

Národní knihovna České republiky

Tajemství knih

Využití zobrazovacích metod
pro studium skrytých informací v knihách

Petra Vávrová a kolektiv

Praha 2022

KATALOGIZACE V KNIZE – NÁRODNÍ KNIHOVNA ČR

Vávrová, Petra

Tajemství knih : využití zobrazovacích metod pro studium skrytých informací v knihách /
/ Petra Vávrová a kolektiv. -- 1. vydání. -- Praha : Národní knihovna České republiky, 2022. --

99 stran : ilustrace

České a anglické resumé, Obsahuje bibliografie

ISBN 978-80-7050-762-9 (brožováno)

* 025.85 * 620.179 * 543.42 * 620.2-024 * 676.026.4 * 686.122 * (083.824)

- restaurování knihovných fondů
- poškození knihovných fondů
- diagnostické zobrazovací metody
- spektrální analýza
- struktura materiálů
- filigrány (papír)
- knižní vazby
- katalogy výstav

025 - Organizace knihoven a knihovných fondů [12]

Výstava s kritickým katalogem byla vytvořena v rámci dotačního programu MK ČR, konkrétně projektu NAKI II č. DG18P02OVV024 s názvem „Využití zobrazovacích metod pro studium skrytých informací v knihách“ (2018–2022).

Řešitelé projektu:

Ing. Petra Vávrová, Ph.D., Mgr. Jitka Neoralová, Ing. Marie Benešová, Bc. Andrei Kazanskii,
Bc. Tomáš Blecha, Ing. Magda Součková, Dana Novotná, Mgr. Rita Lyons Kindlerová, Bc. Marie
Matysová, Ing. Daniela Popelková, Ing. Kristýna Kohoutová, Mgr. Vladimír Kocour, BcA. Anna
Kulíčková, Josef Blaho

Recenzoval: Ing. Daniel Vavřík, Ph.D.

1. vydání

© Národní knihovna České republiky, 2022

ISBN 978-80-7050-762-9

Obsah

ÚVOD	4
1 TESTOVÁNÍ VYBRANÝCH METOD	8
2 PRŮZKUM KNIHOVNÍCH JEDNOTEK POMOCÍ VYBRANÝCH METOD	20
2.1 Multispektrální průzkum knihovních jednotek	21
2.1.1 Princip multispektrální analýzy	21
2.1.2 Využití videospektrálního komparátoru VSC 8000	21
2.1.2.1 Instrumentace a funkce VSC 8000	21
2.1.2.2 Průzkum s využitím automatického zkoumání VSC 8000	24
2.1.2.3 Příklady neinvazivního zkoumání dokumentů pomocí VSC 8000	26
2.1.3 Využití forenzní lampy Crime-lite@8x4 MK4	42
2.1.3.1 Výsledky využití forenzní lampy	44
2.2 Radiografický průzkum	48
2.2.1 Princip lampy a detektoru	48
2.2.2 Instrumentace a funkce rentgenové soustavy	49
2.2.3 Kovové prvky knižních vazeb a jejich defekty	50
2.2.4 Příklady neinvazivního zkoumání dokumentů pomocí rentgenové soustavy	53
3 PRŮZKUM FILIGRÁNŮ	76
3.1 Význam filigránů	79
3.2 Metody zviditelnění filigránů	81
3.2.1 Použití viditelného a ultrafialového záření	82
3.2.2 Termografie (infračervené záření)	85
3.2.3 Radiografie	86
3.2.4 Beta radiografie	89
RESUMÉ	90
O PROJEKTU NAKI DG18P02OVV024	92
SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	96
DOPORUČENÁ LITERATURA	99

Úvod

4

Pozoruhodný svět vnitřních struktur materiálů knižní vazby, chodbiček dřevokazného hmyzu v dřevěných deskách i opětovné zviditelnění zmizelých textů je představen na výstavě Tajemství knih. Několikaleté úsilí věnované nalezení bezpečných a neinvazivních metod zobrazování skrytých informací v knihách v rámci národního projektu NAKI II bylo završeno v certifikovaných metodikách, odborných člancích a nakonec výstavou, jejíž katalog máte v ruce. Zobrazovací metody pro identifikaci materiálů, jejich stavu, zviditelnování skrytých nebo odstraněných informací, byly v minulých letech součástí českých i zahraničních výzkumných projektů, ale téměř výhradně se zaměřovaly na výtvarné umění, respektive barevné vrstvy. Kromě výtvarných děl byly zkoumány možnosti zobrazovacích metod [Hradilová, Hradil, 2015] také u archeologických nálezů nebo dílčím způsobem u předmětů z muzejních sbírek [Havlíková, 2010; Perlík, 2005]. Navrhovaný projekt vychází a inspiruje se výsledky z těchto výzkumů a částečně z forenzních aplikací, aplikace zobrazovacích metod na knihovní fondy je ale v současné době nová a na území ČR i v zahraničí detailně nezpracovaná.

Hodnota knihovních dokumentů tkví především v jejich schopnosti nést informace. Písemné záznamy jsou ale v průběhu času ohrožovány poškozením světlem,

chemickými procesy, mechanickým poškozením. V knihovních fondech je mnoho exemplářů nesoucích skryté informace. Skryté jsou také ve struktuře knižní vazby, ve vrstvách materiálů, nebo pod mladšími úpravami a restaurátorskými zásahy. Jedná se o tak jedinečné prvky, jako jsou zlomky rukopisů použité jako součásti knižní vazby, fragmenty původních historických materiálů, ale také defekty či biologická napadení. Vyhledávané jsou přípisky, poznámky, provenienční znaky a jiné textové či obrazové informace, které byly často záměrně odstraněny nebo poškozeny degradací materiálu. Informace zaznamenaná na papíru bývá skryta i v případech, kdy dojde ke slepení archů, spečení ohněm, vodou a jinými látkami či působením mikroorganismů. Dalším skrytým prvkem jsou například ztracené texty z chemicko-fyzikálních příčin, cíleně odstraněné nebo zneviditelněné působením uživatele knihy.

Knižní vazby představují bohatý zdroj nejen textových a obrazových informací, ale jsou také fyzickým dokladem umělecko-řemeslné tvorby knihaře, dobových trendů technologie výroby a v neposlední řadě dokladem historie vlastní existence odrážející se v defektech z opotřebení a přirozeného rozpadu materiálů. Technologie zhotovení knihy i její poškození jsou skryté pod vrstvami materiálů a bez invazivního zásahu je lze jen těžko zjistit. V knihovních fondech nalezneme ve vazební struktuře řadu značně problematických materiálů, nebo naopak velmi cenných fragmentů (kovové sponky, laminace, laky, syntetické náhražky přírodních potahových materiálů, druhotné použití mnohem starších písemných památek aj.). U knihovních jednotek historických fondů se často stává, že jsou ve vazbě přítomny recyklované materiály, jako například křídélka, výlepy desek a předsádky. Zviditelnění zmíněných prvků má neocenitelnou hodnotu z hlediska vědeckého výzkumu, materiálové analýzy a restaurátorského průzkumu [Lang, Middleton, 1997], proto je vysoká poptávka po získání těchto informací. Znepřístupněné informace s neocenitelnou hodnotou jak u historických, tak u novodobých vazeb lze v dnešní době získat pomocí neinvazivních metod, jako je například radiografie či multispektrální obrazový záznam [Fischer, Kakoulli, 2006].

S využitím radiografie a multispektrální analýzy pomocí prozařovacích a ozařovacích technologií využívajících různých vlnových délek záření lze nedestruktivně proniknout pod povrch vnějších vrstev až k vnitřním strukturám a konstrukčním prvkům knižní vazby. K neinvazivnímu nedestruktivnímu zkoumání knihovních exemplářů bez porušení struktury knižní vazby jsou používány specializované přístroje pracující s elektromagnetickým zářením v různých vlnových délkách, které umožňují průzkum zkoumaného exempláře a záznam v digitální formě. Kromě uchování integrity předmětu je u významně rozsáhlých knihovních fondů přínosné, že při průzkumu neinvazivní metodou je v jeho průběhu manipulováno s jednotkou pouze malou chvíli a je možno prozkoumat více objektů v kratším čase. Výhoda digitálních obrazových záznamů je v jejich odolnosti vůči chemicko-fyzikálním faktorům ohrožujícím fyzické materiály, ale vyžadují velkokapacitní úložiště v závislosti na kvalitě snímku a zálohování.

6

Cílem projektu bylo především ověření a zmapování možností a bezpečnosti vybraných neinvazivních zobrazovacích technologií k získání informací z nečitelných textů, informací skrytých v knižní vazbě nebo v použitém materiálu. V rámci projektu byl prováděn průzkum vybraného uceleného knihovního fondu zaměřený na papírenské a jiné výrobní značky, technologii výroby knižní vazby, výskyt historických zlomků rukopisů či tisků recyklovaných v knižní vazbě, odstraněné nebo zaniklé texty, dokumentace skrytých informací, analýzy materiálů a barviv, diagnostika fyzického stavu a poškození materiálů. Průzkum byl prováděn ve fondu Slovanské knihovny, patřící mezi největší a nejvýznamnější slavistické knihovny v Evropě. Od svého vzniku v roce 1924 systematicky doplňuje, zpracovává, trvale uchovává a zpřístupňuje fond světové slavistické literatury, zejména historické, filologické a společenskovední a vybrané původní tvorby slovanských národů. Ve svých depozitářích uchovává na 900 000 svazků knihovních dokumentů, sbírku map, plakátů, obrazových

a uměleckých materiálů a řadu sbírek speciálních dokumentů. Získaná data byla následně poskytnuta pro vědecko-historický výzkum. Součástí projektu byla také metodika grafických úprav a komparace digitálních snímků zhotovených pomocí rozdílných zobrazovacích technik. V dalších letech je plánováno propojení do výsledných víceúrovňových obrazových souborů se současnými digitálními kopiemi knihovních jednotek. Informace takto získané slouží pro historické, umělecké a vědecké poznání knižní vazby. Poznatky o složení, technologii i stavu materiálů knižní vazby slouží jako podklad pro plánování strategie péče, ochrany, konzervace či restaurování objektu.

1 Testování vybraných metod

V počáteční části projektu byly vybrané metody zobrazování a dokumentace testovány na vytvořených nebo k tomuto účelu pořízených testovacích exemplářích. Především byla ověřována bezpečnost vybraných vizualizačních metod pro jednotlivé materiály. Zároveň byly mapovány možnosti vybraných metod i jejich omezení. Testovací exempláře byly podrobovány umělému stárnutí v klimatických komorách a světelnému stárnutí v laminárním boxu. Cílem bylo kontrolovatelně částečně nebo zcela odstranit textové nebo obrazové informace ze vzorku, včetně mechanického odstranění textů pro jejich opětovné zviditelnění vybranými technologiemi. Na poškození textových informací byl použit mechanický ořez, smytí vodou nebo spálení papírové podložky. Využívané typy záření byly také testovány na možnosti detekovat napadení mikrobiologickými organismy.

Po aplikaci jednotlivých zobrazovacích metod, obzvláště těch, které využívají energeticky bohaté záření, byl sledován výsledný efekt na zkoumané a dokumentované materiály. Byly sledovány strukturální změny povrchu materiálů, změny mechanických vlastností, změny fyzikálně-chemických vlastností (hodnota pH, barevnost, aj.).

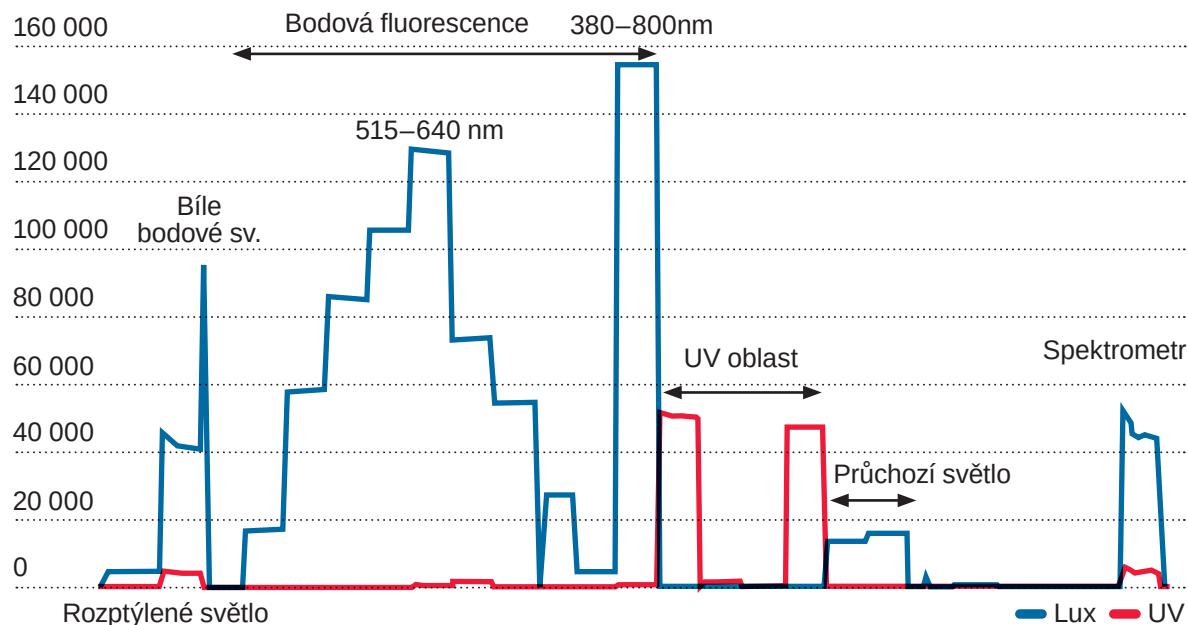
Testováním vlivu pozorování ve videospektrálním komparátoru (VSC) (popis instrumentu VSC 8000 na straně 21), forenzní lampou Foster + Freeman (popis instrumentu na straně 42) a pod rentgenovou lampou (popis rentgenové soustavy na straně 49) prošly zkušební vzorky – proužky papíru „Holmen“ a „Novo“, vzorky kolagenních materiálů: tříslučiněné vazební usně (teletiny, koziny), hlinitočiněné vazební usně koziny, pergamenu (koziny, teletiny). Na vzorky byla aplikována maximální doba osvitu různých typů světel, která simulovala standardní průběh průzkumu reálných dokumentů. Na konci expozice každého vzorku byla sledována teplota uvnitř měřicího prostoru. Pro VSC byla naměřena průměrná teplota 35 °C a pro rentgenovou lampu 27 °C. Po ozáření vzorků, s odstupem alespoň 24 hod. pro ustálení fotochemických dějů v materiálu, byla změřena pomocí spektrofotometru barevná změna uprostřed plochy vzorků. Papírové vzorky následně byly testovány na odolnost v ohybu podle Schoppera a na změnu pH studeného výluhu podle normy ISO 6588. Pro kolagenní vzorky byla změřena teplota smrštění¹. Vzorky ozářené a neozářené – srovnávací, byly uloženy v krabicích v klimatizovaném depozitáři v úplné tmě. Po 365 dnech bylo provedeno kontrolní měření barevnosti, mechanických vlastností, pH a teploty smrštění za účelem sledování postradiačního efektu. U změny barevnosti papírových a kolagenních vzorků byly výsledky popsány pomocí koeficientu celkové změny barevnosti ΔE . Výsledná průměrná hodnota ΔE u všech vzorků nepřekročila hodnotu $\Delta E = 1.9$ ani po 365 dnech sledování postradiačního efektu, což znamená, že v důsledku maximálního ozáření nedošlo k viditelným změnám materiálů. U mechanických vlastností papírových vzorků se

¹ Teplota smrštění odráží hydrotermální stabilitu kolagenních materiálů, jako je useň nebo pergamen, a je ukazatelem jejich poškození. Měření teploty smrštění je prováděno mikroskopicky s použitím měřicí cely, termosystému a mikroskopu. Pokles teploty smrštění od původní hodnoty ukazuje na míru vnitřního poškození kolagenního materiálu.

po ozáření projevil pokles v obou směrech výroby průměrně o dva dvojochyby. Po 365 dnech postradiačního efektu výsledky měření dvojohybů zůstaly na stejných hodnotách. Výsledky měření pH studeného výluhu papírových vzorků vychází téměř ve stejných hodnotách před expozicí i po ozáření, s rozdílem v řádech desetin. Po 365 dnech postradiačního efektu výsledky měření pH neprokázaly změnu.

Po ozáření nedošlo u vzorků kolagenních materiálů k významné změně teploty smrštění s výjimkou bílé vazební usně, kde bylo pozorováno malé snížení teploty smrštění o 1,4/2,4 °C. Po uložení v klimatizovaném depozitáři se postradiační efekt neprojevilo. Teplota smrštění ozářených vzorků se významně nelišila od teploty smrštění neozářených kontrolních vzorků s výjimkou bílé vazební usně, u které došlo k malému zvýšení rozdílu teplot smrštění, které bylo pozorováno již po ozáření. U přístroje VSC 8000 byla opakovaně měřena intenzita osvětlení, teplota a vlhkost pomocí Datalogger Elsec 765C. Měření bylo prováděno konstantně pro každé nastavení světla s jejich manuálním přepínáním s prodlevou 2 min.

Zjištěné hodnoty intenzity osvětlení jsou vysoké, ale je nutné si uvědomit velmi krátký čas expozice během průzkumu. Zařízení VSC je schopno pracovat velmi pružně. Minimální možná doba expozice při zvoleném nastavení jsou 3 s. V tomto intervalu je přístroj VSC schopen kvalitně nasnímat záběr dokumentu při požadovaném osvětlení, což velmi dramaticky snižuje hodnotu maximálního osvětlení. U zvláště citlivých dokumentů je možné se nejintenzivnějších osvětlení vyvarovat. Také je třeba vycházet z předpokladu, že se dokumenty zkoumají jednorázově. V případě užití UV záření je třeba vždy velmi pečlivě zvážit jeho přínos oproti možnému poškození citlivých organických materiálů. Teplota vzduchu ve videospektrálním komparátoru a jí odpovídající relativní vlhkost vzduchu v přístroji byla měřena datalogerem, kterým byla také měřena intenzita záření. Nárůst i pokles teploty uvnitř pracovního prostoru VSC odpovídá změnám v intenzitě záření. Překvapivě teplota vzduchu nejvíce rostla

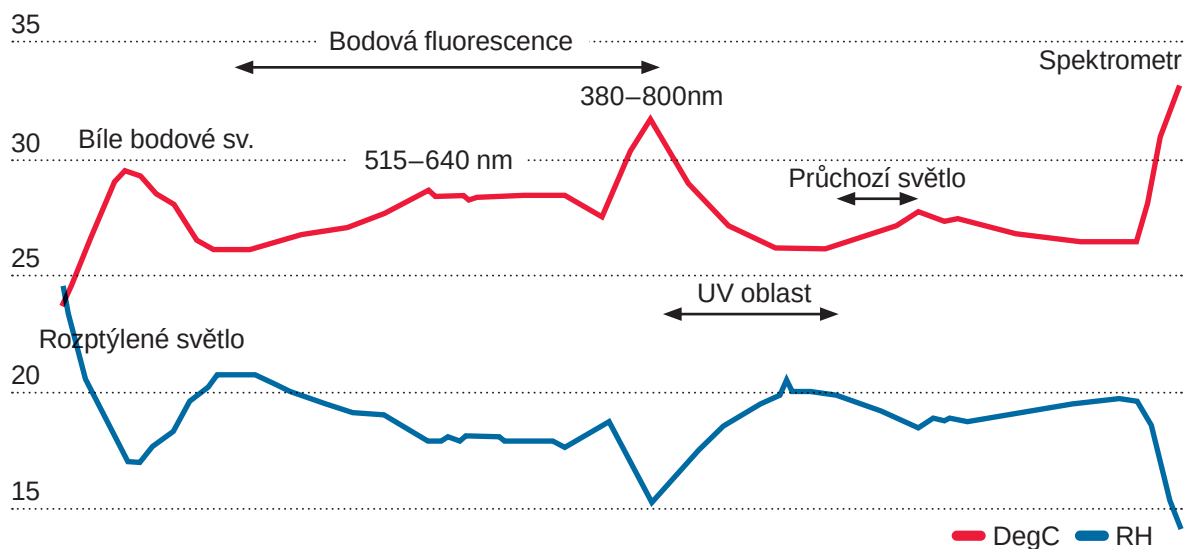


11

Graf 1: Intenzita osvětlení ve VSC 8000 v rámci celého spektra možností.

při spuštění režimu spektrometru. Nárůst teploty v pracovním prostoru VSC spolu s poklesem relativní vlhkosti je potřeba opět brát v úvahu před využitím tohoto přístroje pro průzkum daného dokumentu. Obzvláště citlivé na tyto výkyvy jsou dokumenty na pergamenu. Součástí příslušenství k VSC je tabulka speciálního skla (20 x 20 cm), které je propustné ve všech oblastech používaných světel a nezpůsobuje spektrální posunutí, kterým lze zkoumaný dokument zatížit, a tím zamezit jeho eventuálnímu zkroucení, aniž by to ovlivnilo kvalitu výstupu. Bylo také zjištěno, že při použití této tabulky dochází k menšímu ohřívání pod ní až o 3–4 °C.

Zkoušení možností zobrazení záznamových prostředků bylo provedeno na 21 vybraných vzorcích (tužky, pastelky, tuše, inkousty, kuličková pera a pera Centropen).



Graf 2: Teplota a vlhkost ve VSC 8000 během měření intenzity světla.

12

Jako podložka záznamových prostředků byl použit papír Holmen a Whatman. Bylo připraveno celkem šest setů vzorků. První set byl určen jako referenční pro měření změny barevnosti záznamových prostředků a dále nebyl nijak poškozen. Druhý set byl poškozován mechanicky, pro něj bylo zvoleno gumování za použití rotační elektrické gummy. Nápis nebyl odstraněn kompletně, aby nedošlo k úplnému stržení reliéfu rukopisu. Třetí set byl poškozen destilovanou vodou. Vzorek se ponořil do Petriho misky s destilovanou vodou a po krátké expozici byl vyjmut a položen na filtrační papír, kde byl ponechán volně schnout. Jednotlivé vzorky byly exponovány zvláště, pokaždé v čisté destilované vodě, aby nedocházelo k interakci jednotlivých psacích prostředků. Čtvrtý set byl poškozen UV světlem (vyblednutím psací látky) pod germicidní lampou s vlnovou délkou kratší než 280 nm. Pátý set byl poškozen teplotně, expozicí v sušicí komoře při teplotě 250 °C do karbonizace celulózových vláken. Papír Holmen byl exponován po dobu 2 hodin a papír Whatman kvůli tloušťce materiálu po dobu 3 hodin. Vzorky šestého setu byly přelepeny papírem Holmen.



Obr. 1: Šest vzorků záznamového prostředku inkoustové tužky Hardmuth Koh-i-Noor červená/modrá na papíru Holmen.

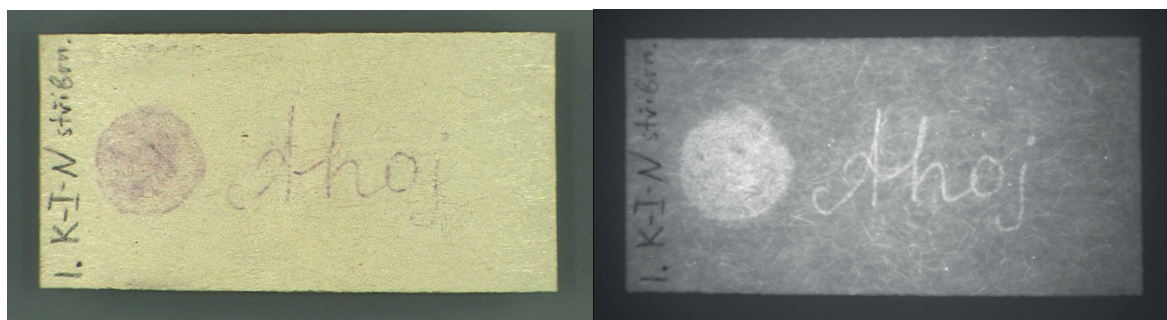
13

U každého vzorku byla měřena barevnost před poškozením, po něm a po 24 hodinách po zobrazování. Zobrazování bylo provedeno pomocí VSC 8000 a forenzní lampy Foster + Freeman s volitelným IR nebo UV osvětlením. Pro zobrazování pomocí VSC 8000 byl využit režim automatického zkoumání a z něj byly vybrány tři nejlepší nastavení světel, ve kterých byl vzorek následně nasnímán.

Pomocí kapalinové chromatografie v kombinaci s hmotnostní spektrometrií (LC-MS) byla provedena identifikace barviv jednotlivých záznamových prostředků a jejich složení.

Výsledky zkoumání lze rozdělit na dvě skupiny záznamových prostředků. K první skupině prostředků se podařilo najít jednoznačné efektivní nastavení světel pro zviditelnění pigmentů a jejich stop v materiálu. Tato skupina pigmentů se často vyznačovala zvláštním složením s obsahem těžkých prvků. Nalezené nastavení pro daný pigment

bylo vždy možné použít pro všechny způsoby stárnutí, ale kvalita výsledného snímku závisela na množství zachované látky. Na obrázku 2 je uveden příklad zobrazení záznamového prostředku – inkoustová tužka Hardmuth Koh-i-Noor béžový lak, který se podařilo znázornit v bodovém osvětlení 585–720 nm s krátkovlnným RG 780 nm filtrem i po mechanickém odstranění. Druhá, mnohem větší skupina pigmentů neměla jednoznačné efektivní nastavení světla a pro každý způsob stárnutí bylo nutné najít

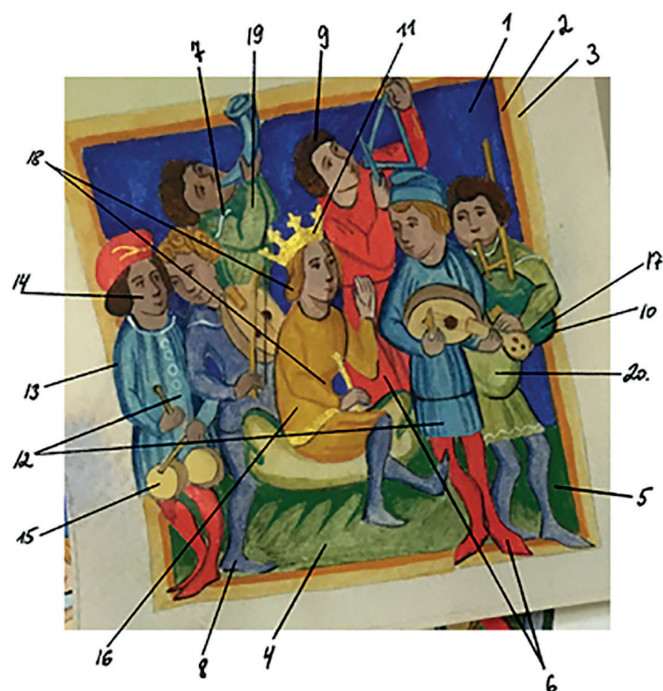


14

Obr. 2: Příklad zobrazení mechanicky poškozeného záznamového prostředku. Vlevo dopadající VIS, vpravo bodové osvětlení 485–590 s filtrem RG780.

jiné nastavení. Každý zkoumaný pigment podléhal stárnutí svým vlastním způsobem, ale hlavní podmínkou efektivnosti zviditelnění zůstávalo množství zachovaného záznamového prostředku. Jen výjimečně se nepodařilo najít vhodné nastavení světla pro zobrazení mechanicky zachovaných stárnutých záznamových prostředků.

Změna barevnosti u referenčního setu byla využita jako prostředek k určení možné viditelné změny barevnosti záznamového prostředku po ozáření ve VSC 8000. Výsledky měření byly popsány pomocí koeficientu celkové změny barevnosti ΔE . Výsledná průměrná hodnota ΔE , která porovnávala stav před a po měření, u všech vzorků prvního setu nepřekročila hodnotu $\Delta E = 1,7$, což znamená, že v důsledku ozáření ve VSC 8000 nedošlo k viditelným změnám záznamových prostředků.



Obr. 3: Testovací iluminace, ruční papír, podkresba olůvkem, malba – pigmenty Kremer a D&J pojené arabskou gumou. Užití pigmenty 1: Ultramarine Blue, dark; 2: D&J Pigments Fire Yellow Reddish; 3: French Ochre; 4: Bohemian Green Earth; 5: Chrome Oxide Green; 6: Red DPP BO; 7: Titanium White; 8: Lapis Lazuli; 9: Burnt Umber, type B; 10: Peach Black; 11: IRIODIN® 307 STAR GOLD, Colibri, fine; 12: Zirconium Cerulean Blue; 13: D&J Mineral Blue; 14: 9+7; 15: 16+7; 16: Italien Gold Ochre Light; 17: Cobalt Green Bluish A; 18: D&J Iron Oxide Yellow; 19: Malachite natural; 20: 16+4.

Pro testování jednotlivých metod zviditelňování poškozených, opadaných, smytých nebo jinak nezřetelných iluminací byly vyrobeny testovací iluminace (Obr. 3). Předlohou pro iluminaci byla historická iluminace (Obr. 4), která byla zjednodušená. Byla použita technika malby vaječnou temperou a pigmentem pojeným arabskou gumou. Podkresba byla provedena olůvkem, tužkou a železogatovým inkoustem. Jako podklad byl vybrán ruční papír a pergamen.



Obr. 4: Historická předloha iluminace.

16

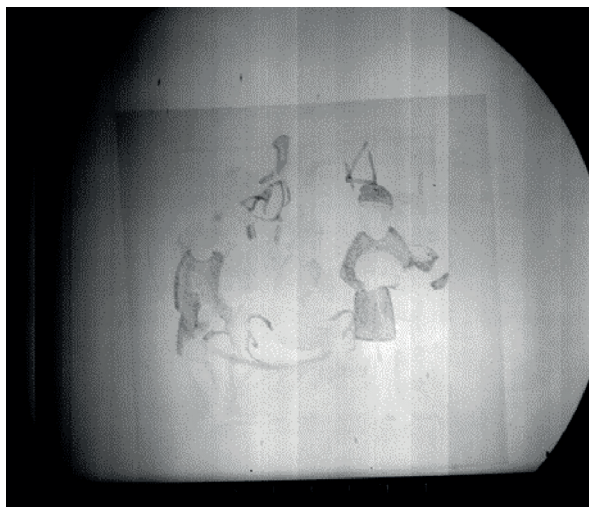
Připravené iluminace byly zkoumány pomocí rentgenové soustavy za účelem zjištění možností zobrazení různých pigmentů a podkresby vytvořené rozdílnými psacími prostředky. Vzorčky iluminací byly snímány za stejných podmínek: iluminace byla umístěna 53 cm nad detektorem pokrytým fólií; rentgenka umístěná 79 cm nad detektorem byla provozována s proudem 300 μA a napětím 80 kV; citlivost detektoru byla nastavena na 0,5 pF. Jen dva z použitých pigmentů (Cobalt Green Bluish; Zirconium Cerulean Blue) se ukázaly jako schopné dostatečně absorbovat RTG záření, a tudíž být dobře viditelné na výsledných snímcích. Ostatní pigmenty absorbují RTG záření minimálně nebo skoro vůbec ne, což je dáno obsahem kovových těžších prvků ve složení pigmentu. Proto nelze na snímcích jasně rozeznat celou iluminaci.

Podkresby byly zhotoveny železogatlovým inkoustem, tužkou nebo olůvkem. Pomocí RTG se podařilo zobrazit pouze podkresbu olůvkem, a to díky jeho vlastnosti dobře absorbovat RTG záření. Zviditelnění podkreseb iluminací pomocí této RTG sestavy tak bude pravděpodobně možné jen u kresby olůvkem. Tato podkresba je jediná ze vzorků dobře a jasně čitelná.

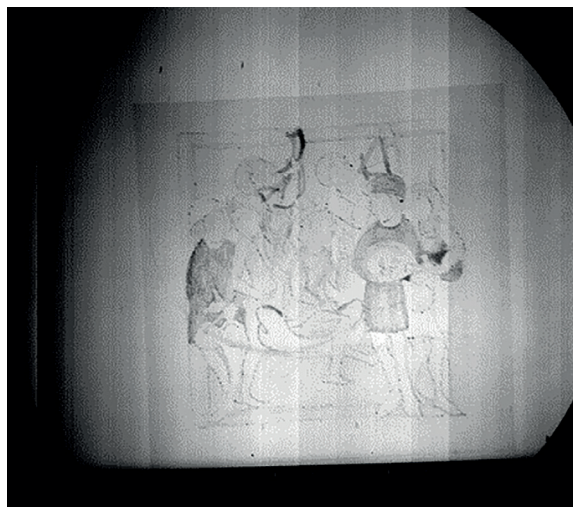
Větší rozdíly mezi užitím pergamenu nebo ručního papíru jako podložky nebylo možné jasně rozeznat. Rozdíly spočívají v intenzitě absorpce RTG záření jednotlivých pigmentů (jejich světlost na snímku). Rozdíly mohou být způsobeny už tím, že vzorky byly ručně vyráběny a mohlo dojít k nanesení jiné tloušťky vrstvy pigmentu, nebo také větší savostí papíru, a tudíž částečným rozptýlením částic pigmentu.

Dva pigmenty, které bylo možné na snímcích z RTG pozorovat, obsahují kobalt a zirkonium. Ostatní pigmenty obsahují například: sodík, hořčík, hliník, křemík, draslík, vápník, titan, chrom, železo v různých formách. Vypadá to tedy, že pigmenty, které je možné pomocí rentgenové soustavy NK ČR zviditelnit, jsou ty, které obsahují kobalt a těžší prvky. Proto byla viditelná pouze podkresba zhotovená pomocí olůvka. Možnost zobrazení podkresby bude také záviset na jejím překrytí dalšími pigmenty.

Na základě rozdílu interakce se světlem různých typů pigmentů pomocí multi-spektrální analýzy pokračoval průzkum iluminací ve VSC 8000 především za účelem nalezení nejlepších nastavení světel pro zviditelnění charakteristického chování jednotlivých pigmentů iluminace. Jako příklad lze ukázat nastavení světel pro pozorování pigmentu A – „Irgazine Red“. Pro tento červený pigment je charakteristická nízká absorpce v bodovém světle 485–610 nm s krátkovlnným filtrem RG 630 nm a zároveň vysoká absorpce v bodovém světle 400–535 nm s krátkovlnným filtrem RG 645 nm. Pro pigment B – „Cobalt Green Bluish“ je charakteristická nízká absorpce v bodovém světle 515–640 nm s krátkovlnným filtrem RG 695 nm a zároveň vysoká absorpce v bodovém světle 485–610 nm s krátkovlnným filtrem RG 630 nm. Pro pigment C „Pearl Luster Colibri Star-Gold“ je charakteristická nízká absorpce v bodovém světle 515–640 nm s krátkovlnným filtrem RG 665 nm a zároveň vysoká absorpce v bodovém světle 515–640 nm s krátkovlnným filtrem RG 695 nm.

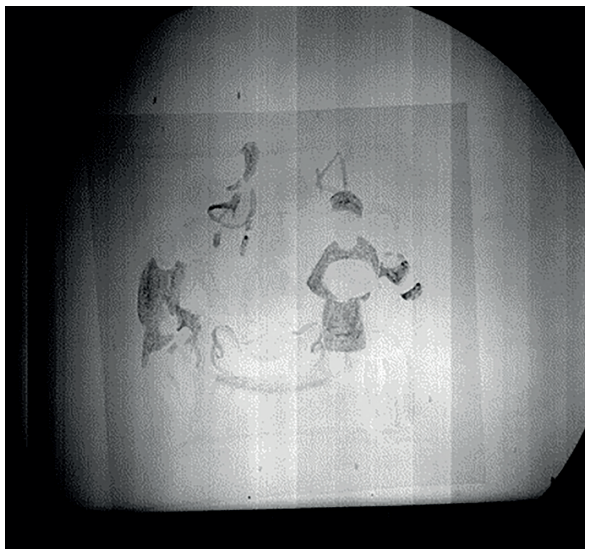


Obr. 5: Iluminace na pergameni s podkresbou tužkou.

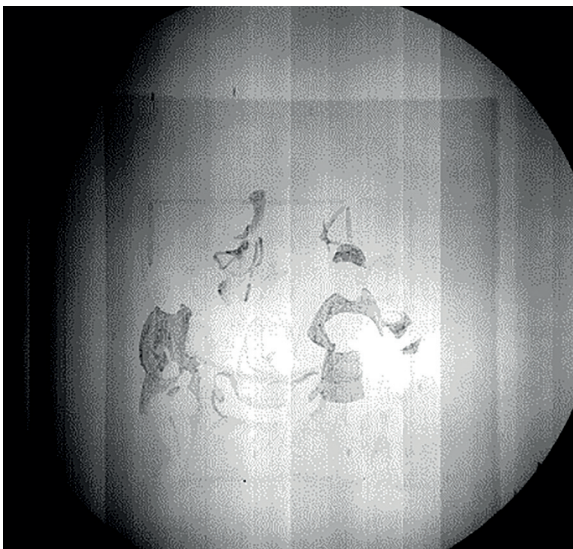


Obr. 6: Iluminace na pergameni s podkresbou olůvkem.

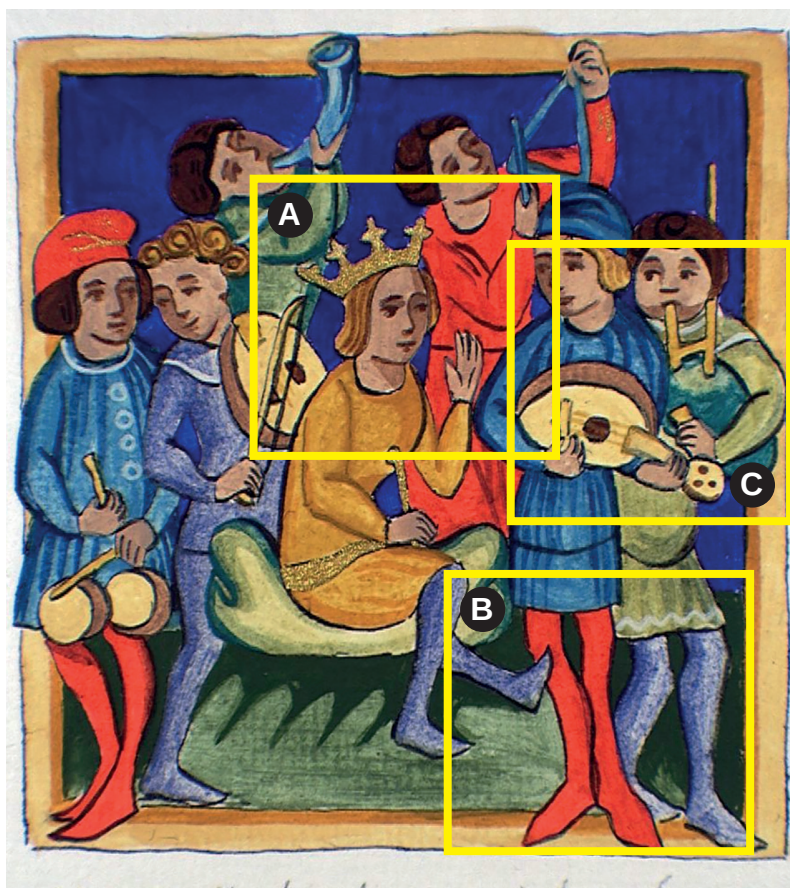
18



Obr. 7: Iluminace na pergameni s podkresbou inkoustem.



Obr. 8: Iluminace na papíru s podkresbou inkoustem.



Obr. 9: Příklad pozorování charakteristického chování jednotlivých pigmentů iluminace.

Pomocí multispektrální analýzy byly stejným postupem změřeny papírové vzorníky historických pigmentů červené, modré, zelené, bílé, hnědé a žluté barvy s pojivem jak na bázi bílku, tak i na bázi arabské gummy. Získaná data v budoucnu mohou pomoci vytvořit postup identifikace historických pigmentů na základě jejich multispektrální analýzy.

2 Průzkum knihovních jednotek pomocí vybraných metod

Průzkum vybraného knihovního fondu ve Slovanské knihovně byl zaměřen na knihovní jednotky, u kterých byl předpokládán výskyt sekundárně použitých materiálů, fragmentů zmizelých nebo odstraněných textů. Průzkum byl zaměřen především na nejstarší exempláře ve fondu a dokumenty, kde je zvýšená potřeba dohledat provenienční znaky, informace o majitelích nebo uživatelích exempláře. Pro průzkum vnitřních struktur byly využívány především radiografické prozařovací metody. Vizualizace byly prováděny pomocí makrosnímkování ve vybraných vlnových délkách (širokospektrálního zobrazení UV, VIS, IR) v kombinaci s digitálními úpravami obrazu pro zviditelnění odstraněných nebo jinak poškozených textových nebo obrazových informací. Průzkum bude doplňovat evidenci fondu a rozšiřovat restaurátorský průzkum. V rámci průzkumu byly aplikovány postupy využívající modifikované fotografické technologie pro záznam ve vybrané vlnové délce záření. Pro průzkum pomocí infračerveného záření byla využívána také vidikonová kamera Hamamatsu. Výsledky průzkumu knihovních jednotek jsou ve formě digitálních obrazových záznamů a spektrálních dat. Byly odborně zpracovány formou obrazových úprav a komparací obrazových analýz a vyhodnoceny z hlediska vědeckého výzkumu exempláře, materiálové analýzy a restaurátorského průzkumu. Byl využit speciální software pro forenzní analýzu umožňující komparaci a skládání obrazů a jiné funkce pro zpracování získaných dat.

2.1 MULTISPEKTRÁLNÍ PRŮZKUM KNIHOVNÍCH JEDNOTEK

2.1.1 Princip multispektrální analýzy

Princip multispektrální analýzy je založen na možnosti pozorování historického dokumentu v široké škále vlnových délek, a to v oblasti UV (ultrafialové záření), v oblasti VIS (viditelného světla), případně i v blízké oblasti IR (infračervené záření). V průběhu multispektrálního zkoumání dochází ke snímkování dokumentu ve všech oblastech světla, v různých vlnových délkách, za použití odlišných světelných zdrojů a filtrů. Díky tomu lze získat snímky, na kterých jsou hledané prvky výrazně odlišně zobrazeny, což usnadňuje jejich interpretaci. Získané snímky se porovnávají a zpracovávají pomocí specializovaného softwaru pro analýzu obrazu, který umožňuje různé operace a kombinace se získanými záznamy (segmentaci obrazu, prahování, sčítání nebo odčítání jednotlivých obrazů atd.). Tímto způsobem lze vytěžit maximum informací a docílit tak i výrazně lepšího výsledku, například ve zviditelnění nečitelného textu [Cosentino, 2014; Bacci, 2006].

2.1.2 VYUŽITÍ VIDEOSPEKTRÁLNÍHO KOMPARÁTORU VSC 8000

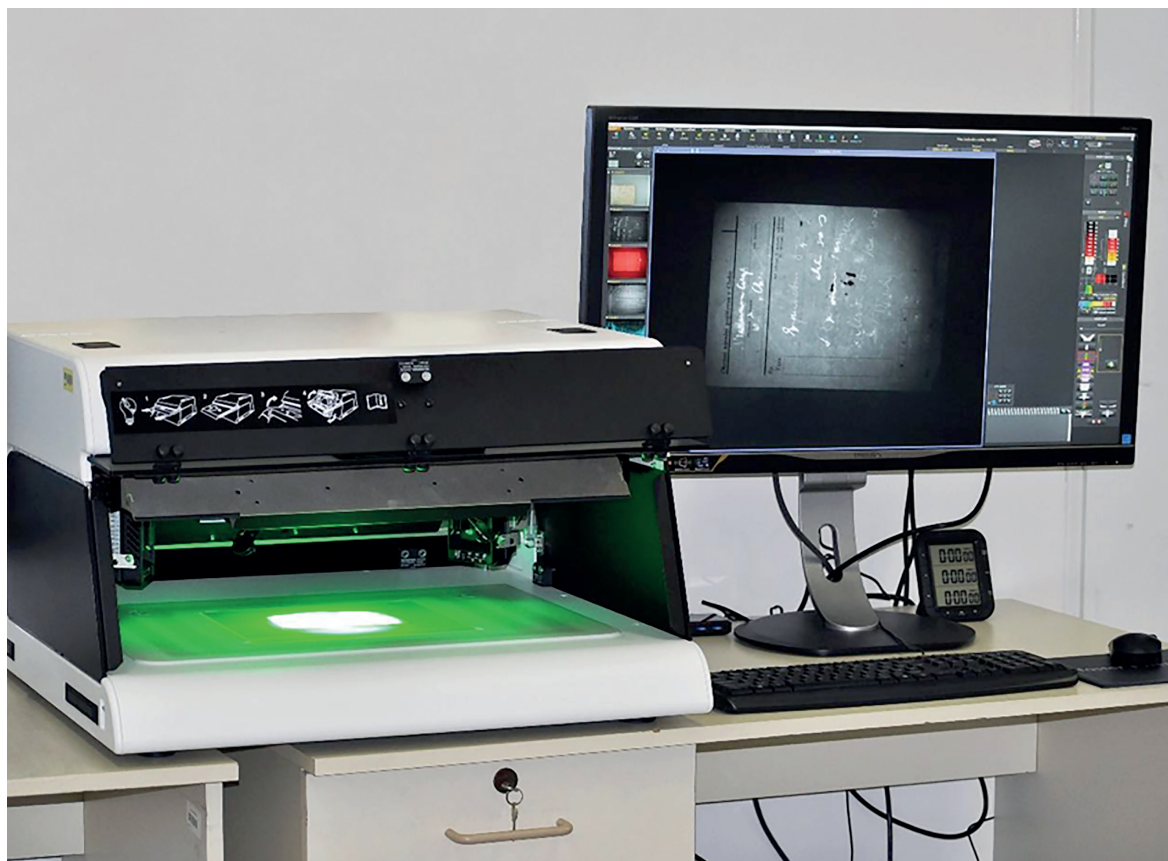
2.1.2.1 Instrumentace a funkce VSC 8000

Videospektrální komparátor je díky možnosti pozorování dokumentu v široké škále vlnových délek, a to v UV oblasti, v oblasti viditelného světla, ale i v blízké IR oblasti, ideálním nástrojem pro multispektrální průzkum [Aambø, 2011]. Videospektrální komparátor VSC 8000, který je používán v Národní knihovně ČR, se skládá z hlavní jednotky a PC systému (Obr. 10). Hlavní jednotka zařízení je čtvercový box s dvěma bočními kryty a jedním předním krytem. Důležitými

komponenty VSC jsou kamera, systém zdrojů světla a optické filtry umístěné v boxu [VSC Hardware, 2018].

Zařízení je vybaveno 5 MPix kamerou s rozlišením maximálně 2584 x 1956 pixelů s motorizovaným 22x zoomem. Optické filtry kamery jsou používány podle potřeby pro omezení osvětlení na vhodné rozmezí vlnových délek. Dva interní karusely kamerových filtrů obsahují: UV dlouhovlnný filtr pro omezení osvětlení v rozsahu 300–400 nm, 15 krátkovlnných filtrů pro osvětlení v rozsahu 530–925 nm. Pásmový filtr (VIS) pro osvětlení v rozsahu 400–700 nm. Integrace obrazu je prováděna v 54 krocích od 0,008 do 180 sekund v manuálním módu, v automatickém módu 0,001 až 180 sekund. Zařízení disponuje množstvím světelných zdrojů jako viditelné/infračervené dopadající i průchozí osvětlení, halogenové, bodové osvětlení 20 W ozařující bod o průměru 25 mm. IR/viditelné (levé/pravé) boční osvětlení s variabilním úhlem s 20W halogenovými zdroji, ortogonální osvětlení. Bodové světlo je používáno pro IR luminiscenci. Karusel filtru bodového světla lze kombinovat s 12 dlouhovlnnými filtry pro osvětlení v rozsahu 300–700 nm nebo s 12 krátkovlnnými filtry pro osvětlení v rozsahu 600–925 nm. Celkově je možných až 80 různých pásem osvětlení. Z opačné strany spektra je zařízení vybaveno ultrafialovými zdroji, dopadajícím dlouhovlnným UV v pásmu 365 nm, dopadajícím středněvlnným UV v pásmu 312 nm, dopadajícím krátkovlnným UV 254 nm a průchozím dlouhovlnným UV 365 nm [VSC Hardware, 2018].

Při práci s VSC operátor nejčastěji pracuje s živým obrazem z kamery. Pomocí různých zobrazovacích módů může být živý obraz porovnáván s dalšími záznamy různých kombinací zdrojů světla a filtrů. Software VSC také poskytuje možnost automatického ukládání uložených obrazů. Nastavení snímku, jako je expozice, ostrost, jas, gamma a kontrast, může operátor změnit v manuálním nebo automatickém režimu. Dokumentem lze v boxu pohybovat pomocí motorizovaného X-Y stolku, zabudovaná

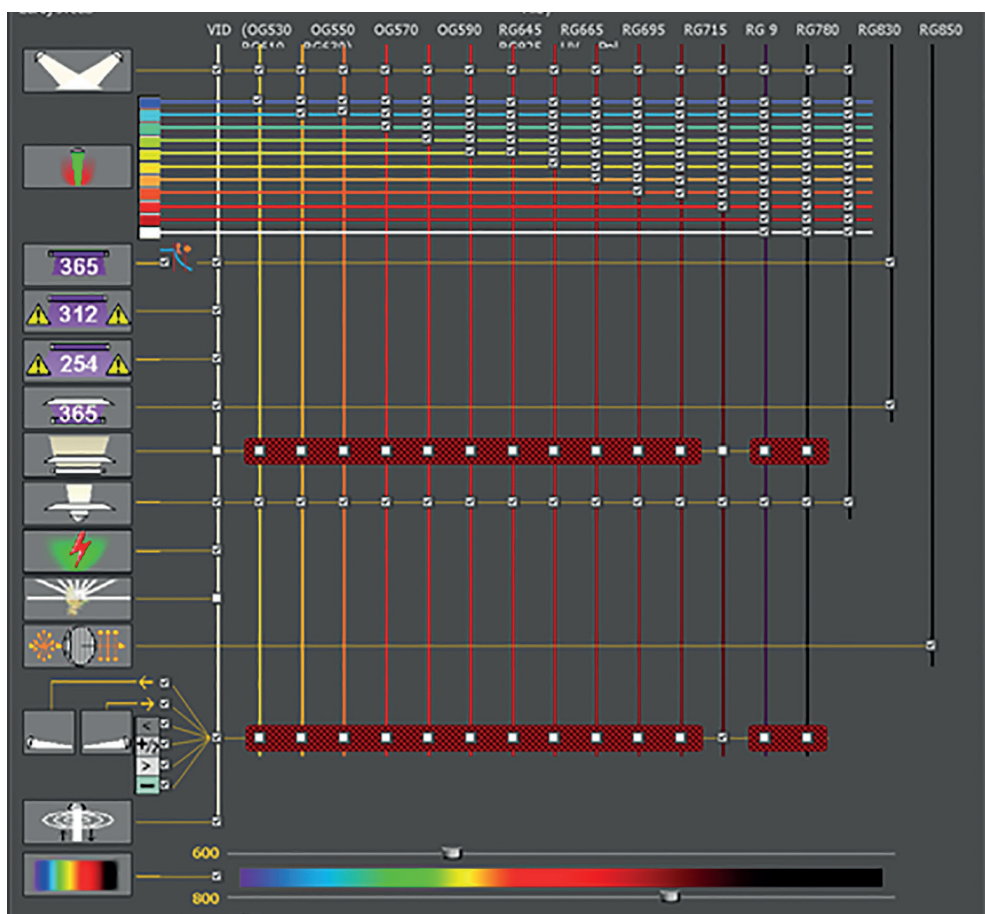


Obr. 10: Příklad přístroje VSC 8000 s příslušenstvím.

kamera má fixní pozici s možností definovaného zvětšení. Je tedy velmi snadné získat identický záběr dané části dokumentu při různých světelných podmínkách a získané snímky snadno porovnávat nebo s nimi provádět jednoduché operace (sčítání i odčítání obrazu), které umožňuje ovládací software přístroje. Vnitřní prostor zařízení 650 mm x 650 mm a výškou 150 mm pojme většinu knihovnických dokumentů. V případě větších rozměrů dokumentu lze zvednout boční a přední kryt a dokument zkoumat po částech, případně využít pomocná zrcadla [VSC Hardware, 2018].

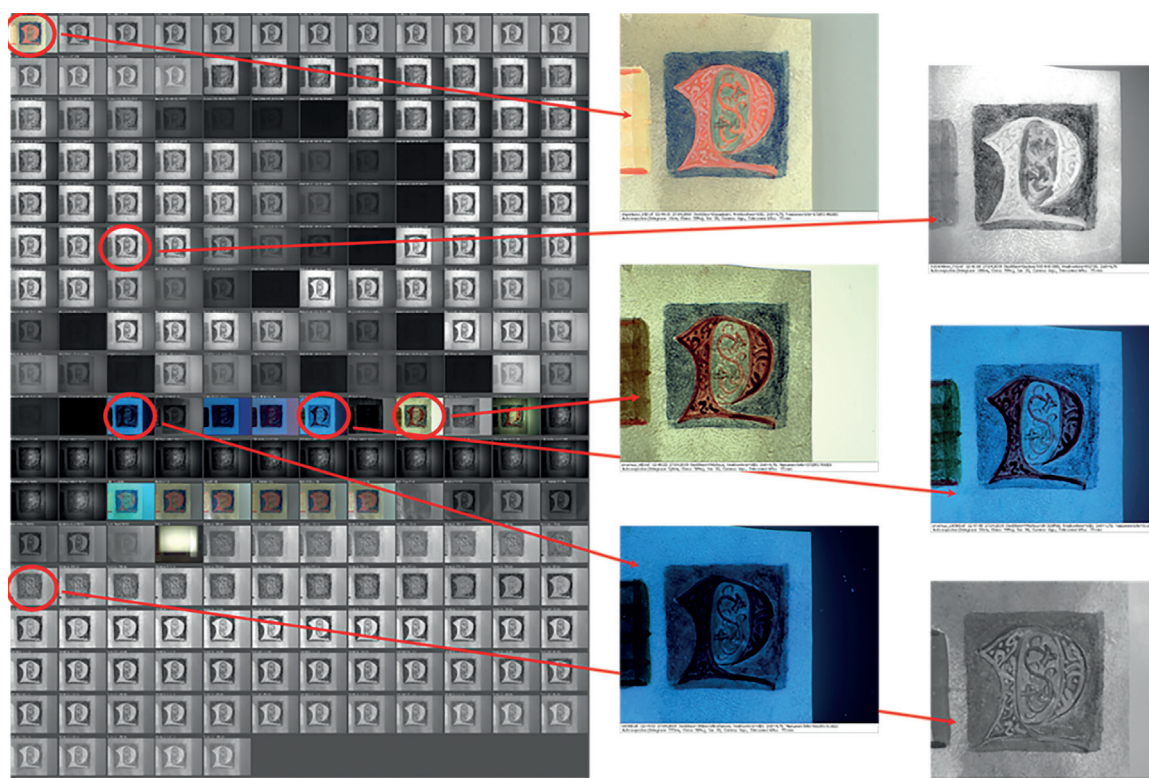
2.1.2.2 Průzkum s využitím automatického zkoumání VSC 8000

Po spuštění přístroje a softwaru VSC 8000 se objekt průzkumu vkládá do vnitřního prostoru komparátoru. Nastavení jasu a clony probíhá automaticky, nastavení zvětšení a zaostření se provádí manuálně, poloha vzorku se upřesní pomocí motorizovaného X-Y stolku [VSC Aplikace, 2018].



Obr. 11: Matice automatického zkoumání.

V nástrojích komparátoru se nejvíce osvědčil režim automatického zkoumání. Před jeho spuštěním se nastavuje matice zkoumání, ve které se vybírá optimální počet kombinací světel a filtrů kamery pro konkrétní vzorek. Používaná matice zkoumání je znázorněna na obrázku 11. Po spuštění automatického zkoumání zařízení postupně prochází všechny vybrané kombinace světel a filtrů a pořídí sadu snímků. Po ukončení zkoumání operátor může uložit celkový náhled zkoumání (Obr. 12) a přistoupit k výběru, úpravě, srovnání a uložení obrázků s nejlepším nastavením světel. Pomocí režimu automatického zkoumání lze docílit minimální celkové doby osvětlení zkoumaného prvku v rozmezích 10–15 minut. Z toho v průměru připadá



Obr. 12: Souhrnný přehled náhledů automatického zkoumání a jednotlivé záběry.

7 minut na samotné automatické zkoumání (záleží na množství zvolených kombinací) a zbytek na ruční pořizování snímků. Takto krátkého času osvitů nejsme schopni bez užití tohoto režimu dosáhnout. Teplota uvnitř komparátoru se pohybuje v průměru okolo 26 °C [VSC Aplikace, 2018].

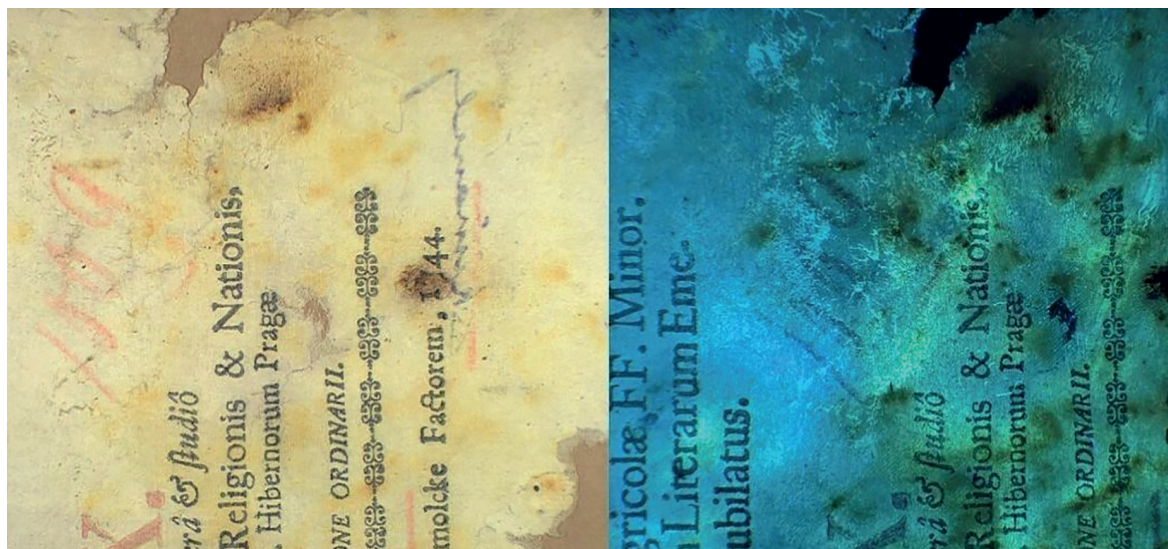
2.1.2.3 Příklady neinvazivního zkoumání dokumentů pomocí VSC 8000

Na následujících obrázcích jsou ukázány příklady úspěšného využití možností VSC 8000 pro zviditelnění textu dokumentů a dalších prvků nějakým způsobem poškozených, nebo v pozdější době upravených. Efektivně se podařilo zviditelnit například: biologické napadení, razítka, popisky, filigrány, knižní štítky, zčernalý, ohořelý, rozmytý, vybledlý, zaškrtaný nebo přelepený knižní text. Dále je možné přístroj využít při vizuálním potlačení různých barevných vrstev v materiálu a při kvalitním zdokumentování reliéfu na přední knižní desce atd.

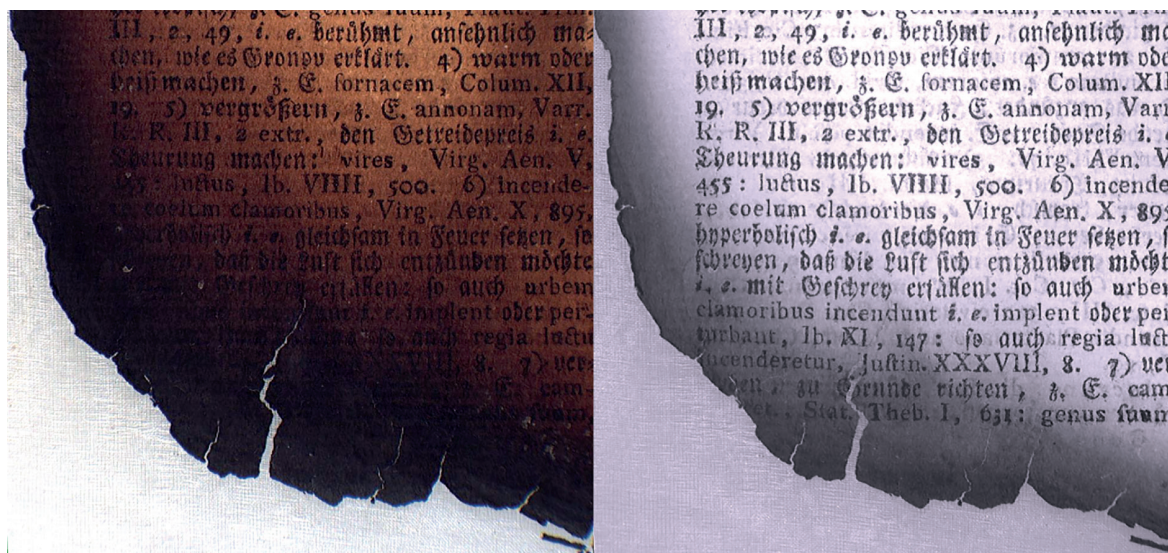
Obrázek 13 ilustruje možnost zviditelnění napadení papíru plísní. Při pozorování v UV záření 365 nm je v levé části snímku v textu viditelné napadení plísní, které nebylo v rozptýleném (dopadajícím) viditelném světle patrné. Na snímku v UV oblasti je v textu v levé části viditelné poškození, které nebylo ve VIS patrné.

Na obrázku 14 je příklad zviditelnění textu na listině poškozené ohněm. Ve zčernalé části je při pozorování v dopadajícím světle za použití dlouhovlnného filtru RG925 dobře čitelný veškerý zachovaný text.

Obrázky 15 a 16 ukazují zviditelnění filigránu papíru. Na obrázku 15 lze vidět filigrán na útržku ručního papíru bez textu. Filigrán je velmi jasně čitelný v průsvitu za použití spodního (procházejícího) rozptýleného VIS světla. Nicméně je možné filigrán dobře



Obr. 13: Listina poškozovaná plísní. Dopadající světlo VIS (vlevo) a v UV 365 nm (vpravo).



Obr. 14: Ohořelá listina. Pozorování v dopadajícím VIS (vlevo) a v dopadajícím VIS s krátkovlnným filtrem RG925 (vpravo).



Obr. 15: Zlomek listu s filigránem. Pozorování v dopadajícím VIS (vlevo), ve spodním rozptýleném světle (uprostřed) a v dopadajícím VIS s krátkovlnným filtrem RG925 (vpravo) - negativní zobrazení.

28

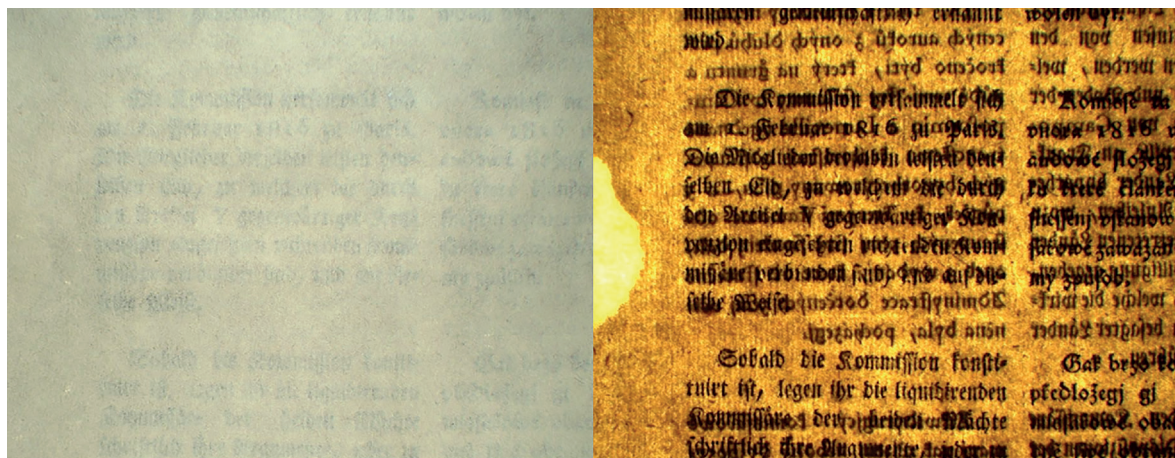


Obr. 16: Listina s filigránem v místě textu. Pozorování v dopadajícím VIS (vlevo), ve spodním rozptýleném světle (uprostřed) a v dopadajícím VIS s krátkovlnným filtrem RG925 (vpravo).

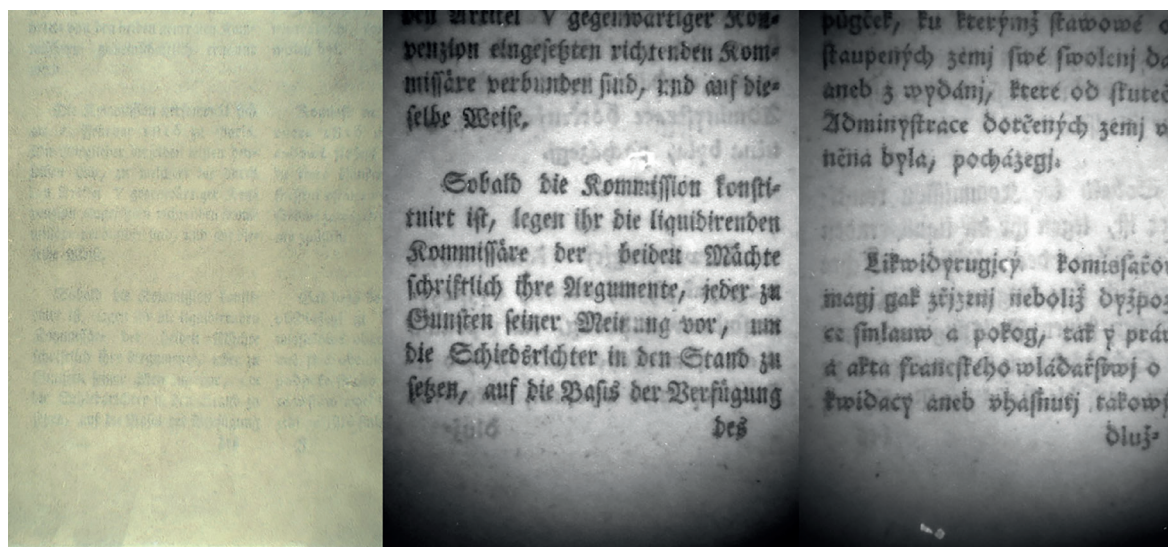
zviditelnit i v dopadajícím VIS světle při zařazení dlouhovlnného filtru RG925, kdy je pozorována pouze povrchová vrstva papíru. V místech ztenčení papíru se světlo tolik neodráží a kresba filigránu se jeví jako černá stopa, v negativním zobrazení (pro zlepšení čitelnosti) jako bílá. Obrázek 16 je příkladem zviditelnění filigránu v textu listiny. Filigrán je podle očekávání velmi jasně čitelný v průsvitu za použití procházejícího rozptýleného VIS světla. Stejně jako na obrázku 6 je možné ho dobře zobrazit i v dopadajícím VIS světle za použití dlouhovlnného filtru RG925, kde je sice lehce rušený slabě viditelným rukopisem, nicméně výsledek je i tak velmi dobrý. Zobrazení filigránu v dopadajícím světle je důležité zejména v případě knižního bloku, kdy nelze jednotlivé listy pozorovat odděleně v procházejícím světle.

Na obrázcích 17 a 18 je listina původně připravená na štěpení papíru. Je vlepena mezi čistý papír sloužící jako nosič při rozštěpení listiny a jejího následného vnitřního zpevnění. V tomto případě k rozštěpení nedošlo, listina se dochovala ve fázi přípravy na tento proces. Oboustranný text je zcela překryt silnějším papírem prosyceným

29



Obr. 17: Listina připravená na štěpení papíru. Pozorování v dopadajícím VIS (vlevo) a ve spodním rozptýleném světle (vpravo).

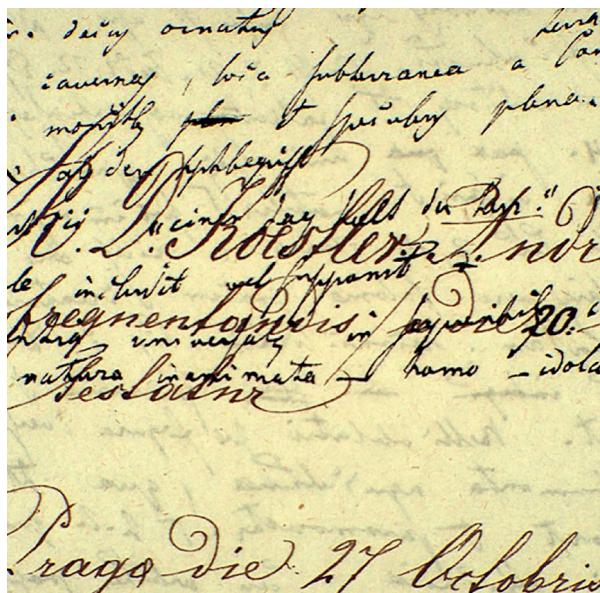


Obr. 18: Listina připravená na štěpení papíru. Pozorování v dopadajícím VIS (vlevo) a v rozptýleném VIS světle za použití dlouhovlnného filtru RG725 z jedné strany listiny (uprostřed) a ze strany druhé (vpravo).

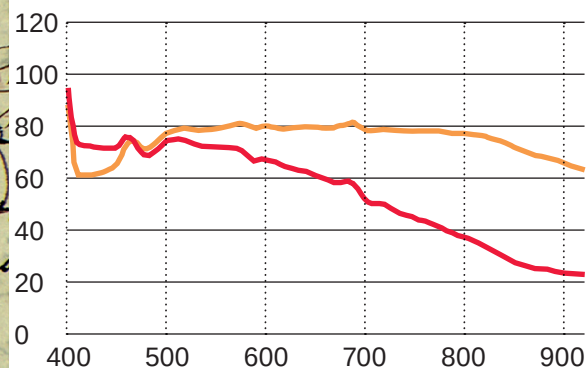
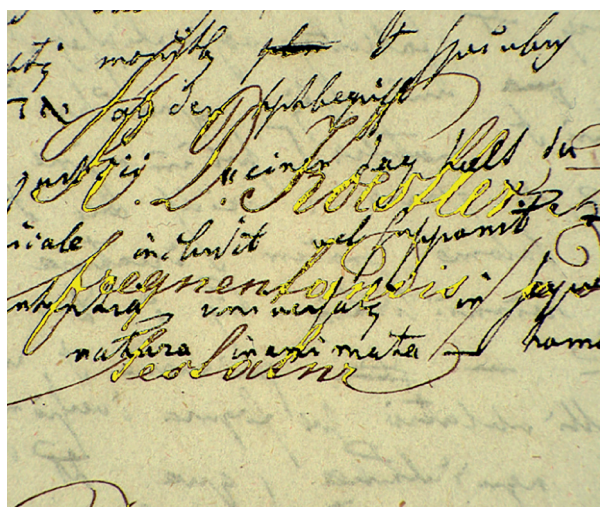
30

neznámým lepidlem. Při pozorování průsvitu ve VIS se překrývají texty z obou stran listiny a výsledek je prakticky nečitelný (Obr. 17). Zatímco v bodovém světle o vlnové délce 515–640 nm při použití dlouhovlnného filtru RG725 lze jednotlivé strany textu velmi dobře zobrazit bez zásadního prosvítání textu z druhé strany. Výsledkem je čitelný text obou stran (Obr. 18).

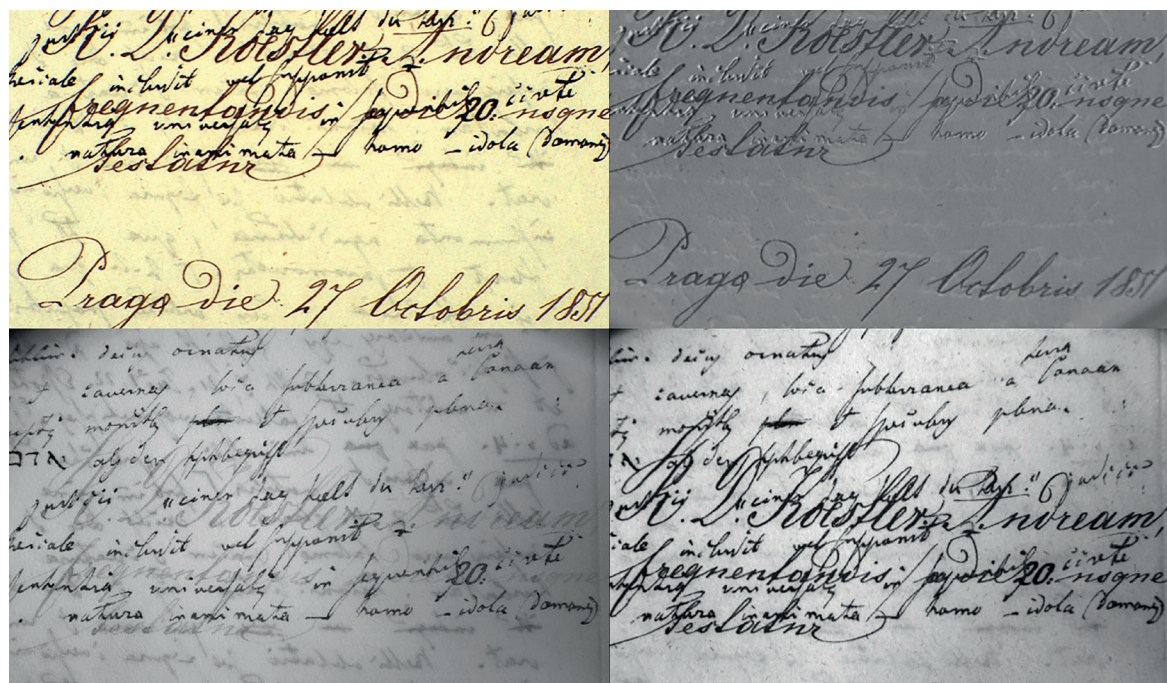
Na obrázcích 19 a 20 je zobrazen příklad dvou překrývajících se rukopisů na papíře. Ačkoli vypadají inkousty odlišně (inkoust velkého písma je výrazně světlejší, Obr. 19), pomocí nástroje hyperspektrálního zkoumání (HSI) pro zobrazení oblastí stejného spektra, které vychází z naměřených spekter obou inkoustů, se nepodařilo čitelně zobrazit oba texty (Obr. 20). Poměrně dobrého výsledku bylo možné dosáhnout v režimu absorpce (Obr. 21). Čitelný snímek drobného písma (tmavý inkoust), bylo



Obr. 19: Dva překrývající se rukopisy na papíře. Při pozorování v dopadajícím VIS se inkousty jeví odlišně.



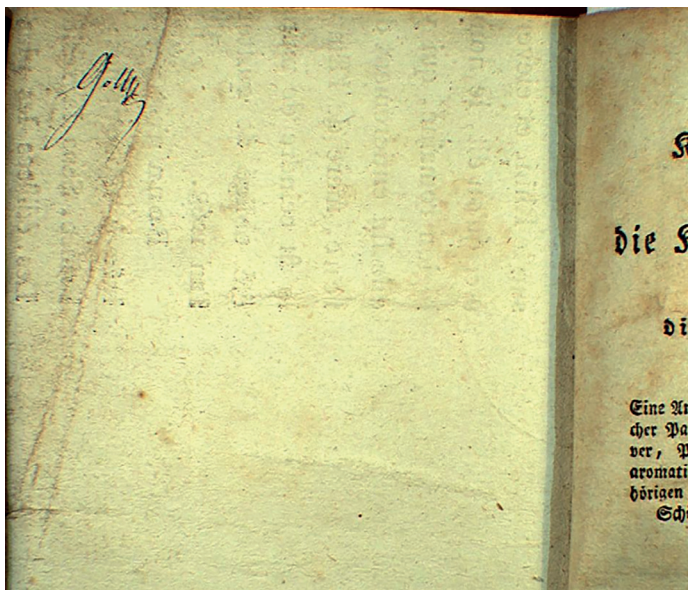
Obr. 20: Dva překrývající se rukopisy na papíře. V režimu HSI v zobrazení spektrálně stejných oblastí nebylo možné od sebe inkousty uspokojivě odlišit. Při nedostatečném probarvení světlejšího inkoustu (velké písmo) se začíná zabarvovat i druhý, tmavší inkoust (malé písmo).



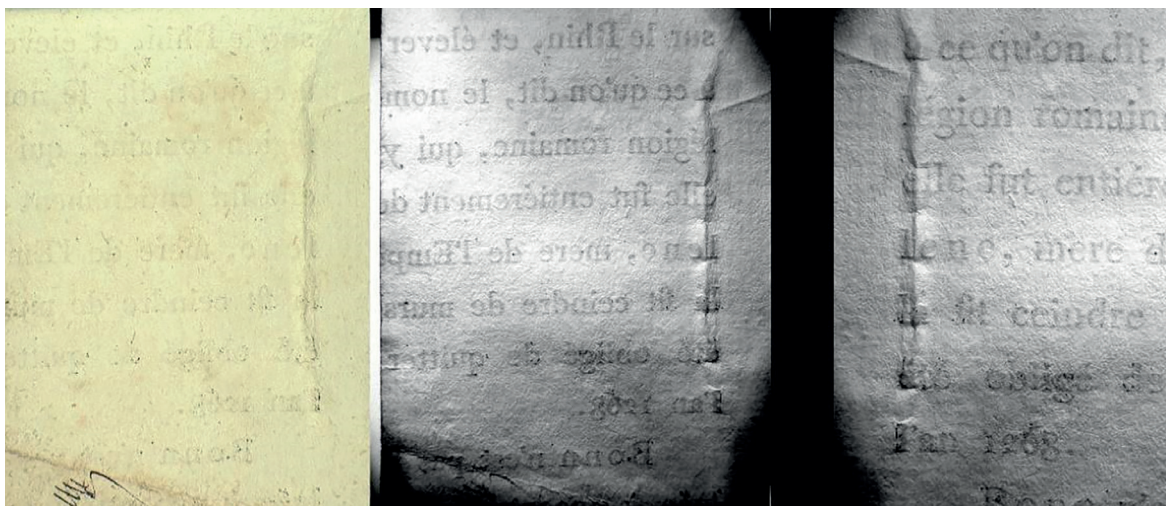
Obr. 21: Dva překrývající se rukopisy na papíře. Při pozorování v režimu absorpce lze v oblasti 892 nm (vlevo dole) přímo zobrazit tmavší inkoust (malé písmo) při vymizení světlejšího (velké písmo). V oblasti 424 nm (vpravo dole) jsou výrazné oba inkousty. Odečtením těchto snímků (vpravo nahoře) lze dosáhnout zviditelnění světlejšího inkoustu bez významného rušení inkoustem tmavším.

možné získat přímo v oblasti 892 nm bez dalších úprav, kde světlejší inkoust prakticky vymizel. Získat čitelný snímek velkého písma (světlejší inkoust) bylo možné až po odečtení snímků pořízených při 892 nm a 424 nm.

Obrázky 22 a 23 ukazují příklad použitého listu s tiskem na předsádce jiné knihy. Strana tisku je nalepena na desku vazby a text je ve VIS světle velmi nezřetelný (Obr. 22). Při pozorování v dopadajícím světle za použití dlouhovlnného filtru RG925 a zrcadlovém otočení snímku však lze text dobře zobrazit (Obr. 23).



Obr. 22: List s tiskem použitý na předsádku jiné knihy. Strana tisku je nalepena na desce vazby, tisk je obtížně čitelný.



Obr. 23: List s tiskem použitý na předsádku jiné knihy. Pozorování v dopadajícím VIS (vlevo) a v dopadajícím VIS s krátkovlnným filtrem RG925 (uprostřed). Zrcadlové otočení snímku (vpravo).

Tajemství knih

Obrázky 24 a 25 ilustrují příklad zviditelnění špatně čitelného razítka, které bylo umístěno v textu nebo přes tisk. Při pozorování v bodovém světle o vlnové délce 585–720 nm za použití dlouhovlnného filtru RG850 bylo možné kresbu razítka kompletně zobrazit. Čitelnost bylo možné ještě vylepšit převedením do negativního snímku.

Obrázek 26 ukazuje využití bočních světél (VIS oblast), pomocí kterých lze kvalitně zdokumentovat reliéf např. knižní vazby. Výhodou tohoto přístroje je možnost nezávislého plynulého polohování obou bočních světél. Úhel bočního osvětlení lze tedy nastavovat individuálně pro každý sledovaný prvek. To ilustruje i následující

34

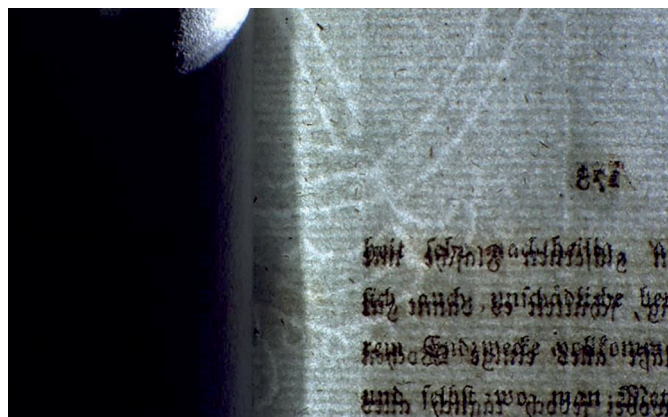


Obr. 24 a 25: Razítko je špatně čitelné vlivem překrytí s tiskem. Pozorování v dopadajícím VIS (vlevo) a v bodovém světle o vlnové délce 585–720 nm s dlouhovlnným filtrem RG850 (uprostřed). Převedení do negativního zobrazení (vpravo).

obrázek 27. Jedná se o zobrazení filigránu ručního papíru v knižním bloku. Oproti očekávání se v tomto případě nepodařilo filigrán zviditelnit v dopadajícím VIS světle za použití dlouhovlnného filtru RG925, jako tomu bylo v předchozích případech (Obr. 15 a 16), což pravděpodobně souvisí se silou ručního papíru a hloubkou reliéfu. V tomto případě se podařilo zviditelnění pomocí bočních světél při nastavení jejich výšky těsně pod úroveň sledovaného listu odděleného tenkou podložkou od zbytku bloku – jednalo se v podstatě o prosvícení papíru bočním světlem.



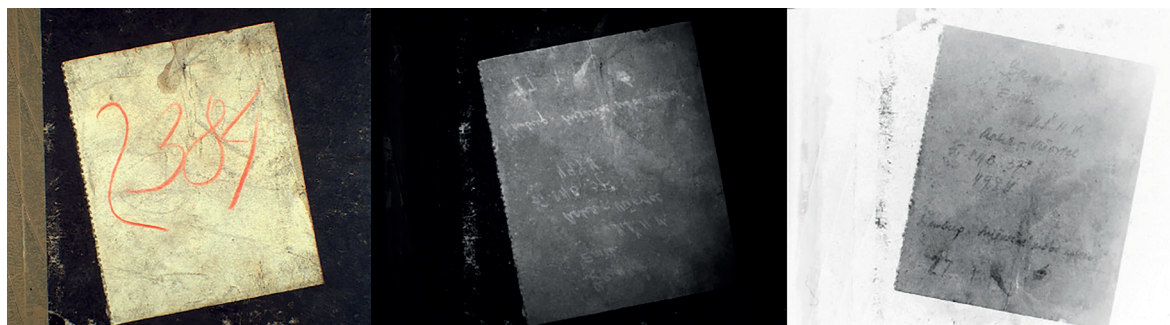
Obr. 26: Zobrazení reliéfu na přední desce knihy pomocí bočního osvětlení (vpravo).



Obr. 27: Zobrazení filigránu ručního papíru v knižním bloku pomocí bočního osvětlení.

Tajemství knih

Na obrázku 28 vidíme příklad štítku nalepeného na přední desce knihy. Při pozorování v bodovém světle o vlnové délce 545–675 nm za použití dlouhovlnného filtru RG780, zrcadlovém otočení snímku a jeho převedení do negativního zobrazení lze zobrazit text na spodní straně štítku bez nutnosti sejmutí.



Obr. 28: Štítek nalepený na přední desce knihy. Pozorování v dopadajícím VIS (vlevo) a v bodovém světle o vlnové délce 545–675 nm s dlouhovlnným filtrem RG780 (uprostřed). Zrcadlové převrácení a převedení do negativního zobrazení (vpravo).

36



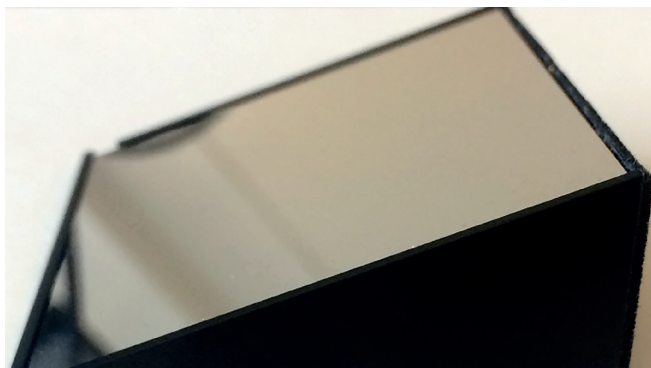
Obr. 29: Knižní hřbet přelepený neprůhlednou hnědou lepicí páskou. Pozorování v dopadajícím VIS (vlevo) a v bodovém světle o vlnové délce 515–640 nm s dlouhovlnným filtrem RG780 (vpravo).

Na obrázku 29 je příklad knižního hřbetu přelepeného hnědou, neprůhlednou lepicí páskou. Při pozorování v bodovém světle o vlnové délce 515–640 nm za použití dlouhovlnného filtru RG715 lze zobrazit původní číselné označení svazku.

Obrázek 30 ukazuje příklad razítka se znečitelněnou částí textu. Při pozorování v dopadajícím VIS světle za použití dlouhovlnného filtru RG925 bylo možné zviditelnit původní text razítka.



Obr. 30: Razítka se znečitelněním části textu. Pozorování v dopadajícím VIS (vlevo) a v dopadajícím VIS s dlouhovlnným filtrem RG925 (vpravo), kde je možné zobrazit původní text razítka.

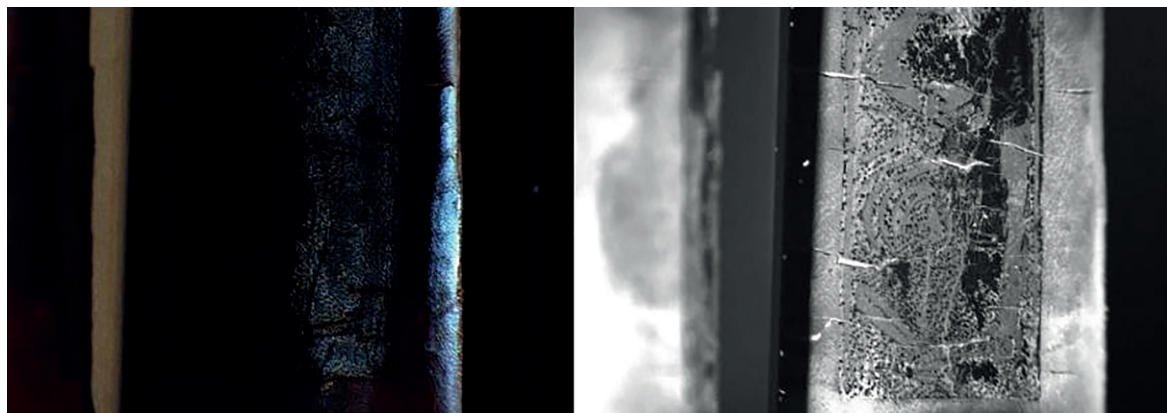


Obr. 31: Klínové zrcadlo, které je součástí příslušenství přístroje.

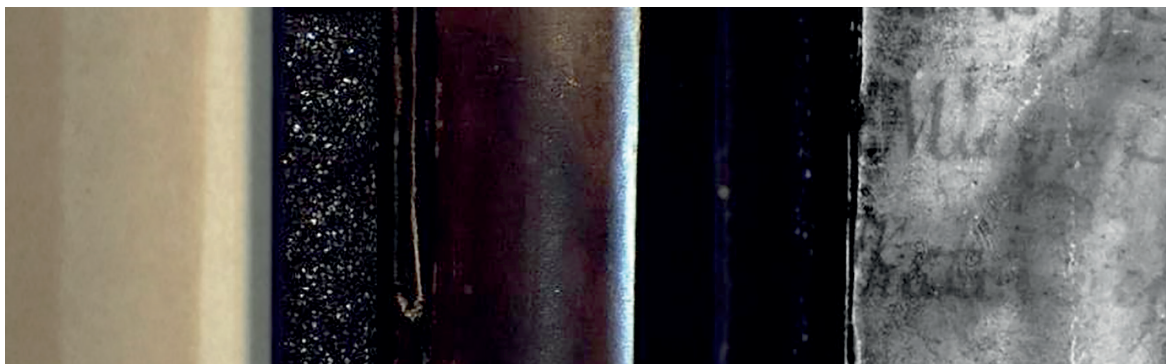
Obrázky 32 a 33 ilustrují příklady ohořelých knih se zcela zčernalými hřbety. Z prostorových důvodů a/nebo z důvodu rozsáhlého poškození knižní vazby většinou nelze svazky pozorovat postavené hřbetem vzhůru (ke kameře přístroje). Pro tyto případy je vhodné využít klínové zrcadlo (Obr. 31), které je rovněž součástí příslušenství VSC 8000. Na obrázku 32 vidíme reliéf na knižním hřbetu, který bylo možné zviditelnit při pozorování v bodovém světle o vlnové délce 515–640 nm za použití dlouhovlnného filtru RG715. Obrázek 33 ukazuje výrazně zaoblený knižní hřbet s rukopisem, který bylo nutné pomocí zrcadla snímat po částech, postupným nakláněním svazku k zrcadlu. Následnou grafickou úpravou (spojování snímků) byl získán celistvý nedeformovaný popis hřbetu. Popis bylo možné nejlépe zviditelnit pozorováním v bodovém světle o vlnové délce 485–610 nm při použití dlouhovlnného filtru RG645.

38

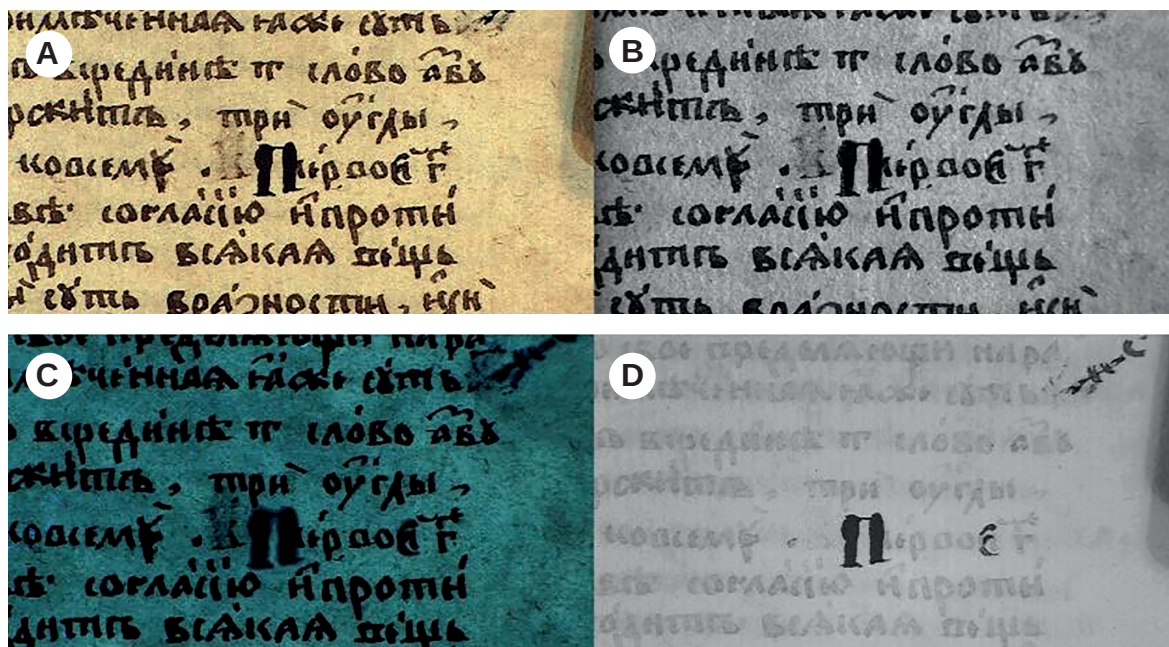
Obrázek 34 prezentuje zajímavé efekty snímkování v určitých částech světelného spektra. V případě užití přesně dané vlnové délky osvětlení (Obr. 34 B) nejsou oproti viditelnému světlu (Obr. 34 A) velké rozdíly v čitelnosti. V UV záření dochází ke změně čitelnosti u iniciály „П“ (Obr. 34 C). Psací látka má odlišný odstín od zbytku



Obr. 32: Ohořelý hřbet knihy. Pozorování v dopadajícím VIS (vlevo) a v bodovém světle o vlnové délce 515–640 nm s dlouhovlnným filtrem RG715 (vpravo).



Obr. 33: Ohořelý hřbet knihy. Pozorování v dopadajícím VIS (vlevo) a v bodovém světle o vlnové délce 485–610 nm s dlouhovlnným filtrem RG645 (vpravo) – snímek je po grafické úpravě.



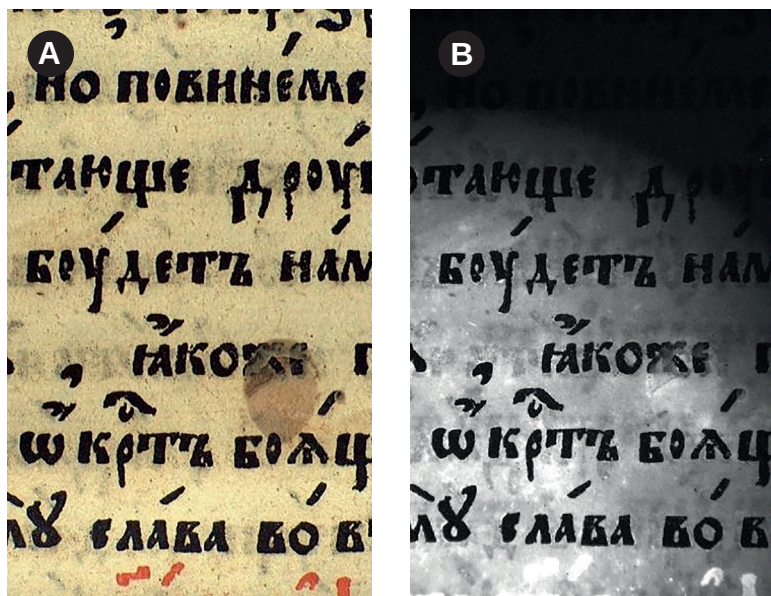
Obr. 34: Čitelnosti iniciály „П“ A: Dopadající osvětlení s VIS dlouhovlnným filtrem před kamerou; B: Pásmový filtr 486 nm; C: Ultrafialové 312 nm osvětlení s dlouhovlnným VIS filtrem; D: Dopadající osvětlení s RG 925 nm krátkovlnným filtrem.

textu a kontury jsou rozpité. Stejný efekt vznikl v tazích perem v pravém horním rohu snímku, kde evidentně byla použita tatáž psací látka. Vyškrábané písmeno je lépe viditelné. Snímek v dopadajícím světle, snímáný přes filtr 925 nm (Obr. 34 D), zviditelňuje odlišné psací látky ještě výrazněji a potvrzuje retušování textu.

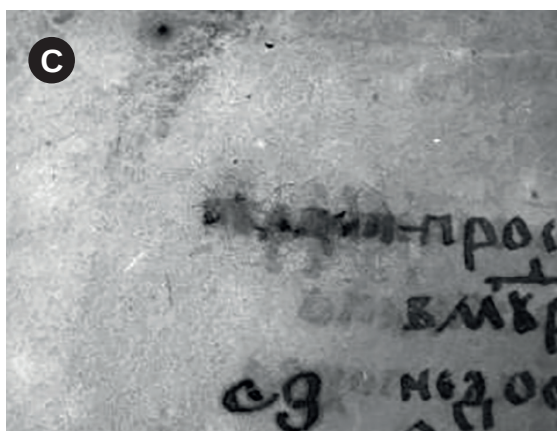
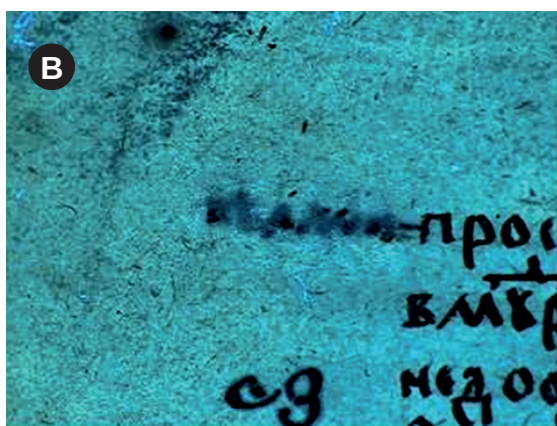
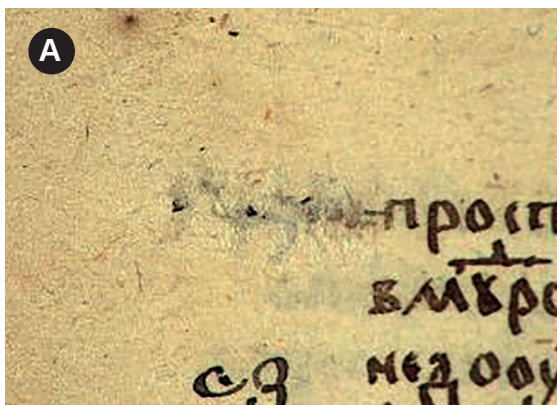
V případě obrázku 35 v dokumentu došlo k překrytí textu voskem (Obr. 35 A). Snímek písmene pod voskem byl získán v oblasti 585–720 nm s krátkovlnným filtrem RG780 před kamerou (Obr. 35 B).

Značné komplikace představují mechanicky odstraněné texty jako v následujícím případě na obrázku 36, kdy byl text záměrně vyškrábán (Obr. 36 A). Prosvítání textu z druhé strany listu při snímání v IR oblasti působí pro čitelnost rušivě (Obr. 36 C), ale v UV oblasti jsou kontury písma znatelné bez rušivého vlivu prosvítajícího textu (Obr. 36 B).

40



Obr. 35: Překrytí textu voskem. A: Dopadající osvětlení s VIS dlouhovlnným filtrem; B: Bodové osvětlení 585–720 nm s krátkovlnným filtrem RG 780 nm.



Obr. 36: Detail mechanicky odstraněného textu. A: Širokospektrální dopadající osvětlení s VIS dlouhovlnným filtrem; B: Ultrafialové 254 nm osvětlení s dlouhovlnným VIS filtrem; C: Bodové osvětlení 400–535 nm s krátkovlnným RG 725 nm filtrem.

2.1.3 VYUŽITÍ FORENZNÍ LAMPY CRIME-LITE®8X4 MK4

V porovnání s využitím videospektrálního komparátoru VSC 8000 ke zviditelňování skrytých informací v knihách byly zkoumány možnosti využití forenzní lampy Crime-lite®8x4 MK4 (výrobce Foster + Freeman). Tato lampa je vybavena 32 elektroluminiscenčními diodami a má tři možná světelná nastavení:

- IR 780 nm – 8 x LED 730–800 nm,
- modré 445 nm – 8 x LED 420–470 nm,
- červené 640 nm – 16 x LED 600–660 nm.

S lampou je také možné využít světelné filtry. Filtry, které byly použity, jsou následující:

- RG715 AG,
- RG780 AG,
- RG850 Sharp Cut,
- RG900 Sharp Cut.

K zachycování snímků byl používán upravený digitální fotoaparát Nikon D5500, který má nahrazený integrovaný dlouhovlnný filtr neutrálním. Pro záznam ve zvolené vlnové délce byly využity filtry na objektivu: 830 nm a 695 nm.

K této sestavě byly používány další dva párové zdroje světla emitující plnospektrální světlo (obsahuje kromě VIS také blízké UV a IR): elektroluminiscenční diody – bílé světlo a halogen – žluté světlo.

Byly pořízeny snímky za použití každého světelného zdroje spolu s každým světelným filtrem. Všechny možné kombinace byly bezproblémové kromě kombinace s filtrem



Obr. 37: Zdroj IR 780 nm + filtr RG900 Sharp Cut.



Obr. 38: Zdroj halogen žluté + filtr RG900 Sharp Cut.

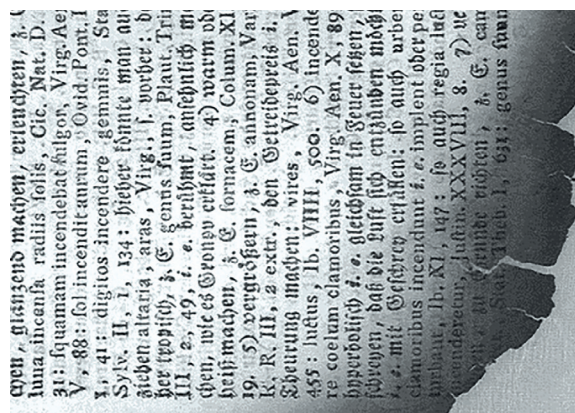
na forenzní lampě RG900 Sharp Cut (Obr. 37). Tento filtr bylo možné bez problému kombinovat pouze s halogenovým zdrojem (Obr. 38). U ostatních zdrojů docházelo k odrazu světla na filtru. Nejhorší to bylo u zdroje bílého světla.

2.1.3.1 Výsledky využití forenzní lampy

Příkladově jsou ukázány dva vzorky. Prvním vzorkem je laminovaná listina, která byla tepelně poškozena. Na její spodní části je papír zuhelnatělý a text v této části je nečitelný. Po průzkumu ve VSC 8000 se pro zobrazení textu jeví jako nejlepší



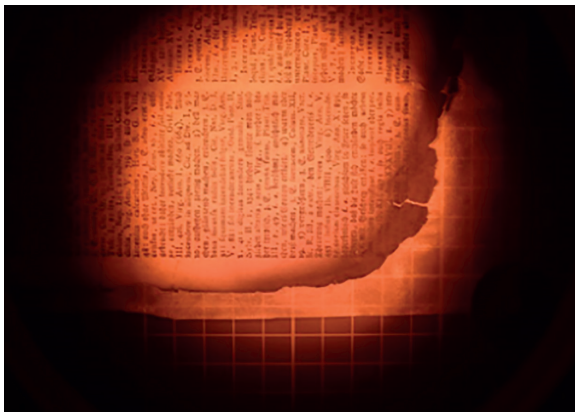
Obr. 39: Snímek z VSC 8000; viditelné světlo.



Obr. 40: Snímek z VSC 8000; viditelné světlo, filtr RG925.

možné nastavení použití viditelného světla v kombinaci s filtrem RG925 (Obr. 40). Jedinou alternativou byl režim absorpce někde v rozmezí 800–900 nm, ale v tomto nastavení docházelo k celkovému zhoršení čitelnosti textu. U forenzní lampy bylo možné text efektivně zviditelnit při užití zdroje světla IR 780 nm (Obr. 41) a externího halogenového zdroje (Obr. 42). Nejlepších výsledků se dostává při použití filtrů, které propouštějí co největší vlnové délky. U ostatních zdrojů byly výsledky v podstatě nulové bez ohledu na kombinaci s filtrem.

U druhého knižního vzorku byla zkoumána razítka a možnost jejich potlačení, nebo zviditelnění při různých nastaveních osvitů. Při průzkumu VSC 8000 bylo



Obr. 41: Zdroj IR 780 nm + filtr RG850
Sharp Cut.



Obr. 42: Zdroj halogen žluté + filtr RG900
Sharp Cut.

zjištěno, že barva razítka při použití viditelného světla mizí od užití filtru RG645 nm a vyšších, ke kompletnímu zmizení dochází při použití filtru od RG830 nm a výše. Razítko také mizí v režimu absorpce od 690 nm výše (od 770 nm kompletně) (Obr. 44). Při užití většiny bodových světel dochází k fluorescenci barvy razítka.

45

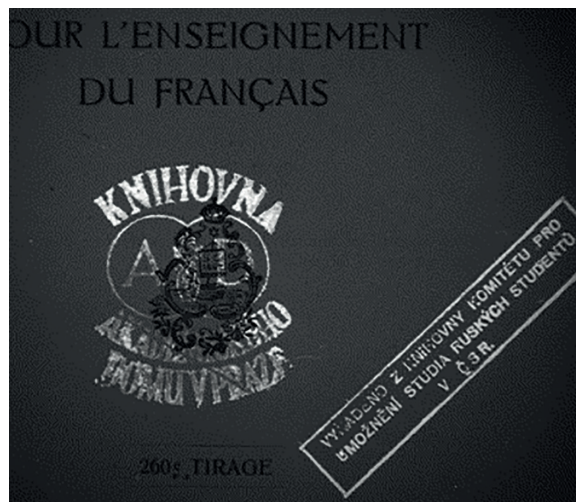


Obr. 43: Snímek z VSC 8000;
viditelné světlo.



Obr. 44: Snímek z VSC 8000;
režim absorpce 789 nm.

Fluorescence je výraznější u světelných zdrojů větších vlnových délek (Obr. 45). V některých nastaveních bodových světel také dochází k mizení razítka (Obr. 46).



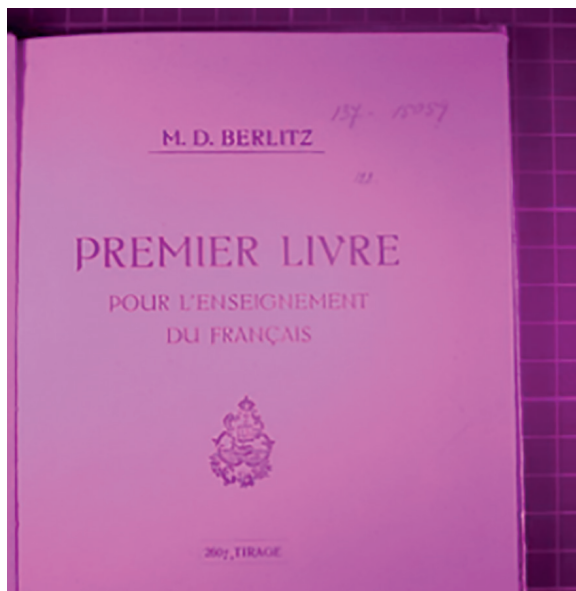
46

Obr. 45: Snímek z VSC 8000;
bodové světlo 400–535 nm, filtr RG645.

Obr. 46: Snímek z VSC 8000;
bodové světlo 585–720 nm, filtr RG850.

V případě použití forenzní lampy a dalších výše zmíněných světelných zdrojů bylo možné najít vhodnou kombinaci světel a filtrů, při které dochází k zneviditelnění razítek. Vhodné kombinace světel a filtrů byly za užití světelného zdroje IR 780 nm nebo halogenového zdroje s libovolným filtrem. Nejlepší kombinací bylo užití halogenového zdroje s filtrem 830 nm před objektivem fotoaparátu (Obr. 47). Při této kombinaci došlo ke kompletnímu vymizení razítka. V případě užití ostatních tří zdrojů světla docházelo naopak k fluorescenci. K nejsilnější fluorescenci dochází při použití červeného zdroje světla 640 nm a filtrů s největší vlnovou délkou (Obr. 48).

Z výsledků vyplývá, že s forenzní lampou je možné dosáhnout obdobných výsledků jako s využitím VSC 8000. Při grafické úpravě snímků je možné



Obr. 47: Zdroj halogen žluté + filtr před objektivem 830 nm.



Obr. 48: Zdroj červené 640 nm + filtr RG900 Sharp Cut.

výsledky ještě zlepšit. VSC 8000 ale stále disponuje mnohem širším spektrem osvětlení a filtrů, a tedy potenciálně širší škálou možností zobrazování. Také je s ním nepoměrně jednodušší manipulace, protože odpadá manuální výměna osvětlení a filtrů a nastavování fotoaparátu. Na druhou stranu VSC 8000 disponuje pouze omezeným vnitřním pracovním prostorem a také v něm dochází k větší akumulaci tepla, které může mít neblahý vliv na zkoumané předměty. Forenzní lampa je vhodnější při průzkumu větších exemplářů, a díky přenosnosti vhodná pro průzkum předmětů na jiném místě než v laboratoři. Možnosti užití filtrů na objektivu fotoaparátu nebo použití filtrů na zdroji světla forenzní lampy jsou v konečném výsledku téměř zaměnitelné, pokud porovnáváme filtry s nejmenším rozdílem vlnových délek. Další externí světelné zdroje mimo forenzní lampu se jeví jako velmi vhodný doplněk, který dobře rozšiřuje možnosti samotné lampy.

2.2 RADIOGRAFICKÝ PRŮZKUM

Systematický průzkum knih a konstrukčních prvků knižní vazby pomocí rentgenu, resp. rentgenového záření, se jeví jako nadějná disciplína aplikovaného výzkumu s vysokým potenciálem. Při průzkumu knih lze do určité míry využít zkušeností s rentgenováním jiných objektů tvořených podobným materiálem, tzn. převážně organickými látkami, celulózou, kůží, dále barvivy na anorganické nebo organické bázi. V knihách se vyskytují také kovové prvky, kromě toho může být papír kontaminován korozními produkty různého původu. Rentgen umožní zobrazit detaily nacházející se pod povrchem a zkoumat jejich stav včetně možné degradace. Radiografie je nedestruktivní zobrazovací metoda, která slouží k zobrazování vrstev materiálů, vnitřních částí předmětů (stav a struktura knižní vazby), ale i k vyhledávání nehomogenit, vad, dutin apod., které jsou jinými prostředky nezjistitelné bez destrukce knihy [Lang, 2005]. Restaurátorům či konzervátorům pak tyto zviditelněné informace usnadní rozhodování, jaké kroky bude či nebude nutné pro záchranu knihy provést, či jak pečovat o knihu. V radiografii se používá několik druhů záření: rentgenové záření, gama záření, elektrony a neutrony. Pro radiografii knih je nejúčelnější rentgenové záření.

48

2.2.1 Princip lampy a detektoru

Při průchodu rentgenového záření objektem se zeslabuje jeho intenzita – dochází k částečné absorpci. V rentgenovém snímku na průhled jsou kontrastní ty objekty, které obsahují prvky s vyšším protonovým číslem. Při pronikání rentgenového záření objektem se pouze část záření dostane přímočaře až na detektor. Tato část záření se nazývá primární záření. Část záření je materiálem objektu odchýlena a nazývá se rozptýlené záření. Detail objektu (vada materiálu, skrytý prvek knižní vazby atd.)

je zobrazen jen primárním svazkem záření. Rozptýlené záření působí jako rušivé pozadí a vede ke snížení kontrastu zobrazení. Z tohoto důvodu se primární záření nazývá záření registrující obraz. Rozptýlené záření se nazývá záření neregistrující.

Rentgenová aparatura může být uspořádána různě podle účelu. Obvyklé uspořádání je takové, že zkoumaný předmět je prosvěcován ionizujícím zářením a detektorem, který je vůči zdroji za objektem, je snímán obraz, na němž jsou vidět místa, která absorbují záření méně, nebo naopak více než okolí. Toto uspořádání má například rentgenová komora v Národní knihovně ČR. Jako detektor může být použit citlivý plochý detektor, takzvaný flat panel. Flat panel představuje oproti dříve používanému filmu velký technologický pokrok. Živý náhled vede k významnému zkrácení přípravy měření a poskytuje digitální obraz přímo ukládaný do počítače. To podstatně usnadňuje a urychluje práci, zejména je-li nutné pořizovat nejprve zkušební snímky za účelem nalezení optimální expoziční doby, optimálního napětí a optimálního výkonu. Stupně šedi v získaném obrazu reprezentují vyšší či nižší míru absorpce rentgenového záření v dané části objektu. Tmavší odstíny ve snímku v případě pozitivu odpovídají materiálům více pohlcujícím záření (vyšší protonové číslo; zejména kovům), světlejší oblasti prezentují materiály záření méně pohlcující (papír, textil, useň atp.). Dalším faktorem určujícím celkové množství absorbovaného záření (a tedy i odstín šedé ve snímku) je také tloušťka prozařovaného materiálu. V neposlední řadě stupeň šedi závisí i na nastavení aparatury při pořizování snímku.

49

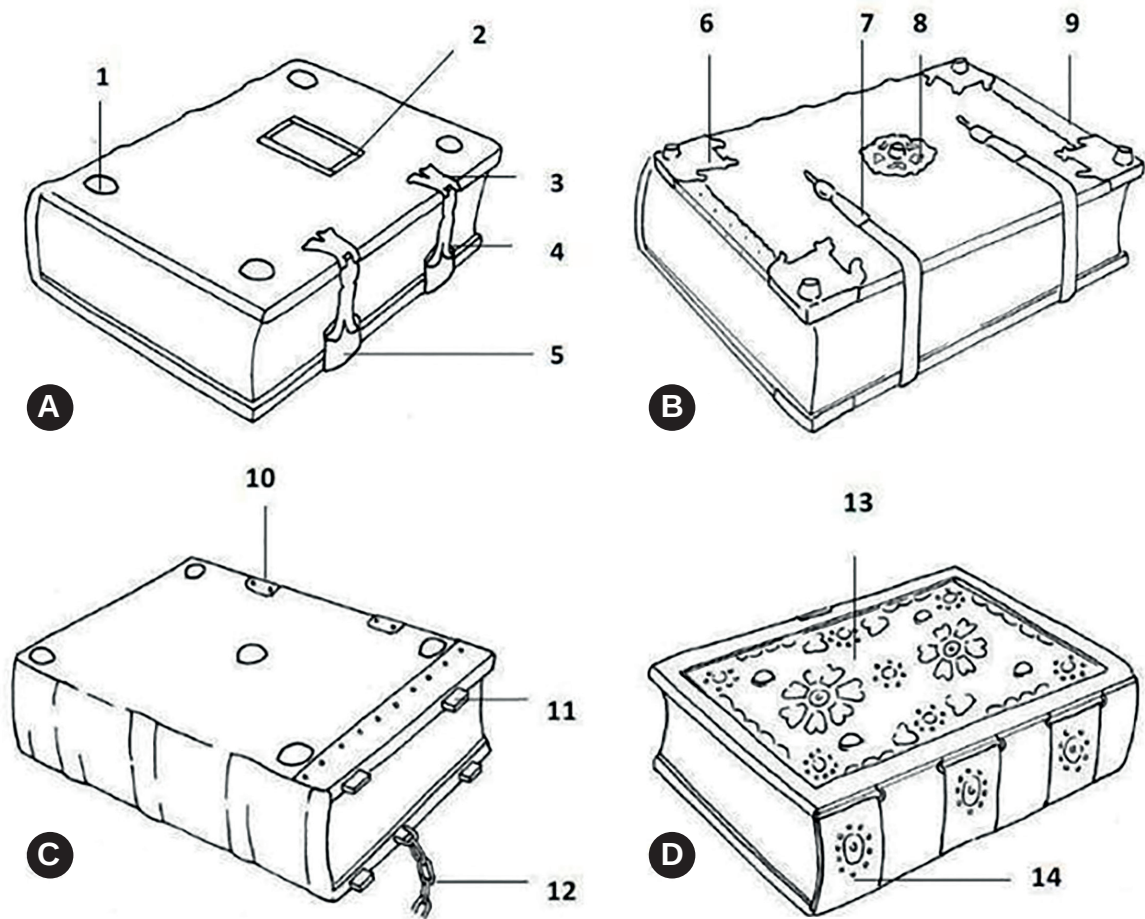
2.2.2 Instrumentace a funkce rentgenové soustavy

Zdroj RTG v Národní knihovně má regulovatelné napětí 40–120 kV a proud 0,05–0,3 mA. Plochý digitální XRD 1622 AP14 detektor s aktivní plochou o velikosti 41 × 41 cm. Rozlišení detektoru je 2048 × 2048 bodů (velikost pixelu 200 μm).

50 Detektor má široký rozsah energií, který je schopen zaznamenat, a to v rozsahu 20 keV–15 MeV. Digitální detektor snímá obraz v 16-bitové hloubce, rychlostí jeden snímek/sec. Pro účely zobrazování se používá průměr z osmi snímků, tedy jeden obrazový záznam za 8 sec. Vzdálenost rentgenky od detektoru je v současné době nastavitelná v rozmezí 49–92 cm. Řídící počítač je vybaven softwarem pro zpracování snímků, pro ovládání flat panelu a řízení zdroje RTG záření. Software X-test byl vyvinut dodavatelem, firmou Testima. Umožňuje pořízení statických obrázků i videa. Materiály typickými pro knihy jsou papír, textil, dřevo, ušň, pergamen a v menší míře i kov, vyskytují se ale například i plasty nebo kost. Vzhledem k odlišným fyzikálním vlastnostem těchto materiálů je pro optimální zobrazení z nich vyrobených prvků knižní vazby, jejich struktury a případných defektů zapotřebí rozdílné nastavení přístrojového vybavení. Zejména se jedná o vhodné nastavení elektrického proudu a napětí na rentgence, vzdálenost rentgenky od detektoru a vzdálenost rentgenovaného předmětu od detektoru. Zásadní je též zvolení vhodné polohy knihy (popř. pro získání komplexnějších informací postupně více poloh těžší knihy) a vhodné konstrukce, která drží knihu v požadované poloze a vzdálenosti od detektoru, a to včetně vhodných materiálů této konstrukce (zejména neabsorbující materiály).

2.2.3 Kovové prvky knižních vazeb a jejich defekty

Vedle kovových špon skrytých v papíru, skvrn oxidů železa v papíru (tzv. foxing) [Lang, 2005], drátěných sponek spojujících dvoulisty ve složce a jiných skrytých kovových objektů, existuje celá řada dalších kovových prvků, které jsou viditelné. Jejich podrobný přehled s mnoha vyobrazeními je na obrázku 49. Dále mohou být také i nekovové aplikace mechanicky spojeny se zbytkem knihy pomocí kovových prvků [Sojková, 2010; Lušková, 2005; Nuska, 1965].



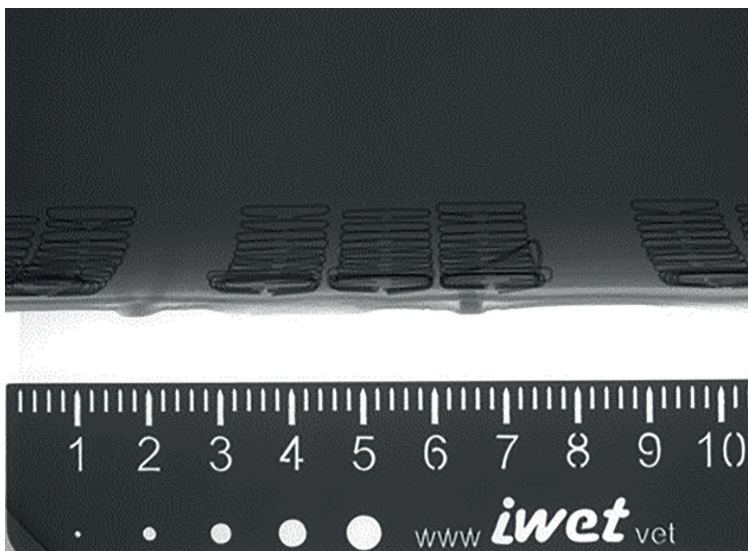
Obr. 49: Popis nejčastěji se vyskytujících kovových prvků na knižní vazbě. 1: pukla; 2: nápisový štítek; 3: štítek spony; 4: tělo spony; 5: usňový řemínek; 6: nárožnice; 7: spona; 8: středové kování; 9: hranové kování; 10: štítek fixující usňové řemínky s tělem spony k zadní desce knihy; 11: nožičky; 12: řetěz uchycený k hranovému kování zadní desky; 13: celokovová vazba tepaná; 14: kovové pásy na hřbetu knihy, uchycené závěsy (klouby); A: pozdně gotická, raně renesanční knižní vazba; B: pozdně gotická, raně renesanční knižní vazba; C: gotická knižní vazba; D: barokní knižní vazba. Převzato z [Sojková, 2010].

I v případě viditelných kovových prvků může radiografie přinést nové informace. Kovové prvky knižní vazby jsou vyrobené nejčastěji z oceli, mosazi nebo bronzu. Prvky vyrobené z oceli mohou mít povrchovou úpravu (např. povrchová vrstva niklu) za účelem zvýšení odolnosti proti korozi. Prostředí knihy a knižního depozitáře je vůči kovům chemicky agresivní. Z papíru, textilií, pergamenu, kůže, lepidel atd. se mohou uvolňovat organické kyseliny, které způsobují korozi. V knižním depozitáři bývá vlhkost kolem 50 %. Tato kombinace postačuje k tomu, aby koroze kovové prvky poškodila. Kovové prvky mohou být z tenkého materiálu, zpravidla kvůli úspoře hmotnosti a ceny. Jsou-li tenké kovové prvky zeslabeny korozí, jejich pevnost může poklesnout natolik, že nedokážou vzdorovat mechanickému namáhání, kterému jsou v knize vystaveny. Mechanické namáhání kovových prvků knižních vazeb lze rozdělit na statické a dynamické. Je-li kniha umístěna v depozitáři, působí na prvky knižní vazby síly vyvolávající statické namáhání: v tahu, tlaku, ohybu nebo kroucení. Manipuluje-li se s knihou, jsou kovové prvky vystaveny také únavovému namáhání. Koroze vede k zeslabení materiálu, poklesu jeho pevnosti a migraci korozních produktů do okolí. To je vidět na rentgenogramu. Migrace korozních produktů může negativně ovlivňovat materiál, z něhož je kniha vyrobená. Rentgenem je možné pozorovat také materiállové vady v samotných kovových prvcích knižních vazeb. Všechny tyto pozorovatelné jevy umožní odhadnout výskyt zhoršených mechanických vlastností, případně snížené životnosti, a to zcela nedestruktivně. Na základě této informace lze lépe zvolit nejvhodnější restaurátorský postup.

2.2.4 Příklady neinvazivního zkoumání dokumentů pomocí rentgenové soustavy



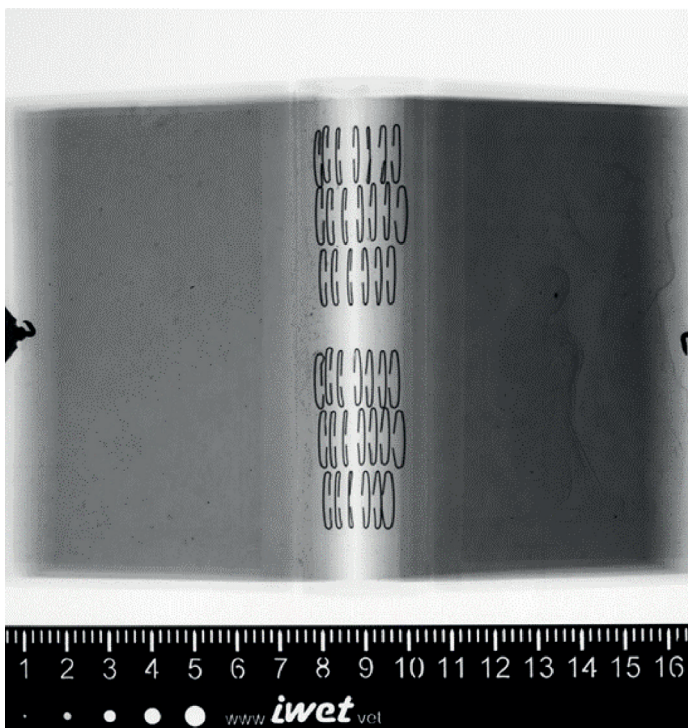
Obr. 50: Detail hřbetu knihy *Grundriss zur Geschichte der deutschen Dichtung*.



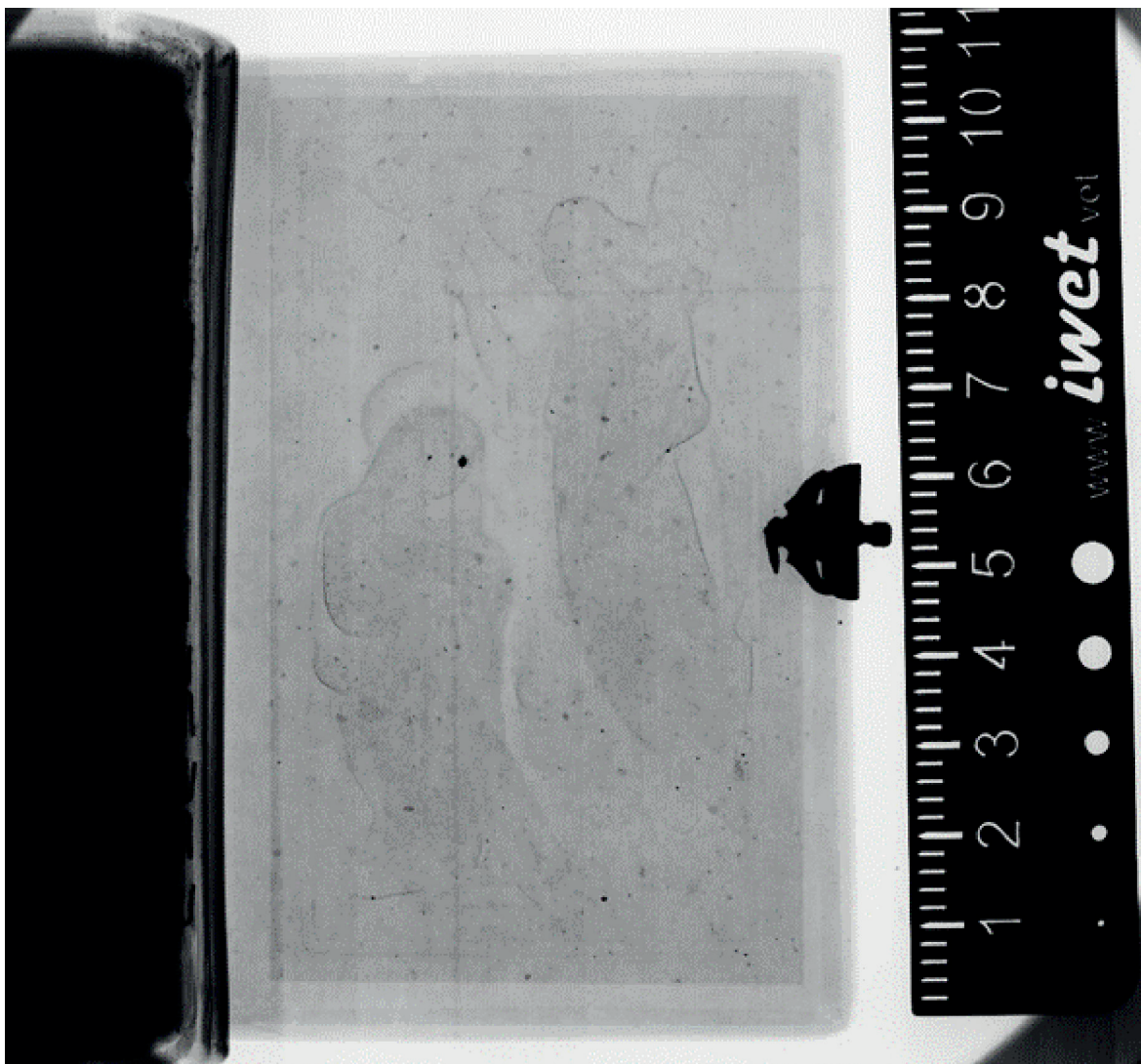
Obr. 51: Detail hřbetu knihy *Grundriss zur Geschichte der deutschen Dichtung*. Kniha umístěna 64 cm nad detektorem pokrytým polyesterovou fólií; rentgenka 92 cm nad detektorem; proud 300 μ A; napětí 80 kV; citlivost detektoru 0,25 pF. Falešné vazby na knize, která je vázána kovovými sponkami.



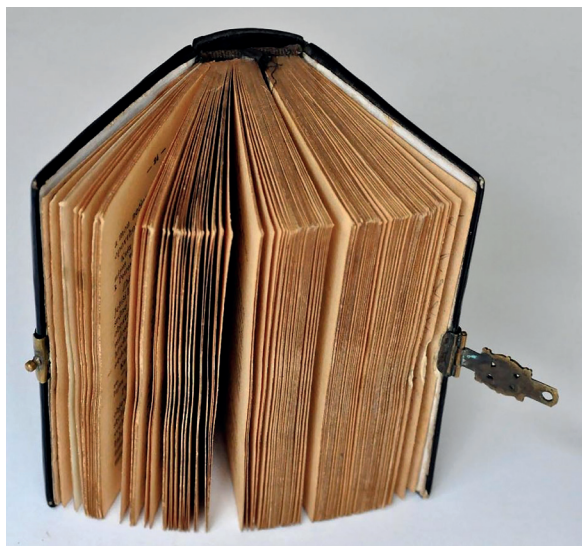
Obr. 52: Kniha *Maria královna nebeská*, pohled na přední desku.



Obr. 53: Kniha *Maria královna nebeská* otevřená v polovině. Kniha umístěna 34,5 cm nad detektorem pokrytým polyesterovou fólií; rentgenka 79 cm nad detektorem; proud 300 μ A; napětí 95 kV; citlivost detektoru 0,5 pF. Kniha je vázána kovovými sponkami, dále je viditelný způsob uchycení kování v desce knihy a také to, že plastický reliéf na desce knihy z polymerního materiálu má velmi malou tloušťku stěny. Na dalším snímku (Obr. 54) samotné desky je reliéf celkem dobře čitelný.



Obr. 54: Přední deska knihy *Maria královna nebeská*. Kniha umístěna 92 cm nad detektorem pokrytým polyesterovou fólií; rentgenka 64 cm nad detektorem; proud 300 μ A; napětí 75 kV; citlivost detektoru 0,5 pF.



Obr. 55: Kniha *Maria královna nebeská*, pohled na otevřenou knihu.

56



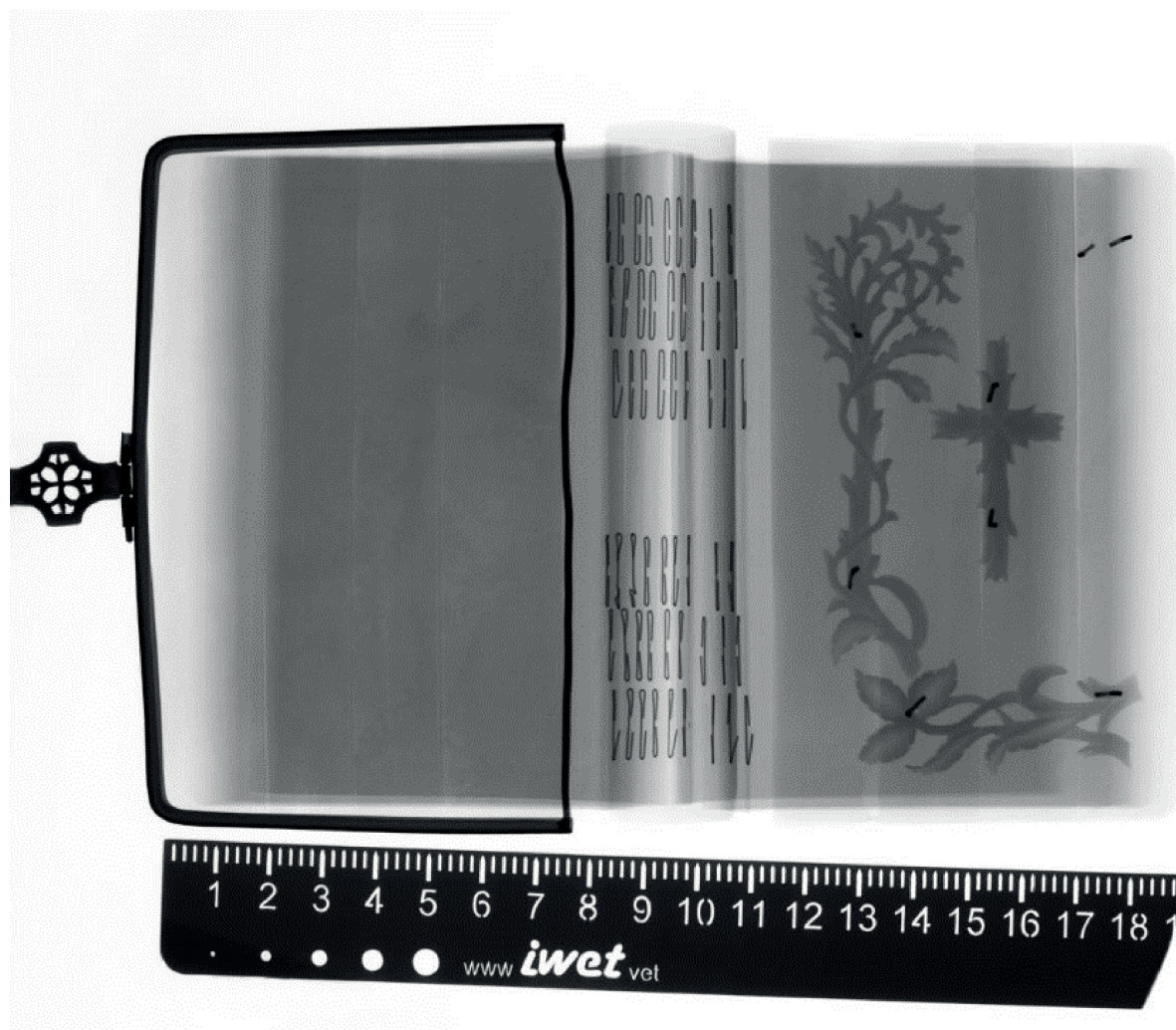
Obr. 56: Detail uchycení zapínání v desce knihy *Maria královna nebeská*. Kniha umístěna 64 cm nad detektorem pokrytým polyesterovou fólií; rentgenka 74 cm nad detektorem; proud 300 μ A; napětí 120 kV; citlivost detektoru 0,25 pF. Snímek ukazuje uchycení kování v desce.



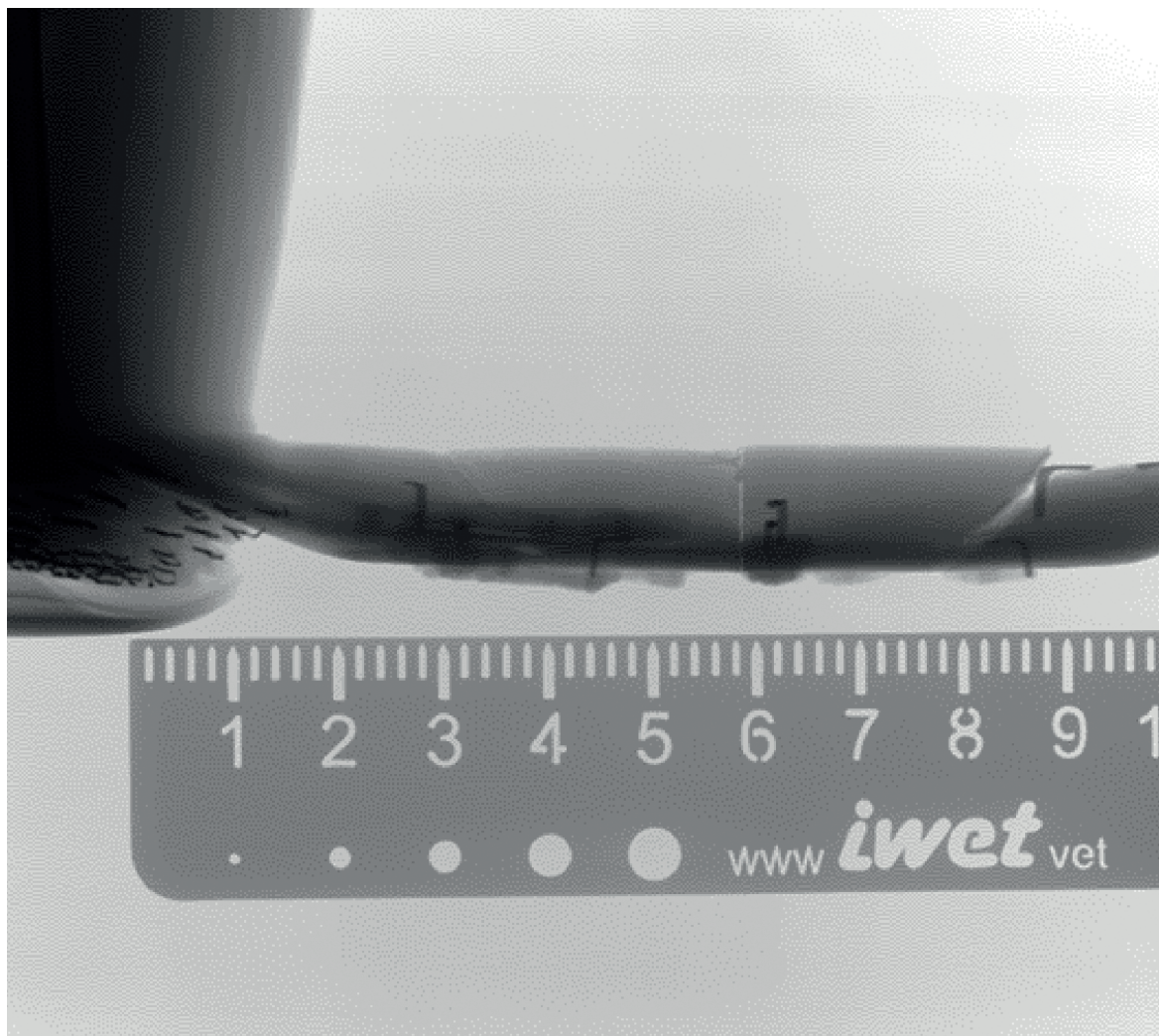
Obr. 57: Kniha *Posvátní zvukové*, pohled na přední desku.



Obr. 58: Přední deska knihy *Posvátní zvukové*. Kniha umístěna 64 cm nad detektorem pokrytým polyesterovou fólií; rentgenka 92 cm nad detektorem; proud 300 μ A; napětí 100 kV; citlivost detektoru 0,5 pF. Na snímku je viditelné uchycení kostěných aplikací k desce knihy, struktura destiček z kosti a lepidlo.



Obr. 59: Otevřená kniha *Posvátní zvukové*. Kniha umístěna 34,5 cm nad detektorem pokrytým polyesterovou fólií; rentgenka 84 cm nad detektorem; proud 300 μA ; napětí 105 kV; citlivost detektoru 0,5 pF. Na snímku je viditelné uchycení kostěných aplikací k desce knihy, struktura destiček z kosti, lepidlo a kovové svorky.

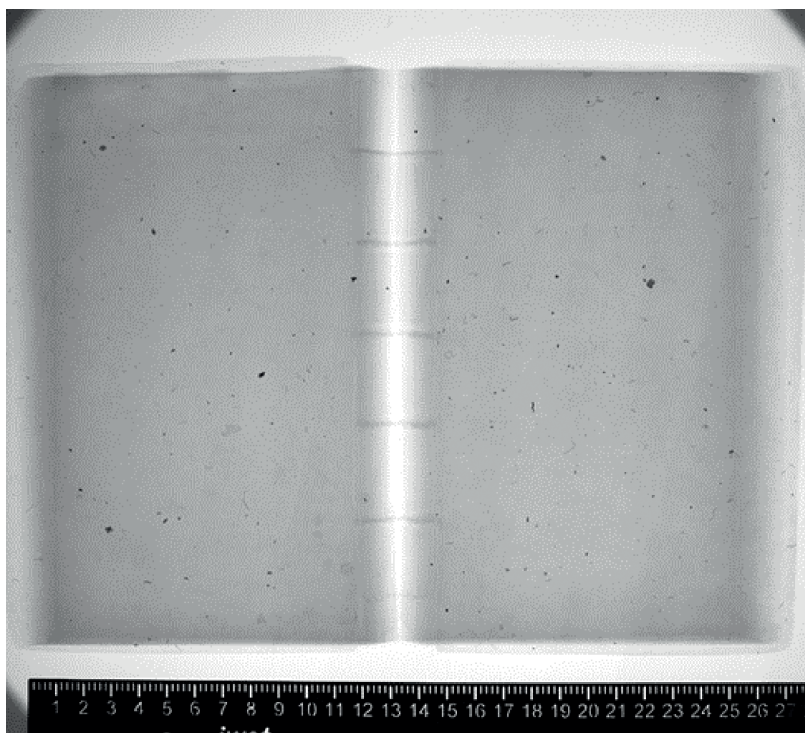


59

Obr. 60: Detail uchycení kostěných aplikací k desce knihy *Posvátní zvukové*. Kniha umístěna 64 cm nad detektorem pokrytým polyesterovou fólií; rentgenka 89 cm nad detektorem; proud 300 μ A; napětí 110 kV; citlivost detektoru 0,25 pF. Na snímku je viditelné uchycení kostěných aplikací k desce knihy.



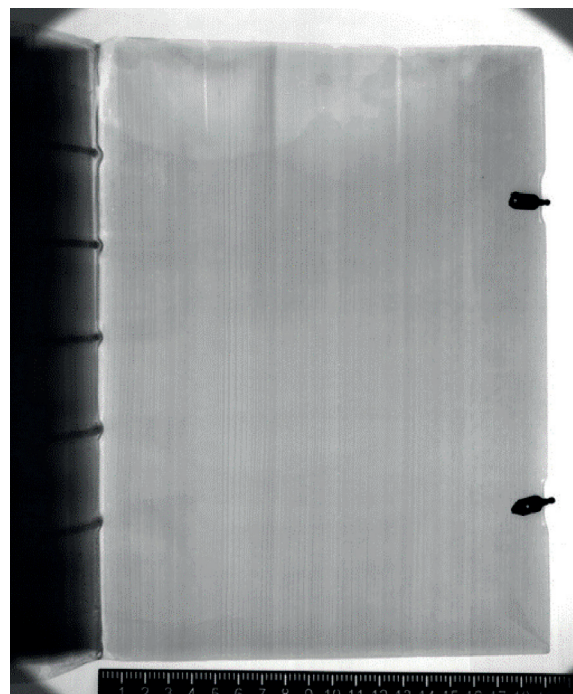
Obr. 61: Kniha *Ouvres completes de Voltaire*.



Obr. 62: Kniha *Ouvres completes de Voltaire* otevřená v polovině. Kniha umístěna přímo na detektoru pokrytém polyesterovou fólií; rentgenka 69 cm nad detektorem; proud 300 μ A; napětí 105 kV. Množství pravděpodobně kovových částic je jasně viditelné na snímku lepenkových desek knihy. Na snímku je také dobře viditelné nepoškozené vázání knihy



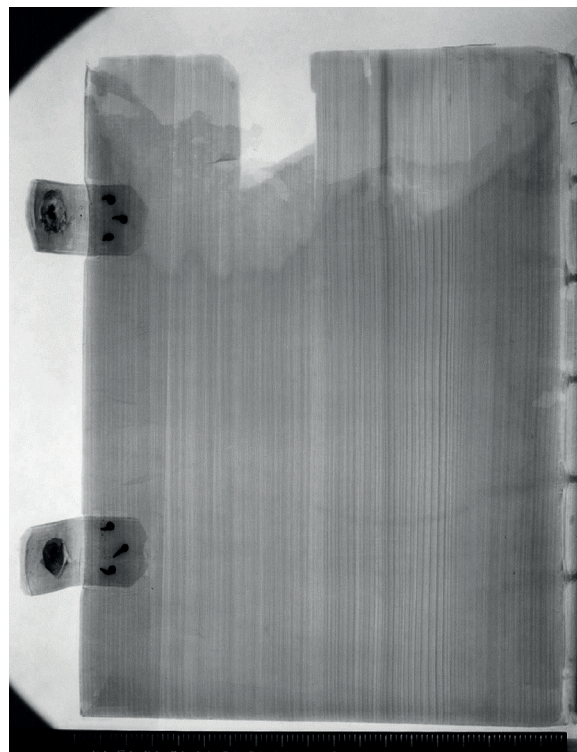
Obr. 63: Kniha *Animadversiones in regulas et usum critices*, pohled na přední desku.



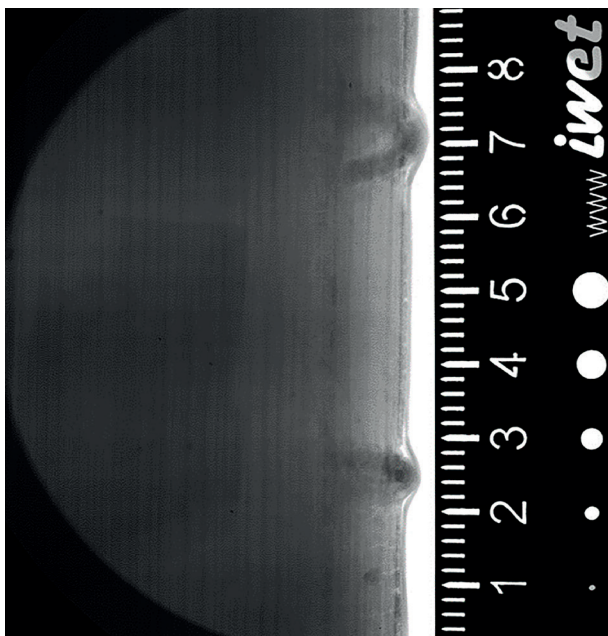
Obr. 64: Přední deska knihy *Animadversiones in regulas et usum critices*. Kniha umístěna 25 cm nad detektorem pokrytým polyesterovou fólií; rentgenka 92 cm nad detektorem; proud 300 μ A; napětí 120 kV. Na snímku je vidět poškození desky v podobě prasklin v dřevěné desce v horní části snímku, ale také poškození hmyzem v levé horní části snímku u hřbetu knihy. Dále je patrné, že chybí část potahu desky, rovněž jsou viditelné části kování, které jsou zapuštěny uvnitř, a vazy.



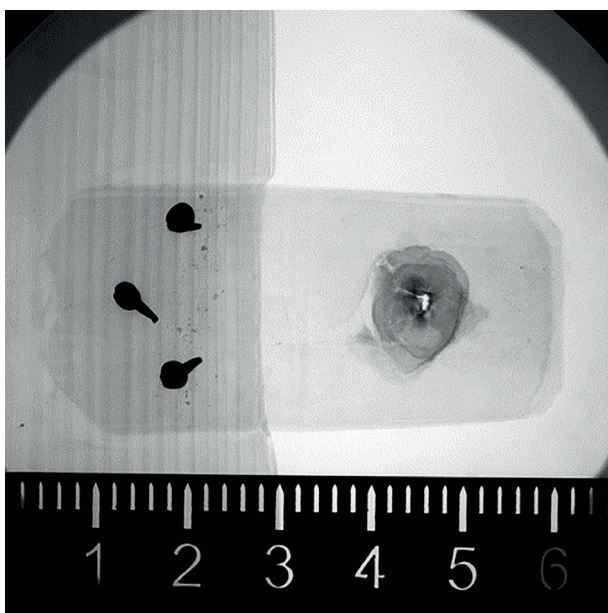
Obr. 65: Kniha *Animadversiones in regulas et usum critices*, pohled na zadní desku.



Obr. 66: Zadní deska knihy *Animadversiones in regulas et usum critices*. Kniha umístěna 25 cm nad detektorem pokrytým polyesterovou fólií; rentgenka 92 cm nad detektorem; proud 300 μ A; napětí 120 kV. Na snímku je vidět poškození desky v podobě prasklin v dřevěné desce a její chybějící části v horní části snímku, ale také poškození hmyzem. Dále je patrné, že chybí část potahu desky, rovněž jsou viditelné části kování, které jsou zapuštěny uvnitř desky, a vazy.



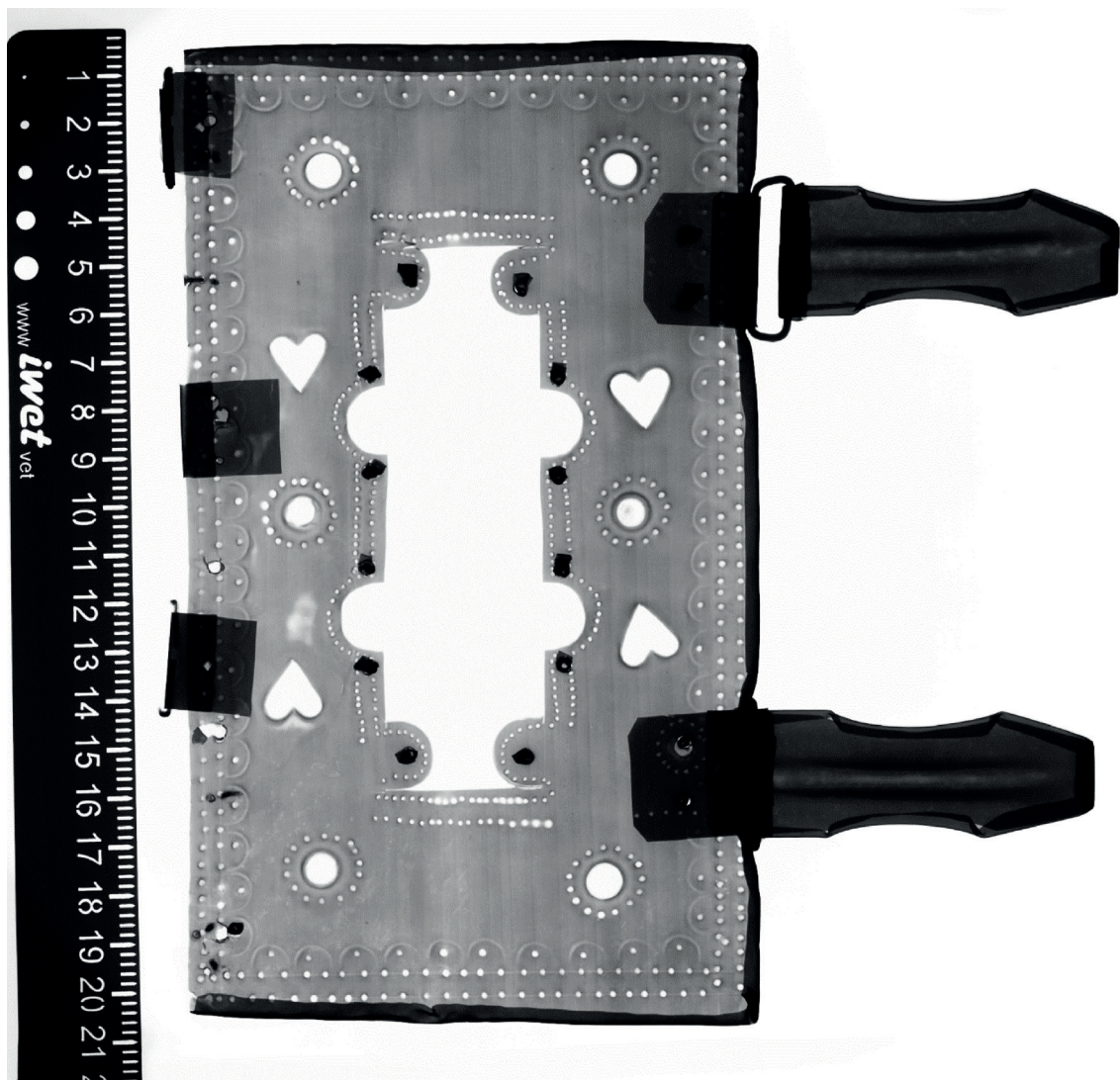
Obr. 67: Detail vazů knihy *Animadversiones in regulas et usum critices*. Kniha umístěna 64 cm nad detektorem pokrytým polyesterovou fólií; rentgenka 79 cm nad detektorem; proud 300 μ A; napětí 90 kV; citlivost detektoru 0,5 pF.



Obr. 68: Část zavírání knihy *Animadversiones in regulas et usum critices*. Kniha umístěna 64 cm nad detektorem pokrytým polyesterovou fólií; rentgenka 74 cm nad detektorem; proud 300 μ A; napětí 75 kV; citlivost detektoru 0,5 pF. Na snímku je vidět uchycení pásku kovovými hřebíky k desce a také korozní produkty kovu v pásku, které se na něj a do jeho struktury dostaly z kovového prvku.



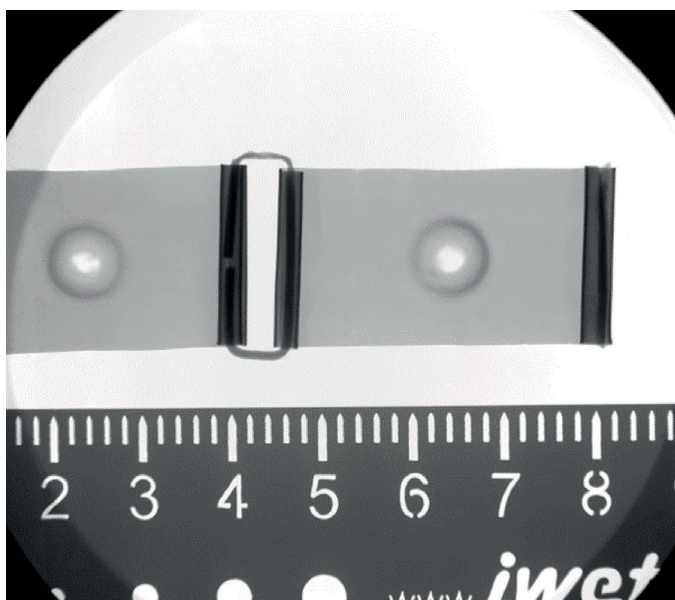
Obr. 69: Kniha *Nebeklíč*.



Obr. 70: Zadní deska knihy *Nebeklíč*. Kniha umístěna 34,5 cm nad detektorem pokrytým polyesterovou fólií; rentgenka 54 cm nad detektorem; proud 300 μA ; napětí 110 kV. Na snímku je dobře čitelný reliéf krycího plechu a místa jeho uchycení k desce knihy.



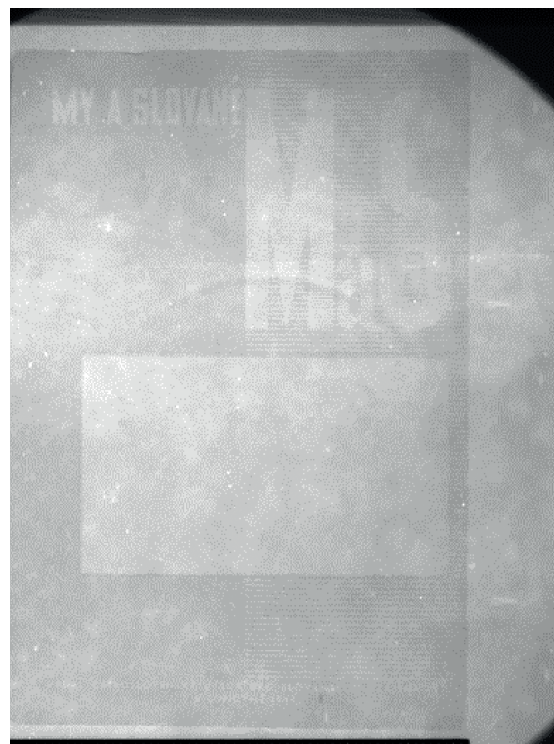
Obr. 71: Detail spony knihy *Nebeklíč*. Kniha umístěna 64 cm nad detektorem pokrytým polyesterovou fólií; rentgenka 79 cm nad detektorem; proud 300 μ A; napětí 120 kV; citlivost detektoru 0,5 pF. Na snímku je vidět kování knihy. Spona zavírání má jádro asi z 3 mm silného materiálu a její pohledová strana je překryta tenkým plechem, který také pokrývá desky knihy. Na snímku jsou jasně viditelné sklady tenkého plechu přes jádro.



Obr. 72: Část kování ze hřbetu knihy *Nebeklíč*. Kniha umístěna 64 cm nad detektorem pokrytým polyesterovou fólií; rentgenka 74 cm nad detektorem; proud 300 μ A; napětí 110 kV; citlivost detektoru 0,5 pF. Snímek ukazuje část kování knihy ze hřbetní části. Na kovovém článku spojujícím plechy je jasně patrné korozní poškození a značné ztenčení základního materiálu.



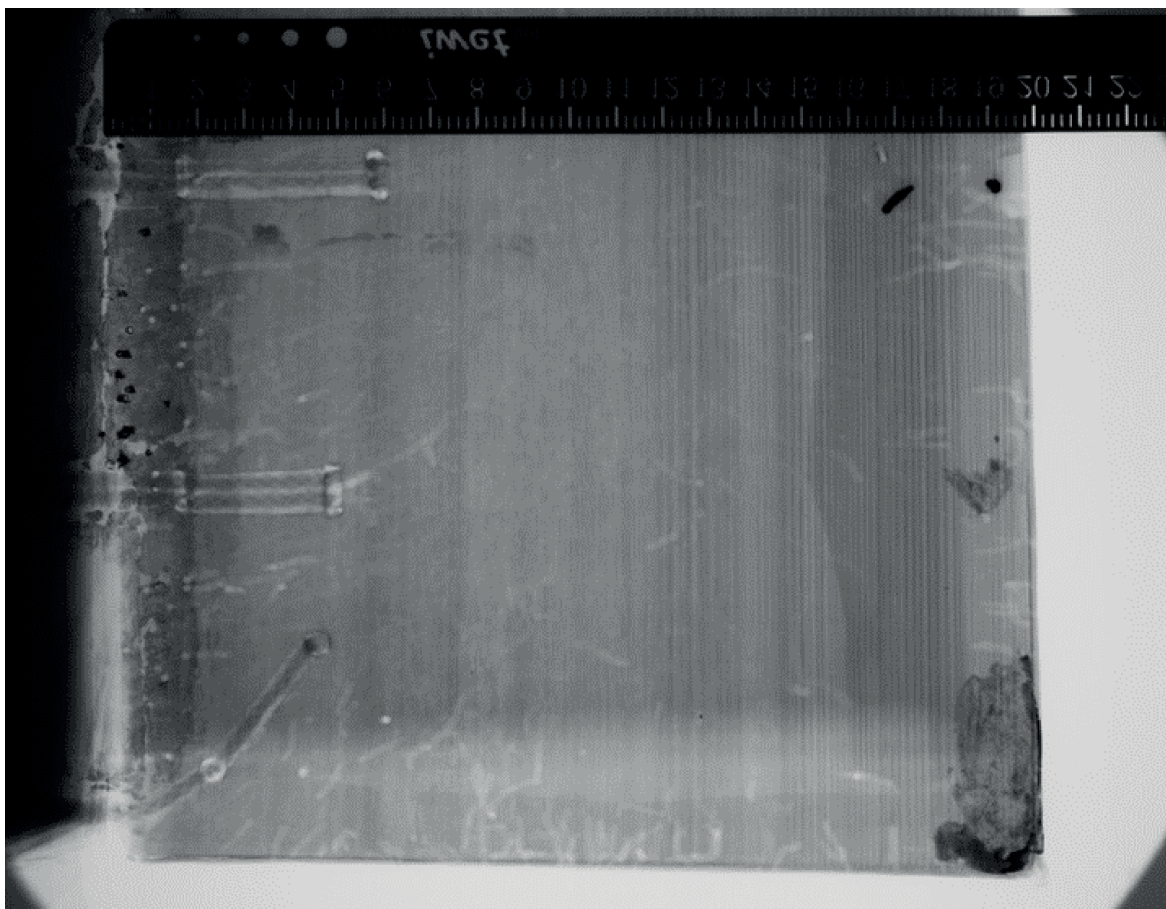
Obr. 73: Kniha Josefa Hejreta *Češi a slovanstvo*, pohled na přední desku.



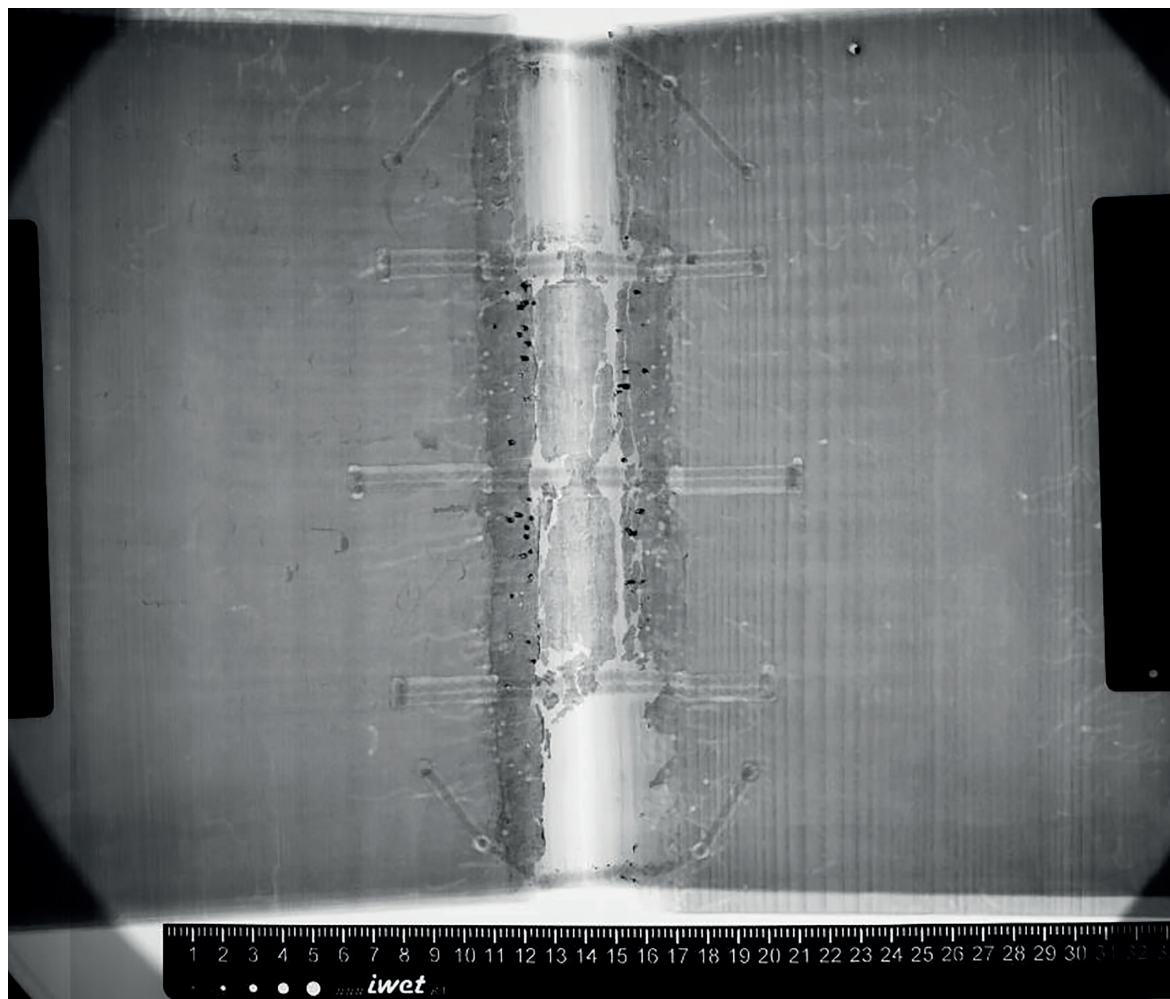
Obr. 74: Přední deska knihy Josefa Hejreta *Češi a slovanstvo*. Kniha umístěna 34,5 cm nad detektorem pokrytým polyesterovou fólií; rentgenka 79 cm nad detektorem; proud 300 μ A; napětí 110 kV. Zajímavá je oranžová barva na deskách této knihy. Tato barva má viditelnou stínící vlastnost pro RTG záření, a proto je na snímku tisk na desce jasně patrný. Po analýze pomocí přenosného XRF analyzátoru se ukázalo, že v barvě se nachází zvýšené množství olova.



Obr. 75: Kniha z historických fondů Národní knihovny ČR (signatura XXIII D 136).



Obr. 76: Horní část přední desky knihy z historických fondů Národní knihovny ČR (signatura XXIII D 136). Kniha umístěna 18 cm nad detektorem pokrytým polyesterovou fólií; rentgenka 74 cm nad detektorem; proud 300 μ A; napětí 95 kV. Desky knihy na snímku jsou výrazně poškozené hmyzem. Desky jsou dřevěné s tloušťkou okolo 10 mm. Dále je viditelné ukončení vazů, zbytky po uchycení kování, které bylo odstraněno, přetření části desky (pravý spodní roh na snímku) barvou zřejmě s příměsí těžkého kovu, poškození potahu desek v oblasti hřbetu a neobjasněné částice v oblasti hřbetu, které stíní RTG záření.



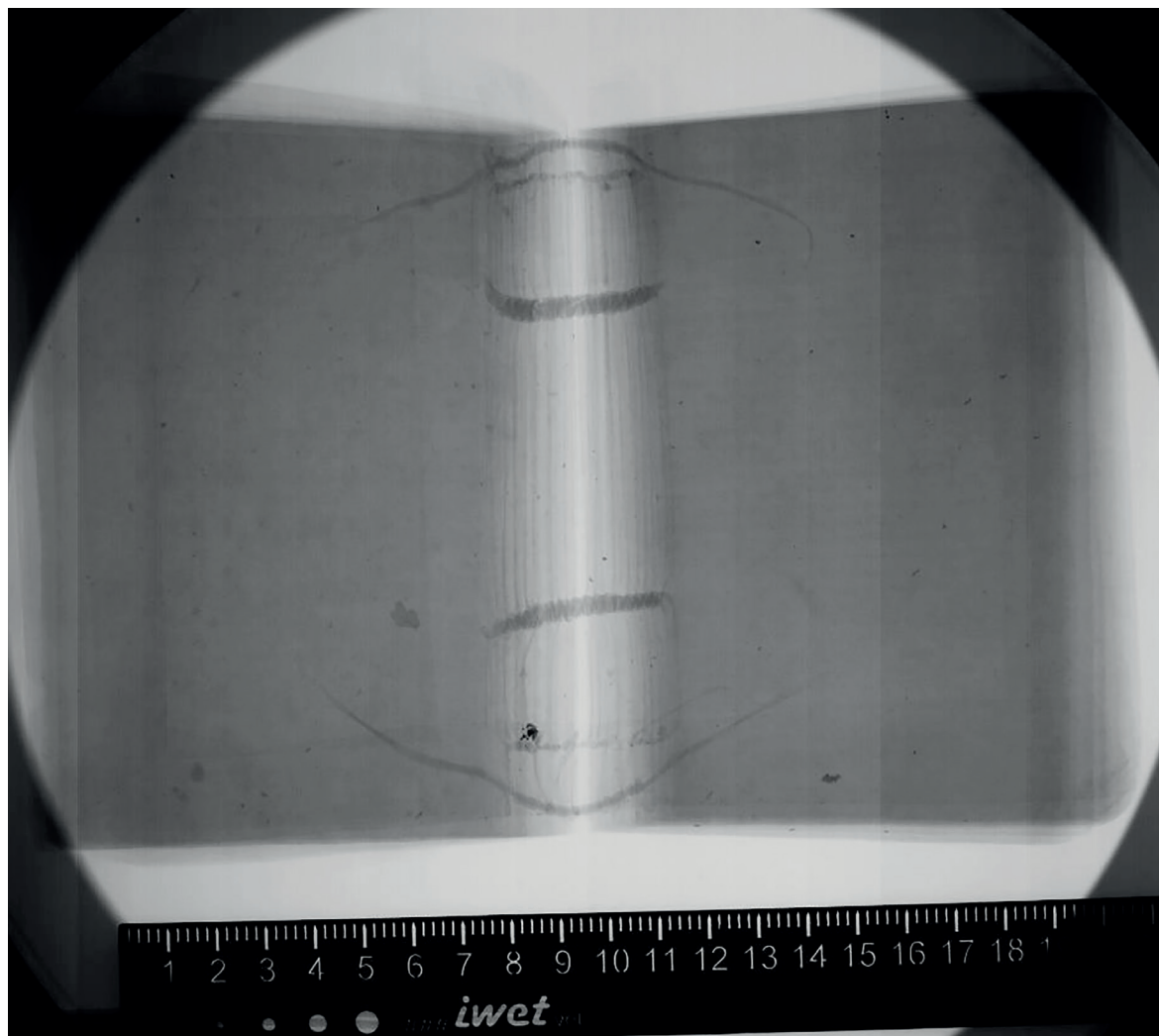
Obr. 77: Otevřená kniha z historických fondů Národní knihovny ČR (signatura XXIII D 136). Kniha umístěna přímo na detektoru pokrytém polyesterovou fólií; rentgenka 84 cm nad detektorem; proud 300 μ A; napětí 100 kV. Na snímku jsou vidět nepoškozené vazby knihy, poškození desek knihy hmyzem a neobjasněné částice v chodbičkách v oblasti hřbetu, které stíní RTG záření.



Obr. 78: Kniha
Ghirarda Imbertiho
I reali di Francia:
ne'quali si contiene
la Generatione de
gl'Imperatori, 1629,
pohled na přední
desku.



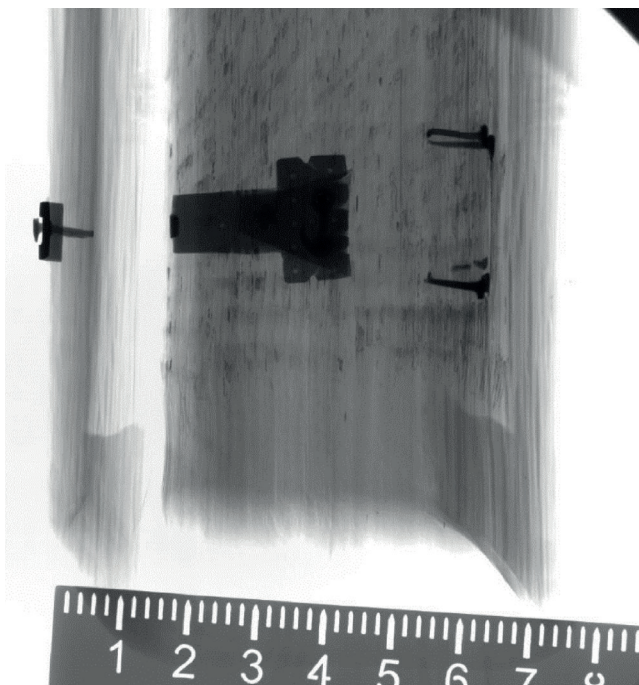
Obr. 79: Kniha
Ghirarda Imbertiho
I reali di Francia:
ne'quali si contiene
la Generatione de
gl'Imperatori, 1629,
pohled na hřbet.



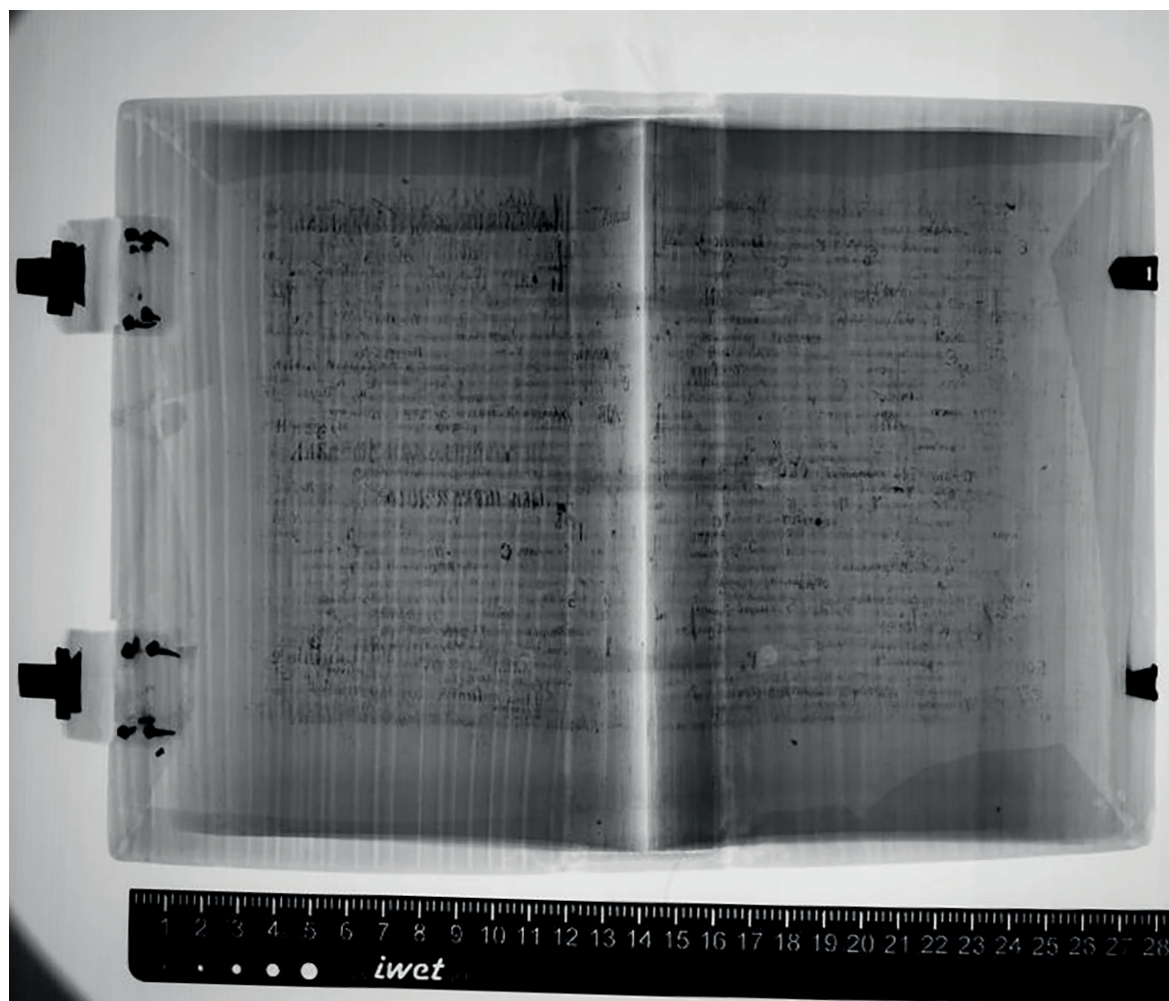
Obr. 80: Otevřená kniha Ghirarda Imbertiho *I reali di Francia: ne'quali si contiene la Generatione de gl'Imperatori*, 1629. Kniha umístěna 34,5 cm nad detektorem pokrytým polyesterovou fólií; rentgenka 79 cm nad detektorem; proud 300 μ A; napětí 100 kV. Na snímku jsou vidět nepoškozené vazby knihy a nehomogenity v deskách.



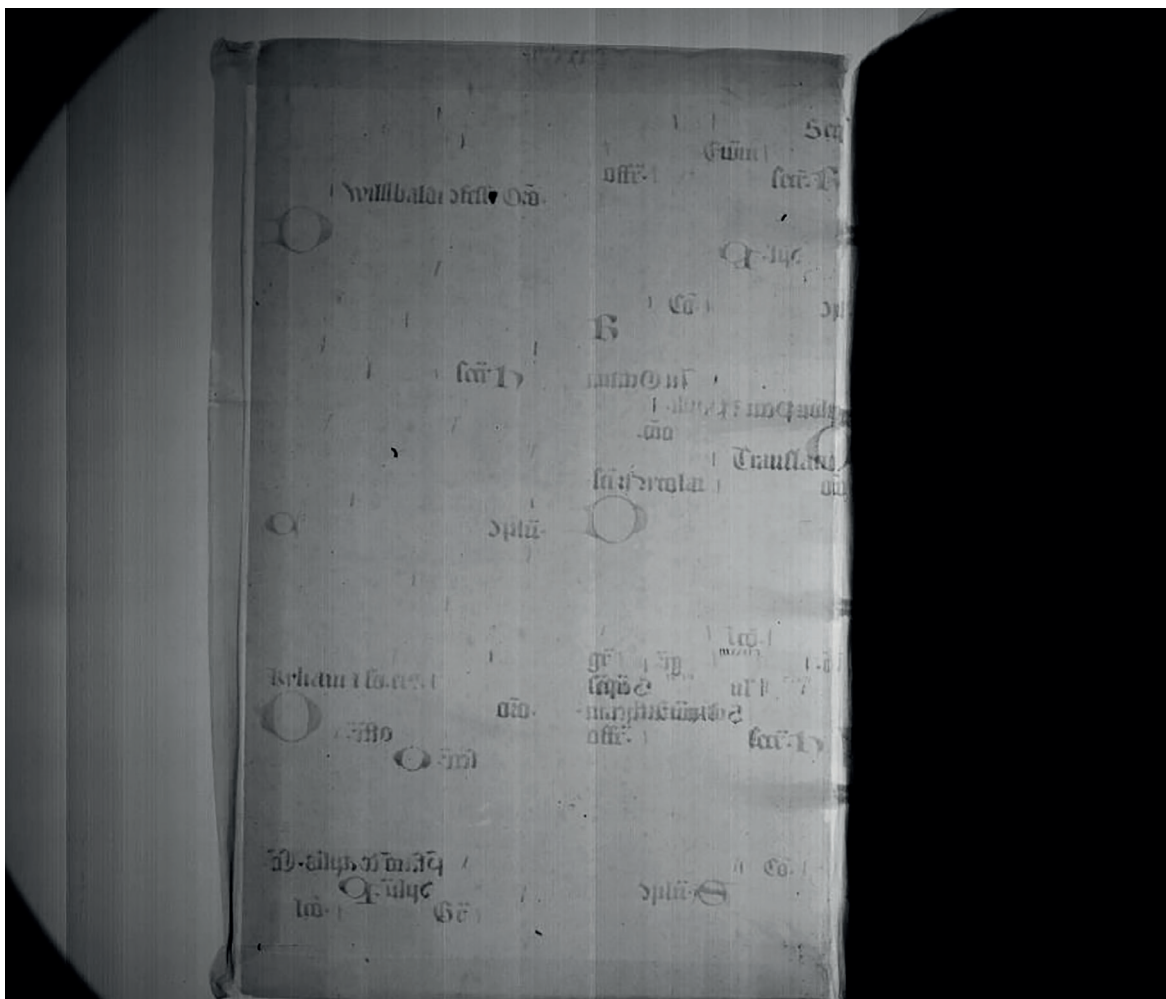
Obr. 81: Kniha Raymunda Lulluse *Velikaja i predivnaja nauka*, detail zavírání knihy.



Obr. 82: Detail zavírání knihy Raymunda Lulluse *Velikaja i predivnaja nauka*. Kniha umístěna 64 cm nad detektorem pokrytým polyesterovou fólií; rentgenka 89 cm nad detektorem; proud 300 μ A; napětí 80 kV; citlivost detektoru 0,25 pF. Na snímku je vidět uchycení zapínání knihy do desky a text v knižním bloku psaný červenou barvou s vyšším obsahem těžkých prvků (zřejmě rumělka).



Obr. 83: Otevřená kniha Raymunda Lulluse *Velikaja i predivnaja nauka*. Kniha umístěna přímo na detektoru pokrytém polyesterovou fólií; rentgenka 79 cm nad detektorem; proud 300 μ A; napětí 100 kV; citlivost detektoru 0,5 pF. Na snímku je vidět struktura dřevěných desek a jejich přebal, kovové prvky a text v knižním bloku psaný červenou barvou s vyšším obsahem těžkých prvků (zřejmě rumělka).



Obr. 84: Přední deska knihy z historických fondů Národní knihovny ČR (signatura 15 A 45/T.2). Kniha umístěna přímo na detektoru pokrytém polyesterovou fólií; rentgenka 89 cm nad detektorem; proud 300 μ A; napětí 90 kV. Na snímku vystupuje rukopis na pergamenu, který byl druhotně použit jako obal pro knihu. Viditelné je pouze psané písmo červenou barvou s vyšším obsahem těžkých prvků (zřejmě rumělka).

3 Průzkum filigránů

Filigranologie, studium filigránů, je významný obor historického bádání spadající do skupiny pomocných věd historických a jeho využití jak v oblasti historického zkoumání, tak i restaurátorských průzkumů se stále rozšiřuje a získává na oblibě. Závěry získané z průzkumu filigránů jsou nezastupitelným prostředkem historické kritiky. Filigrány jsou v rámci průzkumu provenienčně i časově zařazovány, a tím jsou získávány důležité informace také k celému dokumentu, v němž byl daný papír použit. Studium filigránů je vzhledem k množství typů a variant velmi obtížné a specializované databáze jsou významnou pomůckou. Ruční papír se čerpá tzv. čerpací formou, kde se papírová suspenze rovnoměrně rozptýlí a vytvoří arch papíru. Čerpací forma dává papíru základní tvar a podobu. Skládá se z dřevěného rámu, na kterém je napnuté kovové síto (drátky ze slitiny mědi), a příklopného rámu, ohraničujícího okraj síta a umožňujícího zachycení vrstvy papíroviny na sítu. Základní a příklopný rám se vyráběly z dubového nebo hrušňového dřeva louženého ve vodě. Pevnost rámu zajišťovala příčná žebra, převážně z jedlového dřeva, kladená v pravidelných vzdálenostech po celé ploše rámu.

Příčná žebra kromě zpevnění rámu plnila také funkci pevné podpěry síta. Čerpací formy se dle historických pramenů používaly cca 1–2 roky, kdy se souběžně používaly dva základní rámy se sítem, které nebyly vždy naprosto totožné a ve znaku i umístění jsou drobné odchylky. Ke dvěma párovým ráům příslušel vždy jeden příklopný rám. K postupným změnám a deformacím znaku docházelo i při výrobě papíru. Je tedy velmi složité jednoznačně určit datum výroby a provenienci papíru, pokud se u exemplářů s papírem s podobným znakem, lišícím se pouze v detailech, jedná o odlišné výrobce, místo, nebo o varianty z jedné formy v různém stadiu opotřebení. Proto jsou sledovány také rozměry a charakter síta, časové zařazení exempláře jako celku a další zjištění k historii papírny, knihařské dílny, tiskárny apod.

Průzkum filigránů se zaměřuje především na nejstarší exempláře ve fondu a dokumenty, kde je zvýšená potřeba dohledat provenienční znaky, informace o majitelích nebo uživatelích exempláře. Pro průzkum a dokumentaci filigránů, vodoznaků či vlisů mohou být využívány techniky makrosnímkování ve volitelných vlnových délkách, širokospektrálního zobrazení UV, VIS, IR v kombinaci s digitálními úpravami obrazu i prozařovací metody jako radiografie. Cílem průzkumu je doplnit evidenci fondu, získat informace o historii a původu exempláře a rozšiřovat restaurátorský průzkum.

Označení papírenské výrobní značky termínem filigrán vychází ze spojení latinských slov filum (nit) a granum (zrno). Termín se používá především v zemích jako Itálie, Španělsko, tedy kde se mluví především románskými jazyky. Setkáváme se i s názvem vodoznak, případně vodotisk, vodoznačka (tyto termíny ale v českém jazyce označují jiný fenomén, a proto není správné jejich použití v tomto případě), stejně jako v Německu Wasserzeichen nebo v anglicky mluvících zemích Watermark. Filigrány se začaly používat až v evropských papírnách a postupně se rozšířily i do mimoevropských zemí. Tato výrobní značka označuje výrobce papíru, ať již papírnu nebo papírenského mistra, ale také formát či druh papíru. Znak byl také i v historii právně chráněn panovníkem či

vrchností a jeho falšování nebo kopírování bylo trestáno. Znak tak zaručoval, že papír pocházel z konkrétní papírny v garantované kvalitě i provedení.

Filigrán vzniká dodatečným připojením drátu, který tvoří obraz, motiv filigránu, k čerpacímu sítu. Síta pro čerpání papíroviny byla z kovových drátků, na které se znak filigránu připájel či jinak připevnil. Při čerpání papíru na vystouplém znaku ulpělo méně papírové hmoty, papír zde byl zeslaben a proti světlu více průsvitný. Z tohoto jevu, kdy filigrán je viditelný zřetelně při průsvitu, se odvíjí další termín pro filigrán, a to průsvitka. S používáním jemně tkaných čerpacích sít pro výrobu tzv. velinového papíru (hladký papír bez žebrování vergé) se využívala také písmena či znaky vystřižené z plechu, nebo byl znak přímo vlisován do plochy síta. U sít s vlisovaným znakem byl využíván efekt vypouklého, plastického znaku i vydutého znaku (konkávního), kdy se naopak v hlubších místech zachytí více papírové hmoty a znak se pak v průsvitu jeví tmavší než okolí.

78

Motivy filigránů jsou rozmanité, od jednoduchých geometrických tvarů (kříž, kruh, trojúhelník aj.), přes písmena, číslice, květiny, zvířata, předměty denní potřeby, lidské postavy až po různé symboly a znaky. Trendy v motivech filigránů se v průběhu času měnily. Nejstarší znaky byly geometrické útvary, od 16. století jsou častým motivem heraldické znaky a jména papírníků, v 17. století figurální výjevy. Motivy se mezi papírnami také přebíraly, jako například motiv volské hlavy bez očí, původně používaný v italských papírnách produkujících vysoce ceněný papír, který byl na přelomu 15.–16. století napodobován některými německými papírnami.

Původně byl dlouhé období umístován na arch papíru jeden znak v jedné z polovin archu. Zhruba od poloviny 17. století se k hlavnímu znaku připojují vedlejší znaky vyjadřující lokaci papírny, informaci o výrobcí či datum výroby. Často se také využívalo opakování stejného znaku na archu. Znaky byly seskupovány do různých

sestav, umisťovány do jedné z polovin archu, nebo byly rozmístěny do obou polovin, do středu či do rohů archu, na okraje. Postupem času se cizelovalo také provedení znaků k více řemeslně a výtvarně dokonalejším.

3.1 VÝZNAM FILIGRÁNŮ

Značka nebo označení výrobku ve smyslu ochrany výrobce, respektive konzumenta, má historii téměř stejně dlouhou jako výroba sama. Neplatí to pouze u některých řemesel či výrobních odvětví s označením výrobce, kvality, popřípadě druhu, ale setkáváme se s tím u všech materiálů a výrobků. Kontext a historii mezi těmito značkami shrnuje Zuman ve svém článku Filigrány, jejich vývoj a význam [Zuman, 1939]. Zajímavé je, že i předchůdce papíru, pergamen, byl opatřován ochrannými značkami, které byly dodávány buď výrobcem, nebo po schválení např. rektorem univerzity před samotným prodejem.

Filigrány na papíru se začaly používat až s příchodem výroby papíru do Evropy. Arabský papír, který byl původně (podle přenesené znalosti výroby z Číny) čerpán na síta z bambusových vláken, nemohl být opatřen filigránem z technologických důvodů. Přesun této výrobní technologie do jiných zemí s jinými přírodními surovinami, jinou úrovní zpracování pomocných materiálů atd. zapříčinil přirozený vývoj této technologie. U papíru se to projevilo používáním jiných výchozích surovin pro získávání papírové drtě a také u zvolených materiálů na výrobu nabíracích forem. Díky dobré znalosti zpracování kovů v Evropě se tato znalost promítla do základu formy, kde byla bambusová vlákna nahrazena kovovými dráty. Tento fakt měl za následek právě to, že začaly být používány značky – filigrány na papíru. Důvod byl prostý, tato změna to umožnila. Zpočátku přišívání (Obr. 85) a následně letování drátků na kovové síto umožňovalo odlišit jednotlivé papíry.



Obr. 85: Drát přišitý na sítu papírenského rámu.

80

Také je nutné vědět, že ne každý papír byl opatřen při výrobě filigránem. Často se jedná o papír podřadné kvality nebo papír na výrobu hracích karet, ale ani to není pravidlem. Nalézají se stále více a více papírů tiskařských a psacích, které nejsou opatřeny filigrány. Prvotní podoba filigránu se zaměřovala na označení papírny, později přímo i daného mistra papírníka. Jedná se tedy o označení původu papíru.

Další význam, který filigrány v průběhu jejich masivního používání měly, je označení druhu papíru. Nejznámějším příkladem je filigrán ve tvaru poštovní trubky, který symbolizoval nikoli papírnu, ale poštovní papír. Jindy filigrán označoval formát papíru. Postava biskupa označovala Bischofsformen nebo například motiv pleteného úlu označoval formát Pro Patria, formáty papírů a knih. Méně významný a taktéž pravidly podepřený význam filigránu je označení kvality daného papíru. Někdy je to patrné pouze na rozdílné úrovni zpracování vlastního filigránu, jindy se používá označení písmenem, popřípadě číslicí.

3.2 METODY ZVIDITELNĚNÍ FILIGRÁNŮ

Metody vizualizace a dokumentace filigránu jsou založené na průchodu určitého typu záření papírem, který je v místě filigránu znatelně tenčí, a dochází zde tedy k průchodu většího kvanta daného záření. Obdobným způsobem, v rozsáhlejší měřítku, se postupuje při analýze klasických DPZ (Dálkový Průzkum Země) dat [Plánka, 2007]. Metoda nevyužívající efektu rozdílného průchodu záření v místě filigránu je metoda překreslení struktury povrchu – frotáž (z francouzského Frotter – třít) či fotografování s využitím i bočního světla. Frotáž je metoda využívající výškového rozdílu filigránu (zahlobení) oproti okolní ploše papíru (Obr. 86). V angličtině se tato metoda označuje termínem rubbing [Meinlschmidt, 2009]. Důležité je použití této metody ze strany papíru, která při výrobě lícovala s papírenským sítem. Na průklepovém papíru se v místě filigránu provede šrafura naplocho vedenou měkkou tužkou. Obrisy filigránu se zobrazí v podobě světlé linie na tmavém pozadí. Tento způsob je vhodný pro papíry, kde například černý knihtisk filigrán značně překrývá



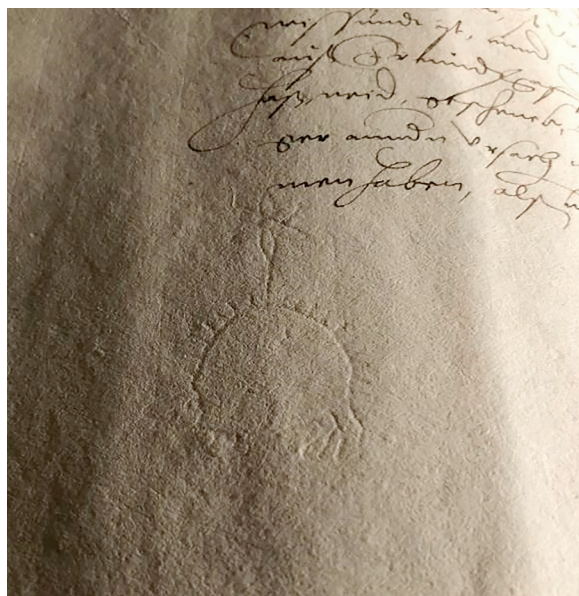
Obr. 86: Filigrán v procházejícím světle a jeho obkres metodou frotáže.

(pokud ovšem nebyla struktura papíru narušena tlakem tiskařského lisu). Metoda ale představuje určité zkreslení, případně poškození originálu tlakem hrotu tužky.

3.2.1 POUŽITÍ VIDITELNÉHO A ULTRAFIALOVÉHO ZÁŘENÍ

Nejrozšířenější metodou dokumentace filigránů je využití průchodu viditelného světla. Nevýhodou této metody je, že případný tisk, inkoust nebo barevná vrstva v místě filigránu světlo nepropustí a znak není viditelný kompletně. To znesnadňuje obkreslení filigránu či nasnímání fotoaparátem. Při této metodě je využíván prosvětlovací stůl, panel či prosvětlovací fólie, kde jsou vlákna vedoucí světlo zalaminována ve fólii. Na tento typ zdroje světla se položí originál (papír s filigránem), na který se umístí transparentní papír (pauzovací) a pomocí tužky se obkreslí prosvícený filigrán, který má světlejší barvu (v místě jeho kontur prochází více viditelného světla) oproti okolnímu papíru. V dnešní

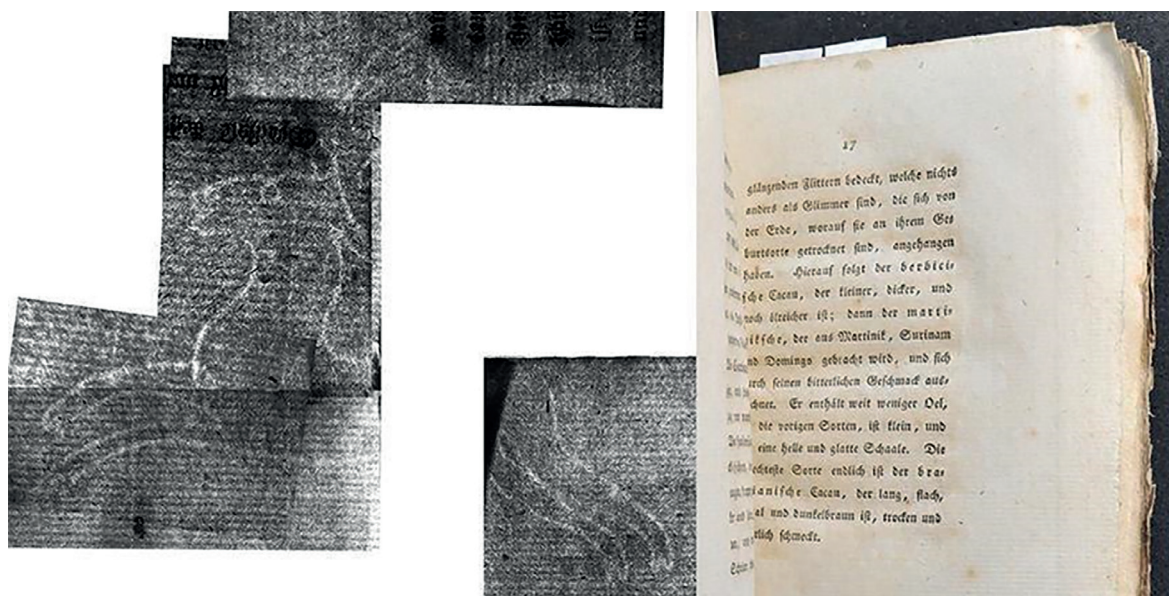
82



Obr. 87: Zobrazení filigránu ručního papíru v knižním bloku pomocí bočního osvětlení.

době jsou spíše využívány transparentní fólie a tenký lihový fix, kde nedochází ke zhoršení viditelnosti filigránu jako u pauzovacího papíru. Takto zviditelněný filigrán je obvykle nasnímán, v současnosti především pomocí digitálního fotoaparátu. S využitím bočního osvětlení je také možné zviditelnit filigrán s hlubším reliéfem (Obr. 87).

Další možnosti dokumentace filigránů jsou již zmíněny v předchozím textu, viz Příklady neinvazivního zkoumání dokumentů pomocí VSC 8000. V případě, že je v knize objeveno několik fragmentů filigránů, je žádoucí se pokusit tyto fragmenty složit do celku. Filigrán jelena byl proto složen z několika částí. Po ručním poskládání může složená podoba, až na část samotného trupu, podat věrohodnou informaci o filigránu (Obr. 88).

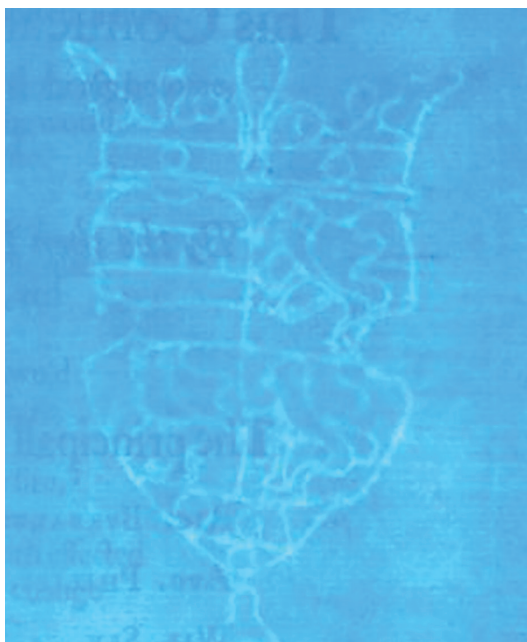


Obr. 88: Snímek filigránu jelena z knihy *Kallopistria ober die Kunst der Toilette* pořízený videospektrálním komparátorem. Pozorováno ve viditelném bočním světle bez použití filtrů. Grafická úprava – ořez; maska vrstvy černá a bílá; spojení ručním skládáním.

Tajemství knih

S použitím speciálních lamp je možné využít efektu průchodu jednotlivých vlnových délek viditelného záření či blízkého infračerveného záření, čímž částečně dojde k eliminaci rušivého vlivu textu či barevné vrstvy, který ale nelze potlačit zcela. Na tomto principu vznikla metoda využívající světlocitlivý papír Dylux 503 od firmy Du Point. Fotosenzitivní vrstva je tvořena žlutým barvivem citlivým na modré fluorescentní (zářivkové světlo) a ultrafialové záření. Citlivý papír se vloží přímo do knihy pod papír s filigránem a exponuje se modrým světlem. S ohledem na citlivost papíru k UV záření je využívána modrá oblast viditelného záření, případně pásmo blízké neboli UV-A záření, oblast 320–380 nm. Po expozici je citlivý papír z knihy vyjmut a provede se celoplošný osvit ultrafialovým zářením. Po tomto ozáření citlivá vrstva papíru Dylux zmodrá na místě, kde nebyla osvětlena modrým zářením (plocha papíru vyjma kontur filigránu), filigrán zůstane zbarven žluto-bíle [Gants, 1994; Allison, 1999] (Obr. 89).

84



Obr. 89: Zobrazení filigránu pomocí světlocitlivého papíru Dylux 503.

3.2.2 TERMOGRAFIE (INFRAČERVENÉ ZÁŘENÍ)

Tato metoda využívá absorpci infračerveného záření z topného tělesa papírem a následné snímání termální infračervenou kamerou. Ideální rozlišení termální infračervené kamery je 0,02 °C [Meinlschmidt, 2009]. Knihtisk je touto metodou zcela potlačen. Byly provedeny pokusy i s barevnou vrstvou kolorovaného tisku, kde ale již slabá vrstva zelené lazury (měděnky) způsobila zhoršení termografického zobrazení filigránu. Další nevýhodou této metody je složitá konstrukce pro rovnoběžné upevnění listu papíru a topného tělesa v dané vzdálenosti od sebe tak, aby nedošlo k poškození originálu. Vhodná snímací teplota je 40 °C. Nedochozí k nadměrnému ohřátí originálu vzdáleného 1–4 cm od zdroje záření. Jako nejvhodnější se při testování kamery ukázalo natočení videosmyčky od chvíle přiložení nahřátého tělesa do chvíle, kdy dojde k prohřátí celé plochy papíru a filigrán z termogramu vymizí. Z takto získaného filmu se vystříhají nejlepší fotografie, které se pomocí speciálního programu zprůměrují. Video, popřípadě fotografie, lze pořizovat ve stupních šedi (Obr. 90). Termosnímky filigránu je možné použít pro další digitální úpravy a získání jednoduchých kontur obrazce.

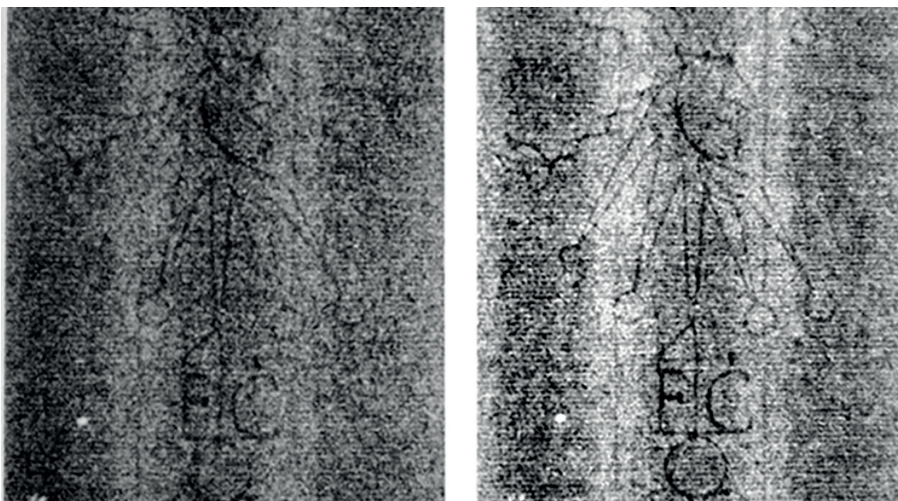


Obr. 90: Způsob uchycení dokumentu, za nějž se přibližuje nahřáté těleso, a výsledný snímek termografie.

3.2.3 RADIOGRAFIE

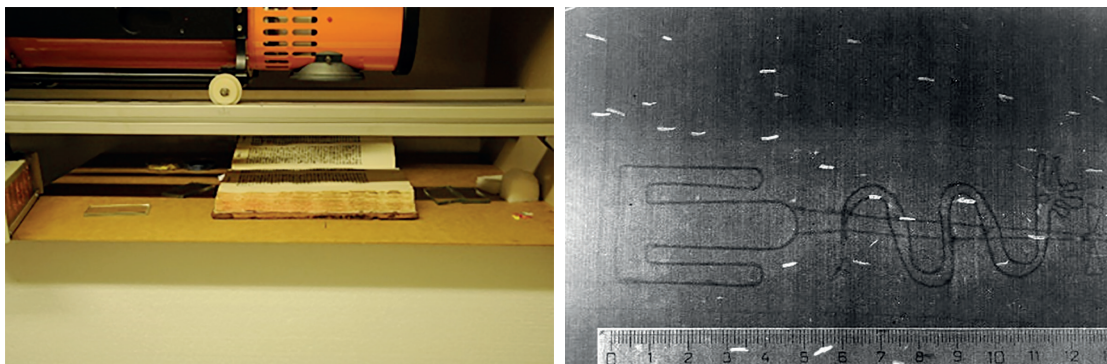
V minulosti publikované postupy zviditelnění filigránů pomocí RTG využívaly tzv. „Grenz paprsky“, což je část elektromagnetického záření ležící na hranici mezi rentgenovým a UV zářením (urychlovací napětí zdrojů rentgenového záření leží v intervalu 5–25 keV a jednotkou urychlovacího napětí zdrojů rentgenového záření je eV, popř. keV) [Meinlschmidt, 2009]. Ve ztenčeném místě filigránu je nižší absorpce záření materiálem a záření projde ve větší míře než okolním papírem. Tuto metodu lze provádět na specializovaných pracovištích vybavených rentgenovým zdrojem, případně rentgenovou sestavou. V roce 2002 provedl nizozemský rentgenolog J. van Aken průkopnickou studii použití měkkého rentgenového záření ke snímkování filigránů. Studie byla publikována v roce 2003 v časopise *Studies in Conservation* v obsáhlém článku [Aken, 2003]. J. van Aken nejprve vypočítal teoretickou možnost snímkování papíru s filigrány, poté realizoval experiment prakticky. Použil záření při urychlovacím napětí zdrojů rentgenového záření okolo 5 keV. Potýkal se přitom s problémem, že velmi měkké rentgenové záření je částečně pohlcováno vzduchem, a to tím více, čím menší má energii (čím delší má vlnovou délku). Útlum měkkého rentgenového záření vzduchem lze zmenšit buď zkrácením vzdálenosti mezi rentgenkou a prozařovaným objektem, což má ale negativní vliv na rozlišení, nebo náhradou vzduchu nějakou jinou atmosférou. Ideálním plynem by byl v tomto případě vodík, ale z bezpečnostních důvodů lze doporučit spíše helium, které je inertní. Prostor mezi rentgenkou a prozařovaným vzorkem vyplnil boxem z polyetylenu naplněným heliem. Tím došlo – v porovnání se snímky, u kterých záření procházelo vzduchem – ke zkrácení expoziční doby a ke zvýšení kontrastu snímku (Obr. 91). J. van Aken ve svém článku upozorňuje na značnou pracnost a časovou náročnost experimentu. Místo helia by bylo možné použít zředěný vzduch, popř. vakuum.

Při prvním testování vizualizace filigránu v Národní knihovně ČR se spolupracovalo s restaurátorským pracovištěm Středočeského muzea v Roztokách u Prahy. Záření



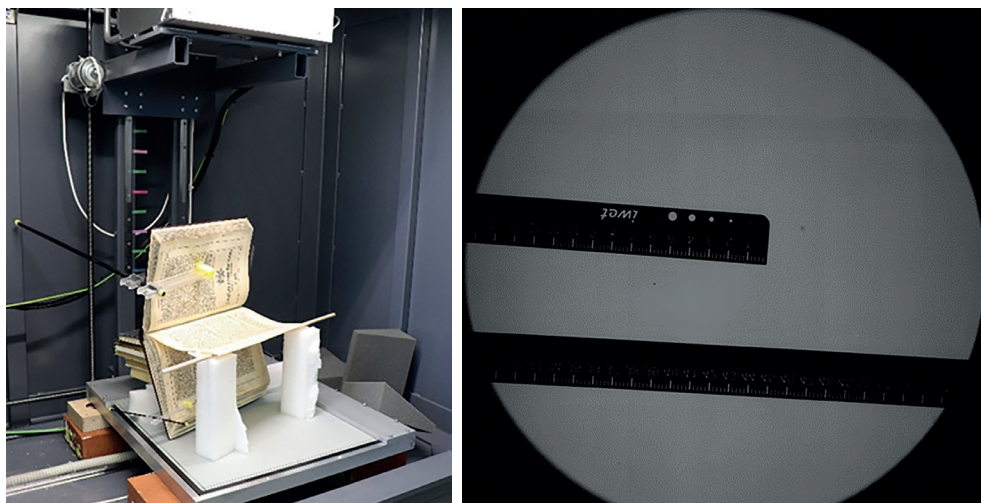
Obr. 91: Radiogramy filigránů, které pořídil J. van Aken. Vlevo filigrán z 16. století při 10 kV bez heliové atmosféry, vpravo stejný filigrán při 5 kV s heliovou atmosférou. Převzato z [Aken, 2003].

z rentgenové lampy Eresco 42 MF2 o urychlovacím napětí 7 keV se exponovalo na vysoce citlivý film INDUX R4 po dobu 3–4 min. (Obr. 92). Exponovaný film po vyvolání běžnými postupy zobrazuje tmavé kontury filigránu a síta na světlejším pozadí. Tato metoda zcela eliminuje rušivý vliv textu, kromě barevných vrstev obsahujících těžké kovy, které silně blokují průchod rentgenového záření. Následný pokus o zobrazení filigránu na pracovišti Národní knihovny se současným vybavením nebyl úspěšný. Byl použit zdroj rentgenového záření (výrobce VJ X-ray Inc, rozsah napětí 40–120 kV, rozsah proudu 0,05–0,3 mA, ohnisko 0,05 mm) a plochý detektor (XRD 1622 AP14, výrobce Varex Imaging; velikost aktivní plochy 41 x 41 cm; 2018 x 2048 pixelů; velikost pixelu 200 μm ; dynamický rozsah 16 bitů) (Obr. 93). Snímání bylo prováděno za nejnižšího možného napětí 40 kV a proudu 0,3 mA. Zdroj byl v poloze co nejbližší k detektoru (49 cm) a detektor snímal v režimu zvýšené citlivosti 0,25 pF. Zkoušení zobrazení filigránů bylo provedeno na několika volných listech i na listech v knižním bloku. Ani jeden



Obr. 92: Rentgenová sestava Středočeského muzea v Roztokách u Prahy se snímanou knihou, film vložený pod list. Výsledná vizualizace filigránu (trojvrší) pomocí nízkenergetického rentgenového záření (negativ na filmu). Černé jsou linie filigránu (nejmenší tloušťka papíru). Bílá místa jsou stopy písmen malovaných rumělkou (HgS). Zdroj [Benešová, Boldan, 2011].

88

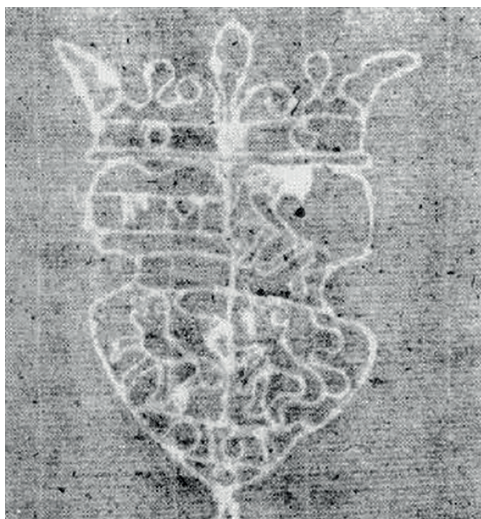


Obr. 93: Rentgenová sestava v NK ČR. Snímek listu s filigránem. Nastavení rentgenu – list položen přímo na detektoru pokrytém fólií; rentgenka 49 cm nad detektorem; proud 300 μ A; napětí 40 kV; s citlivostí detektoru 0,25 pF; integrace sedmi snímků. Viditelný okraj listu v horní části snímku.

zobrazovaný filigrán nebyl patrný, stejně jako struktura samotného papíru, důvodem je zřejmě příliš vysoké urychlovací napětí rentgenky (8x vyšší než u citované práce výše). Jediné, co bylo na snímcích vidět, byly u silnějších listů okraje samotných listů.

3.2.4 BETA RADIOGRAFIE

Pro doplnění uvádíme ještě jednu z možných metod zviditelňování filigránů, která ale nebyla v rámci projektu zkoušena. Jedná se o radiografickou metodu využívající plošný zdroj nízkoenergetického elektronového záření. Jako radioaktivní zdroj se nejčastěji používá uhlík ^{14}C , který je obsažen ve fólii Perspexu (PMMA). Izotop ^{14}C emituje beta částice o energii urychlovacím napětím 150 kV. Vytvořený set z Perspexu, papíru s filigránem a citlivého radiografického filmu se exponuje po dobu 5–20 hodin. Dlouhý expoziční čas a různé směry toku elektronů jsou malými nevýhodami této metody. Touto metodou se částečně eliminuje tisk a barevná vrstva na papíru [Meinlschmidt, 2009] (Obr. 94).



Obr. 94: Zobrazení filigránu pomocí beta radiografie.

Resumé

Projekt NAKI II umožnil výzkumnému týmu NK ČR poznat široké možnosti neinvazivních průzkumů a dokumentace. Zároveň se tím otevřely další otázky a problematiky, kterým se budou pracovníci NK ČR věnovat. Již v průběhu projektu kolegové – historici, archiváři i restaurátoři – projevíli zájem o tento typ specializovaného průzkumu. Výstava nedokáže plně obsáhnout všechny příklady úspěšných aplikací. Každý zkoumaný objekt potřebuje individuální přístup, ať již z hlediska jeho provedení, materiálového složení nebo fyzického stavu, ale také s ohledem na vliv rozmanitých faktorů ovlivňujících možnosti zobrazování v průběhu existence předmětu. Je tedy obtížné zobecňovat závěry z testů, které byly v průběhu projektu NAKI provedeny. V rámci projektu bylo prozkoumáno a dokumentováno 252 vzorků záznamových prostředků, 24 iluminací, včetně vzorníků iluminací, a více než 80 vzorků na testování vlivu světla. Bylo prozkoumáno více než 50 knih, z nichž 6 knih bylo z historických fondů Národní knihovny a 15 ze Slovanské knihovny.

Prezentované postupy slouží jako základ pro multispektrální zobrazování či radiografii knižních vazeb a lze je dále rozvíjet a modifikovat. Určité odlišnosti v postupech budou vždy vázané na technické vybavení pracoviště. Již dnes jsou vyvíjeny digitální RTG detektory s rozlišením jako RTG film. Ve světě je v současnosti nabízena řada zařízení na multispektrální analýzu s naprosto odlišným konstrukčním řešením, podobně je to i s radiografickými sestavami. Proto jsou v textu uváděna konkrétní zařízení s technickým popisem. Postup samotného průzkumu se u rozdílných zařízení může měnit, ale princip zůstane stejný. Vzhledem k současné vysoké poptávce po tomto typu analýz věříme, že se stanou běžnou součástí historických výzkumů i restaurátorských průzkumů, že dojde k omezení invazivních zásahů na knižní vazbě a bude podpořeno kontinuální zvyšování znalostí a stupně poznání jak knižní vazby, příběhů jejích uživatelů, tak i historie lidstva celkově.

Resume

The NAKI II project enabled the research team of the National Library of the Czech Republic to learn about possibilities of non-invasive surveys and documentation. At the same time, this opened up other questions and issues that the staff of the National Library of the Czech Republic will address. Already during the project, colleagues – historians, archivists and conservators – showed interest in this type of specialized survey. The exhibition cannot fully cover all examples of successful applications. Each researched object needs an individual approach, whether in terms of its design, material composition or physical condition, but also with regard to the influence of various factors influencing the possibilities of display during the existence of the object. It is therefore difficult to generalize the conclusions from the tests that were carried out during the NAKI project. In the project were examined and documented 252 samples of recording media, 24 illuminations, including illumination samples and more than 80 samples for light testing. More than 50 books were examined, of which 6 books were from the historical collections of the National Library and 15 from the Slavonic Library. The presented procedures serve as a basis for multispectral imaging or radiography of bookbindings and can be further developed and modified. Certain differences in procedures will always be tied to the technical equipment of the workplace. Digital X-ray detectors with X-ray film resolution are already being developed today. A number of devices for multispectral analysis are currently offered in the world with a completely different design solution, as are radiographic equipment/assemblies. Therefore, specific devices with a technical description are listed in the text. The procedure of the survey itself may vary for different facilities, but the principle will remain the same. Given the current high demand for this type of analysis, we believe that it will become a common part of historical research and conservation science, that invasive interventions on bookbinding will be reduced and that continuous knowledge and knowledge of both bookbinding, its users' stories and human history in general.

O PROJEKTU NAKI DG18P02OVV024 S NÁZVEM „VYUŽITÍ ZOBRAZOVACÍCH METOD PRO STUDIUM SKRYTÝCH INFORMACÍ V KNIHÁCH“

Knihy představují bohatý zdroj nejen textových informací, které nejsou vždy vnějším pozorováním zjistitelné a zaznamenané. Technologie výroby a typologie vazební struktury knihy je důležitá nejen z pohledu historických věd, ale i restaurátorských průzkumů. S tím souvisí potřeba ověření a zmapování možností a bezpečnosti vybraných neinvazivních zobrazovacích technologií k získání informací z nečitelných textů, informací skrytých v knižní vazbě nebo v použitém materiálu. Obtížně zjistitelné jsou například vnitřní poruchy materiálu či knižní vazby. Některé znaky používání, znečištění nebo poškození je obtížné při vizuální kontrole bez vhodného vybavení nalézt. Téma naplňuje Globální cíl č. 2: Kulturní dědictví, Specifický cíl č. 2.1 Výzkum a jeho uplatnění – kulturní dědictví a území s historickými hodnotami, tematické priority: a) výzkum a vývoj metodik, podkladů a pracovních postupů pro využití moderních technologií a materiálů v oblasti ochrany, konzervace a restaurování nemovitého a movitého kulturního dědictví pro jeho uchování a pro zkvalitnění systému péče o památky a sbírkové soubory, včetně knihovních a archivních fondů, Specifický cíl č. 2.2 Technologie a postupy pro ochranu kulturního dědictví, e) výzkum a vývoj nedestruktivních a šetrných destruktivních metod diagnostiky, postupů hodnocení bezpečnosti, trvanlivosti a ekonomických aspektů aplikace moderních materiálů a technologií, včetně vývoje nástrojů pro sběr, archivaci, analýzu a prevenci poruch historických materiálů, technologií a objektů, pro památkovou péči.

Samotná technologie vazby je často skrytá pod vrstvami materiálů knižní vazby a bez invazivního zásahu ji není možné zjistit. Dalším skrytým prvkem jsou nečitelné texty z chemicko-fyzikálních příčin nebo cíleně odstraněné působením uživatele knihy. Pro průzkum uceleného knihovního fondu byla vybrána Slovanská knihovna patřící mezi největší a nejvýznamnější slavistické knihovny v Evropě. Od svého vzniku v roce

1924 systematicky doplňuje, zpracovává, trvale uchovává a zpřístupňuje fond světové slavistické literatury, zejména historické, filologické a politologické a vybrané původní tvorby slovanských národů. Ve svých depozitářích uchovává více než 900 000 svazků knihovních dokumentů, sbírku map, plakátů, obrazových a uměleckých materiálů a řadu sbírek speciálních dokumentů. Slovanská knihovna poskytuje knihovnické a informační služby o politickém, ekonomickém a kulturním životě slovanských národů, jejich vzájemných vztazích a vztazích k jiným národům v minulosti a současnosti. Práci s dokumenty zajišťuje ve své studovně vybavené bezplatným přístupem k internetu, rozsáhlou příruční knihovnou referenční literatury a volným výběrem čítajícím 20 000 svazků. Zpracovává a rediguje odborné bibliografie a publikace ve svém oboru. Pořádá kulturní akce, odborné semináře, konference a výstavy. Z rozhodnutí Mezinárodního komitétu slavistů plní funkci centra pro evidenci a zpracování materiálů vztahujících se k mezinárodním sjezdům slavistů. Slovanská knihovna je odborem Národní knihovny České republiky, v odborných knihovnických záležitostech však požívá autonomního postavení. Specializovaný průzkum byl zaměřený především na výrobní značky jako vodoznaky, vlisy apod. Tento cíl naplňuje Globální cíl č. 1: Národní identita, Specifický cíl č. 1.1 Výzkum a jeho uplatnění – historické vědní obory a archeologie: d) vytváření metod dokumentace a prezentace paměťové kultury národa. Dalším výsledkem byla typologie knižní vazby v daném období a regionu, výskyt historických zlomků rukopisů recyklovaných v knižní vazbě a jejich zpřístupnění bez invazivního zásahu. Zviditelnění odstraněných nebo zaniklých textů, dokumentace skrytých záznamů jsou nenahraditelným zdrojem informací jinak nedostupných. Identifikace materiálů a barviv, fyzického stavu a poškození materiálů (například napadení knižních desek dřevokazným hmyzem) jsou praktickou platformou pro zvolení vhodné péče a postupu restaurování knihovních jednotek. Poznatky o složení, technologii i stavu materiálů knižní vazby slouží jako podklad pro plánování strategie péče, ochrany, konzervace či restaurování objektu. V knihovních fondech nalezneme ve vazební struktuře řadu značně problematických materiálů nebo naopak velmi cenných fragmentů (kovové sponky, laminace, laky, syntetické náhražky přírodních potahových materiálů aj.).

Znepřístupněné informace s neocenitelnou hodnotou lze v dnešní době získat pomocí neinvazivních metod, jako je například radiografie nebo multispektrální snímkování. Informace takto získané slouží pro historické, umělecké a vědecké poznání knižní vazby. Výzkum směřoval k vývoji metodiky normalizace, ladění a komparace digitálních snímků rozdílných zobrazovacích technik. Zpracování a zpřístupnění získaných dat pro vědecko-historický výzkum bylo připravováno pro plánované propojení výsledných víceúrovňových obrazů s digitálními kopiemi knihovních jednotek v databázích Národní knihovny ČR. Cíl naplňuje Globální cíl č. 2: Kulturní dědictví, Specifický cíl č. 2.2, a) výzkum a vývoj zařízení, přístrojů a systémů mapování prostředí stavu, dokumentace a evidence movitého i nemovitého kulturního dědictví, vývoj a aplikace systémů pro propojení informačních sítí a databází mezi institucemi v oblasti kulturního dědictví, g) výzkum a vývoj nových metodik a technologií pro identifikaci a inventarizaci sbírkových předmětů a dokumentů, na ochranu, restaurování a konzervaci nosičů digitálních informací, nástrojů pro vyhledávání a propojení digitálních dat a systémů pro trvalé uchování digitálních dat a jejich zpřístupnění.

Byly vytvořeny nebo pořízeny testovací exempláře, na kterých byla ověřována bezpečnost vybraných vizualizačních metod pro jednotlivé materiály. Byly hledány možnosti vybraných metod i jejich omezení. Testovací exempláře byly podrobovány umělému stárnutí v klimatických komorách Binder, v komoře s plynnými polutanty CTS a světelnému stárnutí v laminárním boxu. Cílem bylo částečně nebo zcela odstranit textové nebo obrazové informace, včetně mechanického odstranění textů pro jejich opětovné zviditelnění vybranými technologiemi. Byl sledován efekt mikrobiologického napadení na zviditelnění informací, případně možnost detekovat napadení vizualizačními metodami. Po aplikaci jednotlivých zobrazovacích metod, obzvláště kdy využívají energeticky bohaté záření, byl sledován výsledný efekt na zkoumané a dokumentované materiály. Byly sledované strukturální změny povrchu materiálů, změny mechanických vlastností, změny fyzikálně-chemických vlastností (hodnota

pH, barevnost, ...). Pomocí Mikrofadeometru byla změřena změna světelné stability materiálů po aplikaci zobrazovacích metod.

Ve vybraném knihovním fondu byly vyhledávány knihovní jednotky, u kterých je předpokládán výskyt sekundárně použitých materiálů, fragmentů zmizelých nebo odstraněných textů. Průzkum byl zaměřen především na nejstarší exempláře ve fondu a dokumenty, kde je zvýšená potřeba dohledat provenienční znaky, informace o majitelích nebo uživatelích exempláře. Pro průzkum vnitřních struktur byly využívány především prozařovací metody jako radiografie. Vizualizace byla prováděna pomocí makrosnímkování ve volitelných vlnových délkách, širokospektrálního zobrazení UV, VIS, IR v kombinaci s digitálními úpravami obrazu, které byly využívány především pro kvalitnější zviditelnění odstraněných nebo jiným způsobem zneviditelněných textových nebo obrazových informací. Průzkum byl doplněn o evidenci fondu a rozšířil restaurátorský průzkum. Byly aplikovány postupy využívající modifikované fotografické technologie pro záznam při určité vlnové délce záření. Průzkumy byly provedeny pomocí infračerveného záření s použitím vidiconové kamery Hamamatsu. Průzkum byl doplněn kontrolou nalezených prvků, které jsou dostupné z vnější strany objektu pomocí 3D digitálního mikroskopu HIROX.

Výsledky průzkumu knihovních jednotek byly zpracovávány ve formě digitálních obrazových záznamů a spektrálních dat. Ty byly odborně zpracovávány formou obrazových normalizací a komparací, obrazových analýz a vyhodnocení z hlediska vědeckého výzkumu exempláře, materiálové analýzy a restaurátorského průzkumu. Byl využit speciální software pro forenzní analýzu umožňující komparaci a skládání obrazů a jiné funkce pro zpracování získaných dat. Zpracovaná data by měla být po skončení projektu připravená pro zpřístupnění v některé digitální knihovně nebo elektronické databázi provozované Národní knihovnou ČR a připojené k existující digitální kopii exempláře.

Seznam použité literatury

AAMBØ, Marthe, 2011. *Use of the “Video Spectral Comparator 6000” as a non-destructive method for pigment identification*. Gothenburg: University of Gothenburg.

AKEN, J. van, 2003. *An Improvement in Grenz Radiography of Paper to Record Watermarks, Chain and Laid Lines*. *Studies in Conservation*. **48**(2), 103–110.

ALLISON, Robert, 1999. *The Dylux method* [online]. Dostupné z: <http://abacus.bates.edu/wmarchive/Dylux_method.html>.

BACCI, Mauro, 2006. Non-Invasive Instrumentation for Detection and Colour Control of Paintings and Art Works. *Archeometriai Műhely*. **3**(1), 46–50.

BENEŠOVÁ Marie a Kamil BOLDAN, 2011. Metody vizualizace filigránů a využití filigranologie pro datování nejstarších českých tisků na příkladu tzv. Nového zákona se signetem. In: *Výzkum a vývoj nových postupů v ochraně a konzervaci písemných památek : (2005-2011) : sborník příspěvků závěrečného semináře k výzkumnému záměru MK00002322103*. Praha: Národní knihovna České republiky, s. 117–131.

COSENTINO, Antonino, 2014. Identification of pigments by multispectral imaging: a flowchart method. *Heritage Science*. **2**(8), 1–12, DOI:10.1186/2050-7445-2-8.

FISCHER Christian a Ioanna KAKOULLI, 2006. Multispectral and hyperspectral imaging technologies in conservation: current research and potential applications. *Studies in Conservation*. **51**(Sup. 1), 3–16, DOI:10.1179/sic.2006.51.Supplement-1.3.

GANTS, David, 1994. *Pictures for the Page: Techniques in Watermark Reproduction, Enhancement and Analysis* [online]. Dostupné z: <<http://www2.iath.virginia.edu/gants/BibSocUVa/paper.html>>.

HAVLÍNOVÁ, Alena, 2010. Restaurování přilby sv. Václava. In: *Sborník z Konference konzervátorů a restaurátorů, Uherské Hradiště 7.–9. září 2010*. Brno: Technické muzeum v Brně.

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

LANG Janet a Andrew MIDDLETON, 1997. *Radiography of Cultural Material*. Oxford; Boston: Butterworth-Heinemann.

LANG Janet a Andrew MIDDLETON, 2005. *Radiography of Cultural Material*. Amsterdam; London: Elsevier.

LUŠKOVÁ, Martina, 2005. *Kování v knižní vazbě*. Litomyšl. Bakalářská práce. Univerzita Pardubice. Fakulta restaurování.

MEINLSCHMIDT, Peter, 2009. Advantages and Disadvantages of Various Techniques for the Visualization of Watermarks. *Restaurator*. **30**(3), 222–243.

NUSKA, Bohumil, 1965. Typologie českých renesančních vazeb (Terminologie, slohové určování a datování materiálu). In: *Historická knižní vazba* (Sborník příspěvků k dějinám a k metodice ochrany historických knižních vazeb). Liberec: Severočeské museum, s. 19–45.

PERLÍK Dušan, 2005. Možnosti a metody nedestruktivního průzkumu ve Středočeském muzeu. In: *Sborník z Konference konzervátorů a restaurátorů, Plzeň 6.–8. září 2005*. Brno: Technické muzeum v Brně, s. 98–103.

PLÁNKA, Ladislav, 2007. *Dálkový Průzkum Země*. Brno.

SOJKOVÁ, Karina, 2010. *Kovové prvky v knižní vazbě jejich vývoj, výroba, restaurování a konzervace*. [online]. Litomyšl. Diplomová práce. Univerzita Pardubice. Fakulta restaurování. 165 s. [cit. 12. 10. 2018] Dostupné z: https://dk.upce.cz/bitstream/handle/10195/42147/SojkovaK_KovovePrvky_PV_2011.pdf?sequence=1&isAllowed=y >.

ZUMAN, František. 1939. Filigrány, jejich vývoj a význam. *Časopis národního musea*, CXIII, s. 89–117.

ZDROJE

VSC@8000 Videospektrální komparátor: uživatelský manuál (Aplikace/Software). Worcestershire: Foster + Freeman Ltd, 2018.

VSC@8000 Videospektrální komparátor: uživatelský manuál (Hardware). Worcestershire: Foster + Freeman Ltd, 2018.

Doporučená literatura

ATTAS, Michael et al. Near-infrared spectroscopic imaging in art conservation: investigation of drawing constituents. *Journal of Cultural Heritage*. 2003, **4**(2), 127–136. DOI:10.1016/S1296-2074(03)00024-4.

COSENTINO, Antonino. Panoramic, Macro and Micro Multispectral Imaging: an Affordable System for Mapping Pigments on Artworks. *Journal of Conservation and Museum Studies*. 2015, **13**(1), 1–17. DOI:10.5334/jcms.1021224.

COSENTINO, Antonino. Multispectral imaging system using 12 interference filters for mapping pigments. *Conservar Património*. 2015(21), 25–38. DOI:10.14568/cp2015005.

COSENTINO, Antonino. Crowd funded research: low-cost multispectral paging. In: *RECH3, International Meeting on Retouching of Cultural Heritage, post prints of the 3rd Meeting*. 2015, pp. 33–42.

COSENTINO, Antonino. Transmittance spectroscopy and transmitted multispectral imaging to map covered paints. *Conservar Património*. 2016, **24**, 37–45. DOI:10.14568/cp2015021.

KIERNAN, Kevin, S. Digital Image Processing and the Beowulf Manuscript. *Literary and Linguistic Computing. Special Issue on Computers and Medieval Studies*. 1991, **6**(1), 20–27.

KUBIK, Maria. Hyperspectral imaging: a new technique for the non-invasive study of artworks. *Physical Techniques in the Study of Art, Archaeology and Cultural Heritage*. 2007, **2**, 199–259. DOI:10.1016/S1871-1731(07)80007-8.

MOUNIER Aurélie a Floréal DANIEL. Hyperspectral imaging for the study of two thirteenth-century Italian miniatures from the Marcadé collection, Treasury of the Saint- Andre Cathedral in Bordeaux, France. *Studies in Conservation*. 2015, **60**(Sup. 1), 200–209. DOI:10.1179/0039363015Z.000000000225.

Petra Vávrová a kolektiv

Tajemství knih

Využití zobrazovacích metod pro studium skrytých informací v knihách

Redakční zpracování: redakce Vydavatelského oddělení NK ČR

Návrh obálky, grafická úprava a sazba: Josef Blaho

Fotografie: Mgr. Jitka Neoralová, Bc. Marie Matysová, Ing. Marie Benešová,
Bc. Andrei Kazanskii, Bc. Tomáš Blecha

Vydala Národní knihovna České republiky

Praha 2022

Tisk: Tiskárna Brázda