



PŘÍRODOVĚDCI.CZ

Magazín Přírodovědecké fakulty
Univerzity Karlovy 02/2024

TÉMA ČÍSLA

Kaolin

(Ne)obyčejný jíl 8

České bílé zlato 16

Nevšední krása všedních věcí 32

VĚDA FEST

zábavný vědecký festival pod širým nebem

19. června 2024

8.30–19.00 hodin Vítězné
náměstí, Praha 6

věda vzdělává



vedafest.cz  

**vstup
zdarma**



ORGANIZÁTOŘI



VŠCHT PRAHA





MILÍ ČTENÁŘI,

je tomu právě 100 let od vyhlášení kaolinu z lokality Sedlec u Karlových Varů mezinárodním standardem, jímž se dodnes poměřuje kvalita kaolinu pro výrobu porcelánu z celého světa. Toto výročí si zaslouhuje bližší seznámení s touto cennou surovinou, která má v historii i současnosti českého průmyslu své výsostné postavení a právem bývá označována za „české bílé zlato“.

Kaolin je surovina obsahující jílový minerál kaolinit, který je běžnou a přitom nenápadnou složkou většiny půd a některých hornin. Tak jako ostatní jílové minerály neoplyývá krásou lahodící lidskému oku, proto ho ve sbírkách sběratelů a expozicích mineralogických muzeí obvykle nenajdeme. Pro člověka je však mnohem důležitější než většina ostatních minerálů.

Přítomnost kaolinitu v životním prostředí láká ke studiu vědce nejrůznějších oborů. Není proto náhodou, že se v tomto čísle Přírodovědců scházejí příspěvky ložiskových a inženýrských geologů, mineraloga, chemiků i exobiologů. Jestli chcete poznat, čím je kaolin nebo kaolinit pro ně zajímavý, jsou pro vás určeny následující stránky.

Zajímavé čtení vám přeje

doc. Mgr. Petr Drahoš, Ph.D.

ředitel Ústavu geochemie, mineralogie a nerostných zdrojů

Obsah



CO NOVÉHO

- 4 | Energetická synergie na severu Česka
- 6 | Nejdřív látka, potom funkce
- 7 | Olympijské finále na Albertově

TÉMA – KAOLIN

- 8 | (Ne)obyčejný jíl
- 12 | Minerály skupiny kaolinitu
- 14 | Nenápadný cenný materiál
- 16 | České bílé zlato
- 18 | Bez kaolinu není porcelánu
- 20 | Druhý život kaolinových dolů
- 22 | Kaolinit na Marsu
- 24 | Pomocník inženýrských geologů

ROZHOVOR S PŘÍRODOVĚDCEM

- 26 | Evoluce cikád zachovaná v jantaru

PŘÍRODOVĚDCI UČITELŮM

- 28 | „Wildlife“ v botanické zahradě

STUDENTI

- 29 | Úklid, swap a párty

KULTURA

- 30 | Czech Nature Photo 2024
- 30 | Den fascinace rostlinami

NAŠE PUBLIKACE

- 31 | Seznamte se s etologií
- 31 | Odvaha vydat se náročnou cestou

PŘÍRODOVĚDCI OBRAZEM

- 32 | Nevšední krása všedních věcí

PŘÍRODOVĚDA AKTUÁLNĚ

- 36 | Neklidné Santorini

TIP NA VÝLET

- 37 | Bílé podzemí

CHEMICKÉ KURIOZITY

- 38 | Umějí to s jedy

KALENDÁŘ PŘÍRODOVĚDCŮ

- 39 | Kalendář Přírodovědců

2 | 2024 | ROČNÍK XIII.

NÁZEV

Přírodovědci.cz – magazín
Přírodovědecké fakulty Univerzity
Karlovy

PERIODICITA

Čtvrtletník

CENA

Zdarma

DATUM VYDÁNÍ

10. 6. 2024

NÁKLAD

11 000 ks

EVIDENČNÍ ČÍSLO

MK ČR E 20877 | ISSN 1805-5591

EDITOR

Petr Souček
petr.soucek@natur.cuni.cz

REDAKČNÍ RADA

GEOLOGIE
prof. Mgr. Richard Přikryl, Dr.
Mgr. Filip Tomek, Ph.D.

GEOGRAFIE

RNDr. Jakub Jelen, Ph.D.
RNDr. Tomáš Matějček, Ph.D.

BIOLOGIE

Mgr. Martin Čertner, Ph.D.
Mgr. Petr Šípek, Ph.D.
Mgr. Veronika Rudolfová

CHEMIE

RNDr. Pavel Teplý, Ph.D.
doc. RNDr. Petr Šmejkal, Ph.D.
prof. RNDr. Jan Kotek, Ph.D.

KOORDINÁTOR PROJEKTU

Mgr. Michal Andrlé, Ph.D.
michal.andrle@natur.cuni.cz

KOREKTURY

imprimis

GRAFIKA

Štěpán Bartošek

TISK

Trianglprint

ILUSTRACE NA OBÁLCE

Podzemní kaolinový důl Nevřeň.
Foto Petr Jan Juračka

VYDAVATEL | ADRESA REDAKCE

Univerzita Karlova
Přírodovědecká fakulta
Albertov 6, 128 43 Praha 2
IČO: 00216208 | DIČ: CZ00216208

www.natur.cuni.cz

Přetisk článků je možný pouze se
souhlasem redakce a s uvedením zdroje.

© Přírodovědecká fakulta
Univerzity Karlovy 2024

Energetická synergie na severu Česka

Teplu ukryté pod povrchem představuje výzvu pro výzkum i aplikaci



Výzkumná infrastruktura RINGEN.

Foto Petr Jan Juračka

Geotermální energie pokrývá v současnosti jen asi 0,2 % celosvětové spotřeby energie (tj. tepla i elektřiny dohromady). Na druhou stranu, využití potenciálu tepelné energie, která je obsažena ve svrchních 5 km zemské kůry, by znamenalo pokrytí současné spotřeby energie celého lidstva na déle než 200 tis. let. Geotermální energie má celou řadu výhod, její hlavní předností je dostupnost, nezávislost na klimatických podmínkách či střídání denní a noční doby, malé nároky na prostor na povrchu a minimální produkce škodlivých emisí. A navíc ji lze regulovat podle aktuální potřeby.

Získávání tepla z hloubek několika kilometrů je nicméně velmi složité a vyžaduje expertní znalosti z geověd, vrtných technologií či matematického modelování. K propojení základního a aplikovaného výzkumu při realizaci hlubokých vrtů a následnému jímání tepelné energie je tak zapotřebí řada inovací. Zatímco před 10–15 lety byly čerpány zkušenosti a data především z ropného průmyslu, v posledních letech se rozvíjí nové obory souhrnně označované jako „geoenergie“, které se zabývají praktickou aplikací geovědních disciplín a navazujících inženýrských oborů.

Přírodovědecká fakulta UK patří mezi akademická pracoviště, kde se tomuto interdisciplinárnímu oboru velmi daří. Od roku 2014 je nositelkou výzkumné infrastruktury RINGEN, která sídlí v Litoměřicích a zaměřuje se na výzkum a využití geotermální energie. V letošním roce získal podporu projekt SYNERGYS – systémy pro energetickou synergii, jehož rozpočet dosahuje 1,2 mld Kč. Jedná se tak o jeden z největších projektů, které PřF UK dosud realizovala, ať již co se týká výše podpory, tak rozsahu výzkumných aktivit, které v rámci projektu budou probíhat.

Projekt bude realizován do r. 2027 a jeho hlavním cílem je přispět k řešení energetické transformace (nejen) Ústeckého kraje. Mezi konkrétní opatření patří zejména vybudování zcela unikátní testovací lokality, jež bude zahrnovat soubor zdrojů mělké a hlubinné geotermální energie ve spojení se solární energií a vodíkovým hospodářstvím. Konkrétně, na ploše cca 200×300 metrů budou realizovány hlubinné vrty do hloubky 3–4 km, které by měly umožnit získávat tepelnou energii vody o teplotě cca 100 °C.

Technologie se nazývá EGS (Enhanced Geothermal System) a spočívá ve vytvoření puklinového výměníku mezi dvěma vrty. Tím prochází voda vháněná z povrchu jedním vrtem a po ohřevu při průchodu horninou proudí již ohřátá druhým vrtem zpět na povrch. Teplá voda je pak využita např. pro dálkové vytápění budov. Tato část projektu je nejdražší a zároveň představuje největší výzvu pro celý projektový tým, který kromě českých expertů zahrnuje na dvě desítky špičkových vědeckých kapacit z celé Evropy, zejména Německa, Nizozemí, Švýcarska, Francie a Velké Británie.

Vedle hlubinných vrtnů bude rovněž testována technologie mezisezónního ukládání tepla do horninového prostředí, obecně známá pod zkratkou UTES (Underground Thermal Energy Storage). V létě se horni-

nový masiv nahřívá vodou ohřátou z přebytečného tepla, v zimě se potom teplo z podzemí odebírá a pomáhá dálkovému vytápění budov. V našem inovativním řešení bude teplo v létě proudit z různých zdrojů, jako např. z elektrolyzátoru, který v létě s pomocí solárních panelů vyrábí zelený vodík a při svém chlazení také velké množství tepelné energie. Kromě tepla z chlazení budovy RINGEN budou zdrojem tepelné energie i hybridní fotovoltaické panely, které jsou pro zvýšení účinnosti výroby elektřiny chlazeny vodou.

Na naší lokalitě bude pro mezisezónní ukládání tepla vyvrtáno až 60 vrtnů v hloubkovém rozsahu 100–500 metrů. Nadzemní technologie pak budou zahrnovat i palivový článek pro výrobu elektřiny z vodíku a simulátor dálkového vytápění, který umožní v malém měřítku testovat různé teplotní a provozní režimy, jež se následně využijí ve skutečném provozu. Projekt bude doprovázet celá řada výzkumných aktivit a je rozdělen do celkem 5 skupin aktivit: studium podzemních rezervoárů, vrtné práce a testování podzemních rezervoárů, vybudování a propojení s energetickými zdroji na povrchu a zkušební provoz. Významné jsou také průřezové aktivity, které zahrnují často opomíjené aspekty, jako je vyhodnocení ekonomických dopadů nových zdrojů energie na místní a regionální úrovni.

V současnosti jsou práce na projektu již v plném proudu a mj. probíhá realizace 2 pilotních vrtnů, zahrnující jádrový vrt do 550 m a hydrogeologický vrt do 200 m. První vrt je nyní v hloubce cca 160 m a díky odebranému vrtnému jádru máme představu o geologické stavbě. Každý metr jádra je naskenován (viz obrázek) na scanneru v rozsahu 360 stupňů a vysokém rozlišení, což umožňuje následně provádět další analýzy bez nutnosti přístupu ke vzorkům.

Kromě geologické stavby dále z vrtných jader získáváme informace o tepelných vlastnostech hornin, což je zcela zásadní vstup pro správné dimenzování budoucích tepelných podzemních výměníků. Proto jsou z jader co nejrychleji odebrány vzorky vodou nasycené horniny a následně jsou podrobeny analýze v laboratoři přímo v budově centra RINGEN. Jedná se o jednu z nejlépe vybavených laboratoří v celoevropském měřítku a díky tomu je možné velmi přesně stanovit potřebné tepelné vlastnosti hornin, jako jsou tepelná vodivost, difuzivita, nebo kapacita produkce. Díky laboratorní peci je také možné provádět měření za různých teplot až do 300 °C, což umožňuje simulovat teplotní podmínky uvnitř plánovaných „geobaterií“, nebo hlubinném EGS geotermálním výměníku.

Na projektu se podílí celkem 6 partnerů – vedle lídra PŘF UK je to České vysoké učení technické v Praze – Centrum UCEEB, Česká geologická služba, Geofyzikální ústav Akademie věd ČR, Univerzita J. E. Purkyně v Ústí nad Labem a město Litoměřice. ●

Více informací naleznete na www.rin-gen.cz

◀ Odebrané vzorky prochází podrobnou analýzou ve špičkově vybavené laboratoři. *Ždřoj RINGEN*



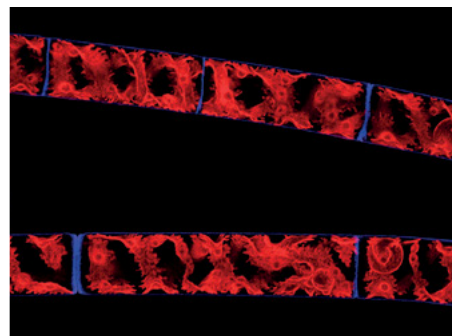
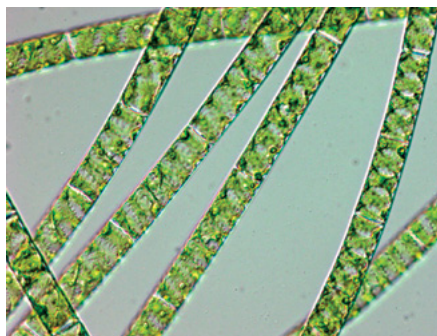
Nejdřív látka, potom funkce

Rozsáhlý výzkum přinesl průkopnické poznatky o evoluci rostlinných hormonů

Rostlinné hormony jsou klíčové pro růst a fyziologické procesy rostlin, jejich evoluční počátky však zůstávají nejasné. Výzkum vědců z Ústavu experimentální botaniky AV ČR, Přírodovědecké fakulty Univerzity Karlovy a Universiteit Gent odhalil, že tyto hormony se vyskytují i ve sladkovodních zelených řasách, nejbližších příbuzných suchozemských rostlin. Hormonální funkce však pravděpodobně získaly až při přechodu rostlin na souš. Studie byla publikována v prestižním časopise *Nature Communications*.

Rostlinné hormony (fytohormony) řídí růst a vývoj rostlin i jejich reakce na různé podněty – například světlo, gravitaci nebo napadení chorobami. Pro svou důležitost v životě rostlin zastávají přední místo v biologickém výzkumu a manipulace jejich hladin patří k částým metodám zemědělské a biologické praxe. Ačkoli jsou fytohormony obecně rozšířeny ve všech suchozemských rostlinách, evoluční počátky jejich biologické role dosud nejsou zcela objasněny. K jejich pochopení nám mohou pomoci nejbližší žijící příbuzní suchozemských rostlin, sladkovodní zelené řasy.

Nynější suchozemské rostliny a zelené řasy jsou výsledkem nezávislých evolučních pochodů; jejich cesty se rozešly dříve, než na souš vstoupili první obratlovci. Ačkoli společní předkové suchozemských rostlin a zelených řas dávno vymřeli, můžeme odvodit jejich pravděpodobný vzhled a životní pochody – včetně možné role fytohormonů – porovnáním všech dnes žijících skupin, které jsou jim příbuzné.



▲ *Spirogyra* (šroubatka) zastupuje ve studii spájivky – skupinu řas nejbližší příbuzných suchozemským rostlinám. Vyskytuje se hojně v různých typech stojatých a mírně tekoucích vod. Po ozáření UV světlem červeně fluoreskují její krásné šroubovité chloroplasty. Foto Vojtěch Schmidt

Proto byl klíčovým aspektem této práce široký záběr analyzovaných organismů. Celkem vědci zkoumali 18 zástupců různých linií řas a suchozemských rostlin, s cílem ověřit přítomnost až 50 látek známých svou fytohormonální funkcí.

„Schopnost řas produkovat fytohormony zatím vědci odhadovali hlavně srovnáváním jejich genetické informace se suchozemskými rostlinami. Z omezených dat se však zdálo, že zelené řasy umí tyto sloučeniny produkovat bez ohledu na přítomnost genů, které tuto činnost řídí v suchozemských rostlinách. To jsme nyní potvrdili,“ říká Roman Skokan, jeden ze dvou hlavních autorů výzkumu.

Výzkum přinesl mnoho výsledků, uveďme aspoň ty hlavní: dva fytohormony řídící především růst a vývoj – auxiny a cytokininy – našli vědci u všech suchozemských rostlin, jakož i u zelených řas. Naopak abscisová kyselina, fytohormon aktivní

v odpovědi na stres (např. sucho) byl nalezen v zelených řasách jen vzácně, pravděpodobně jako vedlejší produkt jiných metabolických drah. V neposlední řadě se suchozemské rostliny odlišovaly od řas produkcí speciálního typu cytokininů, což poukazuje na důležitou evoluční inovaci po přechodu na souš.

Mnohé organické sloučeniny známé v rostlinách jako fytohormony se tedy vyskytují i ve sladkovodních zelených řasách. Mají tyto látky u obou skupin podobné funkce? *„Tato otázka vyžaduje další výzkum. Z dostupných informací se zdá, že řada fytohormonů získala své dnešní regulační role až ve společném předkovi dnešních suchozemských rostlin. V zelených řasách mohly být vedlejšími produkty metabolismu nebo zastávat jiné funkce, než byly v rostlinách zapřaženy do své nové, hormonální role,“* vysvětluje další z dvojice hlavních autorů publikace Vojtěch Schmidt, doktorand na Katedře experimentální biologie rostlin PŘF UK. ●

Olympijské finále na Albertově

Přírodovědecká fakulta hostila celostátní kolo Zeměpisné olympiády

JAKUB JELEN

2x Foto Ema Dvořáková



Univerzity Karlovy prof. MUDr. Milena Králíčková, Ph.D., radní hl. města Prahy Mgr. et. Mgr Antonín Klecanda nebo prezident České geografické společnosti doc. RNDr. Pavel Chromý, Ph.D.

Soutěžící z celého Česka řešili písemné i multimediální testy, vyrazili také do terénu nebo prokazovali své dovednosti práce s atlasem.

Na stupních vítězů se umístili:

KATEGORIE C

(8. a 9. ročník základní školy):

1. Polák Jakub (ZŠ a MŠ Kpt. O. Jaroše Louny)
2. Plaček Václav (Gymnázium Dr. Antona Randy, Jablonec nad Nisou)
3. Novák Matouš (ZŠ Třešť)

KATEGORIE D

(střední školy):

1. Nádvořík Vojtěch (Gymnázium Opatov, Praha 4)
2. Poul Lukáš (Gymnázium Boženy Němcové, Hradec Králové)
3. Vlček Antonín (Biskupské gymnázium, Hradec Králové)

Nejlepší řešitelé celostátního kola v budou reprezentovat Česko na dvou mezinárodních soutěžích (Mezinárodní geografické olympiádě a Evropské geografické olympiádě). ●



Ve dnech 25. a 26. dubna 2024 se na Přírodovědecké fakultě UK uskutečnilo finále Zeměpisné olympiády. O hodnotné ceny i postupová místa na mezinárodní soutěže bojovalo téměř padesát soutěžících.

V letošním roce se konal již 26. ročník Zeměpisné olympiády, který opět vyvrcholil celostátním kolem, pořádaným na Přírodovědecké fakultě UK v Praze. Záštitu nad finálovým kláním poskytly významné osobnosti, jako např. rektorka



(Ne)obyčejný jíł

„Bílá hlína“ patří k nejvýznamnějším součástem nerostného bohatství Česka

RICHARD PŘIKRYL



Sedlice

Kaolin

Čechy

◀ **Kaolin – český i anglický, má své čestné místo v Mineralogickém muzeu PŘF UK.** Foto Michal Vais

Když se na počátku 18. století (1708) Ehrenfriedu Waltheru von Tschirnhausovi a Johannu Friedrichu Böttgerovi podařilo na objednávku saského kurfiřta Augusta II. Silného proniknout do tajů výroby tenkostěnného porcelánu čínského typu, nebyla to pouhá náhoda. Vedle posedlosti bohatých kupců a sběratelů po staletí známého čínského porcelánu, snažících se přijít na kloub jeho výrobě, k tomu bezpochyby přispěla bohatá středoevropská naleziště kaolinu objevená ve zvětralých částech některých hornin Českého masivu.

Již od středověku patřila „bílá hlína“, tj. na kaolinit bohaté zvětraliny žul, rul či arkóz, k hledaným surovinám pro výrobu kamnářských kachlů, různých typů keramického zboží či alchymistických tyglíků. Avšak objev správné receptury výroby porcelánu v saské Míšni položil základ nejen dalším slovným evropským porcelánkám ve Francii (Sèvres, 1738), Anglii (Wedgwood, 1759) nebo v Čechách, ale přinesl začátek již několik staletí trvající tradice těžby, zpracování a dalšího využití významných evropských ložisek kaolinu.

VZNIK A LOŽISKA

Skutečnost, že lze kaolin těžit v řadě oblastí Evropy, samozřejmě souvisí s příznivými podmínkami, bez nichž

▶ **Ačkoliv je porcelán čínským vynálezem starým víc než tisíc let, o výrobní postup se Číňané nikdy nepodělili. V Evropě musel být znovu vynalezen na počátku 18. století. Na snímku porcelán ze slavné dynastie Ming.** Foto Shutterstock.com

by ekonomicky využitelné akumulace – ložiska kaolinu – nevznikly. Pod pojmem kaolin, lépe řečeno surový (tj. v přírodě se vyskytující, neupravený) kaolin, chápeme horniny, v nichž některé horninotvorné minerály, zejména živce, ale též světlá slída (muskovit) prošly přeměnou na jílový minerál – hydratovaný vrstevnatý hlinitokřemičitan kaolinit. Kaolinit vzniká převážně ve světlých horninách, jako jsou žuly, ruly nebo arkózy.

Tvorbu kaolinitu podmiňuje přítomnost vody, ale také další příznivé podmínky. Nejen chemikům je známo, že voda patří k účinným univerzálním rozpouštědlům, byť u většiny minerálů typu křemičitanů trvá proces narušení struktury a rozpouštění mnohem déle než třeba u vodorozpustných solí typu halitu (soli kamenné). K přeměně živců na kaolinit dochází v kyselém prostředí za vyšší teploty. Ideálním klimatickým pásmem, kde se utvářejí mohutné vrstvy kaoliniticky zvětralých hornin, jsou proto vlhké tropy. Přítomnost kaolinu tak může být určitým paleoklimatickým indikátorem.

Při tvorbě kaolinitu je dále nezbytný dobře propustný zvětrávací profil, což umožňuje odvod alkálií (zejména iontů sodíku či draslíku) uvolněných ze struktury živců. Pokud by alkálie zůstávaly ve zvětrávacím prostředí (tj. za předpokladu nulové či velmi omezené hydraulické vodivosti), prostředí by se rychle změnilo na zásadité a začaly by vznikat jiné typy jílových minerálů.

Kromě povrchového zvětrávání hornin příhodného složení v oblasti vlhkých tropů může kaolinit vznikat i hlouběji pod povrchem, v principu působením podobných podmínek. Zde však přeměnu hornin způsobují výše zahřáté (vyšší desítky až stovky °C) hydrotermální roztoky, které cirkulují po zlomových strukturách v oblastech s tzv. hydrotermální činností. Hydrotermální roztoky patří k velmi efektivním transportním médiím pro různé kovy, a proto za příznivých podmínek také vytvářejí žilná rudní ložiska. A právě v sousedství rudních struktur lze najít zóny přeměn na různé minerální asociace včetně těch bohatých na kaolinit. Jeho přítomnost tak může pomoci i při hledání dalších typů ložisek nerostných surovin.



PŘEPLAVENÁ KVALITA

Výše uvedené příklady vzniku minerálů ze skupiny kaolinitu patří mezi tzv. primární (prvotní) utvářecí procesy. Protože však kaolinizované horniny ztratily oproti nepřeměněným velkou část své soudržnosti, může poměrně snadno dojít k jejich rozrušení a rozplavení při dalších povrchových procesech, např. erozním působením vody. Pokud se tak děje v morfologicky členitém horském prostředí, různě velké částice unáší proudící voda do odlišné vzdálenosti v závislosti na rychlosti proudu.

Jemné částičky jílových minerálů, včetně kaolinitu, vydrží ve vznosu nejdéle a k jejich vypadnutí ze suspenze dojde až v ploché krajině, daleko od místa vzniku. Tímto způsobem vznikají mnohem vzácnější, ale o to cennější ložiska kaolinitu – tzv. druhotný (sekundární, též přeplavený) kaolin. Tato ložiska kaolinitu patří k nejkvalitnějším právě kvůli vysokému obsahu žádoucí funkční složky – kaolinitu – a nízkému zastoupení doprovodných, resp. zbytkových složek, které je nutno při úpravě odstranit.

KAOLIN JAKO SUROVINA

Využití jakékoliv nerostné suroviny je podmíněno jejím složením a vlastnostmi. Složení může znamenat obsah určitého

► **Terra sigillata** neboli „zapečetěná země“ byla jílovitá zemina, o níž se věřilo, že má léčivé účinky, a která byla poprvé použita na řeckém ostrově Lemnos kolem roku 500 př. n. l. Obvykle se z ní připravovaly tablety, které se opatřily pečeti pravosti a poté se sušily.

Zdroj Science Museum, Londýn, CC BY 4.0

prvku (to je důležité např. pro rudy obsahující kovy), minerálu nebo jejich seskupení. Vlastnosti suroviny potom závisí na řadě faktorů: nejen na mineralogickém složení a krystalové struktuře, ale též na genetických pochodech jejího vzniku.

To, co určuje hodnotu a kvalitu kaolinitu, je kromě velikosti ložiska zejména obsah kaolinitu, resp. jeho vyplavitelné množství. V primárních druzích kaolinitu odpovídá zastoupení původních živců (příp. dalších minerálních fází), které prodělaly kaolinizaci. V běžných horninách typu žul či rul se výplav pohybuje v rozmezí 20–40 %, u arkóz nejčastěji dosahuje 15–20 %.

Úpravnický proces kaolinitu, jehož cílem je hlavně oddělení zrn kaolinitu od dalších součástí (např. křemenných zrn, slídy, stopově zastoupených fází), zahrnuje několik technologických procesů.



S jejich pomocí se získá tzv. plavený kaolin, v ideálním případě zbavený také barvicích příměsí (zpravidla minerálů se železem nebo titanem), které jsou ve většině využití v keramickém průmyslu nežádoucí. Plavený kaolin lze dále upravovat mechanickým roztíráním (nátěrové hmoty papíru) nebo výpalem na metakaolin. Využitelnost plaveného kaolinitu však závisí i na řadě dalších ukazatelů – např. na strukturním uspořádání kaolinitu, jeho zrnitosti či obsahu alkalických oxidů, souvisejících s relikty nepřeměněných živců.

KULTURNÍ JÍL

Provázanost kaolinitu a lidského umu vedoucího k objevu výroby porcelánu je natolik pozoruhodná, že si kaolin vysloužil přívlastek „kulturní jíl“. První cílené využití kaolinitu pro tyto účely ve starověké Číně před více než 2000 lety umožnilo vytvoření jedinečné kultury spojující geologii, technologii i gastronomii. Není nad posezení s dobrým čajem pitým jak jinak než z kvalitního porcelánového šálku.

◀ **Kaolin se na území Česka těží především v západních Čechách. Lom Kaznějov, kde těžba probíhá od roku 1903, patří k největším ve střední Evropě.**
Foto Shutterstock.com





Ani počátky čínského porcelánu však nemohly být jednoduché. První pokusy závisely na jediné surovině, označované jako „petunze“ (v principu navětralá žula, v současné české terminologii nejspíše živcový kaolin), avšak značný počet vadných výrobků kvůli jeho nízké plasticitě vedl k úvahám nad příčinami. V souladu s tehdejší filozofickými (a v podstatě i badatelským) přístupem, že pozorování a pokusy (zkušenosti) lze dosáhnout více než teorií, byl hledán vhodný protipól. Podle čínské nauky obsahoval použitý neplastický materiál silnou složku „jin“, kterou je nutno vyvážit jinou hmotou s dominantní silou „jang“, jíž se stal nám již dobře známý kaolin (Kao-ling tchu znamená „hlína z vysokého kopce“). Je třeba si uvědomit, že hledání správných složek i jejich poměru trvalo více než 12 století!

LÉČIVÉ ÚČINKY

V řadě starých kultur panuje přesvědčení, že člověk povstal ze „země“, tedy vlastně z jílu. Proto by jílové hmoty člověku neměly škodit, ale naopak – za

► **K nejperspektivnějším jílovým minerálům patří halloysit, jehož nanostruktura umožňuje řadu aplikací v chemii i lékařství.** *Zdroj Wikimedia Commons, autor VA Vinokurov et al., CC BY 4.0*

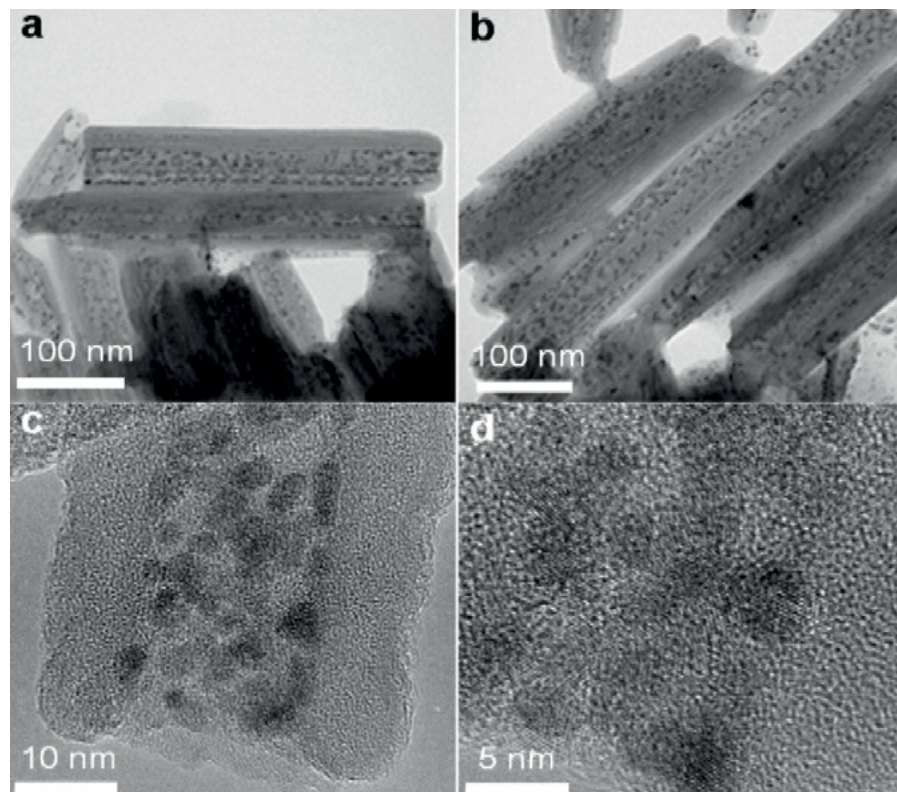
jistých okolností – lidskému zdraví prospívat. Spojitost mezi lidským zdravím a využitím jílu, včetně kaolinu, je zřejmě stará jako lidstvo samo. O různých způsobech medicínských aplikací přináší zprávy již starověcí autoři – Aristoteles, Plinius Starší, Dioscorides ad. Ve 2. století n. l. popisuje Galén pozoruhodnou hlinku z řeckého ostrova Lemnos využívanou k úspěšnému léčení hadího uštknutí. Aby se zamezilo podvodným náhražkám, tamní jíl se distribuoval v podobě pečetených tablet.

Pozoruhodným a vlastně ještě výrazně starším využitím léčivých účinků jílu je tzv. geofágie, tedy požívání jílových hmot. Tato praxe je doložena z archeologických nálezů již u předchůdce moderního člověka – člověka zručného (*Homo habilis*) – před více než 2 miliony let. Třebaže byla geofágie v minulosti často zdůvodňována rituálními či náboženskými představami,

lze na ni pohlížet ryze prakticky jako na proces doplnění potřebných mikroživin nebo jako na prostředek tlumící negativní vlivy některých nežádoucích patogenů v zaživacím ústrojí (každý z nás již asi někdy sáhl po sorpčních minerálních práscích obsahujících smektity).

Další oblastí využití pak může být např. peloterapie – léčivé či hojivé využití bahna či jílu (opět kaolinu či smektitů). Sorpční vlastnosti jílu pomáhají rychlému zastavení krvácení a dle moderních výzkumů má nejpřirozenější odezvu právě kaolinit. A v neposlední řadě pomocí halloysitu jako vylepšené sorpční odrůdy kaolinitu lze dopravit účinné látky včetně léků pro léčbu rakoviny na potřebné místo v lidském těle. Využití kaolinu a dalších jílu tak nabývá i život zachraňující podoby. ●

AUTOR PŮSOBÍ V ÚSTAVU GEOCHEMIE, MINERALOGIE A NEROSTNÝCH ZDROJŮ



Minerály skupiny kaolinitu

Od krystalové struktury k fyzikálním vlastnostem

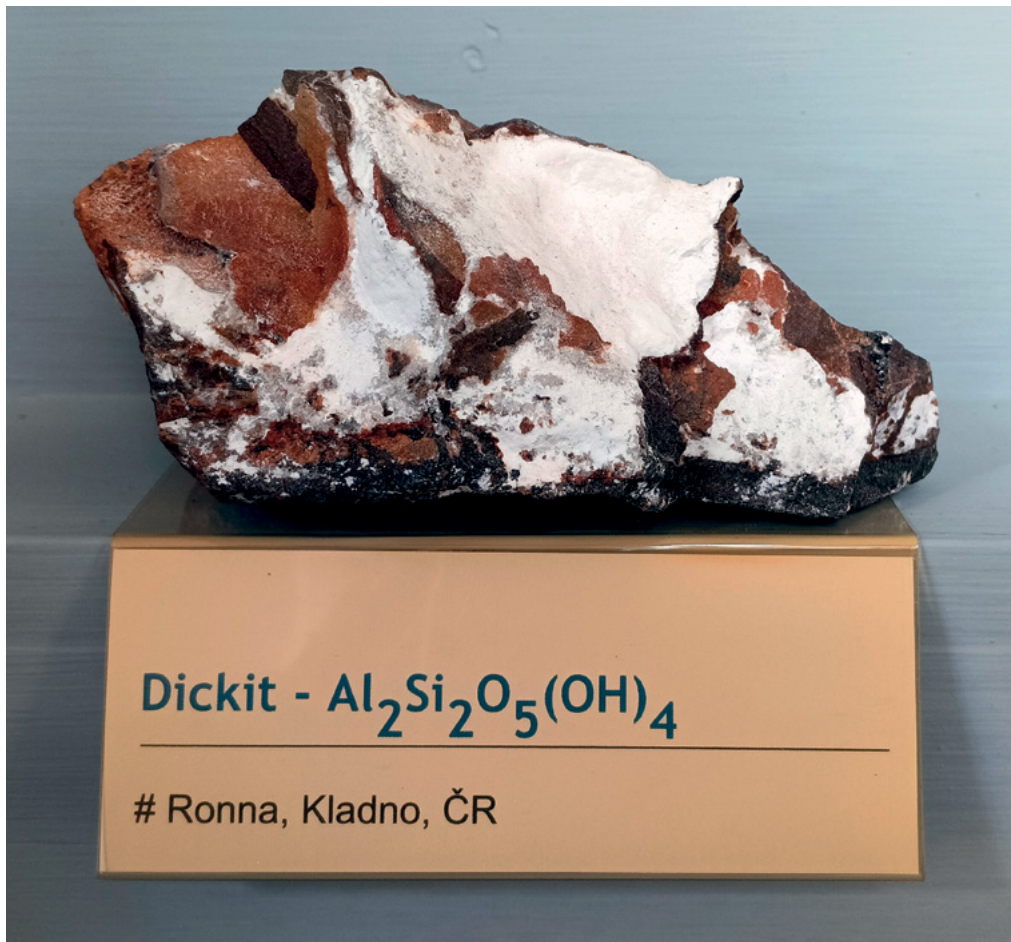
FRANTIŠEK LAUFEK

KAOLINIT VS. KAOLIN

Jílový minerál kaolinit je přírodní materiál s uspořádanou krystalovou strukturou, odpovídající široké skupině vrstevnatých křemičitanů. Spolu s dalšími jílovými minerály ho najdeme v některých horninách, zejména těch, které se utvářely při zvětrávacích nebo sedimentárních procesech. V případě sedimentárních (usazených) hornin tvořených převážně jílovou hmotou hovoříme o tzv. jílovcích či jílovitých břidlicích. Horniny bohaté na kaolinit potom označujeme jako kaolin, případně podrobněji jako reziduální kaolin (na kaolinit bohaté horniny vzniklé zvětráváním) nebo jako kaolinitické jíly (přeplavený reziduální kaolin). Zatímco kaolinit je minerál s jednoznačně definovaným chemickým složením $(\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4)_n$, kaolinitické horniny obsahují kromě kaolinitu další minerály, jako např. křemen, slídy nebo i jiné jílové minerály.

KRYSTALOVÁ STRUKTURA

Kaolinit patří mezi vodnaté hlinitokřemičitany s vrstevnatou krystalovou strukturou (tzv. fylosilikáty). Na výstavbě krystalové struktury kaolinitu se podílejí tetraedry (SiO_4) a oktaedry $(\text{AlO}_2(\text{OH})_4)$. Kationty Si^{4+} a Al^{3+} obsazují středy těchto polyedrů a vrcholy jsou tvořeny ionty O^{2-} nebo OH^- . Tyto koordinační polyedry nejsou zcela pravidelné. Průměrná hodnota vzdálenosti mezi centrálním kationtem a anionty je 0,191 nm pro vazbu Al-(O,OH) a 0,162 nm pro vazbu Si-O. Pro srovnání, průměrná vzdálenost mezi molekulami H_2O ve vodě je 0,31 nm, mezi molekulami kyslíku ve vzduchu je tato vzdálenost přibližně 3 nm.



▲ K minerálům skupiny kaolinitu patří také monoklinický dickit. Velikost vzorku na snímku je cca 8 cm. Zdroj Mineralogické muzeum PpF UK, foto Petr Souček

V krystalové struktuře kaolinitu lze rozlišit dva základní strukturní motivy. Planární vrstva tetraedrů (SiO_4) vytváří tzv. tetraedrickou síť (též T-síť nebo T-vrstvu). V této vrstvě jsou tetraedry (SiO_4) spojeny sdílením tří společných vrcholů. Čtvrtý vrchol tetraedru míří ve směru kolmém k této vrstvě. Vrstva oktaedrů $(\text{AlO}_2(\text{OH})_4)_n$, vzájemně sdílejících své hrany, vytváří druhý

základní motiv tzv. oktaedrických sítí (O-síť, O-vrstva). U oktaedrických sítí fylosilikátů se může lišit obsazenost pozic tří nejbližších sousedů, a proto se můžeme setkat se sítěmi mono-, i trioktaedrickými. V případě kaolinitu je počet kationtů v trojici sousedních oktaedrů roven dvěma, a proto patří mezi dioktaedrické vrstevnaté hlinitokřemičitany.

JEDNODUCHÁ CHEMIE

Spojení tetraedrické a oktaedrické sítě zajišťují společně atomy kyslíku. Protože se ve struktuře kaolinitu periodicky opakuje spojení tetraedrické a oktaedrické sítě, výsledná základní stavební jednotka kaolinitu je tzv. T-O vrstva (též 1 : 1 vrstva). V mineralogickém systému potom hovoříme o tzv. dvojvrstvých fylosilikátech, k nimž kromě kaolinitu patří serpentín. Všechny ostatní fylosilikáty jsou trojvrstvé.

Ve srovnání s jinými skupinami jílových minerálů je chemické složení minerálů ze skupiny kaolinitu relativně jednoduché. Izomorfní substituce (tj. nahrazování kationtu určitého mocenství v tetraedrické nebo oktaedrické pozici kationtem jiného náboje) je velmi omezené, resp. k němu prakticky nedochází. Výsledkem je elektroneutrální struktura kaolinitu.

Struktura kaolinitu je dále tvořena skládáním jednotlivých identických vrstev na sebe ve směru kolmém k vrstvám vzájemně vázaných systémem vodíkových vazeb. Donorová část O-H směřuje od oktaedrické sítě k tetraedrické síti následující 1 : 1 vrstvy a akceptorová

část vazby H...O je pak realizována mezi vodíkovým atomem a bazálním atomem kyslíku této sítě.

POLYTYPISMUS KAOLINITU

Jednotlivé na sebe navazující T-O vrstvy kaolinitu mohou vůči sobě zaujímat různé pozice. Posunutím nebo pootočením, případně náhodným kladem vrstev lze budovat různé periodické nebo neperiodické struktury ve směru kladu vrstev. Tento jev, označovaný jako polytypismus, představuje zvláštní případ polymorfie, čímž se označuje schopnost látek krystalovat ve více krystalových strukturách. V případě minerálů skupiny kaolinitu rozlišujeme kromě kaolinitu samotného také dickit a nakrit, jež mají stejný chemický vzorec, ale liší se kladem 1 : 1 vrstev. Zatímco kaolinit je triklinický, minerály dickit a nakrit patří do soustavy monoklinické.

Vedle výše uvedených polytypů bývá do skupiny kaolinitu řazen také minerál halloysit, který se však od předešlých polytypů liší chemicky i strukturně. Halloysit jako jediný ze skupiny kaolinitu přijímá do mezivrsteví molekulární vodu. Tím se mezivrstevná vzdálenost zvětšuje z hodnoty 0,71 nm na hodnotu 1 nm pro

plně hydratovaný halloysit. Halloysit se od ostatních minerálů skupiny kaolinitu odlišuje také svojí morfologií, označovanou jako cylindrická (trubicovitá). Tyto specifické znaky zlepšují jeho sorpční vlastnosti.

FYZIKÁLNÍ VLASTNOSTI

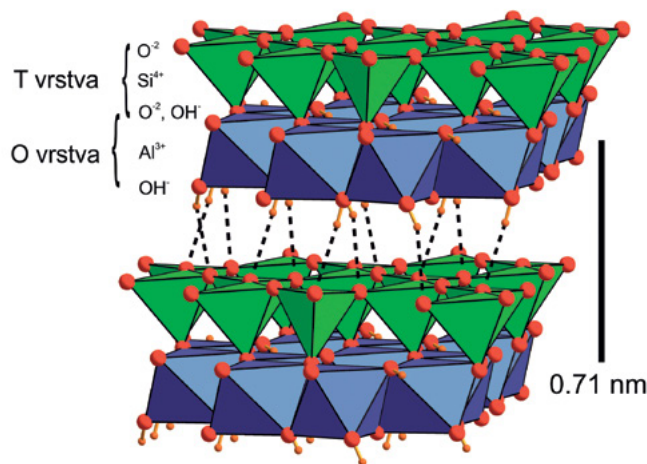
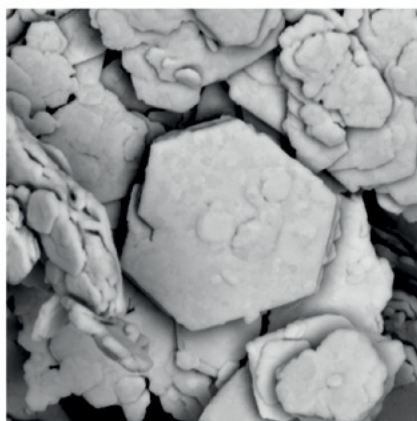
Podobně jako u ostatních krystalických látek ovlivňuje krystalová struktura fyzikální a fyzikálně-chemické vlastnosti kaolinitu. Například štěpnost kaolinitu podél destiček s pseudohexagonálním habitem je způsobena snadným narušením relativně slabých vodíkových vazeb mezi 1 : 1 vrstvami. Míra strukturní uspořádanosti kaolinitu nejenže ovlivňuje jeho fyzikální vlastnosti, ale je též cenným indikátorem přírodních procesů. Jílové minerály uspořádanosti své krystalové struktury velmi citlivě reagují na podmínky sedimentace, způsob transportu apod.

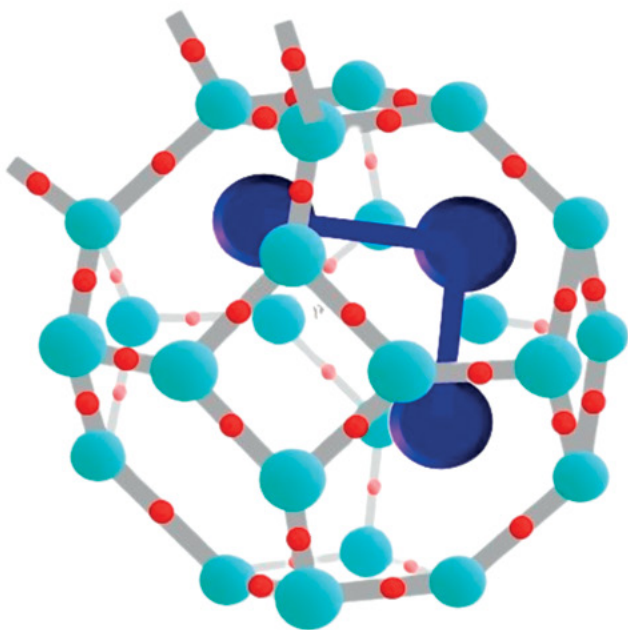
V průmyslových aplikacích potom stupeň uspořádanosti ovlivňuje chování ve výrobním procesu a může hrát důležitou roli při výběru vhodného materiálu pro konkrétní koncové použití. ●

AUTOR PŮSOBÍ V ČESKÉ GEOLOGICKÉ SLUŽBĚ

► Vlevo pseudohexagonální krystaly kaolinitu (Mikulovice) získané pomocí skenovacího elektronového mikroskopu. Velikost největšího krystalu jsou 3 μm . Vpravo krystalová struktura kaolinitu, vytvářející 1 : 1 vrstvu, znázorněná pomocí tetraedrů (SiO_4) a oktaedrů ($\text{AlO}_2(\text{OH})_4$). Červené kuličky zobrazují atomy kyslíku, hnědé atomy vodíku.

Autor František Laufek





Nenápadný cenný materiál

Chemie a použití kaolinitu

JAN ROHOVEC

V přírodě nás kaolinit na první pohled určitě nezaujme. Tento drobný hlinitokřemičitan, patřící mezi jílové minerály, se v čisté podobě a ve větších shlucích vyskytuje zřídka. Pokud je přítomen v půdě nebo v horninách, potřebujeme k jeho pozorování zvětšení dosahované v elektronovém mikroskopu. Teprve poté můžeme obdivovat tenké destičkovité krystalky pseudohexagonálního habitu, do nějž se propisuje struktura na atomární úrovni, vybudovaná ze spojených vrstev tetraedrů SiO_4 (T) a oktaedrů AlO_6 (O). Protože jsou mezi sebou tyto T-O vrstvy spojeny pouze slabými vodíkovými můstky, lístky kaolinitu se od sebe velice snadno odlučují, podobně jako vrstvy grafitové.

TEPLOTNÍ PŘEMĚNA

Chemické chování kaolinitu (v chemicky čisté podobě $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, resp. $\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$) podmiňuje přítomnost velmi stabilních vazeb Si-O a Al-O. K chemickým přeměnám kaolinitu proto dochází typicky za vysokých teplot nebo účinkem drsných činidel (kyseliny fluorovodíkové, koncentrovaných alkalických hydroxidů apod.).

Při chemických přeměnách kaolinitu za vysokých teplot zůstávají vazby Si-O a Al-O zachovány, dochází však k jejich přeskupení, a tedy ke strukturním změnám. Známá vrstevnatá T-O struktura kaolinitu se za vhodných podmínek přebudovává i na velmi složité prostorové struktury či klece zeolitů.

K uvedeným motivům chemického chování v případě kaolinitu přistupuje ještě třetí okruh přeměn, daný přítomností hydroxylové (OH)- skupiny směřované mezi T-O vrstvy. Při mírném zahřívání se tyto skupiny mezi vrstvami vzájemně spojují za uvolnění vody a vzniku tzv. metakaolinitu $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$. Dále jsou mezivrstevné prostory kaolinitu vhodným prostředím pro uložení mnoha cizích iontů či molekul na principu adsorpce. Kaoliny se tedy hodí jako prostředky pro záchyt (sorpci) a zneškodnění organických látek i toxických prvků.

NEROZPUSTNÝ, ALE TVÁRNÝ

Protože mezi T-O vrstvami kaolinitu nejsou vzhledem ke způsobu jeho vzniku v přírodě i jeho elektrone-

◀ **Vysokoteplotní reakcí kaolinitu se připravuje ultramarín (vpravo) krásné a světlostálé modré barvy. Struktura ultramarínu je založena na zeolitové, tzv. sodalitové kleci (vlevo). Světle modré kuličky označují atomy Al nebo Si (zastupují se), červené značí atomy O a velké tmavě modré koule popisují aniont S_3^- , který způsobuje modrou barvu materiálu. Dále přítomné ionty Na^+ jsou vynechány.**

utralitě přítomny alkalické kationty (Na^+ , K^+ , Ca^{2+}), které jiným jílovým materiálům propůjčují schopnost bobtnání, kaolinit za přítomnosti vody svůj objem nezvětšuje. Vizualně působí dojmem prostého jílu, který se ve vodě nerozpouští, avšak vytváří suspenze a kaly. Husté suspenze, pouze s malým množstvím vody, vykazují na rozdíl od minerálů jiných tříd plasticitu – lze je mechanicky tvarovat, např. na hrnčířském kruhu. Tvárnost způsobuje vstup molekul vody do mezivrstevných prostor a snadný vzájemný pohyb oddálených vrstev, poutaných pouze vodíkovými můstky.

Průmyslový zájem o některé typy kaolínu souvisí s jeho využitím jako

jedné ze základních složek pro výrobu porcelánu a žáruvzdorných nebo elektroizolačních výrobků. Zde se využívá schopnosti plastického tvarování směsí s obsahem vlhkého kaolínu a následného vypálení usušené hmoty na konečný pevný výrobek. Další typy kaolínu se využívají i jako významné průmyslové minerální plnivo při výrobě papíru a nátěrových nebo těsnicích hmot. Výborná chemická stabilita technické keramiky našla využití v chemických laboratořích (tavné kelímky, odpařovací misky) i průmyslu. Protože je kaolin zcela netoxický, byl odedávna používán jako složka pudrů pro topické použití na kůži i pro pudrování paruk a novodobě zůstává součástí mnoha kosmetických přípravků.

PORCELÁN A ULTRAMARÍN

Příkladem vysokoteplotního procesu přeměny kaolinitu jsou děje probíhající při vypalování porcelánu, kdy dochází k reakcím mezi kaolinem, křemenným pískem a živcem, které jsou konstituenty výchozí porcelánové hmoty. Chemické procesy probíhající při vypalování porcelánu dalekosáhle určují charakter výrobku, jeho průsvitnost, sklovitě bílý vzhled střepu i odolnost vůči teplotní zátěži. Nejméně do poloviny dvacátého století však byly zcela neprobádané.

Teprve využití analytických a identifikačních metod studia krystalických i amorfních látek, jako je prášková rtg. difrakce nebo infračervené spektrosko-

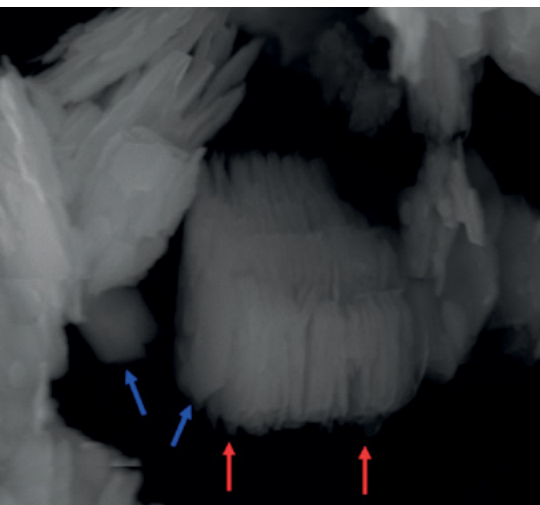
◀ **Snímek kaolinitu (Kaznějov, ČR) ve skenovacím elektronovém mikroskopu. Modré vyznačují pseudohexagonální destičkovité krystaly minerálu. Ve střední části se nabízí pohled na krystaly, odlučující se po tenkých vrstvách (červené šipky), podobné listům v knize. Takové chování je podmíněno vrstvenatou strukturou kaolinitu.**

pické metody a nukleární magnetická rezonance spolu s elektronovou mikroskopií, poskytly alespoň základní představu o hlavních reakcích. Dnes již víme, že z kaolinitu se při zahřívání nejprve uvolňuje voda (resp. $[OH]^-$ skupina) za vzniku metakaolinitu ($Al_2O_3 \cdot 2SiO_2$). Při dalším zahřívání se metakaolinit rozkládá na novou krystalickou látku spinelového typu, která přechází na mullit ($3Al_2O_3 \cdot 2SiO_2$). Ten při dalším zahřívání vytváří ve velmi husté tavenině dlouhé tenké a sklovitě průsvitné jehličky, vzájemně prokřížené.

Vysokoteplotní přeměna vrstvenaté struktury kaolinitu na trojrozměrnou složitou klec zeolitu je chemickou podstatou procesu výroby tzv. ultramarínu. Postup výroby syntetického ultramarínu byl objeven v r. 1828 Christianem Gmelinem a vedl k nádherně modrému, velmi ceněnému pigmentu. V dobách, kdy se chemici ještě nebáli experimentovat, získali společným zahříváním kaolínu se sodou, síranem sodným a uhlím za jistých pracovních podmínek ultramarín. Syntetizovaný pigment dokonce kvalitou předčil velmi drahý ultramarín přírodní, dovážený jako vzácná malířská modř. Otázka, čím to je, že ultramarín je modrý, mohla být ovšem vyjasněna až ve století dvacátém.

NOVÉ APLIKACE

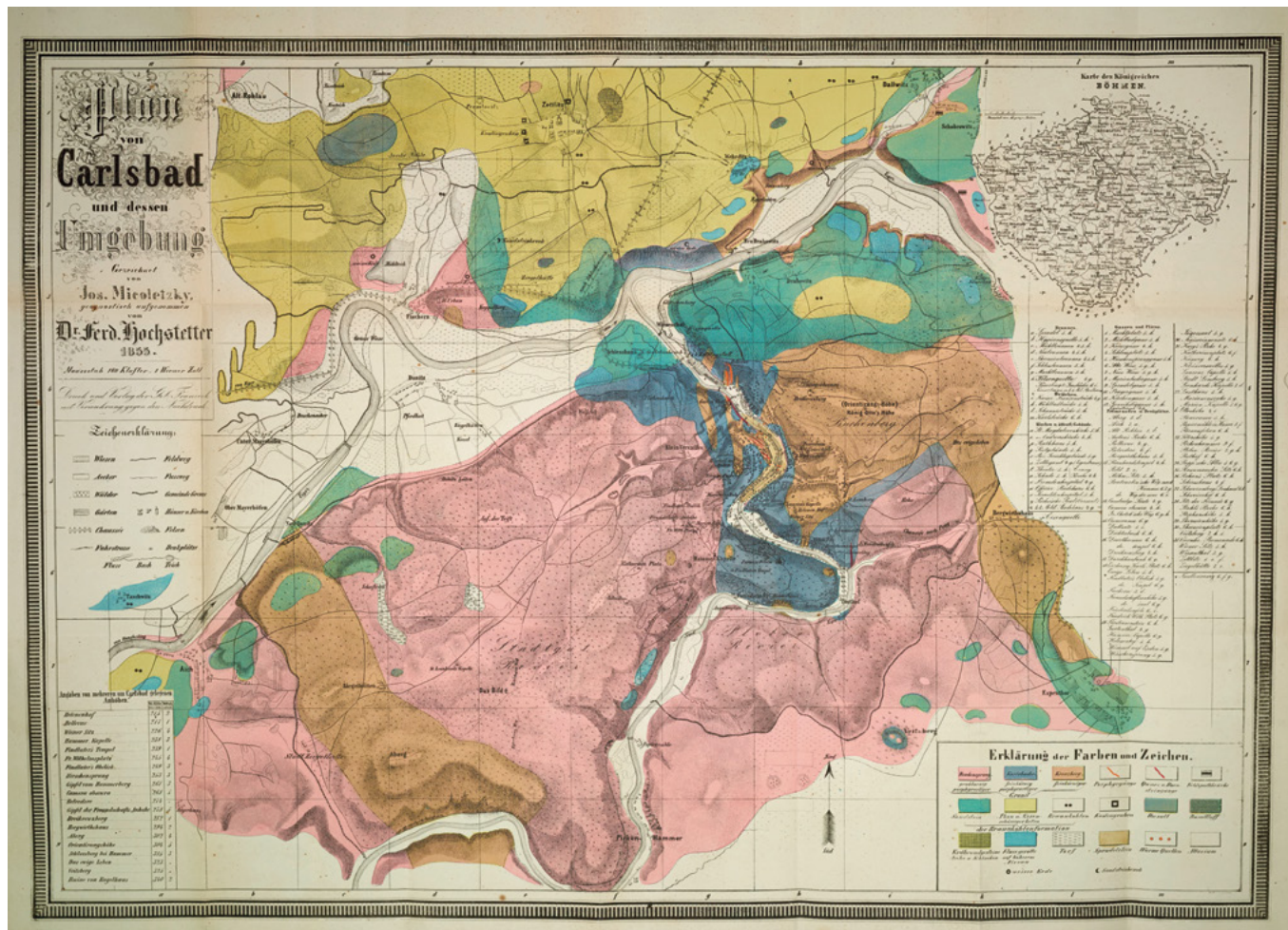
V současnosti se pozornost chemiků upírá spíše k povrchovým reakcím kaolinitu využívajícím přítomnost a reaktivitu $[OH]^-$ skupin. Výhodou je přítomná chemická stabilita hlinitokřemičitanové kostry. Reakcemi mezi kaolinitem a vhodnými činnými skupinami vazby na povrchové $[OH]^-$ skupiny se získávají geomateriály, pokročilé stavební materiály s volitelnými vlastnostmi (hydrofobní charakteru, vodu odpuzující) i nosiče katalyzátorů. ●



České bílé zlato

Těžba a zpracování kaolinu mají na našem území dlouhou tradici

RICHARD PŘIKRYL



▲ Geologická mapa okolí Karlových Varů z poloviny 19. století. Sedlec (Zettlitz; zcela nahoře) byl v té době ještě samostatnou obcí. Mapa je součástí Mapové sbírky PŘF UK a lze si ji prohlédnout online, viz QR kód).

Rozmach těžby a využití kaolinu v českých zemích bývají obvykle spojovány se zakládáním porcelánek na přelomu 18. a 19. století, zájem o „bílou hlínu“ (tedy na kaolinit bohaté jílové horniny) je však nepochybně mnohem staršího data a lze ho spojovat s různými dalšími využitími. Kaolinitické jíly kupříkladu sloužily již od středověku jako výborná

surovina pro výrobu kamnářských kachlů (tedy do jisté míry ozdobného žáruvzdorného zboží), nezbytné složky kuchyňských či pokojových kamen.

UNIKÁTNÍ PATENT

Podobná surovina, využívaná i při výrobě kameniny, našla místo v dnes tak běžném výrobku, jakým je obyčejná kance-

lářská tužka. Tužkou, jak již napovídá její název, lze psát díky tuze – grafitu. Avšak právě naprosto originálním spojením grafitu a kaolinu, mimochodem v obou případech z jihočeských ložisek, vznikla světová proslulost tužek z českobudějovické továrny Koh-i-noor Hardtmuth. Na poměru grafitu a kaolinu ve výrobní směsi totiž závisí tvrdost tužky – tento

objev si již v roce 1802 nechal patentovat rakouský vynálezce, architekt a podnikatel Joseph Hardtmuth (1758–1816).

Kaolin během devatenáctého století dosáhl postavení jedné z nejdůležitějších surovin (s výjimkou uhlí a některých rud) nacházejících se na území Koruny české – jak v samotných Čechách (Karlovarsko, Kadaňsko, Plzeňsko, Podbořansko), tak na Moravě (Znojemsko) i ve Slezsku (okolí Vidnavy). Surovinu zpracovávaly nejen porcelánky, ale též továrny na výrobu žáruvzdorného zboží – šamotky.

JEDINEČNOST KARLOVARSKA

V roce 1810 pověřila dolnorakouská vláda F. C. Ch. Mohse, tehdy ještě nepřilíší známého německého přírodovědce, důležitým úkolem – prozkoumat možnosti nových nalezišť jílových surovin vhodných pro výrobu porcelánu. První Mohsovy kroky vedly do západočeských Karlových Varů, jejichž jílové – kaolinové – bohatství bylo známo již několik staletí. Tato kapitola jeho života leží v pozapomnění, na rozdíl od návrhu geniálně jednoduchého, nicméně velmi propracovaného systému hodnocení tvrdosti minerálů, které je známo všem studentům geologie i dalším milovníkům nerostné říše.

O „jílových“ dolech v Sedlci (něm. Zettlitz; dnes část Karlových Varů) je vůbec první známá zmínka datována do r. 1544 v souvislosti s jednáním o lenních poplatcích. Místní kaolin později bezpochyby využívaly v okolí vznikající porcelánky, byť ta nejstarší, v Hájích u Horního Slavkova, dala přednost kaolinitickému jílu od Javorné. A pro thunovskou porcelánku v Klášterci nad Ohří zase její nájemce, durynský rodák Christian Nonne (1733–1813), zajistil surovinu od Kadaně. V Sedlci je kolem poloviny 19. století doložena hlubinná těžba kaolinu ze čtyř šachet, dosahující 800–900 tun ročně. Kvalitní kaolin začí-

nal již v hloubce 4 metrů pod povrchem a mocnost těžené vrstvy nepřesahovala 20 metrů.

EXPANZE TĚŽBY

Kaolin na Karlovarsku patří k tzv. primárnímu typu, proto vyžaduje úpravu, při níž se od kaolinitu musí oddělit hrubozrná příměs křemene a dalších složek. Karlovarský podnikatel Rudolf Gottl (1841–1909) zprovoznil první plavírnu kaolinu v Rybářích (dnes součást Karlových Varů) v roce 1868 a o necelé desetiletí později další provoz na výrobu porcelánové hmoty a glazur.

Bohatost karlovarských kaolinových ložisek dokumentuje také skutečnost, že zdejší těžba pokryla nejen potřeby místních porcelánek, ale umožnila vývoz kaolinu do zahraničí, mimo jiné do Německa nebo Skandinávie. V posledním desetiletí 19. století dosahovala produkce asi 1 500 tun ročně a před 1. sv. válkou se zvýšila na 30 000 tun. Krátce po ní pak strmě stoupla na úroveň statisíců tun a roční vývoz se pohyboval v rozmezí 140–220 tisíc tun. Z kaolinu, a to zejména karlovarského, se pro nově vzniklý stát stalo doslova „bílé zlato“.

KAOLIN A ŠKOLSTVÍ

O značném hospodářském významu českých, moravských i slezských nalezišť kaolinu ještě v dobách, kdy země Koruny české byly součástí habsburské monarchie, svědčí i mimořádná péče věnovaná výchově technického i uměleckého dorostu. Již v roce 1872 byla ve Znojmě založena odborná keramická škola – k. u. k. Fachschule für Tonindustrie, jedna z vůbec nejstarších tohoto typu v Evropě. Po 50 letech došlo k přesunu školy do Karlových Varů, kde stále funguje pod názvem Střední uměleckoprůmyslová škola keramická a sklářská Karlovy Vary. Počátky nebyly úplně snadné, mimo jiné kvůli odporu místních proti provozu školní vypalovací

pece. Po výstavbě a otevření nové budovy v roce 1924 však tato škola získala důstojné zázemí, s nímž se jí podařilo přechkat všechny další dějinné zvraty.

VÝROČÍ SVĚTOVÉHO ÚSPĚCHU

V roce 2024 si v souvislosti s karlovarským kaolinem připomínáme ještě jedno výročí. Na 5. kongresu Mezinárodní společnosti pro chemii čistou a užitou (IUPAC), konaném v dánské Kodani v r. 1924, byl kaolin Sedlec la (Zettlitz la, nejhodnotnější kaolin pro výrobu porcelánu těžný v Sedlci) vyhlášen mezinárodním standardem.

Jak pro geologii, tak pro místní zpracovatelský průmysl se jednalo o dodnes těžko docenitelnou poctu – na kongresu organizovaném chemiky byla jako standard přijata látka přírodního původu, která z principu nemůže mít 100% čistotu ve smyslu chemického složení. Mimořádný úspěch se navíc odehrál ve zjitřené atmosféře poválečných let, kdy němečtí zástupci měli na podobných setkáních omezenou účast, a přitom oblast Karlovarska byla v té době stále převážně německojazyčná.

I přes všechna tato úskalí se Viktoru Gottllovi (1872–1934), prezidentu správní rady a generálnímu řediteli společnosti Zettlitzer Kaolinwerke AG, založené v r. 1892 jeho otcem Rudolfem Gottlem, podařilo návrh prosadit. Kaolin Sedlec la si status mezinárodního standardu, jímž se poměřuje kvalita kaolinu pro výrobu porcelánu ze všech světových ložisek, uchoval dodnes. ●

AUTOR PŮSOBÍ V ÚSTAVU GEOCHEMIE, MINERALOGIE
A NEROSTNÝCH ZDROJŮ





Bez kaolinu není porcelánu

Keramické hmoty mají dlouhou historii a slibnou budoucnost

ALEXANDRA KLOUŽKOVÁ

V každé receptuře surovinové směsi pro výrobu porcelánu má, kromě ostřiv a taviv, nezastupitelné místo kaolin. Kaolin, resp. v něm obsažený jílový minerál kaolinit, dodává surové keramické hmotě plasticitu. Bez něj by porcelán nedosáhl své křehké krásy tenkostěnného lehce transparentního střepu. A bělostný kaolin rovněž přispívá ke světlé barvě porcelánu.

NEJSTARŠÍ MATERIÁL

Keramiku lze považovat za nejstarší lidskou rukou vytvarovaný umělý

materiál. Již ve svrchním paleolitu naši předci zjistili, že zpracováním hlíny a jejím vypálením získají stabilní výrobek s požadovaným tvarem. Zprvu to byly drobné plastiky – nejstarší a nejznámější sošku venuše z moravských Věstonic zhotovili „lovci mamutů“ před minimálně 25 tisíci lety.

Keramická výroba prošla od pravěku ohromným vývojem. Byly hledány a nalézány vhodné suroviny (od hlíny až po kaolin), objevily se nové technologie umožňující uplatnění

energetických zdrojů (od ručního pohonu až po elektřinu) a povrch keramických předmětů okrášlily různé dekory (od vrypů dřívkem až po zlacení). V současnosti lze podle použitých surovin a úrovní jejich zpracování vyrobit keramiku s pozoruhodnými vlastnostmi. Keramický stěp může být hutný, nebo naopak velmi pórovitý. Při použití uměle připravených surovin je možné vytvořit keramiku s dříve nemyslitelnými vlastnostmi: supravodivou, transparentní, téměř neprůstřednou apod.

◀ **Jídelní souprava hraběte Josefa Oswalda Thuna z roku 1856 vyrobená v porcelánci Thun 1794. Zdroj**
Uměleckopřemyslové muzeum v Praze, volné dílo

Všechny tradiční keramické materiály vyrobené z přírodních surovin obsahují ve svém surovinovém složení plastickou složku. Nositelem plasticity cihlářských výrobků jsou hlíny a spráše, kamenina potřebuje kameninové jíly a užitná keramika a porcelán kaolin.

ZROD PORCELÁNU

Pravlastí tenkostěnného porcelánu je Čína – označení kaolin se odvíjí od místního názvu Kao-ling (čín. vysoká hora; provincie Ťiang-si) a přešlo do většiny jazyků. Staří Číňané si tajemství výroby porcelánu pečlivě střežili a výhodně obchodovali pouze s hotovým výrobkem – porcelánem, s nímž Evropany poprvé obeznámil benátský cestovatel Marco Polo. Ostatně název porcelánu je odvozen z staroitalského „porcellana“ – mušle.

Všechny evropské panovnické dvory i příslušníci bohaté šlechty po porcelánu prahli a omezená dostupnost z něj udělala „bílé zlato“. Snaha odhalit tajemství výroby porcelánu trvala celá staletí, za porcelán se často vydávaly vylepšené výrobky jiného typu – např. medicéjský „porcelán“ nebyl ničím jiným než bíle glazovanou pórovitou

keramikou. Při všech těchto pokusech ovšem scházela znalost významu důležité složky – kaolinu.

Zásadní zásluhu na objevu výroby evropského porcelánu měli na počátku 18. století tři muži: saský kurfiřt a polský král August II. Silný a jím najatý vzdělanec Walther von Tschirnhaus (jeho jméno je patrně odvozeno od obce Černousy, dříve Tschernhausen, ve Frýdlantském výběžku) a saský lékárník Johann Friedrich Böttger. Původní recepturu na výrobu tvrdého evropského porcelánu v saské Míšni z r. 1708 se nepodařilo udržet v tajnosti dlouho a během 18. století došlo k založení řady porcelánek po celé Evropě.

Na českém území se první státem povolené porcelánky objevují až koncem 18. století, nejprve v Hájích u Horního Slavkova a záhy v Klášterci nad Ohří a Březové. V letech 1789–1927 jich postupně fungovalo 107, naprostá většina však již zanikla. Nejstarší a největší dosud činná česká porcelánka Thun 1794 vyrábí jak moderní, tak historické tvary a dekory.

ZDROJ TVÁRNOSTI A PEVNOSTI

Tvarování keramické směsi usnadňují jílové minerály, které mohou do své vrstevnaté struktury pojmout vodu. Při výrobě užitné keramiky a porcelánu se používají jak tradiční technologie, tj. vytváření volně z ruky, zatáčení a vytáčení do forem (dříve hrnčířský kruh) nebo lití do sádrových forem, tak i technologie nové, jako je tlakové lití a izostatické lisování. Vytvářecí voda se z vytvarovaného výrobku nejprve sušením odstraní a teprve poté následuje výpal.

◀ **Objevitelé evropského porcelánu: vlevo přírodovědec Walther von Tschirnhaus, vpravo alchymista a chemik Johann Friedrich Böttger.**
Zdroj Wikimedia Commons, volná díla

Kromě dodané vody má kaolinit ve své struktuře také hydroxylové (OH)⁻ skupiny, které se při ohřevu v rozmezí cca 500–800 °C (podle podmínek výpalu) uvolňuje ve formě vodní páry. Při této tzv. dehydroxylaci ztrácí kaolinit svou strukturu a přechází na amorfní metakaolinit, z něhož při teplotách nad 1 000 °C krystalizuje mullitická fáze.


Teplota a podmínky výpalů i jejich počet se odvíjejí od typu keramiky – u hutných dlaždic to může být např. jednožárový výpal na 1 150 °C. Porcelán prochází výpaly třemi: po přezáhu spojeném s dehydroxylací následuje ostrý výpal (cca 1440 °C) s tvorbou taveniny a krystalizací mullitické fáze a nakonec nastupuje dekorační výpal. Výsledkem je zvonivý bílý střepek, který obsahuje krystalky mullitu a zbytky zrn křemenného ostřiva, rozptýlené ve skelné fázi vznikající z ochlazené taveniny. Kombinace uvedených fází dodává hotovému výrobku pevnost.

PERSPEKTIVNÍ HMOTA

Po objevu umělých hmot ve druhé polovině 20. století a jejich všestranném využívání by se mohlo zdát, že doba keramiky a porcelánu již minula. Po módní vlně emělohmotných hrnků a misek však nastal návrat k tradičnímu materiálu s novými tvary a dekory. I přes dovoz levnějších asijských výrobků nepřestali zákazníci oceňovat kvalitu českého porcelánu. V současné době je velkým problémem navýšení cen energií, protože keramická výroba zahrnuje energeticky náročné procesy, a tak jsou hledány cesty, jak využít veškeré odpadní teplo, zpracovat recykláty, aplikovat nové technologie apod. Pokročilé typy keramiky, jako je piezokeramika, její spojení s kovem v tzv. cermetech a další nová uplatnění v řadě aplikací, však ukazují, že doba keramiky rozhodně neskončila. ●

AUTORKA PŮSOBÍ V ÚSTAVU SKLA A KERAMIKY VŠCHT





V Česku jsou dva dobře zachovalé areály podzemních dolů na kaolin. Ten v Nevřeni u Plzně je přístupný veřejnosti a rozhodně stojí za návštěvu.

Foto Petr Jan Juračka

Druhý život kaolinových dolů

Pozůstatky těžby lze s úspěchem využít pro rekreační i vzdělávací účely

RICHARD PŘIKRYL

Již od první chvíle, kdy lidé začali využívat minerály a horniny jako suroviny potřebné pro rozmanité výrobky, museli se při jejich získávání zaměřit na horninové prostředí pod svými nohama. Těžba a zpracování nerostného bohatství přináší užitek všem, kteří užívají výrobky z něj zhotovené, může však být také zdrojem obav či obtíží. Oponenti dobývání surovin neváhají jmenovat negativní dopady, jako je hluk či prach z probíhající těžby nebo trvalý zásah do krajiny. Otázkou je – umíme změnu reliéfu krajiny smysluplně využít?

KOUZLO STARÝCH DOBÝVEK

Podobně jako u všech nerostných surovin i těžba kaolinu zanechává

v krajině nesmazatelné stopy. Nalezení hodnotného využití prostoru vytěžených ložisek přitom nejen pomáhá zahladit případné nežádoucí stopy po dobývání či úpravě nerostných surovin, ale při vhodně zvoleném způsobu může i přispět k utváření pozitivního vztahu laické veřejnosti k hornické činnosti. Běžně využívané způsoby, pohybující se mezi rekultivací (opětovným zúrodněním pro zemědělské či lesnické využití) a renaturizací (navrácením do „původního, přirozeného“ stavu), opuštěná hornická díla „znevíditelní“.

Kouzlo starých dobývek však lze rovněž zachovat a lokalitám vdechnout nový život. Přístupů, které to umožní, existuje

několik, jmenujme alespoň vybudování návštěvnických okruhů zaměřených na přírodovědněvzdělávací činnost nebo kulturní vyžití. Evropa zásluhou nesmírně pestré hornické tradice nabízí množství příkladných ukázek. A i když se evropská těžba kaolinu řadí v porovnání s jinými surovinami k těm mladším, za několik staletí trvajícího dobývání zde vzniklo několik pozoruhodných lokalit zasluhujících návštěvu i ochranu.

► **Cornwallský kaolinový důl poblíž města St. Austell byl přeměněn na futuristické vzdělávací centrum Eden, v němž se veřejnost seznamuje se složitostí ekosystémů.** *Zdroj Shutterstock.com*

TROCHU JINÁ LOŽISKA

Vedle Českého masivu se bohatá kaolinová ložiska utvářela na několika dalších místech Evropy. S Českým masivem mají často podobnou geologickou minulost – pojí je utváření během variské orogeneze na konci prvohor. Četná plutonická tělesa, původně tvořící kořen variského orogenu, byla při dalších geologických pochodech vyzdvížena k povrchu a vystavena zvětrávacím procesům. Za přírodních podmínek pak došlo ke kaolinizaci.

Jednou z takových pozoruhodných oblastí je jihozápadní cíp Anglie – hrabství Cornwall. Několik zdejších plutonických těles obsahuje rozsáhlá ložiska primárního kaolinu (anglicky „china clay“), těžená od 18. století, i jeho přeplavené souputníky – kaolinitické jíly (ang. „ball clay“). Jedinečné místní podmínky umožnily vznik smíšeného typu kaolinových ložisek označovaných jako „cornwallský typ“. Tamní žuly nejprve působením horkých roztoků cirkulujících podél strmě ukloněných zlomových struktur podlehly výšeteplotním přeměnám, aby následně na povrchu intenzivně zvětraly ve vlhkých tropech. Široce rozevřený, „nálevkovitý“ tvar těchto ložisek, pozorovatelný na příčném (vertikálním)

řezu, připomíná sklenku šampaňského. Po vytěžení takových ložisek zůstaly v krajině rozsáhlé okrouhlé jámy zužující se směrem k bázi.

RÁJ Z KAOLINOVÉHO DOLU

Jeden z opuštěných cornwallských kaolinových dolů se po skončení přibližně 160 let trvající těžby nejprve stal vhodnou kulisou pro filmaře. Milovníci nezapomenutelné série knih Stopařův průvodce po Galaxii (autora Douglase Adamse) a podle nich britskou BBC natočeného TV seriálu si možná vzpomenou na planetu Magratheu – děj na ní byl natáčen právě zde. Avšak po této krátké epizodě z roku 1981 museli návštěvníci čekat dlouhých dvacet let, než mohli vstoupit do bran jedinečného přírodovědněvzdělávacího centra, nazvaného příhodně Eden (Ráj).

V rámci tohoto projektu byly vybudovány dvě obří futuristické stavby poskytující prostor pro umístění dvou velmi specifických biomů – deštného lesa a středomořského prostředí. Jedna z nosných myšlenek projektu vycházela ze snahy zpřístupnit širší veřejnosti dříve realizovaný vesmírný program Biosphere 2, vystavěný na přelomu 80. a 90. let

20. století v americké Arizoně. Zatímco podstatou původního projektu byl pokus spojený s lidskými tužbami kolonizace extraterestrických těles a možností inženýrského vytvoření obyvatelného prostředí, projekt Eden si klade za cíl spíše výchovu veřejnosti k uvědomění si složitých souvislostí a křehkých vazeb v pozemském životním prostředí.

VZHŮRU DO PODZEMÍ

Česká kaolinová ložiska, i vzhledem k jistým odlišnostem od těch cornwallských, nabízejí jiné možnosti. Týká se to zejména zachovalých podzemních dobývek – kaolinových dolů – z počátků průmyslové těžby v 19. století. I když se jich nedochovalo mnoho, mají svůj neopakovatelný půvab. A protože jsou skryty pod povrchem, jejich návštěva je možná jedině v oficiálně zpřístupněných místech nebo v rámci odborně vedeného výzkumu jeskyňáři.

Za zmínku stojí minimálně dvě oblasti. Za jednou z nich je nutno se vydat do jižních Čech – na okraji Českých Budějovic mezi obcemi Hrdějovice a Borek se nachází přírodní památka Orty. U této velice pozoruhodné lokality, která je považována za jednu z nejrozsáhlejších technických památek svého druhu v Česku, se teprve nyní uvažuje o zpřístupnění pro širší veřejnost.

Oproti tomu návštěvnícký okruh v opuštěných kaolinových dolech u Nevěňeně na Plzeňsku funguje již od roku 2019 a je oblíbenou turistickou destinací. Zde probíhala těžba v kaolinizovaných sedimentárních horninách – arkózových pískovcích karbonského stáří – od roku 1870 do konce 19. století. Až 12 m vysoké klenuté profily opuštěných dobývek navozují dojem lodí gotického chrámu. A pak že doly nemají svůj půvab! ●

AUTOR PŮSOBÍ V ÚSTAVU GEOCHEMIE, MINERALOGIE
A NEROSTNÝCH ZDROJŮ





Kaolinit na Marsu

Jílové minerály mohou dokládat přítomnost vody a možná i života

FILIP KOŠEK, JAN JEHLIČKA

Spolu s dalšími jílovými minerály nalezneme kaolinit v celé řadě pozemských hornin utvářených zvětrávacími a sedimentárními procesy. Běžně také vzniká při půdotvorných procesech. Vždy však ke svému vzniku potřebuje vodu, ať již meteorickou (srážkovou), nebo obíhající v hlubších patrech zemské kůry. To, zda vznikne kaolinit, nebo jiný hydratovaný vrstevnatý hliníkokřemičitan, ovlivňuje řada faktorů:

mineralogické složení původní horniny, geochemické podmínky prostředí, podnebí a řada dalších.

KDE JE VODA...

V pozemských podmínkách nahrazuje kaolinit živce, hojně přítomné v magmatických horninách typu granitů, ale též v některých metamorfitech (ortorulách) nebo sedimentárních horninách (arkózách či drobách).

Pro úspěšnou přeměnu živce na kaolinit potřebujeme příhodné podmínky: vlhké a teplé klima (tropy), kyselou povahu roztoků (nízké pH) a intenzivní promývání zvětrávacího profilu kvůli odnosu alkálií.

Pokud tedy v pozemském geologickém prostředí nacházíme kaolinit či další jílové minerály tvořící nezpěvněné jíly nebo horniny zvané jílovce, vždy nám

◀ **Světle zbarvené vrstvy v kráteru Cross, Terra Sirenum, pravděpodobně obsahují alunit, kaolinit a další hliníkem bohaté sloučeniny.** *Zdroj NASA/JPL-Caltech/UArizona*

dokládají přítomnost a účinky vody při jejich vzniku. A to je nesmírně důležitá informace jak při výzkumu povrchů planet a jejich horninového složení, tak při hledání možných důkazů dřívějšího (či snad dokonce ještě existujícího) života třeba na Marsu.

STOPY ŽIVOTA V MINERÁLECH

Při hledání stop prokazujících přítomnost života na mimozemských tělesech pomáhají tzv. biomarkery. Jedná se o stopové organické sloučeniny s charakteristickou strukturou, které vznikají výhradně činností živých organismů a jejich syntézou. Biomarkery tvoří „zbytekový“ záznam o existenci svých nositelů i o charakteru prostředí, v němž žili.

Stabilita organických látek je však v pozemském geologickém prostředí omezená, protože většina organické hmoty i biomarkerů se nakonec působením oxidačních podmínek rozloží. V pozemských podmínkách se organická hmota může uchovat jen v naprosto výjimečných případech. Mezi ty ojedinělé patří uchování biomarkerů uzavřením v minerálech. Kvůli své vrstevnaté struktuře se k tomu hodí právě například jílové minerály nebo též některé chemogenní minerály (např. halit nebo sádrovec) vznikající vysrážením z přesycených slaných roztoků v sedimentárních pánvích aridních oblastí.

▶ **Světle zbarvený balvan, obsahující kaolinit, byl na dno kráteru Jezero dost možná dopraven vodou. V lednu 2023 ho zachytila kamera roveru Perseverance.** *Zdroj NASA/JPL-Caltech/ASU*

MIMOZEMSKÝ KAOLINIT

Mohly však podobné jevy nastat i na Marsu? Přítomnost minerálů ze skupiny kaolinitu by v tamním prostředí představovala výjimečnou geochemickou anomálii jak kvůli nezbytným podmínkám vzniku, tak kvůli možným procesům. Dle dosud známých dat převládají na povrchu Marsu tmavé, tzv. mafické horniny, obsahující hlavně Fe-Mg křemičitany (olivín, pyroxeny ad.). Jejich zvětráváním za účasti vody však vznikají jiné typy vrstevnatých hlinítokřemičitanů – zejména Fe-Mg smektity, jež také máme z marsovského povrchu doloženy. Přesto se na povrchu rudé planety podařilo kaolinit jednoznačně identifikovat. Tato skutečnost prokazuje existenci naprosto výjimečných geochemických a možná i klimatických podmínek v marsovské historii.

Nejčastěji se kaolinit vyskytuje jako součást horninových formací složených převážně z jílu, odkrytých například ve Valles Marineris nebo Mawrth Vallis. Na obou lokalitách relativně tenké vrstvy obohacené kaolinitem překrývají vrstvy Fe-Mg smektitů, a jsou proto s ohledem na superpozici považovány za mladší. Zatím nevíme mnoho o povaze procesů vedoucích ke vzniku této výjimečné minerální asociace, ale muselo k tomu dojít v době, kdy Mars nebyl tak vyprahlý jako dnes. Nabízí se vysvětlení, že původní horniny (sedimenty nebo sopečné vyvrženiny mafického složení) se nejprve přeměnily na smektity a následným vyluhováním hořčíku



a železa v povrchových vrstvách zůstaly pouze minerály bohaté hliníkem.

Podobný sled procesů a vrstev nacházíme při dlouhodobém povrchovém zvětrávání v teplém a vlhkém klimatu, ale rovněž i při přeměně sedimentárních vrstev v jezerním prostředí působením kyselých nebo slaných vod. Na dalších místech marsovského povrchu, například v kráteru Cross v oblasti Terra Sirenum, byly zjištěny důkazy možného zapojení hydrotermálních procesů. Opět v analogii k podobným pozemským výskytům vznikal v takovém prostředí výšeteplotní polytyp kaolinitu – dickit – spolu s amorfni křemitou hmotou (opálem) a sírany (jarositem nebo alunitem).

O přítomnosti kaolinitu na dalších tělesech Sluneční soustavy i mimo ni můžeme jen spekulovat, protože nám chybí jednoznačné důkazy. Vždy je třeba mít na paměti, že pátrání po přítomnosti vody na vesmírných tělesech jde ruku v ruce s hledáním minerálů, které vodu (nebo hydroxylovou skupinu) obsahují. Pokud naopak dokážeme detekovat vodu v kapalném skupenství v kontaktu s horninami bohatými na živce, kaolinit s největší pravděpodobností najdeme také.

ZA DALŠÍMI OBJEVY

První přímá pozorování kaolinitu na povrchu Marsu máme možná za dveřmi. Rover Perseverance totiž na své cestě po dně kráteru Jezero narazil na řadu menších balvanů, u kterých se zdá, že došlo k jejich přemístění vodou. První spektroskopické rozbory naznačily, že tyto balvany obsahují hydratované hlinítokřemičitany; kaolinit je jedním z hlavních podezřelých. Pokud se tyto výsledky potvrdí, půjde o jedny z nejvíce vodou alterovaných hornin, které jsme na Marsu doposud mohli studovat zblízka. ●

AUTOŘI PŮSOBÍ V ÚSTAVU GEOCHEMIE, MINERALOGIE
A NEROSTNÝCH ZDROJŮ



Pomocník inženýrských geologů

Specifické vlastnosti jílového minerálu se uplatní i při laboratorních zkouškách

DAVID MAŠÍN

INŽENÝRSKÁ GEOLOGIE

Inženýrská geologie jako jeden z oborů aplikované geologie zkoumá vlastnosti a chování horninového prostředí zejména z pohledu stavitelství. Inženýrští geologové proto řeší vhodnost základové půdy pro výstavbu budov, ražbu tunelů nebo vedení liniových inženýrských staveb (silnic, železnic). Inženýrská geologie se rovněž zabývá ochranou infrastruktury i zdraví a životů osob z hlediska geodynamických

jevů, kde mezi nejdůležitější patří náchylnost zeminy ke vzniku sesuvů a skalních řícení nebo náchylnost zeminy ke ztekucení způsobenému zemětřeseními.

Protože inženýrské stavby zasahují ve většině případů do vrchní vrstvy pouhých několika jednotek až desítek metrů geologického sledu, zabývá se inženýrská geologie přednostně geologickým prostředím v této zóně. Kromě podlož-

ních skalních hornin se zde velmi často nacházejí kvartérní i starší sedimenty tvořené různými typy nesoudržných zrnitých materiálů. Ty souhrnně označujeme inženýrským pojmem zeminy.

SPECIFIKA ZEMIN

Zeminy se od skalních hornin liší tím, že se jedná o zrnitý materiál, kde zrna nejsou vůbec nebo jen zanedbatelně propojena tmelem. Fyzikální chování zeminy je proto podmíněno velikostí,

◀ **Velké stavby jako dálnice či železnice vyžadují důkladný geologický průzkum a také řadu horninových testů. I zde má kaolin důležitou roli.** *Zdroj Shutterstock.com*

tvarem a mineralogickým složením jednotlivých zrn. Z hlediska pevnosti tak pochopitelně dosahují mnohem nižších hodnot než skalní horniny, a proto musí být zakládání staveb na zeminách obezřetnější. Oproti skalním horninám jsou však mnohem lépe zpracovatelné, a tudíž snáze upravitelné při terénních pracích nebo při utváření různých sypných těles, jako jsou hráze přehrad nebo silniční a železniční násypy.

Mezi zeminy se specifickými a většinou nepříznivými vlastnostmi patří jíly. Na rozdíl od hrubozrnných zemin (například písků nebo štěrků) dosahují jíly výrazně nižší pevnosti (maximálního zatížení, při kterém dojde k porušení), tuhosti (velikosti deformace při určité změně zatížení) a propustnosti (rychlosti proudění podzemní vody). Nízká pevnost a tuhost vyžadují důkladné studium mechanického chování jílu. Malá propustnost jílu pak prodlužuje dobu laboratorních zkoušek. Při zatížení jílu vznikají tzv. pórové tlaky ve vodě, přítomné v pórech mezi jednotlivými zrny. Kvůli nízké propustnosti odtéká voda ze zeminy velmi dlouho, a proto tyto tlaky klesají velmi pomalu. Zkoušky fyzikálních vlastností jílu je ovšem možné provádět až ve chvíli, kdy jsou pórové tlaky kompletně vyrovnané, a mohou

▶ **Laboratorní zkoušky zemin probíhají například na geotechnických centrifugách. Typ na snímku má maximální nosnost 1 tunu a vyvine až 200násobek tíhového zrychlení Země. Jejím vlastníkem je univerzita v kanadském Carletonu.** *Zdroj Wikimedia Commons, autor Ab1247 – vlastní dílo, CC BY-SA 4.0*

proto trvat až několik týdnů, kdežto obdobnou zkoušku písku lze provést během několika hodin.

LABORATORNÍ POMOCNÍK

V tuto chvíli nastupuje jako vhodný modelový materiál pro zkoušení chování jílu kaolinit či kaolinitický jíl, přestože se v základové půdě většinou nevyskytuje samostatně. Oblasti s mimořádným nahromaděním kaolinitu totiž obvykle slouží k těžbě této cenné nerostné suroviny a na takových místech stavební činnost neprobíhá.

Proč je tedy kaolinit pro zkoušení chování zemin tak významný? Je to ze dvou důvodů. V první řadě je experimentálně prokázáno, že jeho mechanická odezva při laboratorních zkouškách kvalitativně odpovídá chování jiných jílu (např. nejběžnějších jílu s převahou jiného jílového minerálu – illitu). Kaolinit na rozdíl od illitu nebo bobtnavých smektitů tvoří mnohem větší „zrna“ – tj. krystaly kaolinitu plochého tvaru, což vede k jeho větší propustnosti v porovnání s jinými jíly. Laboratorní zkoušky s jeho využitím lze proto provádět relativně rychle a s mnohem vyšší efektivitou výzkumu různých aspektů chování zemin.

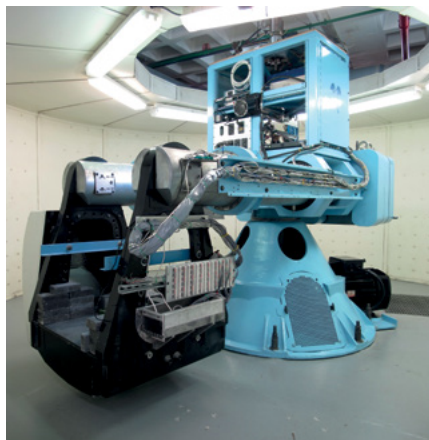
Druhou výhodou je význam kaolinitu v různých dalších průmyslových odvě-

vích. Kaolinit je ve velkém množství těžen a upravován v řadě zemí, přičemž složení a vlastnosti kaolinitu z jednotlivých oblastí zůstávají dlouhodobě stálé. Tato skutečnost dovoluje přímou i nepřímou mezinárodní spolupráci výzkumných týmů v oblasti mechaniky zemin, kdy jeden tým provádí fyzikální experimenty s konkrétním kaolinitem a jiný tým může tentýž materiál použít při laboratorních zkouškách a vývoji modelů, které pak další tým ověřuje na základě dalších experimentálních dat.

KAOLIN VE ZKUŠEBNICTVÍ

Dobrym příkladem takové spolupráce může být výzkum prováděný v Ústavu hydrogeologie, inženýrské geologie a užitě geofyziky Přírodovědecké fakulty UK s využitím publikovaných dat z Hong Kong University of Science and Technology a Zhejiang University v Číně. Tato pracoviště disponují výkonnými experimentálními zařízeními, tzv. geotechnickými centrifugami, které slouží pro fyzikální modelování chování základů staveb v zeminách. Centrifuga umožňuje zvýšit tíhové zrychlení na řádově stonásobek tíhového zrychlení Země, což dovoluje simulovat modely skutečných staveb ve zmenšeném měřítku 1 : 100.

Při těchto výzkumech byla testována odezva pilotových základů větrných elektráren instalovaných v šelfových mořích na cyklické namáhání způsobené mořským příbojem a větrem. Autoři při výzkumu použili malajský kaolinit. Ten samý materiál následně díky jeho komerční dostupnosti využili pracovníci laboratoře mechaniky zemin PFF UK k laboratornímu testování a vývoji materiálových modelů. Ty pak mohly být ověřeny pomocí experimentálních dat převzatých z literatury, například z již zmíněných geotechnických centrifug. ●



AUTOR PŮSOBÍ V ÚSTAVU HYDROGEOLOGIE, INŽENÝRSKÉ GEOLOGIE A UŽITÉ GEOFYZIKY



Evolve cikád zachovaná v jantaru

Výzkum druhohorního hmyzu je příkladem fungující mezinárodní spolupráce

VERONIKA RUDOLFOVÁ

Co nám může několik cikád zachovaných v jantaru říct o hmyzu, který většinu svého životního cyklu prožije skrytě pod zemí? A jak nám může jeho evoluce pomoci pochopit rozsáhlé změny v rostlinných společenstvech, které se odehrávaly ve spodní křídě? Na tyto a další otázky hledá odpovědi Hui Jiang, mladá paleontoložka z Číny, která v rámci projektu *Mezinárodní mobility a výzkumných pracovníků* strávila sedm měsíců na Přírodovědecké fakultě

UK. Během této doby také vznikl její článek o evoluci cikád, který byl nedávno publikován v časopise *Nature Communications*.

Na Přírodovědecké fakultě UK jste dohromady působila tři čtvrtě roku. Proč jste si pro postdoc vybrala právě Prahu?

Když jsem dokončila studium, hledala jsem postdoktorandské pozice a narazila na projekt krátkodobých mobilit Univer-

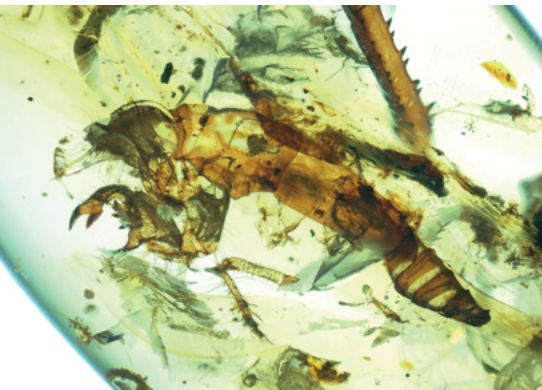
zity Karlovy, kde se psalo, že se výsledek dozvím do měsíce. Věděla jsem, že zdejší paleontologický výzkum má dlouhou historii a je excelentní a známý po celém světě. V Praze jsem navíc nikdy nebyla, a tak mi to přišlo jako skvělá příležitost. Zkusila jsem poslat přihlášku přímo, aniž bych kontaktovala někoho z Ústavu geologie a paleontologie. Naštěstí to vyšlo a já jsem v Praze díky projektu mobility zůstala sedm měsíců a další dva měsíce jako hostující vědecký pracovník.

Během svého pobytu v Praze jste spolupracovala s Národním muzeem a spolu s Luciou Šmídovou jste navštívila několik univerzit a výzkumných pracovišť v Evropě. Navázala jste nějaké dlouhodobé spolupráce?

Profesoři a kolegové na Přírodovědecké fakultě byli opravdu milí, poskytli mi mnoho příležitostí k navázání řady různých spoluprací. Kontakt s Národním muzeem, kde jsem přednášela, mi zajistila prof. Katarína Holcová. S Luciou Šmídovou jsem spolupracovala během celého pobytu a spolu jsme navštívily např. muzeum Senckenberg ve Frankfurtu nebo známé naleziště zkamenělin v Messelu. Vypravila jsem se rovněž do Brna na tamní Vysoké učení technické a Masarykovu univerzitu.

Ve svém výzkumu se zaměřujete na fosilie hmyzu zachované v jantaru. Váš článek o druhohorní evoluci cikád byl nedávno publikován v časopise Nature Communications. Kolik fosilií jste měli k dispozici a jaké metody jste k zodpovězení svých otázek použili?

Pro tuto studii jsme měli k dispozici jedenáct vzorků, které patří do nadčeledi Cicadoidea. Do studie jsme zařadili



nymfy i dospělé, abychom získali ucelnější informace o evoluci a životním cyklu cikád v období jury a křídly. Vzorky jsme nejprve studovali a snímali pod optickým mikroskopem a poté jsme využili i rentgenovou mikrotomografii. Následně jsme za pomoci pokročilého softwaru spojili pořízené fotografie dohromady a vytvořili rekonstrukci jednotlivých druhů. Vznikla tak dokonalá vizualizace bez poškození vzorku v jantaru. K následnému zpracování dat jsme použili fylogenetické analýzy založené na morfologických znacích jednotlivých druhů. Snažili jsme se tak odhalit příbuzenské vztahy mezi studovanými jedinci zachovanými v jantaru a dosud žijícími druhy cikád.

Co vaše naznačují výsledky o ekologii cikád z období křídly a o divergenci dvou v současnosti existujících skupin – Cicadidae a Tettigarctidae?

Naše výsledky ukazují, že ekologie druhů žijících v období jury byla pravděpodobně velice podobná dnešním druhům. Jejich nymfy pravděpodobně žily pod zemí (silné přední nohy naznačují výbornou schopnost hrabat) a živily se mizou z kořenů rostlin. Během období křídly došlo ke změně v jejich způsobu života, zejména ke zlepšení schopnosti letu dospělých jedinců. Tato změna pravděpodobně souvisela s proměnou okolní vegetace, jelikož se odehrávala v době, kdy nahosemenné rostliny ustoupily rostlinám krytosemenným, a cikády se tak musely přizpůsobit měnícím se podmínkám prostředí a nově vznikajícím lesům. Na základě výsledků našich morfometrických analýz předpokládáme, že rozdíly ve stavbě jejich hrudi (relativní rozdíly pronota a mesonota) se objevily

◀ **Nymfa cikády v jantaru.**

Foto archiv Hui Jiang

v koevoluci s rozdíly v jejich letových schopnostech. Obě tyto evoluční změny šly pravděpodobně ruku v ruce se změnami okolního prostředí.

Byla práce na tomto článku součástí vašeho výzkumu na Přírodovědecké fakultě? Na co se zaměřujete v současné době?

Tento článek je z větší části výsledkem mých předchozích výzkumů z Číny a Německa, ale na Přírodovědecké fakultě jsem pořídila několik fotografií na novém optickém mikroskopu, které text krásně ilustrují. Článek jsem zde také sepsala, dokončila jeho finální verzi a odeslala jej do časopisu. Výzkumně jsem se během pobytu věnovala spíše tafonomii jantaru (tj. fosilizaci organismů a jinému zachování v paleontologickém záznamu – pozn. red.) a mineralizovanému hmyzu v jantaru, což je téma, kterým se zabývám dodnes. Letos v květnu se chystám na další krátkodobou mobilitu do muzea Senckenberg ve Frankfurtu a do messelského dolu. Mám v plánu nadále studovat cikády. Během léta bych ráda znovu navštívila Prahu a pokračovala v naší spolupráci. Na Přírodovědecké fakultě se mi moc líbilo, takže se tam možná v budoucnu přihlásím na nějaký další projekt. Myslím, že po ukončení studia je důležité navštívit různé univerzity a výzkumné instituce, navázat nové spolupráce a vyzkoušet si působení na různých pracovištích. Krátkodobé mobility a podobné programy jsou k získávání nových zkušeností ideální.

Pobyt Hui Jiang na Přírodovědecké fakultě UK byl financován z projektu, jehož cílem je zlepšení podmínek pro výuku spojenou s výzkumem a pro rozvoj lidských zdrojů v oblasti výzkumu a vývoje na UK podporou mezinárodní mobility výzkumných, technických a administrativních pracovníků. ●

„Wildlife“ v botanické zahradě

Natočte si vlastní přírodovědný dokument

JAKUB HORÁK

Každý z nás už někdy v televizi viděl dokumentární pořad, ve kterém hlavní roli hrála sama příroda. Z obrazovek jsme hltali dechberoucí záběry natočené někde uprostřed divočiny v dalekých končinách, zatímco vypravěč poutavě povídal o všem, co zrovna vidíme. Ale napadlo vás, jaké by to asi bylo, stát se tím člověkem, co dokumenty natáčí, tedy dokumentárním filmařem? Jestli ano, máte štěstí, protože si to můžete na vlastní kůži vyzkoušet. A ani nemusíte odjíždět na dlouhé měsíce do neprobádané divočiny. Vše, co je potřeba, totiž najdete v naší botanické zahradě.

Připravili jsme dvouhodinový kurz vhodný pro žáky druhého stupně ZŠ a studenty SŠ. Při exkurzi do skleníku Botanické zahrady Přírodovědecké fakulty



UK si účastníci nejen otestují možnosti svých mobilů a profesionální filmové techniky, ale rovněž poznají rostliny tak, jako nikdy před tím. A k tomu si odnesou parádní krátký dokument, který spolu s lektory natočí!

Kurz je možno si objednat v katalogu pro učitele na webu Prirodovedci.cz (načtete QR kód). ●





šikovnosti. V prostorách Brožkovy genetické zahrady nakonec proběhla večerní párty za účasti p. děkana Jiřího Zimy či proděkana Vladimíra Krylova, kteří také přiložili ruce k dílu při úklidu strání.

Za organizací akce, která nakonec proběhla hladce i přes nepřízeň počasí, stála Studentská komora Akademického senátu a zejména dobrá duše akce, členka SKAS Mgr. Lucie Pražáková, ve spolupráci se studentskými spolky Hydrant, Geologický art spolek (GAS), PŘÍFUK, Život na OŽP a EGEA. ●



Úklid, swap a párty

Každoroční uklízení Albertovských strání proběhlo i vzdor nepřízní počasí

MICHAL ANDRLE

Úterý 7. května bylo mimořádně deštivé. I přesto se řada studentů PŘF UK nezalekla a dlouho plánovanou akci na Albertovských stráních dotáhla do konce. Kromě plánovaného úklidu, během něhož byl naplněn připravený kontejner na odpad, proběhla i většina dalších aktivit, které měly být součástí

programu. Organizátorům děkuje celá PŘF UK, za Akademický senát PŘF UK jeho předseda Radim Perlín.

Schování před deštěm v budově Albertov 6 si studenti vyměňovali pokojové květiny, nepotřebné oblečení nebo se dělili o umělecká díla či další produkty své

Czech Nature Photo 2024

V osmém ročníku fotografické soutěže uspěl i student PŘF UK

Třetí místo v kategorii Cena za nejlepší fotografii české přírody soutěže *Czech Nature Photo* obsadil student biologie z naší fakulty Michal Vais. Bronz mu vynesla fotografie „Kladení vajíček“. Navazující výstava a její katalog pak obsahují další dva jeho snímky. Všechny soutěžní fotografie jsou ke zhlédnutí v galerii Czech Photo Centre v pražských Nových Butovicích. Výstava je umístěna jak pod širým nebem, tak uvnitř v galerii a bude otevřena do 25. srpna.

Soutěž a výstava Czech Nature Photo představuje nejlepší snímky přírody celého světa pořízené fotografy z České republiky a Slovenska. Fotografie zaslané do soutěže a následná výstava sestavená z oceněných a vybraných snímků soutěže ukazují unikátní krásu zvířat, rostlin a krajiny. Hlavním cílem soutěže je vzdělávat veřejnost a motivovat ji k ochrany přírody, která nenávratně mizí. ●



Foto: Jakub Horák

Den fascinace rostlinami

Mírně deštivá, přesto úspěšná akce v naší botanické zahradě



Zx Foto: Jakub Horák

Po dvou letech hostil areál Botanické zahrady PŘF UK další, v pořadí již osmý ročník jednodenní akce, na níž

se návštěvníci mohli s na slovo vzatými odborníky ponořit do světa rostlin. Role průvodců se ujali jak botanici

a experimentální biologové rostlin, tak paleobotanici, biochemici či geografové. A to nejen z naší fakulty, ale rovněž z Ústavu experimentální botaniky AV ČR a České botanické společnosti. Ačkoliv počasí bylo spíše pošmourné s občasnými přeháňkami, zájemců o rostliny si do botanické zahrady našlo cestu víc než dost. Dopoledne patřilo jako vždy školám, odpoledne pak široké veřejnosti. Všem, kdo se na úspěšném průběhu akce podíleli, patří velký dík. Těšíme se zase za dva roky! ●



Seznamte se s etologií

Věda o chování živočichů má po letech novou učebnici



Jak mozek a hormony ovlivňují chování? Jak se zvířata orientují a jak spolu komunikují? Jak se chování vyvíjí pod vlivem genu a prostředí? Proč spolu zvířata někdy soupeří a jindy spolupracují? Podle čeho si vybírají partnery, jak odchovávají mláďata? Jak se vyvíjel mozek a sociální chování v průběhu evoluce? Jak nám znalost chování pomáhá chránit volně žijící i domácí zvířata či modelovat poruchy lidského chování?

Na tyto otázky odpovídá etologie, věda o chování živočichů. Nová učebnice Etologie vysvětluje chování ve čtyřech rovinách: na úrovni mechanismů (tedy jak je chování řízeno souhrou vnějších podnětů a vnitřního stavu zvířete), na

úrovni ontogeneze (jak je utvářeno interakcí mezi genotypem a získanými zkušenostmi), na úrovni funkce (jak chování pomáhá živočichům přežít a předat geny potomkům) a na úrovni evoluce (jak se chování proměňuje u živočichů patřících k různým fylogenetickým větvím). Kniha je doplněna oddílem o dějinách etologie a o aplikované etologii a zahrnuje také komplexní kapitoly, které u vybraných skupin živočichů představují chování celistvě: u švábů, rypošů, kukaček, pavouků, netopýrů a člověka. ●

Etologie. Mechanismy, ontogeneze, funkce a evoluce chování živočichů. Špínka M., Havlíček J., Štolhoferová I., Frynta D., Academia 2024, 668 stran

Odvaha vydat se náročnou cestou

Příběhy šestnácti českých vědců a vědkyň jejich vlastními slovy

Vezmou vás na chodby prestižních světových univerzit, lidsky vysvětlí fungování urychlovače částic, laseru nebo budoucnost umělé inteligence. Proč? Protože chtějí dodat odvahu. Svým následovníkům, dalším krajanům.

Všichni totiž uspěli ve světě. Ve světové vědě. Všichni zároveň své znalosti přenášejí i zpátky domů. Každý svým způsobem, každý svým dílem. Novinka vydavatelství Bez frází jde poprvé mimo hranice sportu,



ale podstata jednotlivých příběhů zůstává.

Výjimeční lidé vypráví o svých radostech i strastech tak, aby se mohl inspirovat opravdu každý. I vědci musí vyzkoušet stovky slepých uliček, aby nakonec našli tu správnou. Vážíme si toho, že se rozhodli o tom otevřeně mluvit a svou odvahu sdílet. Knihu lze zakoupit v e-shopu [Prirodovedci.cz](https://www.prirodovedci.cz) ●

Věda je odvaha. Bez frází 2024, 400 stran



Nevšední krása všedních věcí

Počátek života rostliny pohledem skenovacího elektronového mikroskopu

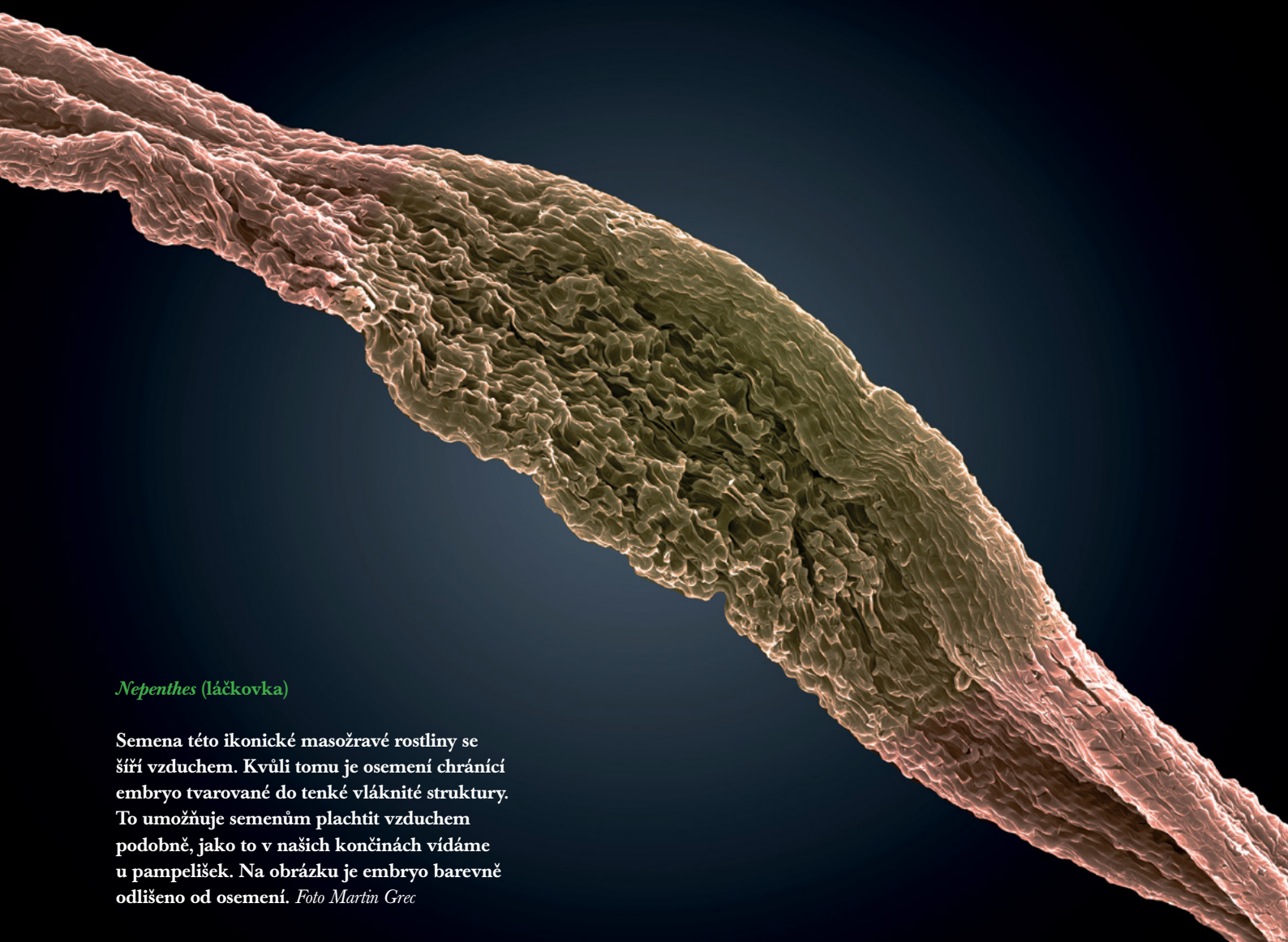
Aniž o tom obvykle víme, setkáváme se v běžném životě se semeny v podstatě denně. A nemusíme kvůli tomu ani chodit na zahradu. Na výživných semenech rýže a pšenice jsou totiž závislé doslova miliardy lidí. V kuchyni nám kromě toho slouží semena různých rostlin jakožto koření – od pepře přes kmín až k vanilce. Následující fotografie zachycují

semena rostlin v nevšedním pohledu – ze skenovacího elektronového mikroskopu (SEM), pomocí kterého je možné zachytit ty nejjemnější detaily.

Fotografie vznikly v rámci Semináře vědecké fotografie, velký dík za poskytnuté vybavení patří Laboratoři elektronové mikroskopie PŘF UK. ●

▲ **Levandule lékařská**
(*Lavandula angustifolia*)

Levandule byla pro svoje uklidňující účinky hojně využívána již ve starém Římě. Mimoto našla uplatnění např. v kosmetice nebo v kuchyni při výrobě limonád a cukrovínek. Spolu s dalšími bylinkami tvoří směs známou jako **provensálské koření**. Foto Martin Grec



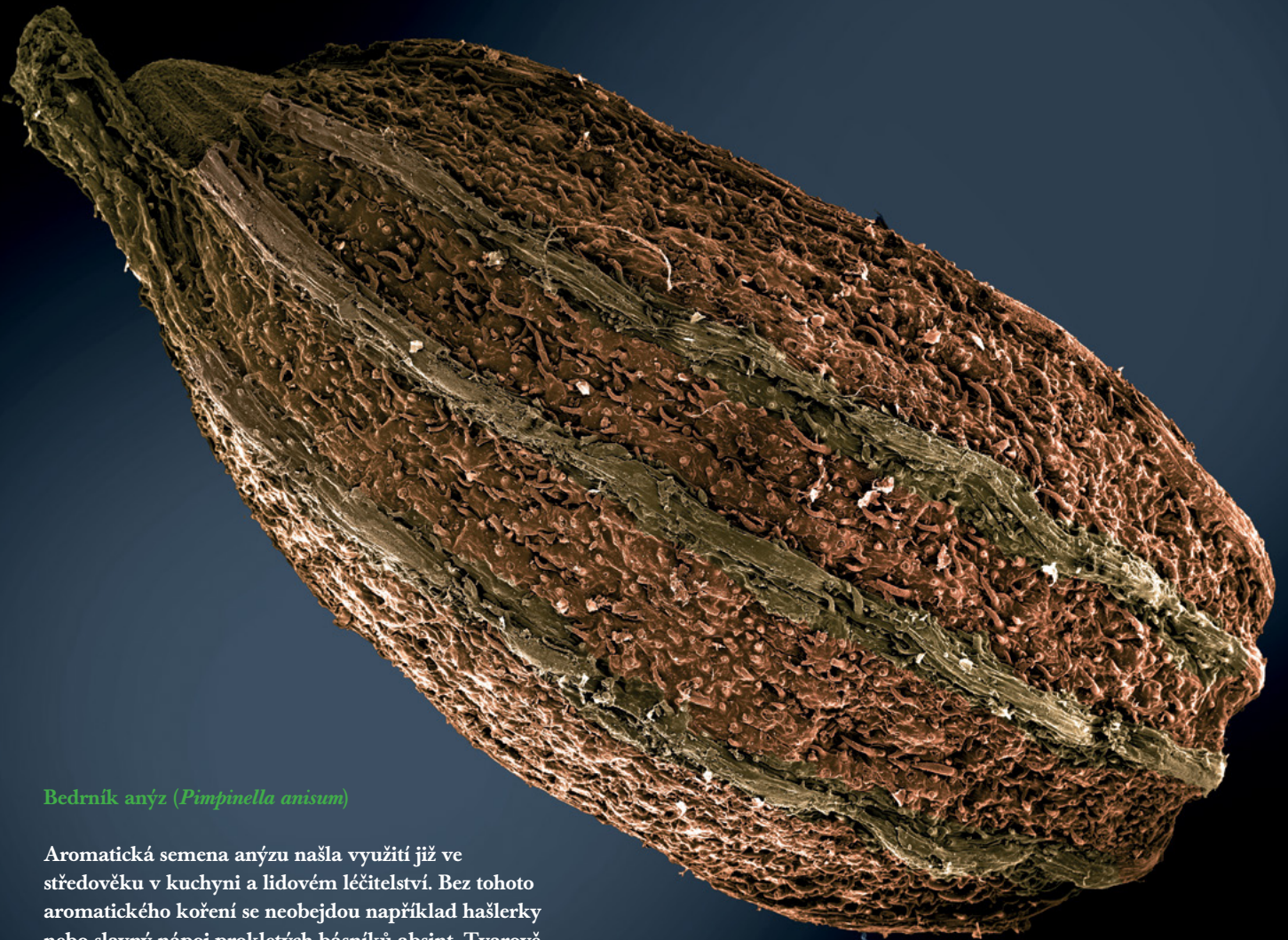
Nepenthes (láčkovka)

Semena této ikonické masožravé rostliny se šíří vzduchem. Kvůli tomu je osemení chránící embryo tvarované do tenké vláknité struktury. To umožňuje semenům plachtit vzduchem podobně, jako to v našich končinách vidáme u pampelišek. Na obrázku je embryo barevně odlišeno od osemení. *Foto Martin Grec*



◀ *Phalaenopsis*

Čeď vstavačovitá, běžně známá jako orchideje, patří, co se počtu druhů týče, vůbec mezi ty největší a nejrozšířenější. Zástupce najdeme na všech kontinentech kromě polárních oblastí. Kromě specificky tvarovaných květů má tato čeď společnou ještě jednu věc: nejmenší semena z celé rostlinné říše. Jediná tobolka může obsahovat i několik milionů drobných semínek. Fotografie zachycuje semena orchideje *Phalaenopsis*, která je světově nejběžněji pěstovanou pokojovou orchidejí vůbec. *Foto Martin Grec*



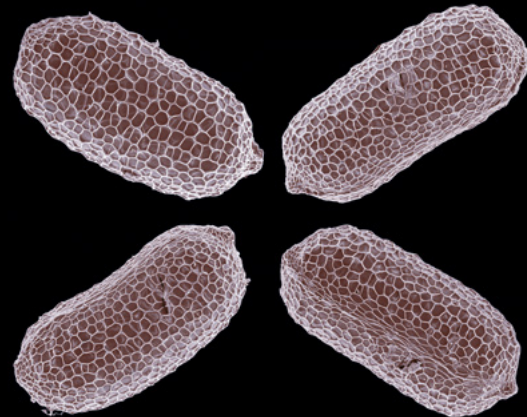
Bedrník anýz (*Pimpinella anisum*)

Aromatická semena anýzu našla využití již ve středověku v kuchyni a lidovém léčitelství. Bez tohoto aromatického koření se neobejdou například hašlerky nebo slavný nápoj prokletých básníků absint. Tvarově připomíná své blízké příbuzné z čeledi miříkovité, jako je kmín nebo fenykl. *Foto Martin Grec*



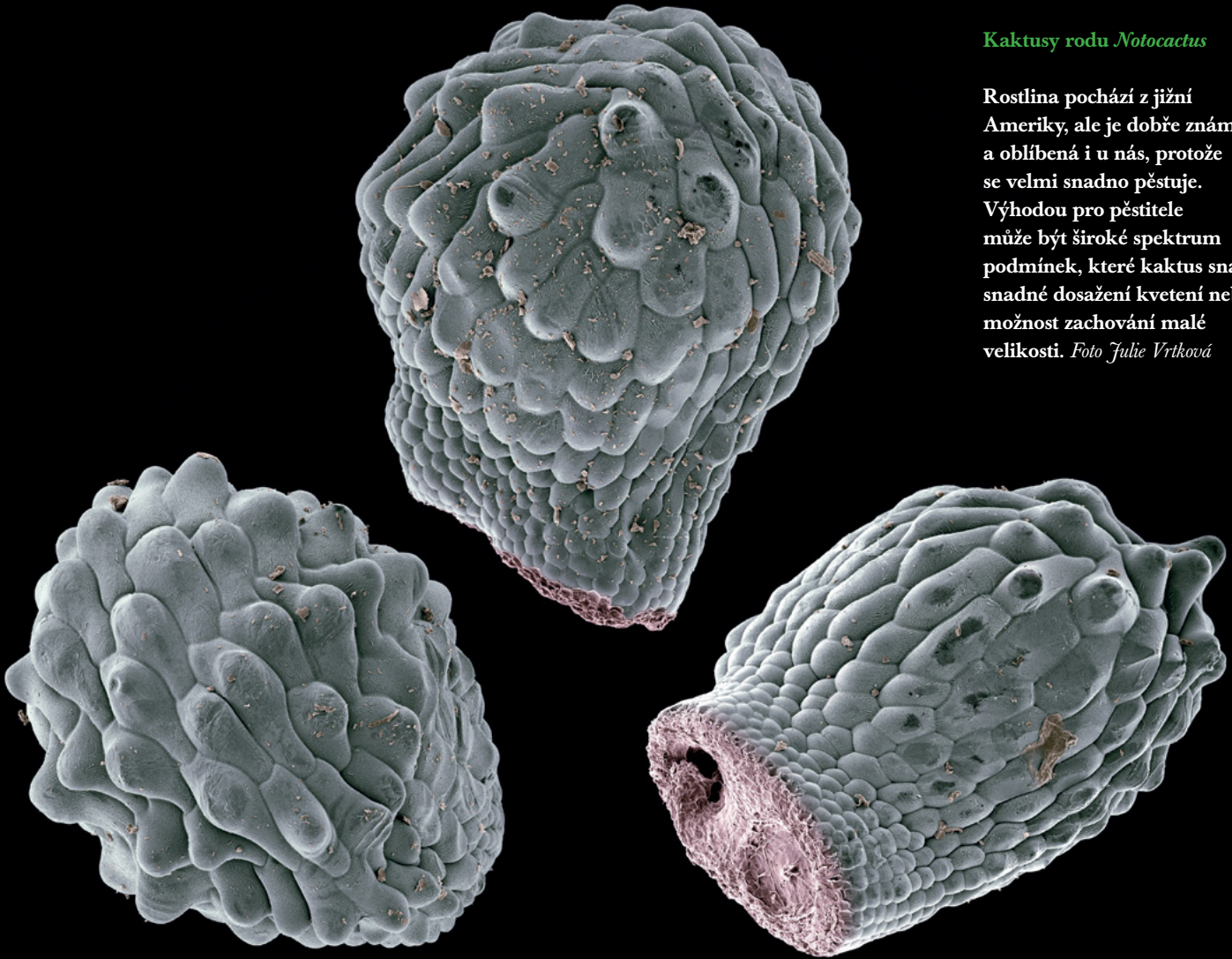
◀ *Echinocactus*

Rod *Echinocactus* zahrnuje několik druhů kulovitých, ostnatých kaktusů vyskytujících se původně v Severní Americe. Tyto kaktusy bývají běžně pěstovány doma. Nejznámějším druhem je jistě *Echinocactus grusonii*, ohrožený endemit východní části centrálního Mexika, který si pro svoji velikost a tvar ostnatého taburetu vysloužil přívlastek „stolička pro tchýni“. *Foto Julie Vrtková*



Kaktusy rodu *Notocactus*

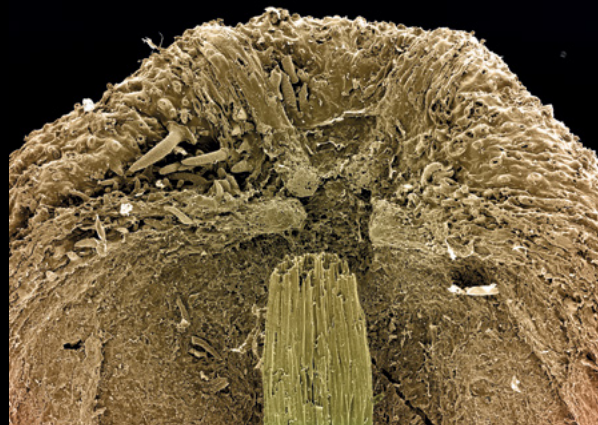
Rostlina pochází z jižní Ameriky, ale je dobře známá a oblíbená i u nás, protože se velmi snadno pěstuje. Výhodou pro pěstitele může být široké spektrum podmínek, které kaktus snáší, snadné dosažení kvetení nebo možnost zachování malé velikosti. Foto Julie Vrtková



◀ Třezalka tečkovaná (*Hypericum perforatum*)

Díky svým mnoha sekundárním metabolitům (látky, které rostlina běžně nepotřebuje k životu) je třezalka tečkovaná známou léčivou rostlinou. Některé ze zmíněných účinných látek však mohou mít i negativní vliv a ovlivňovat mimo jiné enzymy odbourávající léčiva. Například požití nevhodného množství třezalkového čaje může snížit účinek některých antidepresiv nebo léků proti rakovině.

Foto Julie Vrtková



◀ Bedrník anýz

Pohled na semeno anýzu ze zadu. Uprostřed je zřetelně patrná část, kde bylo semeno napojeno na mateřskou rostlinu.

Foto Martin Grec

Neklidné Santorini

Vulkanické krátery nejsou tak „ospalé“, jak se ještě nedávno myslelo

MAGDA KŘELINOVÁ

Existuje hypotéza, která říká, že po velké sopečné erupci trvá velmi dlouho, než se vytvoří nová sopečná erupce. Nemusí tomu tak však být vždy. Že jsou vulkanické krátery schopné vyprodukovat obrovské množství materiálu i poměrně krátce po velké erupci, ukazuje nová studie, kterou v prestižním vědeckém časopise *Nature Geoscience* publikoval mezinárodní tým, jehož součástí byl i Günther Kletetschka z Přírodovědecké fakulty Univerzity Karlovy.

Na styku dvou litosférických desek, kde dochází k podsunu jedné pod druhou, vzniká takzvaná subdukční zóna, která je spojena se vznikem sopečných pásů. Jednou takovou oblastí je rozhraní Egejského a Krétského moře. Okolo roku 1600 př. n. l. zde došlo k velké sopečné erupci, která za sebou zanechala kráter dnes známý jako turisty oblíbený řecký ostrov Santorini. Sopečná činnost v této oblasti nicméně začala už mnohem dříve, zhruba před půl milionem let. „To byl také jeden z cílů našeho výzkumu, zjistit, kam až ta historie sahá,“ říká Günther Kletetschka. Vzhledem k hustému zalidnění a turistické popularitě místa vědce také zajímalo, zda se dá zjistit, jak vulkanická aktivita dosud aktivní sopky probíhala, a případně předpovědět, jak bude probíhat dále. „Na seismografu, který proskenovává sediment v této oblasti, jsme viděli vrstvy... No, ale co znamenají? To lze jenom spekulovat, dokud nemáme konkrétní data, a proto jsme se do oblasti vydali,“ vypráví doc. Kletetschka.

Tým vědců se vypravil přímo doprostřed kráteru, kde provedl čtyři vrty pro získání vzorků sedimentu, který byl datován k velké erupci okolo roku



▲ Pohled na kalderu Santorini z ptačí perspektivy. Zdroj Shutterstock.com

1600 př. n. l., nicméně aktivita vulkánu viditelně pokračovala. Uprostřed nyní zatopeného kráteru lze pozorovat „sopku“, která začala vznikat zhruba 200 let př. n. l. a produkovala lávu, což je zaznamenáno i v historických pramenech. V záznamech ze seismografu vědci také pozorovali silné vrstvy sedimentu evidentně související s velkou erupcí, o níž ale nevěděli, kdy nastala. Pomocí analýzy vzorků získaných z vrtů uvnitř kráteru se podařilo sedimenty datovat a přiřadit je tak k historické podmořské erupci tohoto vulkánu, při které se do okolí dostalo více než 3 km³ materiálu. „Ukázalo se, že sediment vznikl roku 726 n. l., což je

jen o něco málo dříve, než začala vznikat Praha jako město,“ zasazuje událost do historického kontextu jeden z autorů studie Günther Kletetschka.

Nová studie tak ukazuje, že vulkanické krátery nejsou tak „ospalé“, jak se vědci dříve domnívali. Mohou produkovat obrovské množství materiálu, který se dostane do jejich okolí, i když se nepředpokládalo, že by toho měly být po tak relativně krátké době schopné. Ačkoliv výzkum probíhal ve vulkánu na ostrově Santorini, podobné vulkanické krátery můžeme nalézt nad subdukčními zónami po celém světě, například v Indonésii nebo v Japonsku. ●

Bílé podzemí

Dolování nezanechává jen spoušť, může být i zdrojem krásy

PETR SOUČEK

Když se řekne podzemí, vybaví se většině z nás jeskyně, štoly, případně staré kanalizační systémy či kryty civilní ochrany. Všechny tyto struktury jsou na našem území bohatě zastoupeny a celá řada je jich přístupná veřejnosti. Nejkrásnější jsou pochopitelně krasové jeskyně, ani důlním dílům však rozhodně nechybí kouzlo. Jde o stovky kilometrů chodeb vykutaných tisíci rukou v nepoddajné skále s cílem získat vzácné suroviny – zlato, stříbro, železnou rudu a později třeba uran. Česká geologická služba v současnosti eviduje na našem území 26 000 důlních děl! Kaolin, jemuž je věnováno celé toto číslo, patří k surovinám, jejichž těžba obvykle probíhá povrchově, existují však také místa, na nichž se těžilo pod zemí. Nejrozsáhlejší z nich se nachází severně od Českých Budějovic a jeho chodby se táhnou v délce skoro 6 km. Orty, jak se kaolinové doly nazývají, však zatím nejsou přístupné veřejnosti, byť v roce 2023 začal Jihočeský kraj na otevření důlního díla aktivně pracovat.

Menší, zato jediný plně přístupný český důl na kaolin se nachází 12 km severozápadně od Plzně, poblíž obce Nevřeň. Délka chodeb činí jen něco přes kilometr, jejich výška však místy dosahuje až



12 metrů a šířka 8 metrů, což za vhodného osvětlení vytváří takřka chrámovou atmosféru. Těžba zde započala přibližně před 150 lety a probíhala nejprve ručně a poté za pomoci mechanizace. Postupně byla vybudována transportní štola s úzkokolejkou a další infrastruktura. Od počátku však zde byly problémy s dopravou, které o třicet let později nakonec vedly k ukončení dolování.

Poté byl důl zanechán vlastnímu osudu a jako tajemné místo byl v průběhu let navštěvován různými odvážlivci, po nichž zde zůstala řada stop. V roce 2014 bylo v obci Nevřeň vybudováno Centrum Caolinum a o dva roky později získala obec do vlastnictví i důl. Plně zpřístupnit se však objekt podařilo až v souvislosti s natáčením pohádky Čertí brko (2018), kdy byl vybudován nový portál. Naučnou

stezku „Pod zemí“ si návštěvníci mohli poprvé projít v červnu 2019. Od roku 2023 je důl památkově chráněn. V Centru Caolinum se zájemci mohou virtuálně seznámit jak s objektem dolu, tak s historií a způsobem těžby kaolinu. Po celý rok zde probíhá řada akcí a některé se konají přímo v podzemí. Za zmínku stojí např. dubnový festival světla Blik Blik. Více informací najdete na www.centrumcaolinum.cz.

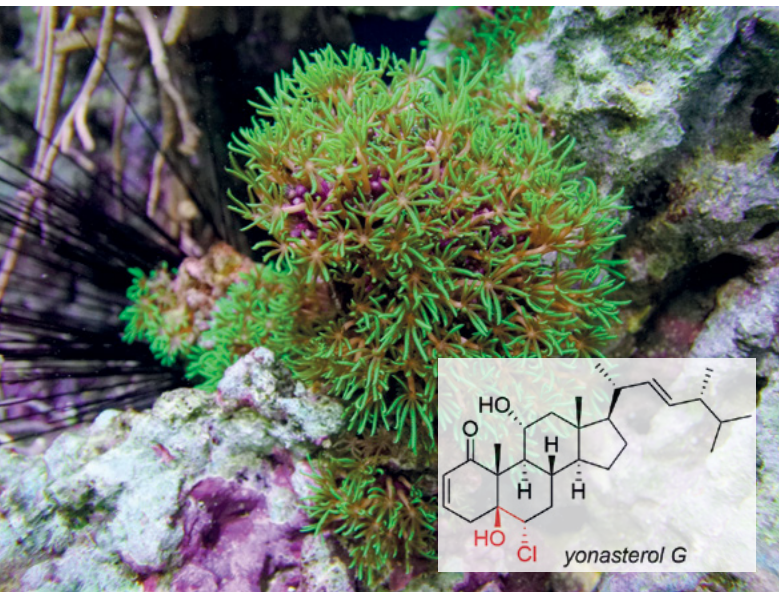
A pokud po návštěvě stále nebudete mít kaolinu dost, můžete navštívit také 8 km vzdušnou čarou vzdálený povrchový důl Kaznějov. Jedná se o jeden z největších kaolinových dolů ve střední Evropě o délce 1,8 km a největší šířce 800 metrů. Na lokalitě stále probíhá těžba, a při pohybu v okolí dolu je tedy třeba dbát zvýšené opatrnosti. ●



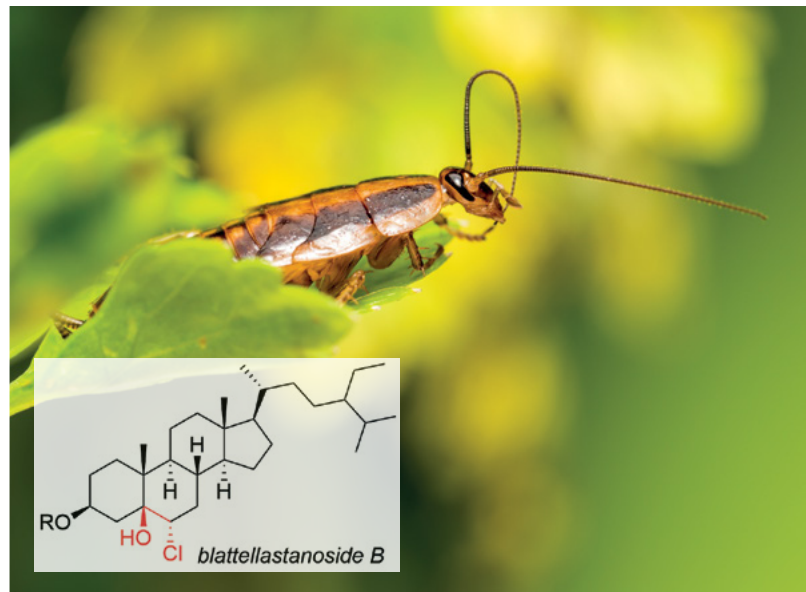
Umějí to s jedy

Nebezpečné látky vytváří ve svých tělech celá řada živočichů, rostlin i hub

MARTIN KOTORA



▲ Měkký korál (*Clavularia viridis*). Zdroj Shutterstock.com



▲ Rus domácí (*Blattella germanica*). Zdroj Shutterstock.com

Věděli byste, co spojuje mořské korály s plísněmi a rusem domácím? Ze všech těchto organismů se podařilo izolovat tzv. halohydriny. Co je na tom tak zvláštního? Podle obecné definice se jedná o sloučeniny obsahující na jednom atomu uhlíku atom halogenu (fluoru, chloru, bromu či jódu) a na sousedním atomu uhlíku připojenou hydroxylovou sloučeninu. Pokud vás to stále nijak nezaráží, pak vězte, že laboratorní a průmyslová výroba halohydrinů (slouží např. jako prekurzory pro výrobu epoxidových pryskyřic) probíhá za poměrně agresivních reakčních podmínek a používají se při ní elementární halogeny.

To, že se takové sloučeniny vyskytují jako produkty přírodních enzymatických reakcí, by ještě před několika desítkami let bylo pokládáno za špatný

vtip. V té době panovalo mezi vědci přesvědčení, že „příroda nikdy nevytvoří přírodní produkty obsahující halogeny“. V současné době ovšem takových látek známe již několik tisíc. Na jedné straně je nutné poznamenat, že zatím nebylo dostatečně objasněno, proč vlastně příroda tyto halogenované látky vytváří. Na straně druhé se však ví, že mnohé z nich hrají v životě toho kterého organismu důležitou roli a často fungují jako feromony či hormony, protipožerové látky (antifeedants), protihnilobné substance, přírodní pesticidy atd. A navíc mají řadu zajímavých biologických vlastností.

A o jakých organismech je zde konkrétně řeč? *Clavularia viridis* a *Carijia multiflora*, patřící mezi tzv. měkké korály, produkují sloučeniny obsahující chlorhydrinovou funkční skupinu – yonasterol

G a chlorpregnany. Tyto sloučeniny vykazují protinádorové, protirakovinnové a protibakteriální vlastnosti. Z těla rusa domácího (*Blattella germanica*) byl zase izolován glykosid blattellastanoside B, který je jednou ze složek koktejlu jeho feromonů. Jedním z produktů plísně *Talaromyces scorteus* AS-242 je pak diterpenoidní kyselina talaskorten A, která vykazuje antimikrobiální aktivitu vůči řadě mikrobiálních patogenů. Nad přítomností halohydrinů v živých organismech již tedy dnes nelze mávnout rukou, naopak, je třeba jim věnovat zvýšenou pozornost. V budoucnu by jejich výzkum mohl mít velice zajímavé farmaceutické aplikace.

V nové rubrice se budeme věnovat látkám, které by podle „zdravého rozumu“ neměly mít v živém těle žádné místo, natož funkci. ●

Kalendář Přírodovědců

Nabízíme vám vybrané akce pro veřejnost, které se týkají přírodních věd a které většinou pořádá nebo se jich účastní Přírodovědecká fakulta UK. Pokud není uvedeno jinak, jsou akce zmiňované na této stránce zdarma.

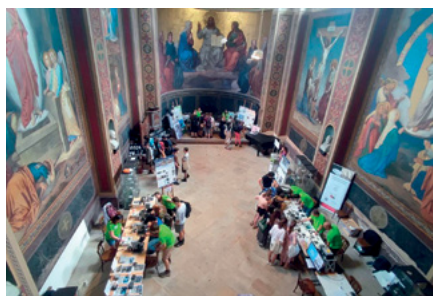


19. ČERVNA 2024

VĚDAFEST – „VĚDA VZDĚLÁVÁ“

Na venkovních stanovištích na Vítězném náměstí (Kulaťáku) a v přilehlé Technické ulici v Praze 6 nabízí návštěvníkům zábavným a hravým způsobem vědu ve všech jejích podobách. V jeden den na jednom místě ukážeme to nejzajímavější ze světa přírodních, technických a společenských věd i praktické využití vědy v každodenním životě. Více na vedafest.cz

Čas a místo: 19. 6. 2024, od 8.30 do 19.00 hod., Vítězného náměstí (Kulaťák), Praha 6



21. – 22. ČERVNA 2024

GEOLOGICKÝ DEN

V rámci Geologického dne s ČGS bude představena činnost českých geologů u nás i v zahraničí. Během interaktivního programu si návštěvníci budou moci vyzkoušet, co všechno lze v geologii vyu-

žit – od mikroskopu a specializovaných analýz, přes tradiční vybavení v terénu až ke dronům a snímkům z družic.

Čas a místo: 21. 6., od 14 do 18 hod., a 22. 6. 2024, od 9 do 18 hod., Česká geologická služba, Klárov 131/3



7. ZÁŘÍ 2024

SCIENCE FESTIVAL NA DESÍTCE

Přijďte na začátku září do areálu Gutovka společně s dětmi poznávat vědu a udělat tečku za prázdninami. Science festival na Desítce po roce opět nabídne malým návštěvníkům spoustu originálních vědeckých atrakcí. Pod vedením skutečných výzkumníků si tady předškolní a školní děti na vlastní kůži vyzkouší, jak zábavná může věda být. Přítomni budou i Přírodovědci.cz. Sledujte stránku na sciencefestival.cz.

Čas a místo: 7. 9. 2024, od 10 do 22 hod., park Gutovka, Gutova 39, Praha 10 – Strašnice



27. ZÁŘÍ 2024

NOC VĚDCŮ – PROMĚNA

Noc vědců (a samozřejmě i vědkyň) nechává zvědavé návštěvníky nakouknout pod pokličku bádání a výzkumu, a to nejen v mnoha institucích po celé České republice, ale i po celé Evropě. Fakulty Univerzity Karlovy, včetně té Přírodovědecké, budou u toho!

Můžete se těšit na přednášky a praktické ukázky nejen na hlavní téma letošního ročníku, které nese název Proměna. Aktuální informace a program najdete na nocvedcu.cz.

Čas a místo: 27. 9. 2024, bude upřesněno

Kompletní seznam aktuálních akcí Přírodovědců najdete na www.prirodovedci.cz/kalendar-akci.



Staňte se na jeden den geologem

105
LET
ČESKÁ
GEOLOGICKÁ
SLUŽBA



Česká geologická služba pořádá **Geologický den**

21.–22. 6. 2024 od 9 do 18 hodin

Děti i dospělí se seznámí s prací českých geologů a vyzkouší si, čím se zabývají při své každodenní práci doma i v zahraničí.

Těšíme se na vás v prostorách České geologické služby
Klárov 3, Praha 1, zastávka Malostranská.

Př

Akce je organizována společně s Přírodovědci.cz

PŘÍRODOVĚDCI.CZ

www.geologickyden.cz

