



národní  
úložiště  
šedé  
literatury

**Metodika uchovávání, konzervování a restaurování předmětů kulturního dědictví  
na bázi keramických materiálů (pálená/nepálená hlína)**

Štefcová, P.  
2020

Dostupný z <http://www.nusl.cz/ntk/nusl-432138>

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

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

Datum stažení: 03.05.2024

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

# **METODIKA UCHOVÁVÁNÍ, KONZERVOVÁNÍ A RESTAUROVÁNÍ PŘEDMĚTŮ KULTURNÍHO DĚDICTVÍ NA BÁZI KERAMICKÝCH MATERIÁLŮ (PÁLENÁ/NEPÁLENÁ HLÍNA)**

Ing. Petra Štefcová, CSc.<sup>1</sup>, Ing. Jana Kadeřábková<sup>1</sup>, Mgr. Ladislav Polák<sup>1</sup>

Ing. Jaroslav Valach, PhD.<sup>2</sup>, Ing. Daniel Vavřík, PhD.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Národní muzeum

<sup>2</sup>Ústav teoretické a aplikované mechaniky Akademie věd České republiky v.v.i.

# OBSAH

## *METODIKA UCHOVÁVÁNÍ, KONZERVOVÁNÍ A RESTAUROVÁNÍ PŘEDMĚTŮ KULTURNÍHO DĚDICTVÍ NA BÁZI KERAMICKÝCH MATERIÁLŮ (PÁLENÁ/NEPÁLENÁ HLÍNA) ..... i*

1. CÍL METODIKY .....	1
2. POPIS METODIKY .....	1
2.1. Úvod .....	1
2.2. Historie používání keramických materiálů .....	2
2.3. Keramické materiály (složení, struktura) .....	3
2.4. Tepelné zpracování keramických materiálů (sušení, vypalování) .....	5
2.5. Základní vlastnosti produktů (keramiky) .....	7
2.6. Povrchové úpravy keramiky .....	8
3. KOMPLEXNÍ PREVENTIVNÍ PÉČE O PŘEDMĚTY KULTURNÍHO DĚDICTVÍ ZHOTOVENÉ Z KERAMICKÝCH MATERIÁLŮ .....	11
3.1. Objekty, v nichž jsou situovány úložné prostory pro keramiku .....	11
3.1.1. Zabezpečení (objektu, depozitáře, výstavních prostor) .....	11
3.1.2. Ochrana před živelnými pohromami (objektů, depozitářů, výstavních prostor) .....	12
3.1.3. Likvidace následků živelných pohrom .....	14
3.1.4. Jiná rizika (nebezpečí) .....	15
3.2. Klima (objektu, depozitáře, výstavních prostor) .....	18
3.3. Úložné prostory, mobiliář (obecné zásady) .....	20
3.4. Druhy a příčiny možného poškození keramických předmětů .....	25
3.5. Restaurování/konzervování keramických předmětů (obecné zásady) .....	32
3.6. Dokumentace předmětů (metody, postupy, technické parametry) .....	39
3.6.1. Fotometrické stereo .....	40
3.6.2. Metoda Structure from Motion (SfM) .....	42
3.6.3. Výpočetní (mikro)tomografie .....	46
3.6.4. Laserová profilometrie .....	47
3.6.5. Podmínky a postupy praktického provedení .....	48
3.6.6. Doporučovaný hardware a software .....	53
3.7. Manipulace s předměty z keramických materiálů .....	56
3.8. Instalace a vystavování předmětů .....	57
3.9. Balení předmětů a jejich transport .....	59

3.10. Evidence předmětů, edukace (zaměstnanců, veřejnosti) .....	62
4. UPLATNĚNÍ METODIKY .....	64
5. SEZNAM PUBLIKACÍ PŘEDCHÁZEJÍCÍCH METODICE .....	64
6. SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY .....	65
7. SOUHRN .....	67
8. PODĚKOVÁNÍ.....	68

Metodika je jedním z výstupů řešení projektu NAKI (identifikační kód DG 16P02M022) „Analýza, popis a archivace souborných informací o vlastnostech předmětů kulturního dědictví a využití těchto informací v restaurátorské, konzervátorské a badatelské praxi“, financovaného Ministerstvem kultury České republiky na základě smlouvy č. 22/2016 OVV. Řešiteli tohoto konsorciálního projektu jsou Národní muzeum, Ústav teoretické a aplikované mechaniky AV ČR a Filozofická fakulta Univerzity Karlovy, koordinujícím řešitelem je Národní muzeum. Metodika vznikala v úzké interdisciplinární spolupráci řešitelských pracovišť.

**Oponenti:** doc. Dr. Ing. Michal Ďurovič  
MgA. BcA. Tomáš Skalík

### **Anotace**

Keramika na bázi keramických materiálů (dekorativní i užitková) provází lidstvo od pravěku až po současnost; je proto významnou součástí sbírek všech sbírkotvorných institucí. Vzhledem k povaze materiálu jsou však tyto předměty extrémně náchylné zejména k mechanickému poškození.

Předkládaná metodika je souhrnem informací o možných příčinách (mechanismech) poškození či destrukce tohoto typu předmětů kulturního dědictví; zahrnuje však i soubor doporučení pro vytvoření optimálních podmínek deponování, vystavování, konzervování/restaurování a pro manipulaci s předměty, a to včetně popisu několika metod využitelných ke zhotovení kvalitní dokumentace a věrné virtuální replikace předmětů (3D modely).

### **Klíčová slova**

Předměty kulturního dědictví na bázi keramických materiálů, deponování, vystavování, konzervování/restaurování, dokumentace (tvorba a záznam 3D modelů) a transport těchto předmětů.

## **1. CÍL METODIKY**

Záměrem autorů metodiky bylo vypracování uceleného materiálu, zahrnujícího základní aspekty komplexní preventivní péče o předměty kulturního dědictví zhotovené z keramických materiálů (tj. podmínky deponování, vystavování, manipulace, transportu aj.), možné příčiny (mechanismy) poškození či destrukce i nové metody dokumentace předmětů (digitální a 3D modely).

## **2. POPIS METODIKY**

Metodika uchovávání, konzervování a restaurování předmětů kulturního dědictví na bázi keramických materiálů (pálená/nepálená hlína) je výstupem řešení čtvrtého cíle projektu s názvem „Analýza, popis a archivace souborných informací o vlastnostech předmětů kulturního dědictví a využití těchto informací v restaurátorské, konzervátorské a badatelské praxi“.

Předkládaný materiál (metodika) je souhrnem dostupných základních informací o možných příčinách (mechanismech) poškození či destrukce tohoto typu předmětů kulturního dědictví. Součástí metodiky je i soubor doporučení pro vytvoření optimálních podmínek deponování, vystavování, konzervování či restaurování keramických předmětů aj. i podrobný popis pracovního postupu pro vytváření a záznam modelů, a to včetně stanovení pracovních podmínek zařízení k dosažení předepsaného rozlišení a reprodukovatelnosti zaznamenaných objektů z hlediska rozměrové a tvarové přesnosti a v případě 3D modelů i po stránce barevnosti. Dodržení tohoto postupu bude garancí pořízení virtuálních replik s předepsanou věrností.

### **2.1. Úvod**

Hlavním úkolem a cílem preventivní péče o předměty kulturního dědictví je maximální možné zpomalení procesu chýtrání materiálů, z nichž jsou předměty zhotoveny, a to vytvořením, pokud možno optimálních podmínek pro jejich deponování, vystavování a bezpečný transport.

V současné době je v této oblasti již relativně rozšířeno měření klimatických parametrů (teplota, relativní vlhkost) v depozitářích i expozicích i měření úrovně osvětlení. Mezi veličiny, jejichž monitoring je v současné době prováděn spíše sporadicky, patří sledování škodlivých látek v ovzduší (prach, plynné polutanty, těkavé organické látky).

Je skutečností, že v případě křehkých keramických předmětů je relativně riskantní každá operace, spojená s manipulací nebo přesunem předmětu ať už v rámci depozitáře či vlastního objektu, nebo v rámci transportu na jiné místo (např. zapůjčení na výstavu jiné instituce), kdy jsou předměty vystaveny riziku v důsledku pádu nebo vibrací (Johnson, 2013). V současné době však již je možné podmínky transportu předmětů kulturní hodnoty (teplota, vlhkost, vibrace, otřesy aj.) monitorovat

nejen pomocí cenově náročnějších komerčních čidel, ale i pomocí cenově mnohem výhodnějších speciálních sdružených čidel (Valach et al., 2014).

Komplexnost v přístupu k preventivní péči pak spočívá nejen v minimalizaci všech známých rizikových faktorů, ale např. i v detekci skrytých strukturních vad materiálu předmětů a jejich poškození, jejichž zviditelnění je možné moderními zobrazovacími a dokumentačními metodami (digitalizace, tvorba 3D modelů aj.).

Do procesu preventivní péče o předměty kulturního dědictví však náleží i celá řada dalších, nepřímých faktorů (údržba budov, legislativa aj.); je tedy víc než zřejmé, že se jedná o širokospektrální multioborovou disciplínu, integrující mnoho různých aspektů preventivní péče o předměty kulturního dědictví.

Předmětem předkládané metodiky je v daném případě zcela specifická skupina předmětů kulturního dědictví; předměty zhotovené z keramických materiálů.

## **2.2. Historie používání keramických materiálů**

Keramické materiály na bázi přírodních surovin jsou, vedle dřeva a kamene, nejdéle používané materiály v historii lidstva. Je známo, že jedny z prvních výrobků/předmětů zhotovených z přírodní zeminy byly pouze sušený, teprve mnohem později pak vypalovány.

Důležité využití měly keramické materiály (tj. určité typy hlíny) ve stavebnictví. Je známo, že různé druhy a typy „stavebních“ konstrukcí z hlíny byly využívány prakticky ve všech rozvinutějších civilizacích (v povodí řek Tigris a Eufrat, na březích Nilu, Indu a Gangy). Tyto jílovité a písčité naplaveniny hlíny v kombinaci s různými rostlinnými materiály (např. tráva, rákos aj.) poskytovaly vhodný konstrukční materiál pro stavbu stabilního obydlí a jejich použití se datuje již do doby pátého tisíciletí př.n.l. Nejstarší osídlení Evropy je datováno do šestého tisíciletí př.n.l.; primitivní obydlí vystavěná za použití rostlinného materiálu a jílů se tak postupně vyvinula až do obydlí stavěných ze sluncem sušených cihel (Houden, 2003; Kotlík, 1999).

Pod obecný pojem „keramika“ se nejčastěji zahrnují výrobky, které byly zhotoveny z přírodních nekovových surovin vytvořením předmětů požadovaných tvarů a následně dále technologicky upravených (vypálených, opatřených glazurou atp.).

Z hlediska movitých předmětů kulturního dědictví se nejčastěji jedná o dekorativní a užitkové (archeologické i historické) předměty zhotovené z různých druhů keramických materiálů (hlína, kaolín), s rozdělením podle stáří na keramiku pravěkou, středověkou, novověkou (lidovou a průmyslovou) a podle druhu materiálu na průlinčinu (hrnčinu), kameninu a porcelán nebo podle způsobu dekorování a glazování (na engobu, majoliku, fajáns aj.). Keramické materiály jsou však často i součástí historického památkového objektu, v nichž byly použity k úpravě či dekoraci interiéru (např. dlažby, kachle aj.).

### 2.3. Keramické materiály (složení, struktura)

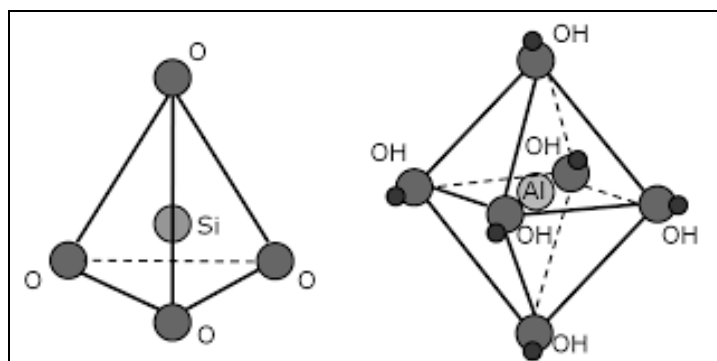
Z poměrně široké škály keramických materiálů má značný význam **keramika na bázi jílových surovin**; jejich základní složkou jsou přírodní jílovité horniny, tj. (obecně) usazené horniny, obsahující z více než 50 % jílovité složky, jejichž součástí jsou jílové minerály.

Z chemického hlediska obsahují jílové sedimenty zejména oxidy křemíku, hliníku a vodu, v menším množství pak oxidy titanu, železa, vápníku, hořčíku, sodíku, draslíku aj. Význam keramických materiálů je zřejmý na základě v literatuře uváděného složení zemské kůry ( $\text{SiO}_2$  60 %,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  15 %,  $\text{CaO}$  5,5 %,  $\text{MgO}$  3,1 %,  $\text{FeO}$  3,8 %,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  2,5 %).

Nejdůležitější skupinou půdních sekundárních minerálů jsou jílové minerály vznikající v půdotvorném procesu rozpadem primárních křemičitanů (živců), popř. syntézou produktů, které se uvolňují při zvětrávání minerálů; na jejich vzniku se mohou podílet také biochemické procesy v půdě a půdní mikroorganismy.

Ke klasifikaci jílovitých materiálů (jílů) lze přistupovat z několika hledisek; z hlediska minerálního složení, z hlediska původu materiálu (např. jíly vzniklé zvětráváním v místě nebo jíly transportované a usazené jako říční, jezerní či mořské) nebo z hlediska jejich užití. S ohledem na cíle projektu se jeví jako účelná zejména klasifikace podle minerálního složení. Podle složení jílových minerálů lze rozlišit jíly monominerální nebo jíly polyminerální (tvořené více druhů jílových minerálů); obvykle obsahují i různé příměsi, určující jejich barvu (bílá, šedá, žlutá, hnědá aj., Hlaváč, 1988).

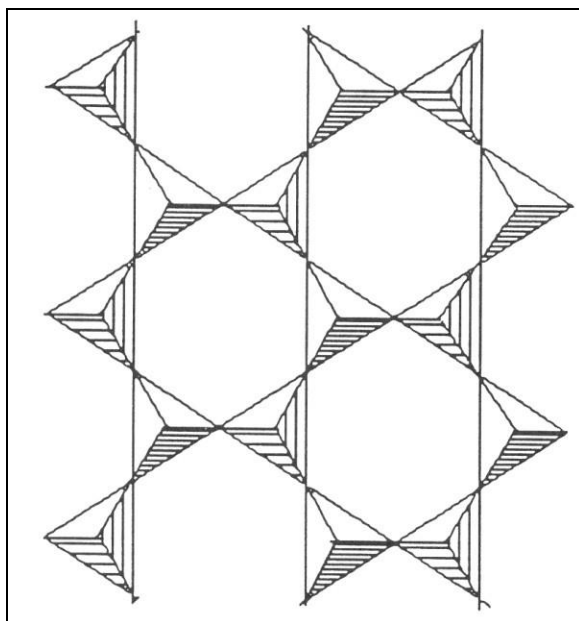
**Základními strukturními jednotkami** minerálů jílové skupiny jsou tetraedry (obr. 1; čtyřstěny, tj. trojrozměrná tělesa v prostoru se stěnami tvořenými čtyřmi trojúhelníky) a oktaedry (osmistěny, tj. trojrozměrná tělesa v prostoru se stěnami tvořenými osmi trojúhelníky; Valvoda, 1982).



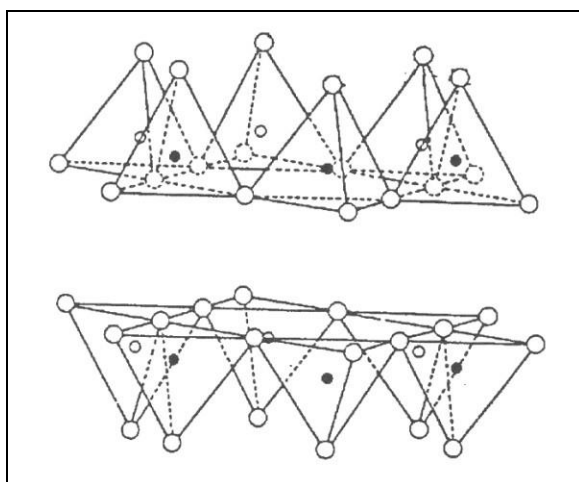
Obr. 1 Základní strukturní jednotky minerálů jílové skupiny (schematické znázornění; v levé části obrázku tetraedr, v pravé oktaedr, Pavlů, 2018)

Tetraedry i oktaedry vytváří tzv. sítě (obr. 2), které jsou vzájemně spojeny sdílením aniontů do jednotlivých vrstev. Jednotlivé vrstvy pak tvoří tzv. lamely krystalické mřížky jílových materiálů, sestávající ze dvou nebo tří vrstev tetraedrů a oktaedrů, s mezivrstevním prostorem, kam se mohou ukládat soubory iontů, atomů nebo jejich hydratovaných forem (obr. 3; Weiss, 2005).





Obr.2 Schema tetraedrické sítě tvořené tetraedry  $\text{SiO}_4$  (Moore, 1997)



Obr. 3 Ukázka možného propojení dvou tetraedrických sítí prostřednictvím van der Waalsových sil (Weiss, 2005)

Vzájemné vazby tetraedrických a oktaedrických sítí jsou však mnohem složitější a rozmanitější a jejich podrobnější popis přesahuje rámec předkládané metodiky.

Jako příklad trojvrstvého minerálu lze uvést např. montmorillonit nebo illit, u nichž se jedná o dvě vrstvy oxidu křemičitého, mezi kterými je vrstva oxidu hlinitého. Naproti tomu kaolinit je příkladem dvouvrstvého minerálu (vrstva  $\text{SiO}_2$  a vrstva  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ).

Stručný přehled jílových minerálů je uveden v tab. I. níže v textu.

Skupina	Nerost	Vzorec	Výskyt resp. zdroj
hydráty křemičitanů hlinitých (tzv. siality (Si-Al))	např. illity, kaolinit, montmorillonit,	$\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ , $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 4\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$	illitické jíly, surový kaolín, montmorillonitický jíl
hydráty hlinité (tzv. ality (Al))	např. hydrargylit	$\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$	např. bauxit /hornina obsahuje jak hydrargylit, tak např. i böhmit, diaspor - $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ a další minerály/
hydráty křemičitanů hořečnatých (tzv. simgity (Si-Mg))	např. hydralgit	$3\text{MgO} \cdot 4\text{SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$	např. mastek $\text{Mg}_3\text{Si}_4\text{O}_{10}(\text{OH})_2$

Tab. I Stručný přehled jílových minerálů (Klárová, 2013)

Pro jílové minerály je charakteristické, že ve styku s vodou více či méně **botnají**, neboť voda proniká mezi jednotlivé lamely. To zároveň umožňuje skluz jednotlivých vrstev po sobě již při malém smykovém napětí; jíl se tak stává plastickým.

Stupeň botnání závisí na obsahu nečistot v jílovém minerálu. Největší schopnost botnat vykazuje montmorillonit, ve kterém je část křemíkových a hliníkových iontů nahrazena jinými ionty (především ionty  $\text{Fe}^{2+}$ ), přičemž změna náboje je kompenzována ionty sodíku vyskytujícími se mezi jednotlivými vrstvami. Méně než montmorillonit botná illit; zde je náboj kompenzován ionty vápníku. Nejméně botná kaolinit, který neobsahuje žádné nebo téměř žádné příměsi.

#### 2.4. Tepelné zpracování keramických materiálů (sušení, vypalování)

Z hlediska současných znalostí zahrnuje tepelné zpracování keramických materiálů proces **sušení a vypalování**; jedná se o soubor kontrolovaných, resp. cíleně řízených kroků.

**Sušení** je pochod, při němž probíhá snižování obsahu vody v keramické hmotě prakticky výhradně odpařováním vody na vzduchu. Na tomto místě je vhodné připomenout, že v keramické hmotě se voda vyskytuje ve formě:

- mechanicky vázané vody, která vyplňuje prostor mezi jednotlivými částicemi tuhé hmoty;
- chemicky vázané (krystalické) vody, kterou lze odstranit až při vyšších teplotách, tj. při vypalování.

Na začátku celého procesu sušení se jednotlivé částice hmoty vzájemně nedotýkají; v mezerách mezi nimi se totiž, jak již bylo uvedeno na jiném místě (viz bod 2.3.), nachází voda. Teprve v důsledku probíhajícího procesu postupného vysychání materiálu dochází k postupnému smršťování hmoty a

tím i vzájemnému přibližování částíček. Uvedený proces probíhá až do tzv. kritického bodu, při němž je schnutí více méně dokončeno a materiál obsahuje cca 1 až 4 hm. % vody (Hlaváč, 1988).

*Pozn.: výše zmiňovaný tzv. „kritický bod“ je bodem zvratu, kdy se lineárně probíhající proces odpařování mechanicky vázané vody, jehož průběh závisí pouze na vnějších podmínkách, mění na proces, při kterém se odpařuje voda vázaná fyzikálně – mechanicky; důsledkem je zmenšení rychlosti sušení. Rozdílné rychlosti schnutí v různých vrstvách hmoty (na povrchu, uvnitř hmoty) pak mohou vést ke vzniku napětí, které se může projevit deformací materiálu, resp. vznikem trhlin.*

**Vypalování** je technologický proces řízeného tepelného zpracování keramických materiálů, jehož cílem je zachování původního tvaru vypalovaného předmětu. Jedná se o několik na sebe navazujících pochodů, zahrnujících ohřev vypalovaného předmětu z původní teploty na optimální teplotu vypalování i ochlazení vypáleného předmětu na více méně pokojovou teplotu.

Při tomto procesu probíhají jak fyzikální pochody, tak i chemické reakce, kdy relativně vysoké teploty jednotlivých fází procesu (viz tabulka II. níže v textu) vedou zpočátku zejména ke zvýšení pohyblivosti atomů, později pak k chemickým reakcím (probíhajícím v pevné fázi) až k modifikaci, příp. rekrytalizaci hmoty.

Proces	Teplota (°C)
vypařování fyzikálně vázané vody	do 300 °C
dehydratace jílových minerálů	450 až 700 °C
vratné a nevratné modifikační přeměny-rozklad síranů, uhličitánů, oxidů a dalších příměsí	400 až 1000 °C
reakce složek v pevném stavu	500 až 1050 °C
tvorba skelné fáze	pod 900 °C
krystalizace nových fází	nad 1000 °C
slinování některých fází v tavenině, rozpouštění některých fází v tavenině	nad 1100 °C

Tab. II. Schematický souhrn základních pochodů probíhajících při výpalu keramické směsi (směs jílu, křemene a živce, Hanykýř, 2008)

## 2.5. Základní vlastnosti produktů (keramiky)

V závislosti na teplotě vypalování materiálů vzniká různě pórovitá keramika; nejvíce porézní jsou střepy (střep = žárem vzniklý produkt vypalování), vypálené za teploty jen o něco málo vyšší než 600 °C. Obecně platí, že čím je teplota vypalování vyšší, tím má výsledný „produkt“ menší pórovitost (mezery mezi částčkami jílu se vyplní roztaveným křemenem a živcem).

Podle vlastností střepu, získaných při vypalování (nasákavost, struktura, pórovitost a zbarvení) lze rozlišit **keramiku slinutou** (nasákavost do 1,5 %), **poloslinutou** (nasákavost v rozmezí 1,5 až 3 %), **hutnou** (nasákavost 3 až 6 %), **polohutnou** (6 až 10 %) a **pórovitou** (nasákavost vyšší než 10 %).

V závislosti na vlastnostech výsledných keramických produktů (zejména na struktuře a nasákavosti keramiky) se mohou vyskytovat **některé druhy/typy poškození**; např. keramika, uložená v prostředí s vysokou vzdušnou vlhkostí vzduchu a vypálená při nižších teplotách (kolem 600 °C) může rehydratovat, což ve svém důsledku může způsobit její poškození, event. až rozpadnutí.

Zejména u archeologických keramických předmětů se však lze setkat s poškozením, k němuž může dojít v důsledku působení vodorozpuštěných solí, které se (pokud jsou v předmětu obsaženy v důsledku absorpce) při kolísání vzdušné vlhkosti mohou opakovaně rozpouštět a krystalizovat (rekrytalizace). Může se jednat o chloridy, jejichž primárním zdrojem je slaná voda (předměty nalezené v přímořských oblastech nebo přímo v moři), dusičnany nebo fosforečnany, které vznikají z rozkládajících se organických látek aj.

K poškození keramiky může však dojít i v důsledku dalších sekundárních vlivů, jako je např. působení mrazu (voda obsažená v pórech se může přeměnit na pevné skupenství, čímž dojde ke vzniku prnutí, které může vést až k popraskání) nebo vznik inkrustací (např. tvorba krusty uhličitanu vápenatého nebo sádry). Je-li keramika v kontaktu s podzemní kyselou vodou, může dojít k reakci s vápennými složkami střepu; keramika tak může získat pórovitý vzhled.

U keramických předmětů se lze setkat s celou **škálou barev**; od žluté přes šedou, hnědou nebo červenohnědou až po červenou. Rozhodujícím faktorem pro určení výsledné barvy produktu je zejména podíl sloučenin železa ve výchozím materiálu, u vypalované keramiky pak i zvolené podmínky vypalování.

*Pozn.: u archeologických keramických předmětů však ke změně barvy mohou vést i podmínky v okolí nálezového místa; ke zbarvení může dojít např. v blízkosti korodujícího předmětu ze železa nebo rozkládajících se rostlin (kyselina tříslová rostlinného původu může reagovat s ionty železa za vzniku tanátů, což se může projevit modročerným zbarvením).*

## 2.6. Povrchové úpravy keramiky

Keramické předměty (výrobky) byly a jsou poměrně často povrchově upravovány; na jejich povrch jsou nanášeny a fixovány výpalem buď **engoby** (hutné vrstvy) **nebo glazury** (skelné vrstvy), případně **kombinace engoby a glazury**, přičemž tyto povrchové vrstvy je rovněž možné různým způsobem dekorovat.

**Glazura** je tenká vrstva sklovitého materiálu, která se během výpalu roztaví a trvale pokryje povrch hliněného střepe. Na předměty se nanáší obvykle po prvním výpalu buď namáčením, nanášením štětcem nebo poléváním. Po nanesení glazury následuje výpal, přičemž teplota výpalu se volí v závislosti na zamýšleném použití keramiky.

Nejčastěji se lze setkat s transparentními glazurami bezbarvými nebo barevnými (hnědá, zelená, červenofialová; Herainová, 2002).

Předpokladem pro výrobu kvalitní glazury je maximální čistota výchozích surovin; mezi základní suroviny pro jejich přípravu patří tzv. **taviva** (která napomáhají roztavení glazury a snižují teplotu tavení, např. křemen, kaolín, živce aj.), mezi vedlejší pak tzv. **stabilizátory** (zvyšující viskozitu glazury, např. oxid hlinitý), **sklotvorné složky** (vytvářejí sklovitý povrch), nebo **barviva** (obvykle oxidy kovů) či **kaliva**.

Podle složení se glazury dělí na **surové a fritové**; surové glazury se připravují z mletých surovin (např. živce, křemen), zatímco fritové glazury jsou připravovány z mleté frity (viz pozn. níže v textu).

**Křemen** je zdrojem oxidu křemičitého (sklotvorný oxid); používají se zejména tzv. sklářské písky. Jeho množství v glazuře (obvykle 50 až 70 %) determinuje teplotu tavení; čím vyšší obsah, tím vyšší je teplota tavení.

**Kaolín** (sedimentární hornina, vzniklá zvětráváním hornin obsahujících živce, zejména draselné) je zdrojem oxidu hlinitého  $\text{Al}_2\text{O}_3$  a oxidu křemičitého  $\text{SiO}_2$ . Nekalcinovaný kaolín může (v důsledku velkého smrštění) způsobit odlupování glazury za syrova. Vhodnější je proto přidávat kaolín kalcinovaný (tzn. tepelně upravený, dehydratovaný), který tuto negativní vlastnost nemá (Petránek, 2007).

**Živce** (nejdůležitější skupina horninotvorných minerálů) se do glazur používají jako taviva; jsou zdrojem jak alkalických oxidů, tak i  $\text{Al}_2\text{O}_3$  a  $\text{SiO}_2$ , přičemž alkalické oxidy zvyšují teplotní roztavnost glazury. Nejčastěji se používají živcové suroviny s obsahem ortoklasu (draselný živce,  $\text{KAlSi}_3\text{O}_8$ ) a albitu (sodný živce,  $\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$ ); na jejich vzájemném poměru závisí kolísání vlastností glazury.

**Oxid vápenatý  $\text{CaO}$** , jehož hlavním zdrojem je vápenec  $\text{CaCO}_3$ , je používán jako tavivo v glazurách vznikajících při teplotách nad  $1000\text{ }^\circ\text{C}$ . U glazur, které se taví při nižších teplotách, má tento oxid pozitivní vliv na výskyt trhlinek. Snižuje teplotní roztavnost, zvyšuje lesk, mechanickou pevnost, pružnost a odolnost glazur.

**Oxid hořečnatý MgO** snižuje teplotní roztažnost glazury; jeho zdrojem je minerál magnezit nebo dolomit, v němž se vyskytuje ve formě uhličitanu manganatého. Jiným zdrojem může být také mastek ( $3\text{MgO} \cdot 4\text{SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ).

**Oxid zinečnatý ZnO**, který se v přírodě vyskytuje jako nerost zinkit (oxid zinečnatý s obsahem cca 6 % manganu ( $\text{Zn}$ ,  $\text{Mn}^{2+}$ )O), působí současně jako tavivo i kalivo. V menším množství zvyšuje lesk, ve větším množství působí zkalení.

**Oxid boritý B<sub>2</sub>O<sub>3</sub>** je (stejně jako oxid křemičitý) sklotvornou surovinou; v přírodě je jeho zdrojem minerál borax, tj. oktahydrát tetraboritanu sodného  $\text{Na}_2[\text{B}_4\text{O}_5(\text{OH})_4] \cdot 8\text{H}_2\text{O}$ . Přídavek boraxu snižuje teplotu tavení, zvyšuje pružnost, zlepšuje chemickou odolnost a usnadňuje rozpouštění barev. Při vyšším obsahu však tyto vlastnosti naopak zhoršuje. Výsledná glazura je lesklá, čirá a odolná proti vzniku trhlinek.

**Oxid olovnatý PbO** je nejstarším a nejpoužívanějším tavivem pro nízkotavné glazury. Glazury s přídavkem PbO jsou snadno tavitelné, roztékavé a dobře se probarvují, jsou však **toxické, nesmí se proto používat do glazur pro užitkovou keramiku**.

Zdrojem **oxidu sodného Na<sub>2</sub>O** zejména do střednětavných glazur je nefelinický syenit (bezvodý sodno – draselno – hlinitý silikát,  $\text{K}_2\text{O} \cdot 3 \text{Na}_2\text{O} \cdot 4 \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 8 \text{SiO}_2$ ). V kombinaci s ostatními surovinami poskytuje průhledné, dobře roztékavé glazury se značným sklonem k trhlínkování (krakelování) v důsledku vysoké teplotní roztažnosti oxidu sodného.

**Oxid draselný K<sub>2</sub>O** lze dodávat do nízkotavných glazur ve formě potaše (uhličitan draselný  $\text{K}_2\text{CO}_3$ ).

Jako další taviva lze použít také oxid barnatý BaO (který zvyšuje lesk, tvrdost nebo odolnost proti povětrnostním vlivům), jehož zdrojem je uhličitan barnatý (witerit,  $\text{BaCO}_3$ ) nebo kysličník lithný  $\text{Li}_2\text{O}$  (který zvyšuje lesk) a jehož zdrojem může být spodumen  $\text{LiAl}(\text{SiO}_3)_2$ , minerál lepidolit  $\text{KLi}_2\text{Al}[(\text{OH},\text{F})_2\text{Si}_4\text{O}_{10}]$  nebo minerál cinvaldit -  $\text{K}(\text{Li},\text{Fe},\text{Al})_3(\text{AlSi}_3\text{O}_{10})(\text{OH},\text{F})_2$ .

*Pozn.: frity jsou granulovaná skla, která mohou být jednou ze složek glazury. Působí jako tavivo, tj. jsou navrženy tak, aby se tavily za určité (obvykle nižší) teploty.*

**Engoba** patří mezi staré techniky používané ke zdobení předmětů zhotovených z keramických materiálů. Obecně se jedná o řídké, tekuté, barevné, resp. různými oxidy kovů zbarvené hlíny (tzv. nástřepí); nanáší se na lehce proschlý (tzv. zavadlý) syrový střep, přičemž je nutné dbát na to, aby smrštění engoby bylo totožné nebo podobné jako smrštění střepe (v opačném případě je nebezpečí sloupnutí).

Při práci s engobou je možné použít několik různých způsobů nanášení; nejčastěji používanou metodou je vylévání, polévání nebo namáčení, případně nanášení štětcem. Po nanesení hmoty následuje vypálení.

Předměty opatřené engobou se řadí mezi tzv. hrnčířské výrobky. Pokud jsou pouze tzv. přežahnuty, jedná se o tzv. rezný střep (dříve relativně rozšířený způsob zdobení talířů). Nejvhodnější hmotou pro přípravu engoby je různě zbarvená střepová hmota (např. oxidem železitým  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ).

---

## DOPORUČENÁ LITERATURA

Bennet, R., Hubbert, M. (1986). Clay microstructure, Springer, Dordrecht, doi.org/10.1007/978-94-009-4684-2, ISBN 978-94-009-4684-2, 161 s.

Gregerová, M. (1996). Petrografie technických hmot. Brno, skripta PŘF Masarykovy univerzity v Brně, 139 s.

Hanykýř, V., Kutzendörfer, J. (2008). Technologie keramiky. 2. vydání, Silikátový svaz, Praha, ISBN 978-80-86821-48-1, 387 s.

Herainová, M. (2002). Glazury, keramické barvy a dekorační techniky, Silikátový svaz, Praha, ISBN 80-903113-1-8, 40 s.

Hlaváč, J. (1981). Základy technologie silikátů, SNTL Praha, ISBN 72.00, 516 s.

Hlaváč, J. (1988). Základy technologie silikátů. Praha: SNTL/Alfa, 515 s.

Ion, R. M., Fierăscu, R. C., Teodorescu, S., Fierăscu, I., Bunghez, I. R., Țurcanu-Caruțiu, D., Ion, M. L. (2016). Ceramic Materials Based on Clay Minerals in Cultural Heritage Study. Clays, Clay Minerals and Ceramic Materials Based on Clay Minerals, 159.

Konta, J. (1982). Keramické a sklářské suroviny. Praha: Univerzita Karlova, 364 s.

Kotlík, P. (1999). Stavební materiály historických objektů-materiály, koroze, sanace. Vysoká škola chemicko-technologická, Praha, ISBN 80-7080-347-9, 112 s.

Lach, V. (1958). Keramická příručka, SNTL Praha, 246 s.

Lach, V. (1992). Keramika, 3. vydání, VUT Brno, ISBN 8021403322, 172 s.

Meunier, A. (2005). Clays. Springer Verlag, Berlin Heidelberg, doi 10.1007/b38672, ISBN 978-3-540-21667-4, 472 s.

Pytlík, P. (1995). Cihlářství. Brno, skripta VUT Brno, CERM, 264 s.

Rada, P. (1983). Ceramic techniques. Hamlyn Publishing Group Ltd., London, ISBN -0-600-56151-2, 208 s.

Rhodes, D. (1973). Clay and Glazes for the Potter. Radnor, PA, Chilton Book Company.

Tichý, O. (1983). Pálení keramiky, Státní nakladatelství technické literatury, Praha 432 s.

Velde, B. (1992). Introduction to Clay Minerals. Chemistry, origins, uses and environmental significance, Springer Netherlands, doi: 10.1007/978-94-011-2368-6, ISBN 978-0-412-37030-4, 198 s.

Velde, B. (1995). Origin and mineralogy of clays, Springer Verlag Berlin – Heidelberg, doi: 10.1007/978-3-662-12648-6, ISBN 978-3-540-58012-6, 335 s.

Velde, B. (1997). Clays and minerals in natural and synthetic systems, Elsevier Science, 218 s.

### **3. KOMPLEXNÍ PREVENTIVNÍ PÉČE O PŘEDMĚTY KULTURNÍHO DĚDICTVÍ ZHOTOVENÉ Z KERAMICKÝCH MATERIÁLŮ**

Pro ochranu těchto předmětů platí zcela identické zásady jako pro deponování, manipulaci, vystavování, balení a transport všech ostatních předmětů kulturní hodnoty.

#### **3.1. Objekty, v nichž jsou situovány úložné prostory pro keramické předměty**

Ve velké většině se jedná o tytéž objekty, které jsou sbírkotvornými institucemi používány pro deponování předmětů kulturní hodnoty i z jiných materiálů; se samostatně (monomateriálově) zaměřeným objektem se lze setkat pouze zcela výjimečně.

Objekty a v nich situované depozitáře by měly být navrženy nebo upraveny tak, aby zajišťovaly maximální bezpečnost sbírek a současně splňovaly veškeré nároky na komplexní preventivní péči sbírek, tj. vytvářely takové prostředí, ve kterých by proces degradace materiálů byl co nejpomalejší.

##### **3.1.1. Zabezpečení (objektu, depozitáře, výstavních prostor)**

Bezpečnostní systém objektů (a v nich situovaných depozitářů) by měl maximálně omezovat veškerá myslitelná rizika ohrožení deponovaných i vystavovaných předmětů kulturní hodnoty (zcizení, vandalismus, živelné pohromy, požár aj.) tak, aby byla zajištěna jak ochrana majetku instituce, tak i ochrana návštěvníků a zaměstnanců objektu.

Základní metodou zabezpečení uloženého i vystavovaného sbírkového předmětu je vytvoření jedné či několika bezpečnostních hranic (perimetrů); obvyklé je užívání minimálně tří perimetrů, přičemž každý z nich je tvořen jiným druhem zábrany.

Tzv. kritickými perimetry jsou vlastnické hranice pozemku, obvodové zdivo budov a bariéra neveřejných, tj. veřejnosti nepřístupných zábran.



**Pevné mechanické bariéry** jako součást bezpečnostního systému (stěny, podlahy, stropy, oplocení, dveře, zámky, mříže, bezpečnostní skla, vitríny či trezory) slouží k znesnadnění, zpomalení či úplnému znemožnění vniknutí nežádoucích osob do objektu a na druhou stranu i jeho opuštění.

**Systém ostrahy/dozoru** by měl určovat pravidla chování a četnost pochůzek ostrahy; v současné době již bývá doplněn elektronickými monitorovacími systémy, které však osobní dozor nemohou zcela nahradit.

**Elektronická zabezpečovací signalizace (EZS)** představuje relativně dobrou ochranu objektu, musí však být kombinována i s mechanickými zábranami (nejlépe pak vnitřními, které tvoří mechanickou překážku až po detekci vniknutí nezvaného návštěvníka do objektu a je tak velkou překážkou při jeho cestě za předmětem zájmu „návštěvníka“).

**Systém kontroly vstupu** slouží zejména ke vnitřní kontrole chování zaměstnanců (a tím i k eliminaci možnosti ohrožení/krádeže zaměstnanci dané instituce, a navíc může být funkčně propojen se systémem EZS (Jirásek, 1998, Kolektiv autorů, 2000).

### **3.1.2. Ochrana před živelnými pohromami (objektů, depozitářů, výstavních prostor)**

Komplexní preventivní ochrana předmětů kulturní hodnoty zahrnuje rovněž ochranu před živelnými pohromami a mimořádnými událostmi, jejichž výskyt lze však ovlivnit jen minimálně. Dobrá připravenost instituce i na tyto situace však může přispět přinejmenším ke zmírnění důsledků takových událostí.

Je proto nutné, aby pro každý objekt, v němž jsou deponovány či vystavovány předměty kulturní hodnoty, byl vypracován tzv. krizový plán, vycházející z konkrétní organizační struktury dané (konkrétní) instituce i typu a rozsahu sbírek, obsahující pokyny, které určují, jak se chovat v té které krizové situaci.

V krizovém plánu by měl být rovněž formulován výčet opatření, vedoucích ke snížení aktuálních ohrožení (a to vč. uvedení povinností jednotlivých zaměstnanců v průběhu mimořádné události i po ní) stejně jako i konkrétní postupy, technologie a technická opatření atp. (Kopecká, 2015). **Součástí krizového plánu** a krizového plánování by měla být pracovní skupina, složená z členů personálu, zodpovědných v dané instituci za péči o předměty kulturního dědictví. Její velikost je závislá na velikosti instituce a měla by zahrnovat jak vedoucí pracovníky, **tak odborné pracovníky vč. konzervátorů a restaurátorů a** představitele technických služeb (Zelinger, 2010).

**Požár:** mezi nejčastější příčiny vzniku požáru patří různé druhy technických závad (topidel, elektrických zařízení apod.). Zdrojem vzniku požáru však může být i závada na elektroinstalaci, zatečení vody do elektroinstalací, neopatrná manipulace s hořlavinami nebo hořlaviny uskladněné v rozporu s bezpečnostními předpisy aj.

Rozsah škod, které mohou být v případě objektů s předměty kulturní hodnoty takřka nevyčísitelné, ovlivňuje mnoho různých faktorů jak obecných (např. hořlavé stavební materiály), tak i organizačních (nedostatečná šířka únikových cest nebo jejich špatná průchodnost, nefunkční nouzové osvětlení aj.).

Prevencí vzniku požáru jsou zejména pravidelné kontroly stavu elektroinstalací, elektrospotřebičů, hromosvodů, komínů, zajištění respektování obecných předpisů pro uskladnění hořlavin a zacházení s nimi a dostatečné vybavení objektu odpovídajícími hasebními prostředky a přístroji (Zelinger, 2010).

Je proto žádoucí, aby byl každý objekt, v němž jsou deponovány/vystavovány předměty kulturní hodnoty, vybaven systémem elektrické požární signalizace (EPS) i proto, že požár takového objektu představuje velké riziko jak pro návštěvníky, tak i pro zaměstnance objektu. Je dobré, je-li EPS nadřazen všem ostatním elektronickým systémům (větší jistota včasnosti a spolehlivosti varování). Ideálním případem pak je stav, kdy je objekt vybaven současně i samozhášecím požárním systémem (v historických objektech je však jeho instalování značně komplikované, ne-li nemožné). Je rovněž nutné věnovat velkou pozornost hasicímu médiu, a to podle povahy materiálu vystavených nebo deponovaných předmětů kulturní hodnoty; nevhodné médium může způsobit dodatečné škody ve značném rozsahu (Zelinger, 2010).

Pro potřebu Hasičského záchranného sboru (HZS) je nutné, aby byla pro objekt (v souladu s metodikou HZS) vypracována podrobná dokumentace postupu likvidace požáru (Kopecká, 2015).

**Zaplavení:** mezi možné živelné pohromy patří rovněž zaplavení objektu (depozitáře, výstavních prostor) vodou, přičemž příčinou mohou být živelné pohromy v exteriéru objektu (povodeň, tj. rozvodnění řeky nebo potoka po dlouhodobých nebo příválových deštích, tání sněhu, poškození vodního díla, např. protřžení hráze rybníka, přehrady nebo nečekané zvýšení hladiny podzemní vody aj.) či porucha vodovodního potrubí uvnitř objektu (málo pravděpodobné).

Prevencí je umístění objektů s depozitáři a expozicemi mimo zátopovou zónu; to však není poměrně často (zejména z historických důvodů) možné. Jiné řešení je umístění depozitářů a expozic mimo suterénní prostory a prostory 1.NP, instalace automatických uzávěrů (tzv. „klapek“) na odpadních trubkách (opatření proti vniknutí odpadních vod z kanalizace a proti vzduť vodě), v suterénu pak také instalace jímek s čerpadly pro snížení hladiny podzemní vody aj.

V případě, že o možnosti případného zaplavení objektu v důsledku blížící se povodně (záplavové vlny) ví správce objektu, je nutné zajistit včasnou evakuaci sbírek předmětů kulturního dědictví.

V objektu by měly být připraveny pomocné prostředky pro případ urgentní likvidace důsledků zaplavení (PE pytle, přepravky, holínky, gumové rukavice, hadice). Obdobně by pro tyto případy měla být preventivně zajištěna okamžitá spolupráce konzervátora a mělo by být známo, kde lze zajistit (vypůjčit) potřebné množství odvlhčovačů, vodních čerpadel, elektrocentrál atp.

Pro eliminaci rizika z důvodu zaplavení objektu nečekanou událostí, jejíž příčinou jsou lokální důvody (např. zatečení vody do objektu střechou, prasklé vodovodní či odpadní potrubí) je nutné provádět pravidelnou kontrolu střechy a čištění svodů i kontrolu vodovodního a jiného potrubí uvnitř objektu.

Leží-li budova v záplavové oblasti, musí být součástí integrovaného záchranného systému pro danou oblast (Kopecká, 2015).

Nejpravděpodobnějším důsledkem působení **velmi silného větru (např. orkánu)** bude poškozená střešní krytina nebo poškozená okna. I v tomto případě je tak jedinou účinnou prevencí udržování budovy v dobrém stavu a v případě, že se v blízkém okolí objektu nachází vzrostlé stromy, i jejich pravidelné prořezávání.

### 3.1.3. Likvidace následků živelných pohrom

Požáry a povodně představují devastující katastrofu mimořádného rozsahu. Jakmile dojde k vyhlášení pohotovosti, měli by být zaměstnanci schopni postupovat dle zásad uvedených v krizovém plánu instituce. Řízením je pověřen krizový štáb instituce (viz též kap. 3.1.2. v předchozím textu).

Při likvidaci následků živelných pohrom (sanace zasažených předmětů) ***má zásadní slovo konzervátor/restaurátor se specializací na daný materiál, který jediný je oprávněn stanovit další postup při záchrane předmětů.*** Všichni pracovníci, kteří se budou na této činnosti podílet, se musí řídit jeho pokyny, které jsou závazné.

**Při požáru** jsou keramické předměty vystaveny působení extrémních teplot, kouře a tlakové hasební vody. Vedle mechanického poškození při pádu sbírek z polic je častým důsledkem krakelování glazur, zčernání povrchu, změny barevnosti závislé na druhu použitých barviv dekoru atd. Vzniklá pachová stopa je dlouhodobá.

Působením záplavové vody dochází jak k mechanickému poškození, tak i k poškození dekoru, ke vzniku skvrn, kontaminaci nejrůznějšími nečistotami i k destrukci restaurátorských zásahů.

Keramické sbírky zasažené mimořádnou událostí je nutné zdokumentovat a roztřídit podle rozsahu poškození do přepravek. Při práci je nevyhnutelné používat předepsané osobní ochranné prostředky. Zvýšenou opatrnost je třeba věnovat ošetřování ostrých střepů. Míru znečištění ovlivňuje nasákavost keramické hmoty. Je třeba dát velký pozor na vysoušené keramické materiály; týká se např. vepřovice, otisků pečetí, obřadní masky, hliněné výplně mumifikovaných těl. Jejich destrukce při zaplavení vodou nastává velmi rychle.

Jestliže došlo **k zaplavení vodou** kontaminovanou mikroorganismy a chemikáliemi, je potřeba předměty opatrně omývat v mycí lince za pomoci mycích hub, štětců a měkkých kartáčků. Pokud to materiál sbírek dovolí, je třeba ulpělé nečistoty omývat opakovaně.

Do teplé vody (nikoliv horké, která by mohla poškodit např. majoliku nebo restaurované, lepené či jinak upravované keramické materiály) se postupně přidává detergent a dezinfekční prostředek (např. Syntapon, Ajatin). Dezinfekci lze provádět rovněž i postřikem nebo vypařováním dezinfekčního prostředku v dezinfekční komoře (např. v parách butanolu, propanolu); poté následuje důkladný oplach.

Předměty, pro které není ponor do vody vhodný (poškozená a opravovaná keramika, některé druhy archeologické keramiky aj.) je možné otírat navlhčenými vatovými tampony. Na odolné usazeniny se mohou použít parní ostřikovače, na lokální očištění se osvědčily štětečky se skelným vláknem.

**Nikdy nelze předměty umývat v myčce!! Rovněž tak pokusy odstranit znečištění v ultrazvukových vanách nejsou zcela bezpečné.**

K odstranění dehtových vrstev na předmětu nelze použít přežah v peci; u předmětů s vnitřními vadami materiálu může způsobit rozpad keramické hmoty.

Sušení probíhá volně na vzduchu za pokojové teploty na savých bavlněných podložkách, které jsou postupně vyměňovány. Menší množství mokřých předmětů lze nejprve zbavit vlhkosti osuškami. Intenzivnější sušení probíhá za použití ventilátorů. Nejeefektivnější je vysoušení v sušárnách. Teplotu v sušárně je nutné udržovat na teplotě do 40 °C. Suché předměty je nutné ukládat vždy v náhradním depozitáři, kde je rovněž potřeba častěji je kontrolovat.

#### **3.1.4. Jiná rizika (nebezpečí)**

Při běžném provozu každého objektu je však nutno počítat i s dalšími riziky či událostmi, které mohou mít vliv na rutinní chod; může se jednat o přerušení dodávky elektrického proudu nebo krádež či různé formy vandalizmu a v neposlední řadě i terorismus.

**Krátkodobé** přerušení dodávky elektrického proudu se na provozu objektu s největší pravděpodobností nijak neprojeví; významnější vliv však může mít **dlouhodobé přerušení dodávky el. proudu** ať už v důsledku živelné pohromy (požár, úder blesku aj.) nebo rozsáhlých poruch v rozvodné síti.

Při tom dojde k vypnutí klimatizačních zařízení (pokud je jimi objekt vybaven), elektronických nebo elektronicky řízených monitorovacích a zabezpečovacích systémů (EVS, EPS) aj. Kromě toho mohou nastat i komplikace v komunikaci jak v rámci instituce, tak i mimo ni (telefony, počítače, elektronická pošta atp.).

Prevencí je vybavení objektu dostatkem záložních systémů (UPS) a nastavení vhodného režimu elektrických zámek tak, aby byly při vypnutí elektrického proudu automaticky uvolněny (zprůchodnění dveří a uvolnění únikových východů). Jak již bylo uvedeno na jiném místě, souběžně s

elektronickými zabezpečovacími systémy by měl být objekt zabezpečen i mechanickými zábranami (klíče, mříže, závory...).

Riziko **krádeže** podmiňuje řada interních i externích faktorů. Interní příčinou může být špatný stav objektu nebo např. i nedostatečná organizační opatření týkající se ochrany sbírek či kvalita ostrahy.

Mezi externí příčiny, které dost dobře nelze předvídat, musí se však s nimi počítat, je možné zařadit např. vysokou finanční hodnotu předmětu nebo existující nelegální trh s uměním. Zde je konkrétní řešení podstatně složitější.

**Vandalství** lze definovat jako úmyslný čin, při kterém dojde buď k poškození objektu, nebo konkrétního předmětu kulturní hodnoty. Může se jednat o klasický vandalismus s cílem ničit (na základě osobních, politických, etnických nebo náboženských motivů aj.), ale také se může jednat o důsledky počínání návštěvníků, kteří se třeba jen chtějí předmětu dotknout. Pominout ale nejde ani tzv. vandalismus pro "zábavu" (např. nalepení žvýkačky atp.), o mstu (někomu nebo kvůli něčemu), duševní poruchu či jednání návštěvníka pod vlivem alkoholu nebo omamné látky. Problémy však často mohou vznikat při návštěvách velké skupiny zejména mladých návštěvníků.

Prevencí proti výše popsaným projevům vandalizmu je důsledná a jasně formulovaná informovanost návštěvníků o správném chování v expozicích a v prostorách muzea jako takových.

Stejně tak je ale důležité, aby přítomní pracovníci dozoru (kustodi) pozorně sledovali dění ve výstavě včetně pohybu a chování jednotlivých návštěvníků i větších skupin. Rovněž je důležité instruovat učitele nebo doprovázející osoby o tom, jak se mají členové skupiny chová a zdůraznit, že pověřená doprovázející osoba je za chování dětí/skupiny zodpovědná.

Kustodi i pracovníci ostrahy by měli disponovat seznamem odpovědných zaměstnanců (vedoucí sbírek, kurátoři, restaurátoři) a jejich telefonních čísel tak, aby mohli být nápomocni při řešení jakékoli v důsledku vandalizmu vzniklé škody/události.

V současné době se lze (obecně) stále častěji setkat i s **terorismem**, tj. s použitím síly a násilí organizované skupiny nebo jednotlivce vůči občanům. Mohou to být nastražené bomby, sebevražedný útok nebo ozbrojené přepadení aj.

Je zřejmé, že nejohroženějším místem dané instituce jsou místa s největší koncentrací návštěvníků (vchod, expozice, restaurace atp.). Podezřelé osoby/aktivity by proto mohly být primárně identifikovány pracovníky ostrahy (kamerový systém). V takovém případě je třeba vždy uvědomit policii a komunikovat s bezpečnostními složkami státu (Kopecká, 2015).

## DOPORUČENÁ LITERATURA

ČSN 91 6012 (916012) Bezpečnostní úschovné objekty – Požadavky, klasifikace a metody zkoušení odolnosti proti vloupání - Trezory se základní bezpečností

ČSN CLC/TS 50398 (334597) (2009). Poplachové systémy – Kombinované a integrované systémy – Všeobecné požadavky.

ČSN EN 1143-1 - Bezpečnostní úschovné objekty – Požadavky, klasifikace a metody zkoušení odolnosti proti vloupání – Část 1: Skříňové trezory, ATM trezory, trezorové dveře a komorové trezory

ČSN EN 1627 (746001) - Dveře, okna, lehké obvodové pláště, mříže a okenice – Odolnost proti vloupání – Požadavky a klasifikace

ČSN EN 50130-4 (334 590) (2012). Poplachové systémy – Část 4: Elektromagnetická kompatibilita – Norma skupiny výrobků: Požadavky na odolnost komponentů požárních systémů, poplachových zabezpečovacích a tísňových systémů a systémů CCTV, kontroly vstupu a přivolání pomoci.

ČSN EN 50133-7 (334 593) (2000). Poplachové systémy – Systémy kontroly vstupů pro použití v bezpečnostních aplikacích – Část 7: Pokyny pro aplikace.

Drdácký, M., Binda, L., Hennen, I. Ch., Köpp, Ch., Lanza, L. G., Helmerich, R. (eds.), (2011). CHEF – Cultural heritage protection against flooding, ITAM Prague, ISBN 978-80-86246-37-6, 229 s.

Drdácký, M., Herle, I., Pospíšil, S., Slížková, Z. (2011). Protecting cultural heritage against natural hazards, in keynote papers Seismic protection of cultural heritage, Proc. Of the 2nd WCCE-ECCE-TCCE Joint Conference Antalya, Turkish Chamber of Civil Engineers, ISBN 978-605-01-0188-1, s. 103-122.

Drdácký, M., Slížková, Z., Valach, J. (eds.), (2015). Příspěvek technických věd k záchraně a restaurování památek. Ústav teoretické a aplikované mechaniky AV ČR v.v.i., Centrum excellence Telč, ISBN 978-80-86246-43-7, 338 s.

Guide for the storage and exhibition of archival materials (2012). London, The British Standards Institution, 46 s., ISBN 978 0 580 71600 3.

Guide for the storage and exhibition of archival materials. London: The British Standards Institution, 2012, s. 46. ISBN 978 0 580 71600 3.

Jirásek, P. (1999). Příručka k požární ochraně kulturních institucí. Brno, Moravské zemské muzeum a ICOM, ISBN 80-7028-131-6.

Jirásek, P., Josef, J., Kopecká, I., Mrázek, M., Selucká, A. (ed.), Štěpánek, I. (2014). Kolečko první pomoci a záchranných prací (Metodická pomůcka pro řešení krizových situací ve sbírkotvorných institucích); Pro český komitét Modrého štítu vydalo Metodické centrum konzervace Technického muzea v Brně.

Jirásek, P., Tlachová, K. (1998/9). Zásady ochrany muzeí a kulturních institucí. Praha, AMG a ČV ICOM.

Kopecká I., Rutar V., Šupová K. (2015). Metodika postupu při tvorbě krizových plánů pro sbírkotvorné instituce, Národní technické muzeum, Praha.

Marquardt, W. H., Montet-White, A., Scholtz, S. C. (1982). Resolving the crisis in archaeological collections curation. *American Antiquity*, 47(2), 409-418.

Metodický pokyn Ministerstva kultury České republiky, č.j. 14725/2004 – Metodický pokyn k tvorbě plánů prevence a ochrany v muzeích a galeriích.

Metodický pokyn Ministerstva kultury České republiky, č.j. 4688/2007 – Metodický pokyn k zajištění průkaznosti evidence sbírkových předmětů a stanovení režimu zacházení se sbírkou v muzeích a galeriích spravujících sbírky ve vlastnictví státu a územních samosprávných celků – Článek IV. – Průkaznost evidence a bezpečnost sbírek - Část B – Režim zacházení se sbírkou.

Metodický pokyn Ministerstva kultury České republiky, č.j. 53/2001 – Metodický pokyn k zajišťování správy, evidence a ochrany sbírek muzejní povahy v muzeích a galeriích zřizovaných Českou republikou nebo územními samosprávnými celky (kraj, obcemi) - Článek VII – Ochrana sbírek.

Ministerstvo kultury České republiky, č. j. 10012/2010 OMG – Příkaz ředitele Odboru ochrany movitého kulturního dědictví 1/2010 – Metodický pokyn k ochraně sbírek muzejní povahy a sbírkových předmětů před krádežemi, vloupáním a požárem.

TNI 33 4592 (334592) Poplachové systémy a EPS – Požadavky na přenos zpráv ze střežených objektů pomocí internet protokolu, 2014.

Vyhláška č. 275/2000 Sb. k provedení Zákona o ochraně sbírek muzejní povahy č. 122/2000 Sb.

Zákon č. 122/2000 Sb., Zákon o ochraně sbírek muzejní povahy a o změně některých dalších zákonů.

Zelinger, J. (2010). Technologie ochrany kulturního dědictví před požáry. Brno: Technické muzeum v Brně, ISBN 978-80-86413-66-2.

Zelinger, J., Peters, B., Mrázek, M., Bláha, L. (2008). Plnoměřítkové požární testy hašení archivních materiálů systémem vysokotlaké vodní mlhy. In: Sborník konference VŠB Ostrava. Požární ochrana, ISSN 1803-1803.

### **3.2. Klima (objektu, depozitáře, výstavních prostor)**

Je známo, že objekty, v nichž jsou předměty kulturní hodnoty deponovány, zahrnují jak budovy historické s přirozenou klimatizací, tak i nejmodernější budovy s centrálně řízenou klimatizací.

Ve většině starších objektů probíhá tzv. přirozená ventilace, tj. neřízená výměna vzduchu netěsnostmi oken a dveří i infiltrace venkovního vzduchu do budovy propustností obvodových zdí,

čímž dochází k ovlivňování klimatické stability uvnitř budovy. Tam, kde tzv. „přirozené klima“ již nevyhovuje kritériím, stanoveným pro preventivní ochranu předmětů kulturní hodnoty, je nutno přistoupit k řešení klimatických poměrů ve vnitřních prostorách objektu tak, aby bylo dosaženo přeměny proměnlivého klimatu v interiéru budovy na klima stabilní s cílem zajistit co nejlepší klimatické podmínky a vyloučit, resp. minimalizovat vliv extrémních klimatických výkyvů v exteriéru (Kolektiv autorů, 2000).

V případě relativní vlhkosti to lze zajistit pomocí vhodných mobilních zvlhčovacích/odvlhčovacích jednotek, přímo ve vitrínách nebo v úložném mobiliáři pak mikroklima předmětu v uzavřeném obalu pomocí sorpčních kazet. Nerovnoměrné klimatické podmínky v různých částech místnosti je možné zlepšit zajištěním dostatečného pohybu vzduchu v depozitářích (ventilátory).

Stejně jako i pro předměty z jiných druhů materiálů však platí, že změny klimatu by měly probíhat pozvolna; skoková změna klimatu totiž s sebou nese riziko kvalitativní změny prostředí; vyskytují-li se v materiálu předmětu skryté vady, mohl by materiál ztrácet soudržnost. Tím může být nastartován rychlý destruktivní proces, přičemž nejvíce ohroženy jsou archeologické nálezy z nepálené hlíny, které by měly být deponovány při hodnotě relativní vlhkosti 55 %, tj. neměla by se přibližovat k hranici 60 %, kdy už hrozí riziko mikrobiologické aktivity a nevratné poškození či rozpad neglazované keramiky.

Keramika je sice (obecně) o něco méně citlivá na extrémy nebo kolísání vlhkosti, teploty a osvětlení než jiné přírodní materiály; to se však týká pouze objektů v dobrém stavu. Rozpoznat počáteční fázi zhoršeného stavu předmětu však může být poměrně obtížné, ***doporučuje se proto zacházet s každým předmětem, jako by byl poškozen.***

Pro vytvoření stabilního mikroklima (v krabici, ve skříni) je vhodné použít sorpční kazety kondicionované na požadovanou hodnotu relativní vlhkosti; jejich počet (množství) se odvíjí od objemu prostoru, v němž má být mikroklima udržováno.

Keramické předměty by neměly být deponovány v prostředí s vyššími než akceptovatelnými hodnotami teploty; zvýšené hodnoty teploty mohou způsobit ztmavnutí již existujících skvrn, zatímco náhlé změny teploty mohou podporovat vznik trhlin (expanze nebo kontrakce materiálu, tzn. jeho praskání).

Viditelné nebo UV světlo většinu keramiky nepoškodí; poškození však může způsobit infračervené (IR) záření, a to v důsledku ohřevu předmětů a změny relativní vlhkosti v jejich okolí. Způsobené kolísání relativní vlhkosti může ve svém důsledku vést ke krystalizaci solí či způsobit nepatrné roztažení a kontrakci povrchů předmětů. Toto záření je proto třeba odstínit.



## DOPORUČENÁ LITERATURA

Camuffo, D. (2014). Microclimate for Cultural Heritage Conservation, Restoration, and Maintenance of Indoor and Outdoor Monuments. San Diego, Elsevier, ISBN 978-0-44463-296-8.

ČSN EN 15758 (2011). Ochrana kulturního dědictví – Postupy a přístroje pro měření teploty vzduchu a teploty povrchů objektů.

ČSN P CEN/TS 16163 (2014). Ochrana kulturního dědictví – Směrnice a postupy pro výběr vhodného osvětlení do expozic.

Erhardt, D., Tumosa, C. S., Mecklenburg, M. F. (2007). Applying science to the question of museum climate. In Museum Microclimates Conference. National Museum of Denmark.

Hatchfield, P. (2002). Pollutants in the Museum Environment: Practical Strategies for Problem Solving in Design, Exhibition and Storage. London: Archetype Publications Ltd. s. 98–100. ISBN 1-873132-96-4

Christensen, J. E., Janssen, H. (2011). Passive hygrothermal control of a museum storage building. In Proceedings of Building Simulation.

Janssen, H., Christensen, J. E. (2013). Hygrothermal optimisation of museum storage spaces. Energy and Buildings, 56, 169-178.

Juliš, K., Valach, J., Frankl, J., Štefcová, P., Pech, M., Kotyk, M. (2015). Metodika sledování a hodnocení světelných parametrů a biologických indikátorů vnitřního prostředí depozitářů a expozic. Identifikační kód projektu: DF12P01OVV027

Kolektiv autorů, (2001). Preventivní ochrana sbírkových předmětů. Národní muzeum, Praha. ISSN: 80-7036-129-8 62 s.

Kopecká I. (2000). Vlhkost v historických budovách, Sanace a rekonstrukce staveb 2000, 22th Conference of the Czech society of civil engineers, Praha 2000, ISBN 80-02-01383-2, p.159-163.

Kopecká, I. (2002). Preventivní péče o historické objekty a sbírky v nich uložené, Státní ústav památkové péče, Praha, Příloha časopisu Zprávy památkové péče, ročník 62, ISSN 1210-5538, ISBN 80-86234-28-2.

Tétreault, J. (2003). Airborne Pollutants in Museums, Galleries, and Archives. Risk Assessment, Control Strategies, and Preservation Management. Ottawa, Canadian Conservation Institute, ISBN: 0-662-34059-0.

Thomson, G. (2010). The Museum Environment, Oxford, Butterworth Heinemann, ISBN 978-0-7506-1266-1, 312 s.

Valach J., Juliš K., Štefcová P. (2012). Modular systém of sensors for monitoring of museum internal environment. *International Journal of Heritage in Digital Era*, 1, pp. 39-42. ISSN 2047-4970, doi: 10.1260/2047-4970.1.0.39.

Zelinger, J. (2000). Poškození kulturních památek vlivem světla a ochrana proti němu. Příloha časopisu Zprávy památkové péče. ZP 60/7. Praha, Národní památkový ústav, s. LXI-LXXXIV. ISSN 1210-5538.

### 3.3. Úložné prostory, mobiliář (obecné zásady)

Jak již bylo uvedeno výše, **úložné prostory (depozitáře)** by měly zajišťovat bezpečnost uložených předmětů a současně musí splňovat veškeré nároky na zajištění požadavků preventivní péče tak, aby proces degradace materiálů deponovaných předmětů byl co nejpomalejší. Prostory musí být přiměřeně suché, čisté, větrané a bez přímého osvětlení. Neměla by v nich být zařízení, způsobující kolísání teploty, nežádoucí výpary a vlhkost. Mobiliář se nedoporučuje stavět těsně ke zdi; mezera, byť malá, umožňuje lepší pohyb vzduchu v prostoru.

Výtahy, dveře a chodby by měly být dostatečně prostorné a situované tak, aby umožňovaly snadnou přepravu i manipulaci s předměty při jejich přemísťování.

Podlahy by měly být hladké, celistvé a zhotovené z materiálů, kde je vyloučeno uvolňování polutantů. Vhodným materiálem je např. litý beton. Nátěry stěn by neměly obsahovat polyvinylacetátové a polyakrylátové disperze, ale takové, které mají mineální charakter (vápenné, silikátové; Kolektiv autorů, 2001).

Z hlediska materiálů použitých pro vnitřní vybavení depozitářů je třeba mít na paměti některá jejich negativa. Tak např. při použití dřeva může docházet k uvolňování kyseliny octové a mravenčí, jejich obsah však kolísá podle individuálních charakteristik dřeva; zvláště nevhodná jsou tvrdá dřeva, zejména dub, uvolňující kyselinu octovou. Vlivem zpracování může rovněž dojít k uvolňování formaldehydu z dřevotřísky. K uvolňování kyseliny mravenčí mohou být náchylné rovněž i některé nátěrové hmoty (Thicket, 2004, Pecénová, 2016).

V případě, že se v depozitáři zvažuje použití polymerů (plastů), je třeba posoudit, o jaký druh plastu se jedná. Mezi nejvíce stabilní polymery je možné zařadit teflon, polypropylen, ale také polystyren nebo polyethylen. Naopak např. polyvinylchlorid může uvolňovat chlorovodík. I když je v depozitáři ne příliš pravděpodobné použití textilu, je třeba vzít v úvahu, že přírodní vlna může uvolňovat sloučeniny síry. Poměrně bezpečné je použití bavlny a plátna, pokud nebyla bělena či barvena; v opačném případě mohou uvolňovat např. formaldehyd či sloučeniny síry nebo chloru. Za relativně stabilní materiály jsou považovány sklo a kov. S ohledem na výše uvedená negativa některých materiálů se jako nejvhodnější materiály pro úložný mobiliář jeví eloxovaný hliník, plech z nerezové oceli nebo oceli, natřený vhodným a kvalitním nátěrem (Kolektiv autorů, 2001).

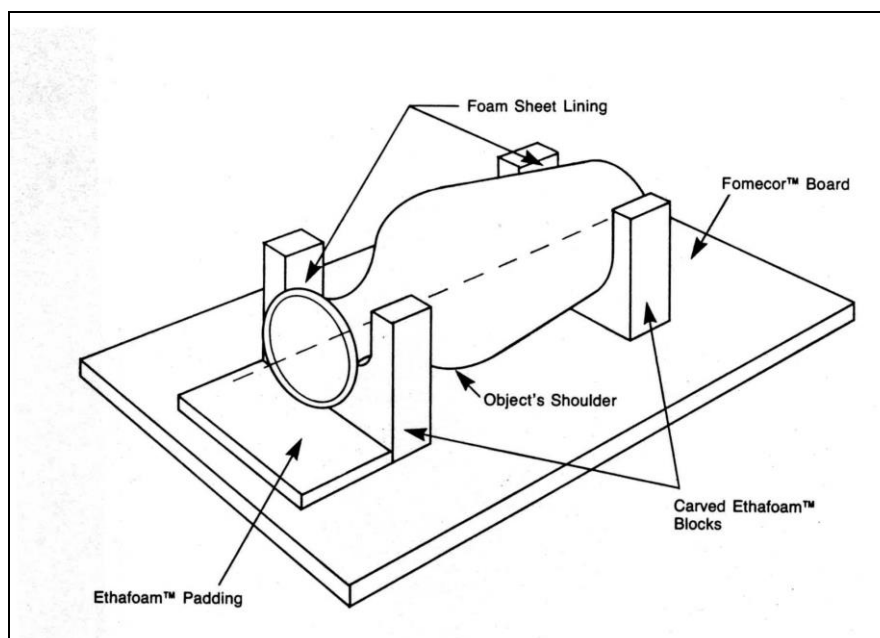
***Zvolený systém uložení sbírek (mobiliář) a jejich lokace musí umožňovat bezpečnou práci s předměty a dobrou orientaci po depozitáři.***

Ukládací mobiliář (jednostranný, oboustranný, pevný nebo posuvný) musí zaručovat požadovanou nosnost a měl by být co možná nejvíce přizpůsobený k potřebám uložených sbírek a k zásadám bezpečné manipulace s nimi, a to včetně případů, kdy je nutné použít běžných manipulačních prostředků (schůdky aj.).

Pro keramiku je optimální uložení v uzamykatelných skříních s dveřmi, které dobře chrání proti prachu. Předměty uvnitř je nutné zajistit proti pádu; to se týká zejména kusů, které jsou uloženy na pohyblivých (výsuvných) policích a v zásuvkách. I nepatrný pohyb nesprávným směrem může mít katastrofální následky.

Úložné prostory (regály, skříně) by neměly být vystaveny vibracím nebo otřesům (otřesy způsobené pohybem posuvných regálů mohou zapříčinit pád několika předmětů v celém regálu); proto je mnohem vhodnější zvolit ukládání keramiky do pevných regálů, policových nebo zásuvkových skříní (Kolektiv autorů, 2001).

Nejlépe lze předměty ochránit stabilizačními prvky; tím je zajištěno, že při vyjímání předmětů z polic nedojde k ohrožení sousedních kusů. Pro drobnější předměty a menší fragmenty je přehlednější uložení v zásuvkách na měkkých podložkách, kde mohou být chráněny proti pohybu pomocí jednoduchého ohrazení (viz obr. 4 níže).



Obr. 4. Příklad optimálního uložení keramické nádoby

Mobiliář, který je konstruován přímo pro keramické nádoby, mívá police opatřeny přípravky, na které se nádoby nasazují dnem vzhůru; předměty na polici jsou pak nejen pevně uloženy, ale současně i chráněny proti pádu. Nejčastěji jsou však uloženy volně na policích buď na podložce např. z polyethylenové (dále též PE) pěny, v ohrazení z PE pěny, nebo v ochranných obalech, v nichž je možné keramiku také transportovat.

Těžké a objemné objekty by měly být uloženy bezpečně na dně úložného mobiliáře (případně zajištěny na pojízdných plošinách, paletách nebo v pojízdných boxech).

Z hlediska bezpečnosti by měl mít depozitární mobiliář takovou výšku, aby byly všechny police lehce dostupné (optimálně 1800 až 2400 mm). Rovněž uličky mezi jednotlivými řadami musí mít odpovídající šířku přizpůsobenou manipulačním prostředkům. Při budování depozitárního zařízení je doporučeno postupovat dle ČSN 26 9010. Uvedená norma určuje šířky a výšky průchodů (ulíček) tak, aby manipulace s předměty byla bezpečná i z hlediska bezpečnosti a ochrany zdraví při práci.

Jednotlivé police by měly být pokryty vrstvou hedvábného papíru nebo papíru s dostatečnou alkalickou rezervou. Různé zásobníky a krabice by měly být vyrobeny z archivní lepenky.

Předměty, které nemohou stát samostatně (jsou nestabilní) je dobré umístit do vhodných obalů (krabice, bedničky...). Obecně platí, že keramické předměty by neměly být stohovány, tj. naskládány na sobě; mohlo by dojít k jejich rozbití nebo opotřebení částí jejich povrchu. Pokud je to však nevyhnutelné, je třeba, aby byly jednotlivé předměty prokládány vrstvou „izolačního“ materiálu tak, aby nedocházelo k přímému vzájemnému kontaktu předmětů (bublínková fólie, hedvábný papír aj. - snížení rizika poškození). Předměty, které se vzhledem ke svým rozměrům nevejdou do polic, by neměly být ukládány přímo na podlahu.

Při výběru úložného systému je třeba rovněž vzít v úvahu odolnost materiálu úložného mobiliáře proti požáru. Dřevěný masiv dokáže ochránit sbírkové předměty uvnitř skříně déle než v případě skříní kovových. Při potenciálním nebezpečí zaplavení depozitáře (např. havárie vody či kanalizace v objektu, povodeň) je doporučeno umístit nejnižší polici úložného mobiliáře cca 150 až 250 mm nad podlahou, aby byl sbírkový materiál chráněn proti nebezpečí zaplavení.

V ideálním případě jsou sbírkové předměty na police ukládány pouze v jedné řadě. Ve více řadách je keramika ukládána tak, aby v první řadě byly nižší a stabilnější kusy a vzadu kusy vyšší.

Jednotlivé předměty musí mít okolo sebe dostatek místa, aby se nedotýkaly, a aby se i snadno vyjímaly z polic. Talíře, tácy, misky, kachle, dlaždice apod. se kladou na sebe v počtu 3 až 6 kusů (způsob závisí na typu předmětu, velikosti, hmotnosti, fyzickém stavu předmětu aj.) a vždy proložené pružnou izolační vrstvou obalového materiálu, aby nedocházelo k poškrábání polevy, dekoru, dekoračního zlacení, značek výrobce apod.

Pokud jsou předměty na policích umístěny příliš hustě, hrozí i při velice šetrné manipulaci poškození okrajů nádob, poškrábání glazury či dekoru, vznikají skořepinové lomy např. u jemných okrajů a hubiček konvic, nebo dochází k popraskání a lomům, jestliže jsou nádoby nesprávně vrstvené na sebe anebo dojde ke sražení sousední nádoby, v krajním případě i pádu s destruktivními následky.

Některé předměty mohou vykazovat i různé strukturální vady, tj. slabší místa, která jsou k mechanickému poškození náchylnější (zejména při manipulaci s předmětem).

Je zřejmé, že uvedená doporučení je možné dodržet v případech, že se jedná o depozitární objekty, vybudované v nedávné době, kdy bylo možné tato kritéria zohlednit již při plánování výstavby nového objektu a vybavení depozitářů, případně při rozsáhlejší rekonstrukci objektu staršího.

V ostatních případech je třeba nacházet individuální řešení podle konkrétních podmínek v objektu/depozitáři (např. postupná obměna a doplňování úložného mobiliáře, postupné pořízování vhodných obalů atp.).

---

## DOPORUČENÁ LITERATURA

ČSN EN 16141 (2013). Ochrana kulturního dědictví – Doporučení pro řízení vnitřního prostředí – studijní depozitáře: definice a charakteristické vlastnosti prostorů určených pro uchování a studium kulturních památek.

Institute of Conservation (ICON), (2011). Care and Conservation of Ceramic and Glass. Conservation Register. London, UK, ICON.

Kolektiv autorů (2001). Preventivní ochrana sbírkových předmětů. Národní muzeum, Praha. ISSN: 80-7036-129-8 62 s.

Kopecká, I. (2002). Preventivní péče o historické objekty a sbírky v nich uložené, Státní ústav památkové péče, Praha, Příloha časopisu Zprávy památkové péče, ročník 62, ISSN 1210-5538, ISBN 80-86234-28-2.

Kopecká, I., Dvořák, M. (1995). Nároky na muzejní úložné prostory z hlediska stability různých materiálů, In: Zprávy památkové péče. Roč. 55, č. 8. Praha: Národní památkový ústav, s. 1–16. ISSN 1210-5538.

Logan, J. A., Grant, T. (2018). Caring for ceramic and glass objects. Government of Canada, Canadian Conservation Institute, Department of Canadian Heritage, ISBN 978-0-660-27981-7.

National Park Service (2002). Preservation of Low-Fired Ceramic Objects. Conserv O Gram 8/3. Washington, D. C, National Park Service.

Newton, C., Logan J. (2007). *Care of Ceramics and Glass*, revised. CCI Notes 5/1. Ottawa, Canadian Conservation Institute.

Pecenová, Z., & Kouřil, M. (2016). Ochrana historického olova proti parám kyseliny octové. *Koroze a ochrana materiálu*, 60(1), 28-34.

Thickett, David, and Lorna R. Lee. *Selection of materials for the storage or display of museum objects*. London: British Museum, 2004.

### 3. 4. Druhy a příčiny možného poškození keramických předmětů

Třebaže je keramika (resp. materiály, z nichž je keramika vyrobena) z chemického hlediska relativně stabilní, může být ohrožena nejrůznějšími faktory; jejich stručný výčet je uveden v následující tabulce III.

Způsob/druh poškození	Příčina		Důsledek
mechanické poškození	pád, náraz, otřes atp.		destrukce předmětu
	nevhodný způsob čištění předmětů od prachu		zanesení prachu přímo do struktury materiálu
	nevhodný způsob uložení		velká strukturní poškození - lom, chybějící (ztracené) kousky, větší trhliny...
	nevhodný způsob uložení předmětů		menší strukturní poškození vlasové trhliny, odštípnuté částčky...
biologické poškození	hmyz, rostliny, plíseň...		znečištění předmětu
poškození v důsledku nevhodných parametrů vnitřního prostředí	keramika vypalovaná při nízkých teplotách	prudké změny RV, kontakt s vodou, prach (porézní povaha keramiky), extrémní hodnoty RV	možnost destrukce až na hlinu, rozpadání
	dobře vypálená keramika	změny RV, vysoké hodnoty osvětlení, působení plyných polutantů, hmyzem	málo citlivá
	keramika pravěká a středověká	extrémní hodnoty RV, přítomnost rozpustných solí (uhličitan, síran a křemičitan vápenatý, síran hořečnatý a sodný, dusičnan sodný nebo hořečnatý)	možnost výkvětu solí na povrchu

poškození v důsledku předchozích nevhodných restaurátorských zásahů	zbytky starých adheziv, lepidel atp.	skvrny v materiálu
Stará poškození (předmět poškozen již v době nálezů)	barevné skvrny/např. absorpce produktů koroze u předmětů uložených v blízkosti korodujícího materiálu	zbarvení/znečištění předmětu

Tab. III. Možné druhy/typy poškození keramických předmětů (Kolektiv autorů, 2001)

Pro zjištění aktuálního stavu je nutné podrobit jednotlivé předměty pečlivému vizuálnímu posouzení a průzkumu; jen tak lze zjistit, zda je předmět celistvý, případně, jaký je rozsah poškození předmětu, jaká je míra degradace materiálu, kvalita předchozích restaurátorských zásahů aj. Základní informace o stavu předmětu lze čerpat z tzv. „Protokolu o stavu předmětu“, který by měl být součástí doprovodné dokumentace. Podrobnější informace lze pak získat z nedestruktivních materiálových průzkumů za pomoci různých instrumentálních metod. Zvláště důležitá je taková detailní prohlídka a posouzení celkového stavu předmětu v případě přijetí nového přírůstku/nálezů.

Je zřejmé, že nejfrekventovanějším typem poškození keramických předmětů je **poškození mechanické** (pád, náraz, otřes) nebo nevhodný způsob uložení (příliš těsné uspořádání předmětů), který může vést k menším strukturním poškozením (jemné vlasové trhliny, odštípnuté kousky atp.).

Předmětům rovněž neprospívají **prach a nečistoty**, které se hromadí na povrchu (zejména v různých prohlubních). Před odstraněním prachu je třeba se ujistit, že je předmět ve stabilní poloze a nehrozí jeho pád. K odstranění prachu je dobré použít měkkou bavlněnou látku, nikoli péřové „oprášovátko“, které jen víří prach a usazuje se na jiných předmětech. Je možné použít také měkký, suchý kartáč s dlouhými štětinami.

V posledních desetiletích se ukazuje, že při ochraně kulturního dědictví (obecně) mohou být problémem **mikroorganismy**. To platí pro všechny typy historických artefaktů (dokonce i těch z moderních materiálů, např. polymerů; Sabev, 2006), umístěných ve veřejných budovách, muzeích, ale i soukromých uměleckých sbírkách. Různost projevů biologické degradace pozorované na předmětech kulturního dědictví je určována několika faktory, jako např. chemickým složením a povahou materiálu, klimatickými podmínkami v depozitáři, čistotou povrchu předmětu, frekvencí úklidu v depozitářích aj.

Biologické poškození lze obecně definovat jako jakoukoli nežádoucí změnu materiálu, vyvolanou životními činnostmi organismů (Allsop, 2011). Kromě klasických a obvyklých předmětů uchovávaných v interiérech budov (expozice, depozitáře) se však houby, bakterie a lišejníky vyskytují také na nástěnných malbách, v kostelech, jeskyních a katakombách, ale i na architektonických prvcích a

kamenných památkách nacházejících se ve venkovním prostředí (Steiger et al., 2011, Sarela et al., 2004, Caneva et al., 1991, Koestler 1991).

Problém biologického poškození předmětů kulturního dědictví nebyl poměrně dlouho vnímán jako závažný; poškození materiálu těchto předmětů bylo připisováno především chemickým a fyzikálním procesům. Součástí preventivní péče o předměty kulturního dědictví se problematika biologického poškození materiálu předmětů kulturního dědictví stala přibližně až na konci 80. let minulého století.

**Houby, plísňe a bakterie** jsou vývojově nejnižší živé organismy, které mohou poškodit sbírkové předměty. Zatímco bakterie patří do říše rostlin, vláknité mikroskopické houby (plísňe) jsou vícebuněčné mikroorganismy, které se řadí do říše hub (Ostrý, 1998).

Většina **bakterií** se řadí mezi jednobuněčné nižší rostliny. Velikost bakterie je do značné míry závislá na jejím tvaru; jsou známy bakterie kulovité (koky), tyčinkovité, vláknité, spirálovité a rohlíčkovité a jejich velikost se pohybuje v rozmezí od 0,5 do 5  $\mu\text{m}$ . Ke svému životu potřebuje bakterie (stejně jako ostatní mikroorganismy) určité specifické podmínky, mezi které patří zejména vhodná vlhkost substrátu, vhodná vlhkost okolního prostředí, vhodná teplota a pH prostředí a potřebné zdroje výživy. Velká část bakterií využívá jako hlavní zdroj energie a výživy organické látky, část bakterií pak využívá jako zdroj uhlíku  $\text{CO}_2$ ; v převážné většině však bakterie dávají přednost organickým uhlíkatým látkám, které jim zároveň mohou sloužit jako zdroj dusíku.

Některé druhy bakterií jsou schopny za nepříznivých podmínek vytvořit spóry, přežívající i v prostředí pro ně málo příznivém; při změně podmínek (zejména, je-li v okolním prostředí dostatečná vlhkost), vyvine se ze spóry opět vegetativní forma bakterie (Skorkovský, 1991).

**Bakterie** mohou napadat téměř všechny sbírkové předměty a nepotřebují k tomu zdaleka tak specifické podmínky, jako plísňe. Běžně se vyskytují na materiálech bílkovinné povahy, mohou ale poškodit i kámen nebo nástěnnou malbu (Kraková 2012).

Při biodegradaci keramických materiálů (přírodní kámen, keramika, sklo) se mohou uplatnit jak chemolithotrofní bakterie (může se jednat např. o bakterie nitrifikační, bakterie oxidující síru aj.), tak i bakterie chemoorganotrofní (získávají energii oxidací organických látek dýcháním či kvašením), cyanobakterie, řasy, houby a lišejníky (Sand and Bock, 1991).

**Plíseň** se pod mikroskopem jeví jako síť tenkých vláken, sestavených do sítě nazývané mycelium. Jak již bylo uvedeno výše, botanicky náleží mezi houby (Mycota); jedná se jak o jednobuněčné, tak i mnohobuněčné organismy.

Jsou to mikroskopické organismy, vytvářející jemné vláknité povlaky na různých substrátech. Jejich rozmnožování probíhá nejčastěji pomocí spór (výtrusů), které mívají různý tvar i barvu. Je-li plíseň



postižený materiál suchý, lze spóry opatrně odstranit mechanicky bez vzniku skvrn (Bacílková, 2004). Naproti tomu jde-li o druh, jehož barvivo proniká do substrátu, jsou výsledkem obtížně odstranitelné skvrny.

Za nepříznivých podmínek spóry tzv. spí; pokud se podmínky pro život plísní zlepší, aktivují se a začnou klíčit. K aktivaci spór plísní přispívají některé fyzikální nebo chemické faktory či jejich kombinace (UV záření, zvýšení teploty, střídání období sucha/vlhka a tepla/chladu aj.). Aktivace ale není vždy provázena klíčením; aktivované spóry nevyklíčí, pokud nejsou vytvořeny podmínky pro jejich růst.

Růst kolonií plísní v přirozeném prostředí je děj značně komplikovaný, a dosud o něm existuje jen velmi málo informací. Na plochem podkladu se tvoří v podstatě kruhové kolonie plísně, větší růst však může za příznivých podmínek často probíhat pod povrchem substrátu. Po vyklíčení spór následuje interval růstu kolonie, který začne po určité době zpomalovat, až nastane stagnace, související s metabolickou činností kolonie.

Rozdíl je také v tom, rozvíjí-li se plíseň na substrátech na živiny chudých nebo bohatých. Jedná-li se o substrát ne příliš výživný, roste plíseň kupodivu rychleji, tvoří však mnohem řidší síť. Na substrátech na živiny bohatých roste naopak pomaleji, tvoří však velmi hustou síť (Bacílková, 2004).

Jako živina může sloužit celulóza v jakékoli formě (dřevo, papír, seno, sláma, ochranné nátěry s příměsí derivátů celulózy aj.), dále polysacharidy (škrob, rostlinné gumy, které jsou pojivem kvaší nebo akvarelů) a bílkoviny (klih, vaječné proteiny, kasein, kůže, peří, chlupy, vlna). V současné době jsou však již známy plísně, které napadají kámen (rozkládají např. všechny typy vápenců) a jsou známy i plísně, napadající syntetické polymery (Kolektiv autorů, 2001).

Dalším předpokladem jsou vhodné klimatické podmínky. Pro rozvoj většiny plísní, se kterými se lze setkat v našich zeměpisných šířkách, jsou vhodné klimatické podmínky při RV kolem 70 % a teplota nad 15 °C, kdy jsou spóry schopny vyklíčit. ***Je-li plíseň v již aktivním stadiu, může jí pro růst stačit i nižší hladina relativní vlhkosti.***

V posledních desetiletích byla provedena řada průzkumů, při nichž byly shromážděny informace o biologickém poškození nejrůznějších materiálů i o plísňích a bakteriích, vyskytujících se v objektech s deponovanými či vystavovanými předměty kulturního dědictví. Většinou se jedná o organismy, vyskytující se se relativně hojně jak v přírodě, tak i v životním prostředí. Nemusí být nijak nápadné; viditelný bývá spíše poprašek spór, jindy různě zabarvené skvrny a obvykle se jedná o několik různých druhů se shodnými požadavky na živiny (Bacílková, 2009).

Je známo, že příčinou poškození kamene a stavebních materiálů jsou zejména houby rodu *Eurotium* (Montanari et al., 2012), rezavé skvrny na papíře jsou nejnověji přičítány plísním (Michaelsen et al., 2009) a zhoršení kvality papíru bakteriím (De Paolis and Lippi, 2008). Příčin poškození papíru je však mnohem víc.

Na keramice z archeologických vykopávek v Peru byl nalezen druh bakterie rodu *Bacillus*. Při detailnějších analýzách bylo zjištěno, že biologické poškození této archeologické keramiky bylo způsobeno bakterií *Streptomyces* sp., jejichž zdrojem byla (s největší pravděpodobností) zemina na archeologickém nalezišti. Tři béžově zbarvené kolonie patřily do rodu *Bacillus* a jedna, žlutě zbarvená kolonie do rodu *Microbacteriaceae*. Bakterie *Streptomyces* jsou v půdě běžné, byly však identifikovány např. i na nástěnných malbách a kamenech. Zdrojem živin jsou na keramice pravděpodobně zbytky organických látek (Colonna-Pretti, 2014).

Výsledkem studia biologického poškození archeologického materiálu dvou různých druhů keramiky z naleziště v místě La Rioja v severní Argentině byla identifikace bakterií, hub a lišejníků, zejména pak cyanolichenů (lišejník s cyanobakterií jako hlavní fotosyntetickou složkou, v daném případě kmene *Pseudomona* sp.). Bakterie a houby byly nalezeny v prasklinách, cyanolicheny pak na povrchu a okrajích jednotlivých kusů keramiky (Guamet, 2019).

Poměrně častý je výskyt biodegradace na architektonických keramických materiálech ve vnějším prostředí (Coutinho, 2015). Jedná se o celosvětový problém, způsobující estetické, fyzikální a chemické poškození. Poškození je pochopitelně ovlivněno typem dané keramiky, zejména pak teplotou, při které byl materiál vypalován. Poréznost keramiky umožňuje pronikání vody, čímž může dojít ke vzniku trhlin, prasklin a následně pak rozvoji mikroorganismů. Ukazuje se, že trvalou ochranou proti degradaci a vzniku trhlin není ani glazura (Coutinho, 2015).

V dřívějších dobách často používaným architektonickým dekoračním prvkem brazilské architektury byly malované keramické obklady (kachle) vnějších stěn domů i kostelů, jako např. ve městě Salvador, kde bylo podle kvalifikovaných odhadů použito k obložení fasády kostela sv. Františka a kláštera cca 2 500 m<sup>2</sup> těchto dlaždic. Obdobně velké plochy s těmito keramickými obklady lze nalézt např. i ve městě Belém (De Oliveira, 2001).

I když jde o relativně trvanlivý a odolný materiál, v pobřežních městech, jako je výše zmiňovaný Salvador, dochází vlivem slaneho ovzduší a vlhkého tropického klimatu k šíření celé škály živých organismů, počínaje rostlinami, nacházejícími se mezi dlaždicemi až po houby, řasy a bakterie, což přispívá k degradaci těchto velmi cenných venkovních obkladů (De Oliveira, 2001).

Bylo pozorováno, že nejčastěji se tak děje zejména u keramických obkladů, vyrobených v 19. stol. technologií tzv. decalomanie (dekor na keramiku, kdy lze rytiny a tisky přenést na keramiku pomocí obtisku) a také u dlaždic s tenkou neprůhlednou glazurou s mikrotrhlinkami. Po důkladném průzkumu těchto dlaždic byly nalezeny např. řasy rodu *Cyanophyta*, *Bacillariophyta* aj. K odstranění nevzhledných skvrn na jednotlivých dlaždicích byly poškozené dlaždice opatrně vyjmuty ze zdi a vypáleny při teplotě 550 °C (u ručně vyrobených dlaždic ze 17. století) nebo cca 900 °C u dlaždic vyrobených řemeslně v 19. století (De Oliveira, 2001).

Prevenčí biologického poškození historických předmětů uložených v depozitáři je pak zejména vhodné klima, častý úklid a fenomenologické pozorování. Je však třeba nepodceňovat ani důležitost

jednoduchého čištění předmětů, neboť je dobře známo, že prach usazený na předmětech v sobě obsahuje velké množství spór plísní a bakterií (Sterflinger, 2013).

---

## DOPORUČENÁ LITERATURA

Adriaens, A. (2005). Non-destructive analysis and testing of museum objects: An overview of 5 years of research. *Spectrochimica Acta Part B, Atomic Spectroscopy*, 60(12), s. 1503-1516.

Allsopp, D. (2011). Worldwide wastage: the economics of biodeterioration. *Microbiol Tod*, 38, 150-153.

Bacílková B. Mikromycety. Kap. 10.1. Závěrečné zprávy z grantového úkolu Vliv světla a UV záření na archivní dokumenty. Národní archiv, Praha 2009.

Bacílková B. Poškození mikroorganismy. Kap. 2,2. Závěrečné zprávy grantového úkolu Ochrana archivních materiálů před živelnými pohromami v síti archivů České republiky. Státní ústřední archiv v Praze, Praha 2004.

Bachmann, K. (1992). Conservation Concerns: A Guide for Collectors and Curators. Washington D. C., Smithsonian Institution Press. ISBN 978-1-56098-174-9.

Buys, S. (1993). The Conservation and Restoration of Ceramics. Oxford: Butterworth-Heinemann, 20 s., ISBN 0 7506 0957 5.

Buys, S., Oakley, V. (1996). The conservation and restoration of ceramics. Oxford: Butterworth-Heinemann, Butterworth-Heinemann series in conservation and museology, ISBN 0-7506-3219-4.

Caneva G., Nugari N.P., Salvadori O. (1991). Biology in the conservation of works of art. ICCROM - International Centre for the Study of the Preservation and the Restoration of Cultural Property, Rome, Italy, ISBN 92-9077-101-1.

Colonna-Preti, K., & Eeckhout, P. (2014). The Bacteriological Contamination of Archaeological Ceramics: an Example from Pachacamac (Peru). *Recent Advances in Glass, Stained Glass, y Ceramics Conservation*.

Coutinho, M. L., Miller, A. Z., & Macedo, M. F. (2015). Biological colonization and biodeterioration of architectural ceramic materials: An overview. *Journal of Cultural Heritage*, 16(5), 759-777.

Craft, M. (1992). Decorative Arts in caring your collections. New York, Harry N. Abrams, Inc. s. 97–107. ISBN 0-8109-3174-5.

De Oliveira, M. M., & Sanjad, T. B. C. (2001). Biological degradation of glazed ceramic tiles. *Historical Constructions, Guimarães*, 2014, 337-341.

De Paolis, M. R., & Lippi, D. (2008). Use of metabolic and molecular methods for the identification of a *Bacillus* strain isolated from paper affected by foxing. *Microbiological research*, 163(2), 121-131.

Guiaimet, P. S., Soto, D. M., & Schultz, M. (2019). Bioreceptivity of archaeological ceramics in an arid region of northern Argentina. *International Biodeterioration & Biodegradation*, 141, 2-9.

Kavanagh, G. (Ed.). (2005). *Museum provision and professionalism*. Routledge.

Koestler R. J. (1991). Biodeterioration of cultural property. *International Biodeterioration* 28 (1991). Elsevier Science Publishers Ltd., Great Britain, 1991, 229-340.

Kolektiv autorů (2001). Preventivní ochrana sbírkových předmětů. Národní muzeum, Praha 2001. ISSN: 80-7036-129-8 62 s.

Kopecká, I. (2002). Preventivní péče o historické objekty a sbírky v nich uložené, Státní ústav památkové péče, Praha, Příloha časopisu Zprávy památkové péče, ročník 62, ISSN 1210-5538, ISBN 80-86234-28-2.

Koul, B., & Upadhyay, H. (2018). Fungi-Mediated Biodeterioration of Household Materials, Libraries, Cultural Heritage and Its Control. In *Fungi and their Role in Sustainable Development: Current Perspectives* (pp. 597-615). Springer, Singapore.

Koul, Bhupendra, and Hina Upadhyay. "Fungi-Mediated Biodeterioration of Household Materials, Libraries, Cultural Heritage and Its Control." *Fungi and their Role in Sustainable Development: Current Perspectives*. Springer, Singapore, 2018. 597-615.

Kraková, L., Chovanová, K., Selim, S. A., Šimonovičová, A., Puškarová, A., Maková, A., & Pangallo, D. (2012). A multiphasic approach for investigation of the microbial diversity and its biodegradative abilities in historical paper and parchment documents. *International Biodeterioration & Biodegradation*, 70, 117-125.

Little, M. (2000). The Winterthur Guide to Caring for Your Collection. Chapter 5: Ceramics and Glass. London: University Press of New England. pp. 57–66. ISBN 0-912724-52-8.

Michaelsen, A., Pinar, G., Montanari, M., & Pinzari, F. (2009). Biodeterioration and restoration of a 16th-century book using a combination of conventional and molecular techniques: a case study. *International Biodeterioration & Biodegradation*, 63(2), 161-168.

Montanari, M., Melloni, V., Pinzari, F., & Innocenti, G. (2012). Fungal biodeterioration of historical library materials stored in Compactus movable shelves. *International biodeterioration & biodegradation*, 75, 83-88.

National Park Service (1993). Soluble Salts and Deterioration of Archaeological Materials. Conserv O Gram 6/5. Washington D. C., National Park Service.

Ostrý, V. Vlákňité mikroskopické houby (plísňe), mykotoxiny a zdraví člověka. Státní zdravotní ústav, 1998. ISBN 80-7071-102-7.

Petrie E. M. (2008). Handbook of adhesives and sealants. McGraw-Hill, ISBN 97-8007-049-8884.

Pinzari, F. (2011). Montanari M. Mould growth on library materials stored in compactus-type shelving units (Chapter 11) In: Abdul-Wahab Al-Sulaiman SA, editor. Sick building syndrome in public buildings and workplaces.

Saarela, M., Alakomi, H. L., Suihko, M. L., Maunuksela, L., Raaska, L., & Mattila-Sandholm, T. (2004). Heterotrophic microorganisms in air and biofilm samples from Roman catacombs, with special emphasis on actinobacteria and fungi. *International biodeterioration & biodegradation*, 54(1), 27-37.

Sabev, H. A., Barratt, S. R., Handley, P. S., Robson, G. D., & Greenhalgh, M. A. L. C. O. M. (2006). Biodegradation and biodeterioration of man-made polymeric materials. *Fungi in biogeochemical cycles*, 212-235.

Sand, W., & Bock, E. (1991). Biodeterioration of ceramic materials by biogenic acids. *International Biodeterioration*, 27(2), 175-183.

Skorkovský B. Mikroorganismy jako původci degradace archiválií. 1. vydání, TEPS, Praha 1981. 108 s.

Spoto, G., Torrisi, A., Contino, A. (2000). Probing archaeological and artistic solid materials by spatially resolved analytical techniques. *Chemical Society Reviews*, 29(6), s. 429-439.

Steiger, M., Charola, A. E., & Sterflinger, K. (2011). Weathering and deterioration. In *Stone in architecture* (pp. 227-316). Springer, Berlin, Heidelberg.

Sterflinger, K., & Piñar, G. (2013). Microbial deterioration of cultural heritage and works of art-tilting at windmills. *Applied microbiology and biotechnology*, 97(22), 9637-9646.

Štefcová P., Pech M., Kotyk M., Valach J., Juliš K., Frankl J. (2014). Pest management in museum collection and storage areas (new approach-online sensors for pest detection), *Journal of Environmental Science and Engineering*, A.3, s. 163-176. ISSN 1934-8932.

Thicket, D. (2002). Vibration damage levels for museum objects. ICOM Committee for Conservation, ICOM-CC, 13 th Triennial Meeting, Rio de Janeiro, 22-27 September 2002. ICOMCC, James and James, London, s. 90-95.

Vandiver, P. (2001). The role of materials research in ceramics and archaeology. *Annual Review of Materials Research*, 31(1), s. 373-385.

Won-Sik H., Bae J. S., Pank G. J., Hong T. K., Wi K. Ch. (2010). Study on the chemically method of epoxy restoration material in antic ceramics and stabilization of their materials. *Journal of Conservation Science* 26(1), s.25-32.

### 3. 5. Restaurování/konzervování keramických předmětů (obecné zásady)

Předchozí opravy předmětů z keramických materiálů bývají obvykle viditelné pouhým okem, případně pod UV lampou; tak lze odhalit ty části, které nejsou součástí původní keramiky (lepidla, barvy nebo výplně). Navíc, některé z těchto doplněných částí mohou být i zajímavé z historického hlediska, např. v minulosti používané různé dekorativní pláty.

Opravy poškozené keramiky byly (z logických důvodů) vždy prováděny materiály, které byly v daném časovém období dostupné, ať už rostlinnými vlákny nebo proužky kůže (Lapérouse, 2020) či nýtováním (Albert, 2012).

V minulosti používané postupy oprav byly tedy spojeny jak s technologickým vývojem, tak i s materiály spojenými s konkrétním časovým obdobím, přičemž byly tyto metody svou povahou často experimentálního charakteru s tím, že jejich cílem bylo zejména zachování funkčnosti předmětu (Lapérouse, 2020).

K opravám keramických artefaktů bylo v průběhu času zkoušeno velké množství přírodních lepidel, včetně bitumenu, bílkovinných lepidel a pšeničné pasty nebo horké tapioky (škrob z manioku jedlého, původem z Jižní Ameriky, odkud se rozšířil do Afriky a Asie; Albert, 2012).

Známé je rovněž použití různých klovatin z ovocných stromů (výron šťávy z kmene nebo kůry stromů, které vlivem okolního ovzduší tuhnou), ale také některá organická adheziva živočišného původu, jako např. šelak nebo kaseinová lepidla. V současné době se již téměř nepoužívají; jsou totiž velmi citlivá na podmínky uložení. Ve vlhkém prostředí jsou tato adheziva napadána plísněmi, rozrušujícími pevnost spoje, v suchém prostředí zase spoj křehne a ztrácí pevnost. Některá adheziva v průběhu přirozeného stárnutí postupně vysychají a jejich pevnost se snižuje (Svobodová, 2011, Petrie 2008).

Kromě lepení pomocí těchto přírodních lepidel byly používány i metody „mechanické“; příkladem může být v minulosti hojně využívané nýtování, které se z Číny, kde má svůj původ, rozšířilo o i do dalších zemí. Nýty mohly být jak z běžných kovů (železo, měď, mosaz, cín, olovo nebo bronz), tak i ze zlata či stříbra. Na výplně otvorů, vyvrtaných pro nýty a fixaci nýtů proti posunutí byla pak používána řada různých materiálů, včetně křídý nebo jílu, které vytvořily hladký povrch, vhodný k závěrečným úpravám. Třebaže bylo od metody již dávno upuštěno, je ve sbírkách některých muzeí několik keramických předmětů se starými nýty zachováno, neboť nevedlo ke zhoršení stavu předmětu (Albert, 2012).

Na druhou stranu jsou některé z původních starých metod používány dodnes, jako např. metoda zvaná kintsugi, původně pocházející z Japonska, odkud se rozšířila i do jiných zemí (Čína, Vietnam, Korea). K opravám byla používána přírodní olejovitá hmota získávaná z rostliny škumpa lakodárná, smíchaná se zlatým nebo stříbrným prachem (nebo jím poprášená až na závěr). Někdy je metoda označována též jako tzv. metoda zlatých švů; navíc inspiruje i mnoho současných umělců na celém světě k tvorbě uměleckých děl (Albert, 2012, Keulemans, 2016).

Postupem času byla vyvinuta další adheziva, nejdříve ve formě derivátů přírodních látek (např. celulóza), později i zcela syntetická lepidla, specializovaná už víceméně na jednotlivé materiály (dřevo, papír, kámen, keramika aj.), z nichž některá postupně zanikla, jiná jsou používána dosud. Adheziva se vzájemně liší jak kvalitou spoje, tak i způsobem zpracování, životností aj. (Kotlík, 2010).

Ve 20. století byly všechny známé starší postupy provádění oprav podrobeny revizi, a to zejména s ohledem na přijatý trend zachování autentičnosti předmětů, který se odrazil zejména v požadavku na reverzibilitu všech prováděných zákroků (Albert, 2012).

To platí ve zvýšené míře zejména pro adheziva; uvolnění spoje totiž nemusí vždy znamenat odstranitelnost (plnou reverzibilitu) lepidla. Je proto nutné znát chemickou podstatu adheziva, způsob vzniku spoje i míru jeho reverzibility (Kotlík, 2010).

Pro restaurování (a provádění oprav) předmětů zhotovených z keramických materiálů proto ve zvýšené míře platí, že se jedná o vysoce specializovanou činnost, kombinující praktické zkušenosti a dovednosti restaurátora se znalostmi chemických vlastností jednotlivých (používaných) materiálů stejně jako i to, že neodborně prováděné opravy mohou způsobit více škody než užítku (Buys, 1996).

Keramické předměty, které se nacházejí **v dobrém stavu**, lze poměrně bezpečně zbavit povrchových nečistot měkkým štětinovým štětcem. Relativně bezpečně lze oporně očistit vodou pouze glazovanou keramiku, to však výhradně za předpokladu, že se glazura neodlupuje. **Mytí se důrazně nedoporučuje v případě neglazované, měkké, drobné nebo nerovnoměrně vypálené keramiky. Totéž platí pro keramiku vypalovanou při nízké teplotě.**

O něco složitější je však konzervování a restaurování **nestabilních keramických nálezů**. Za nestabilní keramické nálezy je možné považovat artefakty z nepálené hlíny a hlíny vypalované při nízkých teplotách (600 až 950 °C), s velkou distribucí pórů. Za velmi problematické artefakty jsou pak pokládány i předměty, opatřené nestabilními povrchovými úpravami, jako např. ruční malba, tuhování aj. (Svobodová, 2014).

Nestabilní keramický materiál má destruovaný rozpadající se povrch, celoplošně pokrytý systémem trhlin a prasklin. Je degradovaný, křehký, případně až drobný, se zvětřalými a odlupujícími se šupinkami příp. odpadávajícími a odlupujícími se barevnými vrstvami. Již při nepatrném doteku se mohou iniciovat samodestrukční procesy; střepy se lámou a drolí. Oddělují se fragmenty povrchové vrstvy.

Příčin, které mohly vést k nestabilitě keramického nálezu/artefaktu, může být více. Mohou mít svůj původ jak v materiálovém složení výchozího materiálu, tak i v procesu tvorby a sušení střepu, může to být způsobeno výpalem na nízkou teplotu, vlivy okolního prostředí, v němž byla keramika dlouhodobě uložena a v neposlední řadě také vlivy prostředí po vyjmutí z naleziště. Tyto faktory mohou působit samy o sobě, ale také ve vzájemné kombinaci (Svobodová, 2014).

Cílem všech zásahů restaurátora musí být zastavení všech degradačních procesů a stabilizace dochovaného keramického materiálu se snahou o minimální narušení a ztráty, reverzibilita všech zásahů a zachování maxima informační hodnoty, jak co se týče samotného materiálu nalezeného předmětu nebo jeho artefaktu, tak i technologie výroby.

Před provedením jakéhokoli konzervačního či restaurátorského zásahu je nutné **zachytit aktuální stav**, a totéž platí i po jeho provedení. Důvodem je pořízení dokumentace jak kvůli budoucím zásahům, tak i jako podklad pro případnou revizi provedených zásahů, přičemž kvalitní fotodokumentace je nedílnou součástí restaurátorské zprávy.

Základem veškerých konzervačních či restaurátorských zásahů je **důkladná očista** předmětu nebo keramických fragmentů od půdních nečistot a všech dalších usazenin, nánosů a krust, travních systémů a jiných znečištění typu solných výkvětů, korozních produktů či plísní tak, aby byly střepy připraveny k dalším zásahům. Očista může probíhat jak suchou cestou pomocí vhodně zvolených nástrojů (špachtle, nejlépe dřevěné, párátko, štětce různých velikostí atp.), tak i v kombinaci s využitím velmi opatrného mokrého čištění, např. rozprašováním jemné vodní mlhy či kapkou deionizované vody (Svobodová, 2014).

Dalším krokem při konzervování nebo restaurování málo stabilní keramiky je provedení **konsolidace** (nejčastěji adhezivy), kdy lze u střeptů keramických artefaktů docílit zlepšení mechanických vlastností (jako např. pevnost, odolnost proti otěru aj.), a to jako přípravu na manipulaci během restaurování s cílem zabránit pokračování degradace. Jedná se však o irreverzibilní zásah, který by měl být prováděn **jen v nejnútnejších případech** (Svobodová, 2014).

V poslední době se objevují různé nové metody a postupy konsolidace keramických artefaktů; jednou z nich je možnost použití nanočástic  $\text{SiO}_2$  a  $\text{TiO}_2$  (Barberio et al., 2015). Na povrch hrnčířské hlíny byl v tomto případě nanesen koloidní roztok nanočástic, který vytvořil transparentní film o tloušťce cca 1 mikronu. Následné chemické a morfologické analýzy ukázaly, že konsolidant na povrchu vytváří transparentní a hydrofobní film. Výhodou postupu je skutečnost, že se jedná o čistě fyzikální mechanismus ošetření, bez vytváření chemických vazeb mezi nanočásticemi a základními prvky keramiky a bez zavádění vnějších nečistot, které mohou materiály poškodit. Navíc, zejména  $\text{TiO}_2$  má biocidní účinky (Barberio et al., 2015).

Po konsolidaci keramických artefaktů **se provádí slučování střeptů do původního celku**; ideální metodou je lepení, které nenarušuje celkový vzhled kompletovaného předmětu. Je potřeba použít taková lepida, která jsou v souladu s pravidly pro práci s archeologickým materiálem. Jak již bylo uvedeno na jiném místě, je hlavním hlediskem při tomto procesu reverzibilita lepeného spoje, pevnost a odolnost proti stárnutí, tj. transparentní, stálobarevné spoje, odolné vůči působení světla, s dobrou přilnavostí ke keramice, kterou nesmí nijak znehodnocovat (tj. znečišťovat, zabarvovat, či jakkoli poškozovat; Svobodová, 2014).



Odstranění historického lepení se provádí jen v těch případech, kdy došlo k nepřesnému spojení, k nedokonalostem spojeným s použitou technikou lepení nebo k nežádoucím barevným změnám. Je však třeba vzít v úvahu, že např. odstranění lepidel přírodního pryskyřičného, ale i syntetického epoxidového typu se provádí velice obtížně (Won-Sik et al., 2010).

Nevyhovující spoje s neznámým adhezivem se nejprve rozrušují teplou vodou s detergentem a poté mechanicky vhodnými nástroji. V případě neúspěchu se přistupuje k použití tamponády, tj. obložení spoje tampony namočenými ve vhodném rozpouštědle. Pokud nepomohla ani tamponáda a nepřesné spoje se starým lepidlem stále drží, přistoupí se k naložení těchto střepech do zakryté lázně s vhodným rozpouštědlem. Režim ponoru artefaktu, resp. předmětu **musí být monitorován**. Začíná se zpravidla nejslabšími rozpouštědly (ethanolem, acetonem, toluenem atp.). Nedaří-li se starý spoj rozpustit, uvolnit či narušit, je nutné přejít k efektivnějším rozpouštědlům nebo jejich směsím (Svobodová, 2014).

K **doplnění chybějících částí** se přistupuje zejména z důvodu zlepšení mechanických vlastností, resp. z důvodu snazší manipulace s předmětem. Doplnění vychází z míry dochování originálu; uvádí se, že na rekonstrukci je potřeba cca 2/3 dochovaného původního předmětu. Nejčastěji se provádí odléváním sádrové suspenze na formu; tmelení, spárování prasklin, trhlin a štěrbin či dalších defektů se provádí za účelem scelení pláště (Svobodová, 2014).

V posledních fázích restaurování keramických artefaktů se provádí **barevná retuš doplněných ztrát a závěrečná konzervace**. Barevná retuš probíhá výhradně pouze podle požadavků archeologa při respektování zásad etického konzervování tak, aby doplňovaná místa byla o stupeň světlejší než původní části (při detailním pohledu tak zůstanou náhradní výplně čitelné), přičemž použité prostředky pochopitelně nesmí negativně reagovat s originálem předmětu a iniciovat žádné procesy, které by mohly vést ke znehodnocení originálních částí (např. barevné změny či probarvení, potřísnění atp.; Svobodová, 2014).

Účelem a cílem **závěrečné konzervace** je fixace provedených dílčích zásahů stejně jako i ochrana před degradačními vlivy, tj. zvýšení životnosti jak nádoby samotné, tak i použitých pomocných materiálů. Pro dosažení celistvé ochranné vrstvy se nanáší celoplošně pomocí jemného postřiku konzervačního roztoku, připraveného nejlépe z disperzních lepidel a destilované vody ve vhodně zvoleném poměru (Svobodová, 2014).

Nezbytným závěrečným krokem každého konzervátorského a restaurátorského zásahu je **vypracování zprávy**, jejíž součástí je fotografická dokumentace, zachycující celý pracovní postup. Ve zprávě musí být uvedeny a popsány jednotlivé fáze průzkumných, konsolidačních a integračních prací jakož i všechna zjištění, učiněná v průběhu celého postupu. Musí poskytovat detailní informace o použitých materiálech a postupech tak, aby se jednalo o kompletní podklad k případným dalším konzervačně restaurátorským zásahům. Měla by být připojena ke každému ošetřenému předmětu tak, aby bylo v budoucnu možné podle této zprávy adekvátním způsobem korigovat následné

deponování, vystavování či rekonzervační zásahy. Zprávy se archivují v archivech veřejných institucí a jsou k dispozici pro prezenční studium jak badatelům, tak i veřejnosti, a to v rámci zákona o svobodném přístupu k informacím (Svobodová, 2014).

Veškeré restaurování keramiky a keramických artefaktů musí probíhat podle platných profesních norem, kterými jsou Profesionální etický kodex konzervátora – restaurátora a Zákon o státní památkové péči ve znění zákona 242/92 a jeho pozdější novely.

---

## DOPORUČENÁ LITERATURA

Albert, K. (2012). Ceramic rivet repair: History, technology, and conservation approaches. *Studies in Conservation*, 57(sup1), S1-S8.

Bacílková B. Závěrečná zpráva grantového úkolu Ochrana archivních materiálů před živelnými pohromami v síti archivů české republiky. Kap. Národní archiv v Praze, Praha 2004.

Barberio, M., Veltri, S., Imbrogno, A., Stranges, F., Bonanno, A., & Antici, P. (2015). TiO<sub>2</sub> and SiO<sub>2</sub> nanoparticles film for cultural heritage: Conservation and consolidation of ceramic artifacts. *Surface and Coatings Technology*, 271, 174-180.

Buys, S., Oakley, V. (2011). The Conservation and Restoration of Ceramics. London, Routledge, Butterworth-Heinemann series in conservation and museology, ix, 243 s. ISBN 978-0-7506-3219-5.

Buys, S., Oakley, V., Kamal, K. J. (2007). Essentials in the Care and Conservation of Historical Ceramics Objects. London: Archetype, ISBN 978-1-87313-273-9.

Gansicke, S., Hirx, J. (1997). The Translucent Wax-Resin Fill Material for the Compensation of Losses in Objects. *Journal of American Institute for Conservation*. 36 (1), s. 17–29, doi:10.1179/019713697806113648.

Golfomitsou, S., Rehren, T., Eckmann, C. (2017) Conservation and Archaeological Science for the Protection and Understanding of Ancient Craftsmanship in Cultural Heritage. In: Tsuneki, A., Yamada, S., Hisada, K. (eds.), *Ancient West Asian Civilization*. Springer, Singapore, doi: <https://doi.org/10.1007/978-981-10-0554-1-14>, ISBN 978-981-10-0553-4.

Keulemans G. (2016). The Geo-cultural Conditions of Kintsugi, *The Journal of Modern Craft*, 9:1, 15-34, DOI: 10.1080/17496772.2016.1183946.

Kolb, C. C. (2017). Ceramics. In: Gilbert A.S. (eds.) *Encyclopedia of Geoarchaeology*. Encyclopedia of Earth Sciences Series. Springer Netherlands, Dordrecht, ISBN 978-94-007-4827-9, 1046 s.

Koob, S. (1979). The Removal of Aged Shellac Adhesive from Ceramics. *Studies in Conservation*. 24, s. 134–135. doi:10.1179/sic.1979.015.

Koob, S. (1986). The Use of Paraloid B-72 as an adhesive. Its application for archaeological ceramics and other materials. *Studies in Conservation*. (31), s. 7–14. doi:10.1179/sic.1986.31.1.7.

Kotlík P. Lepidla v památkové péči. Teoretické základy. Zpravodaj STOP, svazek 12, č. 2 (2010/06), ISSN 1212-4168.

Martinón-Torres, M., and Rehren, T. (eds.), (2008). *Archaeology, History, and Science: Integrating Approaches to Ancient Materials*. Publications of the Institute of Archaeology, University College London. Walnut Creek: Left Coast Press, 213 s., ISBN 978-1-59874-340-1.

Neff, H. (ed.), (1992). *Chemical Characterization of Ceramic Pastes in Archaeology*. Madison, Prehistory Press. Monographs in World Archaeology, ISBN 096-2-91106-2, 289 S.

Pospišilová, E. (2013). *Průzkum a konzervace archeologické keramiky* (Doctoral dissertation, Masarykova univerzita, Přírodovědecká fakulta).

Price, T. D., and Burton, J. H. (2011). *An Introduction to Archaeological Chemistry*. New York,

Profesní etický kodex konzervátora – restaurátora AMG.

Svobodová L. (2014). *Konzervování a restaurování nestabilních keramických nálezů. Ročenka 2013*. Archeologické centrum Olomouc, 2014, ISBN 978-80-86989-26-6. 260-275 s.

Svobodová, L. (2006-2010). *Restaurátorské zprávy*, Archeologický ústav AV ČR, Praha, v.v.i., Oddělení záchranných výzkumů, pracoviště Restaurátorské laboratoře, Keramická laboratoř Arup.

Svobodová, L. (2009). Způsoby konzervování a restaurování pórovité, archeologické keramiky. Zpravodaj STOP, odborný seminář Restaurování pórovité keramiky, Národní muzeum, Praha, s. 26–40.

Svobodová, L. (2010). Metodika konzervování a restaurování pórovité archeologické keramiky. Zpravodaj STOP: časopis společnosti pro technologie ochrany památek. Svazek. 12, č. 4 (2010), ISSN 1212-4168, s. 24–35.

Svobodová, L. (2013). *Zásady restaurování slinuté keramiky. Zdobení keramiky a porcelánu*. Praha, Silikátový svaz, s. 103-111. ISBN 978-80-86821-72-6.

Svobodová, L. (2011). Zásady restaurování slinuté keramiky. Zpravodaj STOP, časopis společnosti pro technologie ochrany památek. Svazek. 13, č. 1, ISSN 1212-4168, s. 26–35.

Tennent, N. H. (ed.), (1999). *The conservation of glass and ceramics: research, practice and training*. London: James & James, ISBN 1-873936-18-4.

Velde, B., Druc, I. C. (1999). Archaeological Ceramic Materials: Origin and Utilization. Springer-Verlag Berlin, ISBN 978-3-642-64176-3, 295 s.

Von Endt, D.W., Jessup W.C. (1986). "The deterioration of protein materials in museums," Biodeterioration 6, Proceedings of the Sixth International Biodeterioration Symposium, eds. S. Barry and D.R. Houghton. Great Britain: Cab International. 332-337.

Williams, N. (2002). Porcelain: repair and restoration, a handbook. University of Pennsylvania Press; 2nd edition, ISBN 978-0812237030, 160 s.

Won-Sik H., Bae J. S., Pank G. J., Hong T. K., Wi K. Ch. (2010). Study on the chemically method of epoxy restoration materiál in antic ceramics and stabilization of their materials. Journal of Conservation Science 26(1), s.25-32.

Zákon č. 106/1999 Sb. O svobodném přístupu k informacím.

Zákon o státní památkové péči ve znění zákona 242/92 a jeho pozdější novely.

Zelinger, J. (1987). Chemie v práci konzervátora a restaurátora. Druhé, přepracované a doplněné vydání, Praha, Academia, 253 s.

### 3.6. Dokumentace předmětů (metody, postupy, technické parametry)

Pro dokumentaci vzhledu předmětů a jejich celkového stavu byla až do nedávné doby používána téměř výhradně fotodokumentace. S postupujícím technologickým rozvojem se však začínají uplatňovat další nové metody; některé z nich byly aplikovány při řešení projektu, jehož je tato metodika jedním z výstupů.

V posledních letech dosáhly značného pokroku zejména **optické metody záznamu prostorového tvaru objektů/předmětů**; ty je tak nyní možné považovat za standardní metody dokumentace. Jejich výhodou je neinvazivnost, a tudíž šetrnost vůči dokumentovanému objektu, relativně jednoduché prostředky při vlastním provedení i skutečnost, že záznam lze provádět přímo v místě deponování předmětu, který tak není nutné přemísťovat na specializované pracoviště a zůstává v kontrolovaném prostředí muzea nebo galerie.

V současnosti je k dispozici celá řada různých optických metod digitalizace prostorového tvaru předmětů, jejichž základní princip a konkrétní aplikaci provází odlišné výhody a nevýhody.

Je však třeba zdůraznit, že zaznamenáním prostorového tvaru je získána informace o podobě povrchu předmětu, nikoli o jeho vnitřní struktuře, proto někteří autoři hovoří o takových metodách jako o 2.5D, přičemž pojem 3D je ponecháván pro ty metody, které umožňují zaznamenat celý vnitřní objem zkoumaného tělesa (například výpočetní tomografie).

Mezi metodami, které lze pro účely dokumentace zvažovat, lze uvést i použití ručních 3D skenerů využívajících různé přístupy k stereoskopickému záznamu dvojicí kamer, případně podobnou geometrii záznamu rozšířenou o projekci strukturovaného světla, která pomáhá při konečném zpracování nalézat páry bodů na obrazech, odpovídající témuž bodu na povrchu tělesa. Strukturované světlo může mít například podobu černobílých proužků nebo vzorce náhodně rozptýlených teček v infračerveném oboru spektra (oddělitelnost viditelného světla od infračerveného má přináší možnost oddělit záznam barevnosti předmětu od jeho prostorového tvaru). Vzhledem k tomu, že 3D skenery nenabízejí pro zvolenou třídu a velikost objektů dostatečné rozlišení při záznamu, nejsou proto v předkládané metodice dále využívány.

Z dalších metod je proto v dalším textu z optických metod pozornost zaměřena na metodu fotometrického sterea, fotogrammetrickou metodu Structure from Motion a na laserovou triangulační profilometrii, z radiografických metod pak na výpočetní tomografii.

### 3.6.1. Fotometrické stereo

K určení topografie (vzhledu) povrchu může být využito světlo odražené od povrchu předmětu, přičemž fotometrické metody jsou nezávislé na vzdálenosti od dokumentovaného/rekonstruovaného objektu. Fotometrické stereo, metoda, jinak známá také jako metoda získávání „tvaru ze stínování“, je technika pro digitální rekonstrukci topografie povrchu, založená na znalosti relativní světlosti nebo tmavosti bodů povrchu při určitém (známém) osvětlení. Pro fungování metody je tedy rozhodující přesně definované osvětlení předmětu. Zatímco kamera si zachovává fixní pohled na dokumentovaný předmět, rozdíly mezi jednotlivými snímky spočívají v odlišném směru dopadajícího světla, které určuje pozorovaný jas jednotlivých míst na povrchu. Ze znalosti pozorovaného jasu povrchu předmětů lze při známé geometrii osvětlení odvodit směr (normálu) dané plošky ve vztahu ke směru dopadajícího světla a ze znalosti povrchových normál lze pak následně dovodit topografii povrchu (obr. 5).

Metoda fotometrického sterea umožňuje vytváření **barevně korektních modelů povrchů**, ale tzv. "sešívání", tedy spojení více částí do jednoho modelu je komplikované. Metoda je vhodná především pro jednostranné reliéfní předměty, jakými jsou různé pečeti, fosilie, medaile apod. Pro její aplikaci při dokumentaci předmětů zhotovených z keramických materiálů bylo vyvinuto specializované zařízení s počítačově řízeným přepínáním světla a spouštěním fotoaparátu, jehož výhodou je snadná skladnost a transportovatelnost.



Obr. 5. Ilustrativní fotografie části konstrukce duálního digitalizátoru pro fotometrické stereo se stíněním (přehoz), zajišťujícím definované vnitřní podmínky osvětlení

---

## DOPORUČENÁ LITERATURA

Hertzmann, A., Seitz, S. M. (2005). Example-Based Photometric Stereo: Shape Reconstruction with General, Varying BRDFs. In IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, vol. 27, no. 8. IEEE.

Horn, B. K. P., Sjöberg R. W. (1979). Calculating the reflectance map, Appl. Opt., vol. 18, no. 11.

Katsushi, I. (1981). Determining Surface Orientations of Specular Surfaces by Using the Photometric Stereo Method. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, vol. PAMI-3, issue 6, s. 661-669. IEEE.

Liao, M., Huang, X., Yang, R. (2011). Interreflection Removal for Photometric Stereo by Using Spectrum-dependent Albedo. IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, s. 689-696. IEEE.

Valach, J., Bryscejn, J. (2011). Improved precision of stereometric measurements of relief's surface by means of structured light enhanced photometric stereo method. In: Návrát T., Fuis V., Houfek L., Vlk M. (eds.). Experimentální analýza napětí, Brno, Czech Society for Mechanics, s. 411-415.

Vavřík, D. et al. (2005). Optical measurement of a 3D disjunct field using one camera. High Performance Structures and Materials, 8, s. 229-237.

Verma, Ch. S., Wu, M. J. (2015). Photometric Stereo. University of Wisconsin-Madison.

Woodham, R. J. (1978). Photometric stereo. A reflectance map technique for determining surface orientation from image intensity, Proc. SPIE, vol. 155.

Woodham, R. J. (1980). Photometric method for determining surface orientation from multiple images. Optical Engineering 19, 1, 139-144.

Woodham, R. J. (1980). Photometric method for determining surface orientation from multiple images. Optical Engineering, 19(1), pp. 139-144; nic silica protective coatings on glass, Progress in Organic Coatings, 88, 172-180.

### **3.6.2. Metoda Structure from Motion (SfM)**

Metoda Structure from Motion je fotogrammetrická zobrazovací technika, jejíž podstatou je získání 3D prostorových souřadnic ze sady dvourozměrných překrývajících se snímků pořízených z pohybujícího se nosiče (kamery).

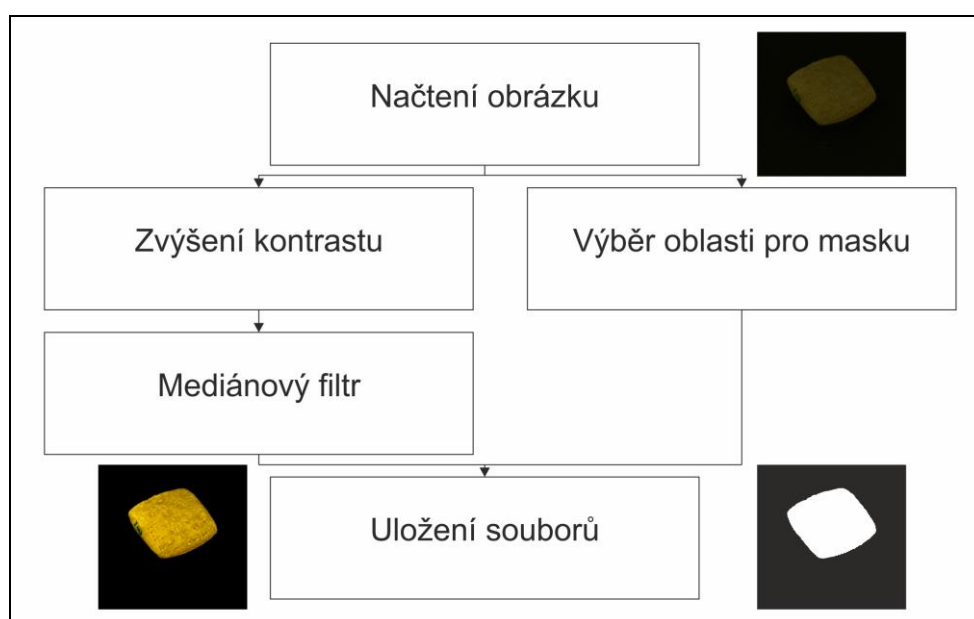
Základním prostředkem pro zaznamenávání aktuálního stavu objektů je fotografie. Klasická fotogrammetrie využívá fotografický záznam v analogové podobě (obraz je uložen na světlocitlivou vrstvu filmu, následně vyvolanou a zvětšenou na fotopapír). V současné době se již klasický analogový přístup téměř nepoužívá; nejrozšířenější a v mnoha ohledech výhodnější je zaznamenávání digitální formou pomocí digitálních kamer (Šimíček, 2014).

Pro získání fotografie lze použít zařízení s různou výstupní přesností, od běžných digitálních fotoaparátů až po speciální měřické komory určené pro fotogrammetrické snímkování. Na základě polohy bodů na snímku lze odvozovat tvar, velikost a umístění objektu v prostoru a zjišťovat další vlastnosti. Provedení se může lišit např. podle polohy stanoviště, podle počtu a konfigurace vyhodnocovaných snímků nebo technologického způsobu zpracování (Šimíček, 2014).

Při digitalizaci předmětů metodou Structure from Motion je zapotřebí nastavit takové podmínky, aby program dokázal najít na povrchu předmětu najít sobě odpovídající body. Doporučená konfigurace zařízení, která vede k nejlepším výsledkům, kombinuje rotační pohyb předmětu a fotoaparátu. Pro uvedenou konfiguraci je nutné zajistit nestrukturované pozadí, přičemž rekonstrukce scény musí být omezena výhradně na dokumentovaný předmět. Je proto vhodné (ne však nutné) umístit na stůl, na němž je položen dokumentovaný předmět, tzv. vlíčovací body, usnadňující automatizaci procesu rekonstrukce. Další důležitou podmínkou metody je rovnoměrné osvětlení objektu potlačující vznik stínů, aby rotace objektu při pořizování snímků nezpůsobovala jeho vizuální odlišnost.

Při typických okrajových podmínkách metody SfM je objekt nehybný a kamera jej obíhá a fotografuje z různých úhlů. Za optimální podmínky pro fungování metody SfM je považována situace, je-li mezi jednotlivými snímky takové pootočení, že se překrývají v ploše digitalizovaného objektu z více než 60 %. Z této podmínky pak vyplývá, že minimální vstupní sadou pro zpracování je tedy šedesát (12\*5) snímků (Valach, 2018). Praxí ověřené doporučené množství je ovšem vyšší a přesahuje 100 snímků. Vychází z představy rovnoměrného rozmístění kamer v prostoru kolem objektu. Pokud kamera obíhá kolem objektu v elevačních úhlech 0, 15, 30, 45, 60, 75 a 90°, pak pro zachování podobného úhlového horizontálního odstupu je nutné, aby bylo pořízeno 24, 23, 21, 17, 12, 6 a 1 snímek. Celkem tedy 104 snímků.

Vstupní sadu obrázků je třeba před sestavením do digitálního 3D modelu vhodně upravit – zejména zvýšením kontrastu zlepšit šance algoritmů najít identické body na různých párech snímků a omezit oblast hledání párů vytvořením „masek“, které ze snímků vylučují oblasti mimo objekt. Postup přípravy takové sady obrázků ukazuje blokový diagram na obr. 6.



Obr. 6 Blokový diagram schematicky znázorňující přípravu sady obrázků (metoda SfM)

Mezi dostupnými programy pro fotogrammetrickou rekonstrukci prostorového tvaru objektu má privilegovanou pozici program Photoscan (nově nazývaný Metashape) od firmy Agisoft.

Výstupem z aplikace jsou data ve formátech uznávaných v současné době za standardy pro sdílení 3D digitálních modelů; například waveform.obj formát, který zachovává i barevnou texturu povrchu a je



pro dokumentaci nejvhodnější, formát .stl (stereolithography), který využívají 3D tiskárny, nebo otevřené formáty jako Adobe Acrobat .pdf či .vrml (.wrl). Výhodou posledních dvou jmenovaných formátů je nezávislost na operačním systému – prohlížeč aplikace jsou dostupné pro všechny platformy od PC k chytrým telefonům. U jednoznačně nejrozšířenějšího počítačového operačního systému – Windows – jsou nástroje na prohlížení a manipulaci s digitálními objekty v základní sadě programů přicházejících s instalací systému, jako třeba program 3D builder, 3D viewer. Tyto programy navíc umožňují simulovat směr dopadajícího světla, což je přínosné pro čtení virtuálních klínopisných tabulek.

Z výše uvedené diskuse vyplývá, že pro digitální 3D modely objektů lze nejlépe využít formát „.obj“. Využití digitálních modelů ve zvoleném formátu umožňuje jeho použití jako předlohy pro 3D tiskárny, i použití ve virtuální realitě, kde pomocí prostředků virtuální a smíšené reality lze manipulovat s digitálními modely. Všestrannost digitálních modelů využijí nejen odborníci studující vlastní předměty, ale může být s výhodou prezentována na výstavách i použita pro účely péče o sbírky.

Implementace metody SfM (Structure from Motion) do dokumentace předmětů si vyžádala vývoj tzv. bezestínového osvětlení založeného na mnohočetných rozptylech nepřímého osvětlení scény, využívající husté pole světelných diod s neutrálním spektrem (blíže viz bod 3.6.5. dále v textu).

Technické parametry a podmínky aplikace metody SfM v praxi jsou uvedeny v tab. IV. níže v textu.

Parametr č.	Technické podmínky/parametry
1.	alespoň 60 fotografií (obvykle 50-130), celkové pohledy i detaily objektu;
2.	ohnisková vzdálenost makro objektivu 60 až 100 mm, ohnisko fixní;
3.	nepoužívat u objektů s lesklým povrchem;
4.	maximální hloubka ostrosti f18;
5.	bezestínové osvětlení (není-li k dispozici, pak lze k práci využít zataženou oblohu), při fotografování zvýšit kontrast na předmětu pro lepší hledání odpovídajících bodů. Pro zrychlení "alignement" zarovnání pomáhá používání tzv. masek, kterými lze zakrýt i rozmazané části objektu. Masky pomáhají zejména u malých objektů, které zakrývají jen část záběru. Mezi vedlejšími snímky by překryv měl představovat alespoň 60 % záběru;
6.	barevně jednolitě objekty lze někdy dočasně nabarvit, případně rozlišit například promítaným světlem;
7.	počítač >32GB RAM, >1TB disk, výkonná grafická karta a procesor.

Tab. IV. Technické podmínky a parametry aplikace (metoda Structure from Motion, SfM)

## DOPORUČENÁ LITERATURA

Barreau, J-B., Nicolas, T., Bruniaux, G., Petit, E., Petit, Q., Bernard, Y., Gaugne, R. and Gouranton, V. (2015). Photogrammetry Based Study of Ceramics Fragments, in International Journal of Heritage in the Digital Era, Vol. 3, No. 4, DOI 10.1260/2047-4970.3.4.643 4.

Bartoš, K., Pukanská, K., Sabová, J. (2014). The Application of Open-Source and Free Photogrammetric Software for the purposes of cultural heritage documentation. Geoscience Engineering. Volume LX, No. 2, s. 19-26, ISSN 1802-5420.

Carrero-Pazos M., Espinosa-Espinosa D. (2018). Back to basics: a non-photorealistic rendering method for the anal, Published online by Cambridge University Press, <https://doi.org/10.15184/aqy.2018.146>.

Green, S. (2018). Structure from Motion. In: The Encyclopedia of Archaeological Sciences (2018), ed. Varela S. L., John Wiley and Sons Inc., <https://doi.org/10.1002/9781119188230.saseas1000>.

Guid, G., Beraldin, J. A., Atzeni, C. (2004). High accuracy 3D modelling of cultural heritage. The digitizing of Donatello. IEEE Trans. Image Process. 13, s. 370–380.

Kingsland K. (2019). A Comparative Analysis of Two Commercial Digital Photogrammetry Software for Cultural Heritage Applications, New Trends in Image Analysis and Processing – ICIAP 2019, 10.1007/978-3-030-30754-7-8, s. 70-80.

Kraus, K. (2007). Photogrammetry: Geometry from Image and Laser Scans. Walter de Gruyter, 459 s., ISBN 978-3-11-019007-6.

Schönberger, J. L., Frahm, J. M. (2016). Structure from motion revised, IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition.

Ullman, S. (1979). The interpretation of structure from motion. Proceedings of the Royal Society of London. 203 (1153), s. 405–426., doi:10.1098/rspb.1979.0006. PMID 34162.

Verhoeven, G. (2011). Taking computer vision aloft – archaeological three-dimensional reconstructions from aerial photographs with Photoscan. Archaeological Prospection, 18(1), s. 67–73.

### 3.6.3. Výpočetní (mikro)tomografie

Principem metody je získání velkého souboru radiogramů, které se mezi sebou liší nepatrným pootočením zkoumaného předmětu, umístěného na rotačním stolku mezi generátor rentgenového záření a plošný detektor. Matematickou transformací plošných radiogramů na prostorové rozložení absorpce vzniká prostorová matice (voxelů). Tato data uspořádaná do matice lze zobrazovat na základě nastavení prahových hodnot; takto lze vyčlenit a zobrazit nejen zkoumaný objekt, ale i jeho vnitřní strukturu a defekty jako dutiny a trhliny.

Výstupy z CT vybírají povrch tělesa jako ty prvky objemu, které dosahují předepsané prahové úrovně, to však při absenci informace o barevnosti povrchu.

Technické parametry a podmínky aplikace výpočetní mikrotomografie v praxi jsou uvedeny v tab. V. níže.

Parametr č.	Technické podmínky/parametry
1.	velikost pixelu 75 $\mu\text{m}$ ;
2.	snímač má šířku 15 cm
3.	rozlišení 1920*1560 px;
4.	pro skutečné rozměry je nutné odečíst 20 % velikosti detektoru;
5.	zvětšení = (velikost tabulky / velikost detektoru);
6.	skutečné rozlišení cca 3 x velikost pixelu;
7.	nutný oversampling (převzorkování) - redukce velikosti efektivního pixelu;
8.	úrovně šedi - 16 nit, jim odpovídá rozsah hustot;
9.	optimální nastavení tehdy, klesne-li za objektem intenzita rtg záření o 60 %.

Tab. V. Technické podmínky a parametry aplikace (výpočetní mikrotomografie)

## DOPORUČENÁ LITERATURA

Casali, F., Bettuzzi M., Bianconi D., Brancaccio R., Cornacchia S., Cucchi C., Di Nicola E., Fabbri A., Lanconelli N., Morigi M. P., Pasini A., Romani D., Rossi A. (2005). X-ray Computed Tomography of an ancient large globe, in Optical Methods for Arts and Archaeology. Proceedings of SPIE, Bellingham, vol. 5857.

Denison C., Carlson W. D., Ketcham R. A. (1997). Three-dimensional quantitative textural analysis of metamorphic rocks using high-resolution computed X-ray tomography: Part I. Methods and techniques. Journal of Metamorphic Geology 15 (1) s. 29–44. <https://doi.org/10.1111/j.1525-1314.1997.00006.x>.

Hain M., Bartl J., Jacko V. (2017). Use of X-ray microtomography and radiography in cultural heritage testing, 11th International Conference on Measurement, Smolenice, s. 119-122. doi: 10.23919/MEASUREMENT.2017.7983550.

Hughes, S. (2011). CT Scanning in Archaeology, in Computed Tomography-Special Applications, ed. Saba, L., InTech, ISBN 978-953-307-723-9.

Information pages of the Delft University of Technology, (2019). <https://www.tudelft.nl/en/ceg/research/stories-of-science/scanning-for-syria/>.

Lin, Y. (2005). Opaque document imaging: Building images of inaccessible texts. Computer Vision (ICCV), International Conference, s. 662.

Morigi M. P., Casali F., Bettuzzi M., Brancaccio B., D'Errico V.(2010). Application of X-ray Computed Tomography to Cultural Heritage Diagnostics Appl Phys A 100: 653–661 DOI 10.1007/s00339-010.

Nicolas, T., Gaugne, R., Tavernier, C., Gouranton, V., Arnaldi, B. (2014). Preservative approach to study encased archaeological artefacts, In Proceedings of EUROMED 2014 International Conference on Cultural Heritage, LNCS 8740, Limassol, Cyprus, s. 332-341.

Uda, M. Demortier, G., Nakai, I., Applbaum, N., Applbaum, Y. H. (2005). The Use of Medical Computed Tomography (CT) Imaging in the Study of Ceramic and Clay Archaeological Artifacts from the Ancient Near East, in X-rays for Archaeology, Springer Netherlands, s. 231-245.

### **3.6.4. Laserová profilometrie**

Laserová profilometrie využívá takzvanou triangulační metodu s použitím tzv. triangulačního senzoru, při které je laserový paprsek nasměřován svisle na objekt. Pomocí senzoru je na povrch promítána značka, jejíž poloha se promítá na lineární optický snímač. Tímto postupem lze zjistit vzdálenost mezi snímačem a studovaným objektem na setiny milimetru, přičemž vodorovná vzdálenost mezi jednotlivými měřenými body může být nastavena až na deset mikrometrů. Senzor je zkonstruován tak, že souběžně může měřit až tisíc profilů. Výsledkem je topografický model povrchu, který ovšem postrádá originální barevnost předmětu (Bartl, 2001).

---

### **DOPORUČENÁ LITERATURA**

Eipper, P. B. (2004). Ölfarben-Oberflächenreinigung : die Reinigung von Ölfarbenoberflächen und ihre Überprüfung durch das Raster-Elektronen- Mikroskop, das Niederdruck-Raster-Elektronen-Mikroskop, die Laser- Profilometrie und die 3D-Messung im Streifenprojektionsverfahren. Verlag Christian Müller-Straten, München, Germany, ISBN 932-7-0476-2, 152 s.

Eipper, P. B. (2018). Comparative Examination of Cleaned Paint Surfaces, Cambridge Scholars Publishing, ISBN 978-1-5275-0342-7, 309 s.

Liu, X. et al. (2014) Automatic 3D Imaging and Modelling System with Color Information for Cultural Heritage Digitization. In: Osten W. (eds) Fringe 2013. Springer, Berlin, Heidelberg [https://doi.org/10.1007/978-3-642-36359-7\\_149](https://doi.org/10.1007/978-3-642-36359-7_149), ISBN 978-3-642-36358-0.

Nimmrichter, J., Kautek, W., Schreiner, M. (eds). (2007). Lasers in the Conservation of Artworks, Lacona, VI Proceedings, Vienna, Austria, Springer Verlag Berlin Heidelberg, ISBN 978-3-540-7219-1, s. 21-25.

Parraman, G., Segovia, M. V. O. (2018). 2,5D printing: bridgin the gap between 2D and 3D applications, John Wiley and Sons Ltd., New York, ISBN 978-1-11896-733-1, 239 s.

### 3.6.5. Podmínky a postupy praktického provedení

Pro digitalizaci předmětů pomocí optických metod je zapotřebí zaznamenat předměty z několika (alespoň dvou) stran; během procesu dokumentace je tak potřeba s předměty manipulovat, tj. předmět přinejmenším uchopit, zdvihnout, potočit a znovu umístit na podložku.

Vzhledem k tomu, že dokumentované keramické předměty se mohou vyskytovat ve formě nejrůznějších tvarů a velikostí (od rotačně symetrických nádob přes zploštělé tabulky po zcela nepravidelné střeby), bylo by více než obtížné zajistit takové technické řešení, aby bylo stoprocentně eliminováno jakékoli riziko případné kolize s mechanickým manipulátorem nebo podložním stolek. Při konečném řešení byla proto upřednostněna lidská intervence, kdy požadované otočení předmětem provede operátor přístroje, a to při zachování všech pravidel bezpečné manipulace.

Manipulaci s předměty je proto nutné (s ohledem na jejich křehkost) provádět vždy na měkké podložce bez vystupujících chloupků, za které by se mohly případnými hranami a výstupky zachytit. Mohlo by tak dojít k jejich vysmeknutí z operátorovy ruky a případnému pádu či odlomení části předmětu. Zkoumaný předmět se také nesmí dostat k okraji stolu na vzdálenost kratší než 20 cm.

Předpokladem zhotovení kvalitního digitálního modelu je věrohodnost zobrazení detailů daného (konkrétního) předmětu, což vyžaduje rozlišení větší než dosahuje lidské oko, které je schopno na běžnou optickou vzdálenost (cca 30 až 35 cm) rozlišit lidský vlas o tloušťce 50  $\mu$ m. Takového rozlišení lze dosáhnout vhodnou kombinací typu a ohniskové vzdálenosti objektivu a pracovní vzdálenosti objektivu.

Při správně nastavených podmínkách by tak měl obraz objektu o typickém rozměru 50 mm zaplňovat alespoň třetinu rozměru senzoru za předpokladu, má-li senzor na šířku rozlišení 5000 pixelů. Pro co nejkvalitnější dokumentaci objektů o velikosti v rozmezí několika centimetrů až po cca 15 cm vyhovují podmínce co nejlepšího rozlišení makro objektivu s nejmenší zaostřovací vzdáleností 35 cm nebo menší a ohniskovou vzdáleností od 50 do 150 mm.

Pro správnou **dokumentaci barevnosti** předmětů je při práci nutné využívat tzv. **barevné standardy** (obr. 7), přičemž postačují vzorníky základních barev, běžně dostupné v prodejnách s fototechnikou.

Vzorník barev se vloží do záběru a stane se součástí fotografického záznamu. V následném zpracování v editoru fotografií je možné zjistit odchylku zaznamenaných barevných standardů oproti očekávaným, resp. předepsaným hodnotám a provést barevnou úpravu obrázků. Tímto způsobem lze kompenzovat různé vlivy, které jsou příčinou barevného posunu fotografií, např. tzv. "teplotu" světelného zdroje osvětlujícího předměty, nedostatky barevné neutrality pozadí fotografované scény nebo vnitřní nastavení digitálního fotoaparátu.

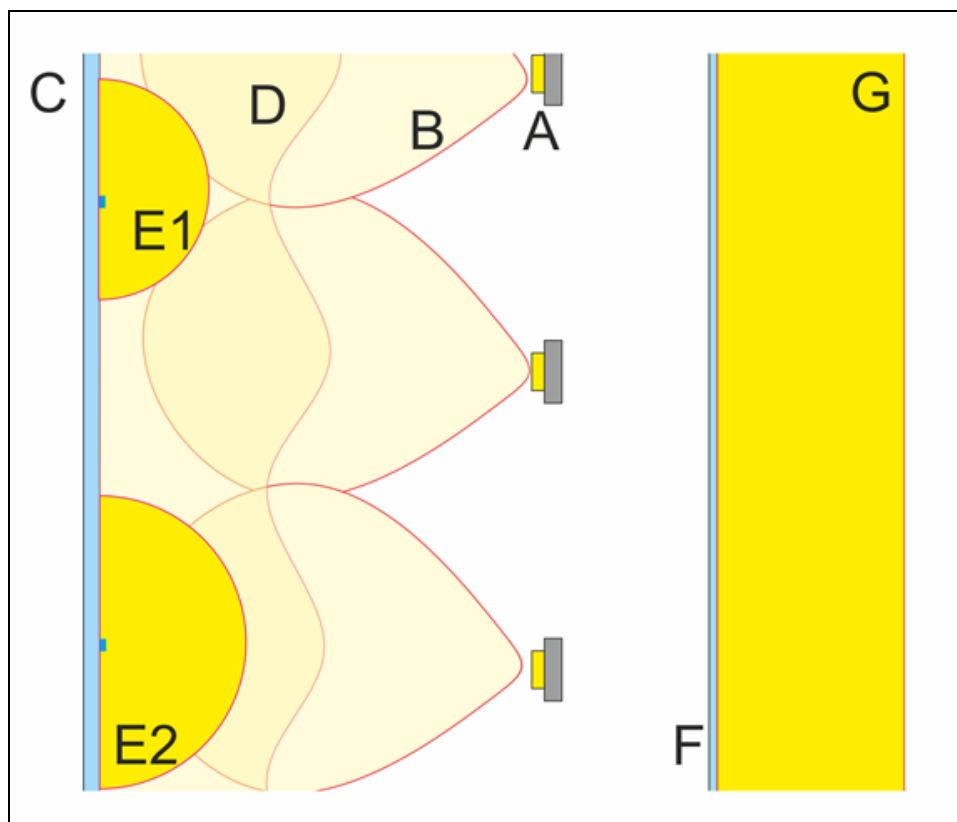


Obr. 7 Ukázka vloženého kalibrovaného proužku se základními barvami (zajištění konzistence výsledků)

Vytváří-li použité osvětlení na povrchu předmětu stíny, může tato situace vést k tzv. "vypálení" těchto stínů do povrchové textury rekonstruovaného předmětu; důsledkem je vytvoření zkreslené textury povrchu předmětu. Mění-li se v průběhu digitalizace vzájemná poloha světla a předmětu, může být důsledkem proměnlivý vzhled povrchu předmětu pro různá pootočení. V konečném důsledku tak při hledání vzájemně si odpovídajících bodů může dojít až i k selhání programu. Toto nebezpečí lze eliminovat použitím osvětlení, které stíny nevytváří. Pro účely řešení tohoto projektu bylo realizováno **tzv. bezstínové osvětlení** (obr. 8), a to kombinací velkého množství LED diod ve vysoce svítivých pásčích, které světlo vyzařují ve směru od předmětu. Světlo je pak rozptýleno a difúzně odraženo od bílých panelů a následně pak rozptýleno ještě jednou průchodem bílou tkaninou tzv. softboxu. Panely odrazných sendvičových papírů jsou propojeny klouby, vytvořenými na 3D tiskárně. Mezery mezi panely, diodami a softboxem napomáhají vytváření konvektivních vzdušných proudů prospěšných ochlazování světelných diod. Znázornění konstrukce je zobrazeno na obr. 9.



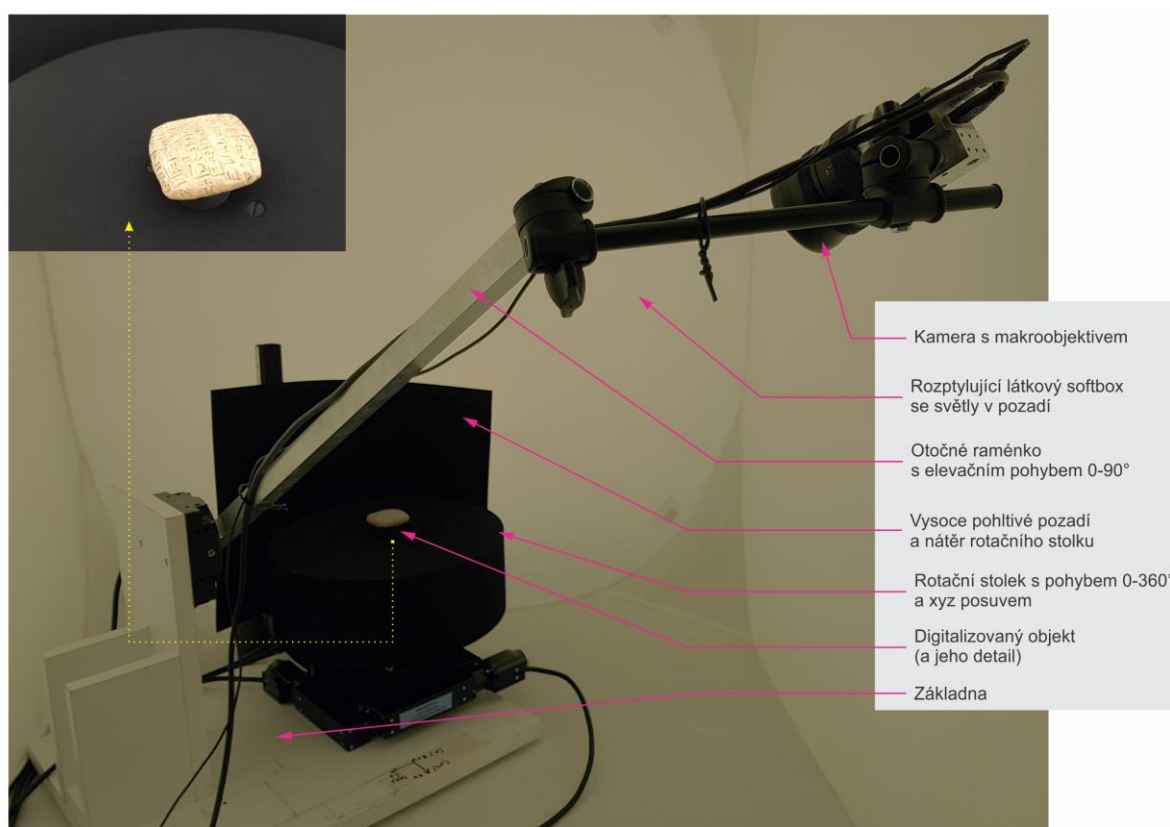
Obr. 8 Ukázka realizace bezstínového osvětlení pomocí kombinace látkového "softboxu", pásků s LED diodami orientovanými od softboxu. Světlo diod se odráží od papírových desek se sendvičovou konstrukcí a k úplnému rovnoměrnému osvětlení pak dochází průchodem tohoto rozptýleného světla přes stěnu softboxu



Obr. 9 Schematické znázornění konstrukce osvětlení a analýza rozdělení vyzářeného světla

*Pozn.: z diody A je se značnou směrovostí (B) vyzářeno světlo, které se rozptýlí na stěně sendvičového panelu C. Charakteristika rozptýleného světla je určena křivkou označenou D. Projde-li takto mírně variující světlo difúzní látkovou stěnou softboxu F, blíží se uvnitř k ideální charakteristice (vyjádřeno písmenem G).*

Uvnitř softboxu je umístěn počítačem řízený polohovací stolek a kamera na polohovatelném rameni (Obr. 10). Stolek i kamera jsou řízeny počítačem. Pro záznam je zapotřebí zvolit bezztrátový formát rastrového obrázku (digitální fotoaparáty obvykle nabízejí .tif formát, případně formát bez vnitřního zpracování - .raw formát. Je potřeba vyhnout se formátu s kompresí, například .jpeg, neboť zanechává artefakty, které narušují nejen dokumentaci vzhledu objektu, ale i tvorbu jeho 3D modelu z dat).



Obr. 10 Digitalizační zařízení – polohovací zařízení, kamera a softbox

## DOPORUČENÁ LITERATURA

Agisoft, (2012). Agisoft PhotoScan user manual: professional edition (version 1.2). Moscow: Agisoft LLC.



Bishop, R. L., Canouts, V., Crown, P. L., De Atley, S. P. (1990). Sensitivity, precision and accuracy: their roles in ceramic compositional data bases, *American Antiquity*, vol. 55, no. 3, s. 537–546.

Brejcha, M., Brůna, V., Marek, Z., Větrovská, B. (2015). Metodika digitalizace, 3D dokumentace a 3D vizualizace jednotlivých typů památek, NPÚ, ISBN 9778-80-7414-954-2.

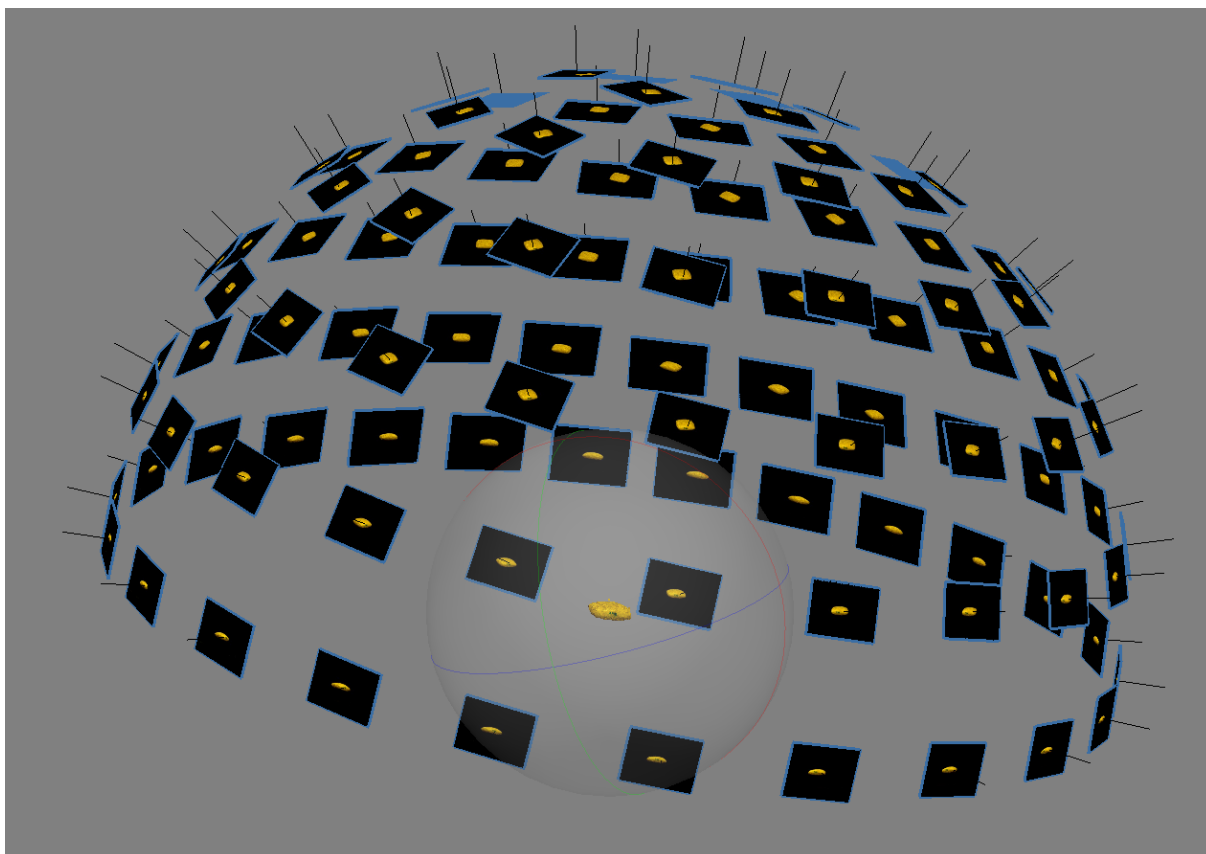
Earl, G., Beale, G., Martínez, K., Pagi, H. (2010). Polynomial texture mapping and related imaging technologies for the recording, analysis and presentation of archaeological materials. *International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Science* 38, s. 218–223.

Horn, B. K. P. (1975). *The Psychology of Computer Vision*. New York, McGraw Hill, pp. 115-155.

### **3.6.6. Doporučovaný hardware a software**

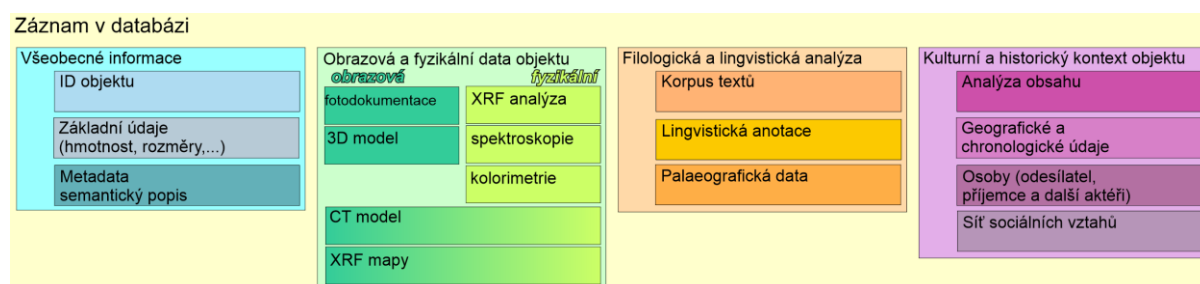
Jak již bylo uvedeno na jiném místě, zažily fotogrammetrické metody v posledních dvou dekadách obrovský rozmach založený na automatizaci procesu hledání stereo-párů, který je základem výpočtu informace o prostorové hloubce. Různé programy (vč. v projektu využívaného programu Photoscan (nověji nazývaný Metashape) od firmy Agisoft) zpracovávající vstupní data (fotografie), využívají pro hledání odpovídajících párů bodů různých korelačních metod, které na základě optických statistických charakteristik vybraného bodu a jeho okolí najdou odpovídající bod i na porovnávaném obrázku. Tímto způsobem se vyhledá tzv. „cloud of points“, tj. různě řídký oblak bodů, který je následně nutné očistit od bodů, které k dokumentovanému objektu nepatří. Po takovém očištění lze provést tzv. zjemnění, tj. vyhledání hustšího oblaku bodů, přičemž jednotlivé body se pak propojí do sítě, která je jednak orientovaná (ukazuje, co míří dovnitř a co ven) a také umožňuje obarvení uzlů a faset a tím fotorealistický pohled na těleso.

S ohledem na popsané chování funkcí zajišťujících "párování" odpovídajících bodů je třeba zaručit dostatečný překryv navazujících snímků; v literatuře se hovoří o 30-50 % plochy jednotlivých snímků, obvykle však stačí 30 % překryvu (obr. 11).



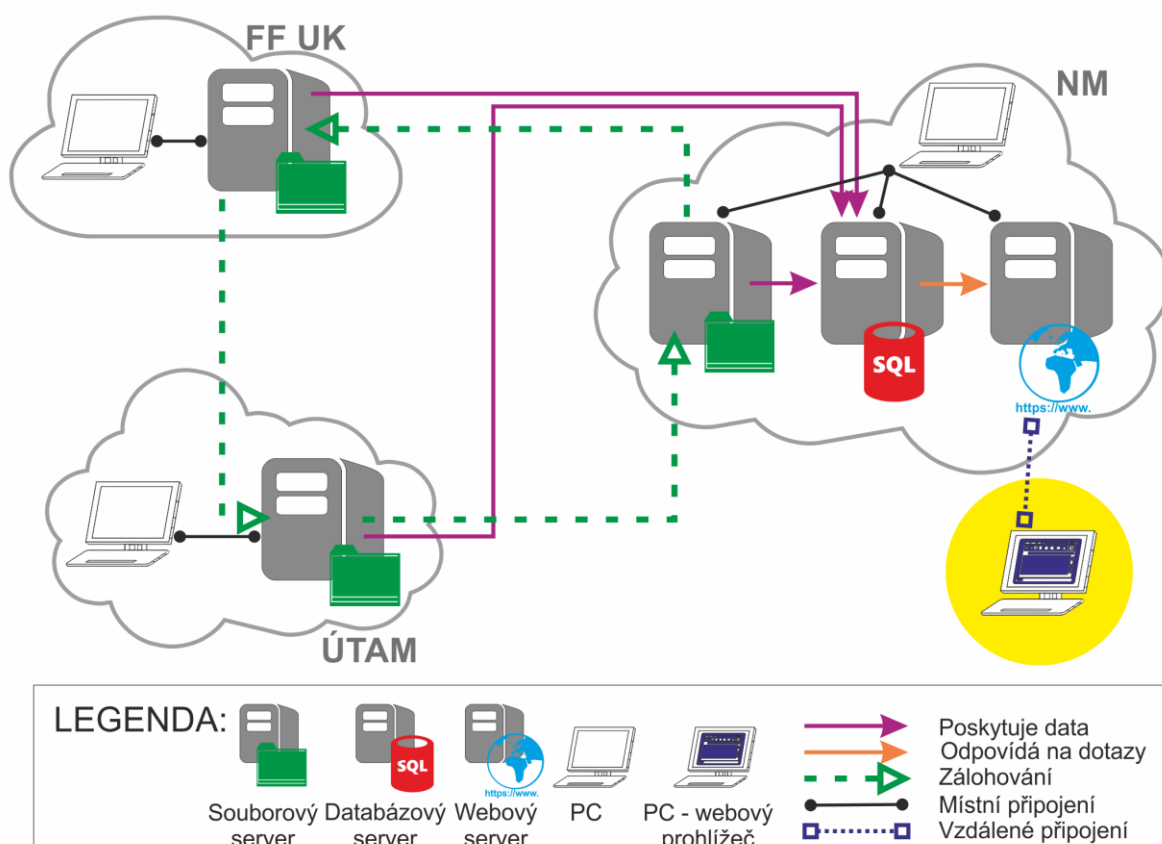
Obr. 11 Metoda Structure from Motion, rozmístění poloh kamery s roznoměrnou hustotou

Mimo zmíněnou aplikaci Photoscan je pro tvorbu masek a zvyšování kontrastu obrázků vhodný program pro editaci rastrových obrázků. Mezi takové programy patří například Photoshop od firmy Adobe nebo Photopaint od firmy Corel. S ohledem na množství vstupních obrázků je ale vhodné postup automatizovat, což autoři metodiky řešili využitím prostředí Matlab, ale podobnou funkcionalitu lze dosáhnout i nástroji dostupnými zdarma, jakým je třeba programovací jazyk Python. Digitální modely je vhodné ukládat ve formátu .obj, který mimo prostorového tvaru nese i informaci o barevné textuře povrchu předmětu. Například u klínopisné tabulky lze očekávat, že objem dat bude v malých desítkách MB, což je přibližně jedno procento dat potřebných k popisu téže tabulky pomocí výpočetní tomografie. V řešení zvoleném autory metodiky jsou data o studovaných předmětech (klínopisných tabulkách) uložena formou databáze, jejíž strukturu popisuje obr. 12 uvedený níže.



Obr. 12 Ukázka možné struktury databáze (příklad databáze pro komplexní studium klínopisných tabulek)

Databázi ovládá databázový server, ale některé části záznamů jsou drženy na oddělených souborových serverech, jak ukazuje obrázek níže. Tímto způsobem je možné zachovat kompaktnost databáze pomocí propojení odkazy a současně ponechat data v místech, kde jsou nejčastěji používána, aby nezdržoval jejich přesun po síti (to je případ digitálních modelů – optických i z CT, které jsou uloženy na serveru mimo hlavní databázový server). Umístění odkazů k datům v hlavní databázi klínopisných tabulek, má za cíl omezit zbytečné přesuny dat, které by zpomalovaly přístup k databázi jako takové. Přístup k databázi bude odstupňován uživatelskými právy – od prohlížení základních dat bez nutnosti registrace až po otevřený přístup k celé digitalizované sbírce pro odborníky, kteří získali přihlašovací práva (obr. 13).



Obr. 13 Ukázka možného uspořádání obsluhy databáze

## DOPORUČENÁ LITERATURA

Hess, M., Robson, S. (2013). Re-engineering Watt. A case study and best practice recommendations for 3 D colour laser scans and 3 D printing in museum artefact documentation. Lasers in the Conservation of Artworks IX, 154-162. London, UK, Archetype.

Izadi, S. et al. (2011). KinectFusion: real-time 3 D reconstruction and interaction using a moving depth camera. Proceedings of the 24th annual ACM symposium on User interface software and technology. ACM.

Kumar, S., Snyder, D., Duncan, D., Cohen, J., Cooper, J. (2003). Digital Preservation of Ancient Cuneiform Tablets Using 3-D Scanning. 4th International Conference on 3-D Digital Imaging and Modeling (3DIM), Banff, Alberta, Canada. Los Alamitos, CA, USA, IEEE Computer Society, s. 326–333. doi:10.1109/IM.2003.1240266.

Lapp, E., Nicoli, J. (2014). Exploring 3D modeling, fingerprint extraction, and other scanning applications for ancient clay oil lamps, in Digital Applications in Archaeology and Cultural Heritage, Volume 1, Issue 2, pp. 34-44.

Mara H., Krömker S., Jakob S., Breuckmann B. (2010). GigaMesh and Gilgamesh – 3D Multiscale Integral Invariant Cuneiform Character. The 11th International Symposium on Virtual Reality, Archaeology and Cultural Heritage VAST.

Mara, H. (2019). HeiCu3Da Hilprecht – Heidelberg Cuneiform 3D Database - Hilprecht Collection, heidICON – Die Heidelberger Objekt- und Multimediadatenbank, doi:10.11588/heidicon.hilprecht

Mara, H. (2019). HeiCuBeDa Hilprecht – Heidelberg Cuneiform Benchmark Dataset for the Hilprecht Collection, heiDATA, institutional repository for research data of Heidelberg University, doi:10.11588/data/IE8CCN

Mara, H., Bogacz, B. (2019). Breaking the Code on Broken Tablets: The Learning Challenge for Annotated Cuneiform Script in Normalized 2D and 3D Datasets, Proceedings of the 15th International Conference on Document Analysis and Recognition (ICDAR), Sydney, Australia.

Remondino, F. (2011). Heritage recording and 3D modeling with photogrammetry and 3D scanning. Remote Sensing 3.6, s. 1104-1138.

### **3.7. Manipulace s předměty z keramických materiálů**

Pro manipulaci s předměty kulturního dědictví zhotovené z keramických materiálů platí stejná obecná pravidla, jako pro předměty zhotovené z jiných materiálů. Je však stále třeba mít na paměti, že na rozdíl od jiných materiálů se jedná o velmi křehké předměty, u kterých může v důsledku nesprávné manipulace snadno nastat mechanická destrukce.

Předměty přenášené na krátkou vzdálenost se uchopí oběma rukama, nejlépe v nejnižším a nejširším bodě předmětu (v těžišti), nikdy ne za okraje nebo případné úchyty. K přenášení menších objektů se nejčastěji používají měkce vystlané lehké plastové přepravky nebo proutěné koše. Lepenou a doplňovanou keramiku je vhodné přemísťovat raději uloženou na podložce a obloženou vrstvou pružné fólie.

Při přenášení předmětu na delší vzdálenost je dobré přenášet předměty zásadně uložené v krabici, případně ve spolupráci s další osobou.

Je-li třeba s předmětem jakkoli manipulovat (např. otáčet při čištění nebo prohlídce), pak pouze na pevném, stabilním povrchu podloženém měkkou podložkou (např. bublinková fólie), přičemž je nutné dávat pozor na víka nádob, která mohou být uvolněná a mohla by se při pádu na podlahu rozbít.

Při manipulaci s keramikou (vč. manipulace s předmětem na místě např. při jeho kontrole) je vhodné pracovat v bavlněných rukavicích opatřených protiskluzovou vrstvou; očištěné a konzervované předměty zhotovené z keramických materiálů by totiž měly být minimálně každé dva roky pečlivě zkontrolovány.

Největší nebezpečí hrozí keramickým předmětům v průběhu instalace/deinstalace výstav; v té době je nutné vykonávat pečlivý dohled nad správnou manipulací (ukládání jednotlivých kusů pouze do vitrín, uchovávání předmětů – před definitivním uložením/instalací – v bezpečí přepravy. Jednotlivé keramické předměty nikdy nelze ponechávat odložené na podlaze u příslušné vitríny, než ji nainstaluje aranžér (Kolektiv autorů, 2001).

---

## DOPORUČENÁ LITERATURA

Ambrose, T., Paine, C. (2006). *Museum Basics*. London, Routledge, <https://doi.org/10.4324/9780203018989>, ISBN 978-0-20301-8-989, 336 s.

Edson, G., Dean, D. (1996). *The Handbook for Museums*, New York, Routledge, ISBN 978-0-415-00953-0.

Johnson, E. V., Horgan, J. C. (1979). *Museum collection storage*, Paris, UNESCO, ISBN 92-3-101632-6, 56 s.

Kolektiv autorů (2017). *Metodika uchovávání předmětů kulturní povahy*. Technické muzeum v Brně, ISBN 978-80-87896-40-2.

Newton, C., Logan J. (2007). *Care of Ceramics and Glass*, revised. CCI Notes 5/1. Ottawa, ON, Canadian Conservation Institute.

Oakley, V., Kamal K. J. (2002). *Esentials in the Care and Conservation of Historical Ceramics Objects*. London, Archetype, ISBN 1873132735.

Kolektiv autorů (2001). *Preventivní ochrana sbírkových předmětů*. Národní muzeum, Praha. ISSN: 80-7036-129-8 62 s.

### 3.8. Instalace a vystavování předmětů

V expozicích by měly být předměty zhotovené z keramických materiálů instalovány do vitrín, vyhovujících stejným podmínkám, jaké platí pro jejich správné deponování (prachotěsnost, prostředí bez skokových výkyvů teploty a relativní vlhkosti). Při samotném instalování je třeba pracovat opatrně, aby nedošlo k poškození předmětu. Vystavované předměty je potřeba ve vitríně adekvátně upevnit a používat přiměřené a vhodné osvětlení. Samozřejmostí pak je zabezpečení předmětů před krádeží. Pro výstavní účely je proto potřeba používat uzamykatelné vitríny se stabilními policemi, na nichž je možné použít potřebné aranžérské prvky.

Bezpečný způsob vystavování keramických předmětů závisí zejména na fyzickém stavu předmětů a na aranžérské technologii; ta musí aktuální stav respektovat. Architektonické řešení výstavy musí umožňovat, aby v průběhu výstavy mohli pracovníci muzea kdykoliv kontrolovat stav vystavených předmětů a dodržování požadovaných výstavních podmínek.

---

#### DOPORUČENÁ LITERATURA

Bobek, K. (2011). Metodika tvorby interiérových instalací a reinstalací: Odborné a metodické publikace, svazek 40, první vydání, Praha, NPÚ ÚP, 30 s.

Couts, H. (2001). The art of ceramics: European ceramic design, s. 1500-1830. New Haven, CT, Yale University Press, ISBN 0300083874.

ČSN EN 15999-1 (2014). Ochrana kulturního dědictví – Směrnice pro vitríny používané pro výstavy a pro dlouhodobé uchovávání sbírkových předmětů, část 1. Obecné požadavky.

Dolák J. (2015). Muzeum a prezentace, Univerzita Komenského v Bratislave, Filozofická fakulta, Katedra etnológie a muzeológie, Muzeológia a kultúrne dedičstvo, o.z., 1. vydání, Bratislava, ISBN 978-80-971715-8-2, EAN 9788097171582.

Dolák J., Šobáňová M. (2018). Museum presentation, Palackého universita v Olomouci, Olomouc, ISBN 978-80-244-522-8.

Dolák, J. (2018). Jak vystavovat archeologii. Metodika k tvorbě archeologických expozic. Brno, Moravské zemské muzeum, ISBN 978-80-7028-508-4.

Guide for the storage and exhibition of archival materials. London: The British Standards Institution, 2012, s. 46. ISBN 978 0 580 71600 3.

Günay, B. (2012). Museum Concept from Past to Present and importance of Museums as centers of art education, Procedia – Sosial and Behavioral Sciences 55, s. 1250-1258, doi 10.1016/j.sbspro.2012.09.622.

Hubschmann, C. (2014). Archaeological Artefacts in Museums and Galleries: Aesthetic Presentation and the Compromise of Meaning. Poster Presented at the AAA/ASHA Annual Conference, 1-3 December, Cairns.

Hunt, A. M. W. (ed.), (2016). The Oxford Handbook of Archaeological Ceramic Analysis, 768 p., ISBN: 9780199681532.

Jelínková, D. (ed.), (2019). Jak administrovat muzejní výstavu? Metodický manuál pro muzejní registrátory specialisty, Národní galerie Praha, ISBN 978-80-7035-696-8, 141 s.

Lord, B., Piacente M. (eds.), (2014). Manual of museum exhibition, second edition, Rowman and Littlefield, United Kingdom, ISBN 978-0-7591-2269-7.

Mikešová, V., Opatrná, M. (2014). Metodika edukace a prezentace archeologického kulturního dědictví, Národní muzeum.

Savage, G., Newman, H. (1985). An illustrated dictionary of ceramics. London, Thames & Hudson, ISBN 0-500-27380-4.

### **3.9. Balení předmětů a jejich transport**

Jednotlivé předměty by měly být baleny samostatně, nejlépe v jemném (tzv. hedvábném) papíru nebo v PE fólii s bublinkami a uloženy v pevné kartónové nebo dřevěné krabici. Dno krabice je třeba izolovat proti vibracím během přepravy, např. molitanem.

Ochranný obal tvoří většinou lepenková či plastová krabice, v níž je měkká nárazuvzdorná výplň zabraňující otěru a otřesům. Vhodný obalový materiál musí být čistý, nebarvený a měl by sbírku chránit před poškozením, tlaky a popřípadě i před pádem v důsledku nevhodné manipulace. Měl by keramiku chránit před prachem, nečistotami a plynnými polutanty i před krátkodobou klimatickou nestabilitou. Kvalitní obal by měl být tvarově stálý, dostatečně pevný a bezpečně uchopitelný.

Je-li několik menších předmětů ukládáno do jednoho společného obalu, je třeba zamezit vzájemnému kontaktu. Obalovým materiálem se nevyplatí šetřit; větší kusy je proto třeba balit samostatně do několika vrstev hedvábného papíru a přes papír použít pružnou PE fólii.

Ouška, hubičky a jiné funkční, reliéfní a dekorativní výstupky je nutné pečlivě obalit pruhy hedvábného papíru, aby byla omezena možnost jejich potlučení či odlomení. Odnímatelné části nádob jako jsou pokličky, podstavce, figurky, dekorativní a jiné díly je nutné balit zvlášť. Obal se uzavře lepicí páskou.

Různé zásobnice, urny a podobné objekty se zachovalým vnitřním obsahem je potřeba balit tak, aby se zabránilo pohybu materiálu uvnitř nádoby (opatrné utěsnění nádoby, příp. vynětí obsahu a jeho zabalení a transport mimo nádobu).

Pro transport komplikovaných předmětů (souborů) je dobré použít na míru zhotovená speciální pouzdra, etuji apod. Jak již bylo uvedeno na jiných místech, zvláštní pozornost je třeba věnovat archeologickým předmětům, které bývají častěji poškozené, restaurované, rekonstruované z fragmentů apod.; jsou mnohem choulostivější než mladší keramické soubory. Pro archeologické předměty je optimální zhotovit výplň z tvarované PE pěny a s možností umístění stabilizátorů vlhkosti (sorpční kazety). Obal je v každém případě třeba označit základními charakteristikami předmětu a jeho lokací. Poslední vrstvu tvoří krabice z papírové kartonové lepenky, která se vloží do plastové, dřevěné nebo hliníkové bedny.

Menší přesuny předmětů se uskutečňují z nejrůznějších důvodů; nejběžněji to bývá prezentace sbírek, materiálový průzkum ve specializovaných laboratořích, restaurování apod. Každý transport doprovází pověřený odborný pracovník.

Transportní bedny musí být uzamykatelné, s dostatečnou nosností a pevností, aby keramiku dobře chránily před nárazy, otřesy, klimatickou nestabilitou (tzv. klimastabilní boxy) apod.

Bednu je nutné opatřit značkami, upozorňujícími na skutečnost, že obsahuje křehký materiál, a to včetně informace, v jaké poloze je možné s ní manipulovat. Na dno přepravní bedny, obložené materiálem tlumícím náraz, se vkládají nejtěžší a nejpevnější předměty; směrem nahoru je možné přidat menší a lehčí předměty.

Jednotlivé vrstvy je nutné opět prokládat nejlépe bublinkovou fólií. Během balení je potřeba kontrolovat hmotnost, aby nedošlo k překročení nosnosti přepravky.

*Pozn.: na vystýlku transportních beden se nedoporučuje používat molitan; je měkký a při větším stlačení již není pružný; nezabrání tak nežádoucím otřesům. Navíc se snadno drolí, a tak ztrácí soudržnost.*

Speciální přípravu vyžaduje transport keramických nálezů při archeologických výzkumech. K zachování autentického místa nálezu „in situ“ se využívají penetrační a preparační metody, zajišťující bezpečné vyzvednutí nálezu a transport do laboratoře ve zpevněné terénní hmotě.

Ke sledování podmínek během transportu je možné použít kombinované snímače dlouhodobého zaznamenávání parametrů prostředí a vibrací (Valach, 2014).

Důvodem ke stěhování většího množství sbírkových předmětů (celých sbírkových fondů) bývá nedostatek prostoru, problémy s dodržováním doporučených klimatických podmínek, špatný technický stav depozitárního objektu, evakuace při mimořádné události apod. Přestěhovat celé



depozitáře na nové místo představuje náročný úkol, na kterém se podílí většina pracovníků instituce a specializované transportní společnosti. Transportní vozidlo musí vyhovovat náročným podmínkám stanoveným pro převoz sbírek (zejména ochrana proti vibracím, stabilní klima). Náklad je nutné před cestou zajistit proti pohybu transportních beden uvnitř nákladového prostoru. Pro převážení sbírek nejsou vhodné dny s výskytem extrémních srážek nebo teplot v exteriéru.

Zásady a pravidla pro organizování transportu předmětů kulturního dědictví jsou upravena normou ČSN EN 15946 z roku 2012 a ČSN EN 16648 z roku 2016.

---

## **DOPORUČENÁ LITERATURA**

Alberta Museums Association (1991). Basic Principles of Artifact Care and Handling. Edmonton, Alberta, Canada: Alberta Museums Association.

American Association of Museum (1998). The Official Museum Directory, Volume 2, Products and Services. New Providence, N. Y.: National Register Publishing.

Art Objects: Their Care and Preservation, a Handbook for Museums and Collectors. La Jolla, Calif. (1973). Laurence McGilvery.

ČSN EN 15946 (2012). Ochrana kulturních památek – Zásady pro přepravu.

ČSN EN 16648 (2016). Ochrana kulturního dědictví – Způsoby přepravy.

Dudley, D. (1979). Chapter 7: Packing and Shipping. In Museum Registration Methods, Washington, D. C., American Association of Museums.

Fall, F. K. (1964). General Rules for Handling Art Museum Objects, Museum News. 43, no. 1 s. 33-39.

Gallery Association of New York State (1985). Way to Go: Crating Artwork for Travel, Hamilton, N. Y., Gallery Association of New York State.

Hansen, G., Piechota V. D. (1982). The Care of Cultural Property in Transit: A Case Design for Traveling Exhibitions. Technology and Conservation.

Keck, C. K. (1970). Safeguarding Your Collection in Travel, Nashville, Tenn., American Association for State and Local History.

Lister, J. (1984). Safeguarding Museum Collections: A Review of Handling, Museum Quarterly, pp. 23-26.

Mecklenberg, M. F. (1991). Art in Transit: Studies in the Transport of Paintings. Washington, D. C., The National Gallery.

Odegaard, N. (1992). A Guide to Handling Anthropological Museum Collections. Tucson, Ariz., Western Association for Art Conservation.

Powell, B. (1993). Technical Drawing Handbook of Packing and Crating Methods. Packing and Crating Information Network. Washington, D. C., American Association of Museums, PACIN Task Force.

Richard, M. J. (1983). Elements for Effective Packing, *Museologist*, 45, no. 166.

Richard, M., Marion J., Mecklenberg F., Merrill M. R. (eds.), (1991). *Art in Transit: Handbook for Packing and Transporting Paintings*. Washington, D. C., National Gallery of Art.

Rowlison, E. B. (1975). Rules for Handling Works of Art, *Museum News* 53, no. 7, pp. 10-13.

Shelley, M. (1986). *The Care and Handling of Art Objects*, rev. ed., New York, The Metropolitan Museum of Art.

Stolow, N. (1981). Conservation standards for works of art in transit and on exhibition. Procedures and conservation standards for museum collection in transit and on exhibition. Unesco, Paris.

Stolow, N. (1987). *Conservation and Exhibitions-Packing, Transport, Storage and Environmental Considerations*, Museum and Monuments XVII, UNESCO, Boston, Butterworths, ISBN 978-0-40801-434-2, 266 s. Taylor, L. (ed.), (1991). *Basic Principles of Artifact Care and Handling*. Alberta, Canada, Alberta Museums Association.

Kolektiv autorů (2001). *Preventivní ochrana sbírkových předmětů*. Národní muzeum, Praha. ISSN: 80-7036-129-8 62 s.

Valach, J., Wolf, B., Juliš, K., Štefcová, P., Pech, M. (2014). Mobile device for monitoring of artefacts during transportation. In: Ioannides M., Magnenant-Thalmann N., Fink E., Yen A., Quak E. (eds.). *EuroMed 2014: Digital Heritage. Progress in cultural heritage documentation, preservation and protection*. Hockley: Multi-Science, pp. 442-451. ISBN 978-1-907132-47-6.

### 3.10. Evidence předmětů, edukace (zaměstnanců, veřejnosti)

Nezanedbatelnou součástí celkové péče o předměty kulturního dědictví je rovněž jejich **správná evidence**. Zpřístupnění evidenčních údajů, odborné písemné i obrazové dokumentace vč. poznatků získaných jejich odborným zpracováním může být cennou pomůckou správné komplexní péče i dalších, zejména badatelských činností.

V té souvislosti je nutné zdůraznit i **důslednou edukaci** všech zaměstnanců, kteří přicházejí v kterékoli fázi své činnosti ve sbírkové instituci práce do styku s keramickými předměty kulturního dědictví tak, aby byli před započetím práce řádně poučeni, jak s předměty správně zacházet a manipulovat s nimi.

Je to neúčinnější metoda minimalizace případných škod způsobených nesprávným zacházením. Obecně pak platí, že s křehkými předměty by mělo být manipulováno co nejméně.

Edukace by však měla probíhat i směrem k veřejnosti; ideální příležitostí je každá výstava, při níž jsou prezentovány předměty zhotovené z keramických materiálů. Velký edukační potenciál mají v tomto směru zejména archeologické předměty z keramiky, mající kouzlo velmi vzdálené minulosti. Díky originalitě předmětu, neobvyklosti a čato i v kontextu s jedinečností a okolnostmi nálezů mohou tyto předměty velmi dobře posloužit jako pojítka se současností.

V současné době je pak výhodné využít při edukaci veřejnosti nejen přednášky, ale i jiné nové formy a postupy, realizované pomocí internetu a moderních technologií (specializované webové stránky, sociální sítě /Facebook, YouTube/, 3D modelování a rekonstrukce, rozšířená realita/augmented reality/ aj.), pro děti pak také formou různých dětských koutků či výtvarných ateliérů (Kolektiv autorů, 2014).

---

## DOPORUČENÁ LITERATURA

Boylan, P. J., Thiel, M. J. (1987). Museum training – a central concern staff training. Museum, No. 156, vol. XXXIX, Unesco, 1987

Buck, R. A., Gilmore, J. A. (1998). The New Museum Registration Methods. Washington, D.C., American Association of Museums, ISBN 0-931201-31-4.

Emilee, M. M. (2010). Museum Training and the Small Museum, Curator. The Museum Journal, 28, 3, pp. 183-201.

Jocelyn, H. (2002). Creative Management in the Arts and Heritage: Sustaining and Renewing Professional Management for the 21st Century: Final Report on Phase 1. Ottawa: Canadian

Kolektiv autorů (2014). Edukace a prezentace archeologického kulturního dědictví. Certifikovaná metodika, výstup z řešení projektu NAKI DF12P01OVV045.

Metodický pokyn 53/2001, k zajišťování správy, evidence a ochrany sbírek muzejní povahy v muzeích a galeriích zřizovaných Českou republikou nebo územními samosprávnými celky (krají, obcemi).

Metodický pokyn Ministerstva kultury České republiky, č.j. 4688/2007 – Metodický pokyn k zajištění průkaznosti evidence sbírkových předmětů a stanovení režimu zacházení se sbírkou v muzeích a galeriích spravujících sbírky ve vlastnictví státu a územních samosprávných celků - Článek IV. – Průkaznost evidence a bezpečnost sbírek - Část B – Režim zacházení se sbírkou.

Templeton, M., Ferguson, E., Reichman, S., Drew, L. (1979). Training Museum Practitioners: AAM Exchange/Workshop Reports. Roundtable Reports, 4(4), 10-12. Retrieved from [www.jstor.org/stable/40479539](http://www.jstor.org/stable/40479539).

Úvod do muzejní praxe (2010). Učební texty základního kurzu Školy muzejní propedeutiky AMG, Praha.

Vyhláška č. 275/2000 Sb., kterou se provádí zákon č. 122/2000 Sb.

Zákon č. 122/2000 Sb., o ochraně sbírek muzejní povahy.

Zhuang, Z., Wang, X., Fang, H., Xiaoming, W. (2016). The Report on the Staff Training of Nature and Science Museum, Journal of Natural Science Museum Research 1/2016.

Žalman, J. (2010). Příručka muzejníková I. Praha: Asociace muzeí a galerií České republiky, druhé upravené vydání.

---

#### **4. UPLATNĚNÍ METODIKY**

Metodika je primárně určena kurátorům a správcům sbírek všech sbírkotvorných institucí, příp. správcům památkových objektů, a to jako pomůcka při praktické aplikaci komplexní péče o předměty kulturního dědictví zhotovené z keramických materiálů.

#### **5. SEZNAM PUBLIKACÍ PŘEDCHÁZEJÍCÍ METODICE**

1. Štefcová, P., Valach, J., Zemánek, P. (2017). Analýza, popis a archivace souborných informací o vlastnostech předmětů kulturního dědictví a využití těchto informací v restaurátorské, konzervátorské a badatelské práci. Muzeum, Muzejní a vlastivědná práce, roč. 55, č. 1 (2017), ISSN 1803-0386, s. 11-20.

2. Valach, J., Vavřík, D., Štefcová, P., Polák, L. (2018). Digitally preserved heritage as a novel approach to the investigation and curation of collections – a multidomain database of cuneiform tablets. 2018 3rd Digital Heritage International Congress (DigitalHERITAGE) held jointly with 2018 24th International Conference on Virtual Systems & Multimedia (VSMM 2018). S.l.: IEEE, 2019, č. článku 8810065. IEEE Xplore Digital Library. ISBN 978-1-7281-0292-4.

3. Zemánek, P., Mynářová, J., Štefcová, P., Valach, J. (2020). Virtual collection of cuneiform tablets as a complex multilevel system with interdisciplinary content. Digital cultural heritage. Cham: Springer, 2020 - (Kremers, H.), s. 183-194. ISBN 978-3-030-15198-0.

4. Štefcová, P., Valach, J., Zemánek, P., Kohout, O., Polák, L. (2018). Použití nových zobrazovacích a dokumentačních metod při interdisciplinárním průzkumu klínopisných tabulek ze sbírky Bedřicha Hrozného. Zborník příspěvků z konference CSTI 2018 Conservation Science, Technology and Industry, Slovenská technická univerzita v Bratislavě, Slovenské národné muzeum, ISBN 978-80-8060-435-6, s. 474-488.

5. Štefcová, P., Kohout, O., Polák, L., Valach, J., Zemánek, P. (2018). Comprehensive approach to preventive care of cultural heritage objects. *Heritage 2018, Proceedings of the 6th International Conference on Heritage and Sustainable Development*, Green Lines Institute, Barcelona, ISBN 978843382617, s. 961-968.
6. Valach, J., Štefcová, P., Zemánek, P. (2018). A complex database for documentation of cuneiform tablet collection enabling crossdomain queries, *Archiving conference, Archiving 2018 Final Program and Proceedings*, Springfield, Society for Imaging Science and Technology, ISBN 978-089208-333-6, s. 120-123.
7. Valach, J., Bryscejn, J., Fíla, T., Vavík, D., Štefcová, P. (2018). 3D Digitization of selected collection item using photometric stereo. *Digital Cultural Heritage. ITN – DCH 2017*. Cham, Springer, ISBN 978-3-319-7825-1, s. 31-36.
8. Valach, J., Wolf, B. (2018). Duální mobilní digitalizátor sbírkových předmětů. Funkční vzor.

## 6. SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- Albert K. (2012) Ceramic rivet repair: History, technology, and conservation approaches, *Studies in Conservation*, 57:sup1, S1-S8, DOI: 10.1179/2047058412Y.0000000022
- Allsopp, D. (2011). Worldwide wastage: the economics of biodeterioration. *Microbiol Tod*, 38, 150-153.
- Bacílková B., Vliv světla a ultrafialového záření na archivní dokumenty. Závěrečná zpráva grantového úkolu. Praha: Národní archiv, 2009. 212 p. ISBN 978-80-86712-73-4.
- Bacílková B. Ochrana archivních materiálů před živelnými pohromami v síti archivů České republiky Závěrečné zprávy grantového úkolu. Státní ústřední archiv v Praze, Praha 2004. 487 p.
- Barberio, M., Veltri, S., Imbrogno, A., Stranges, F., Bonanno, A., & Antici, P. (2015). TiO<sub>2</sub> and SiO<sub>2</sub> nanoparticles film for cultural heritage: Conservation and consolidation of ceramic artifacts. *Surface and Coatings Technology*, 271, 174-180.
- Bartl, J., Fira, R., Hain, M. (2001). Inspection of surface by the Moiré method, *Measurement Science Review*, Volume 1, Number 1, ISSN 1335-8871.
- Buys, S. (1996). *The Conservation and Restoration of Ceramics*, Victoria Oakley, Butterworth – Heinemann, Series in conservation and museology, 243 s. ISBN 0750632194.

Colonna-Preti, K., & Eeckhout, P. (2014). The Bacteriological Contamination of Archaeological Ceramics: an Example from Pachacamac (Peru). *Recent Advances in Glass, Stained Glass, y Ceramics Conservation*.

Coutinho, M. L., Miller, A. Z., & Macedo, M. F. (2015). Biological colonization and biodeterioration of architectural ceramic materials: An overview. *Journal of Cultural Heritage*, 16(5), 759-777.

De Oliveira, M. M., & Sanjad, T. B. C. (2001). Biological degradation of glazed ceramic tiles. *Historical Constructions, Guimarães*, 2014, 337-341.

De Paolis, M. R., & Lippi, D. (2008). Use of metabolic and molecular methods for the identification of a *Bacillus* strain isolated from paper affected by foxing. *Microbiological research*, 163(2), 121-131.

Deck, C. (2016). The Care and Preservation of Glass and Ceramics, The Henry Ford.

Dvořák, M. (2004). Dozimetry světelné expozice pro sbírkové materiály citlivé na světlo. In: Sborník z konference konzervátorů a restaurátorů Liberec 2004, vydalo Technické muzeum v Brně pro oborovou komisi konzervátorů-restaurátorů a preparátorů AMG, Brno, vydání první. ISSN: 1212-2742. ISBN: 80-86413-18-7.

Guamet, P. S., Soto, D. M., & Schultz, M. (2019). Bioreceptivity of archaeological ceramics in an arid region of northern Argentina. *International Biodeterioration & Biodegradation*, 141, 2-9.

Hanykýř, V., Kutzendörfer, J. (2000). Technologie keramiky. Hradec Králové: Vega, 287 s.

Herainová, M. (2002). Glazury, keramické barvy a dekorační techniky, Silikátový svaz, Praha, ISBN 80-903113-1-8, 40 s.

Hlaváč, J. (1988). Základy technologie silikátů. Praha: SNTL/Alfa, 515 s.

Houden, H., Guillaud, H. (2003). Earth Construction – A Comprehensive Guide. ITDG Publishing, London, ISBN 1 85339 193 X. 4.

Jirásek, P., Tlachová, K. (1998). Zásady ochrany muzeí a kulturních institucí, Praha.

Kavanagh, G. (Ed.). (2005). *Museum provision and professionalism*. Routledge.

Klárová, M. (2013). Suroviny pro výrobu keramiky, studijní materiál pro program Metalurgické inženýrství na fakultě metalurgie a materiálového inženýrství, Technická univerzita Ostrava – VŠB, 59 s., ISBN 978-80-248-3367-5.

Kolektiv autorů (2001). Preventivní ochrana sbírkových předmětů. Národní muzeum, Praha. ISSN: 80-7036-129-8.

Kopecká, I., Rutar, V., Šupová, K. (2015). Metodika postupu při tvorbě krizových plánů pro sbírkové instituce, Národní technické muzeum, Praha.

Kotlík, P. (1999). Stavební materiály historických objektů. 1. vyd. Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, Praha, ISBN 80-7080\_347-9.

Kraková, L., Chovanová, K., Selim, S. A., Šimonovičová, A., Puškarová, A., Maková, A., & Pangallo, D. (2012). A multiphasic approach for investigation of the microbial diversity and its biodegradative abilities in historical paper and parchment documents. *International Biodeterioration & Biodegradation*, 70, 117-125.

Michaelsen, A., Pinar, G., Montanari, M., & Pinzari, F. (2009). Biodeterioration and restoration of a 16th-century book using a combination of conventional and molecular techniques: a case study. *International Biodeterioration & Biodegradation*, 63(2), 161-168.

Montanari, M., Melloni, V., Pinzari, F., & Innocenti, G. (2012). Fungal biodeterioration of historical library materials stored in Compactus movable shelves. *International biodeterioration & biodegradation*, 75, 83-88.

Moore, D.M., Reynolds, R.C. Jr. (1997). X-Ray Diffraction and the identification and analysis of Clay Minerals, 2nd ed., Oxford, New York, Oxford University Press. ISBN 978-0195087130, 373 s.

Pavů, L. (2018). Základy pedologie a ochrany půdy. Česká zemědělská univerzita v Praze, Praha, 76 s. ISBN 978-80-213-2876-1.

Petránek, J. (2007). Kaolin [online]. Česká geologická služba, [cit. 2014-11-06]. Dostupné online.

Pinzari, F. (2011). Montanari M. Mould growth on library materials stored in compactus-type shelving units (Chapter 11) In: Abdul-Wahab Al-Sulaiman SA, editor. Sick building syndrome in public buildings and workplaces.

Ris-Paquot, O. E. (1872). Manière de Restauer Soi-même les Faïnces, Porcelaines, Cristeux, etc.

Saarela, M., Alakomi, H. L., Suihko, M. L., Maunuksela, L., Raaska, L., & Mattila-Sandholm, T. (2004). Heterotrophic microorganisms in air and biofilm samples from Roman catacombs, with special emphasis on actinobacteria and fungi. *International biodeterioration & biodegradation*, 54(1), 27-37.

Sabev, H. A., Barratt, S. R., Handley, P. S., Robson, G. D., & Greenhalgh, M. A. L. C. O. M. (2006). Biodegradation and biodeterioration of man-made polymeric materials. *Fungi in biogeochemical cycles*, 212-235.

Sand, W., & Bock, E. (1991). Biodeterioration of ceramic materials by biogenic acids. *International Biodeterioration*, 27(2), 175-183.

Steiger, M., Charola, A. E., & Sterflinger, K. (2011). Weathering and deterioration. In *Stone in architecture* (pp. 227-316). Springer, Berlin, Heidelberg.

Sterflinger, K., & Piňar, G. (2013). Microbial deterioration of cultural heritage and works of art—tilting at windmills. *Applied microbiology and biotechnology*, 97(22), 9637-9646.

Svobodová L. (2014). *Konzervování a restaurování nestabilních keramických nálezů. Ročenka 2013*. Archeologické centrum Olomouc, 2014, ISBN 978-80-86989-26-6. 260-275 s.

Svobodová, L. (2010). Metodika konzervování a restaurování pórovité archeologické keramiky. Zpravodaj STOP: časopis společnosti pro technologie ochrany památek. Svazek. 12, č. 4 (2010), ISSN 1212-4168, s. 24–35.

Svobodová, L. (2011). Zásady restaurování slinuté keramiky. Zpravodaj STOP, časopis společnosti pro technologie ochrany památek. Svazek. 13, č. 1, ISSN 1212-4168, s. 26–35.

Šimíček, M. (2014). Implementace metody Structure from Motion do UAV fotogrammetrie. Diplomová práce, Univerzita Palackého v Olomouci, Přírodovědecká fakulta – Katedra geoinformatiky, Olomouc.

Valach, J., Wolf, B., Juliš, K., Štefcová, P., Pech, M. (2014). Mobile device for monitoring of artifacts during transportation. In: EuroMed 2014: Proceedings, 11, Hockley (United Kingdom), Multi-Science Publishing Co. Ltd., s. 441-451. ISSN: 978 1 907132 47 6.

Weiss, Z. Kužvart, M. (2005). Jílové minerály: jejich nanostruktura a využití. Karolinum, Praha.

Zákon č. 106/1999 Sb., Zákon o svobodném přístupu k informacím

Zákon č. 242/1992 Sb., Zákon České národní rady, kterým se mění a doplňuje zákon České národní rady č. 20/1987 Sb., o státní památkové péči, ve znění zákona České národní rady č. 425/1990 Sb., o okresních úřadech, úpravě jejich působnosti a o některých dalších opatřeních s tím souvisejících

Zelinger, J. (2010). Technologie ochrany kulturního dědictví před požáry, Technické muzeum Brno 1/2010, 316 s.

## 7. SOUHRN

Metodika uchovávání, konzervování a restaurování předmětů kulturního dědictví na bázi keramických materiálů (pálená/nepálená hlína) je primárně určena pracovníkům sbírkotvorných institucí, kteří při své běžné činnosti přichází do styku s reálnými předměty kulturního dědictví (správce depozitáře, kurátor, restaurátor aj.). Může však být velmi dobře využita i správci památkových objektů, vědeckými pracovníky či badateli.

Práce je souhrnem informací o možných příčinách poškození či destrukce tohoto typu předmětů kulturního dědictví; obsahuje však i soubor doporučení pro vytvoření optimálních podmínek pro uchování tohoto typu sbírkových předmětů v dobrém stavu pro budoucí generace.



Ukazuje se, že významnou pomůckou omezující četnost manipulování s reálnými předměty a tím i vliv některých negativních faktorů může být orientace na využívání kvalitní dokumentace a virtuální replikace předmětů (3D modely).

Součástí metodiky je proto i přehled a popis některých moderních způsobů a metod jejich zhotovení (fotometrické stereo, metoda Structure from Motion, výpočetní mikrotomografie a laserová profilometrie) a to včetně popisu pracovního postupu a pracovních podmínek zařízení tak, aby bylo dosaženo potřebné rozlišení a reprodukovatelnost záznamu jak z hlediska rozměrové a tvarové přesnosti, tak (v případě 3D modelů) i barevnosti.

## **8. PODĚKOVÁNÍ**

Projekt „Analýza, popis a archivace souborných informací o vlastnostech předmětů kulturního dědictví a využití těchto informací v restaurátorské, konzervátorské a badatelské praxi (č. DG16P02M022) je řešen z prostředků účelové podpory poskytnuté z Programu aplikovaného výzkumu a vývoje národní kulturní identity (NAKI II) Ministerstva kultury České republiky. Řešitelé touto cestou děkují za možnost projekt uskutečnit.