



národní
úložiště
šedé
literatury

Postup dezinfekce sbírkových předmětů v přesné termokomoře s regulovanou vlhkostí vzduchu

Baar, Jan; Koudelová, Jana; Šimčíková, Markéta
2023

Dostupný z <http://www.nusl.cz/ntk/nusl-537187>

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

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

Datum stažení: 12.05.2024

Další dokumenty můžete najít prostřednictvím vyhledávacího rozhraní nusl.cz .

PAMÁTKOVÝ POSTUP

**Postup dezinfekce sbírkových předmětů v přesné termokomoře
s regulovanou vlhkostí vzduchu**



**Lesnická a dřevařská fakulta
Mendelovy univerzity v Brně**



**NÁRODNÍ
PAMÁTKOVÝ
ÚSTAV**

**Národní památkový ústav,
územní odborné pracoviště v Ostravě**



**Národní muzeum v přírodě,
Rožnov pod Radhoštěm**

Název projektu: IP DKRVO „Ověření bezpečného využití netoxické likvidace škůdců pro ošetření dřeva a lepených spojů“

Autoři památkového postupu: Ing. Jan Baar, Ph.D., Mgr. Jana Koudelová, Ph.D.,
Mgr. Markéta Šimčíková

Památkový postup vznikl na základě institucionální podpory dlouhodobého koncepčního rozvoje výzkumné organizace, poskytované Ministerstvem kultury ČR.

Oponenti:

Ing. Ivana Kopecká – Národní technické muzeum, Kostelní 42, 170 78 Praha 7

Ing. Kateřina Kreislová, Ph.D. – Státní výzkumný ústav ochrany materiálu, s. r. o.,
U Měšťanského pivovaru 934/4, 170 00 Praha 7 – Holešovice

Adresy autorů:

Lesnická a dřevařská fakulta Mendelovy univerzity v Brně

Zemědělská 3, 613 00 Brno

www.ldf.mendelu.cz

Národní památkový ústav, územní odborné pracoviště v Ostravě

ul. Odboje 1941/1, 702 00 Ostrava – Moravská Ostrava

www.npu.cz

Národní muzeum v přírodě, p. o.

Palackého 147, 756 61 Rožnov pod Radhoštěm

www.nmvp.cz

Obsah

1. Úvod	3
2. Terminologie	7
3. Východisko památkového postupu	8
4. Postup netoxické dezinfekce	9
4.1 Přesná termokomora	9
4.2 Netoxická dezinfekce	10
5. Experimentální část	16
5.1 Rozměrové změny dřevěných vzorků	17
5.2 Vliv na historické materiály	18
5.3 Vliv na pryskyřice, vosky a lepidla...	22
5.4 Pevnost lepených spojů	24
5.5 Testování stavebních prvků	28
5.6 Shrnutí výsledků testování	32
6. Závěr	33
Literatura a další zdroje	34
Seznam zkratk	36

1. Úvod

Účinná eliminace biologického napadení sbírkových předmětů představuje zásadní téma v rámci udržitelné ochrany sbírek. Vedle správného ochranného režimu v depozitářích musí být pozornost věnována i samotné likvidaci hmyzích škůdců ve sbírkových předmětech, jelikož tento druh napadení patří k nejčastějším způsobům ohrožení artefaktů z organických materiálů. Aktuální trendy v této oblasti naznačují, že prostor pro využívání toxických látek se rychle zmenšuje.¹

Se znalostí vývoje v oblasti aplikace různých typů toxických látek pro likvidaci škodlivého hmyzu v muzejních sbírkách v minulosti je nesporné, že se řada toxických biocidů dříve či později projevila jako nebezpečná pro zdraví člověka, případně samotný materiál sbírkových předmětů. Dnes je samozřejmě problematika kvalitního životního prostředí vysoce aktuální a avizované změny legislativy by měly v průběhu jednoho desetiletí vést k radikálnímu omezení využitelných toxických látek při sanaci napadení hmyzími škůdci i při ochraně kulturního dědictví. I když odhlédneme od společensko-politických tendencí směřujících stále více k využívání netoxických postupů, šetrných k životnímu prostředí, přibývají i v České republice (ČR) další zkušenosti s využíváním netoxických metod ochrany před škůdci, které jsou na rozdíl od metod využívajících toxické látky vysoce účinné.²

Oblast využití netoxických metod sanace napadení hmyzími škůdci je dlouhodobě předmětem výzkumu také v Národním muzeu v přírodě (NMvP), a to jednak kvůli neuspokojivé účinnosti aplikace zaběhnutých postupů využívajících toxické látky, jednak kvůli vysokému stupni kontaminace sbírkových předmětů nejrůznějšími chemickými látkami.³ Vzhledem k charakteru sbírky je zásadní především ochrana artefaktů z organických materiálů před poškozováním hmyzem. Vývoj a testování netoxických technologií v NMvP probíhá od roku 2004, kdy byl vytvořen první rámec pro ověřování dále uváděných postupů.⁴ Již v této fázi byly definovány základní parametry, které musí netoxické technologie splňovat:

- bezpečnost zásahu pro sbírkové předměty

¹ Viz ČSN EN 16790, 2017, Ochrana kulturního dědictví – Komplexní ochrana před škůdci. Doporučovány jsou čtyři metody – mražení, zahřívání, bezkyslíková atmosféra a v případě nezbytnosti i využití biocidů.

² Viz např. <https://starfos.tacr.cz/cs/project/QJ1310057>, projekt s názvem Technologie řízených atmosfér a teplotních manipulací proti škůdcům skladovaných obilovin 2013–2017 (5. 6. 2023).

³ K historii využívání široké škály toxických látek s problematickým efektem viz např. ŠIMČÍKOVÁ – ŠIMČÍK – HAVLÍN 2006.

⁴ Blíže viz ŠIMČÍKOVÁ – ŠIMČÍK – HAVLÍN 2006.

- vysoká účinnost
- nulová toxicita technologie
- opakovatelnost (bez zátěže pro sbírkový předmět)
- kontrolovatelnost
- možnost komparace zkušeností s jinými pracovišti
- hospodárnost

Jednou z metod netoxické likvidace hmyzu, kterou využíváme a jejíž princip je odborné veřejnosti obecně znám, je zahřívání s regulovanou vlhkostí vzduchu. Metoda spočívá v dočasném zvýšení teploty předmětů uložených v termokomoře na hodnotu, kdy nastává koagulace proteinů v těle hmyzu, a to ve všech jeho stádiích od vajíček po dospělé.⁵ Tímto způsobem je usmrčen veškerý škodlivý hmyz, včetně jedinců ukrytých uvnitř ošetřovaných předmětů. Nověji je však zmiňován i zásadní vliv zvýšené teploty na kondici epikutikuly hmyzu, která chrání hmyzí organismus před vysycháním a má tedy zásadní význam pro udržení jeho vitálních funkcí.⁶ K jejímu narušení postačují dokonce významně nižší teploty, kdy letální účinek na některé druhy hmyzu je spojován již s teplotou 42 °C.⁷

Aby se při zahřívání zabránilo změně vlhkosti ošetřovaných předmětů a souvisejícím rozměrovým a tvarovým změnám, je v komoře regulována nejen teplota, ale souběžně i relativní vlhkost vzduchu. Tím je u předmětů dosaženo minimalizace zátěže napětím vznikajícím změnami vlhkosti v průběhu celého procesu dezinfekce. Po dosažení dané úrovně teploty v celém průřezu prvku je tato držena po dobu nezbytně nutnou pro potřebný letální účinek na hmyz (obvykle 60 minut) a pak řízeně klesá. Podobně je monitorována a také regulována vlhkost vzduchu s cílem eliminovat nežádoucí poškození předmětů změnou vlhkosti materiálu při zahřívání.

Tato metoda netoxické dezinfekce teplem při kontrolované vlhkosti vzduchu byla v první fázi vyvíjena a testována pro sanaci nepolychromovaného dřeva, a to s uspokojivými výsledky. Dílčí zkušenosti nabývané s instalovaným zařízením však ukázaly, že konvenční konstrukce této technologie má své limity, jako je například nepřesné řízení hodnot relativní vlhkosti

⁵ K tomu viz např. UNGER a kol. 2002, s. 330 ad.; z hlediska integrované ochrany před škůdci viz např. PINNINGER a kol. 2016, s. 105 ad.

⁶ KIGAWA a kol. 2011, s. 208 ad.

⁷ HAMMOND 2015, s. 7 ad., uvádí tyto výsledky pro škálu skladištních škůdců. Prokáže-li se účinnost této nižší teploty při dezinfekci, lze předpokládat také implementaci do oblasti péče o kulturní dědictví.

vzduchu a teploty, které bylo nutno překročit, aby bylo možno testovat i ošetření dalších materiálů. Tyto okolnosti si vyžádaly radikální změnu a vývoj nové přesné technologie. Je příznačné, že právě problémy, na které jsme narazili, nebyly prezentovány v dostupných publikacích referujících o zkušenostech s využíváním technologie v praxi a bez jejich experimentální identifikace v rámci testování by nebylo možné správně definovat zadání pro vývoj modernější technologie. Zajímavým zjištěním byly např. určité disproporce mezi naměřenými a zadanými hodnotami teploty a relativní vlhkosti, které jsou zřetelné i na publikovaných zahraničních výstupech z jiných obdobných zařízení, zejména pak u chladicí fáze při dezinfekci teplem.⁸ Cílem bylo tyto jevy omezit a získat tak přesnější průběh procesu dezinfekce.

Avšak tento proces vyžaduje sofistikovanější řízení, proto byla pozornost zaměřena především na přesné řízení procesu monitoringu a regulace teploty i vlhkosti vzduchu při průběhu dezinfekce. Vývoj technologie samozřejmě nemohl být realizován vlastními silami, role autorů spočívala v definování požadavků na vlastnosti netoxické dezinfekce a průběžné součinnosti na řešení řízení komory.

Aktuálně má tedy restaurátor v NMvP díky přesné termokomoře⁹ možnost zvolit velmi precizně parametry ošetření, včetně relativní vlhkosti vzduchu v optimálním rozpětí 30–60 % tak, aby se počáteční hodnota co nejvíce přiblížila hodnotě v depozitáři. Právě tento parametr je velmi důležitý pro šetrnou sanaci bez zbytečné zátěže pro artefakty či naturfakty. Obvykle je volena hodnota dle podmínek v místě původního uložení. Flexibilně tak lze zohlednit podmínky v zimním i letním období. Úroveň relativní vlhkosti vzduchu je v průběhu procesu přesně regulována. Navzdory zahřívání a ochlazování se mění jen minimálně, a to v souladu s tzv. Keyworthovým diagramem pro rovnovážnou vlhkost dřeva. Relativní vlhkost vzduchu v zařízení během ošetření by se neměla od ideální trajektorie odchýlit o ± 4 %.

Přesná termokomora se tak stala standardním vybavením provozně nízkonákladového depozitáře NMvP jako prvek integrované ochrany před škůdci. Vzhledem k velmi nízkým nákladům na ošetření,¹⁰ snadné realizaci i šetrnosti vůči nejčastěji ošetřovaným materiálům

⁸ Např. relativní vlhkost vzduchu má přípustný interval ± 4 %. K tomu viz např. BEINER – OGILVIE 2005, s. 9 ad.

⁹ Označení termokomory: ATCD® 3.0 GreenRESTORE®.

¹⁰ Zařízení využívané v NMvP v Rožnově pod Radhoštěm má využitelný objem cca 40 m³, přičemž vložení a vyložení předmětů si vyžádá cca 1 hodinu práce jednoho zaměstnance. Ve srovnání s konvenčním postupem

je vhodné proces dezinfekce teplem zařadit vždy před uložením těchto předmětů do depozitáře. Řádným režimem nakládání se sbírkovými předměty tak lze dosáhnout eliminace škodlivého hmyzu v depozitáři, a to bez využití toxických látek. Interval teplot, který lze považovat za standardní, je aktuálně nastaven mezi 49–55 °C. Obvykle je využíváno zahřívání na 52 °C, přičemž nejvyšší dosažitelná hodnota 55 °C je určena speciálně pro devitalizaci tesaříka krovového. S ohledem na předběžnou opatrnost bychom však rádi zkoumali zejména efektivitu netoxické dezinfekce nižšími teplotami.¹¹ Aktuálně tedy může restaurátor zvolit i jinou teplotu na doporučeném intervalu až do hodnoty 55 °C. Zařízení má samozřejmě pojistný systém, který zabrání zvýšení teploty nad tuto hranici. V přesné termokomoře nesmějí nastávat výkyvy teploty. Teplota stoupá velmi pozvolna na základě prohřívání materiálu, respektive teploty senzoru uvnitř řídicího etalonu. Stejně tak probíhá i chladicí fáze (v pořadí 3. fáze), kdy teplota samovolně neklesá, ale je řízena stejně jako fáze ohřevu, a to až po dosažení výchozí, obvykle pokojové teploty.

Při ochraně předmětů kulturní hodnoty je k obsluze komory doporučováno určit restaurátora se specializací na ošetřovaný materiál. Tento je schopen nejlépe odborně vyhodnotit vstupní parametry a optimalizovat proces dezinfekce pro konkrétní podmínky. Je třeba zmínit, že jako nevýhoda netoxických metod bývá uváděna skutečnost, že v artefaktech po ošetření nezůstávají toxické látky, které účinkují jako prevence dalšího napadení. Tato praxe se však ve sbírkových institucích jeví jako v podstatě nepotřebná, jelikož při funkčním systému preventivní konzervace, zejména zajištění vhodných parametrů mikroklimatu při uložení předmětů v depozitáři a při prezentaci, opakované napadení nebývá pozorováno. Jak již bylo zmíněno, ochranu lze samozřejmě zvýšit i preventivní netoxickou dezinfekcí předmětů před jejich návratem do depozitáře. Absence toxických látek ve sbírkových předmětech tudíž nepředstavuje jejich ohrožení, spíše výhodu, a to i vzhledem k charakteru a nežádoucím účinkům některých biocidů. Systém integrované ochrany tak skýtá zajímavé možnosti namísto aplikace toxických látek. V případě artefaktů, u kterých nelze po netoxické dezinfekci zajistit podmínky vylučující opětovné napadení, zvláště u objektů instalovaných *in situ*, je konzervativní přístup za použití ověřených biocidů stále běžnou možností.

aplikace kapalného biocidu injektáží je tedy potřeba rámcově 40× méně pracovního času (počítáme s injektáží, která je pro dezinfekci základní metodou).

¹¹ K tomu viz např. HAMMOND 2015, s. 7 ad. Zkoumání možností efektivního využití termokomory pro teploty v intervalu 40–50 °C je v současné době náplní interního výzkumného úkolu.

2. Terminologie

V textu památkového postupu se vyskytují pojmy, které je vhodné blíže definovat:

Předměty kulturní hodnoty – sbírkové předměty, artefakty, naturfakty, kulturní památky včetně jejich částí, ať už jde o movité památky (mobiliární vybavení kostelů, zámků apod.) nebo o stavební prvky nemovitých památek. Jedná se o předměty, které jsou významné pro pochopení vývoje přírody či lidské společnosti a pro uchování jejich paměti. Jsou proto určeny k trvalému uchování pro budoucí generace v režimu některého ze zákonů chránících kulturní dědictví ČR.

Přesná termokomora – zařízení pro dezinfekci předmětů kulturní hodnoty. Na rozdíl od starší koncepce termokomory umožňuje přesná termokomora exaktní řízení hodnot teploty a relativní vlhkosti (RV) po celou dobu dezinfekce.

Netoxická dezinfekce – likvidace hmyzích škůdců ve všech vývojových stádiích bez použití toxických chemických přípravků.

Preventivní konzervace – je soubor nepřímých opatření vedoucích k ochraně předmětu prostřednictvím systematické kontroly a případné úpravy prostředí, v němž je či bude předmět uchováván tak, aby setrval v pokud možno nezměněném stavu.

Pest management (systém integrované ochrany proti škůdcům) – soubor opatření včetně tvorby strategie a plánování, jejichž cílem je zamezit vniknutí biologických škůdců do prostor, které jsou určeny k uchovávaní a prezentaci předmětů kulturní hodnoty. V případě výskytu biologických škůdců ve zmíněných prostorách pak navrhuje jejich efektivní likvidaci.

3. Východisko památkového postupu

Východiskem památkového postupu je popis metody a možností využití přesné termokomory pro bezpečnou netoxickou dezinfekci předmětů kulturní hodnoty vyrobených z organických materiálů, především ze dřeva. Postup netoxické dezinfekce se speciálně zaměřuje na artefakty, u nichž se uplatňují vybrané povrchové úpravy a lepené spoje. Právě tyto předměty jsou hojně zastoupeny nejen ve sbírkách NMvP, ale také jiných institucí a subjektů participujících na ochraně kulturního dědictví. Z hlavních institucí spravujících rozsáhlé sbírkové a památkové fondy na území České republiky jmenujme zejména Národní památkový ústav a muzea i galerie s celostátní a krajskou působností. Dále je třeba zmínit rovněž církevní instituce pečující o řadu cenných movitých i nemovitých sakrálních památek a samozřejmě privátní osoby a subjekty, jejichž cílem je péče o kulturní dědictví.

4. Postup netoxické dezinfekce

4.1 Přesná termokomora

Vlastní dezinfekční proces je realizován v přesné termokomáře ATCD[®] 3.0 GreenRESTORE[®] (obr. 1). Skládá se z vlastní ošetrovací komory, do níž jsou umístěny předměty, dále pak ze zařízení zajišťujícího vyhřívání a chlazení a ze systému pro řízení procesu.

Komora o objemu 45 m³ je sestavena z izolačních panelů a opatřena bezpečnostními dveřmi. Ošetrované předměty jsou obvykle ukládány na palety, které usnadňují manipulaci. Vnitřní prostor je vybaven osvětlením, rozvodem vzduchu a prvky pro monitoring parametrů.

Zařízení pro úpravu vnitřního vzduchu umožňuje jeho ohřívání a zvlhčování.

Proces dezinfekce je průběžně monitorován a v souladu s řídicím algoritmem regulován. Pro regulaci je využito i prvků AI, což přispívá k vyšší přesnosti procesu. Vlhkostní rozsah přesné termokomory se pohybuje od 30 % RV do 60 % RV. V případě, že se RV prostředí, v němž byl sbírkový předmět uložen, liší od daného rozsahu hodnot, musí sbírkový předmět projít standardní aklimatizací. Průběh aklimatizace řídí restaurátor se specializací na ošetrovaný materiál. V kritických situacích je určitým řešením ponechání etalonu na dobu nezbytně nutnou v prostředí, v němž byl předmět uložen. Teprve po jeho aklimatizaci je možno zahájit proces dezinfekce.

Přesná termokomora ATCD[®] 3.0 GreenRestore[®] je uvedena jako příklad technologie, která je k dispozici na restaurátorském pracovišti NMvP. Pro dosažení výsledků popisovaných v památkovém postupu lze adekvátně použít zařízení, které splňuje výše uvedené parametry.



Obr. 1 Přesná termokomora ATCD[®] 3.0 GreenRESTORE[®]

4.2 Netoxická dezinfekce

Výběr předmětů vhodných k dezinfekci

Ve sbírkových fondech muzeí jsou deponované sbírkové předměty velmi rozličné morfologie i stavu. Prakticky lze říci, že žádné dva předměty nejsou totožné (hovoříme o předmětech z organických materiálů). V průběhu desítek či stovek let používání a nejrůznějšího způsobu ukládání doznal jejich fyzický stav větších či menších změn. O tom, jak zásadní jsou tyto změny pro integritu předmětu, může rozhodnout pouze restaurátor se specializací na ošetřovaný materiál. Ten je schopen nejlépe odborně vyhodnotit vstupní parametry a optimalizovat proces netoxické dezinfekce pro konkrétní podmínky. Mezi základní typy sbírkových předmětů, které je možno ošetřovat, patří nábytek, zemědělský inventář, umělecké předměty (sochy, obrazy), textil, hudební nástroje, přírodní historie, moderní umění. Přestože v rámci testování nebyly zjištěny změny na ošetřovaných materiálech, je vhodné, aby restaurátoři s principem předběžné opatrnosti postupovali uvážlivě u předmětů výjimečné historické i finanční hodnoty v intaktním stavu a u předmětů z kombinovaných materiálů, zejména pokud jsou použité materiály citlivé na teplo, a to jak v souvislosti s teplotou tání, tak i s citlivostí na teplotní roztažnost. Dle našich závěrů i publikovaných zjištění však poškození nebyla zjištěna, pokud byly dodrženy výše uvedené parametry ošetření v přesné termokomoře.¹²

Umístění předmětů do komory

Aby bylo zajištěno proudění vzduchu v komoře, je vhodné umístit předměty na palety (obr. 2 a 3) nebo jiné zařízení toto umožňující. Stejně tak musí být volné průduchy vzduchu ze vzduchotechnických rozvodů.

¹² V případě nejistoty restaurátora lze pro efektivní dezinfekci unikátních artefaktů využít metodu bezkyslíkové atmosféry s regulovanou RV vzduchu, která se svým účinkem blíží tepelné sanaci v přesné termokomoře.



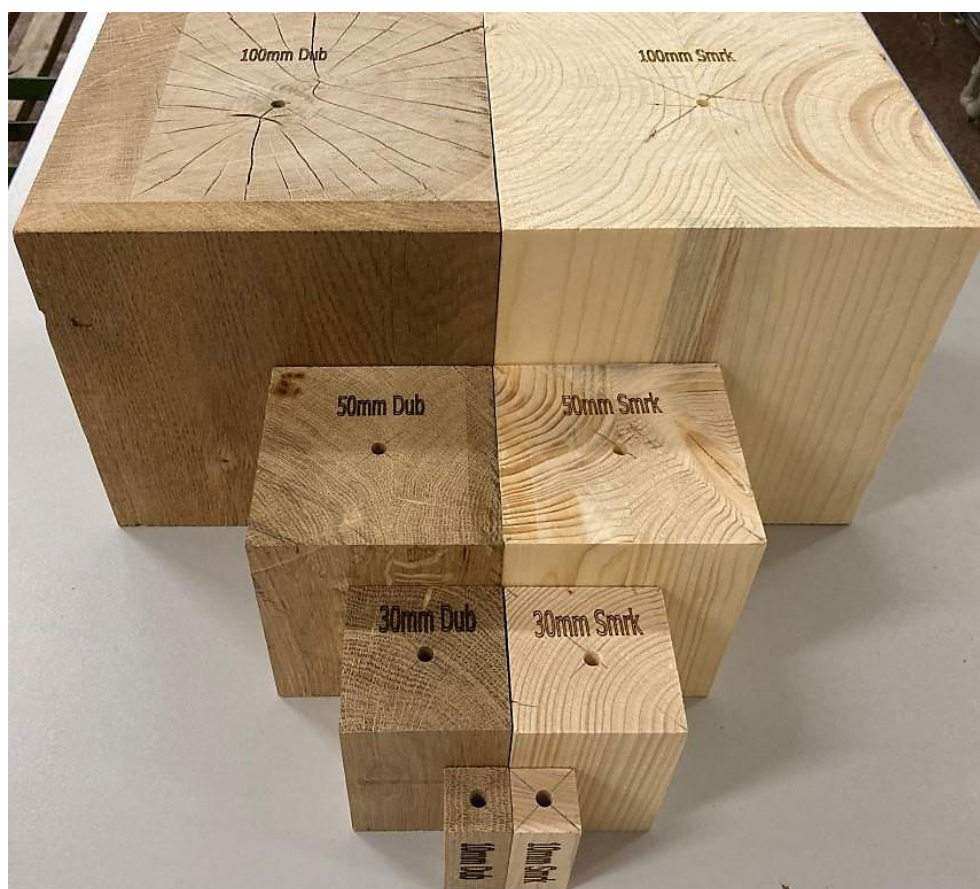
Obr. 2 Vnitřní prostor termokomory s paletami



Obr. 3 Umístění sbírkových předmětů v termokomoře

Umístění teplotního senzoru do příslušného etalonu

Pro řízení procesu dezinfekce je nezbytné vybrat vhodný vzorek dřeva – etalon, odpovídající nejsilnějšímu rozměru ošetřovaných předmětů. Etalon je dřevěný hranol, do jehož středu je umístěn teplotní senzor a podle nějž se řídí průběh cyklu dezinfekce. Jedině tak může být zajištěno prohřátí materiálu v celém objemu na požadovanou teplotu. Výběr vhodného etalonu je tedy jedním z klíčových rozhodnutí restaurátora, určujících úspěšný průběh ošetřovacího cyklu. Sady etalonů (obr. 4) optimálně zahrnují rozměry 10 mm, 30 mm, 50 mm, 100 mm a 150 mm v obou typech dřev, tedy dřeva měkkého a tvrdého.¹³



Obr. 4 Sada etalonů

¹³ Vlhkost dřeva etalonů je shodná nebo blízká vlhkosti dřeva, z něhož jsou vyrobeny sbírkové předměty či historické stavební prvky. Pokud by byly ošetřovány předměty např. z čerstvě pokácených stromů (nové stavební prvky, sochy atd.), doporučuje se použít etalon vyrobený z čerstvého dřeva, neboť zvýšená vlhkost dřeva prodlužuje ohřev materiálu.

Kontrola před spuštěním cyklu

Před uzavřením dveří restaurátor zkontroluje uložení ošetřovaných předmětů, volné vzduchotechnické průchody a umístění etalonu. Zhasne vnitřní osvětlení, uzavře dveře a uzamkne je.

Nastavení dezinfekčního cyklu

Po spuštění aplikace se otevře protokol (obr. 5). Do něj restaurátor vepíše informace o ošetřovaných předmětech, své jméno a instituci. Poté nastaví hodnoty, kterými se bude řídit vlastní proces dezinfekce, to znamená: relativní vlhkost prostředí, v němž byl předmět uložen před ošetřením; relativní vlhkost, která má být udržovaná po dobu procesu a jejíž průběh je standardně korelován k tzv. Keyworthovu diagramu pro rovnovážnou vlhkost dřeva; teplotu, které má být dosaženo a jež se pohybuje v intervalu 49–52 °C pro červotoče a 55 °C pro tesaříka krovového; čas v hodinách, po který má být udržena sanační teplota (obvykle je nastavena 1 hodina); typ zvoleného etalonu, podle rozměrů a materiálu (smrk, dub).

ATCD 3.0 GreenRestore

Parametry
Grafy
Servis

Povinné	Nepovinné
Restaurátor * Jméno a příjmení	Podsbírka
Rv vzduchu v depozitáři * Vlhkost se zadává v %	Inventární číslo (průstkové)
Požadovaná Rv v komoře * Vlhkost se zadává v % od 40 do 60	Identifikace předmětů externí
Požadovaná teplota v komoře * Teplota se zadává v °C od 48 do 55	Inventární čísla externí
Křivka vlhkosti * Keyworthova	Poznámky
Mód odtahení * Výměník	
Typ etalonu *	
Délka ošetření * Délka ošetření se zadává v hodinách	
Zadávatel *	

Obr. 5 Protokol nastavení dezinfekčního cyklu

Průběh dezinfekčního cyklu

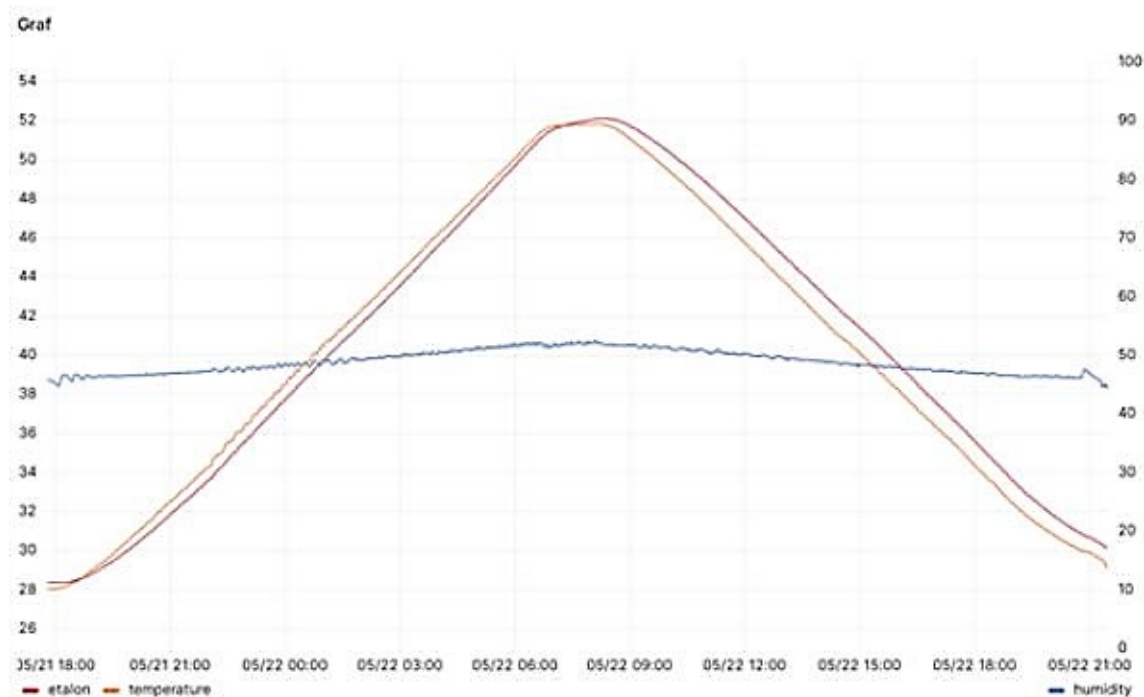
Dezinfekční cyklus má 4 fáze:

0. fáze inicializační – stabilizace mikroklimatu uvnitř komory a uvnitř technologie
1. fáze ohřevu – postupný nárůst teploty v prostoru komory a s odpovídajícím zpožděním i v etalonu až do dosažení požadované teploty
2. fáze likvidační – po dobu 1 hodiny (standardně) je udržovaná požadovaná teplota
3. fáze chlazení – postupný pomalý pokles teploty až na výchozí teplotu

Průběh cyklu může restaurátor sledovat na grafu, který aplikace zobrazuje. Po ukončení cyklu aplikace pošle informaci o ukončení cyklu spolu s výsledným grafem (obr. 6).

Doba trvání dezinfekčního cyklu

Doba trvání cyklu je závislá na použitém etalonu. V zásadě se může pohybovat od cca 18 hodin až po dobu několika dnů (např. u stavebních prvků).



Obr. 6 Průběh dezinfekce zobrazený na grafu

Vyjmutí ošetřených předmětů z komory

Po ukončení dezinfekčního cyklu je možno sbírkové předměty vyjmout z komory a poté umístit do depozitáře. Je velmi žádoucí, aby depozitární režim odpovídal zásadám integrovaného pest managementu, v tomto kontextu jde zejména o zajištění vhodné teploty a relativní vlhkosti vzduchu, která by neměla vést ke změně vlhkosti dřeva. Optimální hodnota rovnovážné vlhkosti dřeva by měla být udržována pod 10 %, čímž bude eliminováno další napadení většinou dřevokazných škůdců. I tímto postupem lze snížit využívání toxických látek při ochraně kulturního dědictví.

5. Experimentální část

I přes řadu pozitivních ohlasů ze zahraničí i z vlastní zkušenosti s využitím dezinfekce teplem s regulovanou vlhkostí vzduchu jsme chtěli získat více relevantních informací. Metoda je sice využívána již od 90. let 20. století, ale stále nelze konstatovat, že je metodou stejně běžnou jako aplikace kapalných biocidů. Určitě zde proto existuje prostor pro další výzkum. Motivací je nejen sílící trend postupného přechodu k netoxickým metodám dezinfekce, souvisejícího jednak s odpovědnějším přístupem k životnímu prostředí, jednak s řadou negativních účinků chemikálií na stav historických materiálů, ale potvrzuje se i velmi vysoká účinnost netoxických metod, která v reálné praxi ochrany kulturního dědictví patří vůbec k nejlepším. Většina autorů neshledala při využívání dezinfekce zvýšenou teplotou významnější negativní vlivy na materiál,¹⁴ přičemž testovány byly jak historické materiály, tak nově připravené vzorky.¹⁵ Byl proveden i výzkum vlivu tepelné sanace na DNA u sbírkových přírodnin, který potvrdil potenciální vhodnost této metody pro ošetření daného druhu muzeálií.¹⁶ Avšak všechny publikace se shodují na potřebě dalšího výzkumu a případně optimalizaci způsobů aplikace popisované metody. Zmíněný trend odráží aktuální evropská technická norma, která doporučuje preferovat využívání netoxických metod před aplikací biocidů.¹⁷ Publikované výstupy se proto staly vodítkem při definování metodiky pro správné využívání této metody sanace v praxi, jednak inspirací pro navrhování vhodných testů, kterými byl ověřován reálný průběh ošetřování přímo v muzeu.

¹⁴ Patrně nejkritičtější je práce BALL a kol. 2011, která se zaměřuje na zkušenosti s aparaturou firmy Thermo Lignum. Je však zarážející, že autorky pracují s teplotou 60 °C, která je výrazně vyšší, než je teplota doporučovaná výrobcem zařízení i literaturou zabývající se problematikou dezinfekce předmětů. Jiní autoři podobné problémy při využití zmíněného zařízení neidentifikovali. K tomu viz např. TSCHERNE 2009, 2016. Série testů navržená autorkami je ovšem inspirativní a bylo by žádoucí tento experiment provést i v relevantním rozsahu teplot.

¹⁵ ERTELT 1993; BEINER – OGILVIE 2005; STRANG 2012; TSCHERNE 2009, 2016; a další.

¹⁶ ACKERY a kol. 2004.

¹⁷ Viz ČSN EN 16790, 2017, Ochrana kulturního dědictví – Komplexní ochrana před škůdci, zejména s. 26–27.

5.1 Rozměrové změny dřevěných vzorků

První série testování byla zahájena po zprovoznění nové přesné termokomory, která umožňuje řízení celého procesu a nastavení parametrů restaurátorem, a to v automatickém či poloautomatickém módu.¹⁸ Záměrem testování bylo ověřit, zda dezinfekce v tomto zařízení nezpůsobuje rozměrové změny ošetřovaného materiálu.¹⁹

Byla realizována sada testů, které jsou z hlediska rizika pro sbírkové předměty patrně nejpodstatnější. Experiment byl zaměřen na změny rozměrů, hmotnosti, a tedy i případně vlhkosti dřevěných vzorků, jelikož změny tvaru a objemu mohou potenciálně způsobit poškození muzeálií. K tomu, aby se těmto objemovým změnám předešlo, slouží právě systém pro udržení vhodných podmínek okolního prostředí. Díky tomu je pak rovnovážná vlhkost dřeva vzorků po dobu dezinfekce téměř nezměněna.²⁰ Test byl navržen dle podobného experimentu realizovaného rovněž v termokomoře s regulovanou vlhkostí vzduchu.²¹ Vzorky byly vyrobeny z vybraných dřev, jednalo se o zástupce jak listnatých, tak jehličnatých stromů, přičemž do testování byla zahrnuta dřeva tvrdá i měkká. K testování bylo vybráno dřevo borovice, smrku, dubu a lípy v podobě podélných a příčných destiček (o rozměrech cca 100 × 300 × 12 mm) a hranolků (o rozměrech cca 40 × 40 × 70 mm), vždy v pěti kusech (obr. 7).²²

¹⁸ Označení ATCD® 3.0 GreenRESTORE®.

¹⁹ V zahraničí jsou využívána obvykle zařízení s pasivním systémem chlazení, která mají omezené možnosti zejména při chladicí fázi, případně jsou využívány různé zjednodušené systémy, kde je ztrátě vlhkosti z materiálů bráněno uzavřením v parotěsných obalech. K tomu viz např. STRANG 2012.

²⁰ K tomu blíže např. STRANG 2001; STRANG – GRATTAN 2009; TSCHERNE 2016.

²¹ Srov. ERTELT 1993.

²² Podrobný popis experimentů (podkapitola 5.1, 5.2 a 5.3) je předmětem recenzovaného článku „Aktuální zkušenosti s využitím netoxických metod v rámci integrované ochrany před škůdci“, publikovaného na národní konferenci konzervátorů-restaurátorů v Klatovech, konané v roce 2021. ŠIMČÍKOVÁ – ŠIMČÍK – BAAR 2021, s. 142–149.



Obr. 7 Vzorky dřeva po ošetření v termokomoře (zleva borovice, smrk, dub, lípa)

Experimentálně zjištěné hodnoty ukazují, že se rozměry ani hmotnost vzorků po ukončení 120minutového sanačního procesu nelišily od počátečního stavu, avšak do budoucna by bylo vhodné ověřit případnou změnu těchto parametrů i během samotného procesu dezinfekce jejich průběžným monitoringem prostřednictvím speciálního měřicího přístroje.

5.2 Vliv na historické materiály

Dále byla provedena série základních testů u historických materiálů potenciálně náchylnějších na vyšší teplotu (tab. 1 a obr. 8). Pro testování byly zvoleny běžné předměty vyrobené z uvedených materiálů, které jsou součástí sbírek muzeí, a lze u nich předpokládat určité riziko nežádoucích změn.

Materiál	Identifikace	Hmotnost před [g]	Hmotnost po [g]	Stav před (kontrolní body)	Stav po
dřevo	zemědělské dřevěné nářadí – hrábě	6,67	6,67	povrch narušen hmyzem (výletové otvory) a hnilobou; zřetelná vlákna dřeva a nečistoty	změny nezjištěny
dřevo, nitrocelulózový lak	nábytek s lakovou povrchovou úpravou – skříň gramofonu	17,27	17,29	nitrocelulózový lak jemně krakelovaný, čirý; úhlopříčně výraznější trhlina	změny nezjištěny
dřevo, polychromie	polychromovaný nábytek – fládovaná skříňka	71,10	71,11	spodní vrstva nátěru zvlněná (kopíruje směr krakel), lak čirý, krakelovaný, nečistoty; značka popisovačem	změny nezjištěny
dřevěná dýha, nitrocelulózový lak	lakovaná dýha (tloušťka cca 3 mm) ze skříňe gramofonu	3,72	3,72	nitrocelulózový lak jemně krakelovaný; podélné praskliny vyplněny lakem, jedna otevřena; rozhraní mezi částí vystavenou světlu a zastíněnou; barevná skvrna; nečistoty	změny nezjištěny
useň, kožešina, rohovina	dermoplastický preparát savce <i>Mustela nivalis</i>	214,10	214,21	zřetelné napojení čelisti na kožešinu se srstí; detail špičáku a dalších zubů; tmel	změny nezjištěny
useň lakovaná	rukavice	13,18	13,21	detail šití mezi prsty rukavice; částečně zřetelná struktura usně překryta lakem; drobný defekt v laku i usni – trhlina	změny nezjištěny
useň mořená	rukavice	13,19	13,19	detail šití mezi prsty rukavice; dobře zřetelná struktura usně;	změny nezjištěny

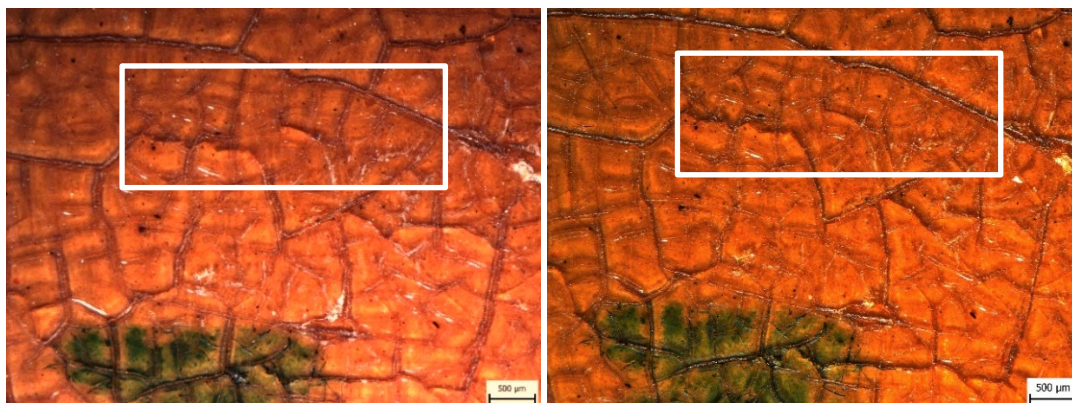
				drobné defekty v usni – jemné trhliny	
zlacený křídlový tmel	fragment rámu	69,94	69,98	povrch pokryt nátěrem na bázi práškového bronzu, kov částečně setřen, zkrakelován s výraznějšími defekty; na povrchu patrné skvrny a nečistoty	změny nezjištěny
zlacená dřevorezba (plátkové zlato na křídlovém podkladu)	fragment rámu	98,83	98,79	povrch pokryt plátkovým zlatem, zlato částečně setřeno, zkrakelováno; znečištění prachem	změny nezjištěny

Tab. 1 Testované vzorky

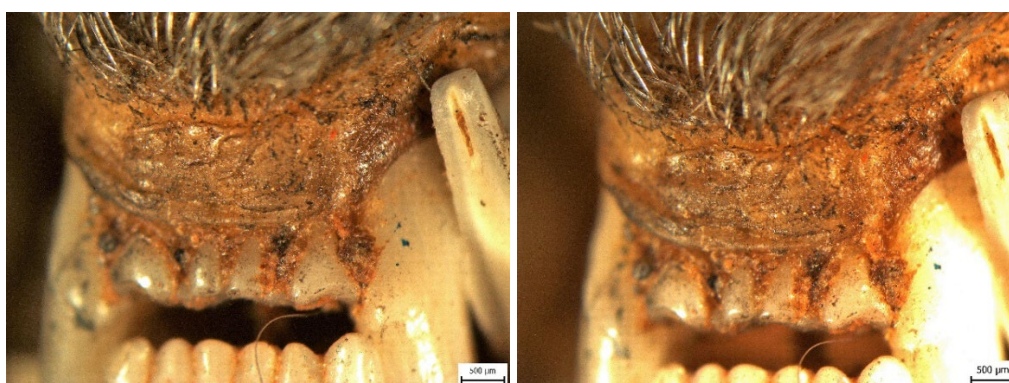


Obr. 8 Testované vzorky

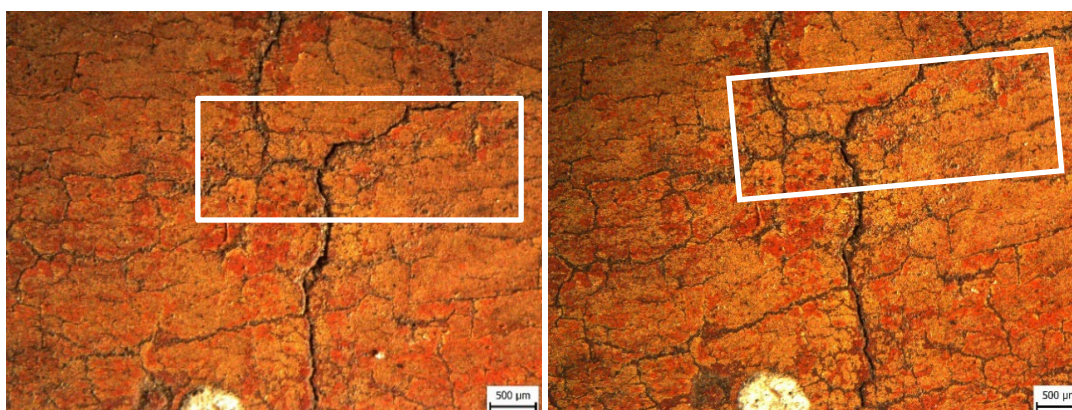
Výsledky jsou sumarizovány v tabulce č. 1, přičemž u žádného ze vzorků nebyly zjištěny viditelné změny sledovaných ploch (obr. 9–12). V případě hmotnosti jsme zaznamenali pouze minimální změny, jež nikterak neovlivnily samotný stav předmětů.



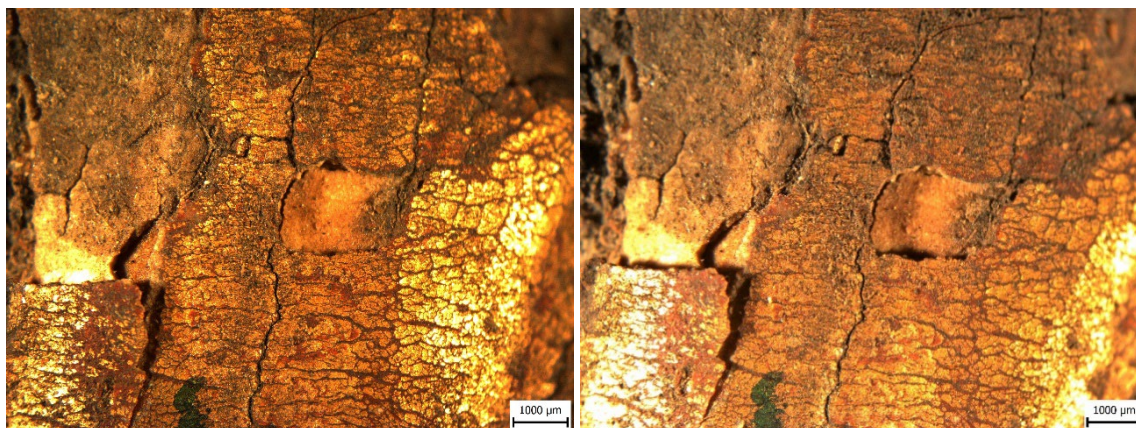
Obr. 9 Barevná vrstva ve stylu imitace dřeva (fládr), před ošetřením a po něm, bez viditelných změn



Obr. 10 Dermoplastika (*Mustela nivalis*), před ošetřením a po něm, bez viditelných změn



Obr. 11 Zlacení plátkovým zlatem na křídovém podkladě, před ošetřením a po něm, bez viditelných změn



Obr. 12 Extrémně poškozený povrch – zlacení plátkovým zlatem na křídovém podkladě, před ošetřením a po něm, bez viditelných změn

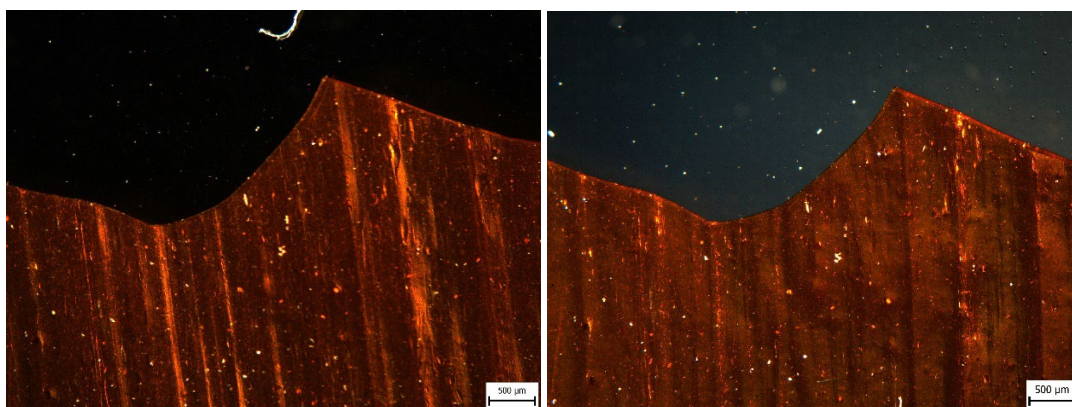
5.3 Vliv na pryskyřice, vosky a lepidla používaná při výrobě či konzervaci a restaurování muzeálií

V návaznosti na obavy prezentované v souvislosti s citlivostí některých materiálů užívaných při výrobě nebo ošetřování sbírkových předmětů byl připraven i základní test pro vybrané vzorky pryskyřic, vosků a přírodních lepidel na proteinové bázi (tab. 2). Výsledky opět neprokázaly, že by dezinfekce v přesné termokomoře způsobovala viditelné změny na testovaných materiálech (obr. 13–15).

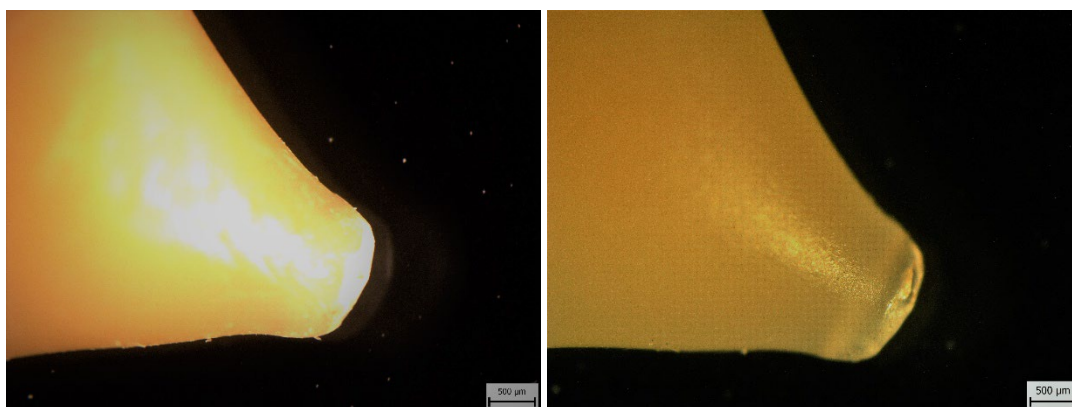
Materiál	Označení	Stav před	Hmotnost před [g]	Stav po	Hmotnost po [g]
pryskyřice	šelak	ostré hrany okrajů; povrch hladký slinutý; lokálně lasturovitě prohlubně	9,40	změny nezjištěny	9,40
	damara	ostré hrany okrajů; povrch hladký s rýhami; lokálně lasturovitě prohlubně	11,33	změny nezjištěny	11,33
	Paraloid B72	ostré hrany okrajů; povrch hladký slinutý; lokálně promáčknutá místa	16,60	změny nezjištěny	16,61
vosky	včelí vosk bělený	povrch hladký s drobnou strukturou	11,19	změny nezjištěny	11,19
	Cosmoloid h80	povrch strukturovaný; dobře zřetelný tvar okraje	8,92	změny nezjištěny	8,92

	karnaubský vosk	ostré hrany okrajů; povrch hladký slinutý	8,30	změny nezjištěny	8,30
přírodní lepidla	klíh kostní	povrch hladký s drobnými nerovnostmi; odštěpky	10,18	změny nezjištěny	10,14
	klíh kožní	povrch hladký s drobnými nerovnostmi	10,45	změny nezjištěny	10,40
	želatina	povrch hladký s lasturovitými lomovými plochami	8,91	změny nezjištěny	8,91

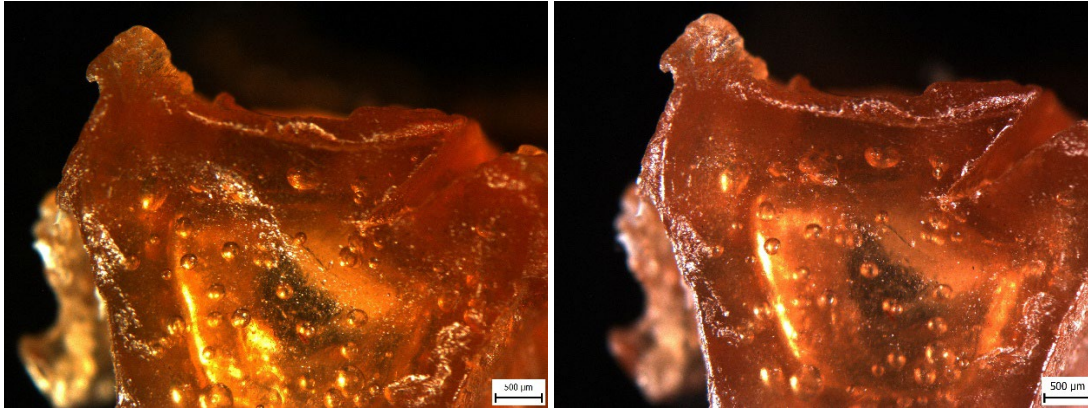
Tab. 2 Testované materiály



Obr. 13 Šupina šelaku, před ošetřením a po něm, bez viditelných změn



Obr. 14 Včelí vosk (bělený), před ošetřením a po něm, bez viditelných změn



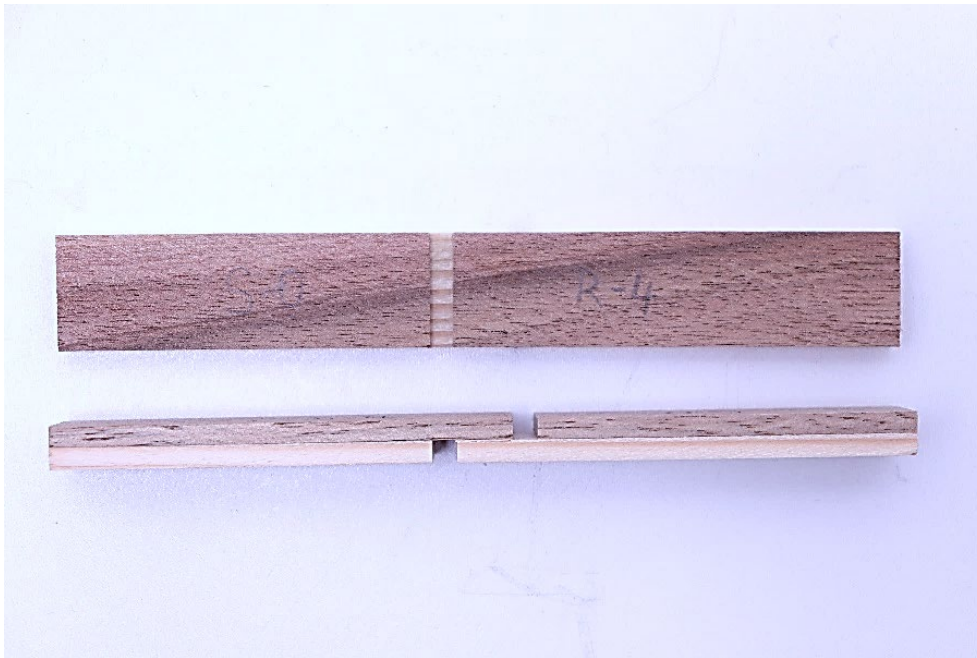
Obr. 15 Kožní klíč, před ošetřením a po něm, bez viditelných změn

5.4 Pevnost lepených spojů

Pro lepené spoje či dýchování historického nábytku býval zpravidla používán kostní nebo kožní klíč. Bylo proto vhodné ověřit pevnost takového spoje po dezinfekci v termokomoře. Pro exaktní ověření daného požadavku byl proveden experiment vycházející z ČSN EN 205, 2017, Lepidla – Lepidla na dřevo pro nekonstrukční aplikace – Stanovení pevnosti ve smyku při tahovém namáhání přeplátovaných spojů.

Pro účely testu byly vytvořeny soubory vzorků z různých kombinací druhů dřev, které jsou běžně zastoupeny ve skladbě sbírkového fondu nejen NMvP.²³ Zejména kombinace smrku a jiného dřeva, například v podobě dýhy, je velmi typická pro historický nábytek: smrk-ořešák (S-O; obr. 10), smrk-dub (S-D), smrk-třešeň (S-T). Lidový nábytek je pak běžný v kombinaci smrk-smrk (S-S). Výše zmíněná norma však doporučuje pro testování smykové pevnosti lepeného spoje dřevo buku. K lepení byl použit kostní klíč nanášený za tepla.

²³ Podrobný popis experimentů (podkapitola 5.4 a 5.5) je předmětem recenzovaného článku „Posouzení vlivu netoxické desinsekce s využitím zvýšené teploty v přesné termokomoře na tradiční technologie lepení a dřevěné stavební prvky“, publikovaného v časopise Slezské univerzity v Opavě *Acta Historica Universitatis Silesianae Opaviensis*, srov. ŠIMČÍKOVÁ – ŠIMČÍK – BAAR 2022, s. 153–162.



Obr. 16 Zkušební vzorek po prořezání drážek

Smyková pevnost lepeného spoje byla testována pomocí zkušebního stroje Tinius Olsen 10ST při rovnovážné vlhkosti vzorků 10 % a následně byl vyhodnocen procentuální podíl porušení lepeného spoje ve dřevě. Smyková pevnost referenčních vzorků byla ve většině případů mírně vyšší než vzorků ošetřených, mezi naměřenými pevnostmi však nebyly nalezeny statisticky významné rozdíly (tab. 3). U většiny vzorků došlo k porušení ve dřevě, zpravidla ve smrkové lamele (obr. 17), zjištěná pevnost tedy odpovídá smykové pevnosti podél vláken smrkového dřeva. Tepelné ošetření vzorků naopak snížilo míru porušení v lepené spáře, což může značit zlepšení kvality lepeného spoje, kdy za použitých podmínek mohlo dojít k relaxaci lepeného spoje či dodatečnému vytvrzení klišu.

Lze konstatovat, že i po dezinfekci je smyková pevnost smrkového dřeva stále nižší než pevnost referenčního lepeného spoje, což je důležitá informace pro ochranu sbírkových předmětů. Pro prokázání pevnosti lepených spojů dle citované normy byly provedeny i testy se vzorky buk-buk, tak jak to definuje norma. Výsledky měření pevnosti lepené spáry prokázaly, že ani v tomto případě nemá na lepený spoj dezinfekce zásadní vliv. Ve většině případů byl porušen spoj ve dřevě.



Obr. 17 Míra porušení ve dřevě (zleva): S-T – porušení převážně situované v lepené spáře, S-O – 100 % porušení ve smrkovém dřevě, S-S – 100 % porušení ve smrkovém dřevě, S-D – 100 % porušení ve dřevě, částečně ve smrkovém a částečně v dubovém

typ	Smyková pevnost		Podíl porušení ve dřevě	
	arit. průměr (MPa)	var. koef. (%)	arit. průměr (%)	var. koef. (%)
S-O-R	8.7	15.6	86	27.5
S-O-I	7.9	11.8	98	4.3
S-O-II	8.1	11.8	95	10.2
S-O-III	8.4	18.1	92	14.3
S-D-R	7.1	11.9	87	29.2
S-D-I	7.1	16.4	100	18.3
S-D-II	7.3	18.3	95	13.4
S-D-III	6.9	25.1	96	13.2
S-T-R	9.0	11.8	92	14.3
S-T-I	8.6	9.8	73	46.1
S-T-II	8.1	14.3	84	19.6
S-T-III	8.4	11.1	94	11.4
S-S-R	8.1	10.2	85	30.5
S-S-I	7.8	8.2	89	22.1
S-S-II	7.6	9.2	92	19.3
S-S-III	7.6	11.5	100	0.0

Tab. 3 Smyková pevnost lepeného spoje a procentuální podíl porušení ve dřevě testovaných vzorků: S-O (smrk-ořešák), S-D (smrk-dub), S-T (smrk-třešeň), S-S (smrk-smrk), R – referenční vzorky, I – vzorky ošetřeny jednou, II – vzorky ošetřeny dvakrát, III – vzorky ošetřeny třikrát. Variační koeficient je jeden ze statistických ukazatelů hovořících o variabilitě naměřených dat, počítán je jako podíl směrodatné odchylky a aritmetického průměru souboru.

5.5 Testování stavebních prvků

Vzhledem k velmi vysoké účinnosti dezinfekce zvýšenou teplotou v přesné termokomoře vznikl rovněž požadavek na ověření možnosti sanace i masivních dřevěných stavebních prvků. Národní muzeum v přírodě při své sbírkotvorné i prezentační činnosti využívá velké množství rozměrných stavebních prvků, které jsou dlouhodobě ohrožovány dřevokazným hmyzem. Vzhledem k mobilnosti většiny zmíněných prvků bylo rozhodnuto o jejich dezinfekci před využitím při opravách a obnovách lidových staveb v areálech muzeí v přírodě, stejně jako před jejich uložením v depozitáři stavebních prvků.

Přestože se jedná o stavební části, u kterých jsou drobné deformace a trhliny na povrchu běžné, byla provedena série testů ověřujících vliv netoxické dezinfekce v přesné termokomoře na rozměrové změny masivních dřevěných prvků (tab. 4).

Pro sledování povrchových změn byl použit systém lokální aplikace sádrových terčíků na povrch prvků. Ty byly aplikovány na jejich podélné (obr. 18 a 19) i příčné plochy (obr. 20 a 21).

Výraznější rozměrové změny dřevěných vzorků vyvolané tepelným ošetřením by se projevíly na celistvosti sádrového terčíku, který tedy sloužil jako jejich indikátor. U žádného terčíku nebylo po ukončení prvního ani druhého cyklu pozorováno jeho porušení.

Vz.	Dřevo	Rozměry [cm]	Popis	Stav po I	Stav po II
1	buk	136 × 27 × 16	Stěnový trám se spoji na obou koncích (nárožní spoj s vnitřním zámkem), v minulosti silně napaden dřevokazným hmyzem. Trám hraněný tesáním ze dvou stran.	změny nezjištěny	změny nezjištěny
2	jedle	104 × 16 × 16	Stojka se dvěma přibitými lištami vymezujícími drážku. Trám hraněný tesáním ze čtyř stran, s ponechanými oblinami.	změny nezjištěny	změny nezjištěny
3	jedle	196 × 14 × 9	Subtilní trám s čepem na konci, hraněný tesáním ze tří stran.	změny nezjištěny	změny nezjištěny

4	smrk	45 × 17,5 × 14,5	Část stavebního prvku s plátovým spojem, odříznutá pilou. Měřena délka prvku včetně plátu. Trám ostře hraněný tesáním.	změny nezjištěny	změny nezjištěny
5	jedle	52 × 17 × 14,5	Část stavebního prvku s plátovým spojem, odříznutá pilou. Měřena délka prvku včetně plátu. Trám hraněný tesáním ze tří stran.	změny nezjištěny	změny nezjištěny
6	jedle	52 × 17,5 × 15	Část stavebního prvku s plátovým spojem, odříznutá pilou. Měřena délka prvku včetně plátu. Trám hraněný tesáním ze čtyř stran s ponechanými většími oblinami.	změny nezjištěny	změny nezjištěny
7	jedle	45 × 17 × 14,5	Část stavebního prvku s plátovým spojem, odříznutá pilou. Měřena délka prvku včetně plátu. Trám hraněný ze čtyř stran, se dvěma ponechanými oblinami.	změny nezjištěny	změny nezjištěny
8	smrk	25,5 × 12 × 12	Novodobý hranol řezaný pilou, povrch s uvolněnými vlákny.	změny nezjištěny	změny nezjištěny

Tab. 4 Popis testovaných vzorků



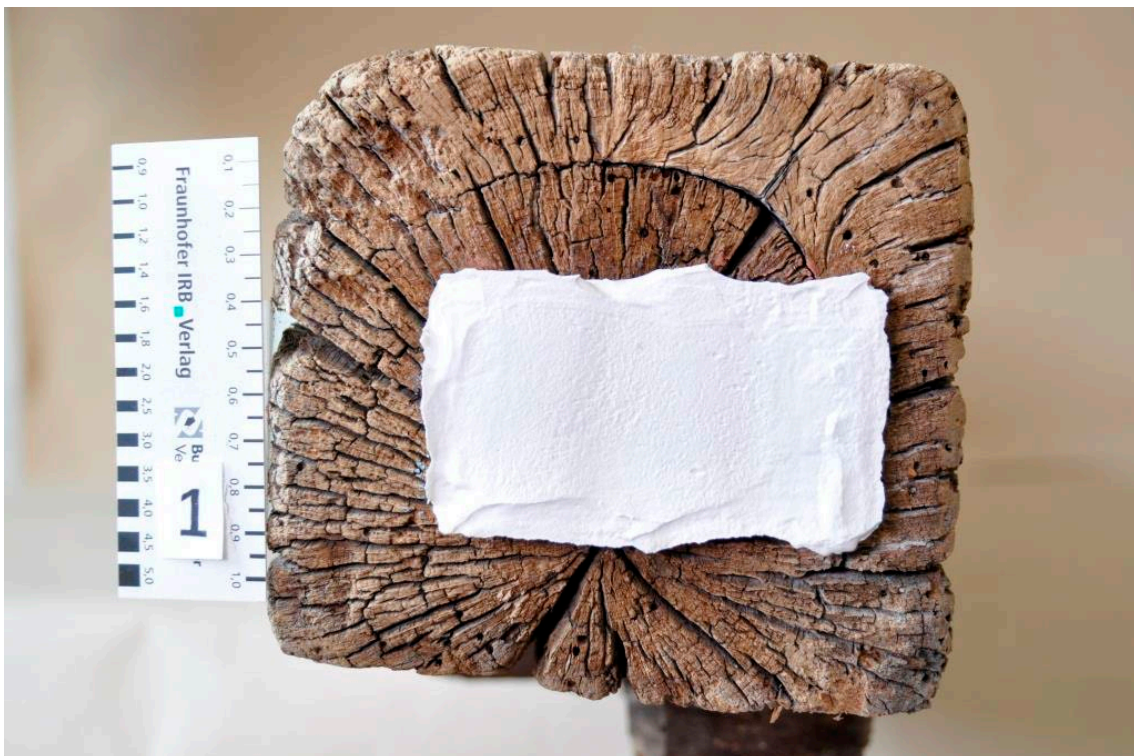
Obr. 18 Vzorek č. 1 se sádrovým terčikem na podélné ploše před ošetřením



Obr. 19 Vzorek č. 1 se sádrovým terčikem na podélné ploše po druhém ošetření



Obr. 20 Vzorek č. 1 se sádrovým terčíkem na příčné ploše před ošetřením



Obr. 21 Vzorek č. 1 se sádrovým terčíkem na příčné ploše po druhém ošetření

5.6 Shrnutí výsledků testování

Výsledky testování vzorků vybraných dřev jsou uspokojivé, jelikož při dezinsekci v přesné termokomoře nebyly pozorovány žádné změny rozměrů ani hmotnosti.

Vedle rozměrových změn představuje další oblast zájmu samotný vliv teploty na materiály, který byl více sledován u druhé a třetí sady testů. Ani zde se nepodařilo zjistit znatelné změny vzhledu vzorků simulujících sbírkové předměty, a to včetně silně poškozených a křehkých vzorků.

Sada materiálů používaných při výrobě či ošetřování muzeálií rovněž prošla testováním bez zřetelných změn.

U testování tradičních spojů lepených klihem bylo zjištěno, že pevnost lepidla nebyla ošetřením snížena a spoje byly při trhacích zkouškách porušeny zpravidla až ve dřevě vzorků.

V případě ošetřovaných stavebních prvků lze konstatovat, že se nezměnil tvar stávajících trhlin ve dřevě, a to ani v podélném, ani v příčném směru. Během dezinsekce nebyly indikovány žádné změny, které by svědčily o deformacích.

V návaznosti na získané výsledky lze konstatovat, že dezinsekce teplem v přesné termokomoře ani u jednoho vzorku ze všech sad testů nezpůsobila zhoršení kondice testovaných předmětů či materiálů.

6. Závěr

Netoxická dezinfekce v přesné termokomoře následuje moderní trendy v péči o sbírkové předměty. Hlavními přínosy této metody jsou vysoká účinnost při nulové toxicitě a s tím související bezpečnost pro sbírkové předměty i obsluhu, opakovatelnost a hospodárnost. Vzhledem k vysoké heterogenitě materiálového složení sbírkových předmětů a různorodých podmínek předchozího uložení je nezbytné, aby stav předmětů před dezinfekcí důkladně zhodnotil restaurátor a rozhodl o správném postupu.

Výsledky testů výše popsaných v podkapitolách 5.1 až 5.5 neprokázaly u předmětů podrobených netoxické dezinfekci v přesné termokomoře žádné viditelné změny. Testovány byly předměty vyrobené z organických materiálů bez různých povrchových úprav i s nimi (polychromie, zlacení, lakování apod.), lepené spoje u vzorků v kombinaci měkkého a tvrdého dřeva, dermopreparáty a dřevěné stavební prvky. Lze konstatovat, že použití metody netoxické dezinfekce v přesné termokomoře bylo u všech ošetřovaných předmětů úspěšné. Zjištění jsou tak v souladu s publikovanými poznatky jiných autorů.

Literatura a další zdroje

ACKERY, P. R. – TESTA, J. M. – READY, P. D. – DOYLE, A. M. – PINNIGER, D. B. Effects of High Temperature Pest Eradication on DNA in Entomological Collections. *Studies in Conservation*, 2004, 49, 1, s. 35–40.

BALL, M. D. – BISULCA, Ch. – ODEGAARD, N. *Heat & Humidity Chambers for Pest Eradication: Materials Testing*. The American Institute for Conservation's 39th Annual Meeting, 2011.

BEINER, G. G. – OGILVIE, T. M. A. Thermal methods of pest eradication: their effect on museum objects. *The Conservator*, 2005, 29, 6, s. 5–18.

Certifikovaná metodika: *Na sestavení a provoz zařízení pro ošetřování drobných muzejních předmětů napadených škodlivými členovci za pomoci řízené atmosféry (dusík)*, Osvědčení

č. 1/2011 SOLK vydané Ministerstvem kultury dne 2. 6. 2011, dostupné z:

<https://text.nkp.cz/soubory/ostatni/cm-zarizeni-hubeni-hmyzu.pdf/> (5. 6. 2023).

ČSN EN 16790 *Ochrana kulturního dědictví – Komplexní ochrana před škůdci* [Conservation of cultural heritage (IPM) for protection of cultural heritage], leden 2017.

ČSN EN 205 *Lepidla – Lepidla na dřevo pro nekonstrukční aplikace – Stanovení pevnosti ve smyku při tahovém namáhání přeplátovaných spojů*, únor 2017.

ERTELT, P. *Studies on controlled thermal treatment in pest-infested wood*. Diplomarbeit. Institut für Holzforschung Fachhochschule Rosenheim, 1993.

HAMMOND, D. *Heat Treatment for Insect Control*. Cambridge (Elsevier) 2015, s. 7 ad., dostupné z: <https://museumpests.net/> (5. 6. 2023).

KIGAWA, R. – STRANG, T. – HAYAKAWA, N. – YOSHIDA, N. – KIMURA, H. – YOUNG, G. Investigation of effects of fumigants on proteinaceous components of museum objects (muscle, animal glue and silk) in comparison with other non-chemical pest eradicating measures. *Studies in Conservation*, 2011, 56, s. 191–215.

PINNIGER, D. – LANDSBERGER, B. – MEYER, A. – QUERNER, P. *Handbuch Integriertes Schädlingsmanagement: in Museen, Archiven und historischen Gebäuden*. Rathgen-Forschungslabor, Berlin 2016.

STRANG, T. J. K. *Studies in Pest Control for Cultural Property*. Doctoral thesis. University of Gothenburg. Faculty of Science, Gothenburg 2012.

- STRANG, T. J. K. – GRATTAN, D. Temperature and humidity considerations for the preservation of organic collections – the isoperm revisited. *e-Preservation Science*, 2009, 6, s. 122–128.
- STRANG, T. J. K. Sensitivity of seeds in herbarium collections to storage conditions, and implications for thermal insect pest control methods. Chapter 4, s. 81–102 in *Managing the Modern Herbarium, An Interdisciplinary Approach*. Ed. D. A. Metsger and S. C. Byers. Elton-Wolf, Vancouver 1999.
- STRANG, T. J. K. Principles of heat disinfestation, s. 114–129 in *Integrated Pest Management for Collections*. Proceedings of 2001 A pest odyssey. Ed. H. Kingsley, D. Pinniger, A. Xavier-Rowe and P. Winsor. James & James, London 2001.
- STRANG, T. – KIGAWA, R. Combatting Pests of Cultural Property. *Technical Bulletin 29*. Canadian Conservation Institute. Canadian Heritage, Ottawa 2009.
- ŠIMČÍKOVÁ, M. – ŠIMČÍK, A. – HAVLÍN, V. Zkušenosti s využitím netradičních metod likvidace škodlivého hmyzu v podmínkách Valašského muzea v přírodě v Rožnově p. Radhoštěm. *Sborník z konference konzervátorů a restaurátorů*, Technické muzeum v Brně, Brno 2006, s. 105–109.
- ŠIMČÍKOVÁ, M. – ŠIMČÍK, A. – BAAR, J. Aktuální zkušenosti s využitím netoxických metod v rámci integrované ochrany před škůdci. *Fórum pro konzervátory-restaurátory*, Klatovy 2021, s. 142–149.
- ŠIMČÍKOVÁ, M. – ŠIMČÍK, A. – BAAR, J. Posouzení vlivu netoxické desinsekce s využitím zvýšené teploty v přesné termokomoře na tradiční technologie lepení a dřevěné stavební prvky. *Acta Historica Universitatis Silesianae opaviensis 15*, Opava 2022, s. 153–162.
- TSCHERNE, F. *Anwendbarkeit einer feuchtegeregelten Warmluftbehandlung. Thermo Lignum-Verfahren zur Schädlingsbekämpfung an historischen Kunstobjekten aus Holz mit Farb- oder Goldfassung*. *Restauro 8*, 2009, s. 530 ad.
- TSCHERNE, F. – WILKE, N. – SCHACHENHOFER, B. – ROUX, K. – TAVLARIDIS, G. The Thermo Lignum ecological insect pest eradication process: the effects on gilded and painted wooden objects. *International Journal of Conservation Science 7*, 2016, s. 295–300.
- UNGER, A. – SCHNIEWIND, A. P. – UNGER, W. *Conservation of Wood Artifacts*. Springer – Verlag Berlin, Heidelberg 2001, s. 330 ad.

Seznam zkratk

ad.	a další
AI	Artificial Intelligence – umělá inteligence
apod.	a podobně
atd.	a tak dále
č.	číslo
ČSN	česká technická norma (dříve také československá státní norma)
ČR	Česká republika
EN	evropská norma
např.	například
NMvP	Národní muzeum v přírodě
obr.	obrázek
RV	relativní vlhkost
s.	strana, strany
srov.	srovnej
tab.	tabulka