

Analýza, popis a archivace souborných informací o vlastnostech předmětů kulturního dědictví a využití těchto informací v restaurátorské, konzervátorské a badatelské praxi

Petra Štefcová, Jaroslav Valach, Petr Zemánek

The Analysis, Description and Archiving of Comprehensive Information concerning the Properties of Cultural Heritage Artifacts and the Usage of such Data during the Restoration, Conservation and Research Practice

Abstract: The article is a brief description of the content and the objectives of a joint project that is entitled „The Analysis, Description and Archiving of Comprehensive Information concerning the properties of Cultural Heritage Artifacts and the Usage of such Data during Restoration, Conservation and Research“ that is carried out at various departments of the National Museum and of the Institute of Theoretical and Applied Mechanics of the Academy of Sciences of the Czech Republic and of the Faculty of Arts of Charles University within the Applied Research and Development of National and Cultural Identity Programme (NAKI) that is funded by the Ministry of Culture of the Czech Republic. It also provides some examples of the results that were achieved during the first year of the project.

Keywords: protection of cultural heritage objects, non-destructive analysis methods, digitalisation of collections, 3D models, photometric stereo, computer tomography, digital humanities

1. Úvod

Řešení projektu bylo rozvrženo na roky 2016 až 2020. Jeho základním cílem je navržení a vytvoření systémů pro dokumentaci a analýzu předmětů kulturního dědictví, založených na počítačově podporovaných zobrazovacích a dokumentačních metodách tak, aby bylo dosaženo maxima informací využitelných v restaurátorské, konzervátorské a rovněž i badatelské praxi.

Funkčnost těchto systémů bude demonstrována případovými studii na dvou rozsáhlých souborech předmětů, zhotovených z keramických materiálů (hlína nepálená i pálená), u nichž lze vzhledem ke způsobu a postupu výroby očekávat pří-

tomnost vnitřních defektů. Součástí studií bude i vytvoření digitálních modelů předmětů, které budou formou záznamu v databázi doplněny o údaje a poznatky, získané nedestruktivními metodami analýzy (např. informacemi o vnitřní struktuře, topografii a vzhledu vnějšího povrchu a jeho prvkovém složení) a anotovány metainformacemi (vč. informací obsahového charakteru, které budou získávány formou analýz běžných v humanitních vědách - historická, archeologická, lingvistická, paleografická aj.).

První soubor zahrnuje cca 400 klínopisných tabulek (nebo jejich fragmentů) Filozofické fakulty Univerzity Karlovy (dále v textu FF UK), druhý soubor pak vybrané předměty srovnatelných rozměrů z pálené

péče
o sbírky

Ing. Petra Štefcová, CSc.
Národní muzeum
petra_stefcova@nm.cz

Ing. Jaroslav Valach, Ph.D.
Ústav teoretické a aplikované
mechaniky Akademie věd
České republiky v. v. i.
valach@itam.cas.cz

doc. PhDr. Petr Zemánek, CSc.
Filozofická fakulta Univerzity
Karlovy
Petr.Zemanek@ff.cuni.cz

- 1 KOLEKTIV AUTORŮ.** *Preventivní ochrana sbírkových předmětů.* Praha: Národní muzeum, 2000. ISSN: 80-7036-129-8.
- 2 Cuneinform Digital Library Initiative (CDLI).** Dostupné z: <http://cdli.ucla.edu/>.
- 3 Univerzita Karlova v Praze.** In: *Cuneinform Digital Library Initiative (CDLI).* Dostupné z: http://cdli.ucla.edu/collections/prague/prague_cz.html.
- 4 LASENBY, Joan, LASENBY, Anthony, DORAN, Chris J. L. and FITZGERALD, William J.** *New geometric methods for computer vision: An application to structure and motion estimation.* *International Journal of Computer Vision*, 1997, 26, 3, s. 191–213.
- 5 ARGYRIOU, Vasileios a PETROU, Maria.** Chapter 1 *Photometric Stereo: An Overview.* In: *Advances in Imaging and Electron Physics*, 2009, vol. 156, s. 1–54.
- 6 BERG, Ina.** *Looking through pots: recent advances in ceramics X-radiography.* *Journal of Archaeological Science* [online]. 2008, vol. 35, no. 5, s. 1177–1188, ISSN 03054403 [cit. 20. 4. 2015]. Dostupné z: doi:10.1016/j.jas.2007.08.006.
- 7 CARR, Christopher.** *Advances in ceramic radiography and analysis: Applications and potentials.* *Journal of Archaeological Science* [online]. 1990, vol. 17, no. 1, s. 13–34, ISSN 03054403 [cit. 20. 4. 2015]. Dostupné z: doi:10.1016/0305-4403(90)90013-U.
- 8 PIERRET, Alain, et al.** *3D reconstruction and quantification of macropores using X-ray computed tomography and image analysis.* *Geoderma* [online]. 2002, vol. 106, no. 3–4, s. 247–271, ISSN 00167061 [cit. 20. 4. 2015]. Dostupné z: doi:10.1016/S0016-7061(01)00127-6.

i nepálené hlíny ze sbírek Náprstkova muzea asijských, afrických a amerických kultur Národního muzea (v dalším textu NpM NM).

S výjimkou nebezpečí mechanické destrukce (např. v důsledku pádu) jsou předměty zhotovené z tohoto typu materiálu (obecně) považovány z hlediska preventivní péče resp. z hlediska působení rizikových faktorů (teplota, vlhkost, prach atd.) za relativně stabilní¹, o čemž svědčí množství dochovaných předmětů (archeologické i historické předměty); to však neznamená, že v daném předmětu nejsou skryta vnitřní poškození či jiné, zvnějšku neviditelné defekty.

Problematikou klínopisných tabulek se nejen v České republice, ale i ve světě zabývá jen několik pracovišť. Z prací provedených na toto téma je nejznámějším projekt Cuneinform Digital Library Initiative (CDLI²), na jehož řešení se podílelo několik pracovišť (Oxford University, UCLA, Max Planck Institut a Freie Universität Berlin a kde svou sbírku publikoval i Ústav srovnávací jazykovědy FF UK v Praze, srov.³). Uvedený projekt pracuje v podstatě s **dvojdímní digitalizací** (příčemž metoda není zcela uniformní, nejčastěji je však používán plochý skener).

2. Dílčí cíle projektu a metodika jejich řešení

Pro dosažení cílů projektu jsou postupně vyvíjena speciální zařízení, postupy a metodiky, které jsou detailněji popsány v následujících odstavcích.

2.1. Digitalizační jednotka

Digitalizační zařízení bude využívat dvou doplňujících se metod; **fotometrického sterea** (dále v textu FS) a metody 3D digitalizace vycházející z **relativních rychlostí bodů na objektu v zorném poli**, které naznačují hloubku v prostoru (Structure from Motion, dále v textu též SfM). Zatímco FS se osvědčuje pro zviditelnění reliéfních detailů povrchu, SfM je vhodnější pro digitalizaci komplexních prostoro-

vých těles. Ačkoli jsou obě metody záznamu 3D povrchů odborné veřejnosti známy, jejich spojení v jediném zařízení využívajícím společně prvky nebylo v literatuře nalezeno^{4,5}.

Výsledné zařízení, využívající metodu FS, by mělo umožnit vytvoření věrného virtuálního modelu daného předmětu s typickým rozlišením 50–100 mikrometrů. Naskenované objekty bude možné zobrazit buď jako **rozvinutý povrch** (model bude rozvinut do plochy a zobrazen jako obraz s vysokým rozlišením) anebo **prostorový virtuální model, opatřený texturom** (modelem bude možné otáčet, přibližovat ho nebo oddalovat, případně měnit podmínky virtuálního nasvícení za účelem zvýraznění stínů ve znacích). Výsledné modely budou ukládány ve formátech standardizovaných pro předávání informací o trojrozměrných objektech.

2.2. Rentgenové pracoviště s možností počítačové tomografie a fluorescence

Rentgenové (RTG) záření je při průzkumu předmětů kulturního dědictví používáno již velmi dlouhou dobu. Při studiu keramických předmětů radiografickými metodami lze získat jedinečné informace o vnitřní struktuře předmětu, ze kterých je možné dovodit např. postupy při jeho výrobě⁶. V rentgenových snímcích se dají nalézt skryté strukturální prvky nebo trhliny a jiné defekty a lze popsat velikost, tvar a množství pórů a určit hustotu materiálu⁷. Po kalibraci přístroje je možné měřit i tloušťku zkoumaného předmětu⁸.

Pracoviště, koncipované jako mobilní, bude určeno k **zobrazování geometrie a vnitřní struktury malých objektů** kulturního dědictví (typické rozlišení v setinách milimetru) a **zároveň k analýze prvkového složení povrchu materiálu předmětů** metodou fluorescenčního zobrazování. Jeho provoz bude možný buď v režimu **jednoduchého prozařování** (všechny struktury objektu jsou projektovány do jednoho obrázku, tzv. radiografu); je vhodné především pro ploché předměty či pro hledání anomálií předmětu)

nebo v režimu fluorescence (zařízení bude poskytovat informace o prvkovém složení povrchu daného předmětu). Pokročilou funkcí bude **počítačová tomografie s vysokým rozlišením**, založená na zpracování sady radiogramů, snímaných při otáčení objektu. Výsledkem bude **trojrozměrný model předmětu**, který bude možné dále virtuálně zpracovávat (řezat, hledat tvary částí objektu s jinou hustotou /např. dutiny/, zkoumat obsahy uzavřených schránek /tedy i povrchy klínopisných tabulek uzavřených v neporušených obálkách/ atd.). Umístění fluorescenční kamery na goniometru umožní pozorovat objekt z optimální polohy, v pozici za objektivem bude pak možné zkoumat i **efekty rozptylů RTG fotonů pod malým úhlem (využitelné zvláště pro analýzu jemnozrnných materiálů)**. Samozřejmostí bude i model vnějšího tvaru objektu, který bude možné exportovat do některého z běžných formátů (např. wrml), čímž bude umožněna tvorba virtuální 3D knihovny.

2.3. Metodika pořízení záznamů trojrozměrných modelů sbírkových předmětů

Vypracování metodiky je (logicky) plánováno až v posledním roce řešení projektu. Metodika by měla zahrnovat zejména detailní popis pracovního postupu pro tvorbu a záznam modelů (vč. stanovení pracovních podmínek zařízení nutných k dosažení předepsaného rozlišení a reprodukovatelnosti zaznamenávaných objektů co do rozměrové a tvarové přesnosti, v případě 3D modelů pak i barevnosti). Dodržení postupu bude garancí pořízení virtuálních replik s předepsanou věrností. Součástí metodiky by měl být rovněž popis postupu zacházení s originály předmětů kulturního dědictví při zhotovování těchto modelů.

Mezi příklady vhodných objektů a aplikací pro fotometrické stereo lze (na základě provedené literární rešerše) například zařadit digitalizaci pečetí, mincí, plaket a medailí, petroglyfů, ale rovněž i reliéfy kamenorezeb, dřevorytů a lino-

rytů či šperků, jako např. kamejí a řezeb ze slonoviny.

Významnou oblastí využití FS je rovněž dokumentace degradace objektů a jejich povrchů, ať již jde o procesy provázené „úbytkem“ materiálu (např. ztráta hmoty z povrchu v důsledku otěru, mechanického čištění aj.) či naopak jeho „přirůstkem“ v důsledku vzniku cizorodé vrstvy (např. nárůst degradovaných vrstev v důsledku koroze); v tomto případě je možné zvýšit citlivost metody změnou podmínek nasvícení studovaného povrchu.

2.4. Dokumentace klínopisných tabulek a souboru keramických předmětů

V rámci dokumentace obou souborů bude výsledkem aplikovaného výzkumu využití generických nekomerčních sw (software) nástrojů specifický formát dat založený na otevřených standardech, komplexně popisující předměty zahrnuté do obou případových studií a obsahující prostorové a kompoziční informace; dosažení cíle bude demonstrováno spuštěním systému.

V souboru klínopisných tabulek půjde o databázi modelů připravených v rámci projektu, o korpus staroasyrských textů z těchto tabulek, komentáře ke korpusu a propojení s již existujícími digitálními snímky sbírky (s příslušnou modifikací popisných dat obdobně i pro soubor předmětů malých rozměrů zhotovených z nepálené i pálené hlíny ze sbírek NpM NM). Půjde tedy o databáze, které budou sloužit jak k vědeckým, tak aplikovaným (zejména muzejním) účelům.

Součástí databáze budou rovněž informace komplexně popisující fyzikální a chemické vlastnosti předmětů/materiálů z obou souborů (např. rozměry předmětů, jejich hmotnost, příp. i měrná hmotnost, barva či chemické složení /kvalitativní a kvantitativní zastoupení jednotlivých chemických prvků/), využitelné k následné klasifikaci předmětů do určitých skupin podle zvolených kritérií.

2.4.1. Základní popis materiálů analyzovaných předmětů

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 sušené, teprve mnohem později pak vypalovány. 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 vody, v menším množství pak oxidy titanu, železa, vápníku, hořčíku, sodíku, draslíku aj.

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, což by mělo – ve spojení s dalšími indikátory – umožnit klasifikaci předmětů z hlediska identifikace provenience materiálů použitých ke zhotovení analyzovaných předmětů z obou souborů.

Podle složení jílových minerálů lze rozlišit jíly monominerální nebo jíly polyminerální (tvořené více druhy jílových minerálů); obvykle obsahují i různé příměsi, určující jejich barvu (bílá, šedá, žlutá, hnědá aj.).

Základními strukturálními jednotkami minerálů jílové skupiny jsou tetraedry (čtyř-

stěny, tj. trojrozměrná tělesa v prostoru se stěnami tvořenými čtyřmi trojúhelníky) a oktaedry (osmistěny, tj. trojrozměrná tělesa v prostoru se stěnami tvořenými osmi trojúhelníky⁹).

V přírodě lze nalézt různé typy tetraedrů obecného vzorce $[XO_4]^n$. Centrálním kationtem tetraedrů (ve vzorci označeno X) je nejčastěji křemík (Si^{4+}), ale mohou to být také kationty hliníku (Al^{3+}), železa (Fe^{3+}), příp. germania (Ge^{4+}). Oktaedry lze popsat obecným vzorcem $[XZ_6]^n$; centrálním kationtem (ve vzorci označeno jako X) může být stejně jako v případě tetraedrů trojmocný hliník (Al^{3+}) a také troj- nebo dvojmocné železo (Fe^{3+} nebo Fe^{2+}), hořčík (Mg^{2+}), vápník (Ca^{2+}), příp. lithium (Li^+); aniontem (ve vzorci označeno jako Z) pak nejen kyslík (O^{2-}), ale i hydroxylové, fluoridové nebo chloridové ionty (OH^- , F^- nebo Cl^-).

Tetraedry i oktaedry vytváří tzv. sítě, které jsou vzájemně spojeny sdílením aniontů (Z) a vytváří tak vrstvy (ty mohou být mezi sebou spojeny např. systémem vodíkových vazeb nebo jednotlivými kationty), které tvoří krystalovou mřížku všech jílových minerálů, navenek se chovající jako elektroneutrální, s vyrovnaným počtem kladných i záporných nábojů. 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 hydratových forem¹⁰. Vzájemné vazby tetraedrických a oktaedrických sítí jsou však mnohem složitější a rozmanitější a jejich podrobnější popis přesahuje rámec tohoto článku.

2.4.2. Fyzikální a chemické vlastnosti analyzovaných předmětů/materiálů

Do evidenčního soupisu tabulek byl proveden záznam základních parametrů charakterizujících danou konkrétní tabulku (tj. evidenční číslo, rozměry [cm, š x v x h] a aktuální hmotnost dané tabulky [g], váženo na přesných digitálních vahách zn. Kern 572). Vzhledem k „vypouklému“

9 VALVODA, Václav. *Základy krystalografie*. Praha: Státní pedagogické nakladatelství, 1982, s. 190.

10 WEISS, Zdeněk a KUŽVART Miloš. *Jílové minerály (jejich nanostruktura a využití)*. Praha: Univerzita Karlova v Praze, nakladatelství Karolinum, 2005. ISBN 80-246-0868-5.

tvaru tabulek (rozdílná tloušťka tabulek na okraji a ve středu) jsou provedené výpočty objemu, resp. měrné hmotnosti, materiálu tabulek [cm^3 resp. $\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$] pouze orientační.

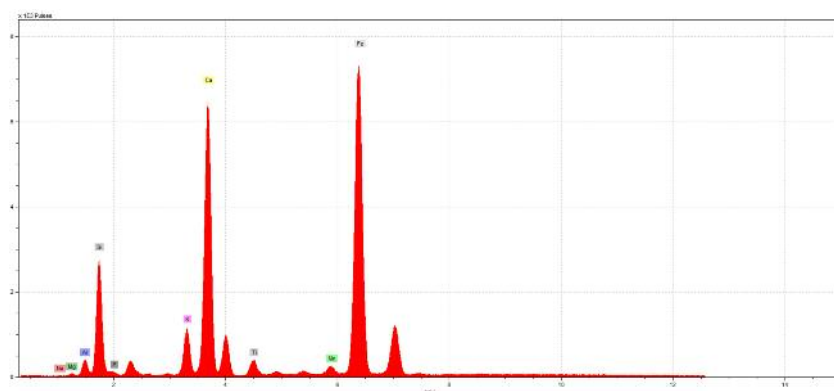
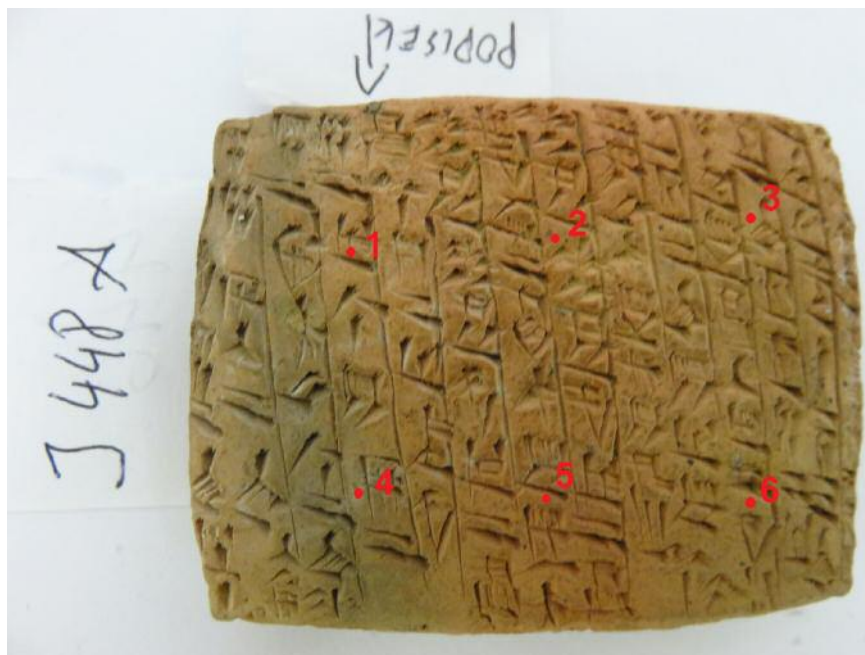
Nedestruktivní průzkum prvkového složení povrchu předmětů pomocí mikrorentgenfluorescenčního spektroskopu

Jak již bylo uvedeno na jiném místě (odst. 2.4.1.), je pro určení provenience zkoumaných předmětů mj. nezbytná i znalost prvkového složení materiálu. Nedestruktivní stanovení prvkového složení povrchu neznámého vzorku je možné provést s využitím rentgenfluorescenční spektrometrie.

Metoda je velmi citlivá a umožňuje detekci stopového množství příměsí, zvláště prvků s vyšším atomovým číslem; přesnost stanovení lehkých prvků je nižší.

Principem metody je rentgenové fluorescenční záření, které vznikne po ozáření předmětu rentgenovým nebo radioaktivním gama-zářením. Hlavními přednostmi metody jsou nedestruktivnost (možnost přímé analýzy předmětu bez nutnosti odběru vzorku), rychlá analýza celého spektra prvků (přístroj je energiově disperzní) a možnost analýzy lehkých prvků (v atmosféře hélia).

Vlastní měření vzorků z obou souborů je prováděno na mikrorentgenfluorescenčním spektroskopu Artax 400, což je mobilní μXRF spektrometr pro měření in situ bez omezení velikosti zkoumaného předmětu a s možností přesného zaměření analyzovaného místa pomocí CCD kamery a laserového paprsku. Na monitoru je pak možné zobrazit polohu analyzovaného bodu, jeho snímek a příslušné spektrum s vyhodnocením a parametry měření. Vzduchem chlazená rentgenka s jemným ohniskem ($1,5 \times 0,1 \text{ mm}$), molybdenovou anodou a beryliovým okénkem o tloušťce $0,2 \text{ mm}$ pracuje s napětím max. 50 kV a příkonem max. 40 W . Přístroj lze zkoumat plochu v rozmezí od cca $0,1$ až po několik milimetrů, a to do hloubky několika mikrometrů až centimetrů (10^{-6} m resp. 10^{-2} m), v závislosti na fyzikálních a chemických vlastnostech zkoumaného materiálu.

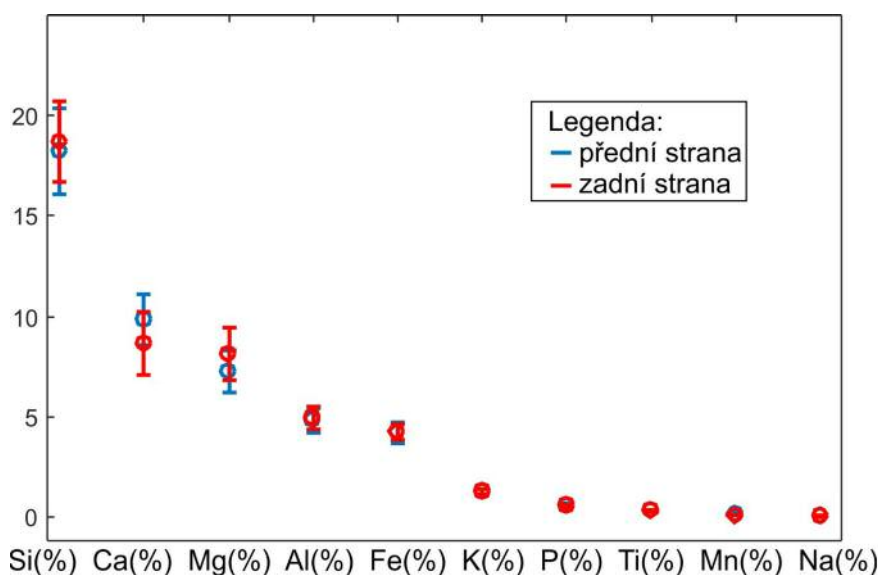


Pro kvantitativní analýzu (tj. stanovení koncentrace jednotlivých prvků) je třeba přístroj nejdříve kalibrovat pomocí standardů (vzorky se známou koncentrací stanovovaných prvků a s podobným složením, jaké má analyzovaný předmět). Pro účely měření obou analyzovaných souborů byly v roce 2016 pořízeny celkem tři takové standardy (standardy MB020 a MSH200 firmy Sigma-Aldrich a standard JA-1 firmy Brammer Standards).

V roce 2016 a v prvních měsících roku 2017 bylo realizováno měření na cca 30 tabulkách ze souboru klínopisných tabulek FF UK (z důvodu mapování předpokládané nehomogenity materiálu i na povrchu tabulky vždy celkem cca 20 bodových měření na „rubové“ a 20 měření na „lícni“ straně) a stejně tak i na zatím malém souboru předmětů obdobných rozměrů ze sbírek NpM NM (klínopisné tabulky a v jednom případě otisk pečeti ve hlíně, Stará říše, Abúsír). Ukázky výstupů z těchto měření jsou uvedeny na následujících obr. 1 až 3.

Obr. 1: Fotografie jedné z analyzovaných klínopisných tabulek. Označené body vyznačují část míst vybraných k následnému provedení XRF analýzy (viz obr. 2 a 3 níže).

Obr. 2: Ukázka výstupu z měření prvkového složení povrchu analyzované klínopisné tabulky.



Obr. 3: Ukázka detailu analyzovaného místa na povrchu jedné z klínopisných tabulek.

Obr. 4: Průměrné hodnoty koncentrace jednotlivých prvků na přední a zadní straně tabulky (tab. inv. č. I 429).

Vypočtené průměrné hodnoty koncentrace měřených prvků na přední a zadní straně tabulky jsou (spolu se směrodatnou odchylkou měření) zobrazeny na obr. 4.; obsah zbývajících prvků (do 100 hm. %, tj. kyslík, vodík) nelze při uvedeném uspořádání měření zjistit.

Dosud provedená měření prokázala jistou (předpokládanou) míru nehomogenity materiálu v rámci jedné a téže tabulky (rozdílné koncentrace v obsahu např. hořčíku a vápníku na přední a zadní straně tabulky (graf na obr. 4) i relativně značné rozdíly ve složení povrchu materiálu jednotlivých tabulek (obr. 5 níže).

Z více různých možností vzájemného porovnání prvkového složení povrchu jednotlivých tabulek byla v prvním kroku

zvolena metoda projekce zjištěných koncentrací vápníku, železa a draslíku (v přepočtu na 100 hm. %) do ternárního diagramu Ca-Fe-K; primárním důvodem je relativní stabilita těchto prvků v mezivrstevních prostorách jílových minerálů (viz odst. 2.4.1.), sekundárním pak možnost porovnání s výsledky prezentovanými v jiné práci¹¹ na menším souboru klínopisných tabulek z téže nálezové oblasti (Kültepe, Turecko). Takto zpracované výsledky naznačují členění tabulek (resp. materiálu tabulek) ze souboru FF UK do dvou kategorií, a to do kategorie s vyšším obsahem vápníku (57 hm. % a více) a kategorie s nižším obsahem vápníku (42 hm. % a méně, obr. 5).

Barva, barevnost

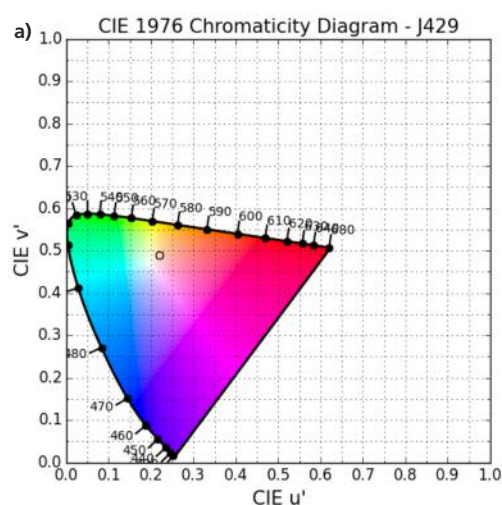
Při fyzické revizi celé kolekce klínopisných tabulek ve správě FF UK bylo zjištěno, že **jednotlivé tabulky se poměrně výrazně liší svou barvou**. Vzhledem k tomu, že slovní popis barevnosti je velmi subjektivní a značně nepřesný, bylo do měření a hodnocení fyzikálních vlastností analyzovaných předmětů zařazeno **objektivní měření barevnosti**.

Obecně je nejednoznačným pojmem „barva“ popisován souhrnný vjem vznikající spolupůsobením pozorovaného objektu, druhu/typu osvětlení a některých mechanismů vnímání lidského oka. Z fyzikálního hlediska je však „barva“ **určena spektrálním složením barevného podnětu**, tj. spektrálním složením záření (vysílaného světelným zdrojem), které **projde daným předmětem nebo se odrazí od jeho povrchu**.

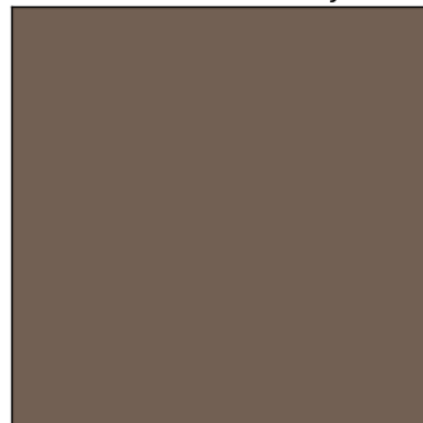
Na vnímání barev je založeno několik tzv. **barevných modelů** vytvořených organizací CIE (Commission Internationale d'Éclairage), která se věnuje vytváření standardů pro všechny aspekty světla; patrně nejznámější je barevný model CIE LAB, vycházející z předpokladu, že každou barvu lze charakterizovat pomocí určitých hodnot tzv. trichromatických složek **X, Y, Z** (s hodnotami X = 700,0 nm; Y = 546,1 nm; Z = 435,8, nm), z nichž lze vypočítat tzv. barevné souřadnice x, y, z, které jsou používány k definování barev v prostoru.

¹¹ UCHIDA, Etsuo, NIKUMA, Daiki a WATANABE, Ryota. Regional Differences in the Chemical Composition of Cuneiform Clay Tablets. *Archaeological Discovery*, (October) 2015, 3, s. 179–207.

Obr. 7: Ukázka měření barevnosti na jedné ze zkoumaných tabulek (barevný prostor CIE 1976, tabulka I 429).
 a) vlastní měření
 b) příslušný standard (RGB).



b) Lab to sRGB color - J429



Moss Grey

znam jazyka. Je proto zřejmé, že v daném projektu bude náležitá pozornost věnována i této stránce.

Texty, přítomné na tabulkách, budou zpracovány metodami korpusové lingvistiky, tedy do podoby korpusu staroasyrských textů pocházejících z dané sbírky. Tento korpus je připravován v souladu se standardy TEI (Text Encoding Initiative, <http://www.tei-c.org>¹²) ve formátu XML, ovšem s tím, že je nutno vzít v úvahu specifika starých jazyků a jejich záznamu. Vedle čistě lingvistického zpracování (text a jeho organizace na tabulce, údaje o slovních druzích a syntagmatických vztazích apod., ale také zpracování paleografické informace) půjde též o zpracování sémantické stránky, tedy údajů, které charakterizují obsah textu na tabulce, ale také umožňují vztahovat tento obsah k jiným tabulkám či jiným faktům, třeba i mimo danou sbírku.

Specializované výstupy z modelování tabulek významně rozšíří možnosti analýzy sbírky, protože bude možno pracovat s velmi detailními informacemi o charakteru jednotlivých grafických složek artefaktů, v daném případě klínových znaků. Součástí projektu je vývoj speciálních sw nástrojů promítajících znaky z prostoro- vého tvaru do roviny, algoritmizace pravidel pro zjednodušování znaků za účelem identifikace jednotlivých znaků nebo jejich markantů a následná aplikace obrazové analýzy na simplifikované tvary

znaků pro počítačově podporovanou analýzu textů.

2.6. Uspořádání výstavy

Plánované uspořádání výstavy v závěrečném roce řešení projektu (r. 2020) je posledním dílčím cílem projektu. Výstava by měla veřejnosti přiblížit současné přístupy k problematice uchování obsahu i formy předmětů kulturního dědictví pro budoucí generace.

Jedná se o komplexní přístupy, umožňující zpětnou reflexi života společnosti ve vzdálené minulosti na základě údajů, získaných spojením fyzikálních dat a přístupů humanitních věd, které jsou využitelné jak k samotné klasifikaci předmětu/sbírky, tak i k další interpretaci této klasifikace v souvislosti s kulturou, ze které předmět/sbírka vychází.

Kromě některých vzácných originálů by na výstavě měly být prezentovány také jejich digitální repliky, které bude možné studovat prostřednictvím „virtuální reality“ (Virtual Reality, VR), což návštěvníkovi poskytne mj. např. i možnost manipulace s předměty (tj. prohlížení předmětu z různých stran a úhlů, při různém nasvícení, v řezu) a další aktivity.

Spolu s prostředky virtuální reality budou na výstavě použity i prostředky „rozšířené reality“ (Augmented Reality, AR), umožňující rozšíření textových informací

¹² Text Encoding Initiative [online]. [cit. 20. 4. 2015]. Dostupné z: <http://www.tei-c.org>.

o předmětu o jiné, doplňkové informace např. prostřednictvím mobilní aplikace (zakreslení nálezového místa předmětu v mapě, společenský kontext předmětu, přepis zaznamenaných informací, informace o klínopisu aj.).

Lze předpokládat, že využitím těchto prostředků (VR, AR) bude zvýšena atraktivnost výstavy pro mladou generaci; svou koncepcí však výstava vyjde vstříc i generaci starší, preferující shlédnutí reálných předmětů.

3. Závěr

V článku popsany projekt je příkladem aplikace současných informačních a komunikačních technologií a metod do oblasti ochrany a záchrany kulturního dědictví. Jedná se o ryze interdisciplinární projekt, sledující do jisté míry trend označovaný jako „digital humanities“, tj. snaha o využití digitálních nástrojů a metod v oblasti humanitních věd.

Teprve s nástupem digitalizace, jejímž prvotním cílem bylo uchování určitých informací a jejich zpřístupnění širší veřejnosti, se objevila možnost následného vyhledávání dalších informací podle předem zvolených kritérií, jejich třídění, následná analýza atp.

Zatímco relativně rychlý rozvoj přírodních věd v posledních letech byl do značné míry umožněn operativní implementací nových metod založených na uplatnění výpočetní techniky a informatiky, v oblasti humanitních oborů byly rozvíjeny zejména zavedené badatelské postupy a osvojování informačních technologií postupovalo o něco váhavěji.

Sémantické technologie, metody počítačového porozumění obsahu aj. tak mohou (a budou) představovat potřebné nástroje i pro zpracování informací v komplexní formě, typické pro oblast humanitních věd, což je mj. i jedním z cílů v projektu vytvářeného informačního systému pro zkoumané soubory předmětů kulturního dědictví. Tyto unikátní a jedinečné „nosiče informací“ (korespondence, hospodářské a účetní záznamy, různé druhy smluv

atp.) bude tedy možné pomocí současných informačních a komunikačních technologií a systémů jak zpřístupnit, tak současně i důkladně prozkoumat, tedy i získat veškeré informace týkající se nejen hmotné podstaty předmětů, ale i obsažených informací o životě v tehdejší starověké společnosti.

Poděkování

Projekt „Analýza, popis a archivace souborných informací o vlastnostech předmětů kulturního dědictví“ (č. DG 16P02M022) je řešen z prostředků účelové podpory poskytnuté z Programu aplikovaného výzkumu a vývoje národní kulturní identity (NAKI) Ministerstva kultury České republiky. Řešitelé touto cestou děkují Ministerstvu kultury ČR za možnost projekt uskutečnit.

Použité zdroje

- ARGYRIOU, Vasileios a PETROU, Maria. Chapter 1 Photometric Stereo: An Overview. In: *Advances in Imaging and Electron Physics*, 2009, vol. 156, s. 1–54.
- BERG, Ina. Looking through pots: recent advances in ceramics X-radiography. *Journal of Archaeological Science* [online]. 2008, vol. 35, no. 5, s. 1177–1188, ISSN 03054403 [cit. 20. 4. 2015]. Dostupné z: doi:10.1016/j.jas.2007.08.006.
- CARR, Christopher. Advances in ceramic radiography and analysis: Applications and potentials. *Journal of Archaeological Science* [online]. 1990, vol. 17, no. 1, s. 13–34, ISSN 03054403 [cit. 20. 4. 2015]. Dostupné z: doi:10.1016/0305-4403(90)90013-U.
- Cuneinform Digital Library Initiative (CDLI). Dostupné z: <http://cdli.ucla.edu/>.
- KOLEKTIV AUTORŮ. *Preventivní ochrana sbírkových předmětů*. Národní muzeum, Praha 2000. ISSN: 80-7036-129-8.
- LASENBY, Joan, LASENBY, Anthony, DORAN, Chris J. L. and FITZGERALD, William. J. New geometric methods for computer vision: An application to structure and motion estimation. *International Journal of Computer Vision*, 1997, 26, 3, s. 191–213.

PIERRET, Alain, et al. 3D reconstruction and quantification of macropores using X-ray computed tomography and image analysis. *Geoderma* [online]. 2002, vol. 106, no. 3–4, s. 247–271, ISSN 00167061 [cit. 20. 4. 2015]. Dostupné z: doi:10.1016/S0016-7061(01)00127-6.

Text Encoding Initiative [online]. [cit. 20. 4. 2015]. Dostupné z: <http://www.tei-c.org>.

UCHIDA, Etsuo, NIIKUMA, Daiki a WATANABE, Ryota. Regional Differences in the Chemical Composition of Cuneiform Clay Tablets. *Archaeological Discovery*, (October) 2015, 3, s. 179–207.

Univerzita Karlova v Praze. In: *Cuneiform Digital Library Initiative (CDLI)*. Dostupné z: http://cdli.ucla.edu/collections/prague/prague_cz.html.

VALVODA, Václav. *Základy krystalografie*. Praha: Státní pedagogické nakladatelství, 1982, s. 190.

WEISS, Zdeněk a KUŽVART Miloš. *Jílové minerály (jejich nanostruktura a využití)*. Praha: Univerzita Karlova v Praze, nakladatelství Karolinum, 2005. ISBN 80-246-0868-5.

Použité zkratky

SQL databáze (Structured Query Language) = standardizovaný strukturovaný dotazovací jazyk, používaný pro práci s daty;

HTTPS (Hypertext Transfer Protocol Secure) = nadstavba síťového protokolu http, umožňující zabezpečit spojení mezi klientem (webový prohlížeč) a serverem před zneužíváním dat nebo umožňující ověření identity protistrany;

PHP (Hypertext Preprocessor, pův. Personal Home Page) = skriptovací programovací jazyk, určený pro programování dynamických internetových stránek a webových aplikací;

VMWare = produkt společnosti VMWare, sloužící pro virtualizaci jednoho nebo více počítačů na jednom hostitelském stroji;

wrml (Virtual Reality Modeling Language) = jazyk pro popis virtuální reality;

Debian GNU/Linux je jednou z nejstarších dosud vyvíjených distribucí GNU/Linuxu, která je připravována množstvím dobrovolníků z celého světa; jedna z nejrozšířenějších linuxových distribucí;

iSCSI (Internet Small Computer System Interface) = síťový protokol umožňující připojovat úložný prostor (např. diskové pole) pomocí počítačové sítě;

EXT4 (Four Extended File System) = systém vyvinutý pro linuxové jádro;

sw = software.