

Tajemství pyramid očima fyzika

D. Vít*, M. Tichý**

Fakulta jaderná a fyzikálně inženýrská, Břehová 7, 115 19 Praha 1

*dominik.vit@gmail.com, **michal.tichy@skaut.cz

Abstrakt

Obsahem našeho projektu je stavba Cheopsovy pyramidy. Na základě faktografických údajů jsme zkoumali, zda byli Staří Egypťané schopni této stavby pomocí konvenčních metod, které vycházejí z teorií dnešních egyptologů. Po konzultaci s odborníkem, ředitelem kamenictví v Teplících nad Metují, jsme došli k závěru, že Egypťané nemohli při opracování kamenů, za použití primitivních měděných nástrojů, což vychází z teorií egyptologů, dosáhnout tak velké přesnosti a výkonnosti. Dále jsme pomocí experimentů a výpočtů zjistili, že pro tahání kamenů po poušti je z dostupných technik nejvhodnější použít dřevěných saní na dřevěných kolejničích. Za pomoci této metody, za předpokladu tahání kamenů na pyramidu po stěně již postavené části a dle Herodotova časového údaje 23 let jsme vypočetli odhad 776 dělníků potřebných pro stavbu této pyramidy. Odhad ovšem uvažuje pouze tahající dělníky. Navíc standardní teorie nevysvětlují manipulaci s kameny, techniky stavby, použité materiály a účel stavby.

1 Úvod

Velká pyramida v Gíze, jedna z nejstarších a nejvyšších staveb světa, ohromuje lidstvo již po tisíciletí. Přestože o ní již bylo napsáno mnoho publikací, stále se vědci nedokáží shodnout na mnoha otázkách týkajících se stavby tohoto divu světa. Cílem našeho projektu bylo na základě logických úvah, fyzikálních zákonitostí, zkušeností odborníků a vlastních experimentů vyvrátit či potvrdit všeobecně uznávané konvenční teorie egyptologů. Pro představu o velikosti stavby, uvedeme základní parametry Cheopsovy pyramidy. Podstava pyramidy je 230.38x230.38 m, výška je 146.5 m, hmotnost 6.5 miliónů tun. Pyramida je postavena z 6.5 miliónů bloků kamene o průměrné hmotnosti tuny, sklon vnějších stěn je $51^{\circ}21'$.

2 Opracování kamene

Chceme-li se zabývat metodami použitými pro stavbu Velké pyramidy, musíme začít od samého začátku, tedy lámání a opracování kamene. Abychom dokázali, co z toho, co tvrdí egyptologové, bylo možné, budeme porovnávat jednotlivé fáze zpracování s dnes běžně používanými postupy, konkrétně pak s činností v kamenictví v Teplících nad Metují.

Konvenční teorie tvrdí, že Egypťané používali k lámání kamene vrbové proutky, které strčili do vyvrtných děr, zalili je vodou a nechali bobtnáním roztrhnout skálu. Samotný princip roztažnosti se využívá dodnes s vápennými směsmi. Jedná se ovšem o doplňující metodu k trhavinám a strunovým či pásovým pilám. Navíc je stěží představitelné, že by do pískovce, či spíše tvrdé žuly, vrtali díry měděnými vrtáky poháněnými lidskou silou.

Co je zajímavější a zdokumentované, je, s jakou přesností jsou některé kameny na pyramidě opracovány. Uvádí se odchylka od rovinnosti 0,025 cm/blok, což je v porovnání s dnešním standardem 1 cm/blok nepředstavitelná hodnota, zvláště uvažíme-li domnělá měděná dlátka a kladiva. S takovými nástroji je nemožné dosáhnout takové přesnosti ani rychlosti opracování. Dnes se za použití elektricky poháněných pilových katrů se pískovce řezá rychlostí 60 cm/h, přičemž diamantem osázené zuby pily je třeba měnit jednou za 2 až 3 týdny. Na pyramidě jsou také v žulových blocích nalezeny stopy a zbytky po vrtání na jádro. To je metoda, kdy je za použití dutého válcovitého vrtáku vyvrtána širší díra a zbyde válcovité jádro.

Největší zakázka teplického kamenictví bylo 24 tunové sousoší géniů pro Národní muzeum, u větších zakázek by nebyli schopni manipulace ani dopravy. Na Velké pyramidě byly s přehledem použity žulové bloky o hmotnostech až 50 tun.

3 Stavba pyramid

Po opracování kamene bylo potřeba bloky dopravit no místo stavby. Podle výzkumu egyptologů se používala lodní doprava, protože kamenné lomy se nacházeli na pobřeží Nilu. Svědčí o tom i fakt, že se v řece v blízkosti lomů našly kusy opracovaných bloků. Přeprava po Nilu byla ovšem velmi náročná. Vzdálenost lomů od místa stavby byla až 943 kilometrů a přeprava probíhala za téměř stálého severozápadního protivětru. Podle egyptologů je proto pravděpodobné, že plavidla sloužící k přepravě materiálu byla tažena dělníky.

Po dopravení materiálu po Nilu bylo potřeba kamenné bloky přemístit na místo stavby, které bylo vzdálené asi 500 metrů s převýšením asi 50 metrů. Metod možných k přepravě kamenů po poušti je několik. Jistě staří Egyptané nevyužívali zvířata, protože kůň i tur byly domestikovány až o mnoho století později. Asi nejprimitivnější a zároveň nejméně účinná metoda je tahání kamene po suchém písku, kdy je tření velmi vysoké a bloky se do písku boří. Při použití dřevěných sáněk se tření znatelně sníží a některé malby v pyramidách potvrzují, že tato metoda byla při nejmenších v této době ve Starém Egyptě známa. Zde je hodnota součinitele smykového tření přibližně 0,54. Pokud se písek polévá vodou, tření se sníží asi na 0,33. Je ovšem důležité, jaké množství vody se použije na jednotku plochy, při překročení této hranice se tření opět zvyšuje. K této činnosti by byl jistě potřeba kvalifikovaný dělník. Této teorii nahrává fakt, že se v jedné z pyramid našla malba, kde na dřevěných sáňkách tažených dělníky stojí muž s nádobou. Poslední z možných metod je použití k dřevěným sáňkám dřevěných kolejniček. V tomto případě je součinitel smykového tření asi 0,3. Položili jsme si otázku, zda mohli Egyptané přijít na tyto metody a proto jsme udělali jednoduchý experiment za pomoci snadno dostupného materiálu. I za těchto primitivních podmínek bylo patrné snížení tření při daných metodách transportu.

Tahání bloků na již postavenou část pyramidy nejspíše probíhala po stěně pyramidy, kde na vrchu postavené části pyramidy byla primitivní kladka, přes kterou bylo přetažené lano, za které táhli dělníci, čímž se využívala ke snížení potřebné síly vlastní váha tahačů.

4 Odhad potřebné pracovní síly

Pro odhad budeme předpokládat, že materiál je již přivezen na břeh Nilu a stavba trvala, jak tvrdí historické prameny, 23 let. Dělníci tedy musí překonat délku 500 a převýšení 40 metrů, a poté postavit samotnou pyramidu. Pro odhad jsme vycházeli ze zákonů dynamiky. Předpokládaná síla vyvolaná dělníkem je asi 117 newtonů a jeho průměrný denní výkon při 8 hodinách práce je 100 wattů. Nejprve jsme spočítali čistě energetický odhad, tedy potřebnou potenciální energii k přemístění všech bloků do těžiště pyramidy. Z tohoto hlediska by bylo potřeba přibližně 300 dělníků. V dalším odhadu počítáme s třecí silou, kterou musí dělníci překonat při transportu a poté i při samotné stavbě. U té jsme brali v potaz i fakt, že při transportu kamene na již postavenou část pyramidy Egyptané využívali i své vlastní váhy ke snížení potřebné síly k rozpočívání bloku. Využili jsme hodnoty součinitelů smykového tření pro jednotlivé metody transportu a porovnali, kolik pracovních sil bylo potřeba. Při tahání sání, na kterých byly bloky přepravovány, po suchém písku by bylo na stavbu potřeba přibližně 1155 dělníků. Pokud by dělníci správně zavlažovali písek, snížil by se potřebný počet dělníků na 823. Neefektivněji vycházel odhad při použití dřevěných sání, tedy 776 dělníků. Z těchto odhadů se teda zdá stavba pyramidy realizovatelná i pro Staré Egyptany. Je tu však ještě mnoho aspektů, které zůstávají záhadou a dělají tuto stavbu neproveditelnou.

5 Nezodpovězené otázky

I přes teoretickou proveditelnost stavby z hlediska metody tahání, dopravy či počtu potřebných dělníků, tvrzením egyptologů odporuje mnoho často přehlížených faktů, které zásadně popírají primitivnost egyptského národa. Proč byl vybrán granit jako materiál pro stavbu Královy a Královniny komory a proč jsou bloky takových rozměru? Proč je Králova komora viditelně poškozena neznámou vnější silou, která způsobila několik centimetrů široké praskliny stropu, zatímco zbytek pyramidy zůstal zřejmě ušetřen? Proč jsou některé kameny v interiéru opracovány zcela nedbale a hrubě, zatímco jiné vykazují neuvěřitelnou přesnost a preciznost opracování? Proč jsou vedle pyramidy v zemi vyhloubeny chodby, jež s vysokou přesností kopírují rozložení vnitřku samotné pyramidy (odpověď, že se zde stavitelé pouze trénovali, je zcestná, neboť se jedná o jiný proces stavby, hloubení, a u jiných pyramid nalezeno nebylo)? Jak mohli na vrchol pyramidy vztyčit poslední kámen, 13 tunový pyramidon? A zejména palčivá je otázka, k čemu pyramida sloužila, když v ní nebylo nalezeno jediné pohřbené tělo?

6 Závěr

Po podrobnějším seznámení se s Velkou pyramidou jsme dospěli k závěru, že není možné, aby byla postavena oficiálně uznávaným způsobem, který je nám od útlého věku vnucován. Ačkoli nám vyšel výsledek pouhých 776 dělníků potřebných k dopravě materiálu, jenž podporuje tuto teorii, stále je mnoho aspektů, které ji vyvracejí. Těmi jsou zejména neuvěřitelná přesnost při opracování i stavbě, náročné egyptské podnebí ztěžující pracovní podmínky, výskyt hloubených šachet či žádný doložený pohřeb ani nalezené původní tělo.

Účel pyramidy nám proto stále uniká. Tvrdíme-li, že pyramida nesloužila vyššímu účelu než jako hrobka, pak musíme konstatovat, že práce s takovou přesností byla v té době standard, což je ve sporu s tvrzením, že používali jen primitivní měděné nástroje a nebyli ani natolik vyspělí, aby vyvinuli kolo. Jestliže taková přesnost stavby pro ně byla náročná, ale přesto jí dosáhli, pak k tomu museli mít větší důvody než jenom důstojné místo odpočinku faraona.

7 Poděkování

Naše poděkování patří především ing. Vojtěchu Svobodovi, CSc. za pořádání fyzikálního semináře, jehož prostřednictvím jsme mohli realizovat tento projekt. Dále děkujeme společnosti Granit Lipnice s.r.o. za poskytnutí odborné prohlídky areálu kamenictví. V neposlední řadě děkujeme ing. Ondřeji Lvovi, PhD. za propůjčení fyzikálních pomůcek Gymnázia Trutnov pro zrealizování experimentu.

Reference:

- [1] F. LOHNER, *Pyramidenbau*, http://en.wikipedia.org/wiki/Great_Pyramid_of_Giza
- [2] C. DUNN, *Elektrárna v Gíze: byly pyramidy gigantickými energetickými zdroji?*. Praha: Dobra, 2008, 383 s. ISBN 978-80-86459-58-5
- [3] W.M.F. PETRIE, *Pyramids and temples of Gizeh*, London: Kegan Paul, 2003. ISBN 07-103-0709-8.
- [4] kol. autorů, *Great Pyramid of Giza*, http://en.wikipedia.org/wiki/Great_Pyramid_of_Giza
- [5] C. Casanueva, *Moving pyramid stones on sand*, <http://mappingignorance.org/2014/07/18/moving-pyramid-stones-sand/>