

Ateliér restaurování nástěnné malby a sgrafita

Fakulta restaurování Univerzity Pardubice

Reverzibilita a stabilita retuší olejomalby na stěně

Projekt realizovaný v rámci Studentské grantové soutěže

Univerzity Pardubice

MgA. Barbora Vařejková, Mgr. art. Jan Vojtěchovský

Leden 2016 – prosinec 2016

OBSAH

1	Úvod	4
2	Rešerše dostupných informací k tématu.....	6
2.1	Retuš nástěnných maleb.....	6
2.2	Volba retušovacího materiálu	6
2.3	Retuš barvami na bázi vysychavých olejů a přírodních pryskyřic	10
2.3.1	Retuš olejovými barvami	10
2.3.2	Retuš barvami na bázi přírodních pryskyřic	14
2.3.3	Retuš olejopryskyřičnými barvami	16
2.4	Retuš barvami na bázi přírodních vodou ředitelných pojiv	18
2.4.1	Retuš akvarelovými barvami	18
2.4.2	Retuš kvašovými barvami.....	20
2.4.3	Retuš vaječnou temperou.....	22
2.5	Retuš kombinovanou technikou.....	26
2.6	Retuše barvami na bázi syntetických polymerů	29
2.6.1	Retuš barvami pojenými ethery celulózy	30
2.6.2	Retuš barvami na bázi roztoků polyakrylátů a polymethakrylátů .	32
2.6.3	Retuš barvami na bázi vodných akrylátových disperzí	36
2.6.4	Retuš barvami na bázi roztoků polyvinylacetátů.....	38
2.6.5	Retuš barvami na bázi vodných polyvinylacetátových disperzí	41
2.6.6	Retuš barvami na bázi polyvinylalkoholu	42
2.6.7	Retuš barvami pojenými ketonovými pryskyřicemi.....	44
2.6.8	Retuš barvami pojenými aldehydovými pryskyřicemi	46
3	Experimentální část	48
3.1	Úvod.....	48
3.2	Výběr a charakteristika retušovacích systémů.....	48
3.2.1	Akvarelové barvy Winsor & Newton™ Artists' Water Colour	50
3.2.2	Olejopryskyřičné barvy MUSSINI®	50
3.2.3	Pryskyřičné barvy Maimeri Restauro	52
3.2.4	Samostatně připravené systémy barev	52
3.3	Příprava vzorků.....	55
3.3.1	Příprava zkušebních tělísek	55
3.3.2	Příprava vlastních barev	59
3.3.3	Aplikace retušovacích prostředků.....	62
3.4	Podmínky umělého stárnutí UV zářením.....	63
3.5	Zkoušky odstraňování retuší	64
3.5.1	Výběr odstraňovacích systémů	64
	Výběr rozpouštědel podle Teasových parametrů rozpustnosti.....	65
3.5.2	Přehled a charakteristika odstraňovacích prostředků	70
3.5.3	Příprava citrátu amonného	72

3.5.4	Příprava Carbopolového gelu s acetonem	72
3.5.5	Aplikace odstraňovacích systémů.....	72
3.6	Metody testování.....	73
3.6.1	Hodnocení vlastností retuší a jejich změn po umělém stárnutí	73
3.6.2	Testy reverzibility retuší	74
3.7	Výsledky a diskuze	75
3.7.1	Vlastnosti barevných vrstev retuší před procesem stárnutí	75
3.7.2	Změny vlastností barevných vrstev retuší po umělém stárnutí	80
3.7.3	Reverzibilita retuší.....	81
3.8	Závěr	86
3.9	Seznam použitých látek a materiálů	92
4	Seznam použité literatury a pramenů	94
4.1	Seznam použité literatury	94
4.2	Seznam použitých pramenů	98
4.3	Databáze a internetové zdroje.....	100
5	Obrazová příloha	101

1 Úvod

Předmětem projektu je teoretický a experimentální výzkum stability a reverzibility retuší olejomaleb na stěně. Dlouhodobá odolnost retuší vůči vlivům vnějšího prostředí a možnost jejich potencionálního budoucího odstranění jsou jedny ze základních aspektů, ke kterým by mělo být přihlíženo při výběru vhodného retušovacího prostředku, případně techniky provedení retuše. Především platí, že by retušovací prostředek v důsledku přirozeného stárnutí měl co nejméně podléhat optickým změnám a změnám v jeho chemické struktuře, které mají za následek zhoršování rozpustnosti retuše. Rizika z toho vyplývající jsou v zásadě dvě. V první řadě zoxidované retuše vyžadují při jejich odstranění použití více razantnějších rozpouštědel, u kterých hrozí, že atakují i originální olejovou vrstvu. Druhým rizikem je vysoká toxicita některých rozpouštědel, používaných při snímání zesíťovaných retuší, která zatěžuje nejen zdraví restaurátora, ale i životní prostředí.

V rešeršní části práce jsou shromážděny základní informace o běžně používaných technikách retuše olejomaleb se zaměřením na jejich odolnost vůči vlivům okolního prostředí a odstranitelnost zestárlých retuší. Pozornost je věnována i způsobu jejich aplikace a zpracovatelským vlastnostem. Většina odborné literatury zabývající se technikami retuše však pojednává o olejomalbách na plátně. Při aplikaci těchto poznatků na nástěnnou olejomalbu musí být proto zvažována jak rozdílná podložka samotné malby, která skýtá jiné zdroje namáhání a poškození, tak jiné vlivy okolního prostředí působící na malbu. Dále je nutné si uvědomit, že olejomalby na plátně jsou ve většině případů lakovány, což u olejomaleb na stěně nemusí být pravidlem. Z toho mohou vyplývat i jiné požadavky na optické vlastnosti nelakovaných retuší.

Práce následně pokračuje experimentem, který navazuje a čerpá z rešerše dostupných informací k tématu reverzibility a stability retuší olejomaleb na stěně. V rámci experimentu bylo vybráno osm nejběžněji používaných technik a technologií retuší olejomaleb. Retuše byly vybranými postupy naneseny na zkušební tělíska na anorganické bázi. Následně byla tělíska uměle stárnutá UV zářením. Po stárnutí byly provedeny zkoušky odstranění retuší. Hodnocení změn optických a fyzikálních vlastností retuší a zkoušek jejich odstranění bylo provedeno na základě vizuálního pozorování a fotografické dokumentace v normálním světle

a v UV záření a na základě pozorování a dokumentace za pomoci stereoskopického mikroskopu.

Hodnocení i samotné provedení experimentu je vztaženo k reálným nástěnným olejomalbám, nacházejícím se v kapli sv. Josefa v kostele Nanebevzetí Panny Marie v Klokotech. Při jejich restaurování bylo kvůli nízké míře dochování originální olejové vrstvy přistoupeno k rozsáhlým retuším a rekonstrukcím. Musela být proto zvolena taková technika retuše, která by byla vyhovující jak po stránce vizuální, tak z hlediska její dlouhodobé stability, reverzibility a zpracovatelnosti. Kromě toho, že výsledky experimentu poskytují vyhodnocení všech testovaných materiálů, rovněž byly využity jako podklad pro výběr retušovací techniky vhodné pro doplnění uvedených nástěnných maleb.

2 Rešerše dostupných informací k tématu

2.1 Retuš nástěnných maleb

Retuš neboli reintegrace je závěrečný restaurátorský úkon, při kterém dochází k redukci vizuálního účinku poškozených/chybějících partií uměleckého díla, za účelem zvýšení jeho umělecké nebo ikonografické čitelnosti.¹

V praxi se uplatňují různé metody a techniky retuše. Metodou retuše se rozumí způsob a míra reintegrace poškozených/chybějících částí díla; jako technika je chápáno provedení retuše po materiálové stránce. Podle Nicolause² je jako základní metoda retuše uváděna retuš „fragmentární“ malby, neutrální retuš, *tratteggio rigatino*³ a *ritoko*,⁴ normální retuš, totální neboli úplná retuš, případně přemalba a rekonstrukce. Podle české terminologie založené na odkazech Bohuslava Slánského se u nás používají častěji pojmy retuš neutrální, lokální a nápodobivá.⁵

Výběr metody i techniky je determinován povahou konkrétního restaurovaného díla, typem poškození, ale i kulturním a historickým kontextem, aktuálním převládajícím vkusem a památkovým přístupem.

2.2 Volba retušovacího materiálu

Retuš, stejně jako jakýkoliv jiný restaurátorský úkon, má omezenou dobu životnosti. Retuš po čase degraduje a je třeba ji opakovat. Materiál vhodný pro účely retušování by proto měl být naprosto inertní vůči originální malbě, ideálně kdykoliv odstranitelný bez rizika poškození originální malby a dostatečně stabilní, aby v čase podléhal co nejmenším změnám. Čím je materiál stabilnější, tím delší životnost zákroku zajišťuje a minimalizuje potenciální poškození originální barevné vrstvy při budoucím odstraňování retuše.⁶

Nejen stabilita a reverzibilita jsou důležité při volbě materiálu retuše. Pokud je žádoucí, aby se restaurátor vizuálně přiblížil textuře, barevnosti, opacitě a lesku originální barevné vrstvy,⁷ zvolený retušovací materiál by měl mít podobné optické

¹ EwaGlos 2015, s. 329.

² NICOLAUS–WESTPHAL 1999, s. 290–295.

³ Retuš pomocí svislých čar metodou barevné selekce, zlaté selekce, barevné abstrakce.

⁴ Retuš po tvaru.

⁵ Více viz SLÁNSKÝ 2003b, s. 238–244.

⁶ STONER–RUSHFIELD 2012, s. 613.

⁷ Což nemusí být vždy pravidlem. Pokud je kladen důraz na rozpoznatelnost doplňku, toto kritérium nemusí platit.

vlastnosti jako originální malba. Po stráce materiálové by měl být retušovací materiál kompatibilní s ostatními restaurátorskými materiály použitými při zákroku, tzn. s konsolidačními prostředky, tmely, izolační vrstvou,⁸ dalšími vrstvami retuše, případně závěrečným lakem atd. V neposlední řadě by měl být také málo toxický.⁹

Základními složkami všech retušovacích barev jsou pigmenty, pojiva a rozpouštědla. Pigmenty jsou definovány jako nerozpustné organické/anorganické, barevné/bezbarvé částice, používané pro probarvení pojiva.¹⁰ Pigmenty mohou být přírodního nebo syntetického původu, mají různá chemická složení a různé fyzikálně-chemické vlastnosti. Velikost částic se pohybuje v rozmezí 0,3 až 20 μm , velmi jemné pigmenty mohou mít velikost menší než 0,3 μm .¹¹ V oblasti restaurování nástěnné malby se používají především stabilní anorganické pigmenty.

Pojivo je obecně definováno jako materiál s adhezními a kohezními vlastnostmi, schopný vázat částice pigmentů nebo plniva a vytvořit soudržnou hmotu.¹² Pojiva barev jsou zpravidla přírodní nebo syntetické makromolekulární látky s různým chemickým složením a s různými fyzikálně-chemickými vlastnostmi. Kvůli možnosti aplikace se většinou rozpouštějí ve vodě nebo organických rozpouštědlech, čímž se získá jejich kapalná forma, do které je možné přidávat pigmenty a aditiva. Roztoky po vyschnutí vytváří pevné filmy, schopné vázat pigmenty a zajistit jejich adhezi k podkladu.

Rozpouštědla jsou kapaliny schopné rozpouštět různé látky, aniž by je chemicky měnily. Rozpouštědlo bývá v přebytku nad rozpouštěnou látkou. Rozpouštědlem může být voda a jiné anorganické kapaliny nebo organické látky, tedy organická rozpouštědla.

Volba těchto tří složek, případně obsah plniv a dalších aditiv ovlivňuje vlastnosti retušovacích barev. S ohledem na specifika konkrétní restaurované malby může být výběr jedné ze základních složek upřednostněn před ostatními. Nejčastěji je primární

⁸ U olejomalb na plátně retuši obvykle předchází aplikace izolační lakové vrstvy, která nejen separuje originál od restaurátorského zákroku, ale také uzavře povrch tmelů a zajistí tak lepší vizuální vlastnosti retuše. Je vhodné, aby měl izolační lak jinou rozpustnost než retuš, což umožňuje opětovné provedení retuše, bez porušení izolace. Celoplošně lze izolační lak aplikovat jen na malby, které jsou na závěr přelakovány. Pokud má zůstat malba nelakovaná, je třeba izolační lak nanášet výhradně na tmely a místa ztrát barevné vrstvy, která budou opatřena retuší. STONER–RUSHFIELD 2012, s. 613.

⁹ STONER–RUSHFIELD 2012, s. 613.

¹⁰ EwaGlos 2015, s. 392.

¹¹ ŠIMŮNKOVÁ–BAYEROVÁ 2008, s. 11.

¹² EwaGlos 2015, s. 354.

volbou pojivo. V některých situacích však musí být s ohledem na rozpustnost originální malby vybráno nejprve vhodné rozpouštědlo, až poté pojivo.¹³ Pro výběr jednotlivých složek platí následující doporučení.

- Při volbě pigmentů by měla být zvažována jejich barva, opacita/transparentnost, která je daná indexem lomu, vztahem pigmentu a pojiva¹⁴ a velikostí částic, stabilita, toxicita, kompatibilita s ostatními pigmenty a s pojivem.¹⁵ Krycí mohutnost, sytost a výsledný odstín barvy ovlivňuje také dispergační schopnost pigmentů a proces dispergace pigmentu v pojivu.¹⁶
- Pojivo retušovací barvy by mělo být odlišného chemického složení a lépe rozpustné než pojivo originální malby. Aby byla zajištěna vizuální podobnost retuše a originální malby, index lomu retušovacího média by měl být teoreticky co nejbližší indexu lomu originálního pojiva. Opacita a krycí síla barvy je výsledkem interakce pigmentu s pojivem. Čím menší rozdíl je v indexech lomu pojiva a pigmentu, tím více je barva transparentní.¹⁷ Co se týče stability a reverzibility, je třeba si uvědomit, že žádné pojivo není zcela rezistentní vůči vlivům vnějšího prostředí¹⁸ tak, aby nepodléhalo změnám mechanických a optických vlastností¹⁹, zůstalo esteticky vyhovující a rozpustné v rozpouštědlech šetrných k originální malbě i ke zdraví restaurátora. Upřednostňována by měla být stabilnější pojiva, na druhou stranu některá stabilnější pojiva mohou být méně vhodná po stránce optických a zpracovatelských vlastností nebo mohou být méně reverzibilní. Proto musí být pro každou konkrétní situaci zvažovány výhody a nevýhody určitého pojiva.²⁰

¹³ STONER–RUSHFIELD 2012, s. 615.

¹⁴ Rozdílem v indexech lomu pigmentu a pojiva a poměrem těchto složek.

¹⁵ STONER–RUSHFIELD 2012, s. 616.

¹⁶ Pokud není pigment dostatečně dispergován, mohou se optické vlastnosti barvy v průběhu retuše postupně měnit. KONECZNY 2010c, s. 66–68.

¹⁷ STONER–RUSHFIELD 2012, s. 621.

¹⁸ Ke stárnutí pojiv dochází kombinovaným vlivem světla, tepla, kyslíku, atmosférických polutantů, solí a mikroorganismů. ZELINGER 1987, s. 26.

¹⁹ Stárnutí pojiv se často projevuje vznikem trojrozměrné síťované nerozpustné struktury, štěpením řetězců polymeru, vznikem povrchových prasklin, změnou opacity, změnou barevnosti (často žloutnutí) a ztrátou adheze a koheze. Uvedené alterace jsou výsledkem změn chemické podstaty pojiv, při kterých většinou dochází ke štěpení nebo síťování pojivových makromolekulárních látek. ZELINGER 1987, s. 26–29; HORIE 1987, s. 32–39.

²⁰ STONER–RUSHFIELD 2012, s. 620.

- Rozpouštědlo, použité pro vytvoření roztoku pojiva i pro ředění barev, ovlivňuje v první řadě efektivitu rozpuštění konkrétního pojivového materiálu, smočení a dispergaci pigmentů, ale také zpracovatelské a optické vlastnosti barvy. Například výběr rychleji se odpařujícího rozpouštědla může urychlit schnutí barvy, vytvořit více matný povrch a umožnit ostřejší tahy štětce. Naopak pomalu se odpařující rozpouštědla prodlužují čas zpracovatelnosti barev a umožňují měkčí tahy štětcem.²¹ Preferována jsou málo toxická rozpouštědla. Výběr rozpouštědla je řízen také charakterem retušované malby, rozpouštědlo by nemělo malbu poškozovat.

Pro retušování je možné použít dva základní typy retušovacích barev. Jsou jimi samostatně připravené barvy z pojiva a práškových pigmentů nebo komerčně dostupné produkty, jako jsou umělecké barvy a barvy určené speciálně pro restaurátory. Každý z uvedených systémů má své výhody a nevýhody. Komerční barvy mají vyvážený poměr pojiva a pigmentů, případně plniv,²² dobře nastavené uživatelské a zpracovatelské vlastnosti a homogenní barevnost díky dokonalé přístrojové dispergaci obsažených pigmentů. V případě ruční přípravy vlastních barev často nelze všechny výše uvedené požadavky zcela zajistit.

Komerční produkty většinou obsahují UV stabilizátory, které přispívají k vyšší dlouhodobé stabilitě barev. Často však bývají přítomny i povrchově aktivní látky a změkčovadla, která mohou chování barev v průběhu stárnutí ovlivňovat naopak negativně. Dalším nedostatkem komerčních barev může být vysoký obsah pojiva, který pro účely retuše není nezbytný. Nadbytečné množství pojiva je naopak rizikové, protože snižuje reverzibilitu retuší.²³ Přednost samostatně připravených barev spočívá především v tom, že je možné volit a tedy přesně znát jejich materiálové složení a že může být do velké míry ovlivněn poměr pojiva, pigmentů, případně plniv tak, aby barva získala potřebné vlastnosti.²⁴

Obecně platí, že je vhodnější si vybírat kvalitní barvy/pigmenty s dobrou krycí mohutností, kterými se lze přiblížit vizuálnímu účinku originální malby při použití tenčí vrstvy. Retuš by neměla mít nikdy takovou tloušťku vrstvy jako originální malba. V čím tenčí vrstvě bude retuš nanесena, tím lépe bude odstranitelná.

²¹ STONER–RUSHFIELD 2012, s. 623.

²² Např. kaolín, kalcit, síran barnatý. PINTUS et al. 2012b.

²³ Koncentrace pojiva může být snížena jeho odsátím do savého materiálu.

²⁴ STONER–RUSHFIELD 2012, s. 620.

2.3 Retuš barvami na bázi vysychavých olejů a přírodních pryskyřic

2.3.1 Retuš olejovými barvami

(vlastní barvy pojené lněným olejem, ořechovým olejem, makovým olejem; umělecké olejové barvy, např. Schmincke Norma® Professional, Winsor & Newton Artist's Oil Colour, Lefranc & Bourgeois Artist's Oil Colour a další)

Olejové barvy

Olejové barvy jsou pojeny vysychavými oleji. Vysychavé oleje jsou po chemické stránce triglyceridy vyšších mastných kyselin, tj. estery glycerolu a převážně nenasycených vyšších mastných kyselin. Díky přítomnosti nenasycených kyselin má tato skupina olejů schopnost vysychat do podoby hladkých elastických filmů.²⁵ Pro olejové barvy se používá olej lněný, ořechový nebo makový.²⁶ Olejové barvy je možné připravit buď třením pigmentů s příslušným olejem, nebo lze použít komerčně vyráběné umělecké olejové barvy.

Olejový film vzniká autooxidační polymerací triglyceridů, kdy reaguje vzdušný kyslík s dvojnými vazbami nenasycených mastných kyselin za vzniku hydroperoxidů. Rychlost tvorby pevného olejového filmu závisí na množství nenasycených mastných kyselin v použitém oleji, zvláště na obsahu kyseliny linolenové. Čím je obsah kyseliny linolenové vyšší, tím vysychá olej rychleji. Největší podíl kyseliny linolenové obsahuje lněný olej.²⁷ Radikálovým mechanismem dochází ke tvorbě příčných vazeb mezi jednotlivými řetězci mastných kyselin. Vzniká tak polymerní film. Nejběžnějšími iniciátory polymerace jsou světlo, teplo, ionizující záření, mohou jimi být i chemické látky. Uvedené iniciátory, respektive podmínky expozice, mohou mít vliv také na průběh tvorby filmu. Tvorba filmů je dále ovlivněna úpravou oleje²⁸ a tloušťkou filmu. Čím je tloušťka filmu větší, proces vysychání trvá déle. Schnutí olejových filmů může být urychleno prouděním vzduchu a přísadami, obsahujícími kovové kationty s katalyzujícím účinkem,²⁹

²⁵ ZELINGER 1987, s. 89.

²⁶ NICOLAUS–WESTPHAL 1999, s. 273.

²⁷ Hodnoty obsahu kyseliny linolenové se v literatuře různí. Nicolaus uvádí, že lněný olej obsahuje cca 45 % kyseliny linolenové, ořechový olej pouze 15–18 % a makový olej neobsahuje téměř žádný podíl kyseliny linolenové. NICOLAUS–WESTPHAL 1999, s. 273.

Podle Zelingerova má lněný olej 52 %, ořechový 12 % a makový 0 % kyseliny linolenové. ZELINGER 1987, s. 90.

²⁸ Například polymerovaný olej schne pomaleji.

²⁹ Kobalt, olovo, mangan, zirkon, železo, měď.

tzv. sikativy.³⁰ Obdobným způsobem urychlují schnutí olejového filmu i pigmenty obsahující kovové kationty. Některé pigmenty naopak schnutí olejového filmu zpomalují, nebo na schnutí olejového filmu nemají vliv. Negativní vliv má na tvorbu olejových filmů vlhkost.³¹

Pigmenty urychlující schnutí olejového filmu	olovnatá běloba, zinková či kobaltová žluť, umbra, siena, anglická červeň, oxid chromitý, pruská modř, ftalocyaninová modř, malachit, azurit, měděnka, železitá čern a další
Pigmenty zpomalující schnutí olejového filmu	např. lampová čern, slonová čern, révová čern, van Dyckova hněd, zinková běloba
Pigmenty bez vlivu na schnutí olejového filmu	síran barnatý, křída, sádra, titanová běloba, okr, země zelená, ultramarín a další

Tab. 1: Rozdělení pigmentů dle účinku na proces schnutí olejového filmu.³²

Stabilita olejových barev

Hlavním nedostatkem olejových retuší je jejich silná tendence ke žloutnutí, tmavnutí a problematická odstranitelnost zestárých zesíťovaných filmů. Mimo to olejové filmy v průběhu času ztrácí svoji elasticitu, praskají a snižuje se jejich adheze k podkladu.³³ Všechna tato negativa představují přirozené projevy procesu stárnutí olejových filmů. Stárnutí filmů³⁴ je výsledkem degradačních reakcí, probíhajících již v průběhu vysychání i po vytvoření pevného olejového filmu.³⁵ Průběh a intenzita projevů stárnutí závisí na mnoha faktorech, například na druhu, složení a zpracování konkrétního vysychavého oleje, množství oleje v barvě, pigmentech obsažených v barvě, tloušťce barevné vrstvy a na podmínkách expozice, jako je světlo, teplo, vlhkost, přístup kyslíku nebo přítomnosti kovových kationtů.³⁶ Experimentálním

³⁰ Např. rezináty, naftenáty, linoleáty či oktoáty olovnaté, manganaté, kobaltnaté atd. ZELINGER 1987, s. 96.

³¹ OTMAROVÁ 2010, s. 11–18.

³² OTMAROVÁ 2010, s. 16; ZELINGER 1987, s. 97; ŠIMŮNKOVÁ–BAYEROVÁ 2008.

³³ ZELINGER 1987, s. 93.

³⁴ Průběh stárnutí lze charakterizovat tzv. „gravimetrickou křivkou“. Gravimetrická křivka podává informace o hmotnostních změnách probíhajících během stárnutí olejových filmů. Zaznamenává nejprve indukční periodu, tedy dobu do počátku tuhnutí. Následuje období, kdy dochází k výraznému nárůstu hmotnosti díky příjmu kyslíku ze vzduchu. Poté dosahuje křivka maxima a následuje fáze, kdy převáží degradace olejového filmu, při níž vznikají těkavé produkty. Emise těchto těkavých produktů způsobuje pokles hmotnosti filmu. OTMAROVÁ 2010, s. 41.

³⁵ OTMAROVÁ 2010, s. 14.

³⁶ NICOLAUS–WESTPHAL 1999, s. 274.

výzkumem bylo prokázáno, že lněný olej podléhá barevným změnám i při vystavení agresivním atmosférickým polutantům. Dochází k výraznému tmavnutí oleje.³⁷

Degradace olejových filmů v důsledku pnutí, tzn. praskání a ztráta adheze, je nejmenší u lněného oleje.³⁸ Na druhou stranu barvy pojené lněným olejem nejvíce žloutnou. Polymerovaný lněný olej, ořechový a makový olej jsou vůči žloutnutí více odolné.³⁹ Žloutnutí olejových filmů⁴⁰ prakticky není možné předejít. Jediná možnost, jak ho lze alespoň částečně redukovat, je snížit množství oleje v barvě. Toho lze docílit absorpcí přebytku oleje do savého materiálu, např. filtračního⁴¹ či jiného savého papíru, celulózy, sádrové destičky⁴², případně jeho částečným nahrazením pryskyřicí, jako například u olejopryskyřičných barev.^{43,44} Nejlépe je však používat barvy pojené pouze vysychavým olejem výhradně na tmely a ve velmi tmavých partiích malby, kde nebude barevný posun retuše tolik znatelný.⁴⁵

Reverzibilita olejových barev

Jak bylo zmíněno výše, zestárlé olejové retuše jsou jen velmi špatně odstranitelné. Zestárlý olejový film může být pouze nabotnán rozpouštědly se silnou botnací schopností, tedy zejména chlorovanými uhlovodíky, případně rozpouštědly se slabším účinkem, jako je aceton, ethylacetát, benzen nebo toluen.⁴⁶ Odstraňování olejových retuší z olejomalby pomocí rozpouštědel je velmi riskantní, protože rozpouštědla, aktivující olejovou retuš, mohou botnat i originální barvenou vrstvu na bázi oleje v okolí retuše a nenávratně ji poškodit.⁴⁷

Zpracovatelnost olejových barev

Olejové barvy se nejčastěji ředí terpentýnem nebo lakovým benzinem. Přestože podle Nicolause⁴⁸ je výhodné používat terpentýn, protože dokáže urychlit

³⁷ MARINESCU et al. 2014.

³⁸ SLÁNSKÝ 2003a, s. 117.

³⁹ NICOLAUS–WESTPHAL 1999, s. 274.

⁴⁰ Počáteční žloutnutí po ztuhnutí oleje je způsobeno vznikem žlutého barviva, produkovaného při procesu oxidace. Na světle není toto barvivo stálé, a proto může být ve tmě zežloutlý olejový film vybělen pouhým vystavením na prudké světlo. Později však vzniká stálé barvivo, které působením světla nezmizí. SLÁNSKÝ 2003a, s. 119.

⁴¹ STONER–RUSHFIELD 2012, s. 627.

⁴² SLÁNSKÝ 2003b, s. 244.

⁴³ NICOLAUS–WESTPHAL 1999, s. 274.

⁴⁴ STONER–RUSHFIELD 2012, s. 627.

⁴⁵ STONER–RUSHFIELD 2012, s. 627.

⁴⁶ ZELINGER 1987, s. 99.

⁴⁷ STONER–RUSHFIELD 2012, s. 627.

⁴⁸ NICOLAUS–WESTPHAL 1999, s. 274.

a zrovnomenit vysychání olejové vrstvy, aby neprobíhalo pouze na povrchu, je jeho použití značně riskantní. Netěkavá rezidua terpentýnu mohou totiž způsobovat tmavnutí retuší.⁴⁹ Proto je v praxi pro ředění olejových barev, ale i jiných retušovacích médií, preferován spíše lakový benzin.

Z hlediska zpracovatelnosti je retušování olejovými barvami problematické, protože vyžaduje poměrně dlouhé technologické přestávky mezi aplikací jednotlivých vrstev, což značně prodlužuje čas potřebný pro retuš. V závislosti na tloušťce vrstev a charakteru barvy je třeba zvolit vhodný časový interval mezi aplikací jednotlivých vrstev, aby nedošlo k jejich vzájemnému promísení v důsledku nedostatečného ztuhnutí spodní vrstvy. Tento časový interval se zpravidla pohybuje v rozmezí několika dnů, v odborné literatuře jsou například uvedeny 2 až 3 dny⁵⁰, nebo 1 až 2 dny⁵¹. Navzdory pomalejšímu schnutí je pro retuše někdy preferován ořechový a makový olej. Důvodem jejich použití je možnost dosažení světlejších barev⁵² s menší tendencí ke žloutnutí.⁵³

Olejovými barvami je díky blízkosti složení originálu a retuše relativně snadné dosáhnout požadovaného odstínu a struktury originální barevné vrstvy a docílit tak retuše takřka nerozpoznatelné od originálu. Možná však paradoxně není značná kompatibilita olejové retuše pro restaurování olejomalb žádoucí v kontextu s dalšími požadavky památkové péče, zahrnujícími zejména stabilitu a reverzibilitu retuše a v neposlední řadě také požadavek rozpoznatelnosti doplňku.

Přestože počáteční optické vlastnosti olejových barev jsou uspokojivé, kvůli množství negativ vyplývajících z jejich použití (problematická zpracovatelnost, nízká dlouhodobá stabilita a špatná reverzibilita) se v současné době pro retuše olejomalb takřka nevyužívají.

⁴⁹ Riziko tmavnutí barev ředěných terpentýnem lze eliminovat pouze použitím dokonale čistého a dokonale rektifikovaného terpentýnu. SLÁNSKÝ 2003b, s. 244.

⁵⁰ NICOLAUS–WESTPHAL 1999, s. 274.

⁵¹ STONER–RUSHFIELD 2012, s. 627.

⁵² Filmy z ořechového a makového oleje jsou téměř bezbarvé, lněný olej zůstává zabarvený do žluta až do hněda. ZELINGER 1987, s. 91.

⁵³ NICOLAUS–WESTPHAL 1999, s. 274.

2.3.2 Retuš barvami na bázi přírodních pryskyřic

(vlastní barvy pojené damarou, mastixem;⁵⁴ restaurátorské barvy na bázi mastixové pryskyřice Maimeri Restauero)

Barvy na bázi přírodních pryskyřic

Pryskyřičné barvy se skládají z přírodních pryskyřic a pigmentů. Přírodní pryskyřice jsou obdobně jako gumy exkrety poraněných míst rostlin (stromů a keřů).⁵⁵ Chemicky se však pryskyřice a gumy výrazně liší. Zatímco většina pryskyřic se skládá zejména z terpenoidů, gumy jsou polysacharidy.⁵⁶ Na rozdíl od gum nejsou pryskyřice rozpustné ve vodě, ale pouze v některých organických rozpouštědlech (měkké pryskyřice), případně v horkých olejích (tvrdé pryskyřice).⁵⁷ Pro přípravu pryskyřičných barev pro retušování maleb jsou doporučovány především dvě měkké triterpenoidní pryskyřice, damara a mastix.⁵⁸ Přírodní pryskyřice vysychají nejprve fyzikálně, tedy odpařením rozpouštědel. Následně v důsledku chemické reakce se vzdušným kyslíkem probíhá oxidace a polymerace.⁵⁹

Pro retuš pryskyřičnými barvami je možné použít buď komerčně vyráběné barvy, nebo lze barvy připravit třením práškových pigmentů a rozpuštěné pryskyřice. Při vlastní přípravě barev velmi záleží na správném poměru pigmentu a pryskyřice. Pokud barva obsahuje velký obsah pryskyřice, je pak příliš lazurní a více žlutne.⁶⁰ Vlastnosti pryskyřičných barev lze dále upravit přidávkem včelího vosku. Takto připravené barvy jsou matnější a potenciálně lépe odstranitelné.⁶¹

V současné době je na trhu zřejmě jen jeden mezinárodní výrobce, který se zaměřuje na přípravu pryskyřičných barev pro restaurování, italská firma Maimeri. Produkt firmy Maimeri má celý název *Colori a vernice per Restauero*, běžně je však označován pouze jako *Maimeri Restauero*. Výrobce v současné době nabízí 33 různých odstínů pryskyřičných barev.

⁵⁴ Případně kopálem a sandarakem. STONER–RUSHFIELD 2012, s. 627.

⁵⁵ Výjimkou je pouze šelak, který je produktem látkové výměny hmyzu.

⁵⁶ ZELINGER 1987, s. 108.

⁵⁷ BAYER 2010–2014.

⁵⁸ NICOLAUS–WESTPHAL 1999, s. 276.

⁵⁹ NICOLAUS–WESTPHAL 1999, s. 276.

⁶⁰ SLÁNSKÝ 2003b, s. 242.

⁶¹ STONER–RUSHFIELD 2012, s. 628.

Stabilita barev na bázi přírodních pryskyřic

Nedostatkem zestárlých pryskyřičných retuší je jejich tendence ke žloutnutí, tmavnutí, křehnutí a horší rozpustnosti.⁶² Síťování a křehnutí pryskyřic je výsledkem autooxidačních reakcí, které jsou urychlovány slunečním zářením, zejména jeho UV složkou.⁶³ Autooxidační reakce však mohou probíhat také v neprosté tmě.⁶⁴ Rychlost stárnutí a žloutnutí pryskyřičných retuší závisí jak na typu, složení a množství použité pryskyřice, tak na podmínkách expozice, tzn. především na přítomnosti vzdušného kyslíku, na teplotě a intenzitě UV záření a dalších faktorech.⁶⁵

Podle nedávné studie, zaměřené na stárnutí a žloutnutí damarových a mastixových laků, UV respektive sluneční záření, pouze urychluje proces oxidace. Výsledné produkty degradace a složení pryskyřic jsou stejné při stárnutí v úplné tmě, tak za přítomnosti světla. Ve tmě je však proces degradace zpomalen. I přes to může být žloutnutí pryskyřičných filmů výraznější u pryskyřic deponovaných ve tmě.⁶⁶

Obecně platí, že pokud není pryskyřice upravena aditivami zvyšujícími stabilitu pryskyřičných filmů, je vhodnější pro přípravu pryskyřičných barev použít spíše damaru než mastix, protože damara je stabilnější a méně žloutne.⁶⁷ Ve srovnání s oleji mají pryskyřičné filmy menší tendenci ke žloutnutí.

Reverzibilita barev na bázi přírodních pryskyřic

V průběhu autooxidace se zvyšuje polarita pryskyřic, jelikož dochází ke včleňování molekul kyslíku do jejich struktury. Také proto jsou pro aktivaci oxidovaných pryskyřic účinnější polárnější rozpouštědla ve srovnání s čerstvými filmy.⁶⁸ Ta však mohou botnat a poškodit i originální olejovou barvenou vrstvu. Například podle Slánského je pro snímání pryskyřičných retuší dostačující xylen, který jakožto nepolární rozpouštědlo na starou olejovou vrstvu nepůsobí.⁶⁹ Přestože odstranění pryskyřičných barev může být problematické, obecně by mělo být snadnější než u olejových barev.

⁶² NICOLAUS–WESTPHAL 1999, s. 276.

⁶³ HORIE 1987, s. 146; DE LA RIE 1988.

⁶⁴ DIETMANN et al. 2009.

⁶⁵ HORIE 1987, s. 146; DE LA RIE 1988.

⁶⁶ DIETEMANN et al. 2009.

⁶⁷ ZELINGER 1987, s. 112–113; SLÁNSKÝ 2003, s. 242; DE LA RIE 1988.

⁶⁸ HORIE 1987, s. 146; DE LA RIE 1988.

⁶⁹ SLÁNSKÝ 2003b, s. 242.

Zpracovatelnost barev na bázi přírodních pryskyřic

Pryskyřičné barvy je možné ředit terpentýnem nebo lakovým benzinem, respektive obdobnými rozpouštědly na bázi uhlovodíkových frakcí ropy, která jsou nejen v zahraničí označována jako white spirits.⁷⁰ Kvůli residuím netěkavých složek terpentýnu, která mohou způsobovat tmavnutí retuší, je použití terpentýnu v dnešní době nahrazeno lakovým benzinem a zmíněnými obdobnými rozpouštědly. Tato rozpouštědla se navíc odpařují rychleji, což umožňuje klást lazury dříve na sebe.

Pryskyřičné barvy mají lepší zpracovatelské vlastnosti než olejové barvy. Díky dvoufázovému procesu vysychání schnou výrazně rychleji než barvy olejové, což umožňuje urychlení procesu retušování.⁷¹

Pryskyřice mají vysoký index lomu, což má za následek spíše lazurní charakter barev. Proto jsou pryskyřičné barvy často používány jen jako závěrečné lazury při dokončování retuší provedených z velké části jinou technikou, např. akvarelovými barvami, kvašovými barvami nebo vaječnou temperou. Pokud je pryskyřičnými barvami vytvářena retuš v celé tloušťce, je třeba použít vyšší počet vrstev. I tak nemusí být dosaženo dostatečné kryvosti. Navíc může být překročen potřebný lesk.

Ve srovnání s olejovými barvami mají pryskyřičné barvy z hlediska stability a reverzibility lepší vlastnosti (méně žloutnou a jsou lépe rozpustné). Pryskyřičné barvy schnou výrazně rychleji než barvy olejové a díky vyššímu indexu lomu lze pryskyřičnými barvami dosáhnout větší zářivosti barev. Na druhou stranu jsou pryskyřičné filmy více křehké a práce s nimi je časově náročná.

2.3.3 Retuš olejopryskyřičnými barvami

(vlastní barvy připravené přidavkem pryskyřice k olejové barvě; olejopryskyřičné barvy Schmincke Mussini®)

Olejopryskyřičné barvy

Olejopryskyřičné barvy jsou směsi pigmentů, olejů a přírodních/syntetických pryskyřic, přičemž podíl oleje v barvách je větší než podíl pryskyřice. Olejopryskyřičné barvy lze zakoupit již hotové v tubách nebo mohou být připraveny samotným restaurátorem přímo na paletě, přidáním pryskyřice k olejové barvě.⁷²

⁷⁰ NICOLAUS–WESTPHAL 1999, s. 276.

⁷¹ STONER–RUSHFIELD 2012, s. 627.

⁷² NICOLAUS–WESTPHAL 1999, s. 276.

Olejoprskyřičné barvy jsou komerčně dostupnější než čistě prskyřičné barvy. Pravděpodobně nejpoužívanější v restaurátorské praxi je řada olejoprskyřičných barev *Mussini*® od německého výrobce H. Schmincke & Co. GmbH & Co. KG.

Vlastní přípravu olejoprskyřičných barev popisuje Bohuslav Slánský. Před přidáním prskyřice k olejové barvě doporučuje Slánský snížit množství oleje v barvě jeho odsátím. Posléze má být chybějící část pojiva nahrazena damarovým lakem s malou přísadou polymerovaného oleje.⁷³ Přísada měkkých prskyřic (damary, mastixu) v olejových barvách by podle Slánského neměla přesáhnout $1/10$ obsahu oleje v barvě. Větší přísada měkkých prskyřic snižuje odolnost olejových barev proti vlhkosti, jež vede k zakalování barev.⁷⁴

Stabilita a reverzibilita olejoprskyřičných barev

Retuše olejoprskyřičnými barvami jsou více elastické než retuše čistě prskyřičnými barvami, mají tedy menší tendenci k praskání. Na druhou stranu kvůli obsahu oleje více žloutnou.⁷⁵ Olejoprskyřičné barvy jsou po čase hůře odstranitelné než čistě prskyřičné barvy, ale lépe než barvy pojené pouze olejem. Zestárlé olejoprskyřičné filmy mohou být aktivovány polárními rozpouštědly.⁷⁶

Zpracovatelnost olejoprskyřičných barev

Z hlediska zpracovatelských vlastností je důležité, že doplnění olejové barvy o prskyřičné pojivo umožňuje rychlejší vysychání olejových filmů a tím i celkové urychlení pracovního procesu.⁷⁷

Opticky je olejová barva s přidavkem prskyřice průzračnější a sytější.⁷⁸ Proto nachází uplatnění, stejně jako prskyřičné barvy, především jako lazuruní dokončení podkladových vrstev retuše, vytvořených více opakními barvami.⁷⁹ Na rozdíl od prskyřičných barev jsou olejoprskyřičné barvy krycí téměř jako barvy olejové. I zde platí, že retuš může být provedena ve všech vrstvách olejoprskyřičnou barvou.

Olejoprskyřičné barvy kombinují vlastnosti výše uvedených barev. Doplnění olejové barvy o prskyřičné pojivo zlepšuje zpracovatelské vlastnosti barvy, na

⁷³ SLÁNSKÝ 2003b, s. 244.

⁷⁴ SLÁNSKÝ 2003a, s. 142.

⁷⁵ NICOLAUS–WESTPHAL 1999, s. 276.

⁷⁶ STONER–RUSHFIELD 2012, s. 628.

⁷⁷ STONER–RUSHFIELD 2012, s. 628.

⁷⁸ SLÁNSKÝ 2003a, s. 142.

⁷⁹ STONER–RUSHFIELD 2012, s. 628.

druhou stranu ve srovnání s čistě pryskyřičnými barvami olejoprskyřičné barvy vykazují výraznější projevy stárnutí.

2.4 Retuš barvami na bázi přírodních vodou ředitelných pojiv

2.4.1 Retuš akvarelovými barvami

(vlastní barvy pojené arabskou gumou; umělecké akvarelové barvy, např. Schmincke Horadam® Aquarell, Winsor & Newton Professional Water Colour)

Akvarelové barvy

Akvarelové barvy se skládají z velmi jemných částic pigmentů a vodorozpustných pojiv. Komerční akvarelové barvy vyšší kvality jsou obvykle pojeny rostlinnými gumami.⁸⁰ Nejčastěji se používá arabská guma, případně tragant.⁸¹ Rostlinné gummy jsou po chemické stránce polysacharidy a jsou získávány sběrem zaschlých exkretů poraněných míst stromů a keřů. Od pryskyřic, které rovněž vytékají z poraněných rostlin, se gummy odlišují chemickou strukturou a schopností rozpouštět se ve vodě a vytvářet koloidní roztok (arabská guma), nebo v ní alespoň botnat (tragant). Po vyschnutí, které v případě gum probíhá pouze fyzikálně odpařením vody, vytvářejí rostlinné gummy pevný film, který zůstává rozpustný ve vodě i po dlouhém časovém období. Vzniklé filmy jsou křehké, proto bývají do akvarelových barev přidávány změkčující přísady, např. glycerin, glykol, med a jiné.⁸²

Akvarelové barvy se nejčastěji prodávají polotekuté v tubách, nebo suché v plastových (výjimečně kovových) pánvičkách. Složení se různí podle výrobce, kromě pigmentů a pojiva obsahují komerční akvarelové barvy také změkčovadla, smáčecí prostředky, konzervační přísady a plniva. Pro retuše by měly být používány pouze ty akvarelové barvy, které obsahují vysoce kvalitní světlostálé pigmenty, kvalitní arabskou gumu a minimální množství plniv, např. akvarelové barvy Horadam® Aquarell (výrobce: Schmincke) nebo barvy Professional Water Colour⁸³ (výrobce: Winsor & Newton).

⁸⁰ Méně kvalitní akvarelové barvy mohou jako pojivo obsahovat například dextrin.

⁸¹ NICOLAUS–WESTPHAL 1999, s. 276; STONER–RUSHFIELD 2012, s. 625.

⁸² ZELINGER 1987, s. 114–115.

⁸³ Nahrazují starší řadu *Artists' Water Colour*.

Na Fakultě restaurování Univerzity Pardubice se pro retuše nástěnných maleb používají vlastní akvarelové barvy, připravené přímo na paletě mícháním vodného roztoku arabské gummy s práškovými pigmenty. Koncentrace arabské gummy v roztoku se většinou pohybuje v rozmezí 1–2 %. Pro zvolení správné koncentrace je vhodné provést zkoušky retuší. Obvykle je snaha dosáhnout minimální možné koncentrace pojiva, při které jsou pigmenty dostatečně pojeny a nedochází ke sprášování retuše. Při práci s vlastními akvarelovými barvami lze rovněž upravit smáčivost barvy přidáním povrchově aktivní látky (např. volskou žlučí), použít změkčovadla a dezinfekční přísady. Možnost použití vlastních barev pro účely retušování je zmíněna i v literatuře.⁸⁴

Stabilita akvarelových barev

Akvarelové retuše jsou v suchém prostředí velmi stálé, zejména po stránce optické, neboť nežloutnou a netmavnou. Touto vlastností předstihují jak vysychavé oleje, tak pryskyřice. Nedostatek akvarelových retuší spočívá v tom, že jsou křehké a mimo to ve vlhkém prostředí botnají a snadno pak podléhají rozkladu, způsobovanému mikroorganismy.⁸⁵

Spíše než degradace pojiva hrozí změny některých méně stabilních pigmentů, které jsou v akvarelových barvách mnohem více citlivé na podmínky vnějšího prostředí než např. v barvách olejových nebo temperových. Příkladem takového pigmentu může být měděnka, která v akvarelu degraduje jak ve vlhku, tak při termickém stárnutí i při působení atmosférického NO₂.⁸⁶

Reverzibilita akvarelových barev

Akvarelové retuše vynikají svojí snadnou reverzibilitou. Při fyzikálním schnutí filmů nedochází k síťování, takže retuše je možné i po dlouhém časovém období lehce rozpustit vodou. Problém může nastat, pokud jsou při výstavbě retuše aplikovány lakové mezivrstvy na bázi přírodních pryskyřic i jiné, které způsobují ztrátu rozpustnosti retuše ve vodě. Za určitých okolností je dokonce možné, že akvarelová retuš prosycená pryskyřičným pojivem bude hůře rozpustná než retuš na bázi pryskyřic a vysychavých olejů.⁸⁷

⁸⁴ STONER–RUSHFIELD 2012, s. 625.

⁸⁵ SLÁNSKÝ 1976, s. 37–38.

⁸⁶ OHLÍDALOVÁ et al. 2015.

⁸⁷ NICOLAUS–WESTPHAL 1999, s. 278; STONER–RUSHFIELD 2012, s. 625.

Zpracovatelnost akvarelových barev

Vzhledem k tomu, že akvarelové barvy poskytují transparentní filmy, je-li potřeba dosáhnout saturevanějších retuší, je třeba barvu nanášet opakovaně ve vrstvách. V případě, že při plošném vrstvení akvarelové barvy dochází ke strhávání spodních vrstev, je možné retuš provést pomocí drobných teček nebo čárek. Bohuslav Slánský doporučuje vytvářet akvarelovou retuš ve dvou až třech vrstvách a jednotlivé vrstvy průběžně izolovat lakem, aby se zabránilo tomu, že nová vrstva barvy rozpustí vrstvu předchozí.⁸⁸ Stejný postup pro výstavbu akvarelové retuše uvádí i Nicolaus,⁸⁹ nicméně je třeba si uvědomit, že je aplikovatelný jen na malby, které jsou na závěr lakovány.

Nevýhodou akvarelu, stejně jako všech ostatních vodou rozpustných retušovacích barev, je barevná změna retuší v průběhu procesu schnutí (světlení). Odhadnutí přesného tónu, který retuš nabude po vyschnutí barvy, vyžaduje určité zkušenosti. Zvláště pokud má být retuš po dokončení opatřena vrstvou závěrečného laku. V tomto případě se doporučuje vysušit retuš fénem a zvlhčit ji lakovým benzinem. Na krátkou dobu, než benzin vytěká, je možné sledovat a zkontrolovat výsledný tón retuše po zalakování. Tuto metodu obvykle nelze použít u tmavých retuší. Kvůli rozdílnému indexu lomu benzínu a laku bude mít retuš zvlhčená benzinem mírně odlišnou barevnost jako tatáž retuš překrytá lakem.⁹⁰

Akvarelová technika bývá pro účely retušování preferována především pro svoji relativně jednoduchou zpracovatelnost a snadnou reverzibilitu. V suchém prostředí vykazují akvarelové retuše při použití stabilních pigmentů i excelentní stabilitu.

2.4.2 Retuš kvašovými barvami

(vlastní barvy; umělecké kvašové barvy, např. Schmincke Horadam® Gouache)

Kvašové barvy

Kvašové barvy mají podobné složení jako barvy akvarelové. Pojivem kvalitních kvašových barev vhodných pro retušování je stejně jako v případě akvarelů nejčastěji arabská guma, případně tragant.⁹¹ Stoner a Ruschfield uvádí jako možné pojivo

⁸⁸ SLÁNSKÝ 2003b, s. 242.

⁸⁹ NICOLAUS–WESTPHAL 1999, s. 277.

⁹⁰ NICOLAUS–WESTPHAL 1999, s. 277; STONER–RUSHFIELD 2012, s. 625.

⁹¹ SLÁNSKÝ 1976, s. 137.

kvašových barev také dextrin a akrylátové pojivo.⁹² Kvašové barvy navíc obsahují příměs bílého pigmentu s malou krycí mohutností, který má funkci plniva. K tomuto účelu se běžně používá například baryt nebo oxid hlinitý.⁹³ Díky přítomnosti plniva má kvašová barevná vrstva vysokou krycí schopnost a matný charakter.⁹⁴ U tónů, které mají samy vysokou krycí mohutnost, se bílé plnivo nepoužívá. Kvašové barvy lze koupit v tubách nebo je možné si je připravit přidáním plniva do akvarelové barvy.

Stabilita a reverzibilita kvašových barev

Co se týče stability a reverzibility kvašových retuší, platí to stejné, co v případě použití akvarelových barev. Ve srovnání s olejovými nebo pryskyřičnými retušemi u kvaše nehrozí změny v důsledku pnutí (krakeláž) ani žloutnutí.⁹⁵ U silné vrstvy barvy však k praskání může docházet.⁹⁶

Zpracovatelnost kvašových barev

Kvašová retuš se vytváří stejným způsobem jako akvarelová, tedy postupným vrstvením barvy. V případě, že bude výsledná malba lakována, lze rovněž aplikovat mezivrstvy laku. Technika kvašové retuše je poměrně náročná, protože kvašové barvy mají podobně jako barvy akvarelové po uschnutí poněkud jiný odstín než za mokra. Světlejší odstíny tmavnou, zatímco tmavší odstíny mají tendenci spíše zesvětlovat. Při použití závěrečného laku navíc dochází opět k mírnému ztmavnutí.⁹⁷ Při retušování kvašovou technikou lze nicméně dosáhnout opticky velmi dobrých výsledků. Kvašovými barvami je totiž možné napodobit nejen barvu a formu originální malby, ale také strukturu barevné vrstvy.⁹⁸

Pro svoji velkou krycí schopnost jsou kvašové barvy často používány pouze jako podkladové vrstvy retuše. Dokončení retuše je provedeno transparentními lazurami v jiné technice, např. pryskyřičnými barvami, olejopryskyřičnými barvami, syntetickými polymery atd.⁹⁹

⁹² STONER–RUSHFIELD 2012, s. 625.

⁹³ NICOLAUS–WESTPHAL 1999, s. 278.

⁹⁴ NICOLAUS–WESTPHAL 1999; s. 278; STONER–RUSHFIELD 2012, s. 625.

⁹⁵ NICOLAUS–WESTPHAL 1999, s. 278.

⁹⁶ STONER–RUSHFIELD 2012, s. 625.

⁹⁷ NICOLAUS–WESTPHAL 1999, s. 278.

⁹⁸ NICOLAUS–WESTPHAL 1999, s. 278.

⁹⁹ Viz kombinovaná retuš.

Kvašové barvy mají podobné vlastnosti a použití jako barvy akvarelové. Na rozdíl od akvarelových barev, kvašovými barvami lze dosáhnout více krycí retuše a napodobit i strukturu originální barevné vrstvy.

2.4.3 Retuš vaječnou temperou

(vlastní barvy pojené vaječnou emulzí)

Vaječná tempera

Vaječná tempera je vodou ředitelná tempera, přičemž voda je zároveň hlavní složkou vaječného bílku i žloutku. Vaječná tempera se skládá zejména z pigmentů a vaječné emulze, často obsahuje další aditiva. Jako pojivovou složku může obsahovat celé vejce nebo pouze bílek či žloutek. Vaječný žloutek je přirozená emulze olejových částic¹⁰⁰ ve vodě, v níž funkci emulgátoru zastávají zejména lecitin, případně valetin.¹⁰¹ Lecitin je fosfolipid, který funkci povrchově aktivní látky plní díky dipolární asymetrické struktuře molekul s amfifilním charakterem¹⁰². Vaječný žloutek a bílek obsahují i určitý podíl proteinů, které jsou nositelem filmotvorných vlastností.¹⁰³

Barvy pojené vaječnou emulzí schnou nejprve fyzikálně odpařením vody, později však dochází i k chemickým reakcím. Vysychání a tvorba filmu jsou totiž silně ovlivněny přítomností proteinů a lipidů, obě složky se podílejí na síťování a tvorbě polymerní sítě. Proces síťování urychlují pigmenty s kovovými ionty.¹⁰⁴

Existuje řada receptur popisujících přípravu vaječné emulze, od jednoduché vaječné emulze složené pouze z vejce a vody po emulze s množstvím různých aditiv (např. s oleji, vosky, laky nebo balzámy¹⁰⁵). Komplikovaným emulzím je však lepší se vyhýbat, protože čím více složek v emulzi je přítomných, tím větší je riziko změn v důsledku stárnutí.¹⁰⁶

Standardní recept pro přípravu vaječné emulze je následující. Čerstvé vejce se rozbije do nádoby a pinzetou se z něj odstraní poutka, která drží žloutek uprostřed vejce. Vejce se důkladně rozmíchá vidličkou, přelije se uzavíratelné nádoby a zředí

¹⁰⁰ Ve vaječném žloutku se vykytuje převážně kyselina olejová, palmitová, stearová, linolová a linolenová.

¹⁰¹ SLÁNSKÝ 2003a, s. 196–197.

¹⁰² Má nepolární lyofilní a polární lyofobní část.

¹⁰³ PHENIX 2010, s. 18–28.

¹⁰⁴ PHENIX 2010, s. 32.

¹⁰⁵ SLÁNSKÝ 2003a, s. 198.

¹⁰⁶ NICOLAUS–WESTPHAL 1999, s. 279.

se deionizovanou vodou. Množství vody odpovídá $\frac{1}{3}$ až $\frac{1}{2}$ objemu vejce. Důkladným protřepáním nádoby vznikne emulze. Emulzi lze dále ředit potřebným množstvím vody.¹⁰⁷

Knut Nicolaus ve své publikaci *“The restoration of paintings”* doporučuje recept na přípravu vaječné emulze s přídavkem včelího vosku. Jedná se o převzatou Ruhemannovu recepturu¹⁰⁸. Nejprve se rozdělí bílek od žloutku a připraví se vosková pasta. Vosková pasta vznikne rozpuštěním běleného včelího vosku v lakovém benzínu nebo podobném rozpouštědle (např. ve white spiritu) v objemovém poměru 1:3. Velmi malé množství voskové pasty se smísí špachtlí s vaječným žloutkem, směs se umístí do uzavíratelné nádoby, přidá se bílek a důkladně se vše protřepe, aby vznikla emulze. Emulze se naředí stejným množstvím destilované vody a přidá se kapka vinného octa, sloužícího jako konzervační přísada.¹⁰⁹

Příkladem z české literatury je recept na vaječnou emulzi od Bohuslava Slánského.¹¹⁰ Vaječnou emulzi lze podle Slánského připravit ze 3 dílů celých vajec, 1,5 dílu polymerovaného lněného oleje a $\frac{1}{4}$ dílu glycerinu. Tato receptura však není pro účely retušování příliš vhodná. Přídavek oleje sice může zajistit lepší vizuální vlastnosti barvy a zvýšit elasticitu retuše, na druhou stranu však snižuje reverzibilitu retuše kvůli zesíťování oleje a tvorbě nerozpustné struktury.

Stabilita vaječné tempery

Vaječný bílek je ve srovnání se žloutkem stabilnější vůči projevům stárnutí a vysychá výrazně rychleji. Na druhou stranu vytváří velmi křehké filmy. Žloutek je kvůli obsahu oleje méně stabilní a schne pomaleji, vzniklé filmy jsou ovšem elastičtější. Z těchto důvodů je výhodné používat pro retuše celé vejce a kombinovat tak pozitivní vlastnosti obou vaječných složek.¹¹¹

¹⁰⁷ KEMPSKI 2010, s. 39.

¹⁰⁸ Helmut Ruhemann (1891–1973) – původem německý restaurátor, který vynalezl recepturu vaječné tempery, kterou bylo možné odstranit. Ruhemann používal celé vejce s příměsí včelího vosku a retuš překrýval tenkou vrstvou laku. Helmut Ruhemann přenesl techniku retuše vaječnou temperou z KFH do Anglie, kde působil v londýnské National Gallery. Tuto techniku později zdokonalil Ruhemannův žák Herbert Lank (*1925) – barvy míchal pouze z vejce dispergovaného ve vodě, bez příměsí včelího vosku a jako lak používal ketonovou pryskyřici MS2A, která nemění barevnost a zůstává rozpustná. MASSING 2010, s. 7–8.

¹⁰⁹ NICOLAUS–WESTPHAL 1999, s. 279.

¹¹⁰ SLÁNSKÝ 2003a, s. 198.

¹¹¹ KEMPSKI 2010, s. 37.

Vaječná tempera v kombinaci se stabilními pigmenty nepodléhá velkým změnám v důsledku stárnutí, žloutne pouze nepatrně.¹¹² Pokud během stárnutí dojde k barevnému posunu, podle Stonera a Rushfielda¹¹³ by se mělo jednat spíše o zesvětlení retuše. Stejně jako u většiny přírodních organických látek hrozí také u vaječné tempery napadení mikroorganismy.

Reverzibilita vaječné tempery

Retuš vaječnou temperou může po velmi krátké době zesíťovat a stávat se ireverzibilní. To je pravděpodobně největší důvod, proč ji většina restaurátorů odmítá. Jestli bude nebo nebude retuš odstranitelná, závisí především na tom, jak je retuš konstruována a jaká aditiva jsou k vaječné emulzi přidávána. Například pokud se do tempery přidá malé množství včelího vosku, nebo pokud jsou jednotlivé vrstvy retuše izolovány mezivrstvou laku, je možné retuš i po dlouhé době odstranit rozpouštědly nebo skalpelem bez rizika poškození originální barevné vrstvy.¹¹⁴ Kvůli obavám ze špatné reverzibility se doporučuje aplikovat retuše vaječnou temperou pouze na tmely.¹¹⁵

Zpracovatelnost vaječné tempery

Vaječná emulze se míchá s práškovými pigmenty přímo na paletě. Vzniklou vaječnou temperou lze podle potřeby dále ředit libovolným množstvím vody. Ředění barvy je třeba si vyzkoušet. Pokud je emulze moc zředěná, retuš bude matná, pokud bude emulze naopak příliš koncentrovaná, hrozí, že po vyschnutí retuš popraská. Pokud barva špatně ulpívá na tmelech, lze do barvy přidat smáčecí prostředek, např. volskou žluč.¹¹⁶

Samotnou vaječnou temperou není možné docílit textury originální olejové barevné vrstvy. Pokud je nutné texturu napodobit, tempera musí být plněna, například křídou. Většího efektu lze podle Nicolause¹¹⁷ dosáhnout při podložení retuše vrstvou polyinylalkoholu (např. *Mowiolu 4-88*)¹¹⁸ smíchaného s křídou.

¹¹² NICOLAUS–WESTPHAL 1999, s. 278–279.

¹¹³ STONER–RUSHFIELD 2012, s. 627.

¹¹⁴ NICOLAUS–WESTPHAL 1999, s. 278–279.

¹¹⁵ STONER–RUSHFIELD 2012, s. 627.

¹¹⁶ NICOLAUS–WESTPHAL 1999, s. 280.

¹¹⁷ KEMPSKI 2010, s. 40.

¹¹⁸ Koncentrace není uvedena.

Polyvinylalkohol s křídou může být nanesen na tmel samostatně, nebo může být používán i ve směsi s vaječnou temperou.¹¹⁹

Retuš vaječnou temperou má být vytvářena v několika vrstvách, přičemž barva by měla být dostatečně proschlá, než je nanesena další vrstva. Vysychání lze urychlovat fénem.¹²⁰ Aby nedošlo k porušení spodní vrstvy, následující dvě až tři vrstvy je lepší aplikovat jednotlivými tahy štětcem.¹²¹ Povrch jednotlivých vrstev je po vyschnutí možné leštit achátem. Dojde tak ke zhutnění filmu, což má za následek hladší, méně savý povrch a výraznější barevnost retuše. Pokud má být retuš po dokončení opatřena vrstvou závěrečného laku, stejně jako u akvarelových barev lze provést zkoušku výsledné barevnosti retuše lakovým benzinem nebo podobným rozpouštědlem.¹²²

Přestože se vaječná tempera stává po čase nerozpustnou, pro retuš bývá barva většinou značně naředěna, že k tomuto jevu nedochází. Pro zvýšení reverzibility vaječných retuší se používá pryskyřičný lak (např. *MS2A*, výrobce Howards). Ve velmi tenké vrstvě ho lze nanášet pod retuš,¹²³ mezi jednotlivé vrstvy i jako závěrečný lak. Retuš pak může být poměrně snadno odstraněna rozpuštěním pryskyřičných vrstev.¹²⁴

Retušování vaječnou temperou vyžaduje značné zkušenosti, protože během práce si barva nezachovává stejný odstín, který byl namíchaný na paletě. Odstín barvy se může změnit dokonce několikrát. Herbert Lank¹²⁵ proto retuš vaječnou temperou popisuje jako „nepřímou metodu“, která může procházet čtyřmi fázemi barevných změn:

1. Mokrý barva na paletě vypadá jinak, než když je aplikována na tmel.
2. Když barva uschne, je méně sytá, ztrácí lesk a průhlednost, tmavne nebo světlá.
3. Pokud se retuš leští, barva mírně ztmavne a stane se sytější.
4. V případě aplikace pryskyřičného laku barva získává na sytosti a lesku.

¹¹⁹ KEMPSKI 2010, s. 40.

¹²⁰ NICOLAUS–WESTPHAL 1999, s. 280.

¹²¹ Pokud nejsou nanášeny lakové mezivrstvy.

¹²² KEMPSKI 2010, s. 40–41.

¹²³ Zde se doporučuje zatónovat semitransparentními zemíými pigmenty. KEMPSKI 2010, s. 39.

¹²⁴ KEMPSKI 2010, s. 39.

¹²⁵ LANK 1990, s. 156–157.

Vaječnou temperou je možné velmi přesně napodobit barevnost originální barevné vrstvy a pokud je tempera vhodně plněna, tak i její charakteristickou strukturu. Lze s ní imitovat širokou škálu malířských technik, od staré olejové malby, po malby na bázi vodových pojiv.¹²⁶ Vaječnou temperu je možné kombinovat s jinými technikami. Retuš lze podložit krycími vrstvami tempéry a na ně nanášet lazurní vrstvy, například pryskyřičných či olejopryskyřičných barev, nebo barev pojených syntetickými polymery.¹²⁷

Vaječná tempera má vynikající optické vlastnosti a universální použití. Pokud je zvolena vhodná receptura a způsob výstavby retuše, neměla by vaječná tempera podléhat velkým změnám v důsledku stárnutí a měla by být odstranitelná rozpouštědly. Kvůli obavám ze špatné odstranitelnosti retuší a náročné zpracovatelnosti je pro retuše olejomalb tato technika používána spíše zřídka.

2.5 Retuš kombinovanou technikou

(kombinace akvarelových/kvašových barev a olejopryskyřičných/pryskyřičných barev)

Kombinovanou technikou lze nazývat libovolnou techniku retuše, která je založena na vrstvení dvou druhů retušovacích barev. Obvykle je retuš započata více krycí barvou, přičemž dokončení je provedeno jinou technikou, spíše lazurního charakteru.

Nejběžnější typ kombinované techniky retuše je založen na vrstvení akvarelových, případně kvašových barev, s následným dokončením barvami olejopryskyřičnými nebo čistě pryskyřičnými. V české literatuře tuto techniku popisuje Bohuslav Slánský.¹²⁸ Dokončení akvarelové retuše závěrečnými lazurami na bázi pryskyřičných nebo olejopryskyřičných barev je uváděno i v zahraniční literatuře.¹²⁹ Původ uvedeného typu kombinované techniky retuše se nepodařilo zjistit, nicméně do současnosti se tato technika rozšířila do velké části středoevropského regionu a začala být vyučována na mnohých evropských univerzitách. Běžně jsou kombinací akvarelových a olejopryskyřičných/pryskyřičných barev retušovány závěsné obrazy například na

¹²⁶ NICOLAUS–WESTPHAL 1999, s. 278–279.

¹²⁷ STONER–RUSHFIELD 2012, s. 627.

¹²⁸ SLÁNSKÝ 2003b, s. 242–243.

¹²⁹ NICOLAUS–WESTPHAL 1999, s. 277.

Vysoké škole výtvarných umění v Bratislavě¹³⁰ nebo na Akademii výtvarných umění v Praze¹³¹. Do značné míry se tento typ kombinované techniky rozvinul ve Vídni v Kunsthistorische Museum (KHM), prostřednictvím vídeňského restaurátora Josefa Hajsinka (1889–1973), který zde v letech 1939–1968 působil jako vedoucí dílny zaměřené na restaurování maleb. „Vídeňská retuš“ podle Hajsinka je založena na vrstvení kvašových a olejoprskyřičných barev (více viz tradiční „vídeňská retuš“).

Jak již bylo nastíněno v úvodu kapitoly, lze se setkat i s jinými typy kombinované retuše. Například v Anglii v National Gallery (Londýn) byla v minulosti používána kombinace vaječné tempéry a prskyřičných barev, a to jak na bázi přírodních prskyřic, tak na bázi ketonových prskyřic (AW2, MS2A).¹³² V anglické literatuře vztahující se k technikám retuše je dále zmiňována kombinace akvarelové/kvašové barvy a barvy pojené polyvinylacetátem nebo aldehydovými prskyřicemi.¹³³

Kapitola se dále zabývá jen nejběžnějším typem kombinované techniky retuše, založeným na vrstvení akvarelových, případně kvašových barev, s následným dokončením barvami olejoprskyřičnými nebo čistě prskyřičnými.

Stabilita a reverzibilita kombinované retuše

Výhodou podložení retušovaného místa akvarelovou barvou je především to, že výsledná kombinovaná retuš by v důsledku redukce síly vrstvy obsahující olej a prskyřice měla méně žloutnout a tmavnout.¹³⁴ Kombinovaná retuš by měla být rovněž snadno reverzibilní.¹³⁵ Lze předpokládat, že je možné ji odstranit polárními rozpouštědly, která mohou aktivovat jak vrstvy na bázi olejoprskyřičných/prskyřičných barev, tak vrstvy vytvořené akvarelovými barvami.

Zpracovatelnost kombinované retuše

Slánský¹³⁶ doporučuje vytmelené místo nejprve podložit akvarelovou barvou, a to ve světlejším odstínu než má okolní původní barevná vrstva. Po uschnutí se mají

¹³⁰ VOJTĚCHOVSKÝ 2005.

¹³¹ LAUTERKRANC 2012.

¹³² ACKROYD 2010, s. 56–58.

¹³³ STONER–RUSHFIELD 2012, s. 629.

¹³⁴ SLÁNSKÝ 2003b, s. 242–243.

¹³⁵ SLÁNSKÝ 2003b, s. 242–243.

¹³⁶ SLÁNSKÝ 2003b, s. 242–243.

na akvarelovou vrstvu nanášet olejoprskyřičné lazury, které dodají retuši přesný odstín. Jestliže tmelené místo i po nanesení akvarelové barvy příliš saje, doporučuje ho izolovat tenkým nátěrem roztoku bílého šelaku v lihu a přelakovat damarovým lakem, aby závěrečné olejoprskyřičné lazury neztrácely živost a lesk.

Tradiční „vídeňská retuš“¹³⁷

Zásady a postupy tradiční „vídeňské retuše“ byly sepsány nástupcem Josefa Hajsinka v KHM, restaurátorem a profesorem na vídeňské Vysoké škole uměleckoprůmyslové, Hubertem Dietrichem (1930–2006). Hubert Dietrich metodu tradiční „vídeňské retuše“ rovněž mírně modifikoval na základě nových znalostí a zkušeností.

Praktické použití tradiční „vídeňské retuše“ na konkrétním příkladu barokní olejomalby na plátně¹³⁸ velmi názorně popisuje ve své diplomové práci Claudia Eger.¹³⁹ Podkladová retuš (tzv. „Vorretusche“) je provedena postupným vrstvením kvašových barev. Claudia Eger pracuje s kvašovými barvami firmy Lefranc & Bourgeois.¹⁴⁰ Kromě toho, že kvašové barvy vykazují dobrou přilnavost na hladké křehké tmely, umožňují vrstvení a nanášení silnějších past, do kterých lze posléze napodobovat strukturu a krakeláž originální olejové vrstvy. Výsledný tón podkladové retuše má být blízký originálu, ale také o něco světlejší a studenější, aby při ztmavnutí a zprůhlednění olejoprskyřičných barev mohla podkladová kvašová vrstva zajistit určitou rovnováhu.

Na podkladovou vrstvu se poté nanáší jako izolační vrstva damarový roztok,¹⁴¹ který má zabránit penetraci¹⁴² olejoprskyřičných barev do nasákové podkladové retuše kvašem a zamezit tak ztrátě barvy a lesku olejoprskyřičných barev.

¹³⁷ EGER 2005, s. 14–31.

¹³⁸ Malba: „*Blumenstillleben mit Kaninchen*“, autor: Franz Werner.

¹³⁹ EGER 2005.

¹⁴⁰ Hajsinek používal pro podkladovou retuš temperové barvy firmy Lefranc & Bourgeois, ale kvůli jejich vysoké hygroskopicitě přešel Dietrich na kvašové barvy od stejného výrobce. Kvašové barvy ve srovnání s temperovými lépe vysychají a představují stabilnější barevný systém. EGER 2005, s. 20.

¹⁴¹ Claudia Eger aplikovala 25% roztok damary v benzínu (směs 3 dílů *Shellsolu A* a 7 dílů *Shellsolu T*). Hajsinek používal jako izolaci kvašové vrstvy roztok šelaku v lihu. Kvůli negativním vlastnostem šelaku (tmavne, křehne, stává se nerozpustným) i kvůli přítomnosti alkoholového rozpouštědla nahradil Dietrich šelakovou izolaci směsí damary v benzínu. EGER 2005, s. 22.

¹⁴² Otázkou je, zda izolační vrstva negativně neovlivní reverzibilitu retuše.

Následuje velmi slabá mezivrstva mastixového laku, aplikovaná na celý povrch malby.¹⁴³

Dokončení retuše je provedeno olejopryskyřičnými barvami *Mussini* od firmy Schmincke, ředěnými směsí 1 objemového dílu mastixu a 20 objemových dílů terpentýnu.¹⁴⁴ Retuš je nanášena v podobě jemných teček a čárek, aby se ještě více eliminoval podíl olejů a pryskyřic v celém systému retuše a aby byla zajištěna rozpoznatelnost retušovaných míst.¹⁴⁵

Na závěr je celá plocha malby opatřena závěrečným mastixovým lakem, v závislosti na požadované míře lesku v poměru 1 objemový díl mastixu na 6–8 objemových dílů terpentýnu.

V rámci střeoevropského regionu jde o jednu z nejrozšířenějších technik retuše. Tato technika je obecně považována za jednu z nejstabilnějších. Zároveň je poměrně snadno reverzibilní, nenáročná a lze jí dosáhnout velmi dobrých optických vlastností retuše.

2.6 Retuše barvami na bázi syntetických polymerů

Od 30. let minulého století začali vědci a restaurátoři v rámci hledání vhodných pojiv pro retušovací barvy experimentovat se syntetickými polymerními látkami, konkrétně s ethery celulózy, akrylátovými polymery, polyvinylacetáty, polyvinylalkoholy, polyhexanovými (ketonovými) pryskyřicemi a s alkydy.¹⁴⁶

Všechny tyto syntetické polymery jsou poměrně stabilní filmotvorné materiály, dobře přilnavé k podkladu, do značné míry stálé na světle a odolné vůči povětrnostním vlivům. Rychlost a způsob stárnutí jsou závislé zejména na stabilitě polymeru, která je podmíněna jeho fyzikálně-chemickou podstatou, a na podmínkách expozice.

Syntetická polymerní pojiva retuší mohou být buď ve formě roztoků s vodou či organickými rozpouštědly, nebo jako vodné polymerní disperze. Disperze

¹⁴³ Podle Hajsinka měl být lak připraven z 1 objemového dílu mastixu a 6 objemových dílů terpentýnu. Dietrich změnil poměr na 1 : 8. Dietrichovu recepturu používá i Claudia Eger. EGER 2005, s. 23.

¹⁴⁴ Olejopryskyřičné barvy od firmy Schmincke používal jak Hajsinek, tak Dietrich. Dietrich pouze rozšířil škálu používaných barev a upravil recepturu přípravy mastixového roztoku pro ředění barev – změnil Hajsinkem používaný poměr 1 objemový díl mastixu a 6 objemových dílů terpentýnu na 1 : 20. EGER 2005, s. 30.

¹⁴⁵ Hajsinek používal i vrstvení olejopryskyřičných lazur s mezivrstvami laku. EGER 2005, s. 30.

¹⁴⁶ NICOLAUS–WESTPHAL 1999, s. 281.

polymerů jsou z hlediska ochrany zdraví a životního prostředí výhodnější než roztoky polymerů v organických rozpouštědlech, protože při jejich aplikaci nedochází k odpařování organických rozpouštědel.^{147,148}

2.6.1 Retuš barvami pojenými ethery celulózy

(vlastní barvy pojené ethery celulózy, např. *Tylosou*® *MH*, *Klucel*TM*E*, *Klucel*TM*G*)

Barvy pojené ethery celulózy

Celulóza je přírodní makromolekulární látka, polysacharid, tvořící základ většiny rostlinných tkání. Etery celulózy jsou deriváty celulózy, vzniklé reakcí¹⁴⁹ hydroxylových skupin celulózy do různého stupně substituce, který ovlivňuje rozpustnost polymeru.¹⁵⁰ Komerčně dostupné jsou ethery celulózy s různou molekulovou hmotností. Molekulová hmotnost ovlivňuje rozpustnost polymerů, viskozitu roztoků a míru lesku filmů.¹⁵¹ Jako pojivo retuší se nejčastěji používají stabilnější neionogenní ethery, například methylhydroxyethylcelulóza *Tylose*® *MH* (SE Tylose GmbH & Co. KG), hydroxypropylcelulóza *Klucel*TM *E*, *Klucel*TM *G*¹⁵² (Ashland), či *Methocel*TM (Dow)¹⁵³.

Většinu etherů celulózy používaných v restaurátorské praxi je možné rozpustit ve vodě, případně v polárních organických rozpouštědlech (ethanol, propanol atd.). V závislosti na koncentraci etheru celulózy vznikají více či méně viskózní roztoky vytvářející filmy s různou mírou lesku.¹⁵⁴ Barvy lze připravit předem smícháním roztoku etheru celulózy s požadovanými pigmenty. Takto připravené barvy pak mohou být v uzavíratelné skleněné nádobě po nějakou dobu skladovány. Také je možné přimíchávat pojivo do práškových pigmentů přímo na paletě v průběhu retuše.¹⁵⁵

¹⁴⁷ ZELINGER 1987, s. 23–26.

¹⁴⁸ ZELINGER 1987, s. 50–52.

¹⁴⁹ Nahrazením hydroxylové skupiny (–OH) v molekule celulózy za (–O–R) skupiny, kde R může být -methyl, -ethyl, -karboxymethyl, -hydroxyethyl, -hydroxypropyl atd.

¹⁵⁰ ZELINGER 1987, s. 48–49; HORIE 2010, s. 206–210.

¹⁵¹ STONER–RUSHFIELD 2012, s. 626.

¹⁵² Uvedené typy se odlišují svojí viskozitou. *Klucel E* je méně viskózní.

¹⁵³ Hydroxypropylmethylcelulózy i methylcelulózy.

¹⁵⁴ STONER–RUSHFIELD 2012, s. 626.

¹⁵⁵ NICOLAUS–WESTPHAL 1999, s. 281.

Stabilita a reverzibilita barev pojených ethery celulózy

Ethery celulózy schnou fyzikálně a vzniklé filmy zůstávají rozpustné ve vodě i po čase. Ethery celulózy jsou hodnoceny jako méně stabilní než ostatní syntetické polymery používané jako pojiva retuší.¹⁵⁶ Filmy etherů celulózy mohou oxidovat, zvláště při expozici světlem.¹⁵⁷ K barevným změnám filmů může dojít kvůli absorpci atmosférických polutantů či v důsledku přítomnosti nečistot z výroby.¹⁵⁸ Některé typy etherů celulózy mohou být snadno napadnutelné mikroorganismy. Ve vodném roztoku jsou alkyl ethery jako methylcelulóza a ethylhydroxyethylcelulóza stabilnější vůči biologickému napadení než hydroxyalkyl ethery jako hydroxyethylcelulóza a hydroxypropylcelulóza.¹⁵⁹ Ethylcelulóza na rozdíl od methylcelulózy, methylhydroxypropylcelulózy a karboxymethylcelulózy méně odolává teplu a světlu. V průběhu stárnutí podléhá většina etherů celulózy štěpení řetězců, ale například u methylcelulózy je známo, že síťuje a stává se nerozpustnou ve vodě.¹⁶⁰

Zpracovatelnost barev pojených ethery celulózy

Barvy pojené ethery celulózy lze ředit vodou nebo polárními rozpouštědly. Restaurátor tedy není v průběhu pracovního procesu vystaven výparům silně toxických rozpouštědel. Nedostatkem barev pojených ethery celulózy je, že při vrstvení retuše může docházet k narušování předchozích vrstev, což může značně znesnadňovat práci.

Ethery celulózy jsou jako pojivo retuší preferovány především z důvodu jejich dobré odolnosti vůči projevům stárnutí, nízké toxicity a snadné odstranitelnosti rozpuštěním vodou. Nedostatkem některých typů etherů celulózy je snadná napadnutelnost mikroorganismy.

¹⁵⁶ HORIE 2010, s. 316–317.

¹⁵⁷ HORIE 2010, s. 210.

¹⁵⁸ STONER–RUSHFIELD 2012, s. 626.

¹⁵⁹ ZELINGER 1987, s. 48–49; HORIE 1987, s. 128.

¹⁶⁰ HORIE 2010, s. 210.

2.6.2 Retuš barvami na bázi roztoků polyakrylátů a polymethakrylátů

(vlastní barvy pojené *ParaliodemTM B-72*, *ParaloidemTM B-67*; *ArtCare B72 retušovací gely*)

Polyakryláty a polymethakryláty

Pojiva retušovacích barev na bázi akrylátových polymerů, tedy polyakrylátů a polymethakrylátů (zjednodušeně akrylátové polymery), jsou polymery a kopolymery kyselin y akrylové a methakrylové.¹⁶¹ Akrylátové polymery se na trhu objevily již ve 30. letech minulého století. Na poli uměleckém, stejně jako konzervačním a restaurátorském, se však začaly šířeji používat až v 50. letech.¹⁶²

Akrylátové polymery jsou rozpustné v některých organických rozpouštědlech a jejich směsích za vzniku roztoků. Pro retuše se obvykle používá produkt *ParaloidTM B-72* (výrobce: Rohm and Haas)¹⁶³ a to již od 60. let 20. století. *ParaloidTM B-72* je kopolymer ethylmethakrylátu s methylakrylátem v poměru 70:30.¹⁶⁴

Stabilita a reverzibilita akrylátových polymerů

Akrylátové polymery mají obecně velmi dobrou stabilitu. Za normálních podmínek mají jen malou tendenci ke žloutnutí, tmavnutí a tvorbě nerozpustné sítě.¹⁶⁵ Vlastnosti včetně stability konkrétních akrylátových polymerů a kopolymerů závisí na jejich chemickém složení a molekulové hmotnosti. Kopolymerací se docílí získání optimálních vlastností výsledného produktu.¹⁶⁶ Velmi zjednodušeně lze říci, že akrylátové polymery s krátkými substituenty (např. ethylakryláty, methylakryláty, methylmethakryláty) jsou teoreticky stabilnější v porovnání s akrylátovými polymery s delšími substituenty (např. ethylmethakrylát, butylmethakrylát), které mohou v důsledku působení světla snadněji žloutnout, síťovat a stávat se nerozpustnými.¹⁶⁷ Ve srovnání s barvami na bázi akrylátových disperzí poskytují barvy pojené roztoky akrylátových polymerů křehčí filmy.¹⁶⁸

¹⁶¹ MLEZIVA–ŠŇUPÁREK 2000, s. 130.

¹⁶² PINTUS et al. 2012b, s. 172.

¹⁶³ Nicolaus doporučuje i *ParaloidTM B-67* (poly(isobutylmethakrylát)). NICOLAUS–WESTPHAL 1999, s. 282.

¹⁶⁴ ZELINGER 1987, s. 36.

¹⁶⁵ NICOLAUS–WESTPHAL 1999, s. 281.

¹⁶⁶ MLEZIVA–ŠŇUPÁREK 2000, s. 130.

¹⁶⁷ NICOLAUS–WESTPHAL 1999, s. 281.

¹⁶⁸ STONER–RUSHFIELD 2012, s. 623.

Paraliod B-72 je doporučován jako pojivo retušovacích barev pro jeho vynikající odolnost vůči stárnutí zahrnující výbornou chemickou a mechanickou stabilitu. Navíc by i po dlouhé době měl být odstranitelný aromatickými rozpouštědly, jelikož spíše než k síťování jeví tendenci ke štěpení molekul.¹⁶⁹ To platí ovšem pouze při normálních podmínkách expozice, v extrémních podmínkách i *Paraloid™ B-72* pomalu podléhá oxidaci a jiným změnám.¹⁷⁰

Zpracovatelnost barev na bázi roztoků akrylátových polymerů

Barvy pojené roztoky akrylátových polymerů schnou velmi rychle, pokud nejsou upraveny jejich vlastnosti (viz *ArtCare B72 retušovací gely*).¹⁷¹ V důsledku toho se výrazně urychluje proces retušování. Barvy schnou rychle nejen na retušovaném objektu, ale i na štětcí a na paletě, což může při malých zkušenostech s těmito barvami působit obtíže. Retuše zůstávají po nanesení rozpustné v organických rozpouštědlech, proto je velmi náročné aplikovat další vrstvu retuše bez porušení předchozí vrstvy/vrstev.¹⁷²

Ve srovnání s barvami na bázi akrylátových disperzí, lze barvami pojenými roztoky akrylátových polymerů dosáhnout lepšího vizuálního efektu retuše, který se svým charakterem více blíží olejové vrstvě.

Retuš Paraloidem™ B-72

Paraloid™ B-72 je dostupný jako pevná látka ve formě granulátu nebo jako roztok. Je rozpustný v různých rozpouštědlech a rozpouštědlových směsích. Rozpouštědlo a koncentrace se volí podle konkrétního účelu použití. Pro retuše Knut Nicolaus doporučuje rozpouštět *Paraloid™ B-72* v toluenu nebo xylenu.¹⁷³

Přípravu a způsobu práce s barvami pojenými *Paraloidem™ B-72* podrobně popisuje Kate Lowry v publikaci „Mixing and Matching“. Nejprve se připraví roztok *Paraloidu™ B-72* v xylenu o požadované koncentraci. 20–30% roztok je vhodný pro retuše satureovaných olejových maleb; pokud je však retušovaná barevná vrstva méně pojená nebo má matný charakter, koncentrace pryskyřice v roztoku by neměla přesáhnout 5 %.

¹⁶⁹ ZELINGER 1987, s. 36.

¹⁷⁰ HORIE 1987, s. 106.

¹⁷¹ V důsledku rychlého odpařování rozpouštědel.

¹⁷² STONER–RUSHFIELD 2012, s. 623.

¹⁷³ NICOLAUS–WESTPHAL 1999, s. 282.

Takto připravené pojivo se poté důkladně míchá s pigmenty špachtlí na keramické dlaždičce. Množství pojiva a délka míchání závisí na druhu pigmentu, např. oxidy železa a černé pigmenty vyžadují více pojiva. Důležité je, aby byl smočen všechnen pigment. Pokud není, v barvě zůstávají hrudky a není možné vytvořit hladký a rovný povrch retuše. Barvu je možné plnit křídou, pigmenty nebo vodorozpustným pojivem, např. kličem nebo polyvinylalkoholem.

V důsledku vypařování rozpouštědla připravená barva na paletě rychle tuhne. Je proto potřeba namáčet si štětec v rozpouštědle a používat ho jako ředidlo. Velmi rychle schne i barva na štětci a na retušovaném objektu. To je výhodné z hlediska zkrácení času mezi aplikací jednotlivých vrstev retuše, ale na druhou stranu se zkracuje i čas potřebný na samotnou aplikaci retuše, protože barva na štětci rychle ztrácí svoji tekutost. Lowry doporučuje používat větší štětce, které udrží více barvy. Konkrétně zmiňuje štětec Kolinsky, velikost 4. Jako alternativa xylenu může být použit 1-methoxy-2-propanol (např. *Methyl PROXITOL*¹⁷⁴). 1-methoxy-2-propanol se vypařuje pomaleji a je méně toxický než xylen. Však na rozdíl od xylenu botná staré olejové filmy, takže může narušit originální malbu v okolí retušovaných partií. Rovněž může aktivovat i syntetické polymerní filmy, takže ho nelze bezpečně použít, pokud byl *Paraloid™ B-72* použit jako lak nebo konsolidant.¹⁷⁵

Protože barvy pojené *Paraloidem™ B-72* mají malou krycí mohutnost, podmalbu je vhodné provést ve dvou až třech vrstvách a podkladové barvy míchat s pigmenty s vyšší kryvostí. Protože *Paraloid™ B-72* zůstává lehce rozpustný v xylenu, je třeba před nanesením další vrstvy několik minut počkat, aby nedošlo k narušení vrstvy předchozí. Pro dosažení maximálního krytí bez porušení předchozí vrstvy, může být retuš provedena krátkými tahy štětcem s minimem pojiva. Pokud je nanesen špatný odstín barvy, je doporučováno opravit ho v další vrstvě jinou barvou. Pokud je retuš potřeba začít úplně znovu, je lepší seškrábnout ji skalpelem než ji stírat rozpouštědlem a ohrozit tak narušením okolí retušovaného místa. Retuš se na opakní podmalbě dokončuje lazurními barvami z transparentních pigmentů s větším množstvím pojiva. Musí se však dbát na to, aby vysoký podíl pojiva v barvě nezpůsobil přílišný lesk retuše.¹⁷⁶

¹⁷⁴ Dodavatel Shell Chemicals.

¹⁷⁵ LOWRY 2010, s. 88–89.

¹⁷⁶ LOWRY 2010, s. 89–90.

Na dokončenou retuš lze případně aplikovat závěrečný pryskyřičný lak. Podmalba může být provedena také vaječnou temperou, kvašem nebo polyvinylacetátem, přičemž *Paraloid™ B-72* je použit pouze na závěrečné lazury.¹⁷⁷

ArtCare B72 retušovací gely

Alternativou barev pojených *Paraloidem™ B-72* je set osmi *B72 retušovacích gelů* (výrobce ArtCare), vyvinutých v 90. letech minulého století Peterem Konecznym. Těmito gely lze po smíchání s pigmenty napodobit nejen odstín a krycí mohutnost originální barevné vrstvy, ale velmi snadno lze imitovat i strukturu barevné vrstvy s tahy štětce a texturu podložky. Gely jsou vytvořeny z *Paraloidu™ B-72*, tří druhů rozpouštědel s rozdílnou rychlostí odpařování (propylenglykol ethery *Dowanol*¹⁷⁸) a aminového UV stabilizátoru (HALS). Do dvou gelů je přidán i pyrogenní oxid křemičitý, který má funkci matujícího prostředku, zvyšuje hustotu gelů a zadržuje rozpouštědla. Gelová konzistence je způsobena přítomností kapalné krystalické fáze v roztoku *Paraloidu™ B-72*.¹⁷⁹

Jednotlivé gely se vzájemně liší koncentrací *Paraloidu™ B-72*, tvrdostí gelu a rychlostí schnutí. V závislosti na složení jednotlivých gelů se liší jejich vlastnosti a výsledný vzhled retuše. Vlastnosti gelů lze dále upravovat vzájemným mícháním gelů a přidáním roztoku *Paraloidu™ B-72* nebo polyvinylacetátu.¹⁸⁰ Gely lze díky jejich variabilitě použít pro retušování maleb, provedených různými technikami s vykazujícími různé optické vlastnosti.¹⁸¹

Přestože optické vlastnosti barev pojených roztoky akrylátových polymerů nejsou tak dobré jako v případě přírodních pryskyřic a ketonových pryskyřic, jsou akrylátové polymery používány především pro své velmi dobré mechanické vlastnosti a excelentní stabilitu.

¹⁷⁷ LOWRY 2010, s. 90.

¹⁷⁸ Rychle se odpařující *Dowanol PM*, pomalu se odpařující *Dowanol PnP* a velmi pomalu se odpařující *Dowanol DPM* (výrobce: Dow Chemical Company).

¹⁷⁹ KONECZNY 2010a, s. 142–144.

¹⁸⁰ KONECZNY 2010a, s. 143.

¹⁸¹ Více viz KONECZNY 2010b nebo na URL: <http://www.artcare.org/index.html>.

2.6.3 Retuš barvami na bázi vodných akrylátových disperzí

(vlastní barvy pojené akrylátovou disperzí, např. *Dispersion K9*, *Plectol B500*, *Plectol D498*, *Primal SF-016*; umělecké akrylové barvy)

Barvy na bázi vodných akrylátových disperzí

Vodné akrylátové disperze se začaly využívat v 50. letech minulého století.¹⁸² Na bázi vodných akrylátových disperzí jsou komerčně vyráběné umělecké akrylové barvy, např. akrylové barvy *Golden Heavy Body*, *Liquitex® Professional Color*, *Professional Acrylic* (Winsor & Newton™), *Lascaux Artist*, *PRIMAcril®* (Schmincke), *Brera Acrylic* (Maimeri). Přestože výrobci deklarují míru UV stability jednotlivých barev, nemusí být tyto údaje vždy přesné.¹⁸³ Komerční barvy mohou obsahovat také plniva (např. baryt, kalcit, kaolinit) a různá aditiva, například konzervační prostředky, povrchově aktivní látky, antioxidanty či regulátory zasychání,¹⁸⁴ která do značné míry ovlivňují fyzikálně-chemické vlastnosti barev.¹⁸⁵

Barvy pojené akrylátovými disperzemi si může restaurátor připravit také sám smísením práškových pigmentů s akrylátovou disperzí přímo na paletě. Akrylátové disperze doporučené výrobci jako pojiva pigmentů jsou například *Dispersion K9*,¹⁸⁶*Plectol B500*, či *Plectol D498*. Před použitím je třeba akrylátové disperze naředit na požadovanou koncentraci.

Disperze (výrobce)	Chemické složení
<i>Dispersion K9</i> (Kremer Pigmente GmbH & Co. KG)	přesné složení výrobcem neuvedeno
<i>Plectol B500</i> (PolymerLatex)	kopolymer methylnmethakrylátu s ethylakrylátem
<i>Plectol D498</i> (PolymerLatex)	kopolymer methylnmethakrylátu s butylakrylátem

Tab. 2: Příklady akrylátových disperzí výrobci doporučených jako pojiva pigmentů.

Stabilita barev na bázi akrylátových disperzí

Výraznou předností barev pojených akrylátovými disperzemi je jejich výborná adheze téměř ke všem druhům podkladů, nízká toxicita barev, vysoká odolnost vůči

¹⁸² HORIE 1987, s. 110.

¹⁸³ PINTUS et al. 2012a.

¹⁸⁴ ZELINGER 1987, s. 58.

¹⁸⁵ Aditiva upravující barvu, zvyšující odolnost vůči tepelné a světelné degradaci atd. PINTUS et al. 2012b.

¹⁸⁶ Náhrada za dnes již nevyráběný Primal AC-33 neboli Rhoplex AC-33.

stárnutí, zaručující stálost barevných odstínů, nízká tendence ke žloutnutí a vynikající odolnost barevné vrstvy proti vzniku prasklin.¹⁸⁷ Přestože patří akrylátové disperze k odolnějším pojivům, k určité degradaci u nich také dochází. Působením světla a tepla prokazatelně žloutnou a v důsledku síťování jejich struktury se stávají hůře rozpustnými. Ve srovnání s polyvinylacetátovými disperzemi vykazují filmy z akrylátových disperzí vyšší odolnost vůči žloutnutí.¹⁸⁸

Suché filmy akrylátových disperzí mohou mít relativně nízkou teplotu skelného přechodu (T_g),¹⁸⁹ zůstávají dlouho lepkavé a mohou tedy snadno absorbovat prach a nečistoty ze vzduchu. Komerční akrylátové barvy obsahují také množství aditiv, které mohou migrovat k povrchu a snižovat lesk filmu a zvyšovat tendenci k ulpívání nečistot.¹⁹⁰ Zejména se jedná o změkčovadla.

Reverzibilita barev na bázi akrylátových disperzí

Na rozdíl od některých dalších vodouředitelných retušovacích barev (akvarelových barev, kvašových barev, barev pojených ethery celulózy) nejsou filmy vzniklé z akrylátových disperzí ve vodě rozpustné, ale pouze botnatelné. Akrylátové filmy jsou rozpustné pouze v některých organických rozpouštědlech, rozpustnost se většinou časem snižuje kvůli síťování makromolekul.¹⁹¹ Mezi málo toxická organická rozpouštědla se schopností rozpouštět filmy z akrylátových disperzí běžně využívaných v restaurování lze zařadit například aceton, xylen, toluen nebo dokonce některá aromatická rozpouštědla.¹⁹²

Zpracovatelnost barev na bázi akrylátových disperzí

V čerstvém stavu jsou akrylové barvy ředitelné vodou, po zaschnutí jsou naopak voděodolné. Schnou relativně rychle a mají tudíž tu výhodu, že jednotlivé vrstvy retuše lze aplikovat bez dlouhých časových intervalů, bez rizika, že dojde k porušení předchozí vrstvy. S tím souvisí ale i jistá nevýhoda, že barvy nevratně zasychají na paletě.¹⁹³ Po chvíli se akrylátové retuše stávají matnými, což může být předností,

¹⁸⁷ ZELINGER 1987, s. 57.

¹⁸⁸ HORIE 2010, s. 166.

¹⁸⁹ T_g – teplota kdy polymer přechází z pevného sklovitého stavu do kaučukovitého stavu.

¹⁹⁰ STONER–RUSHFIELD 2012, s. 625.

¹⁹¹ Stoner a Rushfield uvádí konkrétně uhlovodíková rozpouštědla. STONER–RUSHFIELD 2012, s. 625. Zestárlé zesíťované filmy však budou pravděpodobně vyžadovat více polární rozpouštědla.

¹⁹² DUFFY 1989; Medium for Consolidation – technický list.

¹⁹³ NICOLAUS–WESTPHAL 1999, s. 282.

pokud není originální malba zalakovaná. Pokud ano, potřebného lesku lze dosáhnout přelakováním retuší.¹⁹⁴

Viskozitu a konzistenci barev lze upravit přidavkem zahušťovačů, například polyvinylalkoholu. Při retuši tak může být napodobována i reliéfní struktura barevné vrstvy.¹⁹⁵

Ve srovnání s barvami, pojenými roztoky akrylátových pryskyřic, hlavní výhodou disperzních akrylových barev spočívá v tom, že nejsou toxické, vzniklé filmy mají menší tendenci ke vzniku prasklin a barvy jsou lépe zpracovatelné. Komerčně vyráběné barvy však mohou být méně stabilní. Jejich optické vlastnosti rovněž nedosahují velkých kvalit, barvy mají po zaschnutí poněkud plastový charakter.

2.6.4 Retuš barvami na bázi roztoků polyvinylacetátů

(vlastní barvy pojené roztokem polyvinylacetátu, např. Mowilith® 20, Lascaux® Medium for Retouching; dříve restaurátorské barvy Golden PVA Conservation Paints)

Barvy na bázi roztoků polyvinylacetátů

Polyvinylacetáty (PVAC) jsou syntetické polymerní látky, připravené polymerací vinylacetátu. Homopolymery¹⁹⁶ PVAC mohou mít různou molekulovou hmotnost. První experimenty s PVAC jako retušovacím médiem, ve formě roztoku i disperze, byly provedeny již v roce 1935. V 50. letech minulého století začal Mario Modestini retušovat roztokem *Bakelite® AYAB*, polyvinylacetátem vyráběným americkou firmou Union Carbide.¹⁹⁷ Výroba *Bakelite® AYAB* byla ukončena v 80. letech minulého století. Knut Nicolaus doporučuje používat pro retuše polyvinylacetát *Mowilith® 20*, který má srovnatelnou viskozitu a index lomu jako *Bakelite® AYAB*. *Mowilith 20* začal původně produkovat německý výrobce Hoechst.¹⁹⁸ *Mowilith 20* dnes vyrábí firma Celanese a je dostupný jako pevná látka ve formě granulátu nebo jako roztok (např. *Lascaux® Medium for Retouching*¹⁹⁹).

¹⁹⁴ NICOLAUS–WESTPHAL 1999, s. 281.

¹⁹⁵ ZELINGER 1987, s. 58.

¹⁹⁶ Homopolymer je polymer, jehož makromolekula se skládá z jednoho druhu monomeru.

¹⁹⁷ BERGER–RUSSEL 2000, s. 192.

¹⁹⁸ NICOLAUS–WESTPHAL 1999, s. 282.

¹⁹⁹ 50% roztok Mowilithu 20 ve směsi ethanolu/acetonu 7:3.

Barvy na bázi PVAC se připravují na paletě smícháním práškových pigmentů s připraveným roztokem PVAC. Připravené barvy lze skladovat několik měsíců.²⁰⁰ V minulosti bylo možné použít i komerčně vyráběné restaurátorské barvy na bázi PVAC – *Golden PVA Conservation Paints*. Výrobce (Golden Artist Colors, Inc.) je však v současné době již nenabízí.

Při přípravě vlastních retušovacích barev pojených roztokem PVAC Knut Nicolaus doporučuje rozpouštět *Mowilith 20* v ethanolu, případně přidat malé množství ethylenglykol-monoethyletheru,²⁰¹ který zpomaluje odpařování rozpouštědla a umožňuje tak snadnější manipulaci s barvou v průběhu retuše.²⁰² Sarah Cove v publikaci „Mixing and Matching“ uvádí, že při přidání ethylenglykol-monoethyletheru v množství 5 % z celkového objemu ethanolu dojde kromě snížení viskozity také k vytvoření čirého roztoku PVAC. Podobný, ale menší účinek má i přidání malého množství vody (cca 5 %). Podle experimentů Sarah Cove je nejvhodnější přidat do denaturovaného ethanolu 5 % vody i 5 % ethylenglykol-monoethyletheru. Vzhledem k vysoké toxicitě ethylenglykol-monoethyletheru doporučuje používat méně toxický 1-methoxy-2-propanol.²⁰³

Stabilita a reverzibilita barev na bázi polyvinylacetátů

Vlastnosti PVAC závisí na molekulové hmotnosti daného polymeru a na volbě rozpouštědla pro vytvoření roztoku. V rámci syntetických polymerních látek používaných v oblasti konzervování patří PVAC k polymerům s nejlepší světelnou stabilitou, přestože při vystavení UV záření oxiduje a síťuje.²⁰⁴ Protože v našich podmínkách odpovídá teplota skelného přechodu (T_g) PVAC přibližně pokojové teplotě,²⁰⁵ nevýhodou filmů především z PVAC disperzí je, že zůstávají lepivé a přijímají množství prachu. Z toho důvodu jsou pro retuše preferovány spíše roztoky PVAC v rozpouštědlech, které mají T_g vyšší než disperze, nebo PVAC disperze stabilizované polyvinylalkoholem.²⁰⁶

²⁰⁰ BERGER–RUSSEL 2000, s. 199.

²⁰¹ Komerčně je známý jako ethyl cellosolve.

²⁰² NICOLAUS–WESTPHAL 1999, s. 282.

²⁰³ COVE 2010, s. 74–76.

²⁰⁴ HORIE 2010, s. 137.

²⁰⁵ T_g PVAC je 18–29 °C. HORIE 2010, s. 313.

²⁰⁶ NICOLAUS–WESTPHAL 1999, s. 282.

Dalším nedostatkem PVAC je jeho nízká odolnost vůči povětrnostnímu stárnutí, zvláště pak proti vodě, protože snadno hydrolyzuje na polyvinylalkohol. Polyvinylalkohol je zároveň příčinou nízké odolnosti vůči mikrobiologickému napadení.²⁰⁷ Filmy z polyvinylacetátových roztoků by měly i po dlouhé době zůstat rozpustné v ethanolu.²⁰⁸

Zpracovatelnost barev na bázi polyvinylacetátu

Knut Nicolaus pro retuše doporučuje vytvořit 8% roztok *Mowilithu 20* v ethanolu.²⁰⁹ Sarah Cove nejprve připraví 20% zásobní roztok *Mowilithu 20* ve 100 ml technického lihu, do kterého přidává ještě 5 ml vody a 5-10 ml 1-methoxy-2-propanolu.²¹⁰ Ten poté naředí stejnou rozpouštědlovou směsí na 5-10% roztok. Při retuši doporučuje používat dvě uzavíratelné kovové nádoby, v jedné mít připravené PVAC pojivo, ve druhé čistou rozpouštědlovou směs na ředění. Pigmenty míchá s roztokem PVAC na keramické dlaždičce.²¹¹

S výjimkou nelakovaných maleb, Sarah Cove obvykle nanáší retuše na izolační vrstvu *Paraloidu™ B-72*.²¹² Protože PVAC retuše mohou být problematické z hlediska své lepivosti a přijímání vzdušného prachu, je možné retuš stabilizovat aplikací lakových mezivrstev²¹³ a vrstvou závěrečného pryskyřičného laku.²¹⁴ Sarah Cove doporučuje *MS2A* nebo *Laropal 181*, pro mezivrstvy i *Paraloid™ B-72*.²¹⁵ Knut Nicolaus uvádí damarový lak, který by v tomto případě neměl žloutnout a praskat.²¹⁶ Závěrečný lak by měl být aplikován minimálně 12 hodin po dokončení retuše.²¹⁷

PVAC barvy vysychají rychle a nezanechávají znatelné tahy štětce.²¹⁸ PVAC je extrémně univerzální pojivo, lze jím dosáhnout retuši s různou mírou lesku nebo

²⁰⁷ ZELINGER 1987, s. 32.

²⁰⁸ HORIE 1987, s. 92–96, Golden PVA Conservation Paints – technický list.

²⁰⁹ NICOLAUS–WESTPHAL 1999, s. 282; BERGER–RUSSEL 2000, s. 214.

²¹⁰ 1-methoxy-2-propanol používá Sarah Cove pravděpodobně pro zpomalení vysychání barev. Berger doporučuje pro zpomalení schnutí používat ředidlo připravené ze směsi alkoholu a 2-ethoxyethanolu, 2-ethoxyethanolu, diacetonu, či methoxybutanolu v poměru 2:1. Taková směs by měla schnout srovnatelně rychle jako voda. BERGER–RUSSEL 2000, s. 200.

²¹¹ COVE 2010, s. 76.

²¹² COVE 2010, s. 78.

²¹³ Mezivrstvy laku mohou být tónovány pigmenty. BERGER 200, s. 200.

²¹⁴ NICOLAUS–WESTPHAL 1999, s. 282–283.

²¹⁵ COVE 2010, s. 77–78.

²¹⁶ NICOLAUS–WESTPHAL 1999, s. 282–283.

²¹⁷ COVE 2010, s. 78.

²¹⁸ BERGER–RUSSEL 2000, s. 199.

matu.²¹⁹ Mohou být nanášeny na různé modelační materiály a na podmalby provedené akrylovými barvami, temperou nebo kvašem.²²⁰

Barvy na bázi roztoků PVAC mají velmi dobré optické vlastnosti a stabilitu. Ve srovnání s PVAC disperzemi mají vyšší stabilitu, proto je jejich použití pro účely retuše vhodnější. Z hlediska toxicity rozpouštědel používaných při práci i při odstraňování retuší jsou tyto barvy méně škodlivé než barvy na bázi roztoků akrylátových pryskyřic. Důvodem proč nebývá PVAC preferován jako pojivo retušovacích barev, a zvláště pro nástěnnou malbu, je jeho nízká odolnost vůči vlhkosti a mikrobiologickému napadení.

2.6.5 Retuš barvami na bázi vodných polyvinylacetátových disperzí

(vlastní barvy pojené polyvinylacetátovými disperzemi – např. Mowilith DM, Vinamul 3252; umělecké barvy, např. Lefranc & Bourgeois Flashe vinylic paints)

Barvy na bázi polyvinylacetátových disperzí

Na bázi vodných PVAC disperzí jsou komerčně dostupné např. barvy *Flashe vinylic paints* od francouzského výrobce Lefranc & Bourgeois. Dříve vyráběla barvy pojené PVAC disperzí i firma Golden®, v současnosti však na oficiálním webu firmy tyto barvy nejsou dostupné. Barvy pojené PVAC disperzemi si může restaurátor připravit také sám smísením práškových pigmentů s PVAC disperzí přímo na paletě. Výrobou PVAC disperzí se v současné době zabývá především firma Celanese. Konkrétně se jedná o několik produktů typu *Mowilith DM*, které se vzájemně liší svojí viskozitou, a některé produkty z řady *Vinamul*.

Stabilita a reverzibilita barev na bázi polyvinylacetátových disperzí

Filmy připravené z vodných polyvinylacetátových disperzí jsou na světle méně stabilní než filmy z roztoků polyvinylacetátů. Filmy z vodných disperzí nepatrně žloutnou. K tomu dochází v důsledku žloutnutí nestabilních přísad, jako jsou například některá změkčovadla.²²¹ Jejich stabilita je nižší i ve srovnání s akrylátovými disperzemi.²²² Jak již bylo zmíněno výše, nevýhodou filmů z PVAC

²¹⁹ Většího lesku lze dosáhnout vyšší koncentrací PVAC a vypořádáním retuše izolační vrstvou, např. *Paraloidu™ B-72*.

²²⁰ COVE 2010, s. 84.

²²¹ HORIE 2010, s. 141.

²²² PINTUS et al. 2012b, s. 173.

disperzí je jejich silná tendence k zachycování prachu a jiných nečistot a nízká odolnost vůči vlhkosti.

Po vyschnutí jsou filmy nerozpustné ve vodě. PVAC disperze často obsahují ochranné koloidy včleněné do struktury polymeru během polymerační reakce, nejčastěji polyvinylalkohol a ethyl celulózu. Z tohoto důvodu může nastat situace, kdy část suchého filmu je rozpustná v organických rozpouštědlech, část ve vodě a část není rozpustná vůbec.²²³ Zestárlé filmy vytvořené z PVAC disperzí by po delším časovém období měly být reverzibilní za pomoci rozpouštědel.

Zpracovatelnost barev na bázi polyvinylacetátových disperzí

Barvy na bázi PVAC disperzí mají obdobné zpracovatelské vlastnosti jako barvy pojené akrylátovými disperzemi. Schnou relativně rychle a tvoří filmy nerozpustné ve vodě.²²⁴ Jednotlivé vrstvy retuše lze proto aplikovat bez dlouhých časových intervalů a bez rizika, že dojde k porušení předchozí vrstvy. Barvy nejsou toxické.

Přestože barvy na bázi PVAC disperzí mají velmi dobré zpracovatelské vlastnosti, pro retuš je z hlediska stability vhodnější použití PVAC ve formě roztoku.

2.6.6 Retuš barvami na bázi polyvinylalkoholu

(vlastní barvy pojené roztokem polyvinylalkoholu, např. Mowiol® 4-88, Mowiol® 4-98)

Barvy na bázi polyvinylalkoholu

Polyvinylalkohol (PVAL) se vyrábí alkalickou hydrolyzou polyvinylacetátu, nahrazením acetátových skupin hydroxylovými za použití alkoholu.²²⁵ Vlastnosti konkrétního typu PVAL závisí nejen na jeho molekulové hmotnosti, ale i na obsahu zbytkových acetátových skupin. Procentuální zastoupení alkoholových skupin v molekule polymeru se u komerčních produktů pohybuje v rozmezí 70–100 %. Podle stupně hydrolyzy se identifikují jednotlivé typy PVAL a jeho hodnota se uvádí v názvech produktů.²²⁶ Knut Nicolaus uvádí dva konkrétní typy PVAL vhodné pro retušování, kterými jsou *Mowiol 4-88* a *Mowiol GE 4-86* (výrobce Kuraray).²²⁷

²²³ HORIE 2010, s. 141.

²²⁴ STONER–RUSHFIELD 2012, s. 625.

²²⁵ HORIE 2010, 142.

²²⁶ HORIE 2010, s. 142–143.

²²⁷ NICOLAUS–WESTPHAL 1999, s. 283.

PVAL je rozpustný ve vodě, přičemž jeho rozpustnost do jisté míry stoupá se snižujícím se stupněm hydrolyzy. Zcela hydrolyzované typy jsou ve studené vodě jen obtížně rozpustné²²⁸ a jejich úplné rozpuštění vyžaduje zahřátí na 85–90 °C.²²⁹

Roztok *Mowiolu* se podle výrobce připravuje tak, že se granulát *Mowiolu* nejprve nechá nabotnat ve studené vodě a následně se ve vodní lázni zahřívá na 90–95 °C, dokud se zcela nerozpustí.²³⁰ Roztok *Mowiolu* lze podle potřeby dále ředit vodou. Retušovací barvy je možné připravit přímo na paletě smícháním práškových pigmentů s roztokem, nebo lze pigmenty s pojivem důkladně promíchat ve větším množství a vzniklé barvy pak skladovat v malých nádobkách.²³¹

Stabilita a reverzibilita barev na bázi polyvinylalkoholu

PVAL vytváří elastické filmy, poměrně odolné vůči stárnutí, světlu a teplotním změnám. V důsledku působení světla a tepla však mohou filmy síťovat a stávat se nerozpustnými. K tvorbě nerozpustné sítě může docházet i v mírně kyselém nebo alkalickém prostředí (např. vápenné podklady) v důsledku přítomnosti velmi reaktivních hydroxylových skupin. Další reakce mohou probíhat s anorganickými solemi, pigmenty nebo barvivy, s nimiž reagují za vzniku nerozpustných komplexů.²³²

Polyvinylalkoholové filmy jsou hygroskopické, schopné absorbovat vodní páry, zvláště pokud je relativní vzdušná vlhkost vyšší než 75 %.²³³ Značným nedostatkem PVAL je jeho velmi nízká odolnost vůči mikroorganismům. V kyselém pH se mohou množit houby, zatímco pro bakterie je příznivější neutrální až slabě alkalické pH.²³⁴ Z tohoto důvodu je nutné PVAL chránit přidavkem fungicidních látek.²³⁵

Čerstvé filmy PVAL jsou odstranitelné za použití vody. Pokud však dojde k jejich zesíťování, je třeba použít k jejich odstranění organická rozpouštědla.

Zpracovatelnost barev na bázi polyvinylalkoholu

Při výstavbě retuše je třeba nechat jednotlivé vrstvy důkladně proschnout, aby při postupné aplikaci nedocházelo k porušování předchozích vrstev. Protože jsou

²²⁸ Na rozdíl od PVAL se zbytkovými acetátovými skupinami (10–15%).

²²⁹ ZELINGER 1987, s. 34.

²³⁰ Mowiol – technický list.

²³¹ NICOLAUS–WESTPHAL 1999, s. 283.

²³² HORIE 1987, s. 97–99.

²³³ HORIE 1987, s. 97–99.

²³⁴ Mowiol – technický list.

²³⁵ ZELINGER 1987, s. 34.

barvy na bázi PVAL čistě vodnými systémy, práce s nimi není zdraví škodlivá. Barvy na bázi PVAL jsou vhodné zvláště pro retušování nelakovaných matných maleb.²³⁶

Přestože PVAL retuše nepodléhají optickým změnám v důsledku stárnutí, kvůli velmi nízké odolnosti vůči mikrobiologickému napadení se pro účely retušování používají velmi zřídka.

2.6.7 Retuš barvami pojenými ketonovými pryskyřicemi

(vlastní barvy pojené ketonovou pryskyřicí, např. Laropal® K 80, MS2A)

Barvy na bázi ketonových pryskyřic

Ketonové pryskyřice jsou syntetické polymerní látky s nízkou molekulovou hmotností. Vznikají katalyzovanou reakcí cyklohexanonu a/nebo methylcyklohexanonu, přičemž průměrně 7 cyklohexanonových molekul tvoří jednu molekulu. Následnou redukcí obsažených karbonylových skupin na hydroxylové skupiny se zvyšuje stabilita pryskyřic. Pryskyřice jsou poté méně citlivé na světlo a vlhkost, čímž lze například potlačit optické změny a ztrátu rozpustnosti.²³⁷

Ketonové pryskyřice se uplatňují především jako obrazové laky, ale mohou být použity i jako pojivo retušovacích barev. Komerčně začaly být ketonové pryskyřice vyráběny ve 30. letech minulého století,²³⁸ jako obrazové laky se však začaly používat až v 50. letech a jako pojiva retušovacích barev na počátku 60. let. V roce 1962 využití ketonových pryskyřic pro účely retušování zkoumal Rolf E. Straub. V rámci syntetických pryskyřic jsou ketonové pryskyřice spolu s akrylátovými polymery nejdůležitější pojivový materiál retušovacích barev.²³⁹

První ketonové pryskyřice vyráběné od 30. let jsou známé pod komerčními názvy AW2 (výrobce BASF, Německo) a MS2 (výrobce Howards, Velká Británie). První ketonové pryskyřice nebyly příliš stabilní, protože obsahovaly ketonové skupiny a dvojně vazby, které snadno podléhají světlené degradaci. Proto byly tyto pryskyřice posléze nahrazeny redukovanými formami, ve kterých byly dvojně vazby a ketonové skupiny chemicky odstraněny. Howards začal od roku 1962 vyrábět

²³⁶ NICOLAUS–WESTPHAL 1999, s. 283.

²³⁷ ZELINGER 1987, s. 38; HORIE 1987, s. 116.

²³⁸ ROUTLEDGE 2000.

²³⁹ NICOLAUS–WESTPHAL 1999, s. 283.

redukovaný produkt *MS2A*²⁴⁰ a BASF nahradil pryskyřici *AW2* v roce 1967 stabilnější alternativou *Keton Resin N*. V roce 1979 byl *Keton N* nahrazen produktem *Laropal® K 80*.²⁴¹

Ketonové pryskyřice jsou rozpustné v lakovém benzínu nebo terpentýnu.²⁴² Díky své nízké molekulové hmotnosti tvoří nízkoviskózní roztoky. Barvy pojené ketonovými pryskyřicemi nejsou komerčně dostupné. Knut Nicolaus uvádí dvě možné procedury vlastní přípravy barev.²⁴³

1. Pigmenty se důkladně smísí s pryskyřicí rozpuštěnou v lakovém benzínu nebo podobném rozpouštědle. Vzniklá směs se uchovává v malých uzavíratelných sklenicích. Při retuši se potřebné množství barvy umístí na paletu, ředí se a míchá se s dalšími barvami.
2. Restaurátor si připravuje barvy během procesu retušování na paletě důkladným promísením požadovaných pigmentů s naředěnou pryskyřicí. Pigmenty by měly být kvalitní, jemně mleté, bez hrudek. Barvu lze dále podle potřeby ředit lakovým benzínem.

Stabilita a reverzibilita ketonových pryskyřic

Ketonové pryskyřice vytvářejí tvrdé, ale křehké filmy,²⁴⁴ které jsou ve srovnání s filmy z přírodních pryskyřic značně odolnější vůči žloutnutí a oxidaci. Při vystavení UV záření, za přístupu kyslíku však k oxidaci také dochází, což vede především ke snižování rozpustnosti zestárlých filmů a nutnosti použití více polárních rozpouštědel pro jejich odstranění. Zelinger doporučuje ethanol a obdobná polární organická rozpouštědla. Ke žloutnutí filmů z ketonových pryskyřic dochází i bez přístupu světla.²⁴⁵ Tento jev může být například interpretován jako tepelná degradace, která nemusí být podmíněna UV zářením.

Zpracovatelnost barev pojených ketonovými pryskyřicemi

Ketonové pryskyřice mají obdobné zpracovatelské a užité vlastnosti jako přírodní pryskyřice. Barvami na bázi ketonových pryskyřic lze retuš poměrně snadno

²⁴⁰ Dnes vyráběn firmou Linden Chemicals Ltd.

²⁴¹ ROUTLEDGE 2000; NICOLAUS–WESTPHAL 1999, s. 283.

²⁴² NICOLAUS–WESTPHAL 1999, s. 283.

²⁴³ NICOLAUS–WESTPHAL 1999, s. 283.

²⁴⁴ Lze upravit změkčovadly.

²⁴⁵ ZELINGER 1987, s. 38; HORIE 1987, s. 116.

konstruovat technikou vrstvení, přičemž další vrstva může být aplikována na předchozí po velmi krátké době. V závislosti na použitém rozpouštědle a rychlosti jeho odpařování může docházet k velmi rychlému zasychání barev na paletě. V tomto případě je nutné při každém nabrání barvy použít rozpouštědlo a rozředit barvu do správné konzistence.²⁴⁶

Barvy mají spíše transparentní charakter. Při retuši se proto používají především jako závěrečné lazury na podkladových vrstvách retuše, vytvořených více opakními barvami, např. akvarelovými/kvašovými barvami či vaječnou temperou.

Ketonové pryskyřice jsou stabilnější alternativou přírodních pryskyřic. Měly by být poměrně snadno odstranitelné rozpouštědly. Pro své optické vlastnosti jsou vhodné především pro dokončování retuší formou lazur.

2.6.8 Retuš barvami pojenými aldehydovými pryskyřicemi

(vlastní barvy pojené aldehydovou pryskyřicí, např. Laropal® A 81; restaurátorské barvy na bázi Laropalu® A 81: Gamblin Conservation Colors, Kremer Retouching Colors)

Barvy na bázi aldehydových pryskyřic

Tzv. aldehydové pryskyřice využívané v restaurátorské praxi jsou močovinoaldehydové pryskyřice, nejčastěji *Laropal® A 81*. Močovinoaldehydové pryskyřice vznikají kondenzací močoviny s alifatickými aldehydy, jejichž součástí bývá formaldehyd. Po vytvrzení poskytují čirý, tvrdý film, odolný vůči žloutnutí.²⁴⁷

Na rozdíl od barev pojených ketonovými pryskyřicemi, které nejsou komerčně dostupné, barvy na bázi aldehydových pryskyřic si lze zakoupit již připravené ve směsi s pigmenty. Na trhu jsou dostupné *Gamblin Conservation Colors* pojené *Laropalem® A 81* a *Kremer Retouching Colors*, rovněž v *Laropalu A 81*. *Laropal A 81* je rozpustný v alkoholech, ketonech, aromatických uhlovodících a alifatických uhlovodících.²⁴⁸ Roztoky *Laropalu A 81* mají excelentní schopnost smáčet pigmenty.²⁴⁹

²⁴⁶ NICOLAUS–WESTPHAL 1999, s. 283.

²⁴⁷ ZELINGER 1987, s. 37.

²⁴⁸ Laropal A 81 – technický list.

²⁴⁹ Gamblin Conservation Colors – technický list.

Stabilita a reverzibilita barev na bázi aldehydových pryskyřic

Aldehydové pryskyřice vynikají vysokou fotochemickou stabilitou. *Laropal A 81* je jedna z nejstálejších dostupných pryskyřic. Při testování umělým stárnutím, které odpovídalo asi 60-ti letům v podmínkách muzejní expozice, se rozpustnost filmů změnila jen mírně. Pryskyřice zůstaly rozpustné v nepolárních rozpouštědlech, tedy v aromatických a alifatických uhlovodících.²⁵⁰

Zpracovatelnost barev na bázi aldehydových pryskyřic

Barvy na bázi aldehydových pryskyřic mají obdobné zpracovatelské vlastnosti jako přírodní pryskyřice. Díky vysokému indexu lze dosáhnout zářivých barev. Základní informace ohledně zpracovatelnosti *Gamblin Conservation Colors* uvádí výrobce na svých internetových stránkách.²⁵¹ Více informací o způsobu práce s těmito barvami, doplněných o praktické zkušenosti na konkrétních malbách, lze nalézt v publikaci „Mixing and Matching“ v příspěvku Jill Dunkerton, restaurátorky v National Gallery v Londýně.²⁵²

Gamblin Conservation Colors lze ředit např. isopropanolem, methoxypropanolem, diaceton alkoholem, lakovým benzinem²⁵³ a rozpouštědlovými směsmi.²⁵⁴ Jill Dunkerton používá směs isopropanolu a *White spiritu BS 245* v poměru 2:1.²⁵⁵ Barvy tvoří relativně matné filmy. Lesk lze zvýšit přidavkem roztoku *Laropalu A 81*, případně snížit přidavkem čistého rozpouštědla.²⁵⁶

Barvy na bázi Laropalu A 81 mají excelentní stabilitu, jsou jednoduše zpracovatelné a poměrně snadno reverzibilní i méně polárními rozpouštědly. Pro retušování olejomalb se technika retuše barvami na bázi aldehydových pryskyřic jeví jako jedna z nejvhodnějších.

²⁵⁰ Gamblin Conservation Colors – technický list.

²⁵¹ Gamblin Conservation Colors – technický list.

²⁵² DUNKERTON 2010.

²⁵³ S obsahem aromátů do 40%.

²⁵⁴ Gamblin Conservation Colors – technický list.

²⁵⁵ DUNKERTON 2010, s. 94.

²⁵⁶ Gamblin Conservation Colors – technický list.

3 Experimentální část

3.1 Úvod

Experimentální část práce je zaměřena na výzkum a hodnocení aplikačních a výsledných vizuálních vlastností vybraných retušovacích technik používaných běžně při restaurování olejomalb. Dále byla hodnocena stabilita a reverzibilita vybraných retuší po vystavení umělému stárnutí UV záření. Stabilita přírodních i syntetických pojiv se v minulosti stala předmětem mnohých vědeckých studií a experimentálních výzkumů. Množství studií se zabývá také stabilitou komerčně dostupných uměleckých barev a barev určených přímo pro účely retušování. Většinou je v literatuře srovnávána pouze úzká skupina příbuzných materiálů nebo přírodní pojivo a jeho syntetická obdoba.²⁵⁷ Jen velmi málo experimentů je zaměřeno na komparaci stability, případně reverzibility, retušovacích prostředků napříč širším spektrem současně používaných materiálů pro účely retušování uměleckých děl.²⁵⁸

Retuše vybranými retušovacími systémy byly nanášeny na zkušební tělíska s jemnou vápennou omítkou, která byla z časových důvodů podrobena metodě urychlené karbonatace. Aplikace barev na omítkový podklad měla simulovat proces retušování olejomalby metodou nápodobivé retuše, proto byl vybrán detail reálné nástěnné malby a každou technikou byla provedena jeho rekonstrukce v měřítku 1:1. Následně byla tělíska s retušemi uměle stárnutá UV zářením při podmínkách simulujících interiérové záření. Po umělém stárnutí byly vyhodnoceny změny optických a fyzikálních vlastností retuší a byly provedeny zkoušky jejich odstranění. Hodnocení změn vlastností a zkoušek odstraňování retuší bylo provedeno na základě vizuálního pozorování s fotografickou dokumentací a optickou mikroskopií.

3.2 Výběr a charakteristika retušovacích systémů

Pro účely experimentu bylo na základě literární rešerše vybráno celkem osm běžně používaných technik retuší olejomalb. Výběr zahrnoval komerční produkty i barvy, které si restaurátoři připravují sami z práškových pigmentů a pojiv. Některé techniky vynikají snadnou reverzibilitou, jiné stabilitou, jednoduchou zpracovatelností a estetickým účinkem.

²⁵⁷ Např. MARINESCU et al. 2014; DUFFY 1989; PINTUS–SCHREINER 2011; PINTUS et al. 2012a; DE LA RIE 1988; DIETMANN et al. 2009.

²⁵⁸ GLOMBOVÁ 2016; ROPRET et al. 2007.

Hlavní důraz byl při výběru kladen na kombinovanou retuš, která představuje jednu z nejrozšířenějších technik pro retušování olejomalb. Testována byla kombinace akvarelové retuše dokončené olejoprskyřičnou barvou a kombinace akvarelové retuše dokončené barvou čistě prskyřičnou. Akvarelová a olejoprskyřičná retuš byla pro srovnání zkoumána i samostatně.

Z přírodních pojiv byla testována i technika vaječné tempéry, která se uplatňovala především v minulosti. Vaječná tempera má vynikající optické vlastnosti a i v současné době je některými restaurátory používána, nicméně z hlediska reverzibility je její vhodnost značně diskutabilní.

Ze syntetických pojiv byl vybrán *Paraloid™ B-72* jako nejstabilnější a nejvíce používaný akrylátový kopolymer, *Dispersion K9* jako zástupce nejvíce stabilních akrylátových disperzí a polyvinylalkohol *Mowiol 4-88*, který sice není příliš často používán, ale vyznačuje se poměrně dobrou světelnou stabilitou a snadnou reverzibilitou. Ostatní retušovací techniky nebyly do experimentu zahrnuty z kapacitních a jiných důvodů, např. kvůli podobnosti s jinou vybranou technikou či méně častému používání.

Vybrané retušovací prostředky a techniky:

1. Akvarelové barvy *Winsor & Newton™ Artists' Water Colour*.
2. Kombinovaná technika – akvarelové barvy *Winsor & Newton™ Artists' Water Colour*, dokončení olejoprskyřičnými barvami *Schmincke MUSSINI®*.
3. Olejoprskyřičné barvy *Schmincke MUSSINI®*.
4. Kombinovaná technika – akvarelové barvy *Winsor & Newton™ Artists' Water Colour*, dokončení prskyřičnými barvami *Maimeri Restauro*.
5. Práškové pigmenty pojené roztokem akrylátového kopolymeru *Paraloid™ B-72* (20% roztok).
6. Práškové pigmenty pojené akrylátovou disperzí *Dispersion K9* (2 %).
7. Vaječná tempera.
8. Práškové pigmenty pojené roztokem polyvinylalkoholu *Mowiol 4-88* (2% roztok).

Pro vlastní přípravu barev byly použity pouze pigmenty s vysokou stabilitou (viz kapitola 3.2.4). Škála vybraných pigmentů byla do značné míry dodržována i při výběru komerčních produktů.

3.2.1 Akvarelové barvy Winsor & Newton™ Artists' Water Colour

Pro účely experimentu byly použity tubové akvarelové barvy *Artists' Water Colour* vyráběné firmou Winsor & Newton™. V současné době jsou tyto barvy dostupné pod názvem *Professional Water Colour*. Výrobce na svých webových stránkách²⁵⁹ deklaruje použití nejčistších a stabilních pigmentů a celkově velmi vysokou odolnost barev vůči stárnutí. Barvy jsou zcela netoxické, vodou ředitelné. Jsou pojeny arabskou gumou, obsahují volskou žluč a jiná aditiva.²⁶⁰

Název barvy	Pigment/y	C.I. ²⁶¹	Opacita	Světlostálost ²⁶²
Yellow Ochre (Žlutý okr)	přírodní žlutý okr (hydratovaný oxid železitý)	PY43	Semitransparentní	ASTM I
Indian Red (Indická červeň)	syntetický červený okr (bezvodý oxid železitý)	PR101	Opakní	ASTM I
French Ultramarine (Francouzský ultramarín)	syntetický ultramarín	PB29	Transparentní	ASTM I
Ivory Black (Čerň kostní)	čerň kostní	PBk9	Opakní	ASTM I
Chinese White (Čínská běloba)	zinková běloba	PW4	Semitransparentní	ASTM I

Tab. 3: Akvarelové barvy použité pro přípravu vzorků.

3.2.2 Olejoprskyřičné barvy MUSSINI®

Olejoprskyřičné barvy *MUSSINI®* vyrábí německá firma H. Schmincke & Co. GmbH & Co. KG. Výrobce uvádí, že *MUSSINI®* obsahují kvalitní, čisté pigmenty

²⁵⁹ <http://www.winsornewton.com>

²⁶⁰ Informace získané na základě korespondence s výrobcem.

²⁶¹ Color Index Generic Name – barevný index, kterým jsou všechny pigmenty klasifikovány v *Indexu barev*, který vede Society of Dyers and Colourists (SDC).

²⁶² Podle celosvětového standardu nezávislé organizace ASTM (American Society for Testing and Materials) jsou rozlišovány tři úrovně světlostálosti: ASTM I – „výborná“, ASTM II – „velmi dobrá“, ASTM III – nedostatečná.

s nejvyšší možnou světlostalostí. Pojivo je složeno ze čtyř druhů olejů, lněného, ořechového, makového a slunečnicového, obsahuje i podíl damary. Díky damaře jsou barvy zářivější. Množství přídavku damarového roztoku²⁶³ v barvě závisí na vlastnostech a požadavcích konkrétních pigmentů. V malém množství jsou přidávány i pomocné látky a aditiva, která upravují proces schnutí a zpracovatelské vlastnosti barev, například konzistenci a vláčnost.²⁶⁴

Vysychání *MUSSINI*® barev probíhá kombinovaným procesem, tedy chemicky i fyzikálně. Nárůst objemu v důsledku vázání kyslíku v rámci chemického schnutí, které začíná na povrchu barevné vrstvy, je do značné míry kompenzován vypařováním rozpouštědla z damarového roztoku z vnitřku vrstvy. Barva by proto měla schnout rovnoměrně v celém svém objemu.²⁶⁵

Název barvy	Pigment/y	C.I. ²⁶⁶	Opacita	Světlostalost ²⁶⁷
Attish Light Ochre (Okr světlý)	syntetický žlutý okr (hydratovaný oxid železitý)	PY42	Semitransparentní	*****
Pompeian Red (Pompejská červeň)	syntetický červený okr (bezvodý oxid železitý)	PR101	Opakní	*****
Ultramarine Blue Light (Ultramarín světlý)	syntetický ultramarín	PB29	Transparentní	*****
Ivory Black (Čerň kostní)	čerň kostní	PBk9	Opakní	*****
Titanium Opaque White (Titanová běloba opakní)	titanová běloba, zinková běloba	PW6, PW4	Opakní	*****

Tab. 4: Olejoprskyřičné barvy použité pro přípravu vzorků.

²⁶³ Roztok damary ve white spiritu. Obsah white spiritu v celkovém objemu barvy se pohybuje v rozmezí 2–6%. Series 10 *MUSSINI* – technický list.

²⁶⁴ *MUSSINI*.

²⁶⁵ *MUSSINI*.

²⁶⁶ Color Index Generic Name – barevný index, kterým jsou všechny pigmenty klasifikovány v *Indexu barev*, který vede Society of Dyers and Colourists (SDC).

²⁶⁷ Podle firmy Schmincke: ***** – extrémní světlostalost, **** – velmi dobrá světlostalost, *** – světlostalý, ** – omezená světlostalost, * – nízká světlostalost.

3.2.3 Pryskyřičné barvy *Maimeri Restauro*

Maimeri Restauro (celým názvem *Colori a vernice per Restauro*) jsou barvy na bázi mastixové pryskyřice, vyráběné italskou firmou Maimeri. Výrobce o barvách neuvádí mnoho informací. Na webových stránkách výrobce²⁶⁸ je pouze zmíněno, že barvy obsahují kvalitní a čisté složky, jsou stálé a reverzibilní. V technickém listu je uvedeno, že barvy obsahují terpentýn a white spirit (lakový benzin) a lze je ředit terpentýnem.²⁶⁹

Název barvy	Pigment/y	C.I. ²⁷⁰	Opacita	Světlostálost ²⁷¹
Yellow Ochre Pale (Žlutý okr světlý)	přírodní žlutý okr (hydratovaný oxid železitý), zinková běloba	PY43, PW4	Semitransparentní	***
Indian Red (Indická červeně)	syntetický červený okr (bezvodý oxid železitý)	PR101	Opakní	***
Ultramarine (Ultramarín)	syntetický ultramarín	PB29	Semitransparentní	***
Ivory Black (Čern kostní)	čern kostní	PBk9	Opakní	***
Titanium White (Titanová běloba)	titanová běloba, zinková běloba	PW6, PW4	Opakní	***

Tab. 5: Pryskyřičné barvy použité pro přípravu vzorků.

3.2.4 Samostatně připravené systémy barev

V rámci experimentu byly kromě komerčních produktů testovány i vlastní barvy z práškových pigmentů (tab. 4) pojených syntetickými polymerními látkami ve formě roztoků nebo disperzí (tab. 5) a vaječnou emulzí. Pro přípravu všech barev byly použity stejné pigmenty.

²⁶⁸ <http://www.maimeri.it/it>

²⁶⁹ Např. Maimeri Titanium White – technický list.

²⁷⁰ Color Index Generic Name – barevný index, kterým jsou všechny pigmenty klasifikovány v *Indexu barev*, který vede Society of Dyers and Colourists (SDC).

²⁷¹ Podle firmy Maimeri: 1–3 hvězdy (3 nejvyšší).

Práškové pigmenty

Pigment	Dodavatel	C.I. ²⁷²	n ²⁷³	Světlostálost ²⁷⁴
přírodní okr žlutý burgundský (hydratovaný oxid železitý)	Kremer Pigmente GmbH & Co. KG	PY43	2,0–2,4	8,8,8
syntetický červený oxid železitý (bezdvojitý)	Deffner&Johann	PR101	2,78–3,01	7–8
syntetický ultramarín světlý	Kremer Pigmente GmbH & Co. KG	PB29	1,50–1,54	8,8,8
černá kostní	Kremer Pigmente GmbH & Co. KG	PBk9	1,65–1,7	8,8,8
titanová běloba	Kremer Pigmente GmbH & Co. KG	PW6	2,72	8,8,8

Tab. 6: Pigmenty použité pro přípravu retušovacích barev.

Pojiva

Název Dodavatel	Forma	Chemické složení ²⁷⁵	pH	n ²⁷⁶	Třída stability ²⁷⁷
<i>ParaloidTM B-72</i> Kremer Pigmente GmbH & Co. KG	pevná látka (granulát)	kopolymer ethylmethakrylát (EMA) / methylakrylát (MA)	Neuvedeno	1,478 (MA), 1,484 (EMA)	A
<i>Dispersion K9</i> Kremer Pigmente GmbH & Co. KG	vodná disperze	akrylátová disperze, neobsahuje koalescentní látky, amoniak, formaldehyd ani alkylfenol ethoxyláty (obsah sušiny: 49,5-50,5 % hm.)	8,5–9,35	-	-
<i>Mowiol 4-88</i> Kremer Pigmente GmbH & Co. KG	pevná látka (granulát)	polyvinylalkohol	5–7	1,5	A

Tab. 7: Pojiva použitá pro přípravu retušovacích barev.

²⁷² Color Index Generic Name – barevný index, kterým jsou všechny pigmenty klasifikovány v *Indexu barev*, který vede Society of Dyers and Colourists (SDC).

²⁷³ Index lomu. Hodnoty převzaty z: ŠIMŮNKOVÁ–BAYEROVÁ 2008.

²⁷⁴ Podle hodnocení dodavatele Kremer Pigmente: 1–8 (8 nejvyšší) – koncentrovaný, střední, zředěný. Deffner&Johann: 7–8 velmi dobrá až excelentní, 5–6 dobrá.

²⁷⁵ Informace o chemickém složení byly převzaty z internetových stránek dodavatele Kremer Pigmente GmbH & Co. KG.

²⁷⁶ Index lomu. Hodnoty převzaty z: HORIE 2010.

²⁷⁷ Životnost polymerů podle škály R. L. Feller: A >100 let, 100 let > B > 20 let > C > 6 měsíců, 6 měsíců > T. HORIE 2010, s. 37–38.



Obr. 1: Vybrané práškové pigmenty. První řada zleva: okr žlutý burgundský, oxid železitý, ultramarín světlý. Druhá řada zleva: titanová běloba, čern kostní. Průměr Petriho misky – 6 cm.



Obr. 2: Vybraná pojiva. Zleva: polyvinylalkohol *Mowiol 4-88*, akrylátová pryskyřice *Paraloid B-72*, akrylátová disperze *Disepcion K9*. Průměr Petriho misky – 6 cm.

3.3 Příprava vzorků

3.3.1 Příprava zkušebních tělísek

Pro aplikaci retuší byly připraveny tři sady vzorků po 8 kusech reprezentujících 8 zvolených technologií retuší. Jako podklad retuší byla zvolena jemnozrnná vápenná omítka, která simuluje omítkový podklad reálných maleb v kapli sv. Josefa v kostele Nanebevzetí Panny Marie v Klokotech. Omítka byla nanesena na čtvercové destičky o velikosti 4×4 cm, nařezané z 0,8 cm silné cementotřískové desky *Cetris*²⁷⁸. Podkladové cetrisové destičky byly použity kvůli lepší manipulaci se vzorky. Jejich povrch byl před nanesením omítkové vrstvy zdrsněn, aby na něj omítka lépe přilnula a neuvolňovala se.

Zkoušky složení a úpravy omítky

Pro přípravu omítky a zpracování jejího povrchu byly odzkoušeny následující receptury:

1. 1 díl hnědý křemičitý písek²⁷⁹, 1 díl mramorová moučka, 1 díl bílé vzdušné vápno (povrch omítky ukletován)
2. 0,5 dílu hnědý křemičitý písek, 0,5 dílu mramorová moučka, 1 díl bílé vzdušné vápno (povrch omítky ukletován)
3. 2 díly světlý křemičitý písek, 1 díl bílé vzdušné vápno (povrch omítky ukletován)
4. 2 díly hnědý křemičitý písek, 1 díl bílé vzdušné vápno (povrch omítky ukletován)
5. 1 díl hnědý křemičitý písek, 1 díl bílé vzdušné vápno (povrch omítky ukletován)
- 6. 2 díly hnědý křemičitý písek, 1 díl bílé vzdušné vápno (povrch omítky po zvanutí opatřen vápenným nátěrem a ukletován)**
7. 1,5 dílu hnědý křemičitý písek, 0,5 dílu mramorová moučka, 1 díl bílé vzdušné vápno (povrch omítky ukletován)
8. 1 díl hnědý křemičitý písek, 1 díl mramorová moučka, 1 díl bílé vzdušné vápno (povrch omítky po zvanutí stržen a ukletován)

²⁷⁸ Výrobce CIDEM Hranice, a.s. – divize CETRIS.

²⁷⁹ Přesátý, frakce do 1 mm. Stejně i u ostatních zkoušek.

Nejvhodnější složení omítky a způsob úpravy povrchu byl vybrán na základě zkoušek, kdy byly omítky různého složení nanесeny v tloušťce cca 2 mm na předvlhčenou cetrisovou desku. Po vyschnutí byla hodnocena především vizuální podobnost s omítkou v kapli sv. Josefa a míra praskání omítkové vrstvy. Na základě těchto faktorů byla vybrána zvýrazněná zkouška č. 6.



Obr. 3: Zkoušky přípravy omítkového podkladu na cetrisové desce.

Aplikace omítky na podkladové destičky

Vybraná receptura č. 6 byla aplikována na zdrsňený a zvlhčený povrch čtvercových podkladových cetrisových destiček. Postup úpravy povrchu byl oproti zkoušce mírně modifikován za účelem dosažení lepších optických vlastností povrchu omítky. Po zavadnutí byl povrch cca 2 mm silné omítky stržen, opatřen vápenným nátěrem a ukletován. Nanesením nátěru na stržený povrch omítky došlo ve srovnání se zkouškou č. 6 k celkovému zrovnoměnění barevnosti povrchu omítky a k dosažení mírně tmavšího odstínu.



Obr. 4: Ukázka aplikace omítky na cetrisové destičky. 1 – zvlhčená cetrisová destička, 2 – cetrisová destička s nanесenou vápennou omítkou, 3 – stržený povrch omítky, 4 – aplikace vápenného nátěru, 5 – vkletování vápenného nátěru do povrchu omítky.

Urychlení karbonatace omítky

Na přebytečných tělískách byly po vyschnutí provedeny zkoušky urychlení karbonatace. K tomuto kroku bylo přistoupeno za účelem snížení rizika, že by výsledky experimentu mohla ovlivnit vysoká alkalita čerstvé omítky. Povrch omítky byl vlhčen postřikem vody syčené oxidem uhličitým a nasyceným roztokem uhličitánu amonného.²⁸⁰ Postřík byl zopakován celkem devatenáctkrát, přičemž mezi jednotlivými aplikacemi byl ponechán čas k vyschnutí vzorku.

Po třinácti cyklech nástřiku byl pomocí orientační zkoušky fenolftaleinem zaznamenán mírný pokles alkality pouze u vzorku, na který byl aplikován uhličitán amonný. Po dalších šesti cyklech se při zkoušce fenolftaleinem omítka na vzorku vlhčeném uhličitánem amonným nezbarvila vůbec. Proto byl tento způsob urychlení karbonatace vyhodnocen jako účinný a byl aplikován na vzorky připravené pro experiment.

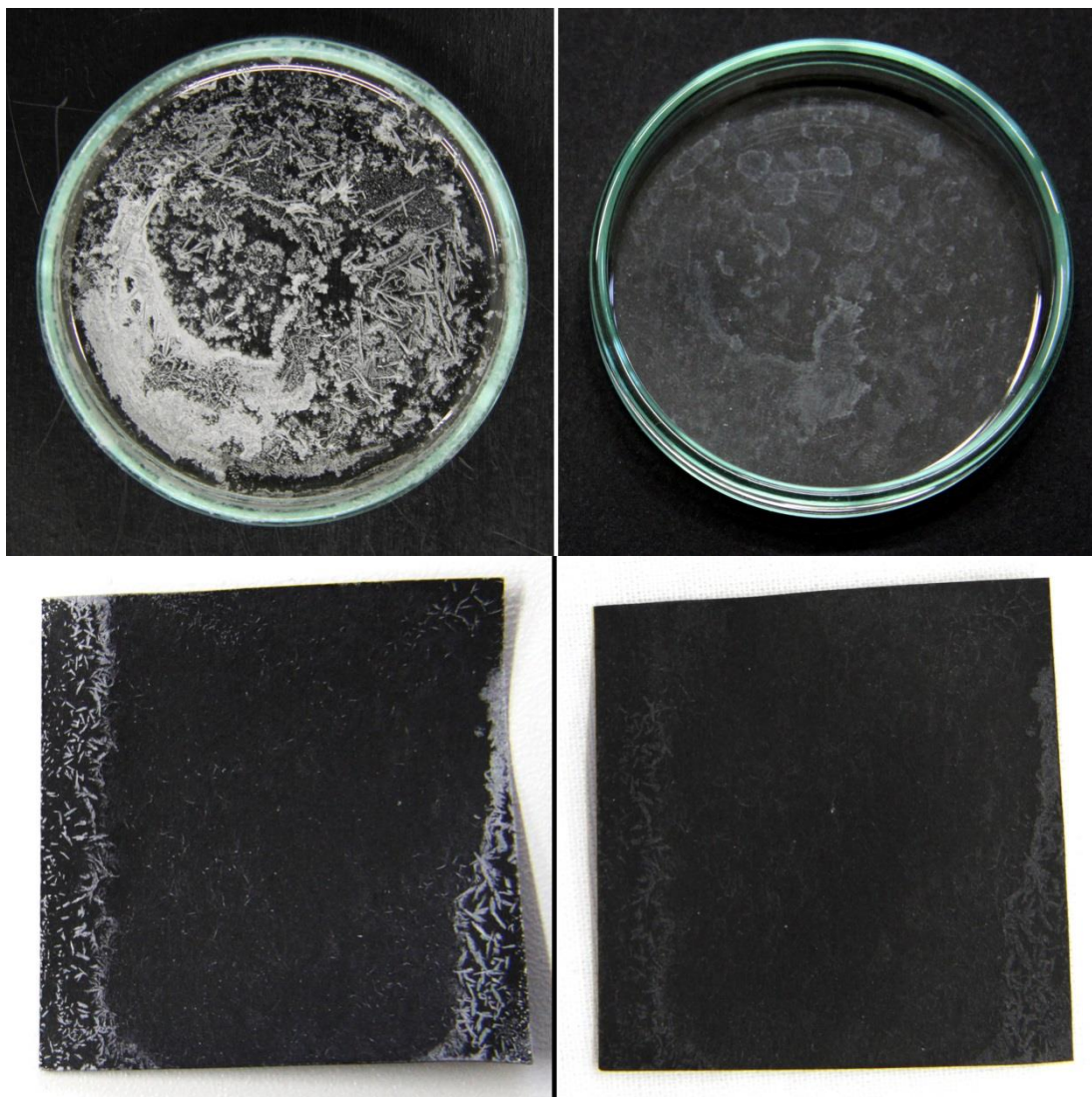
Aplikace metody urychlené karbonatace omítky

Nasycený roztok uhličitánu amonného byl aplikován na povrch celkem 23 ×. Na povrchu vzorků se po opakované aplikaci tvořila tenká vrstva bílého prášku, pravděpodobně rezidua nerozloženého uhličitánu amonného. Byla proto provedena zkouška rozložení amonné soli při jejím zvlhčení a následném vysušení. Na Petriho misku a černý papír byl dvakrát nastříkán nasycený roztok uhličitánu amonného. Na obou podkladech se po vyschnutí vytvořilo velké množství bílých krystalů. Podklady s krystaly byly poté postříkány destilovanou vodou a ponechány 3 hodiny v sušárně při teplotě 60 °C. Vizually i vážením byl prokázán výrazný úbytek krystalů.

hmotnost misky (g)	hmotnost misky s krystaly před sušením (g)	hmotnost misky po sušení (g)	úbytek hmotnosti (g)	úbytek hmotnosti (%)
23,252	23,274	23,253	0,021	95,455

Tab. 8: Vážení Petriho misky se dvěma nástřiky nasyceného roztoku uhličitánu amonného.

²⁸⁰ Podle technického listu (viz Uhličitán amonný – bezpečnostní list) je rozpustnost uhličitánu amonného při 20 °C 320 g/l, tzn., že koncentrace nasyceného roztoku je cca 24%. Při přípravě roztoku bylo do výchozí směsi dáno větší množství uhličitánu amonného, než žádá nasycený roztok. Vytvořený roztok byl posléze odlit.



Obr. 5: Zkouška rozložení amonné soli. Vlevo: Petriho miska a černý papír po aplikaci dvou nástřiků nasyceného roztoku uhličitanu amonného. Vpravo: Petriho miska a černý papír po nástřiku vodou a vyschnutí v sušárně. Průměr Petriho misky – 6 cm.

Po 15., 19. a 23. aplikaci byla rezidua nerozloženého uhličitanu amonného z povrchu vzorků setřena houbičkou zvlhčenou v destilované vodě, povrch omítky byl přetřen ethanolem²⁸¹ a vzorky byly sušeny 3 hodiny při teplotě 60 °C v sušárně. Následně byla provedena kontrola alkality povrchu omítky potenciometricky pH metrem s dotykovou elektrodou.²⁸² Výsledky měření jsou uvedeny v následující tabulce.

²⁸¹ Kvůli vysušení.

²⁸² Použitý přístroj: *Thermo Scientific Orion Star A111 pH Meter* (Fischer Scientific).

počet cyklů aplikace uhličitanu amonného	15	19	23
průměrná hodnota pH povrchu omítky	10	9,5	9,1 (směrodatná odchylka měření 0,25)

Tab. 9: Měření pH na povrchu omítky.

Jak je patrné z výsledků v tabulce, hodnota pH povrchu omítky se s rostoucím počtem cyklů aplikace uhličitanu amonného postupně snižovala. Urychlování karbonatace bylo ukončeno po 23 cyklech, kdy pH povrchu omítky kleslo na 9,1. Tato hodnota pH byla stanovena aritmetickým průměrem z celkově 12 měření, provedených vždy po dvou měřeních na šesti vzorcích. Průběžné hodnoty pH po 15. a 19. cyklu byly získány orientačně z jednoho měření.

3.3.2 Příprava vlastních barev

Příprava barev pojených akrylátovou pryskyřicí *Paraloid™ B-72*

Postup přípravy barev byl převzat z knihy *Mixing and matching*.²⁸³ *Paraloid™ B-72* byl rozpuštěn v xylenu za vzniku 20% roztoku. Barvy byly vytvořeny na keramické dlaždičce důkladným třením roztoku *Paraloid™ B-72* s práškovými pigmenty pomocí špachtle. Barvy byly podle potřeby ředěny xylenem pro dosažení dostatečné kryvosti nebo transparentnosti barvy. Před provedením retuše byly na přebytečných vzorcích provedeny zkoušky vzhledu retuše při použití různých pigmentů a při různém naředění barvy.



Obr. 6: Výběr vhodného červeného pigmentu. 1 – anglická červeň, 2 – caput mortuum načervenalé, 3 – caput mortuum tmavé, 4 – hematit, 5 – oxid železitý (vybrán). A – pigment s 20% *Paraloid™ B-72*, b – zředěno xylenem, c – ještě více zředěno.

²⁸³ LOWRY 2010, s. 87–88.



Obr. 7: Ukázka přípravy barev z práškových pigmentů a roztoku *Paraloidu B-72*.

Příprava barev pojených akrylátovou disperzí *Dispersion K9*

Barvy byly připraveny smícháním práškových pigmentů s 2% akrylátovou disperzí *Dispersion K9*. Koncentrace disperze byla stanovena na základě provedených zkoušek. Odzkoušeny byly dvě různé koncentrace, 2% a 5%. Vizuálně nebyl znatelný rozdíl mezi barevnou vrstvou vytvořenou z pigmentu a 2% nebo 5% disperze, proto byla preferována nižší koncentrace.



Obr. 8: Výběr koncentrace disperze *Dispersion K9*.
1 – 2%, 2 – 5%.

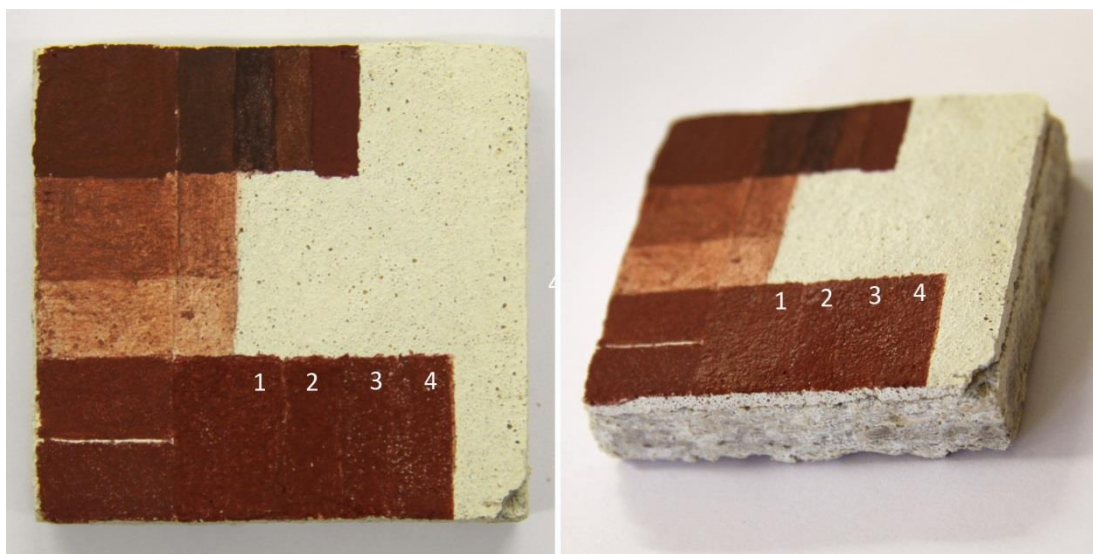
Příprava vaječné temperry

Pro přípravu vaječné emulze byly vyzkoušeny dvě receptury. První z knihy *Mixing and matchnig*,²⁸⁴ kdy se celé vejce rozmíchané vidličkou protřepe v uzavíratelné nádobě pouze s destilovanou vodou v poměru 2:1; druhá podle Bohuslav Slánského²⁸⁵ obsahující 3 díly celých vajec, 1,5 dílu polymerovaného lněného oleje a ¼ dílu glycerinu. Slánského emulze byla dále naředěna 1 : 1 a 1 : 3

²⁸⁴ KEMPSKI 2010, s. 39.

²⁸⁵ SLÁNSKÝ 2003a, s. 198.

s demineralizovanou vodou, po smíchání s pigmenty a nanesení na podklad však ve všech případech vykazovala nepřiměřený lesk a byla hůře zpracovatelná. Z tohoto důvodu byla vybrána první receptura, která by navíc kvůli absenci přidaného oleje měla podléhat menším barevným změnám a měla by zůstat lépe reverzibilní. Vaječná tempera připravená z vaječné emulze smíchané s práškovými pigmenty byla podle potřeby ředěna demineralizovanou vodou.



Obr. 9: Výběr vaječné tempery. 1 – emulze vejce:voda 1:2, 2 – Slánského emulze koncentrovaná, 3 – Slánského emulze 1:1 s vodou, 4 – Slánského emulze 1:3 s vodou.

Příprava barev pojených polyvinylalkoholem *Mowiol 4-88*

Vlastní barvy byly připraveny také z 2% roztoku *Mowiolu 4-88* v demineralizované vodě smíchaného na paletě s práškovými pigmenty. Granulát *Mowiolu 4-88* byl nejprve ponechán ve studené vodě, aby nabotnal, a následně byl zahříván ve vodní lázni na magnetickém míchadle,²⁸⁶ dokud se zcela nerozpustil. Teplota vodní lázně při nastavení plotny na 200 °C dosahovala přibližně 85 °C. Počet otáček byl nastaven na 250 ot/min. Připravené barvy z pojiva a práškových pigmentů byly ředěny demineralizovanou vodou.



Obr. 10: 1 – zkouška barvy z 2% PVAL.

²⁸⁶ Použitá technika: magnetické míchadlo *Heidolph Hei END* (Fischer Scientific).

3.3.3 Aplikace retušovacích prostředků

Vybraný způsob aplikace barev na omítkový podklad měl simulovat reálný proces retušování olejomalby metodou nápodobivé retuše. Zvažována byla také aplikace retušovacích systémů pomocí aplikátoru či štětce s cílem vytvořit co nejhomogennější vrstvu, kterou by bylo možné vyhodnotit i objektivními metodami, např. spektrofotometricky. Nicméně tyto způsoby aplikace byly zahrnuty kvůli malé podobnosti s reálnými retušemi a rekonstrukcemi nástěnných olejomaleb. Byl proto vybrán detail nástěnné malby z kaple sv. Josefa v kostele Nanebevzetí Panny Marie v Klokotech a každou technikou byla provedena jeho rekonstrukce v měřítku 1 : 1. Jednotlivé retuše byly nanášeny různými způsoby, optimálními pro jejich aplikační, případně jiné vlastnosti. Zásadní byl vizuální účinek retuše, nikoliv způsob jakým ho bylo dosaženo (počet vrstev, naředění barev atd.). Cílem bylo vytvořit vybranými retušovacími systémy retuše o stejné intenzitě a barevnosti. Každá technika byla realizována vždy na třech zkušebních tělíscích. Vznikly tak tři série vzorů zahrnující osm technik retuše.



Obr. 11: Vybraný detail nástěnné malby.

Barvy byly na omítkový podklad nanášeny postupným vrstvením. V případě, že se spodní vrstvy strhávaly, byla barva aplikována drobnými tahy štětcem. Retušovací prostředky byly naneseny na připravená tělíscika bez předchozí izolace omítkového podkladu, a to především z toho důvodu, že u komerčních barev nelze zajistit jako izolační vrstvu podkladu čistý film pojiva bez pigmentů. Pokud by byla izolační vrstva provedena jiným materiálem, nebylo by možné vyhodnotit, nakolik případné změny retuše po umělém stárnutí způsobuje změna pojiva barev a nakolik změna izolační vrstvy.



Obr. 12: Ukázka tří stádií retuše. První řada – tělíscika před retuší, druhá řada – mezistav / intenzita akvarelové retuše u kombinované techniky, třetí řada – výsledný stav.

Akvarelové barvy, vaječná tempera, barvy pojené akrylátovou disperzí *Dispersion K9* a polyvinylalkoholem *Mowiol 4-88* byly ředěny vodou; olejoprskyřičné a prskyřičné barvy *White spiritem* a barvy pojené *Paraloidem™ B-72* xylenem.

Zkušební tělíska s nanesenými retušemi byla ponechána jeden měsíc při pokojové teplotě 19–23 °C a relativní vzdušné vlhkosti 61–63 %, aby mohlo dojít k dostatečnému proschnutí retušovacích systémů, zvláště olejoprskyřičných barev *MUSSINI®*. Poté byly dvě sady vzorků vystaveny podmínkám umělého stárnutí UV zářením.

3.4 Podmínky umělého stárnutí UV zářením

Dvě série vzorků byly exponovány filtrovanému záření xenonové obloukové výbojky v zařízení *Q-Sun Xenon Test Chamber* (Q-SUN Xe-1, výrobce Q-Lab Corporation). Experiment měl simulovat degradační účinky slunečního záření na barevnou vrstvu v interiéru. Filtr pro simulaci interiérového záření produkuje spektrum odpovídající slunečnímu záření přicházejícímu skrze okenní sklo, což znamená, že filtruje vlnové délky pod 300 nm. Vzorky byly vystaveny radiaci o intenzitě 0,68 W/m² při 420 nm. Teplota černého panelu byla 60 °C, teplota

vzduchu v komoře dosahovala cca 37,7 °C, celková doba expozice činila 1200 hod.

Vyhodnocení experimentu proběhlo po uplynutí celého procesu umělého stárnutí, fotografická

dokumentace vzorků byla pořízena také po 600 hod. expozice.



Obr. 13: Umístění dvou sérií vzorků v komoře pro umělé stárnutí *Q-Sun Xenon Test Chamber*.

Třetí, srovnávací série vzorků byla uskladněna při teplotě 19–23 °C a relativní vzdušné vlhkosti 61–63 % v části místnosti, kde nedochází k přímé expozici slunečním světlem.

3.5 Zkoušky odstraňování retuší

3.5.1 Výběr odstraňovacích systémů

Výběr systémů teoreticky vhodných pro odstranění jednotlivých retušovacích technik vychází primárně z poznatků zahrnutých v rešeršní části práce. Na základě literární rešerše byla pro odstranění vodorozpustných technik, jako je akvarelová retuš, retuš vaječnou temperou a retuš pojená polyvinylalkoholem, zvolena demineralizovaná voda. Demineralizovanou vodou byly provedeny také zkoušky odstraňování retuší vytvořených kombinovanými technikami. Voda byla v tomto případě použita kvůli předpokladu, že může proniknout přes slabou a ne zcela kompaktní vrstvu olejpryskyřičných/pryskyřičných barev na spodní vrstvu akvarelové retuše a aktivovat ji. V případě barev pojených polyvinylalkoholem, kde může v důsledku stárnutí rovněž docházet k tvorbě hůře rozpustné polymerní sítě, byla pro odstranění retuše zvažována i volba organického rozpouštědla.

Všechny zbývající vybrané retušovací techniky, tzn. retuš kombinovanou technikou vytvořenou vrstvením akvarelových barev v kombinaci s olejpryskyřičnými a pryskyřičnými barvami, retuš olejpryskyřičnými barvami a retuše barvami pojenými akrylátovým roztokem a akrylátovou disperzí, byly primárně odstraňovány organickými rozpouštědly. Dále byla realizována zkouška odstranění retuše pojené akrylátovou disperzí demineralizovanou vodou. Tato zkouška byla provedena na základě předpokladu možnosti odstranění retuše v důsledku jejího zbotnění vodou a mechanického působení vatovým tamponem.

Výběr rozpouštědel teoreticky vhodných k odstranění těchto retušovacích prostředků a technik byl stanoven na základě následujících kritérií:

- předpokládaná účinnost bez ohledu na citlivost olejové vrstvy vycházející z odborné literatury a umístění v trojúhelníkovém diagramu Teasových parametrů rozpustnosti
- toxicita rozpouštědel
- schopnost penetrace a retence
- dostupnost

Kromě rozpouštědel a rozpouštědlových směsí byl pro odstranění některých hůře rozpustných retuší testován i roztok citrátu amonného a Carbopolový gel s acetonem.

Výběr rozpouštědel podle Teasových parametrů rozpustnosti

Teasovy parametry f_d , f_p , f_h vyjadřují procentuální podíl jednotlivých mezimolekulárních přitažlivých sil v látce. Byly zavedeny v roce 1968 Jean P. Teasem a využívají se k posouzení rozpustnosti polymerních látek v rozpouštědlech. Teasovy parametry lze přehledně zaznamenat do trojúhelníkového diagramu, přičemž každá strana trojúhelníku je určena pro jeden typ přitažlivé síly většinou tak, že spodní strana představuje síly disperzní (f_d), pravá strana síly dipólové (f_p) a levá strana vodíkové můstky (f_h). Pomocí Teasových parametrů je možné umístit každé rozpouštědlo v trojúhelníkovém diagramu na přesně definované místo. Pro polymerní látky lze v trojúhelníkovém diagramu stanovit určité oblasti rozpustnosti. Rozpustnost polymerů je testována experimentálně s různými rozpouštědly. Podle míry botnání nebo rozpouštění jsou v trojúhelníkovém diagramu na pozici každého testovaného rozpouštědla zakresleny body, které znázorňují, zda se polymer v příslušném rozpouštědle rozpouští, částečně rozpouští nebo nerozpouští vůbec. Vzniká oblast, ve které se nacházejí rozpouštědla se schopností rozpouštět polymer, ohraničené rozpouštědly s částečnou rozpouštěcí schopností.²⁸⁷

Z Teasových trojúhelníkových diagramů s grafickým vyznačením rozpustnosti pojiv obsažených v retušovacích barvách byla vybrána rozpouštědla spadající do oblasti rozpustnosti, případně rozpouštědla ohraničující tuto oblast.²⁸⁸ Škála vytipovaných rozpouštědel byla do značné míry zredukována vyřazením silně toxických rozpouštědel. Rovněž byly navrženy rozpouštědlové směsi s předpokladem možné vyšší účinnosti a ve snaze vyhnout se příliš toxickým rozpouštědlům, případně upravit nevyhovující vlastnosti čistého rozpouštědla, například těkavosti.

Pro olejoprskyřičné barvy *MUSSINI*® byly vyhledány Teasovy trojúhelníkové diagramy rozpustnosti čerstvého i zestárlého filmu damary a vysychavých olejů. Oblast rozpustnosti zestárlého filmu damary v Teasově diagramu demonstruje posun

²⁸⁷ BURKE 1984.

²⁸⁸ U zestárlých retuší má oblast rozpustnosti pouze informační charakter, protože během stárnutí retuší může dojít k jejímu posunu.

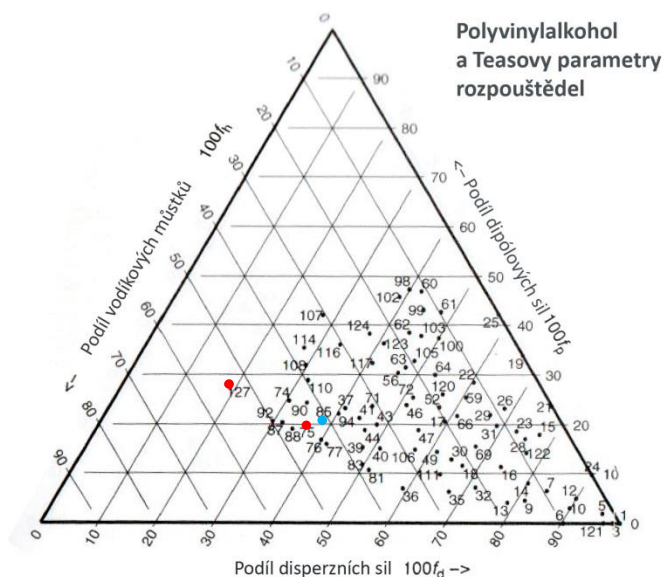
oblasti rozpustnosti čerstvé damary směrem k polárnějším rozpouštědlům. To znamená, že některá rozpouštědla, která u čerstvého filmu damary leží za oblastí rozpustnosti a jsou stanovena jako neaktivní, u zestárlého filmu damary mohou být klasifikována jako rozpouštědla s částečnou rozpouštěcí schopností.

Pro restaurátorské barvy *Maimeri* pojené mastixem byl rovněž vyhledán odpovídající Teasův trojúhelníkový diagram a byla vybrána běžná a málo toxická rozpouštědla spadající do oblasti rozpustnosti mastixu. Stejným způsobem byla vybrána rozpouštědla teoreticky vhodná pro odstranění retuše pojené akrylátovým kopolymerem *Paraloid™ B-72* a akrylátovou disperzí *Dispersion K9*.

Pro polyvinylalkohol nebyly nalezeny hodnoty pro Teasův trojúhelníkový diagram rozpustnosti. Podařilo se však vyhledat Hansenovy parametry rozpustnosti²⁸⁹ ($\delta_d = 17$, $\delta_p = 9$, $\delta_h = 18$)²⁹⁰, které byly přepočteny na Teasovy parametry rozpustnosti podle vztahu

$$f_x = 100 \frac{\delta_x}{\delta_d + \delta_p + \delta_h},$$

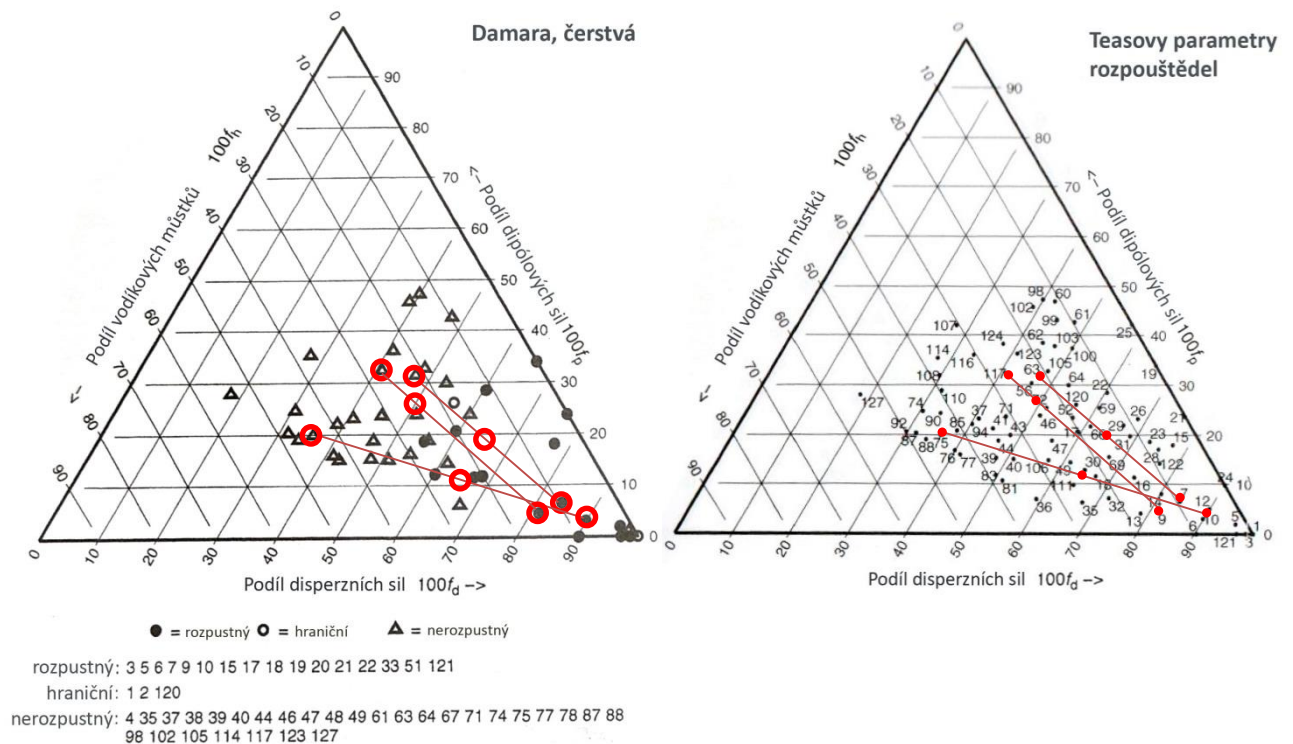
kde f_x je redukovaný parametr zvoleného dílčího parametru rozpustnosti δ_x a δ_d , δ_p a δ_h jsou dílčí parametry rozpustnosti. Přepočtené parametry ($f_d = 38$, $f_p = 20$, $f_h = 41$) byly zaneseny do trojúhelníkového diagramu.



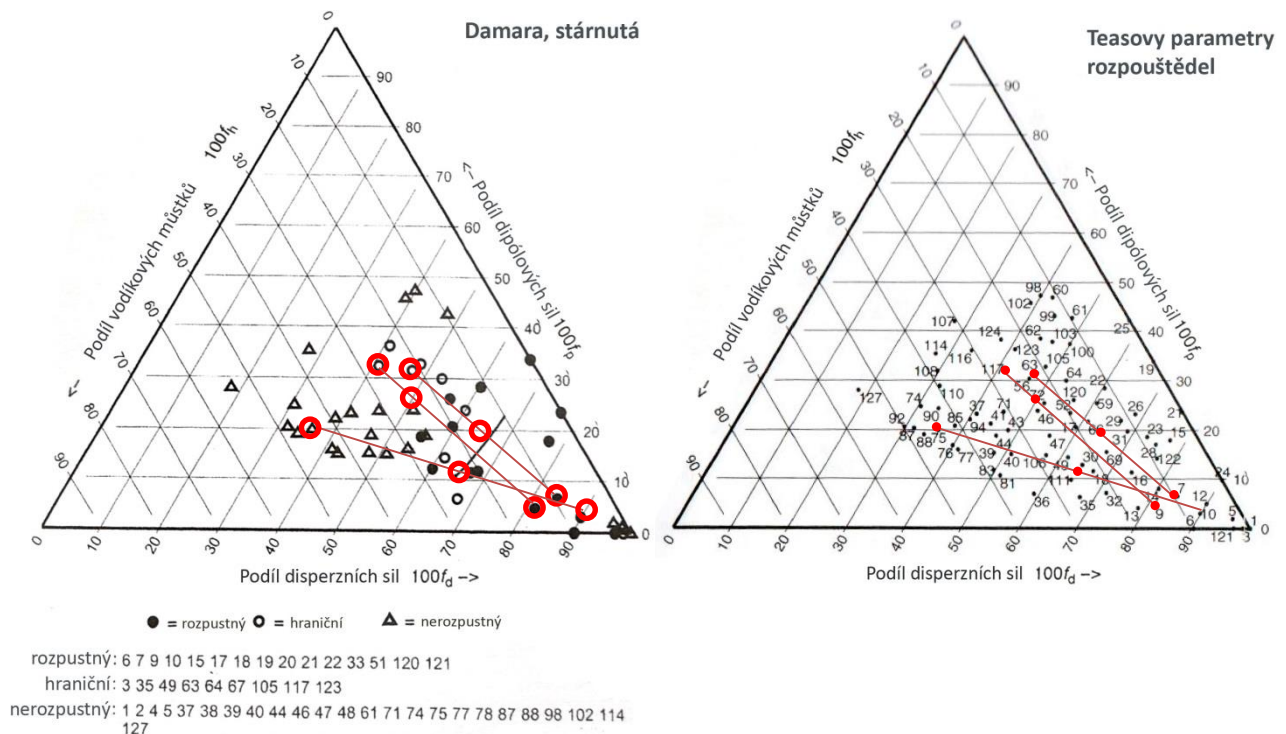
Obr. 14: Teasův diagram rozpustnosti polyvinylalkoholu. Modře je označena lokace přepočtených Hansenových parametrů pro polyvinylalkohol, červeně vybraná rozpouštědla (voda (127), ethanol (75)).

²⁸⁹ Systém navržený Charlesem M. Hansenem popisuje rozpustnost polymerů stejně jako Teasův systém pomocí tří mezimolekulárních přitažlivých sil. Při grafickém znázornění však na rozdíl od Teasova dvojrozměrného diagramu využívá Hansen 3D model, ve kterém je oblast rozpustnosti polymerů dána poloměrem koule, jehož střed definují příspěvky mezimolekulárních sil. Polymer je rozpustný v rozpouštědle v případě, že Hansenovy parametry rozpouštědla leží uvnitř oblasti rozpustnosti polymeru. BURKE 1984.

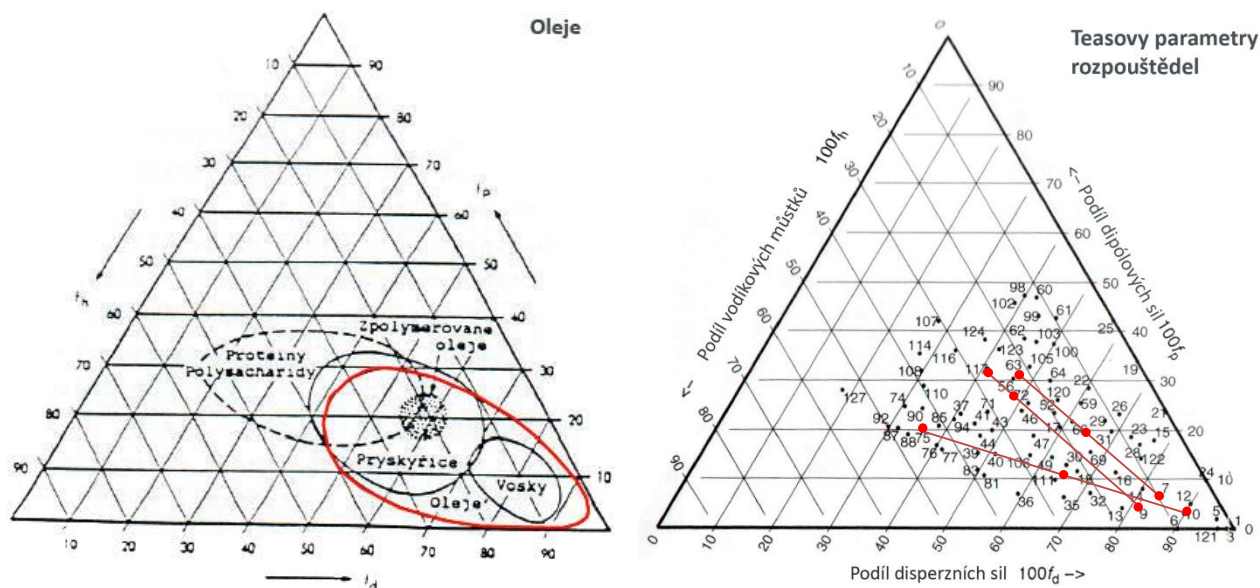
²⁹⁰ HANSEN 2007, s. 103.



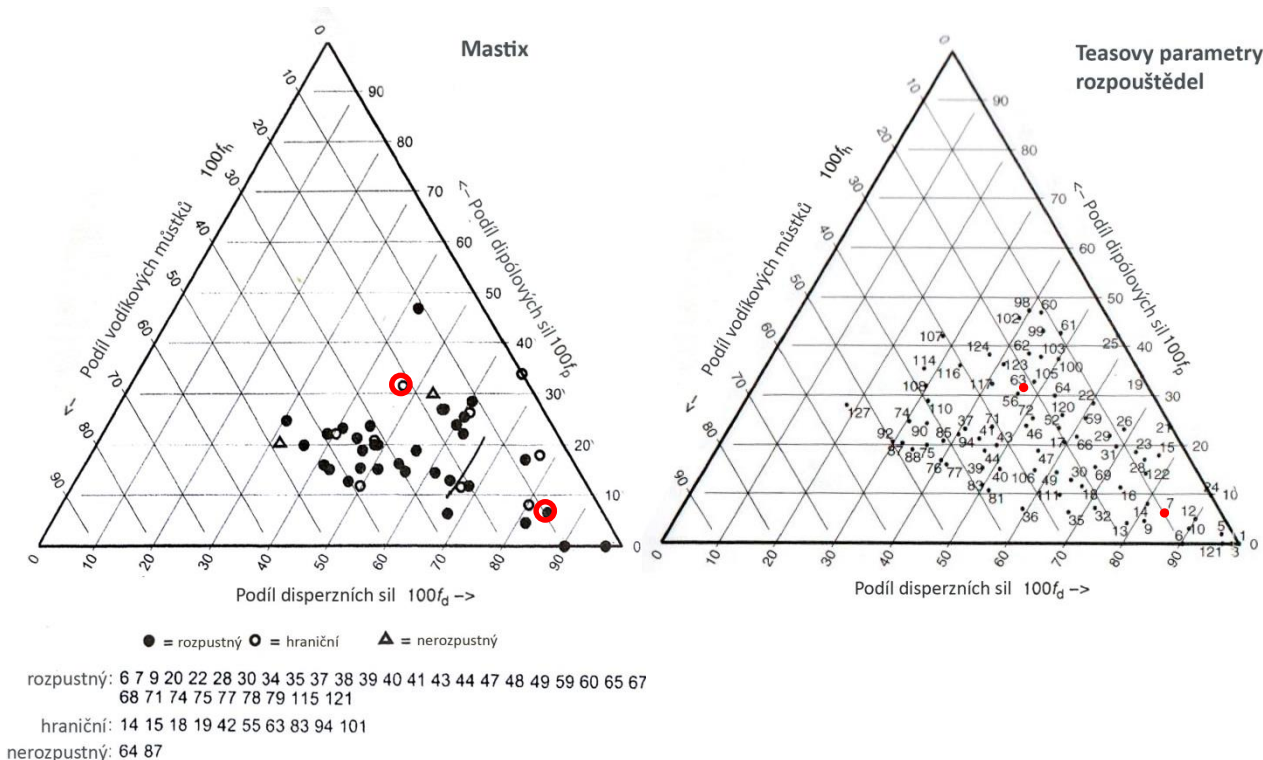
Obr. 15: Teasův diagram rozpustnosti čerstvé damary a Teasův diagram s vyznačením parametrů rozpustnosti jednotlivých rozpouštědel. Červeně je označena lokace vybraných rozpouštědel (toluen (7), aceton (63)) a rozpouštědlových směsí (lakový benzin (4) + ethanol (75) 1 : 1 (obj.); toluen (7) + aceton (63) 1 : 1 (obj.); dimethylformamid (117) + xylen (9) 1 : 3 (obj.)). Převzato a upraveno z: HORIE 2010, s. 381 a 410.



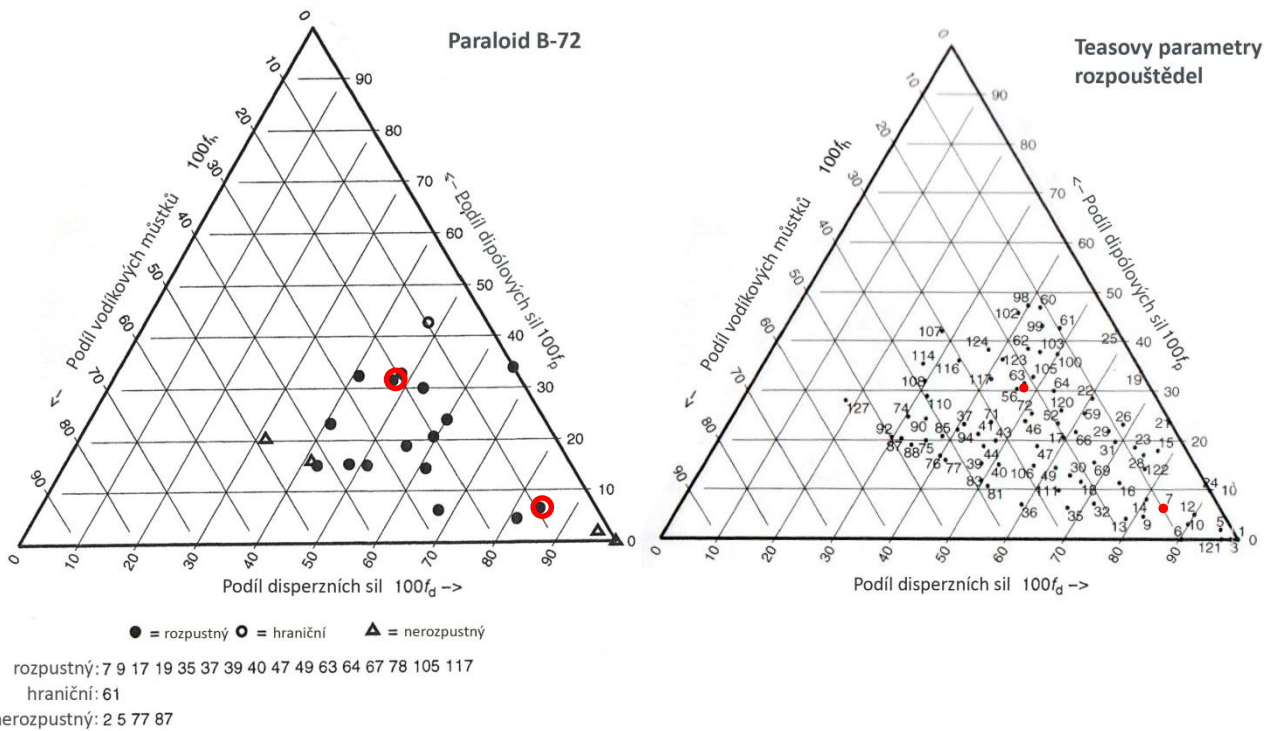
Obr. 16: Teasův diagram rozpustnosti stárnuté damary a Teasův diagram s vyznačením parametrů rozpustnosti jednotlivých rozpouštědel. Červeně je označena lokace vybraných rozpouštědel (toluen (7), aceton (63)) a rozpouštědlových směsí (lakový benzin (4) + ethanol (75) 1 : 1 (obj.); toluen (7) + aceton (63) 1 : 1 (obj.); dimethylformamid (117) + xylen (9) 1 : 3 (obj.)). Převzato a upraveno z: HORIE 2010, s. 381 a 411.



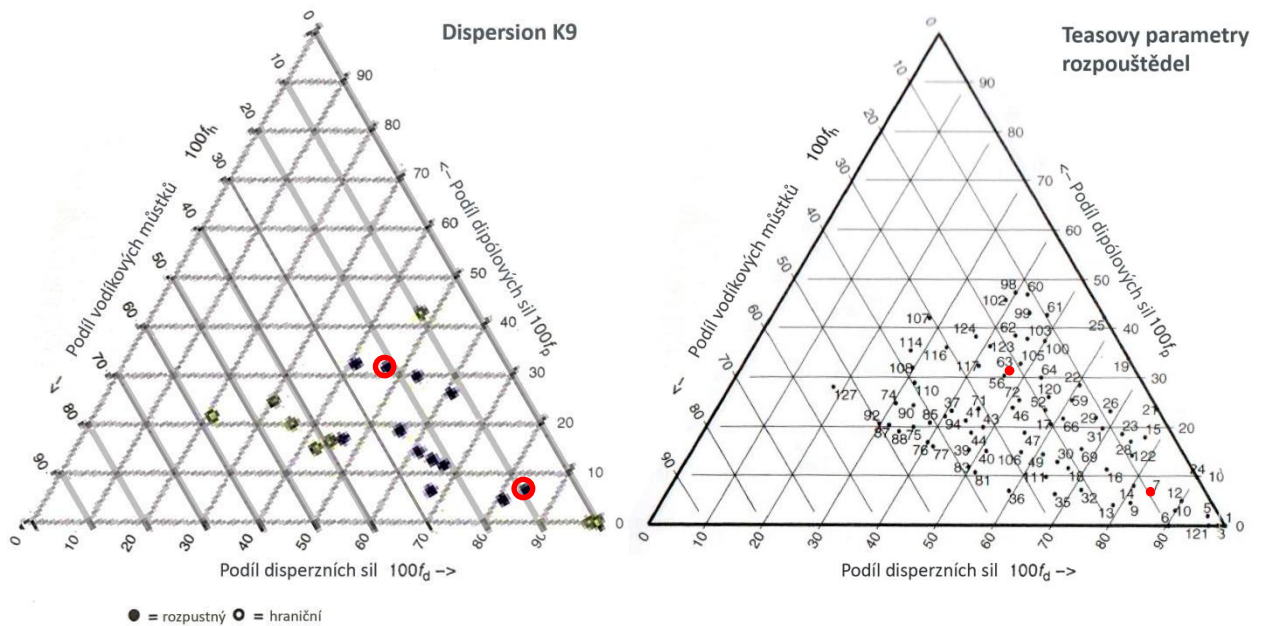
Obr. 17: Teasův diagram oblasti rozpustnosti olejů a Teasův diagram s vyznačením parametrů rozpustnosti jednotlivých rozpouštědel. Červeně je označena lokace vybraných rozpouštědel (toluen (7), aceton (63)) a rozpouštědlových směsí (lakový benzin (4) + ethanol (75) 1 : 1 (obj.); toluen (7) + aceton (63) 1 : 1 (obj.); dimethylformamid (117) + xylen (9) 1 : 3 (obj.)). Převzato a upraveno z: ZELINGER 1994, s. 14; HORIE 2010, s. 381.



Obr. 18: Teasův diagram rozpustnosti mastixu a Teasův diagram s vyznačením parametrů rozpustnosti jednotlivých rozpouštědel. Červeně je označena lokace vybraných rozpouštědel (lakový benzin (4), toluen (7), aceton (63)). Převzato a upraveno z: HORIE 2010, s. 411 a 412.



Obr. 19: Teasův diagram rozpustnosti *Dispersion K9* a Teasův diagram s vyznačením parametrů rozpustnosti jednotlivých rozpouštědel (toluen (7), aceton (63)). Červeně je označena lokace vybraných rozpouštědel. Levý diagram převzat a upraven z: FIALOVÁ 2015, s. 58. Pravý diagram převzat a upraven z: HORIE 2010, s. 394 a 411.



Obr. 20: Teasův diagram rozpustnosti *Paraloidu B-72* a Teasův diagram s vyznačením parametrů rozpustnosti jednotlivých rozpouštědel. Červeně je označena lokace vybraných rozpouštědel (toluen (7), aceton (63)). Převezato a upraveno z: HORIE 2010, s. 394 a 411.

3.5.2 Přehled a charakteristika odstraňovacích prostředků

	1 A ²⁹¹	2 A+OP ²⁹²	3 OP ²⁹³	4 A+P ²⁹⁴	5 B-72 ²⁹⁵	6 K9 ²⁹⁶	7 VT ²⁹⁷	8 PVAL ²⁹⁸
Lakový benzin				×				
Toluen			×	×	×	×		
Směs: toluen + aceton 1 : 1			×					
Směs: lakový benzin + ethanol 1 : 1 (obj.)			×					
Směs dimethyl-formamid + xylen 3 : 1 (obj.)			×					
Směs isopropanol + amoniak + voda 9 : 1 : 1 (obj.)			×					
Aceton		×	×	×	×	×		
2% citrát amonný		×	×	×				
Voda	×	×		×			×	×
Ethanol								×
Postupné čištění: aceton, voda		×		×				

Tab. 10: Vybraná rozpouštědla pro odstranění jednotlivých technik retuše.

²⁹¹ Akvarelové barvy *Winson&Newton™ Artists' Water Colour*.

²⁹² Kombinovaná technika – akvarelové barvy *Winson&Newton™ Artists' Water Colour*, dokončení olejoprskyřičnými barvami *Schmincke MUSSINI®*.

²⁹³ Olejoprskyřičné barvy *Schmincke MUSSINI®*.

²⁹⁴ Kombinovaná technika – akvarelové barvy *Winson&Newton™ Artists' Water Colour*, dokončení prskyřičnými barvami *Maimeri Restauro*.

²⁹⁵ Práškové pigmenty pojené roztokem akrylátového kopolymeru *Paraloid™ B-72* (20% roztok).

²⁹⁶ Práškové pigmenty pojené akrylátovou disperzí *Dispersion K9* (2 %).

²⁹⁷ Vaječná tempera.

²⁹⁸ Práškové pigmenty pojené polyvinylalkoholem *Mowiol 4-88* (2% roztok).

Rozpouštědlo	Teasovy rozpustnostní parametry			Bod varu (°C)	Viskozita při 20 °C (mPa.s)	PEL (mg/m ³)	NPK-P (mg/m ³)	Poznámky*
	100f _d	100f _p	100f _h					
Lakový benzín	90	4	6	–	–	400	1000	–
Toluen	80	7	13	110	0,58	200	500	D, I
Xylen	83	5	12	138	0,63	200	400	D, I
Dimethylformamid	41	32	27	155	0,92	15	30	D, I, P
Aceton	47	32	21	80	0,42	800	1500	I
Ethanol	36	18	46	78	12	1000	3000	–
Isopropanol	41	16	43	82	2,4	500	1000	I
Voda	18	28	54	100	1	–	–	–

Tab. 11: Teasovy parametry rozpustnosti, specifické vlastnosti vybraných rozpouštědel (bod varu, viskozita)²⁹⁹ a hodnocení toxicity³⁰⁰. Bod varu podává přibližnou představu o těkavosti rozpouštědla – čím je nižší, tím dříve rozpouštědlo vytěká. Viskozita vypovídá o penetraci rozpouštědla - méně viskóznější rozpouštědla, penetrují více.

*D – při expozici se významně uplatňuje pronikání látky kůží, P – u látky nelze vyloučit závažné pozdní účinky, I – dráždí sliznice (oči, dýchací cesty), resp. kůži.

Rozpouštědla	Poměr (obj.)	Teasovy rozpustnostní parametry		
		100f _d	100f _p	100f _h
Toluen : aceton	1 : 1	63,5	19,5	17
Lakový benzín : ethanol	1 : 1	63	11	26
Dimethylformamid : xylen	1 : 3	51,5	25,25	23,25
Isopropanol : amoniak : voda	9 : 1 : 1	–	–	–

Tab. 12: Vybrané rozpouštědlové směsi.

²⁹⁹ HORIE 1987, s. 186–190.

³⁰⁰ Nařízení vlády č. 9/2013 Sb., částka 5, s. 34–50.

3.5.3 Příprava citrátu amonného

Citrát amonný byl připraven z 5 g kyseliny citronové a 4,95 g 25–29 % čpavkové vody. Vznikl tak 63,5% (hm.) roztok citrátu amonného, který byl pro potřebu čištění naředěn demineralizovanou vodou na 2 %.

3.5.4 Příprava Carbopolového gelu s acetonem

Carbopolový gel s acetonem byl připraven podle obecné receptury vhodné pro polární rozpouštědla. Pro přípravu gelu bylo při experimentu použito 0,5 g *Carbopolu*® EZ-2, 5 ml *Ethomeenu*® C/25, 25 ml acetonu a 4 ml demineralizované vody. Byla zvolena jednostupňová příprava gelu,³⁰¹ kdy se nejprve vytvoří hladká pasta z *Carbopolu*® a povrchově aktivní látky. Ihned poté se pasta *Carbopolu*® a *Ethomeenu*® C/25 smíchá s rozpouštědlem. Přidáním vody se vytvoří viskózní gel s neutrálním pH.

3.5.5 Aplikace odstraňovacích systémů

Retuše byly z omítkového podkladu odstraňovány mechanickým namáháním vatovými tampony smočenými ve vodě, vybraných organických rozpouštědlech a rozpouštědlových směsích, případně v 2% citrátu amonném. Zkoušky byly realizovány na uměle stárnutých i nestárnutých vzorcích. Každá zkouška byla na příslušném zkušebním tělisku prováděna v podélném cca 0,5 cm širokém pruhu. Pruh byl veden skrze celou šířku vzorku, to znamená, že zasahoval do červené, okrové i světlé/bílé partie. V průběhu čištění byla zaznamenávána doba, za kterou došlo k odstranění retuše.

Na vzorcích s retuší vytvořenou vrstvením akvarelových a olejoprskyřičných barev a na vzorcích s retuší vytvořenou vrstvením akvarelových a prskyřičných barev byla provedena zkouška čištění dvoufázovým procesem snímání jednotlivých vrstev. V první fázi byla organickým rozpouštědlem sejmuta vrstva olejoprskyřičných/prskyřičných barev. Ve druhé fázi byla odstraněna podkladová vrstva akvarelové retuše vodou.

U retuše olejoprskyřičnými barvami bylo kvůli zvýšení účinnosti rozpouštědlo (aceton) aplikováno kromě vatových tamponů také v Carbopolovém gelu. Gel byl

³⁰¹ Gel je možné připravit dvoustupňovou přípravu, při které je nejprve vytvořen viskózní transparentní gel a až poté je přidáváno rozpouštědlo. Tento způsob přípravy je však výrazně časově náročnější.

aplikován opakovaně. Nejprve byl ponechán na čištěné oblasti 5 minut. Poté byl setřen a místo bylo dočištěno acetonem. Kvůli malému čistícímu efektu byl gel nanesen znovu a doba působení byla prodloužena na 10 minut. Celková doba působení gelu tedy činila 15 minut.

3.6 Metody testování

3.6.1 Hodnocení vlastností retuší a jejich změn po umělém stárnutí

Vlastnosti retuší a jejich změny po umělém stárnutí UV zářením byly hodnoceny vizuálním pozorováním a optickou mikroskopií s fotografickou dokumentací. Tímto způsobem bylo možné zachytit zejména větší a komplexní optické změny po stárnutí. Nebylo přistoupeno k vyhodnocení změn barevnosti spektrofotometricky kvůli vysokému riziku mechanického namáhání vzorků včetně barevných vrstev a kvůli nehomogenní barevnosti retuší, a tudíž těžké porovnatelnosti výsledků. Hodnoceny byly následující vlastnosti:

- barva (zesvětlení, ztmavnutí, subjektivní posun barevnosti)
- lesk
- kryvost
- struktura barevné vrstvy
- trhliny, krakeláž apod.

Vizuální průzkum s fotografickou dokumentací

Zkušební tělíska s omítkovou vrstvou a retušemi byla vizuálně posouzena a fotograficky zdokumentována fotoaparátem *Canon EOS 70D* v přímém světle, při bočním nasvícení a při záření UV lampy *UVA SPOT 400T*.³⁰² Pozorována byla především barva, lesk, kryvost a další optické vlastnosti retuší. Posouzení bylo provedeno před urychleným stárnutím, v průběhu stárnutí po 600 hodinách expozice a po uplynutí celého procesu stárnutí, tzn. po 1200 hodinách.

Fotografická dokumentace vzorků probíhala kvůli srovnatelnosti snímků při stejných světelných podmínkách a při shodném nastavení fotoaparátu. Všechny snímky byly pořízeny ve formátu RAW. Při viditelném světle byly vzorky snímány v expozičním čase 3,2 při clonovém čísle 29, citlivosti ISO 100 a uživatelském

³⁰² Výrobce: Hönle UV Technology.

nastavení vyvážení bílé barvy. Při dokumentaci UV luminiscence bylo změněno nastavení vyvážení bílé barvy na teplotu 5500 K a citlivost ISO byla zvýšena na 400.

Všechny snímky byly následně upraveny v programu Adobe Photoshop CS6. Teplota barev u snímků pořízených ve viditelném světle byla srovnána podle šedé destičky na 3700 K. Snímky dokumentující UV luminiscenci retuší před a po umělém stárnutí nebylo možné tímto způsobem upravit. Při pořizování fotodokumentace zkušebních tělísek po umělém stárnutí se totiž nepodařilo zajistit naprosto shodné podmínky expozice UV zářením jako před stárnutí tělísek. Aby došlo k přibližnému srovnání barevnosti obou sérií fotografií, první série musela být srovnána na 5500 K a druhá na 4800 K. Všechny snímky byly po úpravě teploty barev zmenšeny a převedeny do formátu JPEG s rozlišením 300 dpi.

Optická mikroskopie

Posouzení stavu barevných vrstev před, v průběhu a po urychleném stárnutí bylo provedeno pomocí stereoskopického mikroskopu při zvětšení $8,3 \times$, $20 \times$ a $40 \times$. Pro pozorování a dokumentaci byl použit stereoskopický mikroskop *Leica S6D* a digitální fotoaparát *Canon EOS 600D*. Snímky byly pořizovány v expozičním čase $1/50$ s při citlivosti ISO 100 a uživatelském nastavení vyvážení bílé barvy. Pro srovnání byla zdokumentována vždy stejná místa vzorků. Snímky byly nasvíceny prstencovým led zdrojem, zajišťujícím homogenní osvětlení povrchu. Při pořizování snímků byla místnost zcela zatemněna.

3.6.2 Testy reverzibility retuší

Čisticí efekt vybraných odstraňovacích systémů a postupů byl hodnocen na základě zkoušek provedených na uměle stárnutých i nestárnutých zkušebních tělískách. Zkušební pole byla hodnocena především vizuálním pozorováním. Výsledky zkoušek byly fotograficky zdokumentovány fotoaparátem *Canon EOS 70D*. Posuzován byl úbytek barevné vrstvy a rychlost jejího odstranění konkrétními odstraňovacími systémy a postupy. Na základě těchto kritérií byly vybrané odstraňovací prostředky rozděleny do 5 skupin (viz kapitola 3.8.3).

3.7 Výsledky a diskuze

3.7.1 Vlastnosti barevných vrstev retuší před procesem stárnutí

Zpracovatelnost a aplikační vlastnosti retušovacích systémů

Nejsnadnější aplikaci umožňovaly barvy pojené 2% akrylátovou disperzí *Dispersion K9*. Barvy zasychaly velmi rychle a bylo možné je nanášet v jednotlivých vrstvách, přičemž při aplikaci vrstev nedocházelo k narušení vrstev předchozích. Na druhou stranu barvy zasychaly rychle také na paletě. Nespornou výhodou těchto barev je, že k jejich ředění se používá voda, nikoli organická rozpouštědla.

Velmi dobré zpracovatelské vlastnosti vykazovaly i další vodou ředitelné retušovací prostředky, akvarelové barvy *Winsor&Newton™ Artists' Water Colour* a vlastní barvy pojené polyvinylalkoholem *Mowiol 4-88*. Spodní vrstvy bylo možné poměrně snadno lazurně nanášet. Vrchní vrstvy však musely být aplikovány drobnými tahy štětcem, protože při jejich nanášení v plochách docházelo ke strhávání spodních vrstev. Nicméně díky tomuto průběhu došlo k vytvoření „otevřené“ retuše, která vizuálně působí velmi dobře.

Srovnatelně dobře se pracovalo také s oběma typy kombinované techniky retuše. Díky tomu, že jsou akvarelové barvy ředěny vodou a pryskyřičné/olejopryskyřičné barvy nepolárním organickým rozpouštědlem (*White spirit*), nedocházelo ke strhávání podkladových vrstev akvarelové barvy při aplikaci závěrečných vrstev retuše. Avšak při nanášení závěrečných vrstev olejopryskyřičné barvy *Schmincke MUSSINI®* docházelo k mírnému vzájemnému narušování těchto vrstev, a proto bylo přistoupeno k nanášení drobnými tahy štětcem jako u akvarelové retuše. Uvedený problém byl výraznější v případě retuše provedené pouze olejopryskyřičnými barvami, bez podkladové akvarelové vrstvy. Pryskyřičné barvy se ve srovnání s olejopryskyřičnými barvami strhávaly méně. Je třeba si uvědomit, že tradičně jsou u olejové techniky vyžadovány poměrně dlouhé technologické přestávky, často i několik týdnů, které mají zabránit strhávání nanášených vrstev. V praxi si však ve většině případů restaurátor takové pauzy z časových a ekonomických důvodů nemůže dovolit.

Výrazně problematické bylo retušování vaječnou temperou. Narušování spodních vrstev se projevovalo ve velké míře, navíc barva zůstávala i po naředění dosti hutná a lepkavá. Celkově nejhorší zpracovatelské vlastnosti vykazovala retuš

práškovými pigmenty pojenými 20% roztokem akrylátového kopolymeru *Paraloid™ B-72* v xylenu. Barvy velmi rychle zasychaly na paletě a bylo proto třeba je často ředit xylem. Předchozí vrstvy retuše se při aplikaci dalších vrstev okamžitě rozpouštěly a docházelo k jejich silnému narušování. Tomuto jevu se předcházelo nanesením hutnější barvy drobnými tahy štětcem a použitím menšího počtu vrstev. Dobré aplikační vlastnosti barev jsou důležitým kritériem při výběru vhodného retušovacího systému. Retuš vaječnou temperou a práškovými pigmenty pojenými 20% roztokem akrylátového kopolymeru *Paraloid™ B-72* v xylenu se v tomto ohledu prokázaly jako velmi problematické. Navíc při použití xylenu k ředění barev pojených *Paraloidem™ B-72* je restaurátor vystavován toxickým výparům rozpouštědla, které mohou při nedostatečném používání ochranných pomůcek a opatření ohrozit zdraví restaurátora.

Vizuální posouzení v denním světle

Velmi podobné optické vlastnosti vykazuje retuš akvarelovými barvami *Winsor & Newton™ Artists' Water Colour* [Obr. 23] a retuš barvami z práškových pigmentů pojených 2% roztokem polyvinylalkoholu *Mowiol 4-88* [Obr. 44]. Rozdíl mezi těmito technikami se projevuje v okrové partii, která je u vlastních barev pojených *Mowiolem 4-88* výrazně světlejší a méně brilantní. Důvodem je, že komerční okrová akvarelová barva je výrobcem připravena tak, aby měla semitransparentní charakter, což umožňuje větší brilantnost, zatímco vlastní barva z práškového okru a polyvinylalkoholového pojiva *Mowiol 4-88* má opakní charakter. Obě techniky nicméně poskytují dostatečně syté barvy. Problematická je pouze světlá/bílá partie, kde kvůli celkově nižší kryvosti obou barev nelze dosáhnout vizuálního účinku odpovídajícího nelakované olejomalbě, tedy technice použité u nástěnných maleb v Klokotech. Barvená vrstva retuše vytvořené oběma technikami navíc nevykazuje žádný lesk. Přestože restaurovaná olejomalba je nelakovaná, samotná olejová vrstva má mírně lesklý charakter. Proto jsou tyto retušovací systémy s ohledem na připodobnění se originální olejové vrstvě hodnoceny jako méně vhodné.

Srovnatelné optické vlastnosti jako výše uvedené techniky vykazuje retuš olejoprskyřičnými barvami *Schmincke MUSSINI®* [Obr. 29] a retuš kombinovanou technikou vytvořenou vrstvením akvarelových a olejoprskyřičných barev *Schmincke MUSSINI®* [Obr. 26]. Barvy jsou syté a zářivé, a to jak v červené, tak v okrové partii. Titanová běloba, použitá ve světlé partii má dostatečnou kryvost

a umožňuje přiblížení se vizuálnímu účinku originální olejové barvené vrstvy. Přestože by olejoprskyřičné barvy měly mít lesklý charakter, vizuálně byl lesk pozorován pouze ve světlé/bílé partii, nanesené v silnější vrstvě. Lesklejšího charakteru všech částí retuše, bližšího olejové vrstvě restaurovaných maleb, by bylo možné dosáhnout aplikací silnější vrstvy olejoprskyřičné barvy. Na druhou stranu však lze očekávat, že přítomnost silnější vrstvy olejoprskyřičných barev způsobí horší odstranitelnost retuše. Celkově je vizuální účinek obou technik, ve kterých figurují olejoprskyřičné barvy, hodnocen jako velmi podobný, pouze retuš kombinovanou technikou působí více „otevřeně“ či „vzdušně“. Tento aspekt je hodnocen zvláště pozitivně, protože jedním z obecných požadavků na retuš je, aby byla méně výrazná než originál a dílo vizuálně zcelovala, nikoliv na sebe strhávala pozornost, což v případě retuše, která je není „vzdušná“, ale „ucpaná“ může nastat.

Kombinovaná technika retuše vytvořená vrstvením akvarelových a prskyřičných barev *Maimeri Restauro* [Obr. 32] má jiné optické vlastnosti než předchozí kombinovaná technika dokončovaná olejoprskyřičnými barvami *Schmincke MUSSINI®*. Barevná vrstva retuše dokončované prskyřičnými barvami je méně „vzdušná“, tzn. více kompaktní, barvy se celkově jeví méně brilantní a chladnější. Přestože je vybraná prskyřičná i olejoprskyřičná barva stejného okrového odstínu, retuš z barev *Maimeri Restauro* je světlejší a méně brilantní. Lze ji přirovnat k okrové partii na vzorku s retuší z práškových pigmentů pojených polyvinylalkoholem *Mowiol 4-88*. Důvodem pro tento fenomén je s největší pravděpodobností to, že v prskyřičné okrové barvě je kromě žlutého okru obsažena i zinková běloba. I v případě této techniky retuš působí matným dojmem. Ve srovnání s kombinovanou retuší dokončenou olejoprskyřičnými barvami je retuš dokončená prskyřičnými barvami kvůli svým horším optickým vlastnostem hodnocena jako méně vhodná.

Retuš barvami pojenými 20% roztokem akrylátového kopolymeru *Paraliol B-72* [Obr. 35] má výrazně tmavší barevný odstín než všechny výše uvedené retuše, barevná vrstva má vysokou kryvost a navzdory vysoké koncentraci *Paraliolu B-72* nevykazuje lesk. Optickými vlastnosti retuš touto technikou neodpovídá charakteru restaurované olejomalby, navíc je retuš dosti tupá či „ucpaná“, což také není žádoucí.

Nejtmavší barvený odstín ze všech vybraných technik byl pozorován u retuše vaječnou temperou [Obr. 41]. Vaječná tempera poskytuje brilantní barvy a jako jediná z vybraných technik vykazuje silný lesk. V případě uvažovaného doplnění nelakované olejové malby technikou vaječné tempéry by takto silný lesk retuší mohl způsobit jejich vyčleňování z celku malby.

Retuš barvami z práškových pigmentů a akrylátové disperze *Dispersion K9* se svými charakterem od ostatních vybraných retušovacích technik výrazně odlišuje [Obr. 38]. Retuš je celkově světlejší, a to jak v červené, tak v okrové partii, je tupá a matná. Barevná vrstva vykazuje vysokou kryvost a podobně jako kombinovaná technika retuše vytvořená vrstvením akvarelových a pryskyřičných barev *Maimeri Restauro* je tato retuš značně tupá a „ucpaná“. Z hlediska optických vlastností neodpovídá tato retuš olejové vrstvě restaurovaných maleb a po stránce vizuální je hodnocena jako nevhodná.

UV luminiscence

Celkově výraznější luminiscence v UV záření byla pozorována pouze u akvarelové retuše a kombinované retuše vytvořené vrstvením akvarelových a pryskyřičných barev *Maimeri Restauro* [Obr. 32]. U akvarelové retuše výraznou bílo-modrou luminiscenci vykazuje světlá/bílá partie v pravé části vzorku, kde byla použita zinková běloba [Obr. 23].

Pryskyřičné barvy *Maimeri Restauro* celkově luminují spíše žlutě. Tuto luminiscenci může způsobovat částečně pryskyřičné pojivo, ale i zinková běloba specifická svojí schopností luminovat v intenzivním žlutozeleném odstínu. Zinková běloba je obsažena jak v použité barvě odstínu „titanová běloba“, tak „žlutý okr“. Je překvapující, že neluminuje také použitá titanová běloba olejopryskyřičných barev *Schmincke MUSSINI®*, která by měla rovněž obsahovat přídavek zinkové běloby. Zřejmě je však obsah zinkové běloby velmi nízký.

Ostatní techniky příliš neluminují, při ozáření UV lampou jsou fialové, přičemž světlá/bílá partie v pravé části vzorků se i v UV záření jeví jako nejsvětlejší a červená partie jako nejtmavší. Celkově nejsvětlejší fialový odstín luminiscence vykazovala retuš vaječnou temperou, což je patrné především v červené partii retuše. U referenčního, nestárnutého vzorku, bylo v levém horním rohu pozorováno lazurnější provedení retuše, které se projevuje prosvítáním světle modré luminiscence omítkového podkladu [Obr. 41].

Dá se říci, že studium UV luminiscence nepřineslo žádné zásadnější poznatky, které by mohly ovlivnit výběr vhodných technologií retuše.

Optická mikroskopie

Při zvětšení $20 \times$ a $40 \times$ lze velmi dobře pozorovat strukturu barevné vrstvy. Opět se jako velmi podobná jeví retuš akvarelovými barvami *Winsor & Newton™ Artists' Water Colour* [Obr. 25] a retuš barvami z práškových pigmentů pojených 2% roztokem polyvinylalkoholu *Mowiol 4-88* [Obr. 46]. Barevná vrstva není kompaktní, rozpojuje se do shluků, mezi kterými se ve velké míře odhaluje omítkový podklad. U barev pojených polyvinylalkoholem *Mowiol 4-88* je tento fenomén patrný především v červené barevné vrstvě, u akvarelových barev je nerovnoměrné rozprostření barevné vrstvy výraznější a lze ho pozorovat i v okrové a světlé/bílé partii vzorku.

Retuš olejoprskyřičnými barvami *Schmincke MUSSINI®* [Obr. 31] a retuš kombinovanou technikou vytvořenou vrstvením akvarelových a olejoprskyřičných barev *Schmincke MUSSINI®* [Obr. 28] mají podobnou strukturu barevné vrstvy. Ve srovnání s výše uvedenými technikami je barevná vrstva kompaktnější, přesto však ke shlukování dochází a u kombinované retuše se lokálně odhaluje omítkový podklad. Při zvětšení $40 \times$ byl pozorován lesklý povrch pastózního nánosu bílé olejoprskyřičné barvy. Kombinovaná technika retuše dokončená prskyřičnými barvami *Maimeri Restauro* [Obr. 34] má srovnatelný charakter, nicméně lesk v tomto případě nebyl zaznamenán. Obdobně je tomu i u barevné vrstvy z práškových pigmentů a akrylátové disperze *Dispersion K9* [Obr. 40]. Zde je však barevná vrstva v porovnání se všemi výše uvedenými technikami nejvíce souvislá, což koresponduje se způsobem aplikace.

Barevná vrstva retuše z práškových pigmentů pojených roztokem akrylátového kopolymeru *Paraliod B-72* [Obr. 37] je značně nerovnoměrná. Lokálně lze pozorovat kompaktní oblasti barevné vrstvy, jinde dochází ke vzniku shluků a odhalování podkladu. U jednoho ze vzorků byl zdokumentován lesk červené barevné vrstvy.

Nejsouvislejší barevnou vrstvu vytváří vaječná tempera. Při zvětšení $20 \times$ i $40 \times$ je patrný výrazný lesk retuše [Obr. 43].

Struktura barevných vrstev na snímcích ze stereomikroskopu vcelku odpovídá charakteru retuší pozorovatelnému pouhým okem bez zvětšení. „Otevřené“ retuše se

projevují shlukováním a nerovnoměrností barevné vrstvy, „ucpané“ retuše naopak větší kompaktností vrstvy. Přestože se nekompaktní barevná vrstva může na snímcích ze stereomikroskopu jevit jako známka méně kvalitního provedení retuše, při posouzení vizuálních vlastností retuše jsou „více vzdušné“ retuše hodnoceny jako vhodnější.

3.7.2 Změny vlastností barevných vrstev retuší po umělém stárnutí

Vizuální posouzení v denním světle

Po 1200 hodinách umělého stárnutí UV zářením nedošlo k výraznějším změnám optických vlastností žádné retušovací techniky. Vizuálním pozorováním v denním světle je patrné pouze mírné zesvětlení kombinované techniky retuše vytvořené vrstvením akvarelových a pryskyřičných barev *Maimeri Restauro* [Obr. 32]. Tuto změnu lze pozorovat pouze na uměle stárnutých vzorcích, a to především v okrové partii retuše.

Referenční vzorek s vaječnou temperou byl před pořízením fotodokumentace nedopatřením poškozen. Došlo ke ztrátě několika drobných šupin barevné vrstvy. Není zcela zřejmé, jak k tomuto poškození mohlo dojít. S největší pravděpodobností se šupiny uvolnily v důsledku krátkodobého uskladnění³⁰³ vzorků v místnosti s vysokou relativní vlhkostí. Klíma v místnosti v místě uskladnění bylo zpětně monitorováno pomocí dataloggeru.³⁰⁴ Po dobu 24 hodin vzdušná vlhkost se pohybovala od 72,2 do 72,8 % při teplotě 21 °C. Taková relativní vzdušná vlhkost je však v prostředí kostela, kde se nástěnné malby vyskytují, poměrně běžná a mnohdy dosahuje i vyšších hodnot. Skutečnost, že pravděpodobně došlo k výraznému poškození retuše v prostředí s vyšší relativní vlhkostí vzduchu, napovídá tomu, že použití této techniky retuše není do takového prostředí vhodné. Uvedený fenomén, byť koresponduje s teoretickými předpoklady, by bylo nutné ověřit dalším testem.

UV luminiscence

Případné změny UV luminiscence jednotlivých retuší nelze přesně vyhodnotit. Při pořizování fotografické dokumentace zkušebních tělísek po umělém stárnutí se totiž nepodařilo zajistit shodné podmínky expozice UV záření jako před stárnutím. Pro případné další experimenty v této oblasti by tedy bylo vhodné zajistit na každém

³⁰³ Cca 48 hodin.

³⁰⁴ Použitá technika: *Datalogger S3631* (výrobce: Comet system s.r.o.).

snímku referenční body v několika barvách, například v podobě barevné škály vhodné pro focení UV luminiscence.

Nicméně v rámci každé techniky retuší lze posoudit alespoň rozdíly UV luminiscence uměle stárnutých a referenčních vzorků. Touto metodou byly potvrzeny změny kombinované retuše dokončované pryskyřičnými barvami *Maimeri Restauro*. UV luminiscence okrových partií stárnutých vzorků byla světlejší než UV luminiscence okrové partie referenčního vzorku [Obr. 32]. Další změna byla zaznamenána u poškozeného referenčního vzorku s vaječnou temperou, kde se více projevuje světle modrá UV luminiscence omítkového podkladu v místech oddělení retuše [Obr. 38].

Stejně jako u studia UV luminiscence před stárnutím lze konstatovat, že tento druh testování nenabízí informace, které by mohly ovlivnit výběr vhodné retušovací technologie.

Optická mikroskopie

Výsledky optické mikroskopie korespondují s poznatky získanými vizuálním pozorováním. Při všech zvětšeních bylo patrné zesvětlení okrových partií uměle stárnutých vzorků s kombinovanou technikou retuše vytvořenou vrstvením akvarelových a pryskyřičných barev *Maimeri Restauro* [Obr. 33 a 34]. K barevným měnám zřejmě došlo také u čistě akvarelové retuše. Ve světlých partiích uměle stárnutých vzorků byl zaznamenán mírný posun barvy k modrým odstínům [Obr. 24].

Struktura retuše se změnila po expozici UV záření jen u vaječné tempéry, kde došlo k rozpraskání barevné vrstvy. Tento fenomén je dobře patrný při zvětšení $20 \times$ a $40 \times$ [Obr. 43].

3.7.3 Reverzibilita retuší

Výsledky jednotlivých zkoušek odstraňování retuší byly na uměle stárnutých i nestárnutých vzorcích velmi podobné. Na základě toho lze usuzovat, že umělé stárnutí simulovaným slunečním zářením v interiéru po dobu 1200 hodin nemělo zásadní vliv na odstranitelnost retuší. Vzhledem k tomu, že realizované umělé

stárnutí reprezentuje jen cca 2 roky stárnutí v přirozených podmínkách,³⁰⁵ je pochopitelné, že nedošlo ke zdatnému síťování pojiv a zhoršení rozpustnosti retuší. To by zřejmě nastalo po delším časovém období umělého stárnutí simulovaným slunečním zářením v interiéru nebo v kombinaci s jiným typem umělého stárnutí.

Retuš akvarelovými barvami *Winsor & Newton™ Artists' Water Colour* a barvami z práškových pigmentů pojených 2% roztokem polyvinylalkoholu *Mowiol 4-88* bylo možné podle očekávání odstranit velmi snadno, rychle a bez residuí barevné vrstvy pouze demineralizovanou vodou [Obr. 47 a 54]. U retuše pojené polyvinylalkoholem *Mowiol 4-88* proto nebylo nutné přikročit k předpokládané aplikaci organických rozpouštědel, vybraných na základě teoretických podkladů. Stejně snadno bylo možné odstranit pouze vodou i retuš vaječnou temperou [Obr. 53]. Tento výsledek byl překvapivý zvláště u stárnutých vzorků, které by měly být teoreticky hůře rozpustné. Otázkou zůstává, zda byla vaječná tempera snadno reverzibilní vodou díky většímu naředění při přípravě barvy, aplikaci tenké vrstvy nebo zda k snadnému odstranění vodou došlo kvůli zbotnání a následnému mechanickému namáhání barevné vrstvy vatovým smotkem, případně v důsledku příliš krátkého procesu stárnutí. Při odstraňování výše uvedených technik retuše za použití demineralizované vody na vatových smotcích by neměla být okolní originální olejová malba nijak významně ohrožena.

Retuše barvami pojenými 20% roztokem akrylátového kopolymeru *Paraliol B-72* a 2% akrylátovou disperzí *Dispersion K9* bylo možné v krátkém čase a s minimem residuí barevné vrstvy odstranit vybranými organickými rozpouštědly, toluenem a acetonem [Obr. 51 a 52]. Při opakované aplikaci rozpouštědel bylo možné zkušební pole více dočistit. Při vzájemném srovnání těchto rozpouštědel se aceton jevil jako účinnější. S ohledem na citlivost zestárlé olejové vrstvy je však vhodnější pro odstranění retuše použít toluen. Toluén je nepolární rozpouštědlo a tudíž méně ohrožuje zesíťovanou olejovou vrstvu s určitým polárním charakterem. Rovněž byla provedena zkouška odstranění barev pojených akrylátovou disperzí *Dispersion K9* pouze demineralizovanou vodou. Přestože by voda neměla rozpouštět vytvořený film akrylátové disperze, k částečnému očištění retuše došlo. Příčinou může být vysoký obsah pigmentů botnatelných vodou, nízká koncentrace disperze,

³⁰⁵ V závislosti na míře vystavení barevné vrstvy přímému a nepřímému osvětlení slunečním světlem. Údaj je pouze orientační. Informace byla poskytnuta od dodavatele zařízení pro urychlené stárnutí LABIMEX CZ s. r. o.

částečné nabotnutí a mechanické namáhání barevné vrstvy při čištění, případně kombinace těchto vlivů.

Jako nejefektivnější způsob odstranění kombinované techniky retuše započaté akvarelovými barvami a dokončené olejoprskyřičnými barvami *Schmincke MUSSINI*® [Obr. 48] nebo prskyřičnými barvami *Maimeri Restauro* [Obr. 50] bylo vyhodnoceno postupné dvoufázové čištění. Nejprve byla acetonem odstraněna vrstva olejoprskyřičných/prskyřičných barev. Ve druhém kroku byla sejmuta vrstva akvarelové retuše demineralizovanou vodou. Zkušební pole byla tímto způsobem zcela očištěna. Akvarelovou retuš dokončenou olejoprskyřičnými i prskyřičnými barvami bylo možné z velké části odstranit také pouze demineralizovanou vodou. Při použití vody docházelo k rychlému a výraznému úbytku barevné vrstvy, protože voda zřejmě snadno pronikala přes slabou nekompaktní vrstvu olejoprskyřičných/prskyřičných barev na spodní vrstvu akvarelové retuše a rozpouštěla ji. Nicméně v místech, kde se nacházely silnější vrstvy olejoprskyřičných/prskyřičných barev, tedy především v bílých/světlých liniích a částečně v okrovém pruhu, zůstávala rezidua barevné vrstvy. Tato rezidua bylo možné dočistit acetonem. Druhý způsob odstraňování kombinované techniky je patrně šetrnější k okolnímu originálu, protože retuš lze z velké části sejmout pouze vodou, která zestárlou olejovou vrstvu tolik neohrožuje. Aceton, který na zestárlou olejovou vrstvu může působit, je aplikován v menším množství a pouze lokálně.

Srovnatelný čistící účinek, který byl dosažen u akvarelové retuše dokončené olejoprskyřičnými/prskyřičnými barvami demineralizovanou vodou, byl zaznamenán také s 2% citrátem amonným [Obr. 48 a 50]. V bílé partii retuše rovněž zůstávala rezidua barevné vrstvy. Pro zvýšení účinnosti by bylo možné použít i vyšší koncentraci citrátu amonného. Musely by však být provedeny zkoušky citlivosti olejové vrstvy, aby nedošlo k jejímu poškození. Retuš dokončená prskyřičnými barvami byla dále odstraňována *White spiritem*, jehož účinek však byl naprosto minimální. V obrazové dokumentaci je tato zkouška popsána jako chybná, protože v levé části zkušebního pole došlo k neúmyslnému přetření zkušebního pole vatovým tamponem smočeným do demineralizované vody.

Nejproblematičtější je z hlediska možnosti odstranění retuš olejoprskyřičnými barvami *Schmincke MUSSINI*® bez podkladové akvarelové vrstvy [Obr. 49]. Téměř se všemi testovanými odstraňovacími systémy docházelo pouze k částečnému

odstranění barevné vrstvy. Konkrétně lze jmenovat použití demineralizované vody, toluenu, acetonu, rozpouštědlové směsi z toluenu a acetonu v poměru 1 : 1 (obj.), rozpouštědlové směsi z *White spiritu* a acetonu v poměru 1 : 1 (obj.) a 2% citrátu amonného. Vyšší účinnost měl aceton, pokud byl aplikován v Carbopolovém gelu. Nejlepších výsledků bylo dosaženo při použití rozpouštědlové směsi z isopropanolu, čpavkové vody a demineralizované vody v poměru 1 : 1 (obj.) a rozpouštědlové směsi z dimethylformamidu a toluenu v poměru 1 : 3 (obj.) aplikované na vatovém smotku. V obou případech bylo odstranění retuše úplné, nicméně vyžadovalo poměrně dlouhou dobu působení. Jedná se však o dosti razantní metody, které by jistě mohly výrazným způsobem zasáhnout i originál v okolí retušovaných defektů.

Z hlediska odstranitelnosti je jednoznačně nejméně vhodná retuš olejoprskyřičnými barvami *Schmincke MUSSINI*® bez podkladové akvarelové vrstvy. Všechny zbývající retušovací techniky lze bez větších obtíží správně zvolenými odstraňovacími prostředky očistit.

	1 A ³⁰⁶	2 A+OP ³⁰⁷	3 OP ³⁰⁸	4 A+P ³⁰⁹	5 B-72 ³¹⁰	6 K9 ³¹¹	7 VT ³¹²	8 PVAL ³¹³
Lakový benzin				5				
Toluen			4		1/3	1/3		
Směs: toluen s acetonem 1 : 1			4					
Směs: lakový benzin s ethanolem 1 : 1 (obj.)			4					
Směs dimethyl-formamid s xylenem 3 : 1 (obj.)			2					
Směs isopropanol s amoniakem a vodou 9 : 1 : 1 (obj.)			2					
Aceton			4	4	1/3	1/3		
Carbopolový gel s acetonem			2/4					
2% citrát amonný		3	4	3				
Demineralizovaná voda	1	3	4	3		4	1	1
Postupné čištění: aceton, demineralizovaná voda		2		2				

Stupeň 1	Retuš lze odstranit rychle, bez residuí.
Stupeň 2	Retuš lze odstranit pomalu, ale bez residuí.
Stupeň 3	Retuš lze odstranit rychle, ale zůstávají rezidua.
Stupeň 4	Retuš lze odstranit pouze částečně, zůstává množství residuí.
Stupeň 5	Retuš nelze odstranit.

Tab. 13: Hodnocení odstranitelnosti retuší.

³⁰⁶ Akvarelové barvy *Winson&Newton™ Artists' Water Colour*.

³⁰⁷ Kombinovaná technika – akvarelové barvy *Winson&Newton™ Artists' Water Colour*, dokončení olejoprskyřičnými barvami *Schmincke MUSSINI®*.

³⁰⁸ Olejoprskyřičné barvy *Schmincke MUSSINI®*.

³⁰⁹ Kombinovaná technika – akvarelové barvy *Winson&Newton™ Artists' Water Colour*, dokončení prskyřičnými barvami *Maimeri Restauro*.

³¹⁰ Práškové pigmenty pojené akrylátovým kopolymerem *Paraloid™ B-72* (20% roztok).

³¹¹ Práškové pigmenty pojené akrylátovou disperzí *Dispersion K9* (2 %).

³¹² Vaječná tempera.

³¹³ Práškové pigmenty pojené polyvinylalkoholem *Mowiol 4-88* (2% roztok).

3.8 Závěr

Experimentální část práce byla zaměřena na studium a hodnocení vybraných retušovacích technik, běžně používaných při restaurování olejomalb. Sledovány byly aplikační a výsledné estetické vlastnosti retuší, jejich stabilita a reverzibilita. Výsledky experimentu byly rovněž využity jako podklad pro výběr vhodné techniky a technologie provedení rozsáhlých retuší a rekonstrukcí realizovaných v rámci komplexního restaurátorského zákroku na olejových nástěnných malbách v kapli sv. Josefa v kostele Nanebevzetí Panny Marie v Klokotech.

Na základě literární rešerše bylo pro experimentální práci vybráno osm retušovacích systémů. Při výběru byla zásadní také tradice používání retušovacích systémů v našich podmínkách. Vybrány byly zejména běžně využívané retušovací systémy. Vybrané techniky zahrnovaly komerční olejopryskyřičné, pryskyřičné a akvarelové barvy a pro experiment vlastními silami připravené barvy sestávající z pigmentů a pojiv na bázi polyvinylalkoholu a akrylátových polymerů. Dále byly odzkoušeny kombinované retušovací systémy připravené vrstvením akvarelu a pryskyřičných nebo olejopryskyřičných barev.

Každá technika retuše byla vhodným postupem nanesena na tři série zkušebních tělísek s jemnozrnnou vápennou omítkou. Omítka byla připravena tak, aby napodobovala podklad výše uvedených nástěnných maleb. Omítka byla z časových důvodů podrobena metodě urychlené karbonatace uhličitánem amonným. Na tomto místě je třeba podotknout, že nelze zcela vyloučit vliv uhličitánu amonného, který byl aplikován na povrch omítky před nanesením retušovacích systémů, na některé provedené experimenty. Nicméně z kontrolních zkoušek a dalších postupů vyplývá, že je přítomnost vodorozpustných solí na povrchu omítky nepravděpodobná.

Dvě série zkušebních tělísek byly vystaveny po dobu 1200 hodin umělému stárnutí, které simulovalo přibližně dva roky vystavení přirozenému slunečnímu světlu v interiérových podmínkách. Třetí série tělísek nebyla uměle stárnutá, tato tělíška byla využita jako srovnávací standard. Hodnoceny byly změny optických a fyzikálních vlastností retuší generované umělým stárnutím. Dále byly provedeny zkoušky odstranění retuší vybranými čisticími systémy, zvolenými na základě zkušeností z praxe a teoretických předpokladů. Experiment byl primárně cílen na odstraňování retuší z omítkového podkladu, kde došlo k úplné ztrátě barevné vrstvy, případně z tmelů. Dokumentace optických vlastností retuší a vyhodnocení

experimentů byly provedeny vizuálně v normálním rozptýleném a bočním světle a v UV záření s fotografickou dokumentací. Dále byla využita metoda stereoskopické mikroskopie s fotografickou dokumentací.

Skupina	Název / složení / pojivo	Pigmenty	Čistící systémy
Komerční barvy/retuše	<i>Winsor&NewtonTM Artists' Water Colour</i> / akvarelové barvy / arabská guma	<i>Yellow Ochre, Indian Red, French Ultramarine, Ivory Black, Chinese White</i>	<ul style="list-style-type: none"> • demineralizovaná voda
	<i>Schmincke MUSSINI®</i> / olejoprskyřičné barvy / lněný, ořechový, makový, slunečnicový olej, damara	<i>Attish Light Ochre, Pompeian Red, Ultramarine Blue Light, Ivory Black, Titanium Opaque White</i>	<ul style="list-style-type: none"> • toluen • směs: toluen, aceton 1 : 1 • směs: lakový benzin, ethanol 1 : 1 (obj.) • směs dimethyl-formamid, xylen 3 : 1 (obj.) • směs isopropanol, voda, amoniak 9 : 1 : 1 (obj.) • aceton • 2% citrát amonný
	<i>Maimeti Restauro</i> / prskyřičné barvy / mastix	<i>Yellow Ochre Pale, Indian Red, Titanium White, Ultramarine, Ivory Black</i>	(zkoušeno pouze v kombinaci s akvarelovými barvami)
Vlastní barvy	pojivo <i>ParaloidTM B-72</i> / ethylmethakrylát (EMA) / methyl-akrylát (MA)	přírodní okr žlutý burgundský,	<ul style="list-style-type: none"> • aceton • toluen
	pojivo <i>Dispersion K9</i> / akrylátová disperze	syntetický červený oxid železitý, syntetický ultramarín světlý,	<ul style="list-style-type: none"> • aceton • toluen
	pojivo <i>Mowiol 4-88</i> / polyvinylalkohol, disperze	černí kostní, titanová běloba	<ul style="list-style-type: none"> • demineralizovaná voda
Kombinované techniky	<i>Winsor&NewtonTM Artists' Water Colour</i> + <i>Schmincke MUSSINI®</i>	Kombinace pigmentů viz výše	<ul style="list-style-type: none"> • demineralizovaná voda • aceton • 2% citrát amonný • postupné čištění: aceton, demineralizovaná voda
	<i>Winsor&NewtonTM Artists' Water Colour</i> + <i>Maimeti Restauro</i>	Kombinace pigmentů viz výše	<ul style="list-style-type: none"> • lakový benzin • demineralizovaná voda • aceton • 2% citrát amonný • postupné čištění: aceton, demineralizovaná voda

Tab. 14: Přehled vybraných retušovacích technik a čistících systémů.

Bylo zjištěno, že umělé stárnutí simulovaným interiérovým slunečním zářením po dobu 1200 hodin může být z hlediska dosažení zásadních a předpokládaných změn vlastností vybraných retušovacích technik nedostatečné. S výjimkou mírného zesvětlení pryskyřičných barev *Maimeri Restauro* a jemného rozpraskání vrstvy vaječné tempéry zaznamenaného na mikroskopické úrovni nebyly pozorovány žádné další změny. Rozdíl mezi stárnutými a nestárnutými retušemi se neprojevil ani při odstraňování retuší. Ke znatelným změnám vlastností retuší, které by lépe simulovaly restaurátorskou praxi, by zřejmě došlo až po delším časovém období nebo v kombinaci s jiným typem umělého stárnutí nebo nastavením experimentu. Je zapotřebí si uvědomit, že optické vlastnosti retuší a komparace retušovacích systémů při daném nastavení experimentu (například vzhledem k omezené barevné škále i způsobu použití barev) po realizovaném umělém stárnutí nevypovídá komplexně o stabilitě a rozdílech mezi použitými retušovacími systémy.

V mnoha ohledech výhodná je retuš podložená akvarelovými barvami *Winsor & Newton™ Artists' Water Colour* a dokončená olejopryskyřičnými barvami *Schmincke MUSSINI®*. Retuš vykazuje dostatečnou zářivost barev a působí „vzdušně“. Barvy mají spíše matný charakter, což je vzhledem k nelakovaným nástěnným malbám v kapli sv. Josefa hodnoceno pozitivně. Ve srovnání s originální malbou je však povrch retuše až příliš matný. Nicméně matným povrchem se vyznačuje většina testovaných technologií s výjimkou vaječné emulze, která je ovšem nevhodná z jiných důvodů. Akvarelové i olejopryskyřičné barvy mají velmi dobré aplikační vlastnosti, při vrstvení jsou spodní vrstvy strhávány pouze mírně nově nanášenými vrstvami. Retuš lze poměrně snadno odstranit postupným sejmutím vrchní vrstvy olejopryskyřičných barev acetonem a následným dočištěním akvarelové vrstvy demineralizovanou vodou. Rovněž je možné použít opačný postup, při němž se retuš nejprve odstraní vodou a silnější pasty olejopryskyřičných barev se dočistí vhodným organickým rozpouštědlem. S ohledem na citlivost zestárlé olejové vrstvy v okolí retuše je druhý způsob šetrnější.

Podobného vizuálního účinku retuše, ovšem v jistých ohledech o něco horšího než v případě předchozí techniky, lze dosáhnout také samotnými akvarelovými barvami *Winsor & Newton™ Artists' Water Colour*. Povrch akvarelových barev je značně matný. Problematická je také nižší kryvost bílé barvy. Ta však může být

způsobena použitím méně kryvé zinkové běloby, nikoli opakní titanové běloby.³¹⁴ Akvarelová retuš má dobré zpracovatelské vlastnosti a vzhledem k tomu, že se jedná o vodorozpustnou techniku, je velmi snadno odstranitelná vodou.

Naopak použití olejoprskyřičných barev *Schmincke MUSSINI*® bez aplikace podkladové retuše je nevhodné. Přestože má retuš olejoprskyřičnými barvami srovnatelné optické vlastnosti jako kombinovaná technika retuše podložená akvarelovými barvami *Winsor & Newton™ Artists' Water Colour* a dokončená olejoprskyřičnými barvami *Schmincke MUSSINI*®, její odstranění je mnohem náročnější. Vrstvu olejoprskyřičné retuše se podařilo zcela odstranit až při použití výrazně razantnějších metod než u všech ostatních technik. Účinná byla rozpouštědlová směs z isopropanolu, čpavkové vody a demineralizované vody v poměru 9 : 1 : 1 (obj.) a rozpouštědlová směs z dimethylformamidu a toluenu v poměru 1 : 3 (obj.), což jsou metody, které by jistě mohly výrazným způsobem zasáhnout i originál v okolí retušovaných defektů.

Retuš podložená akvarelovými barvami a dokončená prskyřičnými barvami *Maimeri Restauro* také není příliš vhodná. Tato technika je problematická především z hlediska optických vlastností a z hlediska nižší stability vůči UV záření. Retuš působí značně „ucpaně“, barvy jsou málo zářivé a působí chladnějším dojmem. Vlivem UV záření došlo navíc k jejímu mírnému zesvětlení, a to i v takto krátkém časovém horizontu, který se u ostatních metod v podstatě nijak neprojevil. Kombinovaná technika retuše dokončená prskyřičnými barvami *Maimeri Restauro* je srovnatelně reverzibilní jako kombinovaná technika retuše dokončená olejoprskyřičnými barvami *Schmincke MUSSINI*®. Kvůli svým horším optickým vlastnostem a předpokládané nižší stabilitě je však tento typ kombinované retuše hodnocen jako méně vhodný než kombinovaná retuš dokončená olejoprskyřičnými barvami.

Retuš práškovými pigmenty pojenými 20% roztokem akrylátového kopolymeru *Paraloid™ B-72* je problematická především z hlediska optických a zpracovatelských vlastností, které jsou jednoznačně nejhorší ze všech vybraných retušovacích technik. Retuš se jeví jako dosti tmavá a „ucpaná“ (málo „vzdušná“). Práce s barvou je náročná, protože při kladení vrstev dochází k výraznému narušování předchozích

³¹⁴ Výrobce nabízí i titanovou bělobu. Zinková běloba byla použita z důvodu omezené škály dostupných barev.

vrstev a díky rychlému odpařování rozpouštědla připravené barvy rychle zasychají na paletě. Nevýhodou retuše je také nutnost použití organických rozpouštědel. Retuš je však poměrně snadno reverzibilní toluenem nebo acetonem, teoreticky by měla být vysoce stabilní. Celkově však byla tato technika kvůli špatným optickým a zpracovatelským vlastnostem vyhodnocena jako nevhodná pro retušování restaurovaných nástěnných olejomalb.

Retuš provedená minerálními pigmenty pojenými 2% akrylátovou disperzí *Dispersion K9* nemá příliš dobré optické vlastnosti. Nelze dosáhnout požadované zářivosti barev, retuš je příliš světlá, působí tupě a ze všech vybraných technik „nejucpanější“. Velkou předností barev pojených akrylátovou disperzí *Dispersion K9* je však jejich jednoduchá zpracovatelnost, protože při nanášení barvy nedochází ke strhávání spodních vrstev. Z hlediska reverzibility je srovnatelná s předchozí retuší. Kvůli nevyhovujícím optickým vlastnostem je však také hodnocena jako nevhodná.

Vaječná tempera poskytuje ze všech zkoušených technologií nejvíce zářivé barvy. Barevná vrstva má také velice silný lesk, který v případě uvažovaného doplnění nelakované olejové malby není úplně žádoucí. Zpracovatelské vlastnosti rovněž nejsou ideální. Při retušování vaječnou temperou dochází k silnému narušování spodních vrstev retuše, barva zůstává i po naředění dosti hutná a lepivá. Silná vrstva vaječné tempery není příliš stabilní. Po expozici UV zářením došlo k jejímu rozpraskání. Retuš je snadno odstranitelná vodou a pravděpodobně je i velmi citlivá na vzdušnou vlhkost, jak ukázalo její poškození při krátkodobém vystavení 72–73% vzdušné vlhkosti. Tato technika dále není vhodná kvůli předpokládané snadné napadnutelnosti mikroorganismy.

Vlastnosti retuše využívající pro experiment speciálně připravené barvy pojené 2% roztokem polyvinylalkoholu *Mowiol 4-88* jsou téměř shodné jako u akvarelové retuše. Retuš se vyznačuje vyhovujícími optickými vlastnostmi, barvy jsou dobře zpracovatelné a snadno odstranitelné vodou. Pro retuš nástěnné malby však není, podobně jako vaječná tempera, příliš vhodná s ohledem na předpokládanou snadnou napadnutelnost mikroorganismy.

Ke komplexnímu posouzení a srovnání stability retušovacích systémů by byla nezbytná další rozšíření experimentu, která jsou bohužel nad rámec možností zpracování diplomové práce. V této souvislosti by bylo například vhodné zakomponovat další barvy a odstíny do testování, případně realizovat podrobnější

zkoumání samostatných odstínů barev. Dále by bylo vhodné modelové vzorky podrobit delším dobám umělého stárnutí simulujícím interiérový osvit nebo studovat vliv vlhkosti a teploty na vlastnosti retuší. V případě rozšíření experimentu je nutné zdokonalit metodu pořizování snímků dokumentujících UV luminiscenci retuší, a to jak zajištěním naprosto stejných podmínek expozice UV zářením, tak například použitím barevné škály vhodné pro focení UV luminiscence, umožňující lepší zpracování snímků. Experiment by bylo zajímavé dále v budoucnu rozšířit o další retušovací systémy, například barvy na bázi polyvinylacetátových roztoků, ketonových a aldehydových pryskyřic či etherů celulózy.

3.9 Seznam použitých látek a materiálů

Příprava zkušebních tělísek

- cementotřísková deska *Cetris*® (výrobce: CIDEM Hranice, a.s. – divize CETRIS)
- hnědý kopaný křemičitý písek
- světlý křemičitý písek
- bílé vzdušné vápno Ca(OH)_2 (dodavatel: vápenka Vitošov s.r.o)
- mramorová moučka (distributor: Kremer Pigmente GmbH & Co. KG)
- demineralizovaná voda
- voda sycená oxidem uhličitým
- uhličitán amonný (proměnlivá směs uhličitánu amonného a karbamátu amonného, výrobce: Penta s.r.o.)
- absolutní ethanol (čistý, výrobce: Penta s.r.o.)

Retušovací prostředky

- akvarelové barvy *Artists' Water Colour* (výrobce: Winsor & Newton™), odstíny: *Yellow Ochre, Indian Red, French Ultramarine, Ivory Black, Titanium White*
- olejoprskyřičné barvy *MUSSINI*® (výrobce: H. Schmincke & Co. GmbH & Co. KG.), odstíny: *Attish Light Ochre, Pompeiian Red, Ultramarine Blue Light, Ivory black, Titanium White*
- prskyřičné barvy *Colori a vernice per Restauro* (výrobce: Maimeri), odstíny: *Yellow Ochre Pale, Indian Red, Ultramarine Blue, Ivory Black, Titanium White*
- práškové pigmenty: okr žlutý burgundský, syntetický ultramarín, čern kostní, titanová běloba (dodavatel: Kremer Pigmente GmbH & Co. KG), červený oxid železitý (dodavatel: Deffner&Johann)
- *Paraloid*™ B-72 (dodavatel: Kremer Pigmente GmbH & Co. KG)
- *Dispersion K9* (dodavatel: Kremer Pigmente GmbH & Co. KG)
- *Mowiol 4-88* (dodavatel: Kremer Pigmente GmbH & Co. KG)
- demineralizovaná voda
- *White spirit* (rozpouštědlo na bázi směsi uhlovodíků; výrobce: Johnstone's)

- toluen (čistý, výrobce: Severochema)

Odstraňování retuší

- demineralizovaná voda
- aceton (čistý; výrobce: Penta s.r.o.)
- *White spirit* (rozpouštědlo na bázi směsi uhlovodíků; výrobce: Johnstone's)
- dimethylformamid (čistý; výrobce: Penta s.r.o.)
- toluen (čistý; výrobce: Penta s.r.o.)
- xylen (čistý; výrobce: Penta s.r.o.)
- absolutní ethanol (čistý, výrobce: Penta s.r.o.)
- isopropanol (čistý, výrobce: Penta s.r.o.)
- čpavková voda 25–29 % (čistý, výrobce: Penta s.r.o.)
- bavlněné vatové tyčinky *Ebelin* (výrobce: dm drogerie markt s.r.o.)
- *Carbopolu*® EZ-2 (kyselina polyakrylová; distributor: Kremer Pigmente GmbH & Co. KG)
- *Ethomeen*® C/25 (povrchově aktivní látka; distributor: Kremer Pigmente GmbH & Co. KG)
- akvarelové barvy *Artists' Water Colour* (výrobce: Winsor & Newton™)
- olejoprskyřičné barvy *MUSSINI*® (výrobce: H. Schmincke & Co. GmbH & Co. KG.)
- *White spirit* (rozpouštědlo na bázi směsi uhlovodíků; výrobce: Johnstone's)

4 Seznam použité literatury a pramenů

4.1 Seznam použité literatury

ACKROYD 2010:

ACKROYD, Paul. Retouching media used in National Gallery, London, since the nineteenth century. In: ELLISON, Rebecca – SMITHEN, Patricia – TURNBULL, Rachel. *Mixing and matching: approaches to retouching paintings*. London: Archetype Publications in association with the Icon Paintings Group and the British Association of Paintings Conservators-Restorers (BAPCR), 2010, s. 51–60. ISBN 1904982506.

BERGER–RUSSEL 2000:

BERGER, Gustav A. – RUSSEL, William H. *Conservation of Paintings: research and innovations*. Reprinted. London: Archetype Publications, 2000. ISBN 1873132379.

BUCKLOW 2010:

BUCKLOW, Spike. The state of research into retouching resins. In: ELLISON, Rebecca – SMITHEN, Patricia – TURNBULL, Rachel. *Mixing and matching: approaches to retouching paintings*. London: Archetype Publications in association with the Icon Paintings Group and the British Association of Paintings Conservators-Restorers (BAPCR), 2010, s. 61–65. ISBN 1904982506.

BURKE 1984:

BURKE, J. Solubility Parameters: Theory and Application. *The Book and the Paper ANNUAL* [online]. 1984, 3 [cit. 2016-07-28]. Dostupné z: <http://cool.conservation-us.org/coolaic/sg/bpg/annual/v03/bp03-04.html>.

COVE 2010:

COVE, Sarah. Retouching with a PVA resin medium. In: ELLISON, Rebecca – SMITHEN, Patricia – TURNBULL, Rachel. *Mixing and matching: approaches to retouching paintings*. London: Archetype Publications in association with the Icon Paintings Group and the British Association of Paintings Conservators-Restorers (BAPCR), 2010, s. 75–86. ISBN 1904982506.

DE LA RIE 1988:

DE LA RIE, E. René. Photochemical and Thermal Degradation of Films of Dammar Resin. *Studies in Conservation*. 1988, Vol. 33, No. 2, s. 53-70.

DIETEMANN et al. 2009:

DIETEMANN, Patrick – HIGGITT, Catherine – KÄLIN, Moritz – EDELMANN, Michael J. – KNOCHENMUSS, Richard – ZENOBI, Renato. Aging and yellowing of triterpenoid resin varnishes – Influence of aging conditions and resin composition. *Journal of Cultural Heritage*. 2009, No. 10, s. 20-30.

DUFFY 1989:

DUFFY, Michael C. A study of acrylic dispersions used in the treatment of paintings. *Journal of the American Institute for Conservation* [online]. 2009, Vol. 28, No. 2, s. 67–77 [cit. 2016-06-03]. Dostupné z: <http://cool.conservation-us.org/jaic/articles/jaic28-02-002.html>.

EwaGlos 2015:

EwaGlos: European Illustrated Glossary of Conservation Terms for Wall Paintings and Architectural Surfaces. WEYER, Angela et al (eds.). 2015. ISBN 978-3-7319-0260-7.

FIALOVÁ 2015:

FIALOVÁ, Anna. Rozpustnost polymerů – podstatné kritérium pro výběr konsolidačních prostředků. *Restaurování a ochrana uměleckých děl*. 2015, s. 56–62.

HANSEN 2007:

HANSEN, Charles M. *Hansen solubility parameters: a user's handbook*. 2. vyd. Boca Raton: CRC Press, 2007. ISBN 0849372488.

HORIE 1987:

HORIE, Charles Velson. *Materials for Conservation: Organic consolidants, adhesives and coatings*. Oxford: Butterworth-Heinemann, 1987. ISBN 0-7506-0881-1.

HORIE 2010:

HORIE, C. V. *Materials for conservation: organic consolidants, adhesives and coatings*. 2. vyd. Boston: Butterworth-Heinemann, 2010. ISBN 0750669055.

KEMPSKI 2010:

KEMPSKI, Mary. The art of tempera retouching. In: ELLISON, Rebecca – SMITHEN, Patricia – TURNBULL, Rachel. *Mixing and matching: approaches to retouching paintings*. London: Archetype Publications in association with the Icon Paintings Group and the British Association of Paintings Conservators-Restorers (BAPCR), 2010, s. 36–46. ISBN 1904982506.

KONECZNY 2010a:

KONECZNY, Peter. An introduction to B72 Retouching Gels. In: ELLISON, Rebecca – SMITHEN, Patricia – TURNBULL, Rachel. *Mixing and matching: approaches to retouching paintings*. London: Archetype Publications in association with the Icon Paintings Group and the British Association of Paintings Conservators-Restorers (BAPCR), 2010, s. 142–147. ISBN 1904982506.

KONECZNY 2010b:

KONECZNY, Peter. Properties of B72 Retouching Gels and their use. In: ELLISON, Rebecca – SMITHEN, Patricia – TURNBULL, Rachel. *Mixing and matching: approaches to retouching paintings*. London: Archetype Publications in association with the Icon Paintings Group and the British Association of Paintings Conservators-Restorers (BAPCR), 2010, s. 148–158. ISBN 1904982506.

KONECZNY 2010c:

KONECZNY, Peter. Properties of pigments, retouching media and their use. In: ELLISON, Rebecca – SMITHEEN, Patricia – TURNBULL, Rachel. *Mixing and matching: approaches to retouching paintings*. London: Archetype Publications in association with the Icon Paintings Group and the British Association of Paintings Conservators-Restorers (BAPCR), 2010, s. 66–73. ISBN 1904982506.

NICOLAUS–WESTPHAL 1999:

NICOLAUS, Knut – WESTPHAL, Christine (ed.). *The restoration of paintings*. Cologne: Könemann, 1999. ISBN 3-89508-922-2.

LANK 1990:

LANK, Herbert. Egg tempera as a retouching medium. In: MILLS, J.S. – SMITH, P. (eds.). *Cleaning Retouching and Coatings: Preprints of the Contributions to the IIC Conference, Brussels*. London: IIC, 1990, s. 156–157.

LOWRY 2010:

LOWRY, Kate. Retouching with Paraloid B-72. In: ELLISON, Rebecca – SMITHEEN, Patricia – TURNBULL, Rachel. *Mixing and matching: approaches to retouching paintings*. London: Archetype Publications in association with the Icon Paintings Group and the British Association of Paintings Conservators-Restorers (BAPCR), 2010, s. 87–91. ISBN 1904982506.

MARINESCU et al. 2014:

MARINESCU, Maria – EMANDI, Ana – DULIO, Octavian G. – STANCULESCU, Ioana – BERCU, Vasile – EMANDI, Ioan. FT-IR, EPR and SEM–EDAX investigation of some accelerated aged painting binders. *Vibrational Spectroscopy*. 2014, 73, s. 37–44.

MASSING 2010:

MASSING, Ann. The history of egg tempera as a retouching medium. In: ELLISON, Rebecca – SMITHEEN, Patricia – TURNBULL, Rachel. *Mixing and matching: approaches to retouching paintings*. London: Archetype Publications in association with the Icon Paintings Group and the British Association of Paintings Conservators-Restorers (BAPCR), 2010, s. 5–17. ISBN 1904982506.

MLEZIVA–ŠŇUPÁREK 2000:

MLEZIVA J. - ŠŇUPÁREK J. *Polymery, výroba, struktura, vlastnosti a použití*. Praha: Sobotáles, 2000.

MORA et al. 1984:

MORA, Paolo – MORA, Laura - PHILIPPOT, Paul. *Conservation of wall paintings*. Boston: Butterworths, 1984. ISBN 0408108126.

OHLÍDALOVÁ et al. 2015:

OHLÍDALOVÁ, M. – KREJČOVÁ, D. – DYTRYCHOVÁ, E. – PAULUSOVÁ, H. – HOSTAŠOVÁ, A. Stabilita barevné vrstvy akvarelu v podmínkách umělého stárnutí. *Koroze a ochrana materiálů*. 2015, 59(2), s. 37–49.

PHENIX 2010:

PHENIX, Alan. The composition and chemismy of eggs and egg tempera. In: ELLISON, Rebecca – SMITHEN, Patricia – TURNBULL, Rachel. *Mixing and matching: approaches to retouching paintings*. London: Archetype Publications in association with the Icon Paintings Group and the British Association of Paintings Conservators-Restorers (BAPCR), 2010, s. 18–35. ISBN 1904982506.

PINTUS et al. 2012a:

PINTUS, Valentina – WEI, Shuya – SCHREINER, Manfred. UV ageing studies: evaluation of lightfastness declaration of commercial acrylic paints. *Analytical and Bioanalytical Chemistry*. 2012, Vol. 402, No. 4, s. 1567–1584.

PINTUS et al. 2012b:

PINTUS, Valentina – WEI, Shuya – SCHREINER, Manfred. Synthetic materials used in modern and contemporary art and their UV ageing properties. In: HRADIL, David – HRADILOVÁ, Janka (eds.) *Acta Artis Academica: Znalost a praxe ve výtvarném umění*. Praha: Akademie výtvarných umění, 2012, s. 171–182.

PINTUS–SCHREINER 2011:

PINTUS, Valentina – SCHREINER, Manfred. Characterization and identification of acrylic binding media: influence of UV light on the ageing proces. *Analytical and Bioanalytical Chemistry*. 2011, Vol. 399, No. 9, s. 2961–2976.

ROPRET et al. 2007:

ROPRET, P. – ZOUBEK, R. – SEVER ŠKAPIN, A. – BUKOVEC, P. Effect of ageing on different binders for retouching and on some binder-pigment combination used for restoration of wall paintings. *Material Characterization*. 2007, 58, s. 1148–1159.

ROUTLEDGE 2000:

ROUTLEDGE, Vincent. The Development of MS2A Reduced Ketone Resin in Painting Conservation. *Waac Newsletter* [online]. 2010, Vol. 22, No. 2 [cit. 2016-06-03]. Dostupné z: <http://cool.conservation-us.org/waac/wn/wn22/wn22-2/wn22-206.html>.

SLÁNSKÝ 1976:

SLÁNSKÝ, Bohuslav. *Technika v malířské tvorbě: malířský a restaurátorský materiál*. 2., nezměněn. vyd. Praha: SNTL, 1973. Polytechnická knihnice. Technický výběr do kapsy.

SLÁNSKÝ 2003a:

SLÁNSKÝ, Bohuslav. *Technika malby, díl I – malířský a konzervační materiál*. Vyd. 2. Praha: Paseka, 2003. ISBN 80-7185-624-X.

SLÁNSKÝ 2003b:

SLÁNSKÝ, Bohuslav. *Technika malby, díl II – průzkum a restaurování obrazů*. Vyd. 2. Praha: Paseka, 2003. ISBN 80-7185-623-1.

STONER–RUSHFIELD 2012:

STONER, Joyce Hill - RUSHFIELD, Rebecca Anne. *The conservation of easel paintings*. New York, NY: Routledge, 2012. ISBN 9780080941691.

ŠIMŮNKOVÁ–BAYEROVÁ 2008:

ŠIMŮNKOVÁ, Eva – BAYEROVÁ, Tatjana. *Pigmenty*. 2., dopl. vyd. Praha: STOP, Společnost pro technologie ochrany památek, 2008. ISBN 978-80-86657-11-0.

ŠOTEK 2014:

ŠOTEK, Ladislav. *Mariánské poutní místo Klokoty u Tábora*. Vyd. 2. Vranov nad Dyjí: A.M.I.M.S., 2014.

ZELINGER 1987:

ZELINGER, Jiří. *Chemie v práci konzervátora a restaurátora*. 2. Přepřacované a doplněné vydání. Praha: Academia, 1987.

4.2 Seznam použitých pramenů

BAYER 2010–2014:

BAYER, Karol. *Přírodní látky - přírodní pojiva*. Přednášky k výuce předmětu: Technologie restaurování a konzervace. Litomyšl, 2010–2014. Univerzita Pardubice. Fakulta restaurování.

EGER 2006:

EGER, Claudia. *Die traditionelle „Wiener Retusche“ am Beispiel des Barockgemäldes „Blumenstilleben mit Kaninchen“ von Franz Werner von Tamm*. Wien, 2005. Diplomarbeit. Universität für angewandte Kunst Wien. Institut für Konservierungswissenschaften und Restaurierung – Technologie. Ordinariat für Konservierung und Restaurierung.

Gamblin Conservation Colors – technický list:

Gamblin Conservation Colors. Technický list. In: *Gamblin Conservation Colors* [online]. [cit. 2016-06-04]. Dostupné z: <http://www.conservationcolors.com/colors.html>.

Golden PVA Conservation Paints – technický list:

Golden PVA Conservation Paints. Technický list. In: *Kremer Pigmente* [online]. [cit. 2016-07-16]. Dostupné z: http://www.kremer-pigmente.com/media/files_public/GO00010-GO00407-PVAe.pdf.

GLOMBOVÁ 2016:

GLOMBOVÁ, Barbora. *Restaurování polychromované sochy sv. Václava z národního muzea; Odolnost retušovacích prostředků vůči stárnutí*. Litomyšl, 2016. Diplomová práce. Univerzita Pardubice. Fakulta restaurování. Vedoucí práce Mgr. art. Jakub Ďoubal, Ph.D.

Laropal A 81 – technický list:

Laropal A 81. Technický list. In: *Basf* [online]. 2010, [cit. 2016-06-04]. Dostupné z: http://worldaccount.basf.com/wa/NAFTA/Catalog/FunctionalPolymers/doc4/BASF/PRD/30041405/.pdf?asset_type=ti/pdf&language=EN&urn=urn:documentum:eCommerce_sol_EU:09007bb28008474f.pdf.

LAUTERKRANC 2012:

LAUTERKRANC, Jiří. *Teoretická část diplomové práce: Portrét oficíra ze Švihova: restaurování a průzkum*. Praha, 2012. Diplomová práce. Akademie výtvarných umění v Praze. Vedoucí práce: Prof. Karel Stretti.

Maimeri Titanium White – technický list:

Maimeri Titanium White. Technický list. In: *Kremer Pigmente* [online]. 2003, [cit. 2016-07-16]. Dostupné z: http://www.kremer-pigmente.com/media/files_public/MA018e.pdf.

Medium for Consolidation – technický list:

LASCAUX® Medium for Consolidation. Technický list. In: *Kremer Pigmente* [online]. [cit. 2016-07-16]. Dostupné z: http://www.kremer-pigmente.com/media/files_public/81012e.pdf.

Mowiol – technický list:

Kuraray Poval & Exceval. Technický list. In: *Kuraray* [online]. 2016, [cit. 2016-07-16]. Dostupné z: http://www.kuraray.eu/fileadmin/Downloads/Poval/technical_data_sheets/TDS_KURARAYPOVAL_ENGLISH_1.6.2016.pdf.

MUSSINI:

MUSSINI: Series 10. Informační list. In: *Schmincke* [online]. [cit. 2016-07-16]. Dostupné z: http://www.schmincke.de/fileadmin/downloads/pdf/Broschueren_2015/MUSSINI_D_GB_150923_web.pdf.

Nařízení vlády č. 9/2013 Sb:

ČESKO. Nařízení vlády č. 9/2013 Sb. ze dne 20. 12. 2013, kterým se mění nařízení vlády č. 361/2007 Sb., kterým se stanoví podmínky ochrany zdraví při práci, ve znění pozdějších předpisů. In: *Sbírka zákonů České republiky*, 2013. Dostupný také z: <http://www.zakonyprolidi.cz/cs/2013-9>.

OTMAROVÁ 2010:

OTMAROVÁ, Alena. *Studium vzniku solí mastných kyselin při urychleném stárnutí barevné vrstvy*. Praha, 2010. Diplomová práce. Vysoká škola chemicko-technologická v Praze. Fakulta chemicko-technologická. Ústav chemické technologie restaurování památek. Vedoucí práce Ing. Miroslava Novotná, CSc.

Uhličitan amonný – bezpečnostní list:

Uhličitan amonný. Bezpečnostní list. In: *Penta* [online]. 2010, [cit. 2016-07-16]. Dostupné z: http://www.pentachemicals.eu/bezp_listy/u/bezplist_335.pdf.

Series 10 MUSSINI – technický list:

Series 10 MUSSINI. Technický list. In: *Schmincke* [online]. 2014, [cit. 2016-07-16]. Dostupné z: http://www.schmincke.de/fileadmin/SDB/Englisch/10_000_000_MUSSINI_GB.pdf.

VOJTĚCHOVSKÝ 2005:

VOJTĚCHOVSKÝ Jan. *Magisterská diplomová práce: Vánoční vize sv. Kajetána*. Bratislava, 2005. Diplomová práce. Vysoká škola výtvarných umení v Bratislavě. Katedra reštaurovania. Vedoucí práce Akad. mal. Veronika Gabčová.

ZELINGER 1994:

ZELINGER, Jiří. *Rozpouštědla v konzervaci a restaurování uměleckých děl*. Studijní text k přednáškám z předmětu: Koroze a konzervace organických materiálů památek. Praha: Ústav chemické technologie VŠCHT, 1994.

4.3 Databáze a internetové zdroje

Artiscreation.com

Conservationcolors.com

Jstor.org

Kremer-pigmente.com

Kuraray.eu

Pentachemicals.eu

Q-lab.com

Maimeri.it

Sciencedirect.com

Schmincke.de

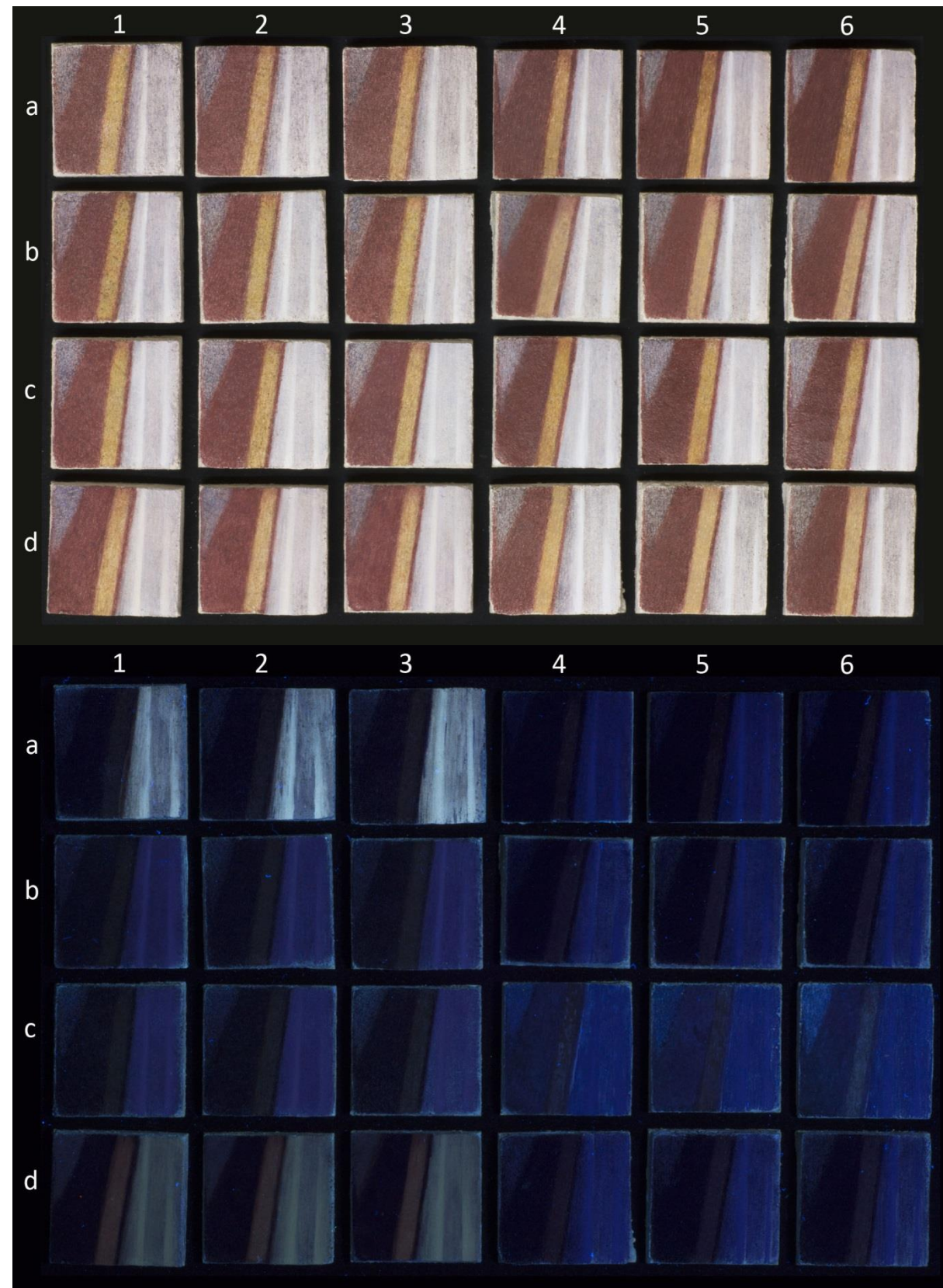
Springer.com

Winsornewton.com

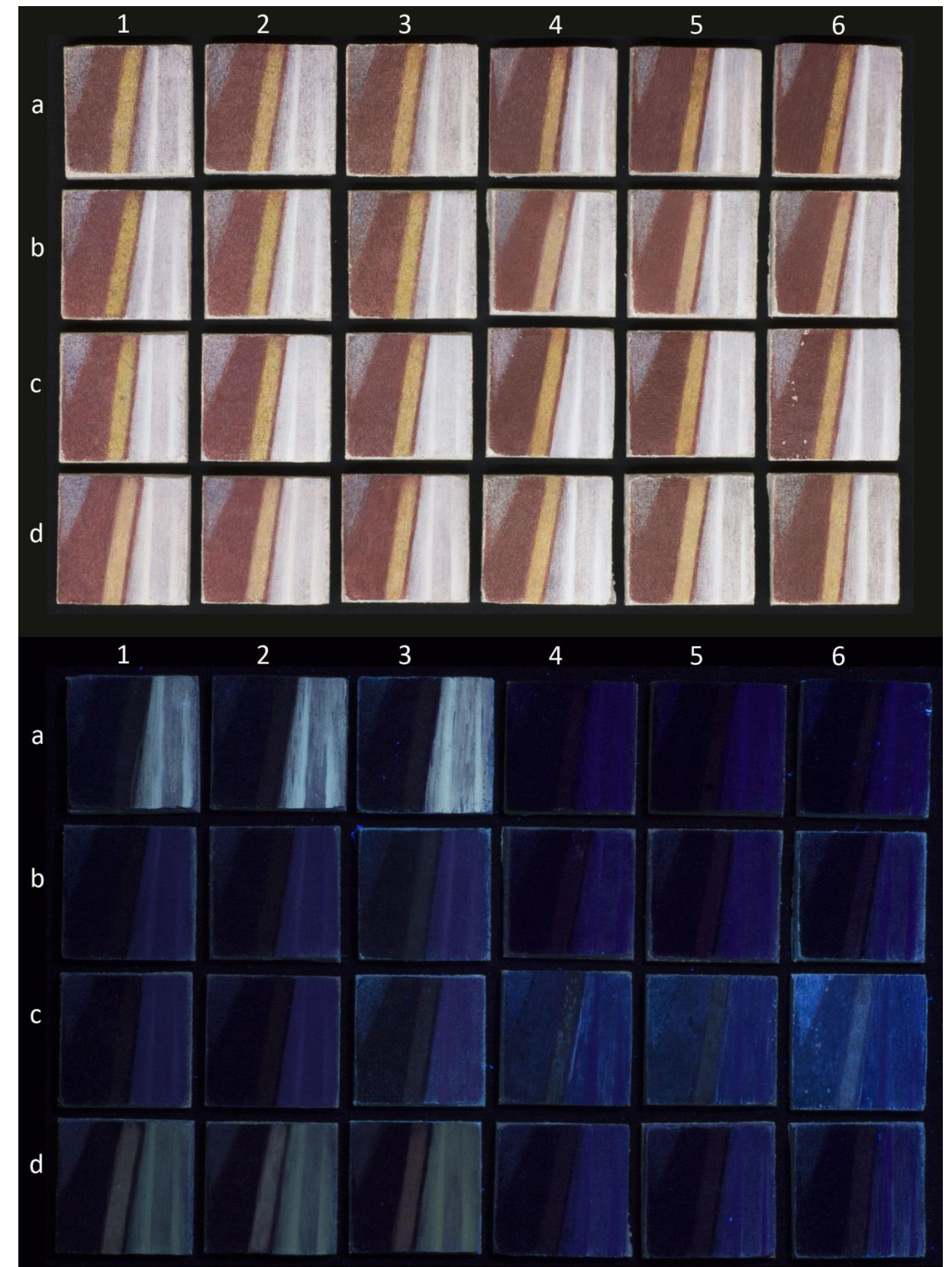
Worldaccount.basf.com

5 Obrazová příloha

Všechny retušovací prostředky a techniky

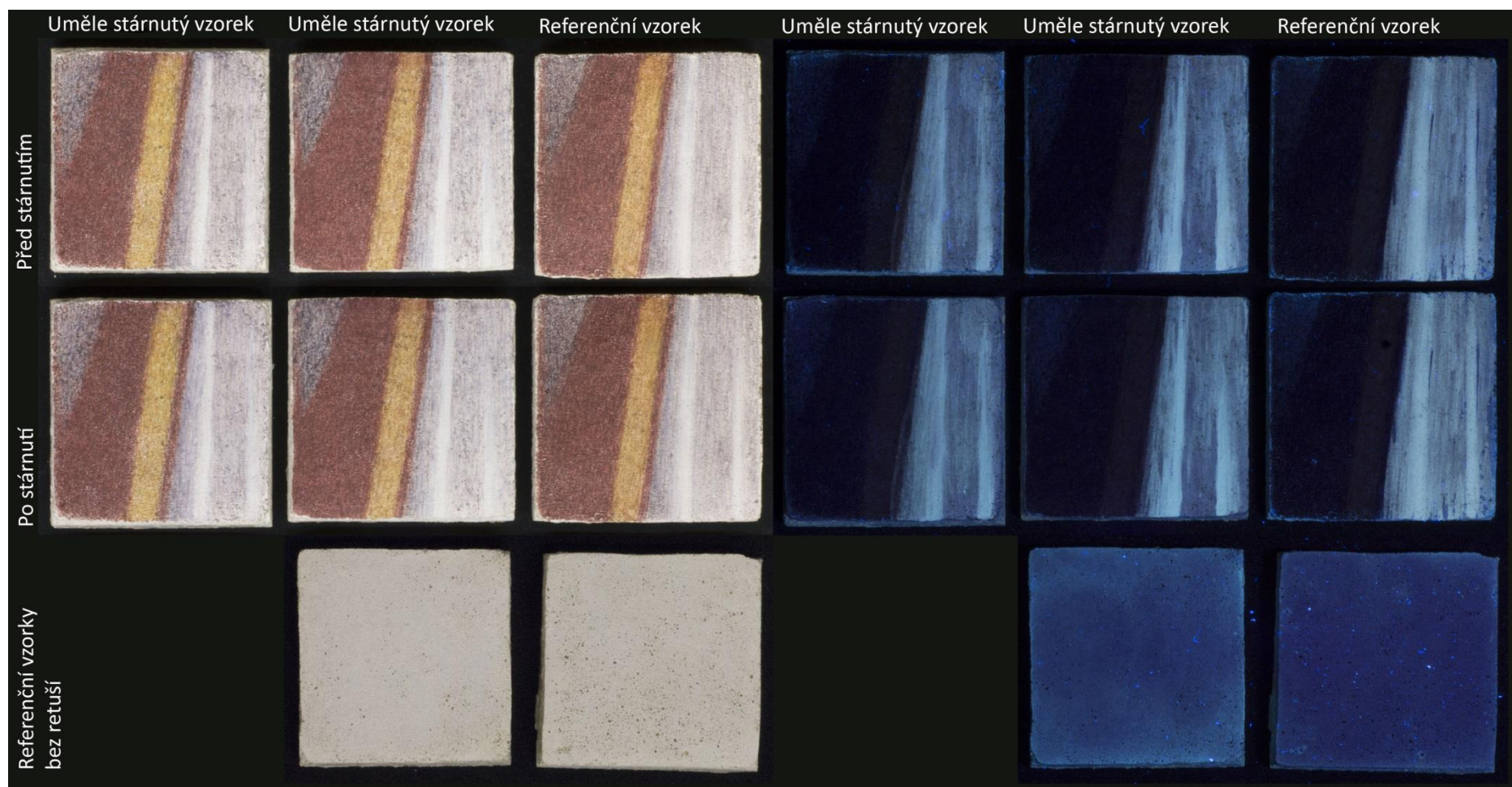


Obr. 21: Všechny vybrané retušovací prostředky a techniky před umělým stárnutím ve viditelném světle a v UV záření. A1 – A3 akvarelové barvy Winsor & NewtonTM; B1 – B3 kombinovaná technika – akvarelové barvy Winsor & NewtonTM, dokončení olejoprskyřičnými barvami Schmincke MUSSINI®; C1 – C3 olejoprskyřičné barvy Schmincke MUSSINI®; D1 – D3 kombinovaná technika – akvarelové barvy Winsor & NewtonTM, dokončení prskyřičnými barvami Maimeri Restauro; A4 – A6 práškové pigmenty pojené roztokem akrylátového kopolymeru ParaloidTM B-72; B4 – B6 práškové pigmenty pojené akrylátovou disperzí Dispersion K9; C4 – C6 vaječná tempera; D4 – D6 práškové pigmenty pojené polyvinylalkoholem Mowiol 4-88.



Obr. 22: Všechny vybrané retušovací prostředky a techniky po umělém stárnutí ve viditelném světle a v UV záření. A1 – A3 akvarelové barvy Winsor & NewtonTM; B1 – B3 kombinovaná technika – akvarelové barvy Winsor & NewtonTM, dokončení olejoprskyřičnými barvami Schmincke MUSSINI®; C1 – C3 olejoprskyřičné barvy Schmincke MUSSINI®; D1 – D3 kombinovaná technika – akvarelové barvy Winsor & NewtonTM, dokončení prskyřičnými barvami Maimeri Restauro; A4 – A6 práškové pigmenty pojené roztokem akrylátového kopolymeru ParaloidTM B-72; B4 – B6 práškové pigmenty pojené akrylátovou disperzí Dispersion K9; C4 – C6 vaječná tempera; D4 – D6 práškové pigmenty pojené polyvinylalkoholem Mowiol 4-88.

Akvarelové barvy Winsor & NewtonTM Artists' Water Colour



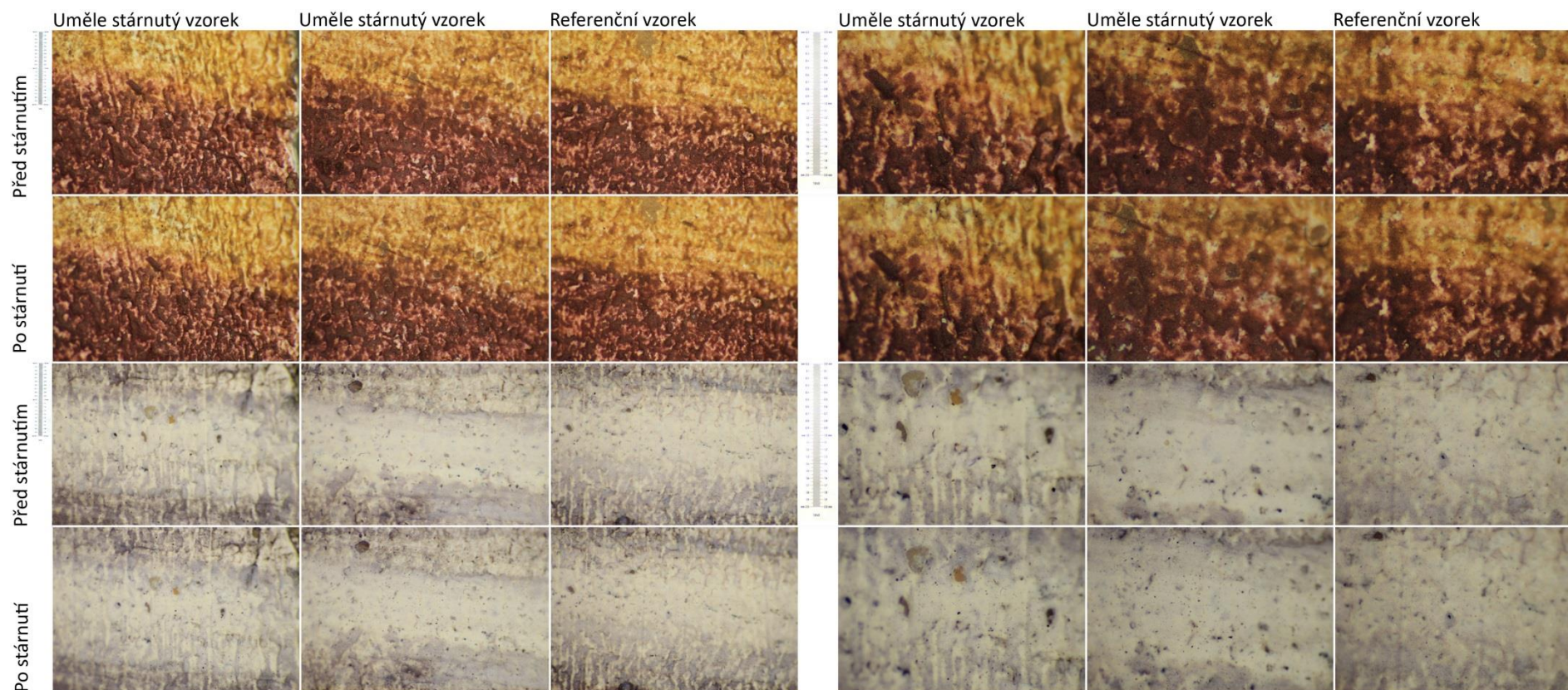
Obr. 23: Zkušební tělíska s retuší provedenou akvarelovými barvami Winsor & NewtonTM Water Color před a po umělem stárnutí. Vlevo fotografie v umělém bílém světle, vpravo fotografie pořízené v UV záření. 103

Akvarelové barvy Winsor & NewtonTM Artists' Water Colour



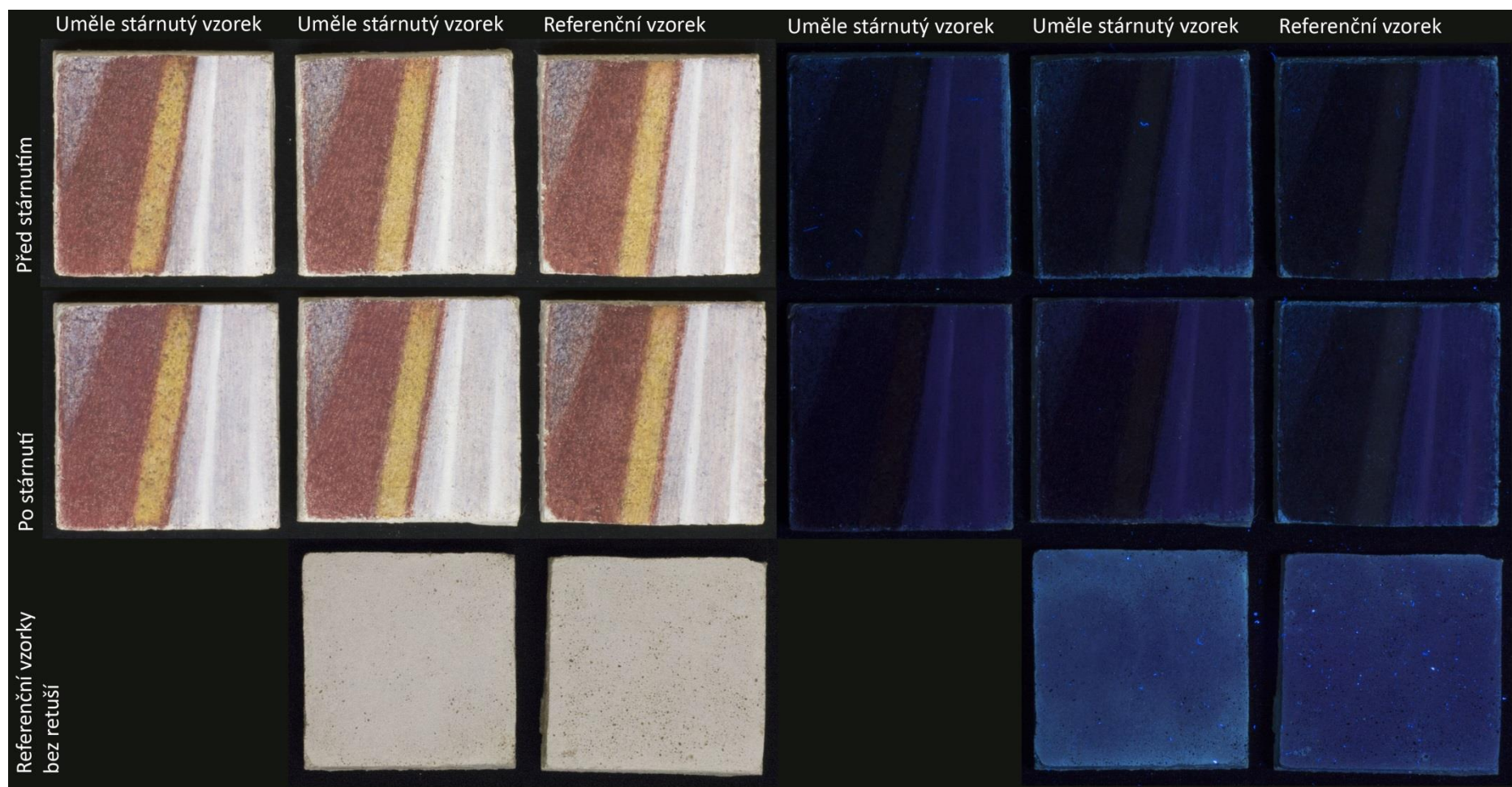
Obr. 24: Zkušební tělíska s retuší provedenou akvarelovými barvami Winsor & NewtonTM Water Color před a po umělém stárnutí. Snímky z optického mikroskopu při zvětšení 8,3 ×.

Akvarelové barvy Winsor & NewtonTM Artists' Water Colour



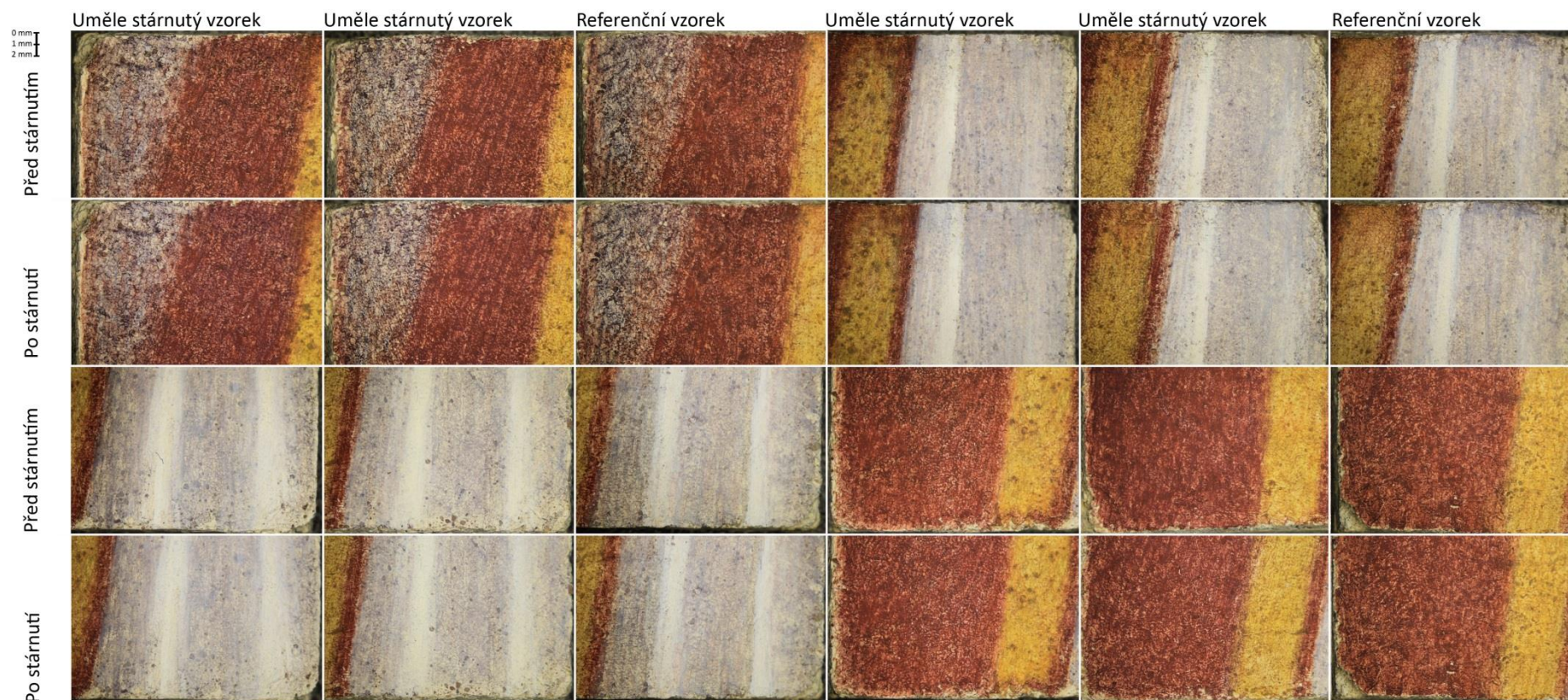
Obr. 25: Zkušební tělíska s retuší provedenou akvarelovými barvami Winsor & NewtonTM Water Color před a po umělém stárnutí. Snímky z optického mikroskopu při zvětšení 20 × (vlevo) a 40 × (vpravo).

Kombinovaná technika – akvarelové barvy Winsor & Newton™ Artists' Water Colour + olejoprskyřičné barvy Schmincke MUSSINI®



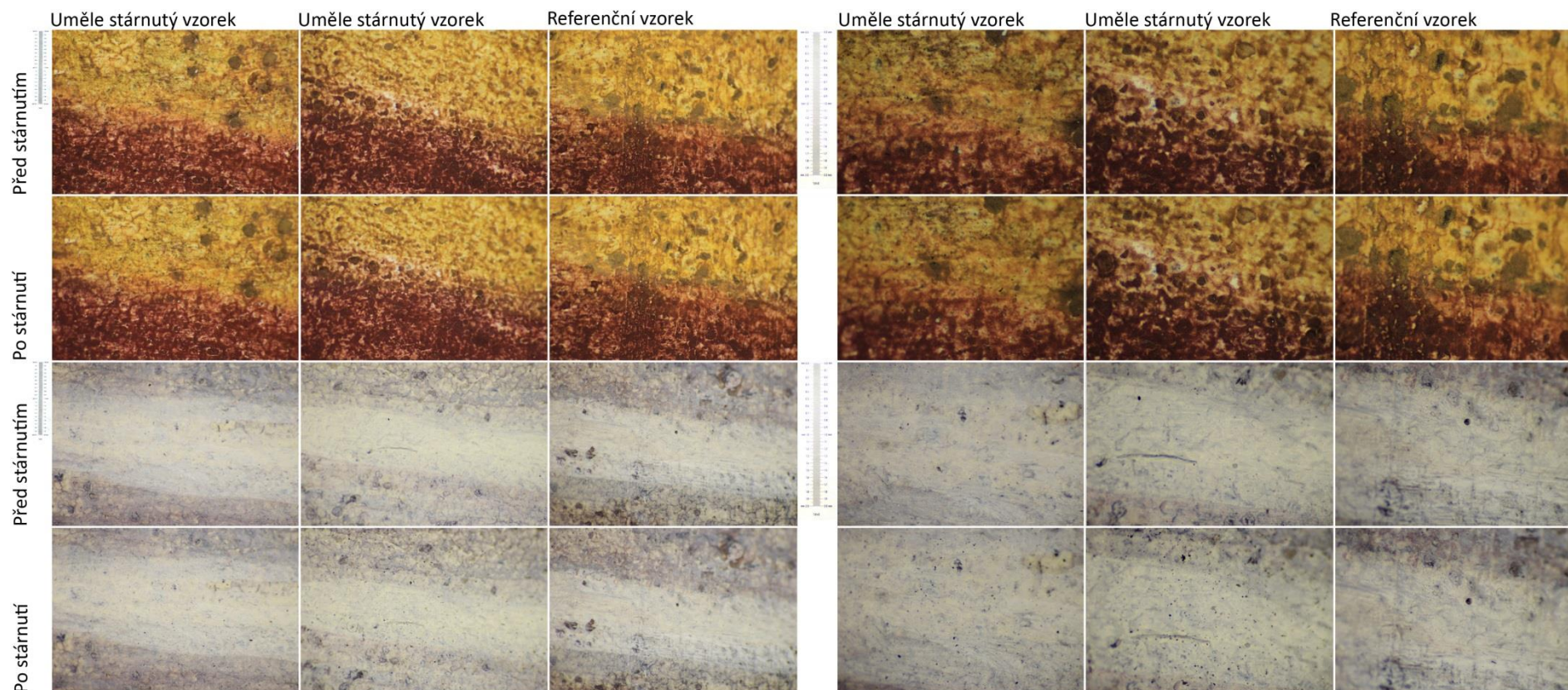
Obr. 26: Zkušební tělíska s retuší provedenou akvarelovými barvami Winsor & Newton™ Water Color a olejoprskyřičnými barvami Schmincke MUSSINI® před a po umělém stárnutí. Vlevo fotografie v umělém bílém světle, vpravo fotografie pořízené v UV záření. 106

Kombinovaná technika – akvarelové barvy Winsor & Newton™ Artists' Water Colour + olejoprskyřičné barvy Schmincke MUSSINI®



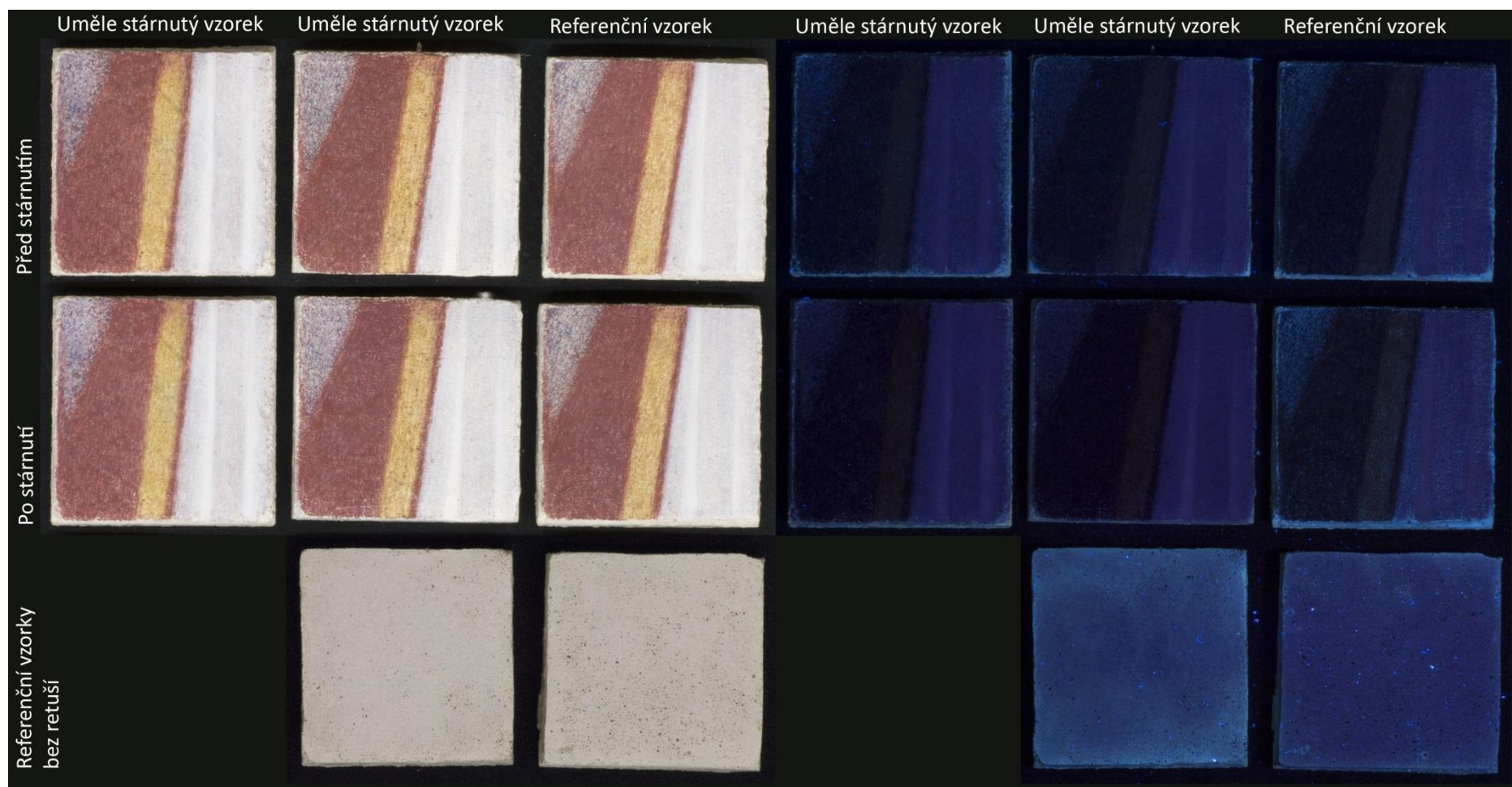
Obr. 27: Zkušební tělíska s retuší provedenou akvarelovými barvami Winsor & Newton™ Water Color a olejoprskyřičnými barvami Schmincke MUSSINI® před a po umělém stárnutí. Snímky z optického mikroskopu při zvětšení 8,3 ×.

Kombinovaná technika – akvarelové barvy Winsor & NewtonTM Artists' Water Colour + olejoprskyřičné barvy Schmincke MUSSINI®



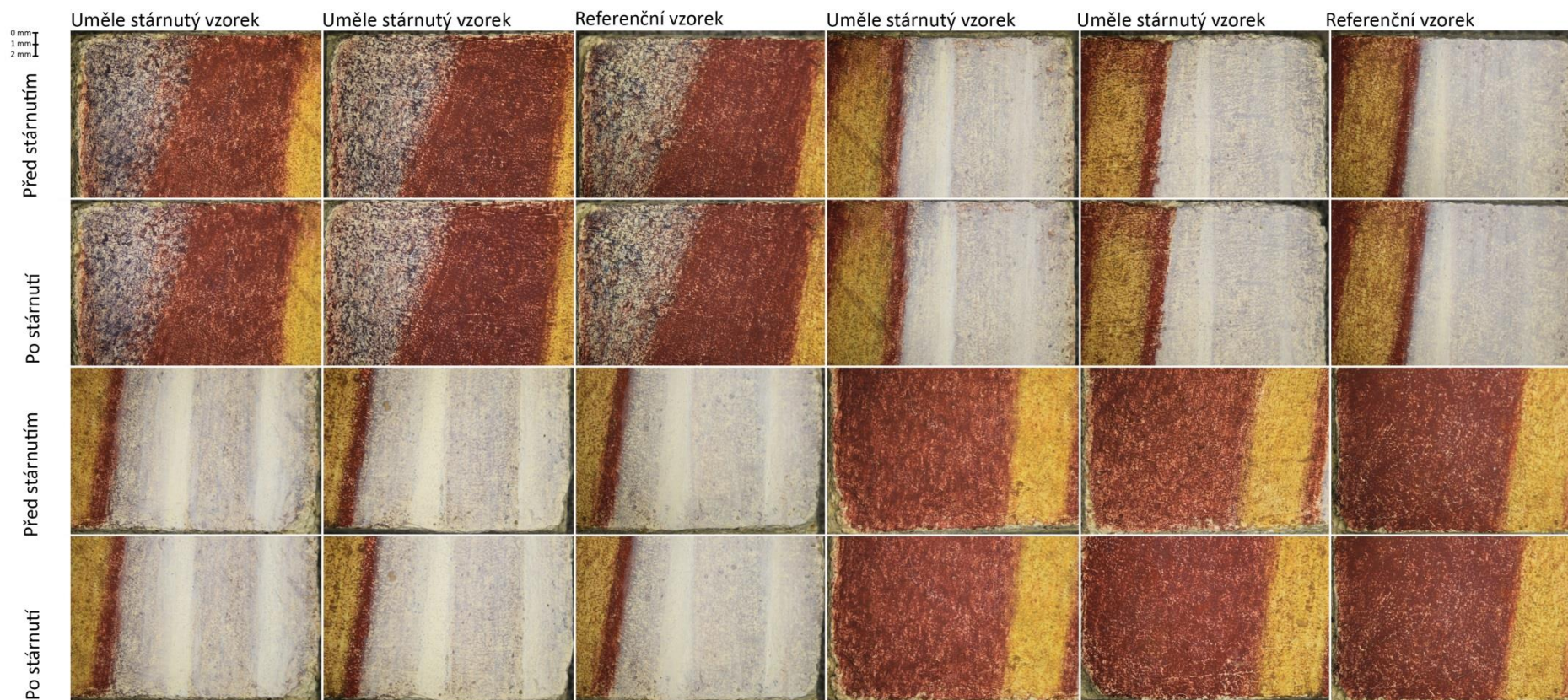
Obr. 28: Zkušební tělíska s retuší provedenou akvarelovými barvami Winsor & NewtonTM Water Color a olejoprskyřičnými barvami Schmincke MUSSINI® před a po umělém stárnutí. Snímky z optického mikroskopu při zvětšení 20 × (vlevo) a 40 × (vpravo).

Olejpryskyřičné barvy *Schmincke MUSSINI*®



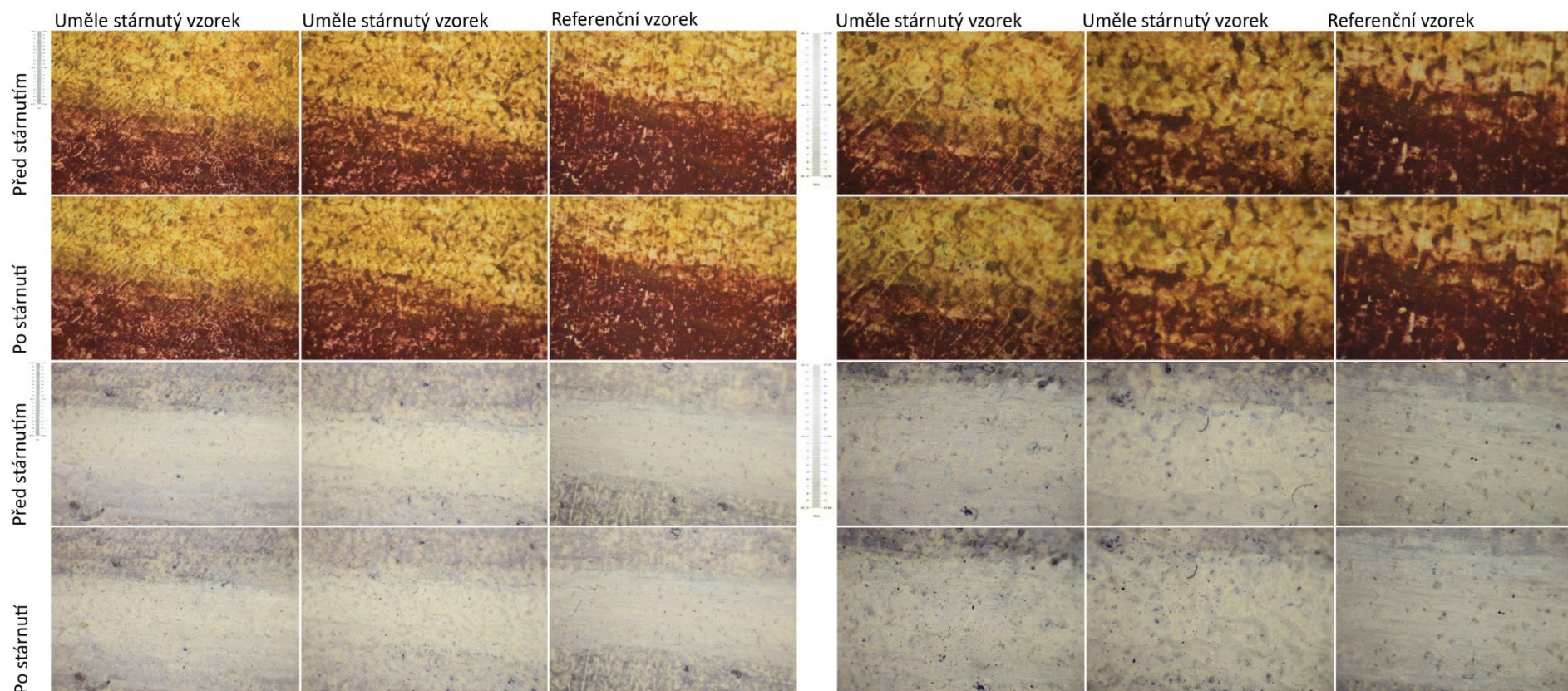
Obr. 29: Zkušební tělíska s retuší provedenou olejpryskyřičnými barvami *Schmincke MUSSINI*® před a po umělém stárnutí. Vlevo fotografie v umělém bílém světle, vpravo fotografie pořízené v UV záření. 109

Olejoprskyřičné barvy *Schmincke MUSSINI*®



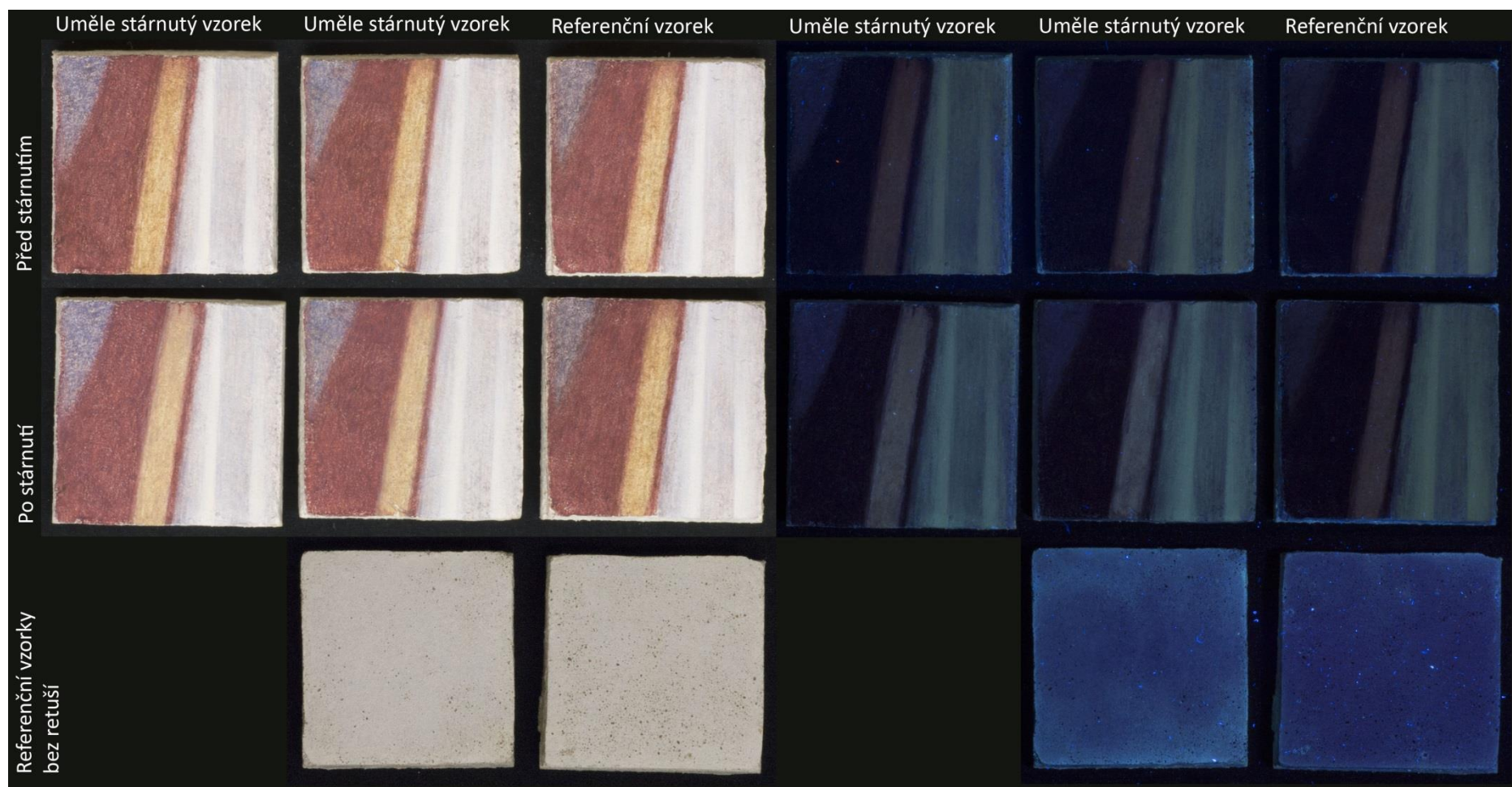
Obr. 30: Zkušební tělíska s retuší provedenou olejoprskyřičnými barvami *Schmincke MUSSINI*® před a po umělém stárnutí. Snímky z optického mikroskopu při zvětšení 8,3 ×.

Olejoprskyřičné barvy *Schmincke MUSSINI*®



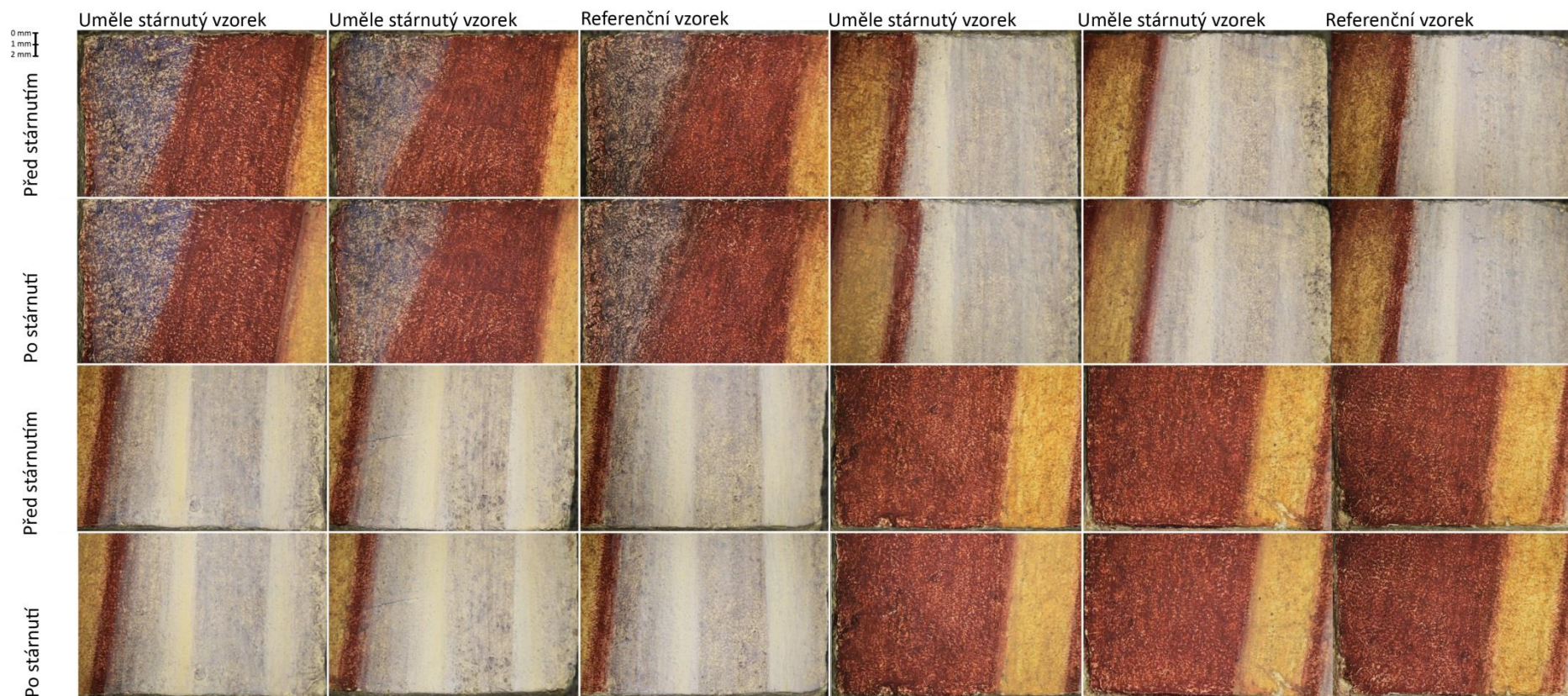
Obr. 31: Zkušební tělíska s retuší provedenou olejoprskyřičnými barvami *Schmincke MUSSINI*® před a po umělém stárnutí. Snímky z optického mikroskopu při zvětšení 20 × (vlevo) a 40 × (vpravo).

Kombinovaná technika – akvarelové barvy Winsor & Newton™ Artists' Water colour + pryskyřičné barvy Maimeri Restauro



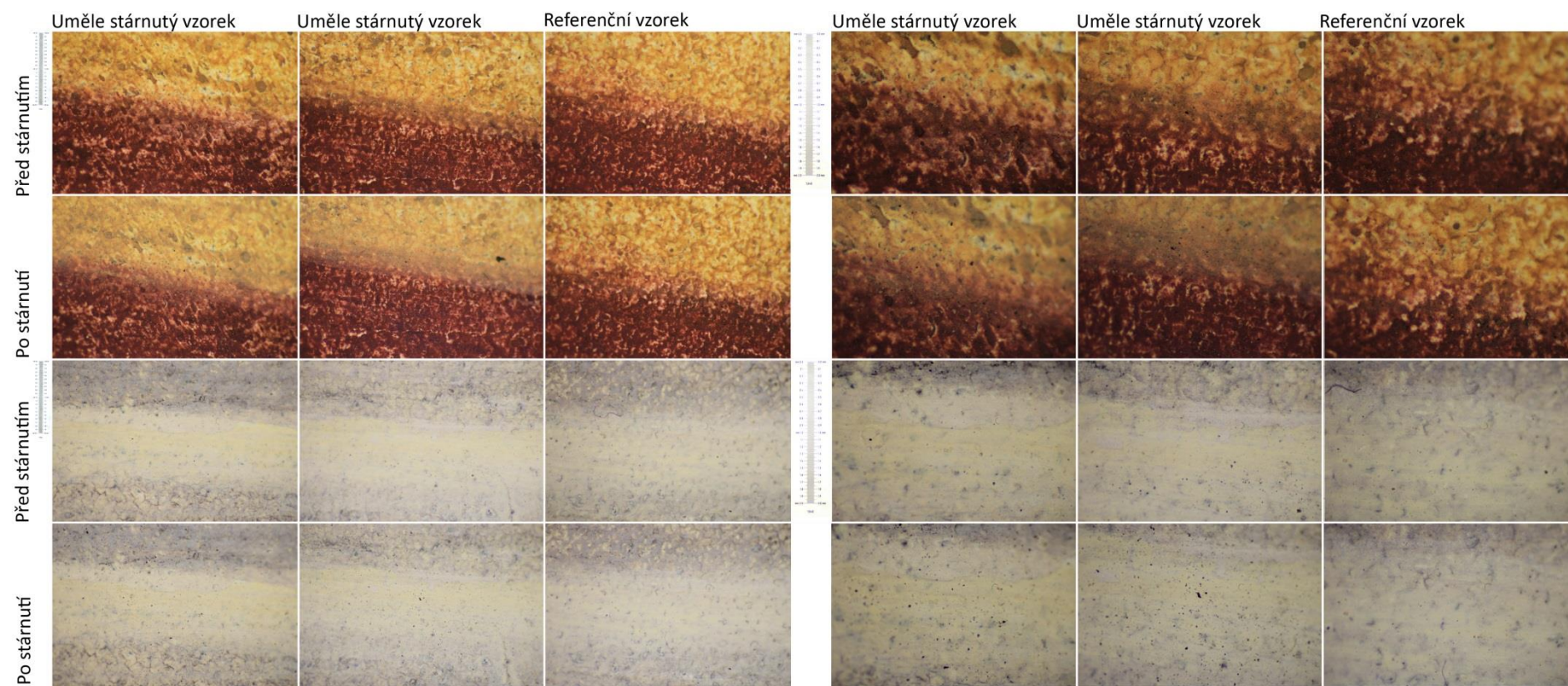
Obr. 32: Zkušební tělíska s retuší provedenou akvarelovými barvami Winsor & Newton™ Water Color a opryskyřičnými barvami Maimeri Restauro před a po umělem stárnutí. Vlevo fotografie v umělém bílém světle, vpravo fotografie pořízené v UV záření. 112

Kombinovaná technika – akvarelové barvy Winsor & Newton™ Artists' Water Colour + pryskyřičné barvy Maimeri Restauro



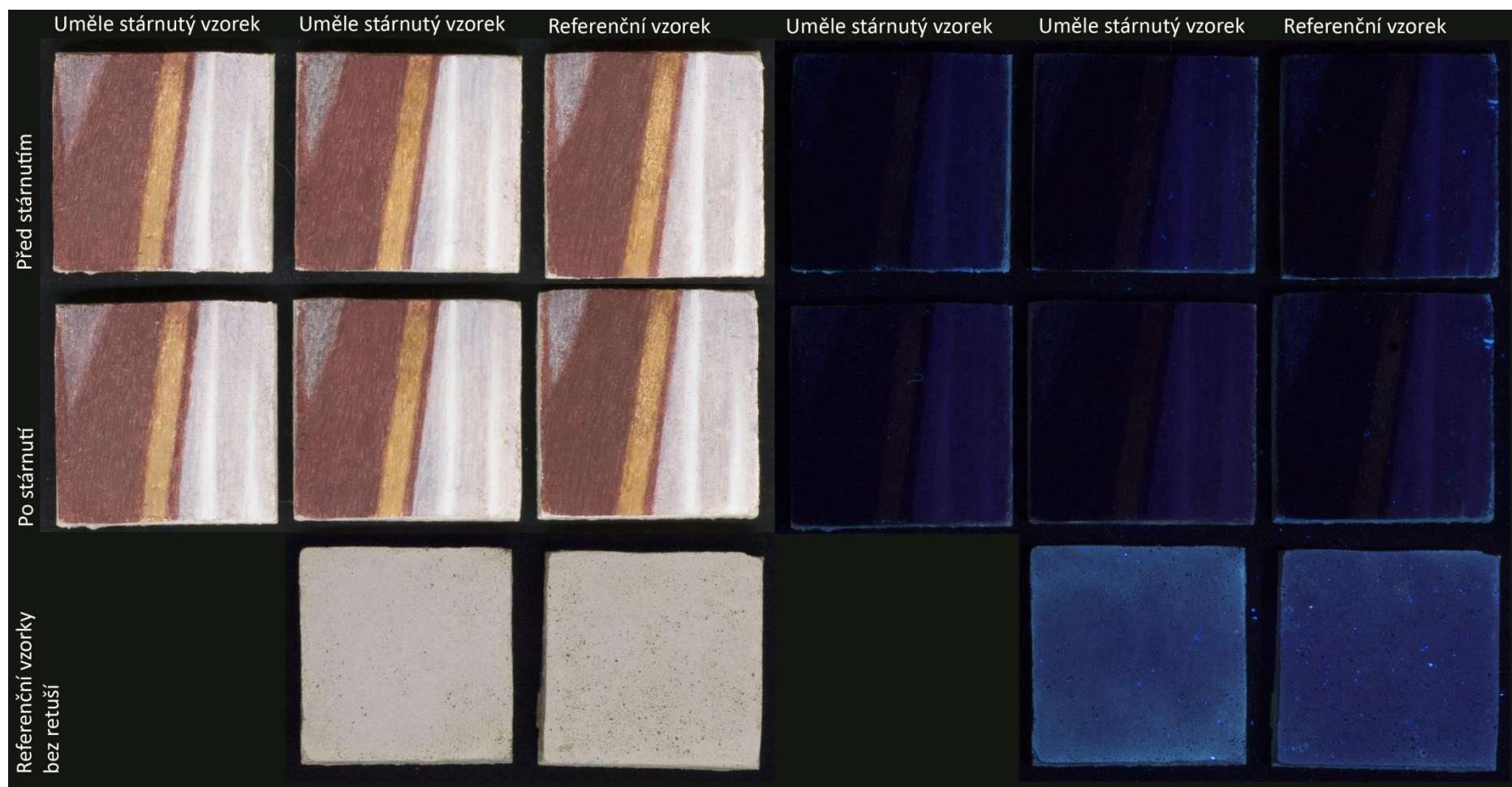
Obr. 33: Zkušební tělíska s retuší provedenou akvarelovými barvami Winsor & Newton™ Water Color a pryskyřičnými barvami Maimeri Restauro před a po umělém stárnutí. Snímky z optického mikroskopu při zvětšení 8,3 ×.

Kombinovaná technika – akvarelové barvy Winsor & Newton™ Artists' Water Colour + pryskyřičné barvy Maimeri Restauro



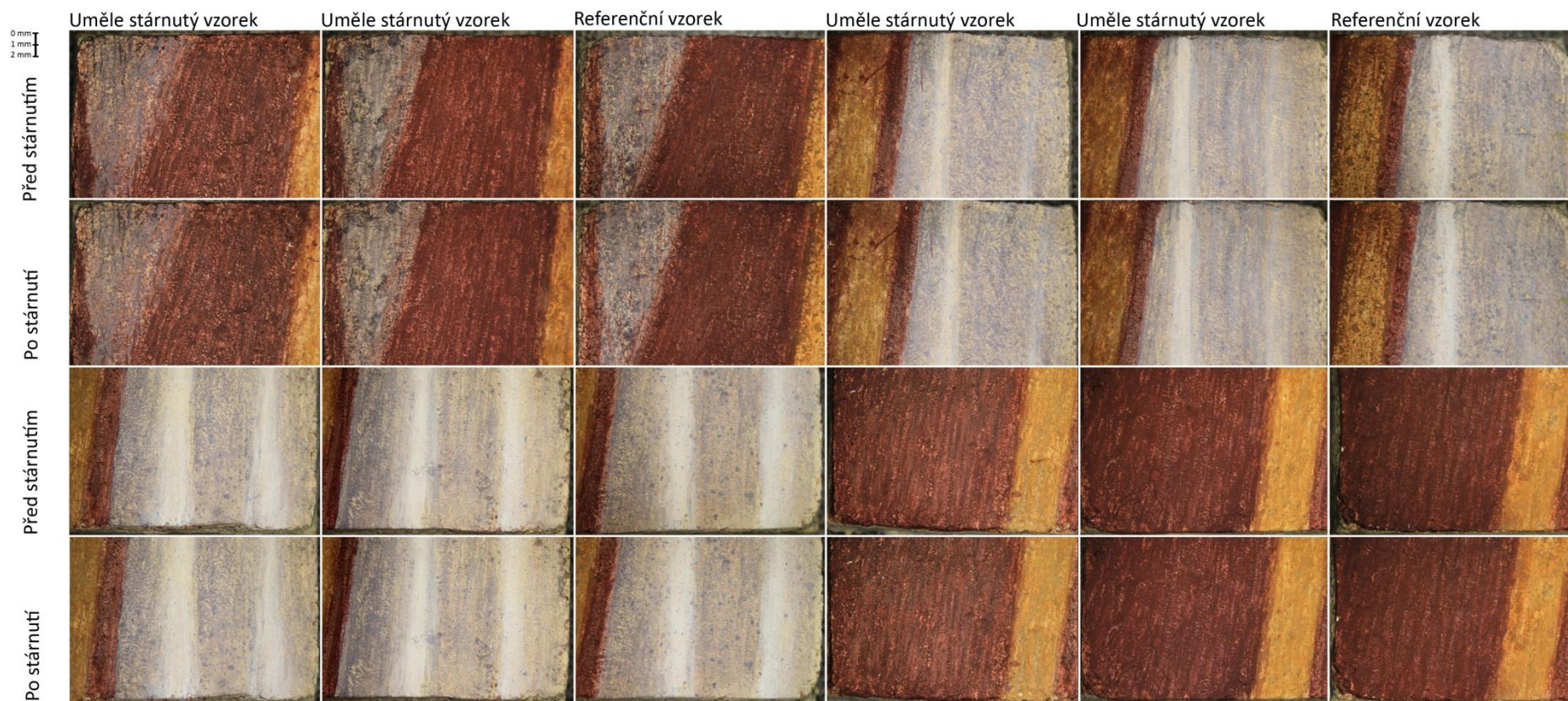
Obr. 34: Zkušební tělíska s retuší provedenou akvarelovými barvami Winsor & Newton™ Water Color a pryskyřičnými barvami Maimeri Restauro před a po umělém stárnutí. Snímky z optického mikroskopu při zvětšení 20 × (vlevo) a 40 × (vpravo).

Práškové pigmenty pojené roztokem akrylátového kopolymeru *Paraloid™ B-72*



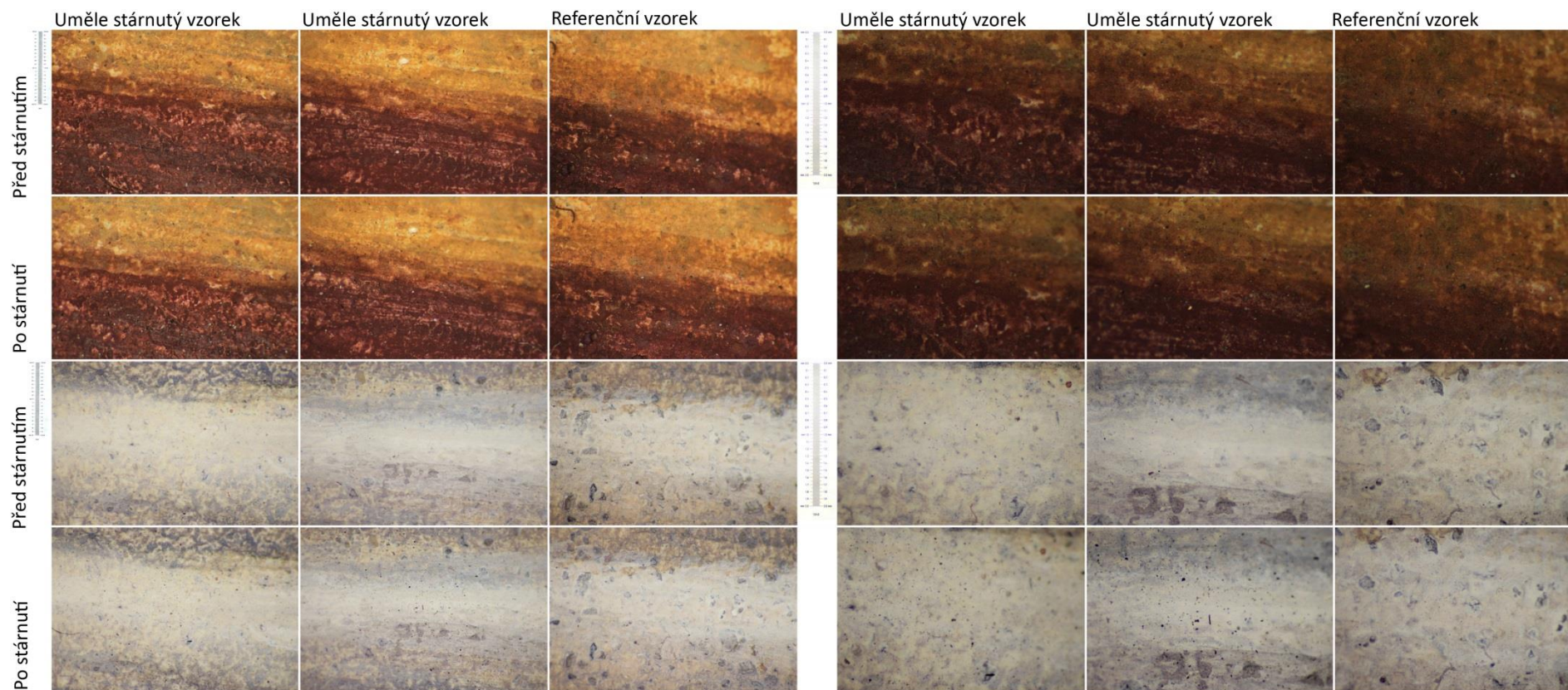
Obr. 35: Zkušební tělíska s retuší barvami z práškových pigmentů pojených roztokem akrylátového kopolymeru *Paraloid™ B-72* před a po umělém stárnutí. Vlevo fotografie v umělém bílém světle, vpravo fotografie pořízené v UV záření. 115

Práškové pigmenty pojené roztokem akrylátového kopolymeru *Paraloid™ B-72*



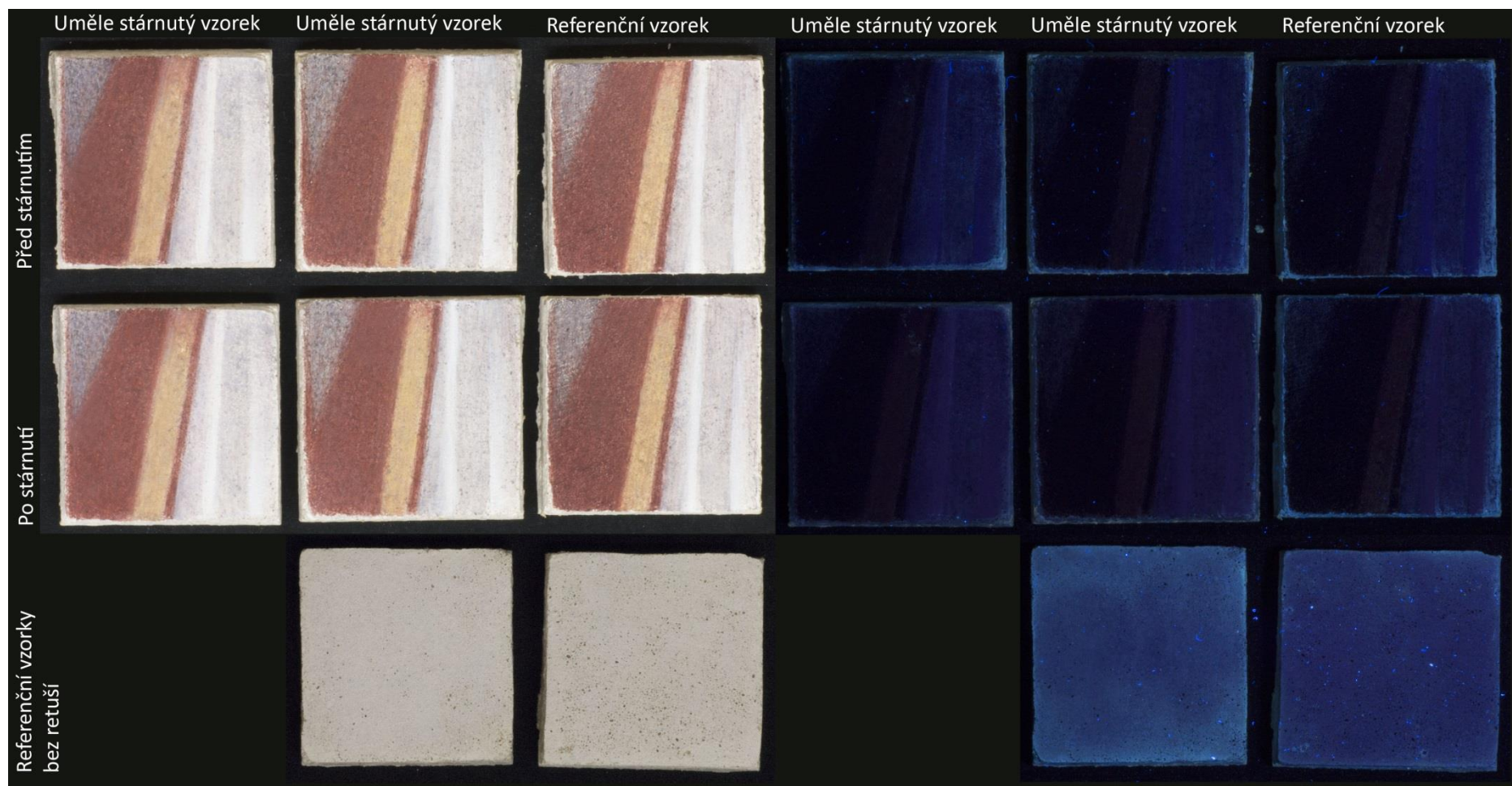
Obr. 36: Zkušební tělíska s retuší barvami z práškových pigmentů pojených roztokem akrylátového kopolymeru *Paraloid™ B-72* před a po umělém stárnutí. Snímky z optického mikroskopu při zvětšení 8,3 ×.

Práškové pigmenty pojené roztokem akrylátového kopolymeru *Paraloid™ B-72*



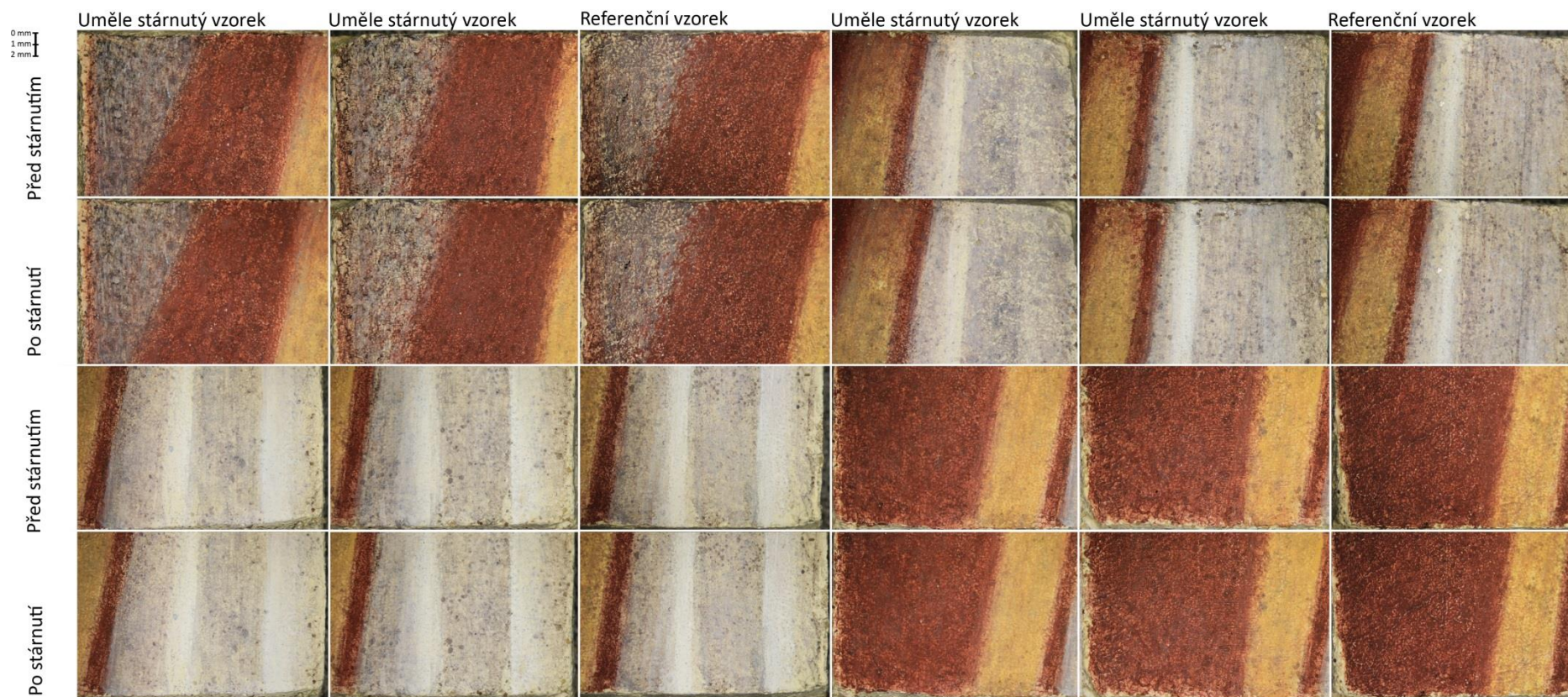
Obr. 37: Zkušební tělíčka s retuší barvami z práškových pigmentů pojených roztokem akrylátového kopolymeru *Paraloid™ B-72* před a po umělém stárnutí. Snímky z optického mikroskopu při zvětšení 20 × (vlevo) a 40 × (vpravo).

Práškové pigmenty pojené akrylátovou disperzí *Dispersion K9*



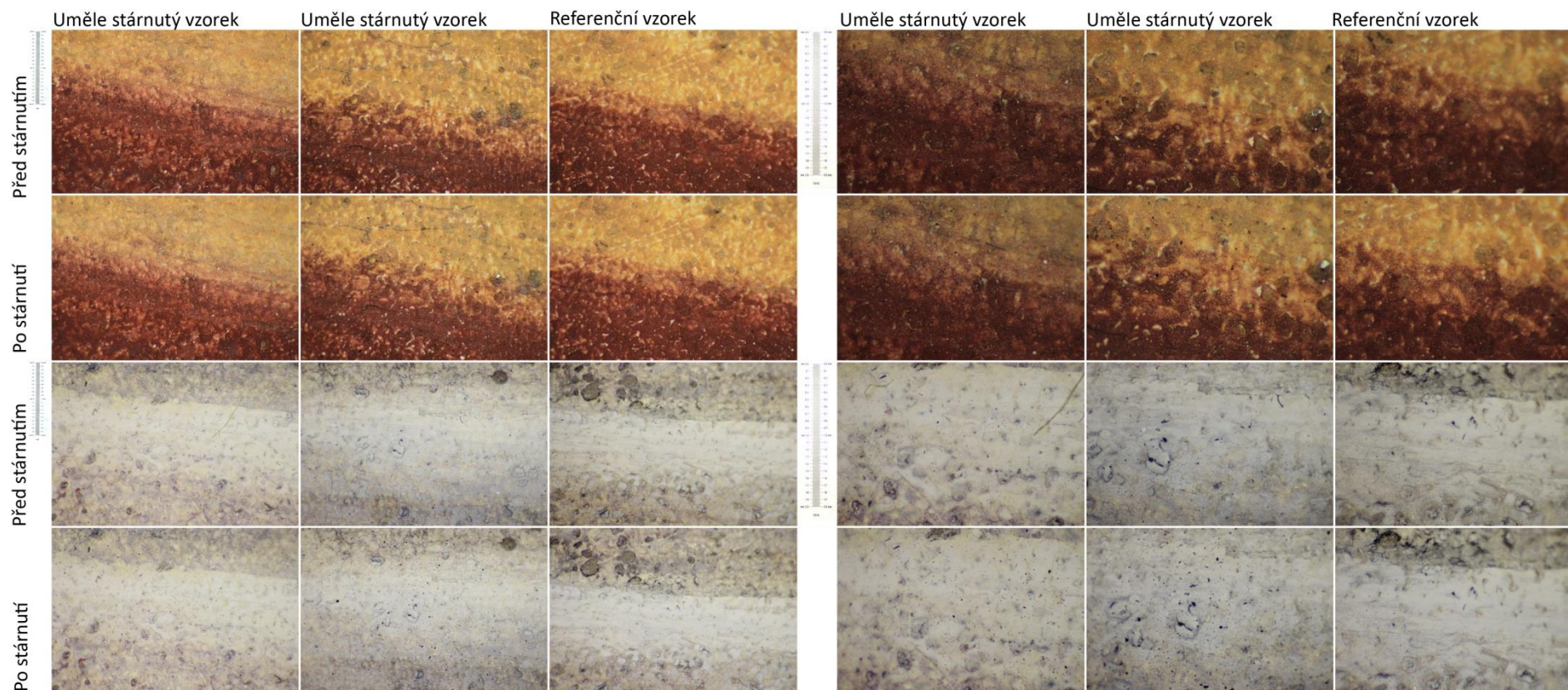
Obr. 38: Zkušební tělíska s retuší barvami z práškových pigmentů pojených akrylátovou disperzí *Dispersion K9* před a po umělém stárnutí. Vlevo fotografie v umělém bílém světle, vpravo fotografie pořízené v UV záření. 118

Práškové pigmenty pojené akrylátovou disperzí *Dispersion K9*



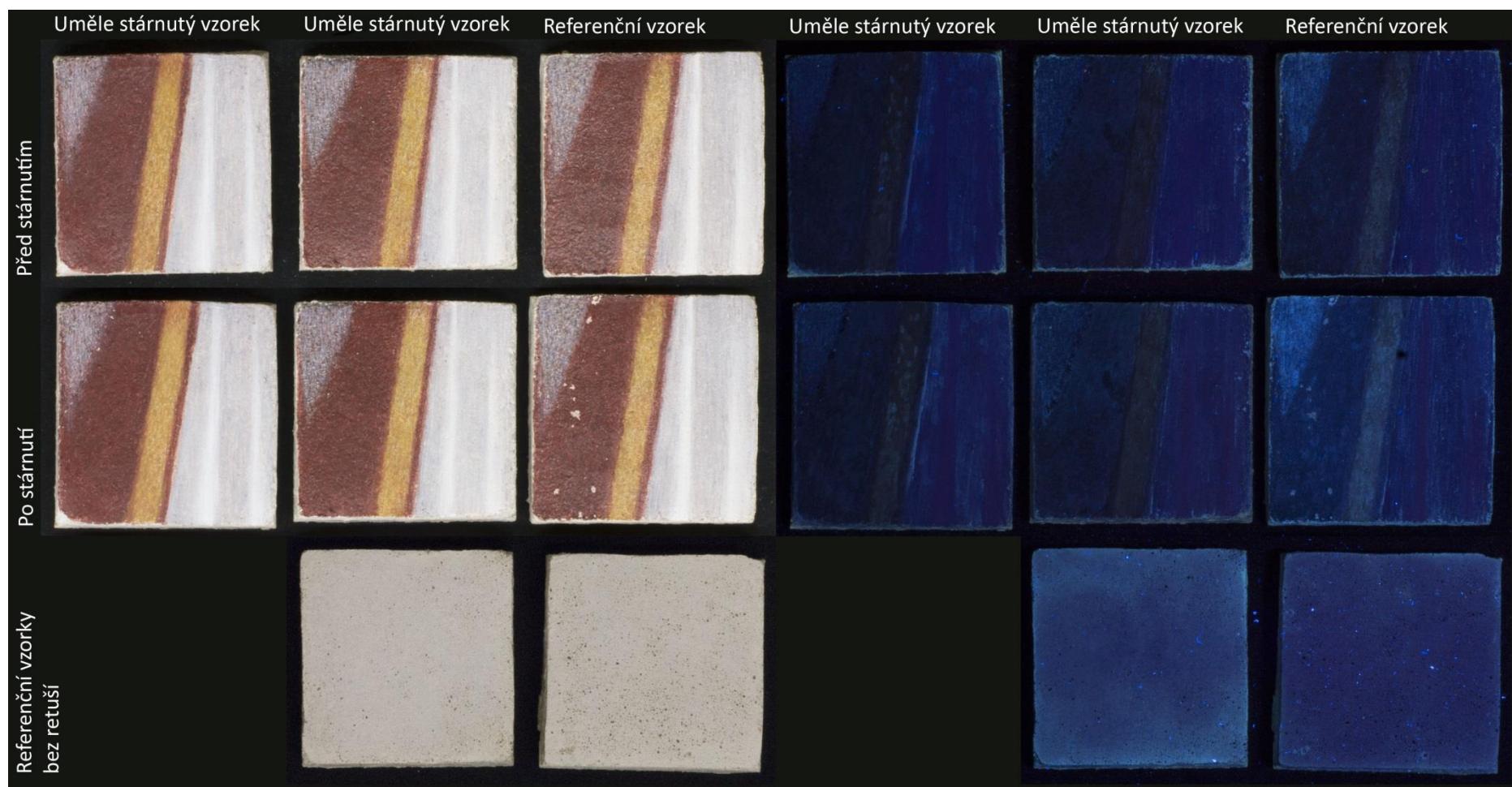
Obr. 39: Zkušební tělíska s retuší barvami z práškových pigmentů pojených akrylátovou disperzí *Dispersion K9* před a po umělém stárnutí. Snímky z optického mikroskopu při zvětšení 8,3 ×.

Práškové pigmenty pojené akrylátovou disperzí *Dispersion K9*



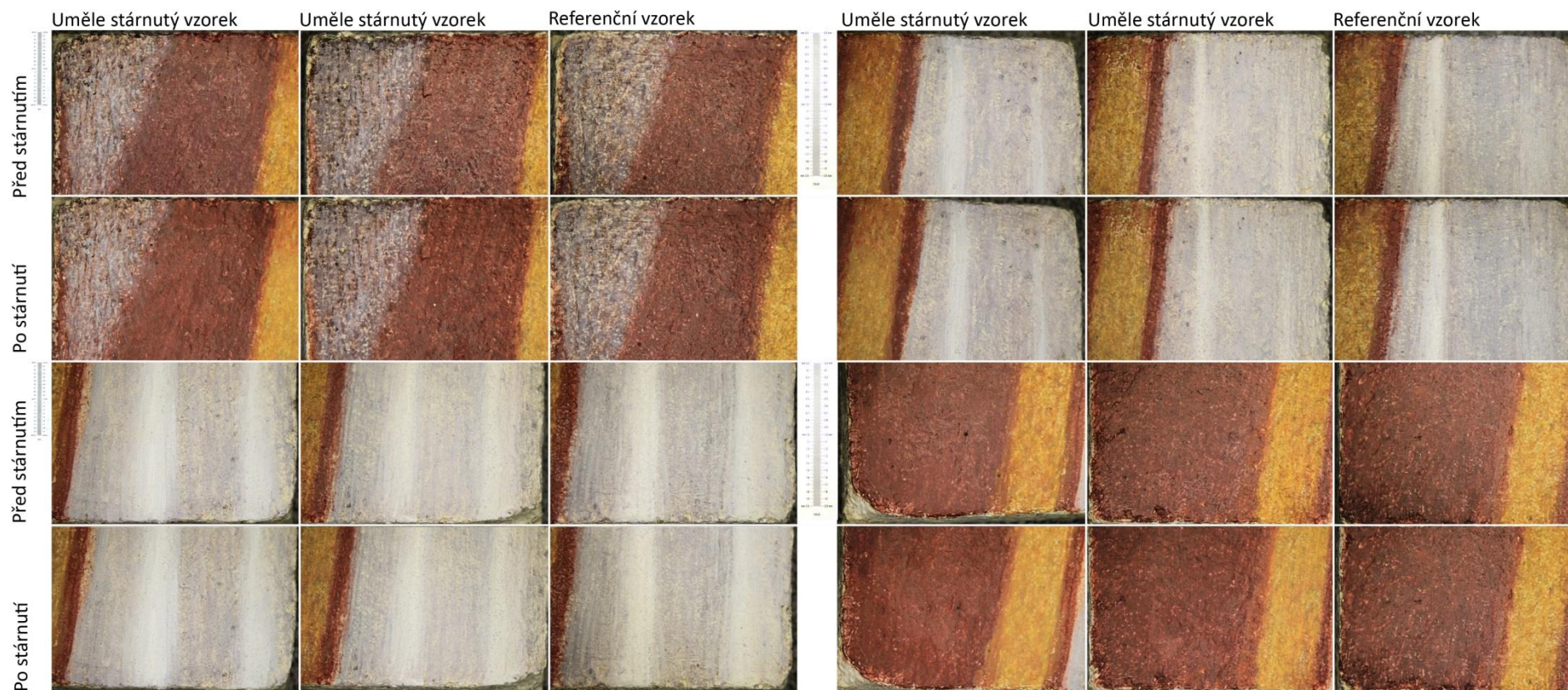
Obr. 40: Zkušební tělíska s retuší barvami z práškových pigmentů pojených akrylátovou disperzí *Dispersion K9* před a po umělém stárnutí. Snímky z optického mikroskopu při zvětšení $20\times$ (vlevo) a $40\times$ (vpravo).

Vaječná tempera



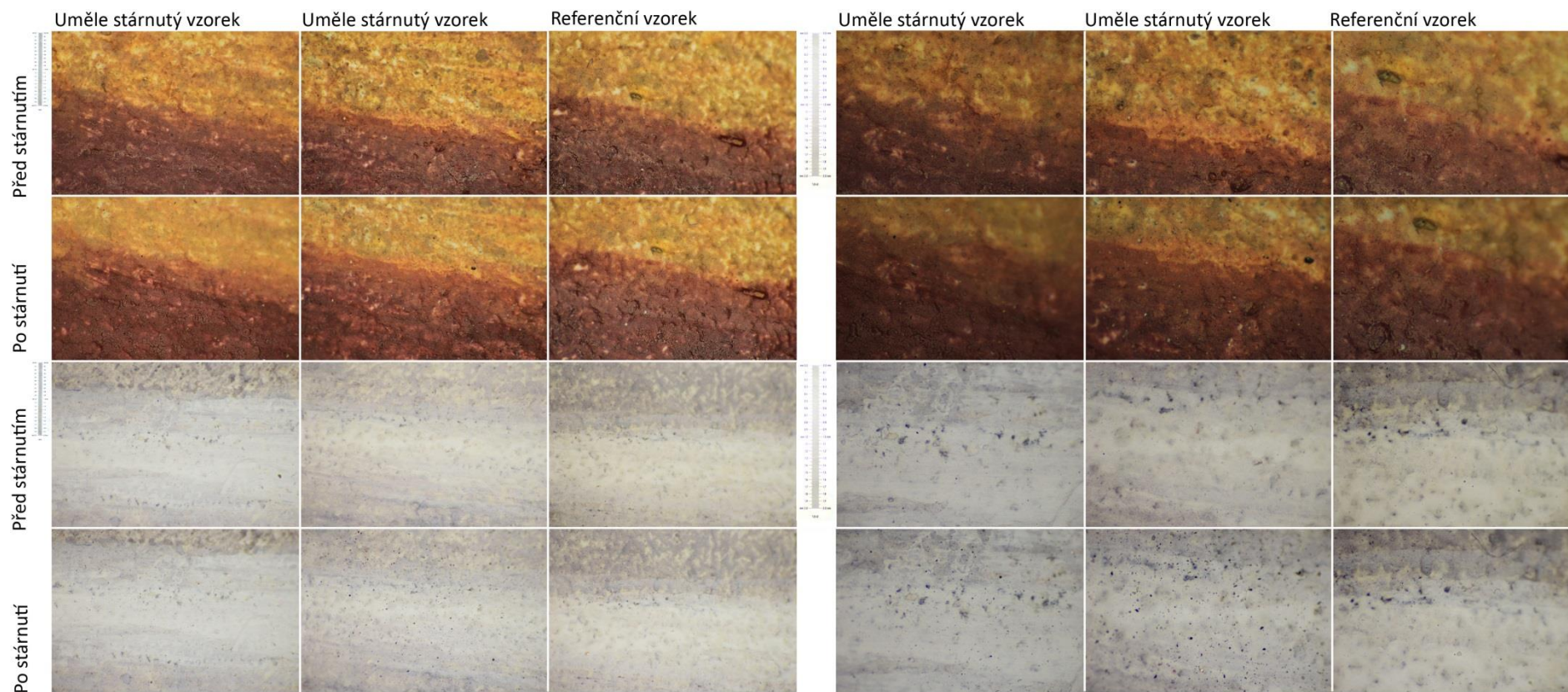
Obr. 41: Zkušební tělíska s retuší vaječnou temperou před a po umělém stárnutí. Vlevo fotografie v umělém bílém světle, vpravo fotografie pořízené v UV záření.

Vaječná tempera



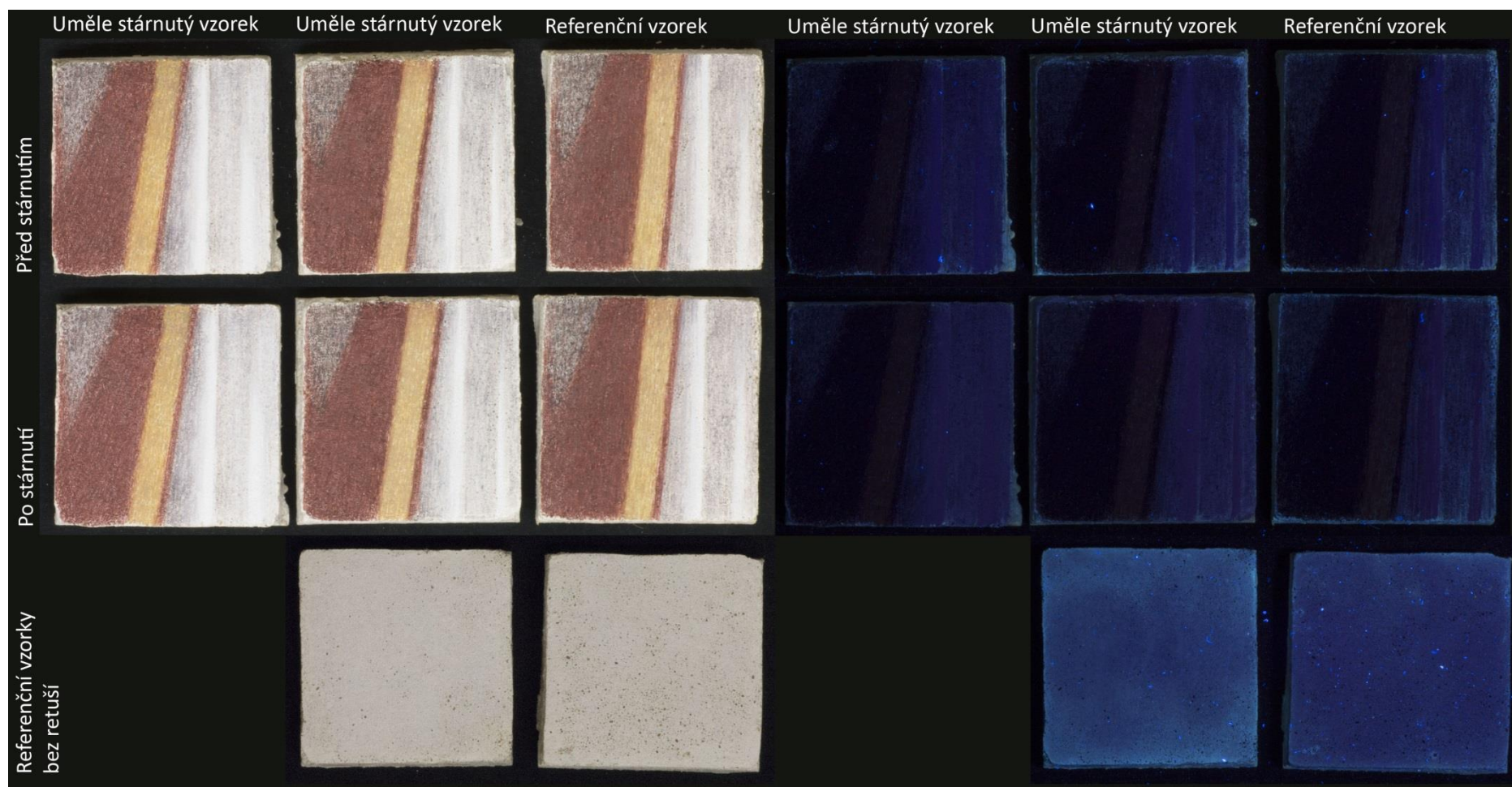
Obr. 42: Zkušební tělíska s retuší vaječnou temperou před a po umělém stárnutí. Snímky z optického mikroskopu při zvětšení 8,3 ×.

Vaječná tempera



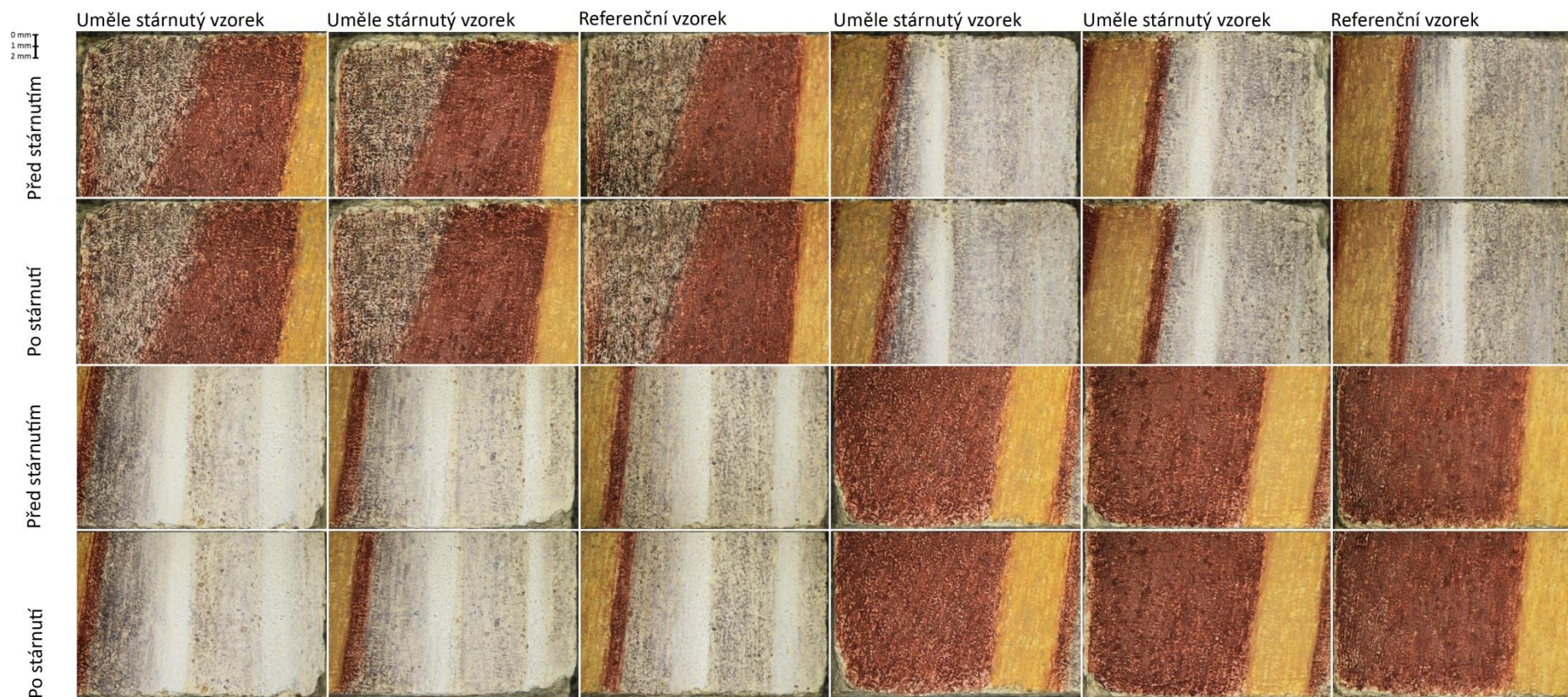
Obr. 43: Zkušební tělíska s retuší vaječnou temperou před a po umělém stárnutí. Snímky z optického mikroskopu při zvětšení 20 × (vlevo) a 40 × (vpravo).

Práškové pigmenty pojené roztokem polyvinylalkoholu *Mowiol 4-88*



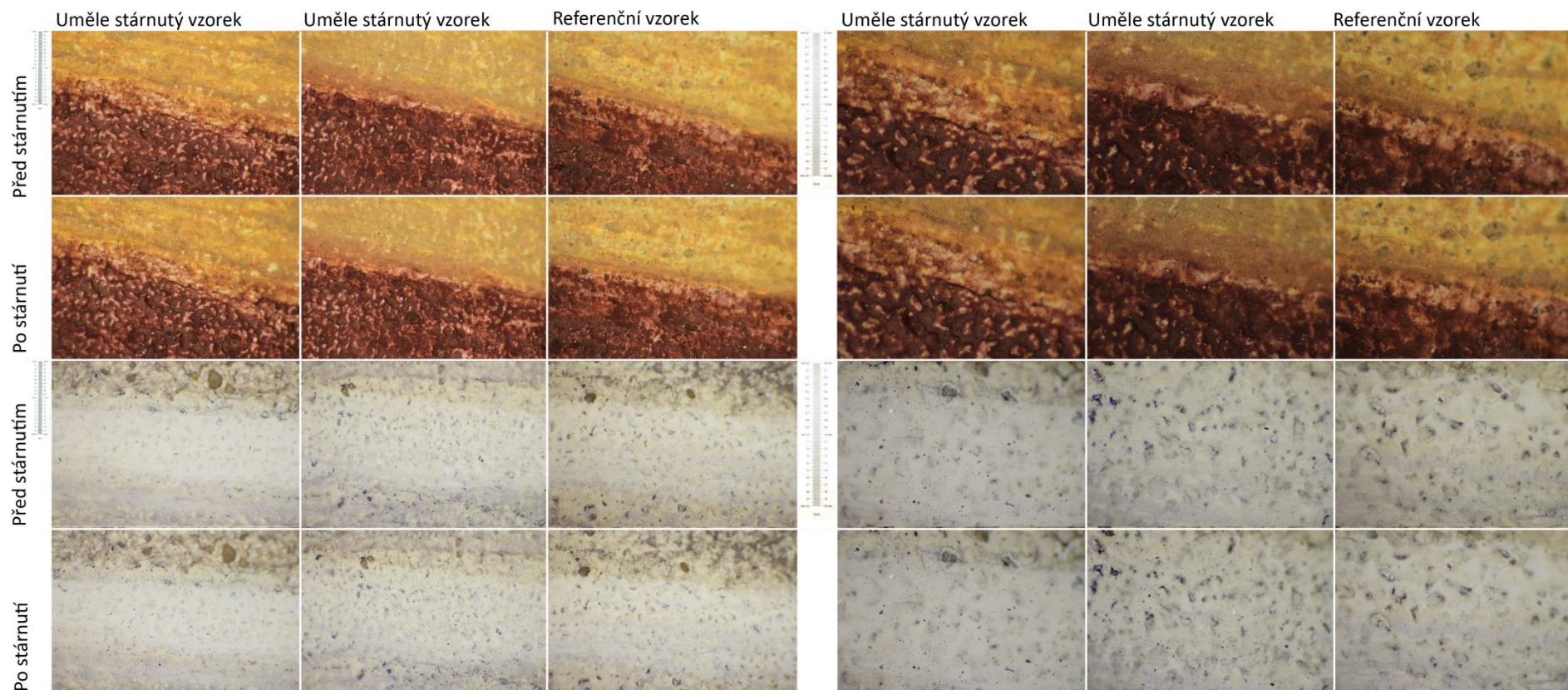
Obr. 44: Zkušební tělíska s retuší barvami z práškových pigmentů pojených roztokem polyvinylalkoholu *Mowiol 4-88* před a po umělém stárnutí. Vlevo fotografie v umělém bílém světle, vpravo fotografie pořízené v UV záření. 124

Práškové pigmenty pojené roztokem polyvinylalkoholu *Mowiol 4-88*



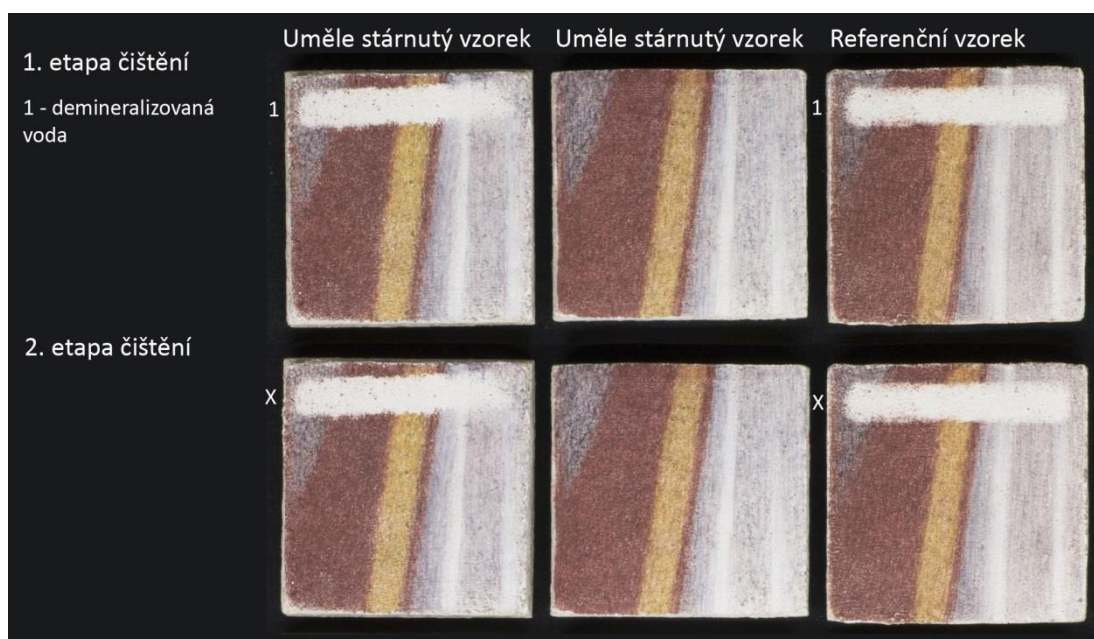
Obr. 45: Zkušební tělíska s retuší barvami z práškových pigmentů pojených roztokem polyvinylalkoholu *Mowiol 4-88* před a po umělém stárnutí. Snímky z optického mikroskopu při zvětšení 8,3 ×.

Práškové pigmenty pojené roztokem polyvinylalkoholu *Mowiol 4-88*



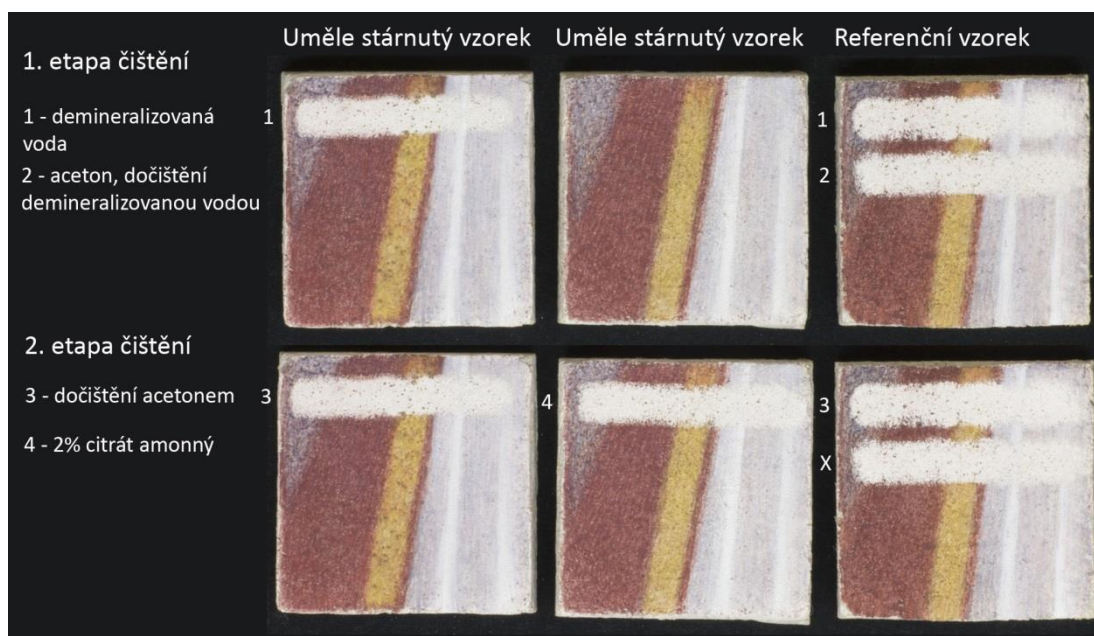
Obr. 46: Zkušební tělíska s retuší barvami z práškových pigmentů pojených roztokem polyvinylalkoholu *Mowiol 4-88* před a po umělém stárnutí. Snímky z optického mikroskopu při zvětšení 20 × (vlevo) a 40 × (vpravo).

Akvarelové barvy Winsor & Newton™ Artists' Water Colour



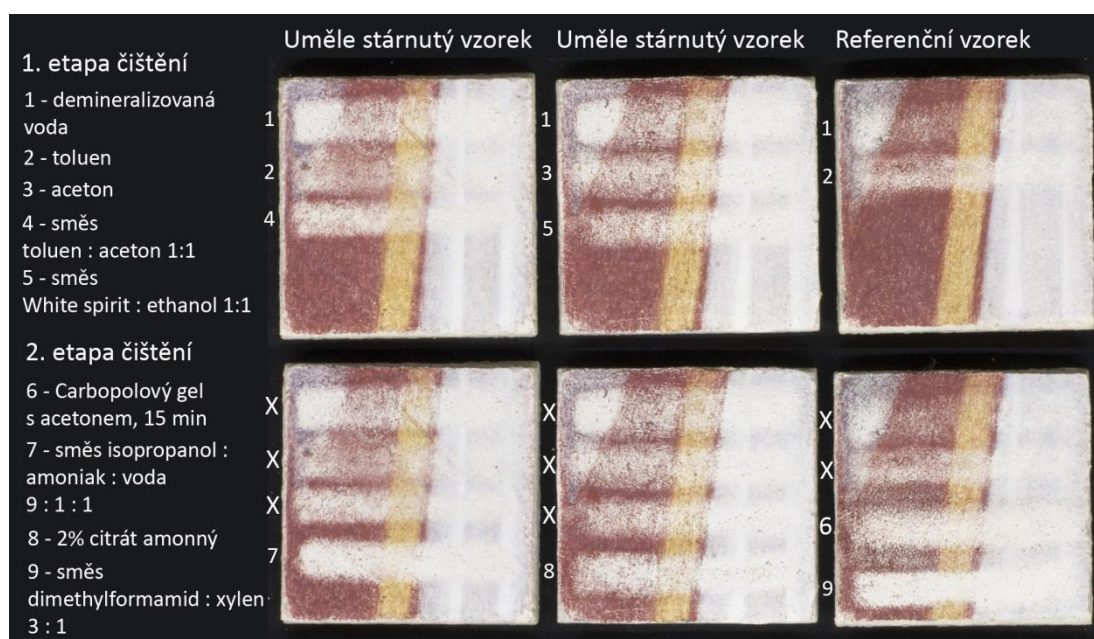
Obr. 47: Zkoušky odstraňování retuše akvarelovými barvami Winsor & Newton™ Artists' Water Colour.

Kombinovaná technika – akvarelové barvy Winsor & Newton™ Artists' Water Colour + olejoprskyřičné barvy Schmincke MUSSINI®



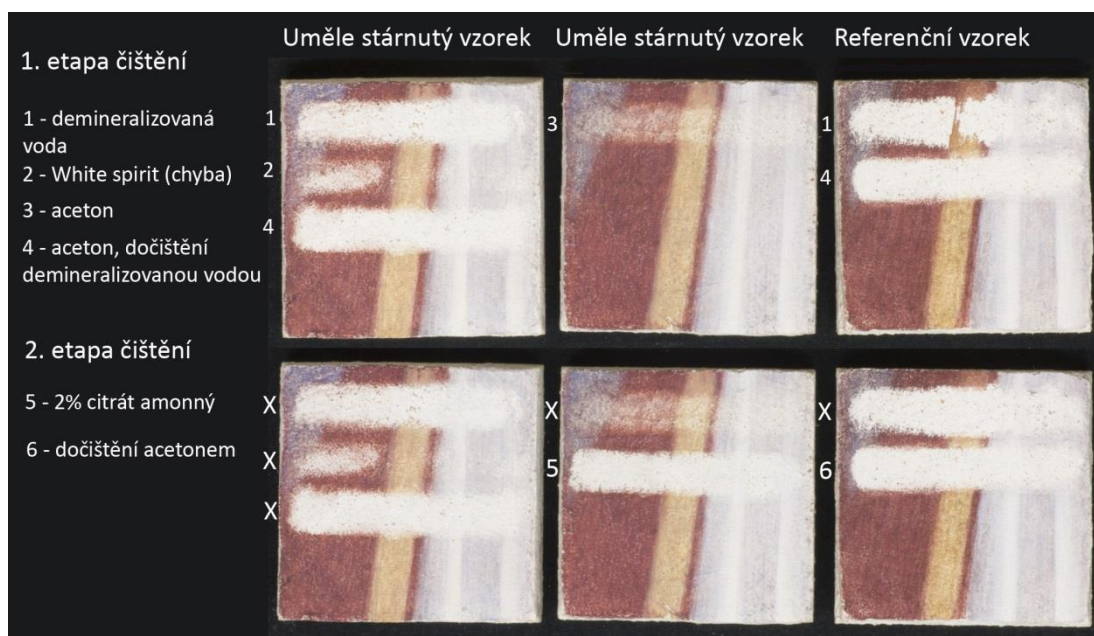
Obr. 48: Zkoušky odstraňování kombinované techniky retuše akvarelovými barvami Winsor & Newton™ Artists' Water Colour a olejoprskyřičnými barvami Schmincke MUSSINI®.

Olejoprskyřičné barvy *Schmincke MUSSINI*®



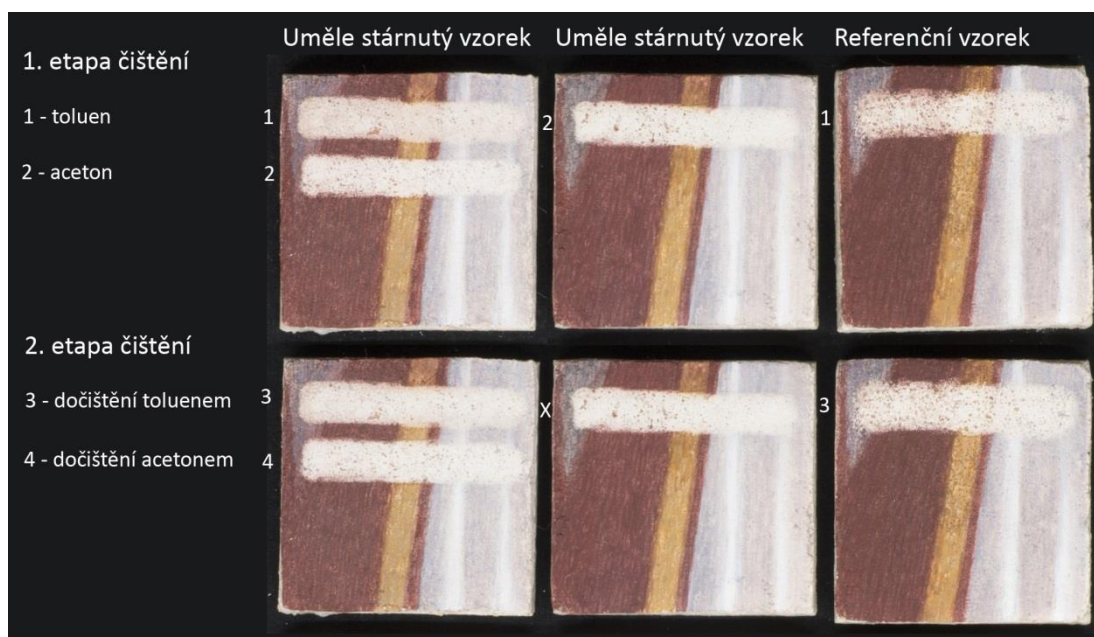
Obr. 49: Zkoušky odstraňování retuše olejoprskyřičnými barvami *Schmincke MUSSINI*®.

Kombinovaná technika – akvarelové barvy *Winsor & Newton™ Artists' Water Colour* + prskyřičné barvy *Maimeri Restauro*



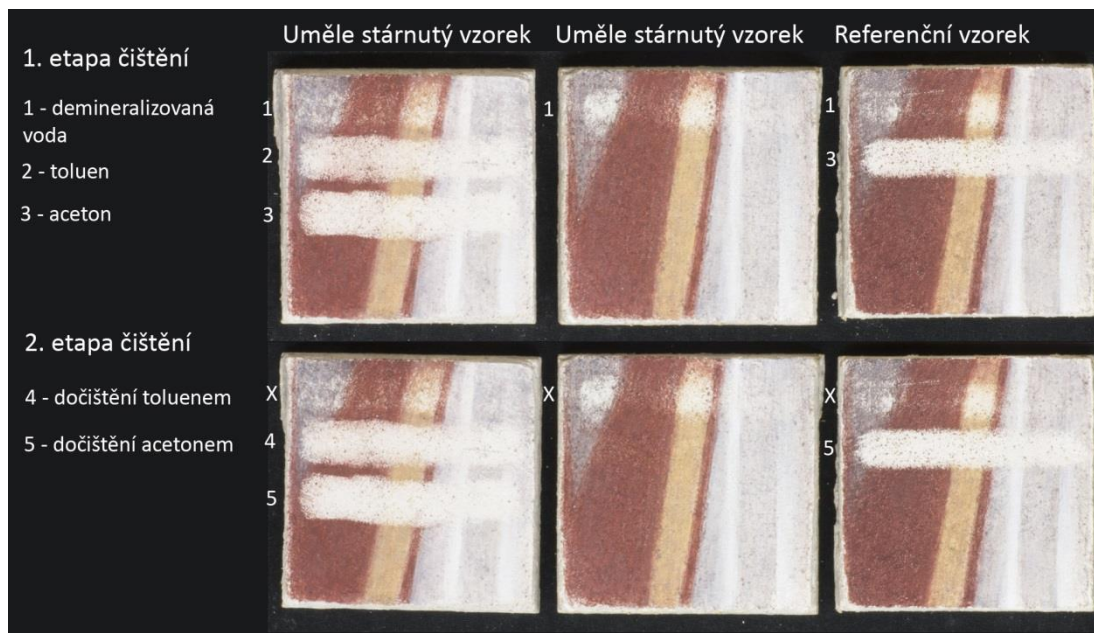
Obr. 50: Zkoušky odstraňování kombinované techniky retuše akvarelovými barvami *Winsor & Newton™ Artists' Water Colour* a prskyřičnými barvami *Maimeri Restauro*.

Práškové pigmenty pojené roztokem akrylátového kopolymeru *Paraloid™ B-72*



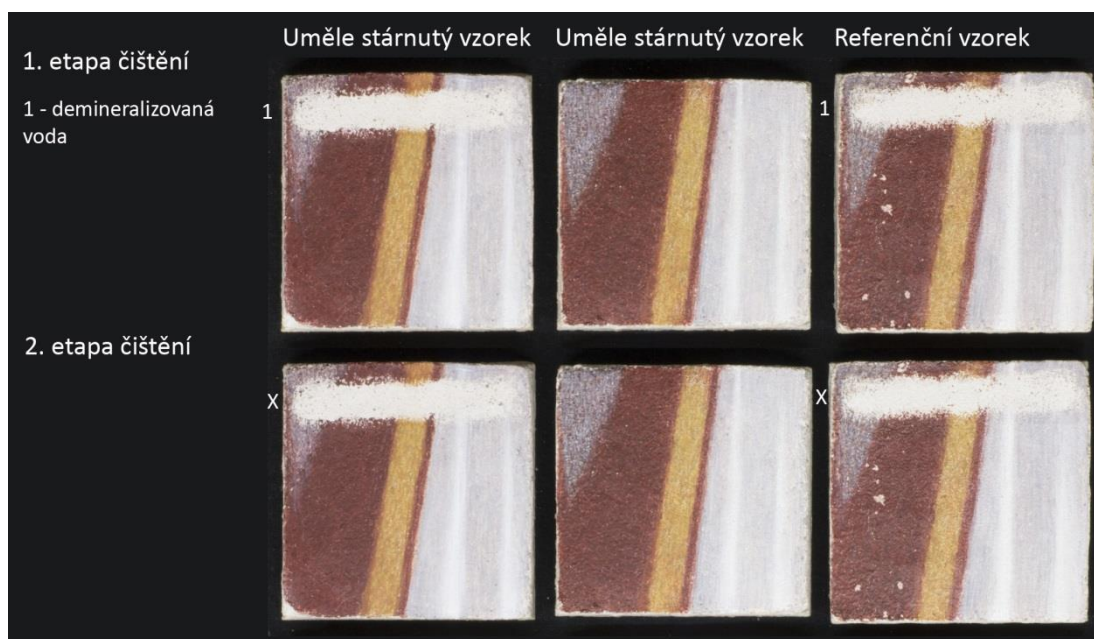
Obr. 51: Zkoušky odstraňování retuše barvami z práškových pigmentů pojených roztokem akrylátového kopolymeru *Paraloid™ B-72*.

Práškové pigmenty pojené akrylátovou disperzí *Dispersion K9*



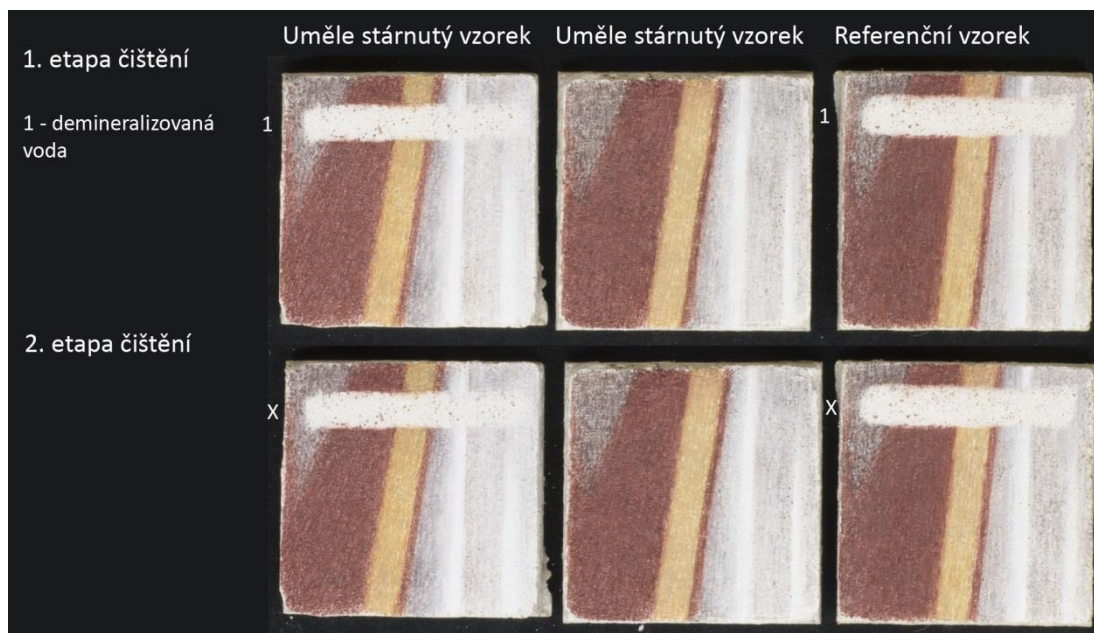
Obr. 52: Zkoušky odstraňování retuše barvami z práškových pigmentů pojených akrylátovou disperzí *Dispersion K9*.

Vaječná tempera



Obr. 53: Zkoušky odstraňování retuše vaječnou temperou.

Práškové pigmenty pojené polyvinylalkoholem *Mowiol 4-88*



Obr. 54: Zkoušky odstraňování retuše barvami z práškových pigmentů pojených roztokem polyvinylalkoholu *Mowiol 4-88*.