

MASARYKOVA UNIVERZITA

FAKULTA INFORMATIKY



Archimedes Palimpsest

URL: <http://archimedespalimpsest.net/>

Projekt PV070

Běla Šebestová

UČO: 438641

Brno, 3. ročník B-FI PLIN, 1. 12. 2016

Obsah

1	Úvod.....	2
2	Cíle projektu.....	2
3	Popis projektu a jeho výsledků.....	2
3.1	Podoba Archimédových spisů	2
4	Postupy, metody	3
4.1	Výzkum na počátku 20. století	3
4.2	Výzkum na přelomu 20. a 21. století	3
4.2.1	Rekonstrukce	3
4.2.2	Optické snímání rukopisů.....	4
4.2.3	Snímání chemického složení rukopisů	4
5	Výsledky výzkumu.....	4
6	Poskytnutá data	5
7	Hodnocení projektu a jeho přínos	5
8	Metadata	6
9	Zdroje	7

1 Úvod

Archimedes Palimpsest je rozsáhlá databáze snímků středověkého palimpsestu, jehož obsahem jsou věrné přepisy myšlenkových postupů Archiméda ze Syrakus. Ohořelý plísni postižený rukopis se badatelům podařilo zrekonstruovat a zdigitalizovat během deseti let. Snímky a přepisy folií byly poprvé zveřejněny v říjnu roku 2008. Další data byla doplněna v roce 2011 [1].

2 Cíle projektu

Jedním z hlavních cílů projektu je dlouhodobé uchování dat, která se podařila nashromáždit týmu vědců zabývajících se Archimédovým palimpsestem. Předpokládá se, že v budoucnu by mohlo mít lidstvo vyspělejší techniku či rozsáhlejší znalosti, a tak bude moci palimpsest nadále zkoumat [2]. Snímky originálního rukopisu jsou přístupné v online digitální podobě pod licencí Creative Commons [3]. Každý, kdo má připojení k internetu, smí zdarma do dokumentů nahlédnout, případně jimi podložit svá bádání.

3 Popis projektu a jeho výsledků

Vedoucím výzkumu se stal William Noel, kurátor rukopisů a vzácných knih v Muzeu umění v Baltimoru. Jeho hlavním spolupracovníkem se stal Reviel Netz, profesor antické vědy na Stanfordské univerzitě, znalec Archimédova díla a editor projektu [2]. K dílčím problémům byli přizváni experti z celého světa.

3.1 Podoba Archimédových spisů

Než začneme popisovat postup práce, musíme objasnit, co označení „palimpsest“ znamená, jakým způsobem byl vyroben palimpsest Archimédův a v jakém stavu byl v době, kdy ho badatelé začali zkoumat.

Palimpsestem se obecně nazývá starověký či středověký rukopis na pergamenu, ze kterého byl seškrábán původní text. Nedokonalé vybělení způsobovalo, že novým rukopisem text původní viditelně prostupoval [4].

Archimédův palimpsest je středověký rukopis přepsaný podle papyrů z druhého století př. Kr. [5] Tvoří jej 174 pergamenových listů [6]. Název rukopisu je zavádějící, neboť kromě Archimédových pojednání jsou jeho součástí také promluvy rétora a politika Hyperida ze 4. stol. př. Kr., komentář k Aristotelovým *Kategoriím*, typ liturgických knih zvaný *Ménaion* a sbírka hagiografických textů [7].

V rámci projektu se však badatelé zaměřili primárně na sedm Archimédových spisů *kodexu C*¹ (*O rovnováze rovinných těles, O spirálách, Měření kruhu, O kouli a válci, O plovoucích tělesech, Metoda, Stomaichon*). Největší význam pro nové chápání Archiméda mají tři poslední zmíněná pojednání, neboť neexistují v žádném jiném opisu a vědci se s nimi setkali poprvé [6].

Nejmarkantnějším problémem pro výzkum byl fakt, že se Archimédovy texty nacházely právě ve spodní, seškrábané vrstvě. Pouhým okem viditelnou vrstvu tvoří text řecky psané

¹ kodex A a kodex B zmizely během 14. a 16. století [2]

modlitební knihy z roku 1229 [8]. Z původního kodexu seškrábal písař text, rozřízl a ohnul listy, čímž vznikla kniha o poloviční velikosti [9]. Málo zřetelné Archimédovo písmo se tudíž ocitlo ve dvou sloupcích kolmých na křesťanský text [10]. Po staletí byla kniha skladována a používána v Konstantinopoli a přestála i požáry doprovázející křížové výpravy.

V průběhu 20. století se rukopis značně poškodil. Část páteře někdo přilepil těžko odstranitelným lepidlem [8], zmizela tři folia [6], některá další pokryla plíseň. Nejmarkantnějším zásahem byly výrazné ilustrace – padělky, jež někdo s touhou zvýšil cenu rukopisu zanesl roku 1929 do palimpsestu, nevěda, že se v knize nacházejí i cenné Archimédovy texty. Aby docílil efektu středověkých obrázků, pomocí vpichů folia ještě více zdeformoval [10].

4 Postupy, metody

Rukopis byl během 20. století zkoumán dvakrát. K prvnímu výzkumu nebyl dostatek technických prostředků, neboť se odehrál na počátku století [11]. Jeho výsledky (byť některé chybné) však byly hodnotné a vědci je využili v mnohem rozsáhlejšími bádání druhém, jehož výstupem jsou právě dokumenty zveřejněné v digitální podobě.

4.1 Výzkum na počátku 20. století

V roce 1906 našel Johan Ludvig Heiberg palimpsest v istanbulsém chrámu [12]. Právě on po přečtení několika řádků jako první usoudil, že text pochází od Archiméda. Z fotografických snímků *Metody* se pokusil text rekonstruovat. Kromě Archimédových odpovědí na výpočty objevil také do té doby neznámé myšlenkové postupy [10]. Studium palimpsestu musel přerušit kvůli světové válce, pouze v letech 1910 a 1915 zařadil svá zjištění do nových vydání děl Archiméda [6].

4.2 Výzkum na přelomu 20. a 21. století

Rukopis se na čas ztratil. Roku 1998 se ho rozhodla vydražit francouzská rodina, která ho prý vlastnila od 30. let 20. století. Přes pochybnosti církve, že rukopis je kradený, se ho podařilo prodat anonymnímu sběrateli. Byl natolik vstřícný, že dílo propůjčil badatelům z Muzeu umění v Baltimoru [10] a po další roky sponzoroval i jejich práci, jež započala v roce 2000 [8]. Mohl se též podílet na rozhodování, jaký bude postup zpracování rukopisů [2].

Vědci zjistili, že některé stránky nebyly Heibergem vyfotografovány a že neopisoval z folií vše [6]. Díky němu však už počítali s tím, že drží v rukou významný artefakt, který odhaluje, že se Archimédes blížil moderní matematické analýze [2]. Byli motivováni k jeho podrobnému prozkoumání.

4.2.1 REKONSTRUKCE

Poničený materiál bylo nutno zrestaurovat. Práce se během let 2000–2004 ujala konzervátorka Abigail Quandt. Vyňala listy z vazby, čímž odhalila Archimédovo písmo skryté v ohybech [10]. Nakreslila mapy poškození, poté opravila natržené části, odškrábala nečistoty a seškrábané zbytky popisovala a ukládala. Každému foliu přidělila

zprávu o stavu, návrh na péči a protokol k manipulaci. Folia ukládala na speciálně upravené podložky, aby se dala dobře snímat [2]. Kanadský konzervační institut potvrdil, že pergamen je dostatečně stabilní pro další výzkum [8].

4.2.2 OPTICKÉ SNÍMÁNÍ RUKOPISŮ

Přes kvalitní práci konzervátorky byl materiál stále v horším stavu než na počátku 20. století. K rozluštění písma už nestačily obyčejné snímky z fotoaparátu a zvětšovací sklo. Badatelé experimentovali se zdroji světla při fotografování, až přistoupili k optické metodě tzv. multispektrální analýzy obrazu založené na absorpci a reemisi světla.

Využili počítačové zpracování snímků pořízených pod světlem různé vlnové délky (viditelné, UV, IR světlo). Ze seškrábaného textu se odráželo světlo jinak než z textu na povrchu (inkoust pohlcoval fotony), a proto se mezi písmi vytvářel větší kontrast. Vědci v počítači pokládali snímky v různých kombinacích na sebe a vytvářeli obrázky v tzv. „nesprávných barvách“ (angl. pseudocolor), aby dosáhli co největší čitelnosti vyškrábaného textu [2].

4.2.3 SNÍMÁNÍ CHEMICKÉHO SLOŽENÍ RUKOPISŮ

Optickou metodou nebylo možné rozpoznat písmo pod padělanými obrázky ani poškozené první folio studie *Plovoucí tělesa*. Badatelé přešli k metodě rentgenového záření, které nerozeznává barvu, ale chemické složení folií. Využili předpokladu, že rentgen pronikne až k zakrytému železnému inkoustu [2]. Pro získání lepšího signálu zvolili měření rentgenové fluorescence (XRF). Skenováním získali mapy jednotlivých prvků na foliích, a tak mohli vytvořit i mapu železa, které bylo obsaženo ve zkoumaném písmu. Rentgen bohužel pronikal skrz pergamen, tudíž zobrazoval písmo z obou stran folia. Na mapě železa se pak překrývaly čtyři texty a to dělalo čtení obtížnějším. Problém vyřešili badatelé algoritmem, který využil rozdílné intenzity textu na přední a zadní straně a texty zobrazil v odlišné barvě [11].

Nejprve použili vědci mikrorentgenový fluorescenční snímkovací přístroj firmy EDAX, pro úsporu času pak přešli ke stroji s vyšší energií – stanfordskému elektron-pozitronovému urychlovacímu prstenci (SPEAR), který je součástí Stanfordského střediska lineárního urychlovače v Kalifornii. Využili synchrotronového rentgenového paprsku, který vzniká, když se elektrony pohybují blízko rychlosti světla. Jeho paprsek je intenzivní a všechny fotony míří stejným směrem. V roce 2007 díky němu rozluštili folia, která neodhalily snímky v nepravých barvách [2].

5 Výsledky výzkumu

Rozpoznávání textu probíhalo už od počátku celého výzkumu. Archimédes v textu nepoužíval algebraické symboly – vše popisoval přesnými jazykovými formulacemi. Nebylo možné přeložit do angličtiny slovo za slovo, a tak badatelé museli přemýšlet, co mohl Archimédes říci, a až to uplatňovali na luštění textu [12].

Jak již bylo zmíněno výše, Archimédes vědce ohromil zvláště svými myšlenkovými postupy, jež v ostatních jeho dílech nebyly uvedeny. Jeho genialita se nyní potvrdila i diagramy, které Heiberg při svém výzkumu přehlížel. Archimédes k výpočtům používal

potenciální nekonečno, jako by byl vědcem moderní doby – v *Metodě* počítal objem nepravidelného tvaru tak, že jej rozdělil na potenciálně nekonečné množství řezů [10]. Ve spisu Stomaichon se Archimédes zabýval hrou, která se zakládá na skládání rozličných obrázků z dřivek různých tvarů – svým postupem řešení všech možných seskládání čtverce položil základy kombinatoriky [2].

6 Poskytnutá data

Výsledkem výzkumu je 6797 digitálních snímků a 130 stran transkripcí palimpsestů [13]. V roce 2008, tedy deset let po dražbě, byla data z výzkumu zpřístupněna pod licenci Creative Commons. Dostupný je jak text vyškrábaný, tak církevní text, který matematické úvahy nahradil.

Při tvorbě databáze byla snaha využít osvědčené standardy. Ke každému ze snímků existuje 109 datových údajů [14]. což je opravdu velký objem dat. Díky srozumitelným metadatům lze lépe přiřazovat snímky k jejich transkripcím. S využitím *Dublin Core Metadata Element Set* vyvinul tým standard *Archimedes Metadata Standard* pro obrázky, snímky XRF mají sadu dalších metadatových rozšíření. Anotace prepisů mají také svůj standard – *Transcription Annotations Metadata Standard* [15].

Kdybychom měli popsat všechny dostupné dokumenty, nestačil by nám ani celý rozsah eseje, proto uvedeme pouze výběr z nich. Pro lepší orientaci poslouží uživateli kmenový adresář, kde je přehledný seznam všech souborů. V datovém adresáři nalezne uživatel utříděné snímky pořízené pod různým světlem v různých formátech (jpg, md5, tif, xmp) a nechybí ani snímky Heibergových fotografických zdrojů. Ve složce *Supplements* se nacházejí prepisy textů, které tým badatelů kódoval do XML a ve složce *researchContrib* se nacházejí mimo jiné Archimédovy diagramy vykreslené na počítači. Interní a externí dokumenty obsahují metadatové standardy, slovník metadat či specifikace. Dále jsou veřejnosti přístupné údaje o objemech dat nasbíraných v tom kterém roce a o jejich objemu po zpracování, informace o použitém softwaru multispektrální analýzy (např. jmenuje se Archie, je psán v jazyce C a je určen pro provoz v UNIXu) a další podobné soubory [16].

HODNOCENÍ PROJEKTU A JEHO PŘÍNOS

Když jsem hledala podkladové materiály pro tuto práci, nemohla jsem si nevšimnout nadšení badatelů pro tento projekt. Jednalo se o výjimečnou digitalizaci, protože s prací s takto velkým objemem starých a poškozených rukopisů neměl do té doby nikdo zkušenost. V první řadě tedy považuji projekt digitalizace za významný mezník v průzkumu, protože byly teprve objeveny metody zkoumání podobných dokumentů a mohou se jimi inspirovat badatelé v dalších projektech. Zpracované snímky vyšly i jako nejstarší kniha v *Google Books*.

Výsledky projektu byly samozřejmě významné i pro matematiky a fyziky, protože se dostali k důkazu, jak moc Archimédes předběhl vlastní dobu. Na některé jeho myšlenky musel přijít někdo jiný o několik století později, vývoj matematiky se neznalostí Archimédových myšlenek zdržel.

Jedině díky digitalizaci může palimpsest přežít do další generace, protože originální rukopis už není v dobrém stavu. Navíc ze samotného rukopisu by badatel sotva něco přečetl. Zveřejněním snímků na veřejnosti se zvyšuje šance, že se někdo přidá a přinese třeba nový úhel pohledu na výzkum. Soubory se snímky jsou logicky popsány, a tak se v nich dá vyhledávat relativně snadno.

Závěrem bych dodala, že tým badatelů kromě rozsáhlé databáze vytvořil i internetové stránky, na nichž se zájemci o problematiku Archimédových palimpsestů mohou dočíst podrobnější popisy výzkumných metod. Vznikla i řada videí a dokumentů, ve kterých svoje poznatky prezentují přímo členové týmu. Reviel Netz a William Noel vydali knihu *Archimédův kodex*, ve které se snaží výzkum popsat nejen odborným, ale zčásti i beletristickým způsobem. Četla jsem českou verzi knihy, kde mi tento způsob nevyhovoval – je možné, že originál by anglický rodilý mluvčí ohodnotil lépe. Česká verze nebyla dostatečně zkorigovaná a měla jsem pocit, že překlad byl mnohdy málo odborný. Změnila bych i strukturu kapitol.

7 Metadata

<dc:title>Archimedes Palimpsest</dc:title>

<dc:creator>Běla Šebestová</dc:creator>

<dc:subject>Archimédův palimpsest</dc:subject>

<dc:description>Esej pojednává o databázi Archimedes Palimpsest a o výzkumu, který zveřejnění digitalizovaných snímků předcházela.</dc:description>

<dc:date>2016-12-01</dc:date>

<dc:type>Text</dc:type>

<dc:format>public</dc:format>

<dc:identifier><http://archimedespalimpsest.net/></dc:identifier>

<dc:language>cz</dc:language>

8 Zdroje

- [1] Scholarship. In: *The Archimedes Palimpsest* [online]. [cit. 2016-12-01]. Dostupné z: <http://archimedespalimpsest.org/about/scholarship/>.
- [2] NETZ, Reviel a William NOEL. *Archimedův kodex*. Praha: Deus, 2008. ISBN 978-80-87087-30-5.
- [3] The Digital Archimedes Palimpsest. In: *The Archimedes Palimpsest* [online]. [cit. 2016-12-01]. Dostupné z: <http://archimedespalimpsest.org/digital/>.
- [4] LEDERBUCHOVÁ, Ladislava. *Průvodce literárním dílem: výkladový slovník základních pojmů literární teorie*. Jinočany: H & H, 2002. ISBN 8073190206.
- [5] Archimedovy nově objevené rukopisy: Matematika v hlavě génia. In: *Objective Source E-Learning* [online]. [cit. 2016-12-01]. Dostupné z: <http://www.osel.cz/9115-archimedovy-nove-objevene-rukopisy-matematika-v-hlave-genia.htm>.
- [6] About the Archimedes Palimpsest. In: *The Archimedes Palimpsest* [online]. [cit. 2016-12-01]. Dostupné z: <http://archimedespalimpsest.org/about/>.
- [7] NETZ, Reviel. *The works of Archimedes: translated into English, together with Eutocius' commentaries, with commentary, and critical edition of the diagrams*. New York: Cambridge University Press, 2004.
- [8] HALAS, Zdeněk. *Metoda*. Praha: MATFYZPRESS, Vydavatelství Matematicko fyzikální fakulty v Praze, 2012. ISBN: 978-80-7378-228-3. Dostupné z: <http://dml.cz/dmlcz/402378>.
- [9] The History of the Archimedes Manuscript. In: *The Archimedes Palimpsest* [video online]. [cit. 2016-12-01]. Dostupné z: <http://archimedespalimpsest.org/about/history/index.php>.
- [10] TUCKER, Liz. HORIZON - Archimedes' Secret (Discovery History Documentary) [video online]. [cit. 2016-12-01]. Dostupné z: <https://www.youtube.com/watch?v=d12qObVIGMA>.
- [11] BERGMANN, Uwe. *X-Ray Fluorescence Imaging of the Archimedes Palimpsest: A Technical Summary* [online]. [cit. 2016-12-01]. Dostupné z: http://www.slac.stanford.edu/gen/com/images/technical%20summary_final.pdf.
- [12] Inside the Archimedes Palimpsest. In: *PBS* [online]. [cit. 2016-12-01]. Dostupné z: <http://www.pbs.org/wgbh/nova/physics/inside-archimedes-palimpsest.html>.
- [13] Applying DCMI Elements to Digital Images and Text in the Archimedes Palimpsest Program In: *Metadata for Semantic and Social Application* [online]. [cit. 2016-12-01]. Dostupné z: <https://www.cis.rit.edu/~cnspci/references/theses/phd/walvrood2008.pdf>.
- [14] The Digital Archimedes Palimpsest. In: *The Archimedes Palimpsest* [online]. [cit. 2016-12-01]. Dostupné z: <http://archimedespalimpsest.org/digital/>.
- [15] Archimedes Palimpsest Metadata Standard. In: *The Archimedes Palimpsest* [online]. [cit. 2016-12-01]. Dostupné z: <http://archimedespalimpsest.org/digital/documentation.php>.
- [16] The Archimedes Palimpsest [online]. [cit. 2016-12-01]. Dostupné z: <http://archimedespalimpsest.net/>.