
Sílu, která tvaruje pískovcová města, odhalili geologové vedení Jiřím Bruthansem

V jakémkoliv vědním odvětví se dnes poměrně zřídka stane, že vědec či vědecký tým objasní některý ze zcela základních, avšak doposud prakticky zcela neznámých principů. Právě takové vědecké štěstí měl však nedávno kolektiv geologů vedený Jiřím Bruthansem z Ústavu hydrogeologie, inženýrské geologie a užití geofyziky PŘF UK. Jejich článek, publikovaný v nejprestižnějším oborovém časopise Nature Geoscience, jednoduchým a elegantním způsobem vysvětluje vznik skalních útvarů, které pak obdivují nadšení turisté.

Skalní brány, věže, převisy či sloupy patří k nejoblíbenějším atrakcím pískovcových skalních měst, jimiž v hojné míře oplývá i naše republika. Na otázku, jak tyto útvary vznikají, by bez velkého přemýšlení odpověděl asi i každý zvědavější školák - zvětráváním. Nad jiným vysvětlením se dlouho nezamýšleli ani sami geologové. Všechny dosavadní modely vzniku byly sice poměrně komplikované a nepříliš elegantní, ale v odborné komunitě v podstatě přijímané. Teorie, s níž přišel česko-americký tým vědců, však poskytuje tak průzračně jednoduché, že je až s podivem, že nikoho nenapadlo dříve. Těmito slovy alespoň popsal své dojmy z textu týmu recenzent časopisu Nature Geoscience. Obálku jeho vydání ze srpna tohoto roku (článek vyšel online dne 20.7.) zdobí obrázek pískovcového útvaru, který se právě k tomuto článku váže.



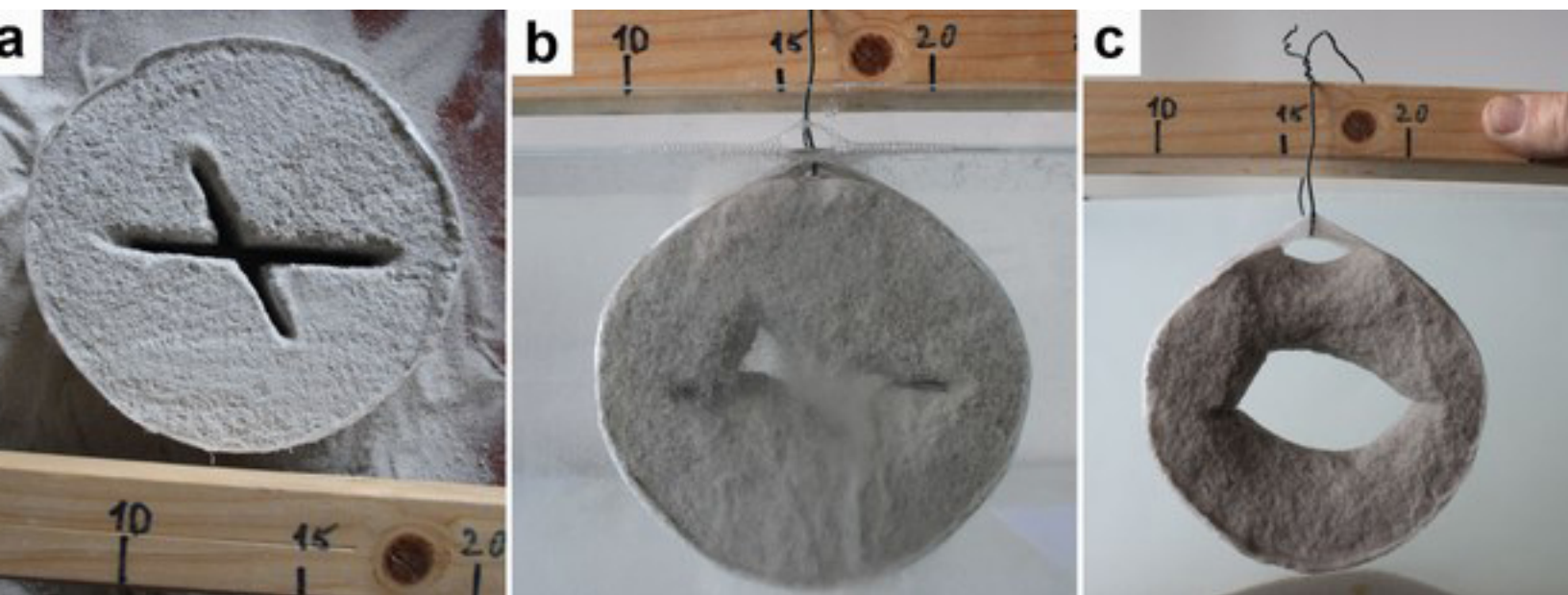
Cesta, která nakonec vedla až k takto krystalicky čistému výsledku, však rozhodně přímočará nebyla. Na samotném počátku stála zkoumání Jiřího Bruthanse a jeho studentů a kolegů Jana Soukupa, Jany Vaculíkové a Jany Schweigstillové v lomu Střeleč v Českém ráji. Věnovali se na této lokalitě zcela jinému problému z oblasti hydrogeologie. Během těchto zkoumání však mezi běžnými pískovci narazili i na horniny poněkud jiného typu, které odborníci nazývají

“zamčené písky” (“locked sands”). Tento materiál je stejně jako pískovce tvořen pískovými zrny o velikosti do 2 mm v průměru, liší se však způsobem svého stmelení, cementace. Zatímco klasické pískovce jsou stmeleny cementy na bázi karbonátů či železitých sloučenin, které mezi ně přinesla voda takřkajíc “odjinud”, zrna zamčených písků spolu stmelena nejsou. Došlo pouze k dotvarování zrn během desítek milionů let tak, že do sebe dokonale zapadají podobně jako stavební bloky inských staveb. Výsledkem jsou poněkud odlišné fyzikální vlastnosti jinak strukturně velmi podobných hornin.



Protože v lomu v tomto materiálu vznikaly přirozeným způsobem miniaturní skalní brány a sloupky, zrodil se nápad pokusit se přijít na to, jak vznikají. Bloky zamčených písků byly dopraveny do albertovské laboratoře a do výzkumů jejich vlastností při různých zátěžích a mechanických poškozeních zaangažoval Jiří Bruthans řadu svých studentů. Týmu, do něhož kromě vědců z naší fakulty postupně přibývali i odborníci z Geologického ústavu a Ústavu mechaniky hornin AV a z Brigham Youngovy univerzity v Provu v Utahu, se tak pod rukama začaly rodit základy budoucí fascinující teorie.

"Když za mnou kolega jakožto za odborníkem na mechaniku zemin a hornin přišel s otázkami, které vyvstaly z prvních výsledků práce v laboratoři, myslel jsem, že budeme velmi brzy hotovi. Fyzikální vlastnosti hornin jsou většinou velmi dobře popsány," vzpomíná na počátky spolupráce kolega z Ústavu hydrogeologie, inženýrské geologie a užití geofyziky naší fakulty David Mašín. A v čem spočívalo ono velké překvapení, které vědce postupně navedlo na správnou cestu? Výsledky laboratorních experimentů s bloky zamčených písků totiž ukazovaly na první pohled poměrně kontraintuitivní výsledek. Čím méně byly totiž bloky zatížené, tím snadněji docházelo k jejich porušování, rozpadání na jednotlivá zrnka. Od tohoto pozorování byl nakonec jen krůček k myšlence, že onou tajemnou silou, zodpovědnou za fantastické tvary pískovcových skal, je napětí v materiálu, způsobené gravitační silou.



Pouze tento princip by však ke vzniku skalních útvarů nestačil. "Dalším činitelem, který výsledný tvar ovlivňuje, jsou pak nehomogenity v hornině, tedy nejrozličnější pukliny, vrstevní plochy apod., díky nimž se síla nepřenáší rovnoměrně. Výsledná tíha pak vlastně "obchází" tyto poruchy. Pracuje jako neviditelný sochař, který z horniny vydobývá již předem "předdefinovanou" podobu. Jakmile eroze odnese veškerý erodovatelný materiál, zůstává stabilní tvar," popisuje princip souběhu obou činitelů další ze spoluautorů článku Michal Filippi, absolvent naší fakulty, který dnes působí v Geologickém ústavu AV ČR.

Průnik obou principů je podstatou onoho "průzračně jednoduchého" řešení. "Napětí v materiálu je dáno poměrem síly a plochy. Jak postupná eroze díky výše zmíněnému procesu odlučuje z bloku horniny jednotlivá zrnka, zmenšuje se jeho celková plocha. Tím se ovšem zvyšuje napětí, které na blok působí. Nakonec dojde k situaci, kdy je tvar díky působení této síly "uzamčen" a stává se stabilním. Tímto způsobem pak všechny ty na první pohled neuvěřitelné tvary drží pohromadě, pokud je samozřejmě nezničí nějaký, s tímto procesem nesouvisející poryv sil ve vnějším prostředí," popisuje základní myšlenku celého článku David Mašín.



Jak je tedy možné, že takto jednoduché řešení, které je všem v podstatě na očích, nebylo v rámci mechaniky Země známé? "Je tomu tak zjevně proto, že zatížení, která v této oblasti jevů hrají roli, jsou daleko menší než ta, která jsou relevantní v rutinní praxi inženýrské geologie, například při výpočtech tunelů," vysvětluje David Mašín. Vědci se navíc většinou soustředí na řadu technických detailů procesů zvětvávání, zejména různých environmenálních fyzikálních

a chemických faktorů a pohled na celek jim často pro řešení technických detailů uniká. Svou roli zde sehrála velmi šťastná volba experimentálního materiálu, zamčeného písku. "Díky jeho unikátním vlastnostem jsme mohli v laboratoři, v podstatě před očima, v reálném čase, pozorovat procesy, které se v pískovcích v přírodě odehrávají v podstatně větších časových i prostorových měřítkách. Jelikož je však vnitřní struktura, tvořící oba typy hornin v jádru stejná, prokázali jsme možnost extrapolace i na tato měřítka," dodává Michal Filippi.

Významná část experimentální práce týmu se pak týkala ověřování původní teorie na materiálech, které pocházejí z jiné části světa, např. z USA či z Venezuely. Jelikož vědci dostávali prakticky totožné výsledky, získaly jejich extrapolace podstatně pevnější půdu pod nohama. "Přidanou hodnotou naší spolupráce je, že jsme jen nekonstatovali, jaké chování je, ale vyvinuli jsme nový materiálový model, který popisuje vznik stejných struktur od měřítek experimentálních laboratorních modelů po měřítka v přírodě běžná," vysvětluje David Mašín. Povzbuzování několika oslovených kolegů, kterým své myšlenky zprostředkovali k vyjádření, vedlo až k tomu, že se začali ucházet o publikaci v nejprestižnějším oborovém časopise NatureGeoscience.



To, že se výsledky Bruthansova vědeckého týmu dostaly i na prestižní obálku, také není náhoda. "Vydavatel nás oslovil s žádostí o dodání ilustračních fotografií. Věděli jsme, že je to velká šance a začali jsme shánět fotografy, kteří se těmto přírodním objektům věnují na té nejvyšší úrovni. Z dodaných fotografií si nakonec editoři NatureGeoscience vybrali fotografii Nizozemce Marsela van Oostena. Fotografii poskytl bez finanční odměny ze strany časopisu, pro něj je to

koneckonců skvělá reklama,"popisuje proces Michal Filippi. Dodejme, že práce Bruthansova geologického týmu je i skvělou reklamou pro kvalitu vědecké práce na naší fakultě a zároveň ukázkou příkladné spolupráce s pracovníky geovědních ústavů Akademie Věd ČR (konkrétně Geologického ústavu a Ústavu struktury a mechaniky hornin). Výzkum byl částečně financován grantem GAČR 13-28040S.

Autor článku: Michal Andrlé

Zdroj: PŘF UK

Datum: 29. 7. 2014

Poděkování:

Za umožnění několikaletého výzkumu v lomu a odběr vzorků patří velké poděkování vedení firmy Sklopísek Střeleč, a.s., jmenovitě řediteli Ing. Petru Hübnerovi a za technickou podporu pracovníkům provozu.

Reference:

Bruthans J., Soukup J., Vaculikova J., Filippi M., Schweigstillova J., MayoA.L., Masin D., Kletetschka G., Rihosek J. (2014): Sandstone landforms shaped by negative feedback between stress and erosion. NATURE GEOSCIENCE, vol 7, August 2014, <http://www.nature.com/ngeo/journal/vaop/ncurrent/full/ngeo2209.html>