

## Zpráva o projektu 3D skenování a fotografování v Národním muzeu Súdánu v Chartúmu<sup>1</sup>

*Lenka Suková – Vladimír Brůna – Jaroslav Kroužek – Vít Novotný – Petr Kabelka –  
Jan Hegrлік*

Na přelomu ledna a února 2010 uskutečnil Český egyptologický ústav FF UK v Praze ve spolupráci s Fakultou životního prostředí Univerzity J. E. Purkyně v Ústí nad Labem a se společnostmi INSET, s. r. o., a Emeran 1860, s. r. o., projekt 3D skenování a fotografování vybraných archeologických památek a sbírkových předmětů v Národním muzeu Súdánu v Chartúmu. Cílem tohoto pilotního projektu, uskutečněného v rámci multidisciplinárního výzkumu v Súdánu zahájeného na podzim 2009,<sup>2</sup> bylo mj. zjistit výhody a omezení 3D ručních skenerů při dokumentaci, archivování, prezentaci a ochraně kulturního dědictví (nejen) Súdánu.<sup>3</sup>

Pro účely projektu byly použity dva odlišné modely ručních 3D skenerů. První z modelů, *VIUscan™*, je nekontaktní samopolohovací 3D skener, který během snímání zaznamenává i barvu objektu a automaticky vytváří na polygonové síti barevnou texturu (RGB) v rozlišení až 250 dpi. Skener má dvě kamery a poskytuje rozlišení ve třech úrovních.<sup>4</sup> Druhý z modelů nekontaktních samopolohovacích 3D skenerů, *EXAscan™*, nabízí vysoký stupeň rozlišení a přesnost. Třetí kamera tohoto skeneru umožňuje snímat tvarově náročné 3D objekty s vyšší přesností, přičemž data získávají duální rozlišení závislé na složitosti tvaru. Vysoká přesnost a rozlišení jsou vyváženy absencí barvy v záznamu.<sup>5</sup>

Objekty pro 3D skenování byly předběžně vybrány na základě předchozích návštěv expozice Národního muzea Súdánu a pořízených fotografií již během příprav celého projektu v Praze. Pro zařazení do databáze musely předměty a objekty splňovat dvě hlavní kritéria. Všechny skenované objekty měly pro oba skenery představovat určitou výzvu a zároveň se řadit mezi atraktivní předměty ze sbírek, které by mohlo Národní muzeum Súdánu následně využít při své prezentaci. Předběžná databáze objektů a předmětů byla na místě aktualizována dle jejich dostupnosti – některé objekty a předměty byly mezitím zapůjčeny na výstavu do Paříže a nebyly k dispozici – a na základě zkušeností získaných během vlastního skenování.

Práce v Národním muzeu Súdánu v Chartúmu byly rozloženy do dvou týdnů. Skenování probíhalo ve výstavních prostorách v budově muzea, ale též ve venkovní expozici v prosklených pavilonech, které zastřešují staroegyptské chrámy, jež byly přemístěny do areálu muzea z Dolní Núbie zaplavené vodami Násirova jezera,<sup>6</sup> a v otevřené galerii nápisů. V době realizace projektu panovaly v Chartúmu poměrně vy-

soké teploty – kolem poledne dosahovaly až 40° C. Skenování objektů v prosklených pavilonech a v otevřené galerii nápisů tedy dále umožnilo otestovat fungování a omezení obou modelů 3D ručních skenerů ve vysokých teplotách a v prašném prostředí.

Dokumentace každého objektu pomocí 3D ručních skenerů zahrnovala následující kroky:

- 1) odstranění prachu a nečistot ze skenovaného povrchu;
- 2) umístění pozičních značek na skenovaný povrch/objekt, příp. umístění předmětů menších rozměrů na podložku s přednastavenými pozičními značkami;
- 3) vytvoření vlastního souřadnicového systému pomocí pozičních značek a skenovaného objektu;
- 4) vlastní skenování objektu (obr. 1 a 2), v případě modelu *VIUscan* někdy prováděné ve dvou fázích, kdy první skenování bylo provedeno ve vysokém rozlišení bez textury (barvy) a druhé skenování v nižším rozlišení a s texturou nastavenou na maximum;
- 5) odstranění pozičních značek.

Pro účely projektu byla zároveň pořizována nezbytná fotografická dokumentace jednotlivých objektů a probíhajících prací.

Během devíti pracovních dnů bylo naskenováno celkem sedmnáct objektů. Objekty byly skenovány buď jedním z modelů skeneru, nebo oběma modely ve spolupráci, příp. oběma modely zvlášť pro srovnání výsledných záznamů a vyhodnocení vhodnosti obou modelů k dokumentaci konkrétních typů předmětů. Mezi skenované předměty a objekty byly zařazeny:

- prostorové i plošné objekty (reliéfy);
- předměty různé velikosti – velké a střední objekty nebo povrchy i předměty menších rozměrů;



Obr. 1 Skenování fajánsové tabulky (amuletu) z Kurru, zobrazující tři božstva, pomocí skeneru VIUScan. Předmět menších rozměrů (7,4 × 8,8 × 0,7 cm) je umístěn na podložce s přednastavenými pozičními značkami. Na snímku je možné vidět skenovaný objekt, vlastní skenování i vytváření záznamu v počítači (foto J. Kroužek)



Obr. 2 Skenování žulového obelisku panovníka Pianchiho (747–716 př. Kr.) pomocí skeneru EXAscanner. Snímek zachycuje objekt s pozičními značkami skenovaný vybraným modelem a současně vytváření záznamu ze skenování v počítači (foto J. Kroužek)

- předměty z různých druhů materiálu (žula, kvarcit, pískovec, fajáns, kartonáž);
- předměty s odlišnou úpravou povrchu a texturou, např. jemný vystouplý reliéf s polychromií či bez polychromie, jemný zahloubený reliéf inkrustovaný barvou i bez inkrustace, velmi zahloubený reliéf hraničící s vázanou sochou atd.

Jedním ze skenovaných objektů byl pískovcový blok s reliéfem z Džebel Šejch Sulejmánu. Tento blok velkých rozměrů (max. v. 73,4 cm, max. š. 260 cm), který se původně nacházel na jižním svahu malého pískovcového kopce na západ od lokality Buhén-Jih v blízkosti 2. nilského kataraktu (Arkell 1950: 27–28), byl do Chartúmu přemístěn v souvislosti se zatopením Dolní Núbie vodami Násirova jezera. V současné době je umístěn v zahradní expozici muzea v otevřené galerii nápisů. Jedna strana tohoto bloku z velmi měkkého pískovce, do něhož je možné rýt i pouhým nehtem, nese svědectví o dobytí a ovládnutí Núbie starými Egypťany v různých obdobích staroegyptských dějin. Nejstarší a nejvýznamnější vrstvu na tomto bloku představuje scéna dokládající podmanění Dolní Núbie Egypťany v době formování staroegyptského státu (konec Predynastické doby, příp. počátek Raně dynastické doby).<sup>7</sup> Starší scénu doplňují a částečně překrývají hieratická *grafitta* ze Střední říše – jedná se o osobní jména, tituly a filiace staroegyptských úředníků, u nichž jména Antef, Mentuhotep a Sebekhotep naznačují úzké spojení s 11. dynastií – a rytiny zvířat, příp. dalších motivů. Ve střední části panelu byla starší scéna během pozdějšího využití bloku téměř zcela odstraněna vyhlazením povrchu.

Již od 40. let 20. století byl k dispozici překres starší scény (bez *grafitt* ze Střední říše a pozdějších období), který pro Anthonyho J. Arkella připravila Nina de Garis Daviesová na základě několika fotografií pořízených během noci za pomoci umělého osvětlení (Arkell 1950: 28–29).<sup>8</sup> Znovu a o něco přesněji scénu překreslil William Murnane v 80. letech 20. století. Podkladem k překreslení mu byly zvětšeniny Arkellových fotografií, jeho vlastní snímky detailů a poznámky a nákresy pořízené při vlastním studiu bloku (Murnane 1987: 282).

Během dokumentace pískovcového bloku pomocí 3D ručních skenerů byly na očištěný povrch objektu nejprve umístěny poziční značky a prvním skenováním definován vlastní 3D sou-

řadnicový systém. Celý pískovcový blok s reliéfem byl následně rozdělen do 14 krychlí o rozměrech 420 × 420 × 420 mm, přičemž 20 mm v každé krychli bylo ponecháno na překryv sousedních ploch, který je důležitý pro následné spojení („sešití“) jednotlivých krychlí dohromady. Reliéf byl nejprve zdokumentován oběma modely skenerů nastavenými na stejnou přesnost. Levá strana bloku (krychle A1, A2, B1, B2, C1 a C2) byla naskenována modelem VIUScan barevně (s texturou), pravá strana bloku (krychle D1, D2, E1, E2, F1, F2, G1, G2) byla skenována modelem EXAscanner bez textury. Po analýze záznamů z obou skenerů byla vybrána krychle E1, která byla následně zdokumentována modelem VIUScan s texturou nastavenou na maximum (250 dpi) a modelem EXAscanner za použití třetí kamery, která poskytuje vyšší přesnost (obr. 3).

Srovnáme-li záznam pořízený 3D ručními skenery, byť jen ve střední přesnosti a rozlišení, s přesnějším překreslem vytvořeným Williamem Murnanem na podkladě fotografií (obr. 4), všimneme si, že se překres na řadě míst odchyluje od naskenovaného záznamu, a tedy i originálu. Při překreslování z fotografií často dochází ke vzniku nepřesností způsobených zkreslením či deformováním plochy, jež se odvíjí od úhlu, z něhož je objekt fotografován, snímek je ovlivněn též použitým fotografickým vybavením, směrem a intenzitou světla apod. 3D ruční skenery v tomto směru umožňují přesnější dokumentaci (nejen) epigrafických památek, při níž výše uvedené problémy odpadají.

Oba modely 3D ručních skenerů jsou obecně velmi vhodné k různým účelům dokumentace v oblasti uchovávání kulturního dědictví, jako např. zobrazování uměleckých předmětů pro multimediální prezentace, virtuální muzea, digitální archivaci, výrobu replik pro komerční i marketingové účely, odhadování stupně poškození, restaurování kulturního dědictví, virtuální restaurování, 3D rekonstrukce archeologických/historických lokalit a skenování fosilií pro účely analýz. Na základě zkušeností s uplatněním obou modelů v rámci projektu 3D skenování v Národním muzeu Súdánu v Chartúmu, kdy se jednalo o jedno z prvních použití této technologie v Súdánu,<sup>9</sup> je možné předběžně shrnout přednosti a nedostatky obou modelů skenerů následovně:

Obr. 3 Částečně zpracovaný výstup ze skenování pískovcového bloku s reliéfem z Džebel Šejch Sulejmánu. Levá polovina objektu byla skenována modelem VIUScan a pravá polovina modelem EXAscan nastavenými na střední stejnou přesnost. Vybraná krychle E1 byla následně zdokumentována VIUScan s texturou nastavenou na maximum (250 dpi) a modelem EXAscan za použití třetí kamery, která poskytuje vyšší přesnost. Na snímku je vidět umístění krychle E1 i rozdíl mezi střední a maximální přesností u záznamu z modelu EXAscan



EXAscan dovoluje dosáhnout vyšší přesnosti za použití třetí kamery, kterou je možné pro méně náročné úlohy vypnout. Nevýhodou dokumentace pomocí všech tří kamer je její časová náročnost, velký objem dat a snímání textury povrchu i s pozičními body, které je nutno během dalšího zpracování eliminovat.

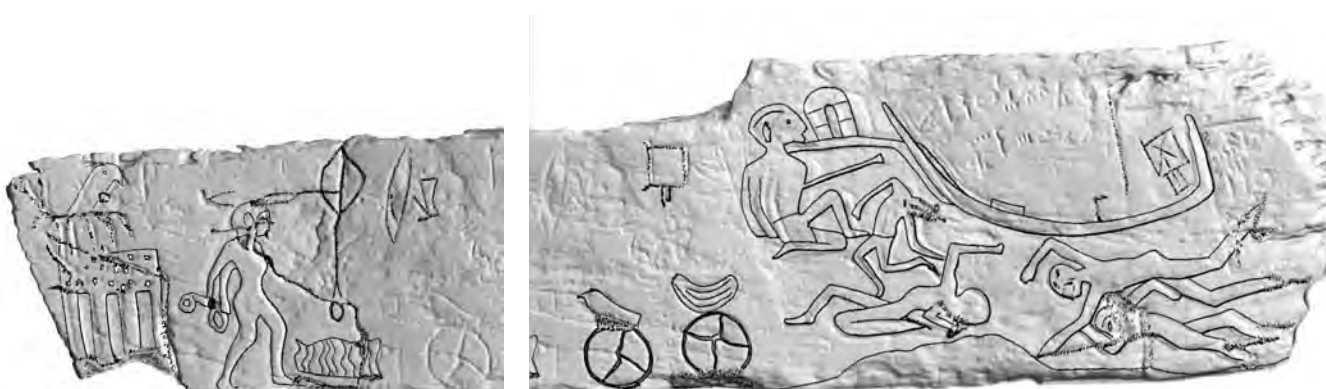
VIUScan, jenž pracuje se dvěma laserovými kamerami a disponuje třetí, samostatnou kamerou pro záznam textury (až na 250 dpi), přináší posun výsledků skenování, jež jsou kvalitnější právě díky záznamu barevnosti a textury. Získávaná rastrová data však mají opět větší objem, s čímž je nutné počítat při rozvrhování jednotlivých částí skenování.

Během dvoutýdenního projektu 3D skenování v Súdánu se podařilo vytvořit a postupně zdokonalit metodologii dokumentace památek pomocí 3D ručních skenerů, která bude využita v budoucích projektech v Súdánu, Egyptě i v České republice. Dále byla úspěšně ověřena možnost kombinace obou typů skenerů pro dosažení lepších výsledků dokumentace, především pokud jde o spojení záznamu ze skeneru s vysokou přesností a záznamu ze skeneru s texturou. Navíc bylo otestováno fungování obou modelů v náročných podmínkách – ve velmi prašném prostředí a při vysokých teplotách, v nichž oba modely obstály.

Velké množství dat, jež byla získána v průběhu dvoutýdenního projektu 3D laserového skenování v Národním muzeu Súdánu v Chartúmu, se v současné době zpracovává a vyhodnocuje. Výsledky celého projektu, spolu s podrobnějším zhodnocením výhod a nevýhod obou modelů v různých oblastech ochrany kulturního dědictví, budou prezentovány po skončení zpracování dat.

#### Poznámky:

- <sup>1</sup> Projekt 3D skenování a fotografování v Národním muzeu Súdánu v Chartúmu byl financován z prostředků vědecko-výzkumného záměru Českého egyptologického ústavu FF UK v Praze (projekt č. MSM 0021620826, dílčí úkol č. IXa), z prostředků Fakulty životního prostředí Univerzity J. E. Purkyně v Ústí nad Labem a ze soukromých zdrojů (společnosti INSET, s. r. o., a Emeran 1860, s. r. o.).
- <sup>2</sup> Více informací o multidisciplinárním výzkumu Českého egyptologického ústavu FF UK v Praze, Fakulty životního prostředí UJEP v Ústí nad Labem a dalších institucí a partnerů v Súdánu viz <http://sudan.geolab.cz/>.
- <sup>3</sup> Podrobná zpráva o projektu 3D skenování viz Suková et al. (2010). Další informace viz též Brůna – Suková (2010).



Obr. 4 Překres, jež pořídil William Murnane (1987), přiložený na částečně zpracovaný výstup ze skenování reliéfu z Džebel Šejch Sulejmánu

- <sup>4</sup> Skener VIUscan pro účely projektu zapůjčila firma SolidVision, s. r. o., zastoupená ing. Věrou Fišerovou ([www.solidvision.cz](http://www.solidvision.cz)).
- <sup>5</sup> Pro technické parametry obou modelů viz <http://www.handyscan.cz/popis/technicke-informace.html>.
- <sup>6</sup> Jedná se o chrám královny Hatšepsuty v Buhénu, Chnumův chrám z Kummy (Semna-Východ), chrám boha Deduna a panovníka Senusreta III. ze Semny (Semna-Západ) a chrám Ramesse II. z Akši.
- <sup>7</sup> Arkell (1950: 29) považoval tuto scénu za doklad dobytí Dolní Núbie třetím panovníkem 1. dynastie, Džerem. Při přiřazení tohoto dokumentu uvedenému panovníkovi chybně považoval pozdější rytinu antilopy, překrývající část palácového průčelí a sokola vyobrazeného na serechu, za jméno tohoto panovníka. Podrobnější studium této památky (např. Murnane 1987) Arkellovo datování vyvrátilo – serech vyobrazený v levé části scény je prázdný, tj. neuvádí jméno žádného panovníka.
- <sup>8</sup> Sám Arkell se zmiňuje o obtížích spojených s vytvářením složeného překresu z několika fotografií, jež byly pořízeny za pomoci umělého osvětlení a na nichž mění se světlo způsobuje, že stejný prvek vypadá na jednotlivých fotografiích velmi různě (Arkell 1950: 28). Vyfotografovat blok kvalitně za denního světla bylo na jeho původním místě takřka nemožné. Se stejným problémem se potýkala i naše expedice u současného umístění bloku v galerii nápisů.

- <sup>9</sup> Dosud zde byly použity pouze 3D laserové geodetické skenery: v roce 2008 zdokumentovala expedice Univerzity v Kolíně nad Rýnem pomocí laserového skeneru RIEGLS LMS-Z420i pouštní pevnost Gala Abú Ahmed a její okolí a v roce 2009 byl v rámci projektu Zamani pomocí 3D laserového skeneru Leica HDS 300 naskenován Lví chrám a Velká ohradní zeď rozsáhlého chrámového komplexu v Musawwarat es-Sufra. Více informací o projektu Zamani viz [www.zamani-project.org/](http://www.zamani-project.org/).

#### Literatura:

- Arkell, Anthony J.: 1950 „Varia Sudanica“, *Journal of Egyptian Archeology* 36, s. 24–40.
- Brůna, Vladimír – Suková, Lenka: 2010 „Využití 3D ručního skeneru při dokumentaci archeologických památek v Súdánu“, (příspěvek přednesen na konferenci *Počítačová podpora v archeologii IX* konané ve dnech 19. a 20. května 2010 v Litomyšli).
- Murnane, William J.: 1987 „The Gebel Sheikh Suleiman Monument: Epigraphic Remarks“, in: Williams, Bruce – Logan, Thomas J. „The Metropolitan Museum Knife Handle and Aspects of Pharaonic Imagery Before Narmer“, *Journal of Near Eastern Studies* 46, s. 282–285.
- Suková, Lenka – Brůna, Vladimír – Kroužek, Jaroslav – Novotný, Vít – Kabelka, Petr – Hegrlík, Jan: 2010 „Report on the 3D-scanning and Photography Project, National Museum of the Sudan, Khartoum“, *Studia Oecologica* (v tisku).