



národní  
úložiště  
šedé  
literatury

**Metodika výběru prostředku k mechanickému čištění prachových částic z povrchu papíru**

Benešová, M.  
2015

Dostupný z <http://www.nusl.cz/ntk/nusl-188293>

Dílo je chráněno podle autorského zákona č. 121/2000 Sb.

Tento dokument byl stažen z Národního úložiště šedé literatury (NUŠL).

Datum stažení: 24.05.2024

Další dokumenty můžete najít prostřednictvím vyhledávacího rozhraní [nusl.cz](http://nusl.cz) .

# **Metodika výběru prostředku k mechanickému čištění prachových částic z povrchu papíru**

Ing. Marie Benešová<sup>1</sup> a RNDr. Ludmila Mašková<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Národní knihovna ČR

<sup>2</sup> Ústav chemických procesů AV ČR

Praha, 2015

## **Oponenti**

Ing. Petra Štefcová, CSc.

Národní muzeum, centrální oddělení péče o sbírky

Ing. Kateřina Kreislová, Ph.D.

SVÚOM s.r.o.

## Seznam zkratk

$\Delta E$	celková barevná diference
DP	dřevitý papír
L	lokální mechanické čištění
$L^*$	nepestrá osa (přechod mezi černou a bílou barvou)
$a^*$	chromatická osa (přechod mezi červenou a zelenou barvou)
$b^*$	chromatická osa (přechod mezi modrou až žlutou barvou)
$\Delta L^*, \Delta a^*, \Delta b^*$	rozdíly na osách barevného prostoru mezi dvěma měřeními
$m$	úbytek prachu po mechanickém čištění
$m_a$	hmotnost vzorku po aplikaci prachu
$m_{\check{c}}$	hmotnost vzorku po mechanickém čištění
$m_p$	hmotnost prachu naneseného na papír
$m_u$	úbytek hmotnosti prachu po mechanickém čištění
$m_v$	hmotnost vzorku před aplikací prachu
PVC	polyvinylchlorid
RP	ruční papír
$S$	celková změna drsnosti
$S^a$	parametr drsnosti po aplikaci prachu
$S^{\check{c}}$	parametr drsnosti po mechanickém čištění
V	velkoplošné mechanické čištění

## Obsah

1 Cíl metodiky .....	5
2 Popis metodiky .....	5
2.1 Úvod .....	5
2.2 Zahrnuté metody .....	7
2.3 Způsob hodnocení .....	11
2.4 Doporučené metody .....	12
3 Srovnání novosti postupů .....	15
4 Uplatnění metodiky .....	15
5 Publikace předcházející metodice .....	15
6 Poděkování .....	16
7 Literatura .....	16
8 Přílohy .....	18
8.1. Komerční názvy použitých prostředků .....	18
8.2 Příprava vzorků .....	18
8.3 Metody vyhodnocování .....	20
8.4. Výsledky optické mikroskopie .....	23
8.5 Literatura .....	24

## 1 Cíl metodiky

Cílem této práce bylo identifikovat metody mechanického čištění prachových částic z povrchu papíru, které jsou vhodné pro použití v restaurátorské praxi. Záměrem bylo vytvořit soubor doporučení k výběru vhodné techniky čištění s ohledem především na rozsah a typ znečištění. Za tímto účelem bylo detailně testováno 15 způsobů mechanického čištění. Základním požadavkem byla využitelnost metodiky pro většinu restaurátorských pracovišť. Z tohoto důvodu byly zahrnuty pouze přístupy, které jsou snadno dostupné a nevyžadují speciální přístrojové vybavení.

## 2 Popis metodiky

### 2.1 Úvod

Prachové částice dělíme podle jejich velikosti na hrubé ( $>1 \mu\text{m}$ ) a jemné ( $<1 \mu\text{m}$ ). Hrubé částice jsou deponovány sedimentací na horizontální povrchy orientované nahoru, zatímco jemné částice se usazují na všechny dostupné povrchy pomocí difúze [1]. Mechanické odstraňování depositů, které ulpěly na povrchu papíru, se nazývá mechanické, povrchové nebo také suché čištění. Mechanické čištění lze použít jako samostatnou metodu nebo jako první krok před mokrým procesem čištění. Pokud by před mokrým procesem čištění nebylo přistoupeno k mechanickému čištění, mohlo by dojít k rozpuštění pevných depositů a vzniku skvrn na papírové podložce. Čištění knih a jejich následné ukládání v bezprašném prostředí je základem preventivní péče o památky [2].

Působení prachových částic, které ulpěly na papíru, lze rozdělit do několika skupin. Nejmarkantnějším důsledkem je zašpinění a ztmavnutí povrchů [3]. Hrubé částice mohou způsobovat abrazi a to především při manipulaci s předměty [1]. Prachové částice mohou také být kyselé nebo alkalické povahy a bývají i hygroskopické. V závislosti na svém složení mohou pak vedle chemické degradace způsobovat i navlhání předmětů [4]. Deponované částice rovněž zvyšují riziko mikrobiologické kontaminace materiálu [5]. Na druhou stranu všechny usazené částice jsou historickou součástí papíru, která je uměle odstraňována, proto je důležité zvážit, co vše je nutné očistit [2].

Mechanickým čištěním může dojít k určité změně objektu. Bezpečné čištění závisí na pevnosti, ohebnosti a tloušťce papíru. Mezi potencionální poškození papíru způsobené mechanickým čištěním můžeme zařadit rozměrovou deformaci, obroušení povrchu, rozvláknění povrchové vrstvy, kompresi papírových vláken, oddělení nebo ztrátu poškozených míst, ztrátu povrchového lesku nebo textury a chemickou reakci čistícího materiálu s vlákny nebo aditivou v papíru [6,7].

K mechanickému čištění povrchu papíru jsou v dnešní době používány především následující techniky [2,6]:

**a) *Metody nevyžadující speciální vybavení***

- Štětec a utěrka
  - Pomocí těchto nástrojů se prachové částice dají stírat z povrchu papíru.
- Proud vzduchu
  - K čištění proudem vzduchu lze použít odsávání pomocí vysavače, nebo otrysk proudem stlačeného vzduchu.
- Skalpel
  - Skalpel se používá pouze u lokálních nečistot s větší tloušťkou. Tímto nástrojem se tloušťka vrstvy sníží tak, aby nedošlo k poškození papíru. Zbytek nečistoty se následně odstraní jinými metodami.
- Speciální materiály
  - Na čištění lze využít také látky, které na svůj povrch díky svým speciálním vlastnostem zachytávají nečistoty. Jedná se např. o látky s adhezivním povrchem nebo nábojem [8].

**b) *Metody vyžadující speciální vybavení***

- Proud abrazivních částic
  - Abrazivní částice jsou soustředovány pomocí stlačeného vzduchu do jemné trysky, která umožňuje lokální čištění.
- Laser
  - Čištění pomocí laseru je metoda, která prochází fází testování na originálních historických objektech. U tohoto způsobu ošetření je důležité najít správnou vlnovou délku, energii a četnost pulsů na jedno místo [9].

## 2.2 Zahrnuté metody

V této práci byly zahrnuty metody mechanického čištění papíru, které nevyžadují speciální přístrojové vybavení a jsou zcela běžně využívané v restaurátorské praxi. Použité metody jsou uvedeny v tabulce 1. Komerční názvy těchto prostředků jsou uvedeny v příloze 8.1.

Tab. 1: Zahrnuté metody mechanického čištění

	Metoda čištění	Forma čisticího materiálu	Základní složka
1	Speciální materiál	Pevný blok	PVC
2		Pevný blok	PVC
3		Pevný blok	PVC
4		Pevný blok	Faktis
5		Pevný blok	Pryž
6		Pružný blok	PVC
7		Pružný blok	Pryž
8		Pružný blok	Latex
9		Práškový materiál	Pryž
10		Práškový materiál v textilním sáčku	Pryž
11		Plastický blok	Pryž
12	Textilní utěrka	-	-
13	Štětec	-	-
14	Vysavač	-	-
15	Stlačený vzduch	-	-

### Metoda čištění

#### a) Bez použití čisticích materiálů

Při použití štětce, textilní utěrky a vysavače je vhodné papírovou podložku čistit dvěma na sebe kolmými směry. Proudem vzduchu je naopak nejvhodnější papír čistit pravidelnými rovnoběžnými pohyby tak, aby nedocházelo k jejich překrývání. Vzhledem k tomu, že u všech zmíněných metod nedochází k aplikaci čisticího materiálu na papír, odpadá riziko přítomnosti reziduí z těchto materiálů po čištění.

- Vysavač
  - Je třeba použít vysavač s vodní filtrací, nebo proud vzduchu podrobit dezinfekci, aby nedošlo ke kontaminaci vzduchu (např. spory plísní).
  - Na sací trubici vysavače je vhodné nastavit štětcovitý náustek, který nečistoty z povrchu papíru uvolňuje a proud vzduchu je následně odsaje. Náustek vysavače je třeba přetáhnout jemnou textilií, která zachytí případné uvolněné fragmenty objektu [2].



- Stlačený vzduch
  - K otrysku stlačeným vzduchem byla využita běžně dostupná tryska kruhového průřezu o průměru 1 mm.
  - Při čištění pomocí otrysku stlačeným vzduchem je nezbytné zajistit přímé odsávání uvolněných depositů, aby se zabránilo jejich zpětnému usazení na čištěný povrch.
- Štětec
  - K čištění byl použitý štětec s jemným syntetickým vlasem.
- Textilní utěrka
  - U této metody byly použity celulózové utěrky, které se dají opakovaně čistit.

*b) S použitím speciálních materiálů*

Čištění pomocí speciálních materiálů je vhodné provádět v latexových rukavicích. Tyto materiály na papíru zanechávají rezidua, proto je nezbytné po ošetření povrchy důkladně očistit jemným štětcem, aby všechna viditelná rezidua byla odstraněna.

- Pružný blok a práškový materiál v textilním sáčku
  - Při čištění pomocí pružných bloků na stírání je vhodné provést ošetření papírové podložky dvěma na sebe kolmými směry. Stejným způsobem se používá i práškový materiál v textilním sáčku, který je svou formou nejvíce podobný právě pružným blokům. Ukázka mechanického čištění pomocí pružného bloku je uvedena na obrázku 1.



Obr. 1: Ukázka mechanického čištění pomocí pružného bloku na stírání.

- Plastický blok
  - Plastický blok je nutné před použitím mírně zpracovat prohnětení. Pokud je plastický blok již dostatečně „plastický“ lze z něj utvořit vhodný tvar. Plocha, která bude v přímém kontaktu s papírovou podložkou, by neměla být o moc větší než palec, který funguje jako opora čisticího materiálu při tahu. Po každém tahu je nutné plastický blok opět prohníst. Tahy je vhodné klást rovnoběžně vedle sebe a čistit papírovou podložku dvěma na sebe kolmými směry. Pokud je plastický blok již viditelně znečištěn, nelze ho již použít.
- Práškový materiál
  - Čisticí materiál je nasypán na papírovou podložku a prstem jemně třen, aby na sebe navázal nečistoty z povrchu papíru. Tento postup je vhodné opakovat, dokud práškový materiál viditelně nezmění barvu vlivem navázaných nečistot (obr. 2).



Obr. 2: Ukázka mechanického čištění pomocí práškového materiálu.

- Pevný blok
  - Mechanické čištění pomocí čisticích materiálů ve formě pevného bloku je odlišné od předchozích typů. Jedná se o postupné čištění velmi tenkými tahy kladenými vedle sebe, aby nedocházelo k jejich překrytí. Tahy je vhodné vést pouze v jednom směru (obr. 3).



Obr. 3: Ukázka mechanického čištění pomocí pevného bloku na stírání.

### ***Základní složka speciálního čisticího materiálu***

- Polyvinylchlorid (PVC)
  - Tento čisticí materiál obsahuje PVC, ftaláty jako změkčovadla a uhličitán vápenatý. V průběhu stárnutí se z PVC uvolňuje chlorovodík, který je neutralizován uhličitánem vápenatým, který je však obsažen v omezeném množství [6]. Změkčovadla migrují na povrch materiálu, kde může docházet ke kontaminaci čištěného povrchu. K uvolňování chlóru však dochází v minimálním množství [2].
  - Purus (pružný blok na bázi PVC) se vyrábí procesem želatinace Solagelu. Solagel (polyvinylchlorid v dibuthylftalátu) se při teplotě 170-180°C želatinuje na pevný vysoce elastický materiál [2].
- Faktis
  - Faktisy se vyrábí reakcí rostlinných olejů s dichloridem disírným. Takto vyrobený materiál bývá kyselého povahy od zbytků uvolňujícího se chlorovodíku. U čisticích prostředků se kyselost paralyzuje přísadou větších množství zásaditých urychlovačů (např. N,N'- difenylguanidinu) nebo oxidu hořečnatého [10].
  - Faktisy síťují již při pokojové teplotě, proto dochází ke zvyšování jejich pevnosti a tvrdosti, což při čištění může být příčinou mechanického poškození povrchu papíru [10].

- Pryž
  - Přírodní kaučuk se skládá z polyisoprenových polymerů s převažujícím cis 1,4-isoprenem. Kaučuk se vulkanizuje pomocí síry za vzniku trojrozměrné sítě. Mírou zesíťování se upravuje pevnost výsledné pryže [10].
- Latex
  - Měkké porézní latexové houby se skládají ze 100 % latexu bez jakýchkoliv aditiv a lze je opakovaně čistit [2].

### ***Pracovní prostředí***

- Podložka
  - Podložka pod objektem by měla být inertní, hladká a snadno omyvatelná.
- Odsávání
  - Mechanické čištění by mělo být prováděno v digestoři nebo v odsávacích boxech, kde dochází k přímému odsávání ze tří stran okolo čištěného objektu. Dále lze využít alespoň částečné odsávání pomocí vzduchotechniky, u které lze nastavit vyústění přímo nad čištěný objekt. Pokud restaurátorské pracoviště nedisponuje ani jedním z doporučených zařízení je nutné použít respirátor na ochranu dýchacích cest.

### ***Zásady práce***

- Umístění čištěného objektu
  - Papír je třeba před ošetřením v celé ploše vyrovnat na podklad.
  - Ošetřovaný objekt by měl být kondicionován na teplotu a relativní vlhkost prostředí, kde bude čištění prováděno (ideálně na 20-22°C a 50-55% relativní vlhkosti).
- Pomůcky a materiály
  - Veškeré použité pomůcky a materiály musí být suché a čisté.
- Nebezpečí kontaminace pracovního prostředí
  - Po ošetření je nutné předměty ukládat mimo prostor, kde dochází k mechanickému čištění bez jakéhokoliv odsávání, popřípadě je ukládat do prachotěsného boxu.
  - Po dokončení mechanického čištění (v případě delšího trvání každý den) je nutné pracovní prostory řádně vyčistit od pevných polutantů. Je důležité očistit nejen horizontální povrchy orientované nahoru, ale i vertikální povrchy a horizontální orientované dolů.
  - Pokud prachové částice obsahují vysoký počet mikroorganismů a spor, je důležité pracovní prostory rovněž dezinfikovat. Při použití vysavače na odstranění těchto částic je nutné proud vzduchu vycházející z vysavače dezinfikovat nebo vyvést mimo využívaný prostor.

## 2.3 Způsob hodnocení

Metody mechanického čištění byly vyhodnoceny zvlášť pro ruční papír a strojově vyráběný dřevitý papír. Tyto dva typy papíru mají odlišné složení, výrobu, konečné zpracování, strukturu povrchu a celkově jiné vlastnosti. Záměrně byly vybrány tyto dva nejodlišnější typy papíru, aby bylo možné posoudit vliv papírové podložky na výsledky čištění.

Vzorky byly navrženy tak, aby co nejvíce odpovídaly reálným objektům. Podrobný popis přípravy vzorků je uveden v příloze 8.2. Při čištění bylo testováno zvlášť velkoplošné a lokální ošetření. V rámci vyhodnocování výsledků byly sledovány parametry účinnosti odstranění prachu, estetické efektivity a zároveň bezpečnosti dané metody čištění. Jednotlivé postupy vyhodnocení výsledků jsou podrobně popsány v příloze 8.3. Stanovená kritéria posouzení výsledku jsou uvedena v tabulce 2.

Tab. 2: Kritéria hodnocení vhodností metod mechanického čištění.

	Kritérium	Metoda hodnocení	Výsledek [%]	Označení výsledku
a	Účinnost odstranění prachu	Úbytek hmotnosti prachu	80-100	vhodná
			60-80	dostatečná
			<60	nedostatečná
			>100	nevhodná
b	Estetická účinnost čištění	Změna celkové barevné diference	>15	vhodná
			12-15	dostatečná
			<12	nedostatečná
c	Bezpečnost čištění	Změna aritmetické střední výšky drsnosti	<10	vhodná
			10-25	dostatečná
			>25	nevhodná

Samotný vliv reziduí zbylých po čisticích materiálech ve struktuře papíru nebyl hodnocen. Výsledky předchozích studií ukazují, že přítomnost těchto reziduí může mít vliv na pokles polymeračního stupně celulósových vláken [11]. Nicméně tato metodika je koncipována tak, že po každém použití speciálního materiálu je důležité co nejdokonaleji odstranit jeho rezidua.

## 2.4 Doporučené metody

Výsledky vyhodnocení jednotlivých metod čištění jsou uvedeny v tabulce 3.

Tab. 3: Zhodnocení vhodnosti metod mechanického čištění v pořadí dle tab. 1 (RP – ruční papír, DP – dřevitý papír, tučně – nejvhodnější metody, L – lokální, V – velkoplošné).

	Účinnost odstranění prachu	Estetická účinnost	Bezpečnost	Vhodné pro typ materiálu a rozsah použití
1	vhodná	vhodná	dostatečná	<b>RP – L</b> DP - L
2	vhodná	vhodná	dostatečná	<b>RP – L</b> <b>DP – L</b>
3	dostatečná	vhodná	dostatečná	DP – L
4	nevhodná	vhodná	nevhodná	
5	nevhodná	nedostatečná	nevhodná	
6	dostatečná	dostatečná	vhodná	RP – V DP – V
7	dostatečná	vhodná	dostatečná	<b>RP – V</b> DP – V
8	nedostatečná	dostatečná	vhodná	
9	dostatečná	vhodná	dostatečná	RP – V
10	nedostatečná	nedostatečná	vhodná	
11	dostatečná	vhodná	dostatečná	RP – V <b>DP – V</b>
12	nedostatečná	nedostatečná	dostatečná	
13	nedostatečná	nedostatečná	vhodná	
14	nedostatečná	nedostatečná	vhodná	
15	nevhodná	dostatečná	vhodná	

Zkoumané metody mechanického čištění byly vyhodnoceny zvláště pro ruční papír a dřevitý papír. I když se v jistých případech jevílo jako vhodnější na odlišné typy papíru použít jiné metody čištění, nebyly tyto rozdíly zásadního charakteru. Většina odlišností spočívala pouze v dílčích výsledcích pro různé komerční prostředky, avšak pro techniku čištění a druh a formu daného čistícího materiálu se výsledky shodovaly. Zásadním kritériem pro volbu prostředku mechanického čištění se tedy jevil rozsah zašpinění. V tabulce 4 jsou shrnuty

závěry celkového vyhodnocení testovaných metod vzhledem k použité metodě a rozsahu čištění.

Tab. 4: Celkové zobecněné závěry vyhodnocení vhodnosti použití metod mechanického čištění

Metoda čištění	Forma čisticího materiálu	Základní složka	Lokální čištění	Velkoplošné čištění
Speciální materiály	Pevný blok	PVC	vhodná	nevhodná
	Pevný blok	Faktis	nevhodná	nevhodná
	Pevný blok	Pryž	nevhodná	nevhodná
	Pružný blok	PVC	dostatečná	vhodná
	Pružný blok	Pryž	dostatečná	vhodná
	Pružný blok	Latex	nedostatečná	nedostatečná
	Práškový materiál	Pryž	dostatečná	vhodná
	Práškový materiál v textilním sáčku	Pryž	nedostatečná	nedostatečná
	Plastický blok	Pryž	dostatečná	vhodná
Textilní utěrka	-	-	nedostatečná	nedostatečná
Štětec	-	-	nedostatečná	nedostatečná
Vysavač	-	-	nedostatečná	nedostatečná
Stlačený vzduch	-	-	nevhodná	nevhodná

Celkově se podařilo identifikovat čtyři metody vhodné pro velkoplošné čištění a jednu vhodnou pro lokální ošetření. Vybrané techniky čištění s použitím speciálních materiálů vykazovaly jednoznačně lepší výsledky než běžně dostupné metody bez použití těchto materiálů. Pro čištění menších skvrn se jako nejvhodnější metoda jeví ošetření pomocí pevného bloku na stírání na bázi PVC. Naopak pro čištění velkých ploch těmito prostředky hrozí riziko poškození papírové podložky vlivem překrývajících se tahů. Pro velkoplošné ošetření se jako vhodnější ukázaly metody s použitím některých měkčích materiálů a to práškového materiálu, pružného či plastického bloku z pryže a pružného bloku na bázi PVC. Pomocí těchto metod je možné čistit poměrně rozsáhlou plochu jedním tahem, proto je vhodné jejich využití pro mechanické čištění velkých objektů. Pro ilustraci jsou na obrázcích 7 a 8 v příloze 8.4 uvedeny snímky vzorků před čištěním pružným blokem z pryže a po něm.

Metody, které nebyly vyhodnoceny jako vhodné, se dají rozdělit do dvou skupin: (a) metody, které mají dobré čisticí vlastnosti, ale poškozují papír a (b) metody, které nepoškozují papírovou podložku, ale jejich čisticí účinky nejsou dostatečně efektivní. Zejména je třeba varovat před použitím prostředků z první jmenované skupiny, neboť jejich aplikací může dojít k nenávratnému poškození cenných objektů. Do této skupiny patří především pevné bloky na bázi faktisů a pryže, které jsou příliš tvrdé. Jak již bylo zmíněno, ke stejnému efektu může dojít i při velkoplošném čištění pomocí pevných bloků z PVC. Pro

ilustraci je na obrázku 9 v příloze 8.4 uveden příklad poškození papírové podložky po ošetření pomocí pevného bloku na bázi faktisu.

U metody čištění pomocí otrysku stlačeným vzduchem je zajímavé, že úbytek hmotnosti prachu přesahoval 100%, což by mohlo poukazovat na úbytek hmoty papírové podložky. Přesto však hodnocení pomocí změny aritmetické střední výšky drsnosti toto poškození neprokázalo. Důvodem může být např. vyfoukání plniv či jiných složek papíru. Zdá se, že vývojem speciálního typu trysky by se tento problém dal odstranit, avšak takovéto vybavení již nespadá do běžně dostupných pomůcek restaurátorské dílny. V rámci opatrnosti tedy nelze tento druh ošetření pomocí běžně dostupných trysek doporučit.

Do druhé skupiny metod s nedostatečným účinkem patří především čištění práškovým materiálem na bázi pryže v textilním sáčku, pružným blokem z latexu, otírání štětcem či utěrkou a vysávání. Je zjevné, že vysávání a otěr štětcem a utěrkou nedokážou prachovým částicím deponovaným na povrchu papíru dodat dostatečnou hybnost potřebnou k jejich odstranění. V případě použití latexového pružného bloku a textilního sáčku s práškovým materiálem na bázi pryže je zřejmý nedostatečný efekt vázání částic na povrch čistícího materiálu. Je zajímavé, že práškový materiál na bázi pryže bez uzavření v textilním sáčku vykazoval jednoznačně lepší čistící schopnosti než obdobný materiál v sáčku. Lze se tedy domnívat, že textilní sáček zde slouží jako určitá bariéra, která zhoršuje čistící účinek tohoto materiálu. Pro ilustraci je na obrázku 10 v příloze 8.4 uveden snímek vzorku papíru po ošetření pomocí pružného bloku z latexu. Z obrázku je zřejmé nedostatečné odstranění prachových částic.

Při výběru konkrétního komerčně dostupného prostředku na mechanické čištění je však třeba detailně znát jeho celkové složení. Tato metodika se zabývá pouze výběrem techniky čištění a v případě použití speciálního čistícího materiálu volbou jeho formy a základní složky. Některé další komponenty v čistícím materiálu však mohou nepříznivě ovlivnit jeho kvalitu a výsledný efekt ošetření. Těmito složkami jsou např. brusiva, oxid vápenatý, uhličitán vápenatý, kyselina chlorovodíková, změkčovadla a vysychavé oleje.

Na závěr je nutné uvést, že uvedené výsledky a doporučení nelze brát celoplošně a nelze je zobecňovat na všechny typy papírových objektů. Veškerá uvedená doporučení platí pro papírovou podložku v dobré fyzické kondici. Z tohoto důvodu je nutné brát v úvahu fyzický stav papíru před samotným mechanickým čištěním. Papírové podložky, které jsou jakkoliv narušené, vyžadují individuální přístup a zhodnocení vhodnosti aplikovaných metod. Výběr metody ošetření dále závisí na přítomnosti dalších látek na povrchu papíru jako např. inkoust, barevná vrstva, zlacení aj. Dále je třeba brát v úvahu, jestli bude papírová podložka následně podrobena dalším restaurátorským zásahům a jak bude s objektem naloženo, jestli se předpokládá navrácení celého rozsahu funkčnosti papírové podložky, nebo se jedná pouze o preventivní konzervaci. V neposlední řadě je důležité rozhodnout o rozsahu mechanického čištění popřípadě nutnosti tohoto zákroku.

### 3 Srovnání novosti postupů

V posledních letech se výzkum v oblasti mechanického čištění papíru soustřeďuje především na vývoj nových technik, které však vyžadují nákladné přístrojové vybavení [12-15]. Vzhledem k tomu, že standartně vybavené pracoviště těmito prostředky nemůže disponovat, je třeba věnovat pozornost výběru vhodných metod mechanického čištění papíru dostupných pro širokou restaurátorskou obec.

Na téma výběru vhodné techniky k mechanickému čištění prachových částic z povrchu papíru nebyl dosud v České republice veden žádný výzkum. V zahraničí bylo na toto téma provedeno několik studií, ty však prezentovaly pouze techniky používané na místním pracovišti [6] nebo lokální výrobky [7]. Žádná z předchozích studií nezahrnovala tak rozsáhlý počet metod mechanického čištění a jejich vzájemné porovnání jako tato práce.

Velmi podstatným hlediskem při výběru vhodné metody čištění je i její bezpečnost. V předchozích studiích se jako hlavní kritérium negativního vlivu ošetření na papírovou podložku považovalo především zanechání reziduí použitého prostředku a jejich případný vliv na degradaci [16]. V žádných dosud prezentovaných studiích nebyla detailně hodnocena míra změny povrchu papíru vlivem přímého čištění jako v této práci. Zmíněná problematika bývá běžně řešena pouze vizuálním posouzením restaurátora po vyzkoušení dané techniky mechanického čištění [17-18]. Toto hledisko však může být velmi subjektivní a neprůkazné.

Použitím této metodiky při výběru techniky mechanického čištění papíru lze v praxi výrazně zkvalitnit restaurátorské zákroky. Zároveň by tato práce měla varovat před nevhodnými čistícími postupy, kterými by mohlo dojít k nevratnému poškození papírových objektů.

### 4 Uplatnění metodiky

V rámci této metodiky byly využity pouze techniky, které jsou cenově dostupné a nevyžadují žádné speciální přístrojové vybavení nebo školení. Z tohoto důvodu je předkládaná práce určena pro různá restaurátorská pracoviště v kulturních i jiných typech institucí, soukromé restaurátory i restaurátorské školy. Na základě této metodiky dokáže každý kvalifikovaný restaurátor použít doporučené metody mechanického čištění papíru v praxi.

### 5 Publikace předcházející metodice

- Benešová M. Aplikace prachových částic na modelové vzorky papíru a testování účinnosti mechanického čištění. Fórum pro konzervátory-restaurátory, 134, Hodonín, Česká republika, 10. -12. září 2013.
- Benešová M., Součková M., Dřevíková J. Application of Dust Particles on Model Samples of Paper and Testing Efficiency of Mechanical Cleaning. 11th International Conference Indoor Air Quality in Heritage and Historic Environments, Programme and Abstract book, 35, Praha, Česká republika, 13.-16. dubna 2014.
- Benešová M. Testování účinnosti běžných způsobů mechanického čištění papíru. Fórum pro konzervátory-restaurátory, 50-55, Ústí nad Labem, Česká republika, 9.-11. září 2014.



## 6 Poděkování

Tato metodika vznikla díky finanční podpoře Ministerstva kultury v rámci řešení projektu DF11P01OVV020 - Metodika hodnocení vlivu kvality ovzduší na knihovní a archivní fondy.

## 7 Literatura

1. Nazaroff, W.W. Indoor particle dynamics. *Indoor Air*. 2004, 14(7), 175–183.
2. Ďurovič, M. et al. *Restaurování a konzervování archiválií a knih*. Praha: Paseka, 2002. ISBN 80-7185-383-6.
3. Brimblecombe, P., Grossi, C.M.. The rate of darkening of material surfaces. *Air Pollution and Cultural Heritage*. London: 2004, 193-198.
4. Hatchfield, P.B. *Pollutants in the Museum Environment, Practical Strategies for Problem Solving in Design Exhibition and Storage*. London: Archetype Publications, 2010. ISBN 1873132964.
5. Urzi, C., De Leo, F., Salamone, P., Criseo, G. Airborne fungal spores colonising marbles exposed in the terrace of Messina Museum, Sicily. *Aerobiologia*. 2001, 17, 11-17.
6. Crown, J., Guild, S. *Dry Methods for Surface Cleaning Paper*. Ottawa: Canadian Conservation Institute, 2001. ISBN 0-662-30077-7.
7. Henry, W. et al. *Paper Conservation Catalog*. Washington D.C.: American Institute for Conservation Book and Paper Group, 1984-1994. <http://cool.conservations.org/coolaic/sg/bpg/pcc/>.
8. Moncrieff, A., Weaver, G. *Science for conservators Volume 2, Cleaning*. New York: Museums and Galleries Commission, 2005. ISBN 0-415-07165-8.
9. Pentzien, S., Conradi, A., Lussky, K., Engel, P., Kruger, J. *Research in Book and Paper Conservation in Europe*. 2009, 171-206.
10. Ducháček V. *Polymery - výroba, vlastnosti, zpracování, použití*. 2. vyd. Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, Praha 2006, 164. ISBN 80-7080-617-6.
11. Nguen, T.-P., Bouvet, S. a Eveno, M. Effect of erasers on the degradation of paper cellulose. *Proceeding of International Conference Chemical Technology of Wood, Pulp and Paper*, 361-365, Bratislava, Slovensko, 15.-19. září 2003.
12. Arif, S. A Kautek, W. Laser cleaning of particulates from paper: Comparison between sized ground wood cellulose and pure cellulose. *App. Surface Sci*. 2013, 276, 53-61.
13. AlShaer, A.W., Li, L. a Mistry, A. The effects of short pulse laser surface cleaning on porosity formation and reduction in laser welding of aluminium alloy for automotive component manufacture. *Optic Laset Tech*. 2014, 64, 162-171.
14. Erosoy, T., Tunay, T, Uguryol, M., Mavili, G. A Akturk, S. Femtosecond laser cleaning of historical paper with sizing. *J. Cultural Herit*. 2014, 15(3), 258-265.
15. Inglesias-Campos, M.Á. a Ruiz-Recasens, C. Surface cleaning of intaglio prints with microblasting powdered cellulose and erasing: Treatment effects on inks and support texture. *J. Cultural Herit*. 2014, doi:10.1016/j.culher.2014.08.001

16. Pearlstein, E.J., Cabelli, D., King, A. a Indictor, N. 1982. Effects of eraser treatment on paper. *J. Am. Inst. Conserv.* 1982, 22(1), 1-12.
17. Northeast Document Conservation Center. Surface Cleaning Paper. Technical Leaflet, Society of Rocky Mountain Archivists, [online: 29.1.2015], <http://www.srmarchivists.org/resources/preservation/preservation-publications/surface-cleaning-paper/>.
18. Missouri Secretary of State. Surface-cleaning of paper. Conservation Services Notes, [online: 29.1.2015], <http://www.sos.mo.gov/archives/localrecs/conservation/notes/surfacecleaning.asp>.

## 8 Přílohy

### 8.1. Komerční názvy použitých prostředků

Tab. 5: Komerční názvy prostředků použitých k mechanickému čištění v pořadí dle tab. 1.

	Komerční název	Výrobce
1	Magic Rub Vinyl Eraser	Sanford
2	Mars Plastic Eraser	Staedlter
3	Peel-Off Eraser Stick	Sanford
4	Able Rub Art Gum Eraser	Alvin
5	Adhesive Pick Up Rubber Cement Eraser	Crepe Eraser
6	Purus	Dodává: Ceiba
7	Wishab	Dodává: Ceiba
8	Wallmaster	Absorene
9	Document Cleaning Powder	Lineco
10	Document Cleaning Pad	Lineco
11	Groom Stick Book Cleaner	Picreator Enterprises
12	Swish Cleaning Cloths	Dodává: Ceiba
13	-	-
14	-	-
15	-	-

### 8.2 Příprava vzorků

#### *Papírové podložky*

Pro testování metod mechanického čištění byly použity dva odlišné typy papíru:

- Ruční papír Velké Losiny – ručně čerpaný papír ze suspenze bavlněných a lněných vláken
- Dřevitý papír – komerčně vyráběný papír pro knihy z roku 1960

#### *Prachové částice*

Pro aplikaci na vzorky papíru byl použit reálný prach získaný čištěním knih pomocí vysavače v depozitářích Národní knihovny ČR. Takto získané prachové částice byly testovány Skenovacím elektronovým mikroskopem a EDX analýzou (Tescan Vega 3XM). Na obrázku 4 je uveden příklad morfologie těchto částic. Z výsledků je zřejmé velmi heterogenní složení vzorku, které odpovídá reálným podmínkám v knihovně.



Obr. 4: Příklad morfologie prachových částic, které byly použity k přípravě vzorků.

Průměrné složení těchto částic získané z EDX analýzy je uvedeno v tabulce 6. Z výsledků je zřejmé, že dominantní složkou prachu byly částice bohaté na vápník. Tyto částice často pocházejí z degradace stavebního materiálu budovy a jako nejčastější typ prachu ve vnitřním prostředí muzeí, galerií a knihoven byly pozorovány v mnoha studiích [A.1-3].

Tab. 6: Průměrné zastoupení jednotlivých prvků ( $\pm$  směrodatná odchylka) v prachových částicích, které byly aplikovány na vzorky.

Prvek	Hmotnostní %
Ca	47( $\pm$ 9)
C	20( $\pm$ 3)
O	18( $\pm$ 3)
Si	9( $\pm$ 2)
N	2( $\pm$ 1)
S	2( $\pm$ 0)
Al	<1
Cl	<1
Cu	<1
Fe	<1
K	<1
Na	<1
Zn	<1

### ***Aplikace prachu na papírovou podložku***

Hlavním cílem při přípravě vzorků papíru bylo ukotvení dostatečného množství prachu v povrchové struktuře papíru, aby vzorek co nejvíce odpovídal dlouhodobému uložení v knihovně. Pro testy mechanického čištění byly vybrány dva typy aplikace prachových částic na vzorek papíru. První metodou bylo vtírání prachu pomocí sáčku vytvořeného z jemné netkané textilie a druhou válečkování papírové podložky posypané jemnou vrstvou prachu. Z důvodu objektivitivy byla každá z hodnocených technik čištění testována na obou typech připravených vzorků.

Koncentrace prachových částic nanesených na vzorek představovala zhruba 0,2-0,3 mg/cm<sup>2</sup> pro ruční papír a 0,1-0,2 mg/cm<sup>2</sup> pro dřevitý papír. Na dřevitém papíru prach ulpíval v menším množství z důvodu jeho uzavřenější struktury. Z výsledků předchozí studie [A.4], která se zabývala rychlostí depozice prachových částic ve výstavních sálech, lze odhadnout, že podobné množství prachu by se v běžných podmínkách na uložené předměty nadeponovalo řádově za několik desítek let.

### **8.3 Metody vyhodnocování**

#### ***a) Úbytek hmotnosti prachu (účinnost odstranění prachu)***

Hmotnost vzorku papíru byla sledována před a po aplikaci prachu a následně po mechanickém čištění pomocí analytických vah KERN ABT 120-5DM. Hmotnost naneseného prachu byla stanovena podle vztahu:

$$m_p = m_a - m_v, \quad (1)$$

kde  $m_p$  je hmotnost prachu naneseného na papír,  $m_a$  je hmotnost vzorku po aplikaci prachu a  $m_v$  je hmotnost vzorku před aplikací prachu. Dále byl stanovován úbytek hmotnosti prachu po mechanickém čištění podle vztahu:

$$m_u = m_a - m_{\xi}, \quad (2)$$

kde  $m_u$  je úbytek hmotnosti prachu po mechanickém čištění a  $m_{\xi}$  je hmotnost vzorku po mechanickém čištění. Celkový úbytek hmotnosti prachu po čištění ( $m$ ) v procentech byl vypočítán podle vztahu:

$$m = \frac{m_u}{m_p} \cdot 100. \quad (3)$$

V některých případech dosáhla hodnota parametru  $m$  více než 100%, což by mohlo poukazovat na úbytek papírové podložky, ale i na chybu vážení.

**b) Změna celkové barevné difference (estetická účinnost čištění)**

Pro vyhodnocení změny barevnosti byl použit barevný prostor CIELab, který se skládá z pravouhlého souřadnicového systému tvořeného třemi osami. Vertikální nepestrá osa vymezuje stupnici jasu mezi černou a bílou barvou ( $L^*$ ). Dvě horizontální chromatické osy, které jsou vůči sobě kolmé, procházejí mezi barvami zelenou a červenou ( $a^*$ ) a modrou a žlutou ( $b^*$ ). Hodnoty těchto parametrů přesně vymezují místo odpovídající barvě v barevném prostoru. Měření bylo provedeno pomocí spektrofotometru Minolta CM-508d s měřicí clonou o velikosti 8 mm v režimu SCE (Specular Component Exclude).

Barevnost jednotlivých vzorků byla měřena vždy na totožných místech, aby byly co nejvíce eliminovány chyby vzniklé vlivem heterogenity papíru. Na základě rozdílu hodnot naměřených po aplikaci prachu a po mechanickém čištění a označených jako  $\Delta a^*$ ,  $\Delta b^*$  a  $\Delta L^*$  byla následně vypočtena celková změna barevnosti  $\Delta E$  v procentech:

$$\Delta E = \sqrt{(\Delta a^*{}^2 + \Delta b^*{}^2 + \Delta L^*{}^2)} \quad (4)$$

**c) Změna aritmetické střední výšky drsnosti (bezpečnost čištění)**

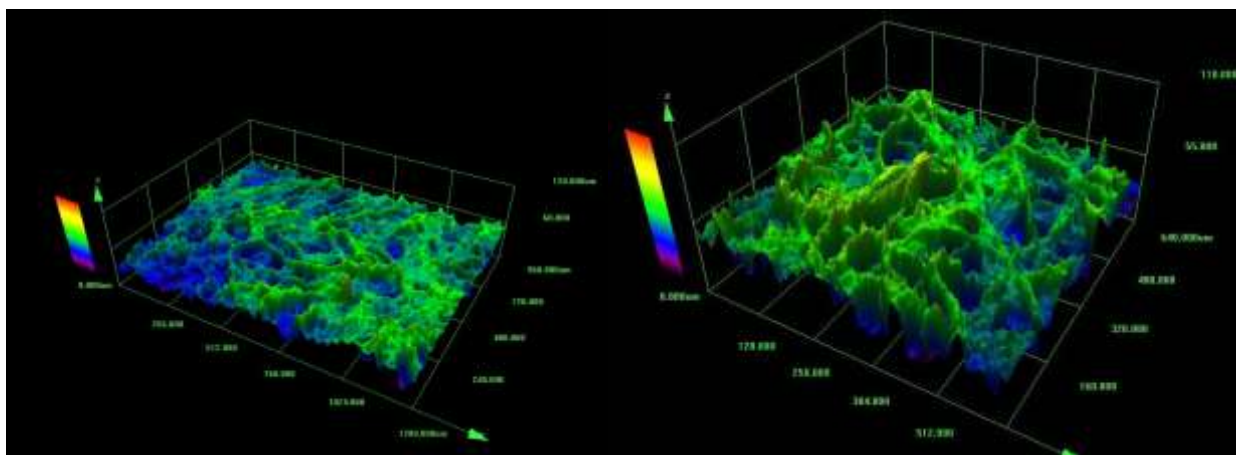
Pomocí konfokální mikroskopie byly vyhodnocovány parametry drsnosti, které vyjadřují míru poškození povrchu neboli jeho zdrsnění. Těmito parametry byly aritmetická střední výška zakřivené plochy profilu, aritmetická střední výška drsnosti, střední kvadratická výška zakřivené plochy profilu a střední kvadratická drsnost. Velikost zvolené plochy pro analýzu byla 1024 x 768  $\mu\text{m}$  (zvětšení 240x). Měření bylo provedeno pomocí mikroskopu LEXT OLS 3000.

Zvýšení parametrů drsnosti po mechanickém čištění ( $S$ ) bylo stanoveno v procentech dle následujícího vztahu:

$$S = \frac{S^c - S^a}{S^a} \cdot 100, \quad (5)$$

kde  $S^a$  je parametr vzorku po aplikaci prachu a  $S^c$  je parametr vzorku po mechanickém čištění.

Pro příklad jsou na obrázcích 5 a 6 zobrazeny 3D modely vytvořené pomocí konfokální mikroskopie. Oba obrázky ukazují vizualizované hodnoty použité pro výpočet parametrů vyhodnocovaných touto metodou.



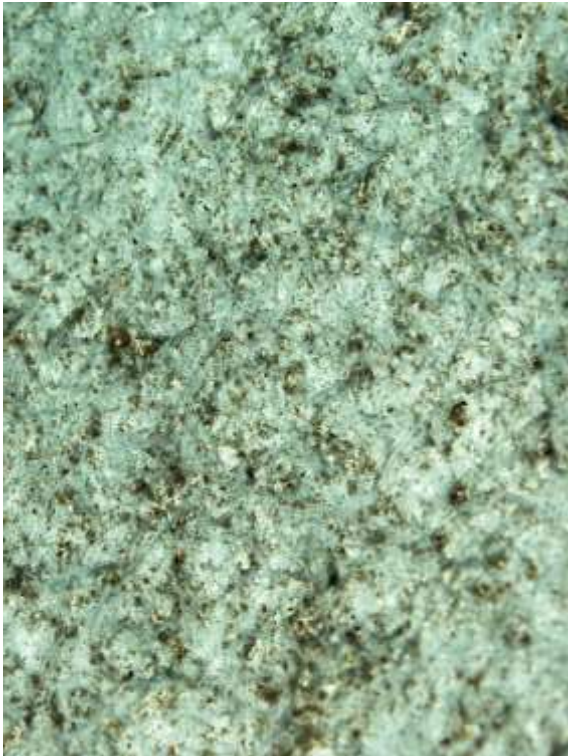
Obr. 5: Ukázka 3D modelu povrchu vzorku před mechanickým čištěním.

Obr. 6: Ukázka 3D modelu povrchu vzorku po mechanickém čištění.

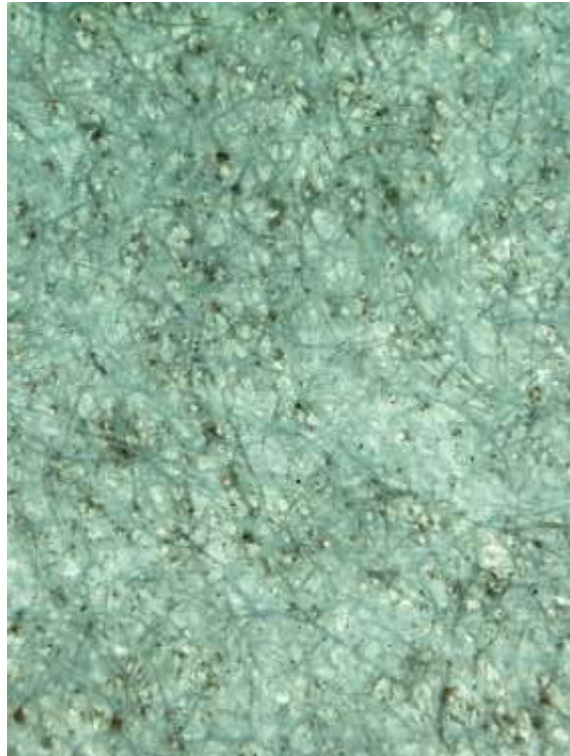
#### *d) Optická mikroskopie*

Jako doplňková metoda hodnocení účinnosti a bezpečnosti čištění byla použita optická mikroskopie pomocí mikroskopu Olympus BX60. Touto metodou byla hodnocena především subjektivní úroveň vyčištění či poškození předmětu. Vyhodnocování bylo pouze vizuální a sloužilo tak k dokreslení objektivních výsledků ostatních metod vyhodnocování.

#### 8.4. Výsledky optické mikroskopie



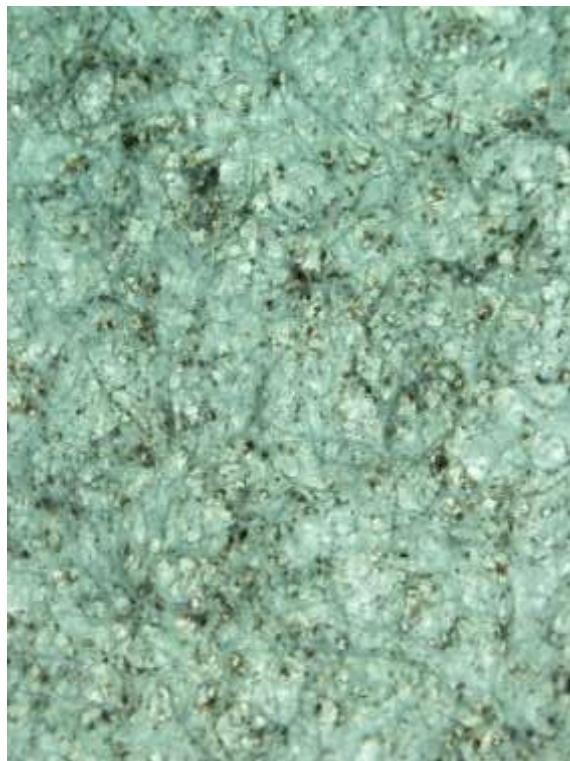
Obr. 7: Vzorek papíru po aplikaci prachových částic (před čištěním).



Obr. 8: Vzorek papíru po čištění pomocí pružného bloku na bázi pryže (vhodná metoda pro velkoplošné čištění).



Obr. 9: Vzorek papíru po čištění pomocí pevného bloku na bázi faktisu (nevhodná metoda – poškození).



Obr. 10: Vzorek papíru po čištění pomocí pružného bloku na bázi latexu (nedostatečné odstranění prachových částic).



## 8.5 Literatura

- A.1. Camuffo, D., Van Grieken, R., Busse, H.-J., Sturaro, G., Valentino, A., Bernardi, A., Blades, N., Shooter, D., Gysels, K., Deutsch, F., Wieser, M., Kim, O. a Ulrych, U. 2001. Environmental monitoring in four European museums. *Atmos. Environ.* 2001, 35(1), 127-140.
- A.2. Godoi, R., Potgieter-Vermaak, S., Godoi, A., Stranger, M. a Van Grieken, R. 2008. Assessment of aerosol particles within the Rubens' House Museum in Antwerp, Belgium. *X-Ray Spectrom.* 2008, 37, 298–303.
- A.3. Gysels, K., Deutsch, F. a Van Grieken, R. 2002. Characterization of particulate matter in the Royal Museum of Fine Arts, Antwerp, Belgium. *Atmos. Environ.* 2002, 36(25), 4103-4113.
- A.4. Yoon, Y. H. a Brimblecombe, P. 2000. Contribution of dust at floor level to particle deposit within the Sainsbury Centre for Visual Arts. *Studies in Conservation.* 2000, 45(2), 127-137.