopie (pořízené při různých zvětšeních), výsledky elementární analýzy (EDS a XRF) v podobě obrázku naměřeného spektra a seznamu identifikovaných prvků, výsledky mikro-Ramanovy spektroskopie (pro excitační lasery 532 a 780 nm) v podobě obrázku naměřeného spektra, seznamu identifikovaných pásů a obrázku měřeného místa a nakonec obrázky FTIR spekter naměřené ATR technikou. U položek, u kterých to bude možné, budou nakonec doplněny i ukázky použití v barevných vrstvách obrazů nebo polychromií soch ze sbírek NGP. Počítá se s rozšiřováním databáze o další experimentální podmínky měření nebo nové analytické techniky.[15]
Jako příklad uvádíme náhled analytických výstupů[16] pro vybranou položku chromoxidu ohnivého (dodavatel Kremer Pigmente GmbH & Co. KG., výrobní číslo 44250, C.I. PG 18.77289, CAS 12001-99-9, složení $Cr_2O_3 \cdot 2\,H_2O$). Uváděny jsou vybrané snímky z optické a elektronové mikroskopie, prvková XRF a EDS spektra a molekulová RS a FTIR spektra. Zároveň jsou prezentovány příklady použití tohoto pigmentu v malbě (obr. 6).

ZÁVĚR

Tato přehledová práce seznamuje s aktuálními možnostmi vyhledávání informací v dostupných online materiálových databázích, jež lze využít při identifikaci složek barevné vrstvy. Jejich rozbor poukazuje na problém, že ačkoliv každá dostupná databáze plní svůj specifický účel, při praktickém využití mohou tyto referenční zdroje narážet na některé limity (například úzké zaměření, nedostatek analytických informací nebo nemožnost jejich stažení v potřebných formátech, uživatelská nepřehlednost, dostupnost pouze v angličtině aj.). Nutno také říci, že udržení komplexnosti databází je velice náročné, vyžadující nepřetržitou kontinuitu nejen měření a doplňování, ale i zajištění a modernizaci technických parametrů související s IT a SW prostředím.

Tab. 3 Seznam plánovaných základních položek databáze DatUM NGP do roku 2023 / List of planned core items to be included in the DatUM NGP database by the end of 2023

Bílé pigmenty	anatas; anhydrit; aragonit; barytová běloba; bílá hlinka; bismutová běloba; cínová běloba, dolomit; kalcit; kaolin; kostní běloba; křemen; křída kamenná; křída přírodní; litopon; magnezit; mušlová běloba; olovnatá běloba; sádra; sádrovec; síran olovnatý; sulfid zinečnatý; svatojánská běloba; titanová běloba, rutil; zinková běloba; zirkonová běloba
Žluté pigmenty a barviva	auripigment; bismut-vanadová žluť; gumiguta; hansa žluť; chromová žluť; kadmiová žluť; kobaltová žluť; masikot; neapolská žluť; nikl-titanová žluť; olovnato-cíničitá žluť, typ I; olovnato-cíničitá žluť, typ II; realgar; reseda; řešetlák; siena přírodní; šafrán; zirkoniová žluť; železitá žluť; žlutý okr
Oranžové pigmenty	hansa oranž; kadmiová oranž
Červené pigmenty a barviva	alizarin; antimonová červeň; antrachinonová červeň; brazilské dřevo; ceriová červeň; červený bolus; červený okr; dračí krev; hematit; kadmiová červeň; kampeškové dřevo; kermes; košenila; laka; minium; mořena; monoazo červeň; naftolová červeň; rumělka; saflor; santalové dřevo; siena pálená; thioindigo; ultramarínová červeň; zirkoniová červeň; železitá červeň
Modré pigmenty	azurit přírodní; azurit syntetický; berlínská modř; cavansit; coelinova modř; měďnatá modř; egyptská modř; ftalocyaninová modř; han modř; chryzokol; indigo přírodní; indigo syntetické; kobaltová modř; kovelin; mayská moř; měděnka; pentagonit; smalt; tyrkys; ultramarín přírodní; ultramarín syntetický; vivianit; zirkonium-vanadová modř
Fialové pigmenty	dioxazinová violeť; fluorit; han violeť; kobaltová violeť, tmavá; kobaltová violeť, světlá; manganová violeť; purpurissum; ultramarínová violeť
Zelené pigmenty	atakamit; egyptská zeleň; egirin; epidot; ftalocyaninová zeleň; chalkopyrit; chromit; chromoxid ohnivý; chromoxid tupý; jaspis zelený; kobaltová zeleň; konichalcit; malachit přírodní; malachit syntetický; měděnka syntetická; měďnatý rezinát; seladonit; země zelená česká
Hnědé pigmenty	asfalt; bistr; kasselská hněď; manganová hněď; sepie; spinelová hněď; umbra pálená; umbra přírodní; železitá hněď
Černé pigmenty	anilinová čerň; antimonit; atrament; asfalt; bornit; broskvová čerň; černá hlinka; galenit; grafit přírodní; hroznová čerň; chalkocit; kostní čerň; lampová čerň; magnetit; manganová šeď; manganová čerň; pyrit; révová čerň; slonová čerň; spinelová čerň; třešňová čerň; železitá čerň



Obr. 6 *Ukázka plánovaných výstupů prezentovaných v databázi DatUM NGP pro chromoxid ohnivý (Kremer 44250): práškový pigment (A); snímky ze skenovacího elektronového mikroskopu v režimu sekundárních elektronů při zvětšení 1000× (B) a 5000× (C); snímky z polarizačního optického mikroskopu v paralelních nikolech (D), zkřížených nikolech (E) a zkřížených nikolech se sádrovcovou destičkou (F); rengenofluorescenční (G) a energiově-disperzní (H) prvkové spektrum; Ramanovo (532 nm) (I) a infračervené ATR (J) molekulové spektrum; použití pigmentu na obraze Otakara Lebedy Šeřík (Rozkvetlý keř, Cesta vesnicí), 1899, NGP, inv. č. O 3770 (K) vč. snímků stratigrafie vzorku v odraženém světle (L) a po excitaci UV zářením o vlnové délce 385 nm s emisním filtrem > 420 nm (M). Fotografie © 2022 Národní galerie Praha / Example of planned outputs to be presented in the DatUM NGP database for viridian green standard (Kremer 44250): powder pigment (A); scanning electron micsroscope images in secondary electron mode at 1000× (B) and 5000× (C) magnification; optical microscope images in plane-polarised light (D), cross-polarised light (E) and cross-polarised light with a sensitive tint plate (F); X-ray fluorescence (G) and energy-dispersive (H) elemental spectrum; Raman (532 nm) (I) and infrared ATR (J) molecular spectrum; use of pigment in the painting The Lilac by Otakar Lebeda, 1899, NGP, inv. no. O 3770 (K) including stratigraphy images of the sample in reflected light (L) and after excitation by UV radiation at 385 nm with emission filter > 420 nm (M). Photo © 2022 National Gallery Prague*

Z těchto důvodů je rozšiřování o další komparační zdroje velice vítané. Databáze pigmentů a barviv, připravovaná v Národní galerii Praha, bude díky svému plánovanému rozsahu jedním z těchto chybějících zdrojů, a to zejména v rámci České republiky. Bude plnit funkci podkladu pro analýzu a správnou interpretaci dat naměřených na reálných vzorcích výtvarných děl. Její ambicí je umožnění snadné orientace v české terminologii názvů pigmentů a barviv a udržení budoucích technologických nároků. Tato databáze bude v provozu od roku 2023 na webových stránkách NGP. V rámci udržitelnosti je plánováno její kontinuální rozšiřování.

Stať vznikla za finanční podpory Ministerstva kultury ČR v rámci Institucionální podpory na dlouhodobý koncepční rozvoj výzkumné organizace Národní galerie Praha.

POZNÁMKY

[1] Některá zmíněná Ramanova spektra byla získána pomocí FT-Ramanovy spektroskopie za použití laseru o vlnové délce 1064 nm [Burgio a kol., 2001; Edwards a kol., 1998; Edwards a kol., 1996], jiná pomocí disperzní techniky za použití laseru 780 nm [Vandenabeele a kol., 2000a; Vandenabeele a kol., 2000b], další kombinací různých viditelných nebo blízkých infračervených laserů (vlnové délky 458 nm, 476 nm, 488 nm, 515 nm, 532 nm, 633 nm, 780/785 nm, 830 nm) [Bouchard a kol., 2003; Burrafato a kol., 2004; Marucci a kol., 2018; Schulte a kol., 2008]. Zmíněné infračervené knihovny zahrnují techniky difuzní reflexe v MIR oblasti [Silva a kol., 2006] nebo spekulární reflexe v NIR/MIR oblasti [Invernizzi a kol., 2018; Miliani a kol., 2012].

[2] Zmíněné databáze obsahují obdobný typ analytických informací: *Specializovaná databáze pigmentů a barviv* slučuje snímky z optického a skenovacího elektronového mikroskopu, disperzní Ramanova spektra 780 / 532 nm, XRF a EDS spektra [Šefců a kol., 2017]. *Databáze materiálů užívaných v glazurách* obsahuje navíc informace o barevnosti CIELAB, disperzní Ramanova spektra 1064 nm, ATR FTIR spektra a XRD spektra [Kloužková a kol., 2020]. *Databáze výtvarných materiálů 20. století* obsahuje u některých položek navíc FTIR reflexní spektra a disperzní Ramanova spektra (435, 633, 785 a 1064 nm) [online 1].

[3] *Komplexní instrumentální metodika pro posuzování pravosti výtvarných děl, databáze materiálů barevných vrstev 20. století* (VI20172020050) z programu bezpečnostního výzkumu ministerstva vnitra ČR (BV III/1-VS).

[4] Hodnota *Colour index*, jež slouží ke klasifikaci a jednoznačné identifikaci pigmentů. Skládá se z třímístného **obecného jména**, jež zahrnuje (1) původ pigmentu či barviva (N – přírodní, S – syntetický), (2) jeho barvu (Y – žlutá, O – oranžová, R – červená, V – fialová, B – modrá, G – zelená, Br – hnědá, Bk – černá, W – bílá, M – kovové pigmenty) a (3) pořadového číslo (například NR4), a pětimístného **konstitučního čísla**, odkazujícího na chemickou strukturu pigmentu či barviva (například 75470 náležící do kategorie přírodních organických barviv); *NR4.75470 z příkladu uvedeného výše je košenila*. Pigmentům či barvivům, kterým nebylo přiřazeno obecné jméno a/nebo konstituční číslo, náleží zkratka *N/A*.

[5] Popisuje osvětlení viditelné (VIS), razantní boční (GL), ultrafialové (UVF a UVR), infračervené (IRR, IR CCD), zobrazení ve falešných barvách (IRFC, UVFC) i rentgenové (RX) [online 4].

[6] Aktuální verzí je již pátá verze vzorníků. V dřívějších verzích byly testovány také pigmenty pojené arabskou gumou i pigmenty nanášené technikami olejomalby, vaječné tempery a fresky [Cosentino, 2015].

[7] Projekt kombinuje přírodní i syntetické pigmenty a barviva v různých pojivech (arabská guma, vaječná tempera, lněný olej, polyvinylacetát) s různými laky (terpenová a akrylátová pryskyřice) a podkresbami (uhel, rudka, železoduběnkový inkoust, grafit). Celkem obsahuje 1200 kombinací těchto výtvarných materiálů [Cavaleri a kol., 2017].

[8] Vzhledem k minerálnímu původu přírodních pigmentů, plniv apod. se taktéž jedná o nezastupitelný zdroj.

[9] Odečítání hodnot na osách x a y při posunu kurzoru skrz spektrum.

[10] Fázová analýza pomocí XRD v práškové formě i na monokrystalu, elementární analýza pomocí WDS [Lafuente a kol., 2015].

[11] Spektra s vysokým rozlišením ve spektrálním rozsahu 70–1400 cm^{-1} pro neorientované vzorky a vzorky orientované podle krystalografických rovin naměřená pomocí laserů 532 a 785 nm, spektra s nízkým rozlišením v rozsahu 70–6500 cm^{-1} naměřená pomocí laserů 532 a 785 nm [Lafuente a kol., 2015].

[12] Transmisní VIS-NIR spektra, IR spektra transmisní měřená v KBr nebo PE tabletách, zrcadlová reflexní i ATR [online 16].

[13] Teoretická spektra vypočítána na základě teorie hustotního funkcionálu a teorie poruch funkce hustoty v implementaci ABINIT [Caracas a kol., 2011].

[14] Případně firmami Böke & Fritz, Winsor & Newton, Deffner & Johann GmbH, Sigma-Aldrich s.r.o., Synthesia, a.s., Clariant AG, Hoechst AG, Heubach GmbH a Ciba; minerální vzorek fluoritu byl zapůjčen z mineralogické sbírky VŠCHT Praha.

[15] Zejména se počítá s doplňováním o Ramanova spektra naměřená na dalších excitačních laserech (785 nm, 780–1064 nm, 1064 nm), FTIR spektra (transmisní, reflexní), příp. UV-VIS spektra a LC chromatogramy.

[16] Uváděna jsou data, která budou nahrávána do webového prostředí. Nejedná se tedy o finální náhled podoby databáze. Detailnější informace o počtu a způsobu prezentace výstupů viz struktura databáze.

LITERATURA

- BELL, I. M. – CLARK, R. J. H. – GIBBS, P. J. Raman spectroscopic library of natural and synthetic pigments (pre- ≈ 1850 AD). *Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy*, 1997, roč. 53(12), str. 2159–2179.
- BOUCHARD, M. – SMITH, D. Catalogue of 45 reference Raman spectra of minerals concerning research in art history or archaeology, especially on corroded metals and coloured glass. *Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy*, 2003, roč. 59(10), str. 2247–2266.
- BURGIO, L. – CLARK, R. J. Library of FT-Raman spectra of pigments, minerals, pigment media and varnishes, and supplement to existing library of Raman spectra of pigments with visible excitation. *Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy*, 2001, roč. 57(7), str. 1491–1521.
- BURRAFATO, G. – CALABRESE, M. – COSENTINO, A. – GUELI, A. – TROJA, S. – ZUCCARELLO, A. ColoRaman project: Raman and fluorescence spectroscopy of oil, tempera and fresco paint pigments. *Journal of Raman Spectroscopy*, 2004, roč. 35(10), str. 879–886.
- CAGGIANI, M. C. – COSENTINO, A. – MANGONE, A. Pigments Checker version 3.0, a handy set for conservation scientists: A free online Raman spectra database. *Microchemical Journal*, 2016, roč. 129, str. 123–132.
- CARACAS, R. – BOBOCIOIU, E. The WURM project—a freely available web-based repository of computed physical data for minerals. *American Mineralogist*, 2011, roč. 96(2–3), str. 437–443.
- CASTRO, K. – PÉREZ-ALONSO, M. – RODRÍGUEZ-LASO, M.– FERNÁNDEZ, L. A., MADARIAGA, J. Online FT-Raman and dispersive Raman spectra database of artists' materials (e-VISART database). *Analytical and Bioanalytical Chemistry*, 2005, roč. 382(2), str. 248–258.
- CASTRO, K. – PÉREZ, M. – RODRÍGUEZ-LASO, M. D. – MADARIAGA, J. M. Peer reviewed: FTIR spectra database of inorganic art materials. In: ACS Publications, 2003.
- CAVALERI, T. – BUSCAGLIA, P. – MIGLIORINI, S. – NERVO, M. – PICCABLOTTO, G. – PICCIRILLO, A. – PISANI, M. – PUGLISI, D. – VAUDAN, D. – ZUCCO, M. Pictorial materials database: 1200 combinations of pigments, dyes, binders and varnishes designed as a tool for heritage science and conservation. Applied Physics A, 2017, roč. 123(6), str. 419.
- COSENTINO, A. FORS spectral database of historical pigments in different binders. *E Conservation Journal*, 2014, str. 54–65.
- COSENTINO, A. Effects of different binders on technical photography and infrared reflectography of 54 historical pigments. *International Journal of Conservation Science*, 2015, roč. 6(3), str. 287–298.
- DERRICK, M. CAMEO: The Science in Art. *Chemistry International*, 2016, roč. September–October, str. 8–13.
- EASTAUGH, N. – WALSH, V. – CHAPLIN, T. – SIDDALL, R. *Pigment*

compendium: a dictionary of historical pigments. Routledge, 2007. ISBN 0080473768.

- EDWARDS, H. – FALK, M. – SIBLEY, M. – ALVAREZ-BENEDI, J. – RULL, F. FT-Raman spectroscopy of gums of technological significance. *Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy*, 1998, roč. 54(7), str. 903–920.
- EDWARDS, H. G. – FARWELL, D. W. – DAFFNER, L. Fourier-transform Raman spectroscopic study of natural waxes and resins. I. *Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy*, 1996, roč. 52(12), str. 1639–1648.
- EL MENDILI, Y. – VAITKUS, A. – MERKYS, A. – GRAŽULIS, S. – CHATEIGNER, D. – MATHEVET, F. – GASCOIN, S. – PETIT, S. – BARDEAU, J.-F. – ZANATTA, M. Raman Open Database: First interconnected Raman–X-ray diffraction open-access resource for material identification. *Journal of applied crystallography*, 2019, roč. 52(3), str. 618–625.
- FREMOUT, W. – SAVERWYNS, S. Identification of synthetic organic pigments: the role of a comprehensive digital Raman spectral library. *Journal of Raman Spectroscopy*, 2012, roč. 43(11), str. 1536–1544.
- INVERNIZZI, C. – ROVETTA, T. – LICCHELLI, M. – MALAGODI, M. Mid and near-infrared reflection spectral database of natural organic materials in the cultural heritage field. *International journal of analytical chemistry*, 2018, roč. 2018.
- KLOUŽKOVÁ, A. – KOLÁŘOVÁ, M. – ŠEFCŮ, R. – KOTENOVÁ, P. – BAJEUX KMONÍKOVÁ, M. – KOHOUTKOVÁ, M. – RANDÁKOVÁ, S. – DVOŘÁKOVÁ, P. – HRICKOVÁ, K. – ANTUŠKOVÁ, V. Databáze materiálů užívaných v glazurách. Vysoká škola chemicko-technologická v Praze (Praha): 2020.
- KOKALY, R. F. – CLARK, R. N. – SWAYZE, G. A. – LIVO, K. E. – HOEFEN, T. M. – PEARSON, N. C. – WISE, R. A. – BENZEL, W. M. – LOWERS, H. A. – DRISCOLL, R. L.– KLEIN, A. J. USGS Spectral Library Version 7. U.S. Geological Survey (Reston, Virginia): 2017.
- LAFUENTE, B. – DOWNS, R. T. – YANG, H. – STONE, N. 1. The power of databases: The RRUFF project. V *Highlights in mineralogical crystallography.* De Gruyter (O), 2015, str. 1–30.
- LARSEN, R. – COLUZZI, N. – COSENTINO, A. Free XRF spectroscopy database of Pigmens checker. *International Journal of Conservation Science*, 2016, roč. 7(3), str. 659–668.
- LOMAX, S. Q. – PRICE, B. A. – LINS, A. – DAVIS, C. – PRETZEL, B. – PICOLLO, M. – RICHARDS, G. – RICE, S. The IRUG Raman Spectral Database: Objectives, Progress and Plans. *e-Preservation Science*, 2013, roč. 10, str. 38–41.
- MARUCCI, G. – BEEBY, A. – PARKER, A. W. – NICHOLSON, C. Raman spectroscopic library of medieval pigments collected with five different wavelengths for investigation of illuminated manuscripts. *Analytical methods*, 2018, roč. 10(10), str. 1219–1236.
- MEERDINK, S. K. – HOOK, S. J. – ROBERTS, D. A. – ABBOTT, E. A. The ECOSTRESS spectral library version 1.0. *Remote Sensing of Environment*, 2019, roč. 230, str. 111–196.
- MILIANI, C. – ROSI, F. – DAVERI, A. – BRUNETTI, B. G. Reflection infrared spectroscopy for the non-invasive in situ study of artists' pigments. *Applied Physics A*, 2012, roč. 106(2), str. 295–307.
- SCHULTE, F. – BRZEZINKA, K. W. – LUTZENBERGER, K. – STEGE, H. – PANNE, U. Raman spectroscopy of synthetic organic pigments used in 20th century works of art. *Journal of Raman Spectroscopy: An International Journal for Original Work in all Aspects of Raman Spectroscopy, Including Higher Order Processes, and also Brillouin and Rayleigh Scattering*, 2008, roč. 39(10), str. 1455–1463.
- SILVA, C. E. – SILVA, L. P. – EDWARDS, H. G. M. – DE OLIVEIRA, L. F. C. Diffuse reflection FTIR spectral database of dyes and pigments. *Analytical and Bioanalytical Chemistry*, 2006, roč. 386(7), str. 2183–2191.
- ŠEFCŮ, R. – HRICKOVÁ, K. – KMONÍČKOVÁ, M. – ANTUŠKOVÁ, V. Specializovaná databáze pigmentů a barviv. In Praha: Národní galerie v Praze, 2017.
- VAHUR, S. – TEEARU, A. – PEETS, P. – JOOSU, L. – LEITO, I. ATR-FT-IR spectral collection of conservation materials in the extended region of 4000-80 cm–1. *Analytical and Bioanalytical Chemistry*, 2016, roč. 408(13), str. 3373–3379.
- VANDENABEELE, P. – MOENS, L. – EDWARDS, H. G. – DAMS, R. Raman spectroscopic database of azo pigments and application to modern art studies. *Journal of Raman Spectroscopy*, 2000a, roč. 31(6), str. 509–517.
- VANDENABEELE, P. – WEHLING, B. – MOENS, L. – EDWARDS, H. – DE REU, M. – VAN HOOYDONK, G. Analysis with micro-Raman spectroscopy of natural organic binding media and varnishes used in art. *Analytica Chimica Acta*, 2000b, roč. 407(1–2), str. 261–274.
- WATANABE, K. – YASUGI, E. – OSHIMA, M. How to search the glycolipid data in "LIPIDBANK for Web", the newly developed lipid database in Japan. *Trends in Glycoscience and Glycotechnology*, 2000, roč. 12(65), str. 175–184.

ONLINE ZDROJE

- [Online 1]: Databáze výtvarných materiálů 20. století Dostupné z: https://vyzkum01.pcr.cz/Pigment/ [cit. 24. 2. 2022]
- [Online 2]: Autorská databáze Dostupné z: https://vyzkum01.pcr.cz/Autorska/ [cit. 24. 2. 2022]
- [Online 3]: DERRICK, M. E. CAMEO. Dostupné z: http://cameo.mfa.org/ [cit. 7. 2. 2022]
- [Online 4]: DOUMA, M. C. Pigments through the Ages, 2008. Dostupné z: http://www.webexhibits.org/pigments [cit. 24. 2. 2022]
- [Online 5]: LIPCHER, J. ColourLex. Dostupné z: https://colourlex.com/ [cit. 24. 2. 2022]
- [Online 6]: CHSOS (Cultural Heritage Science Open Source). *Pigment Checker v. 5*, 2022. Dostupné z: https://chsopensource.org/pigments-checker/ [cit. 2. 1. 2022]
- [Online 7]: COSENTINO, A. FTIR Diffuse Reflectance. Pigments Checker Database. *CHSOS Application note # 2*, 2021. Dostupné z: https://chsopensource.org/publications/ [cit. 2. 1. 2022]
- [Online 8]: CAVALERI, T. Pictorial Material Database, 2017. Dostupné z: https://webimgc.inrim.it/Hyperspectral_imaging/Database.aspx [cit. 8. 3. 2022]
- [Online 9]: MYERS, D. G. The Color of Art Site Map – Pigments, Paints and Formulas Dostupné z: http://www.artiscreation.com/index.html#.YgRSP_iLpD8 [cit. 24. 2. 2022]
- [Online 10]: GIBBS, P. J. UCL Raman Spectroscopic Library, 2010. Dostupné z:http://www.chem.ucl.ac.uk/resources/raman/ [cit. 22. 2. 2022]
- [Online 11]: PRICE, B. A., PRETZEL, B., LOMAX, S. Q. E. Infrared and Raman Users Group Spectral Database 2007. Dostupné z: http://irug.org/search-spectral-database?reset=Reset [cit. 22. 2. 2022]
- [Online 12]: BUZGAR, N., APOPEI, A. I., BUZATU, A. Romanian Database of Raman Spectroscopy, 2009. Dostupné z: http://rdrs.uaic.ro/ [cit. 22. 2. 2022]
- [Online 13]: FREMOUT, W. C. SOPRANO Spectral Library. Dostupné z: https://soprano.kikirpa.be/[cit. 22. 2. 2022]
- [Online 14]: Database of ATR-FT-IR spectra of various materials Dostupné z: https://spectra.chem.ut.ee/ [cit. 24. 2. 2022]
- [Online 15]: RRUFF. Dostupné z: https://rruff.info/ [cit. 22. 2. 2022]
- [Online 16]: ROSSMAN, G. R. Mineral Spectroscopic Server. Dostupné z: http://minerals.gps.caltech.edu/ [cit. 22. 2. 2022]
- [Online 17]: FT-Raman Reference Spectra of Inorganic. Dostupné z: http://www.irdg.org/the-infrared-and-raman-discussion-group/ijvs/reference-spectra/ [cit. 22. 2. 2022]
- [Online 18]: Handbook of Raman Spectra for geology Dostupné z: http://www.geologie-lyon.fr/Raman/ [cit. 22. 2. 2022]
- [Online 19]: Raman Open Databse Dostupné z: https://solsa.crystallography.net/rod/ [cit. 22. 2. 2022]
- [Online 20]: WURM Dostupné z: https://www.wurm.info/ [cit. 22. 2. 2022]
- [Online 21]: USGS Spectral Library Version 7 Dostupné z: https://crustal.usgs.gov/speclab/ [cit. 24. 2. 2022]
- [Online 22]: ECOSTRESS Spectral Library. Dostupné z: https://speclib.jpl.nasa.gov/library [cit. 24. 2. 2022]
- [Online 23]: ENGELSEN, S. B. Raman Spectra of Carbohydrates Dostupné z: http://www.models.life.ku.dk/~specarb/specarb.html [cit. 24. 2. 2022]
- [Online 24]: Lipid Bank. Dostupné z: http://www.lipidbank.jp/ [cit. 24. 2. 2022]