

VĚDA  
A VÝZKUM



Akademie věd  
České republiky

magazín AV ČR | 3/2017

# Mikroskopie

Jak vidět (okem) neviditelné

Netradiční přístupy  
současné filosofie

Geoložka zkoumá prach  
ze svatovítské katedrály

Co o sobě prozrazují  
ryby s vysílačkami?

T | Ý | D | E | N | V | Í | T



Akademie věd  
České republiky

WWW.TYDENVEDY.CZ

17

# TÝDEN VĚDY A TECHNIKY AKADEMIE VĚD ČESKÉ REPUBLIKY

/ dny otevřených dveří / přednášky / výstavy /

/ vědecké kavárny / science show / workshopy /

6–12/11/2017



NEJVĚTŠÍ VĚDECKÝ FESTIVAL V ČESKÉ REPUBLICE

# Editorial

## Vážení čtenáři,

sir Paul Nurse, bývalý předseda britské Královské společnosti a nositel Nobelovy ceny za fyziologii, označil v pořadu Hyde Park Civilizace za jednu ze svých slabých stránek, že je přílišný idealista, protože si o lidech myslí to nejlepší. Idealismus sice považuje za svou slabinu, avšak jedním dechem dodává, že bychom takto měli žít. Tento paradox mne zaujal. Zdravý rozum také napovídá, že lidem a životu se lépe daří tam, kde panuje vzájemná důvěra, řád, spravedlnost a bezpečí.

Jak to souvisí s hlavním tématem aktuálního vydání „Áčka“, jímž je mikroskopie? Přímě a jednoznačně – vše, co víme, závisí totiž na tom, jak se díváme a jakým způsobem fakta interpretujeme. Díky dokonalejším přístrojům a přesnějším pozorováním vidíme věci a jevy, které dříve unikaly naší pozornosti. Jejich prostřednictvím se uskutečnily lety do vesmíru, dosáhli jsme pokroku v technických vědách, medicíně, genetice a dalších oborech lidské činnosti. Od doby, kdy žil nizozemský přírodovědec a průkopník mikroskopie Antoni van Leeuwenhoek, který jako jeden z prvních využil princip mikroskopu k vědeckým účelům, dosáhlo lidstvo mnoha významných úspěchů. Náš technický a technologický potenciál se nepochybně stává stále dokonalejším. Avšak přesto – nebo možná právě proto – jsme zároveň svědky, že se vzájemná komunikace, navzdory fakticky neomezeným technickým možnostem, hlouběji a vážněji rozpadá jak mezi lidmi, tak institucemi včetně komunikace na politické úrovni. Je proto důležité, aby ruku v ruce s technologickou vyspělostí šla i vzdělanost a kultivovanost, a to v nejširším slova smyslu.

Akademie věd ČR proto vidí jako jedno ze svých poslání podporu dialogu ve veřejném prostoru. Prostřednictvím Strategie AV21 se



chce podílet na podpoře kvalitního a mezinárodně srovnatelného výzkumu ve všech oblastech moderního bádání a jeho aplikací a stejnou měrou chce být také nápomocna při kultivaci společenského prostředí. Strategie AV21 umožní formulovat dlouhodobější trendy a vize i reagovat na podněty ku prospěchu České republiky. Ráda bych proto pozvala čtenáře „Áčka“, aby se kromě jiných aktualit ze života AV ČR seznámili také s aktualizovanou Strategii AV21 na webu [av21.avcr.cz](http://av21.avcr.cz) a aby věnovali pozornost blížícímu se Týdnu vědy a techniky ([www.tydenvedy.cz](http://www.tydenvedy.cz)). Koneckonců témata letošního ročníku ze zmíněné Strategie AV21 do značné míry vycházejí.

*Eva Zažímalová  
předsedkyně Akademie věd ČR*

# Obsah

Editorial	3
Obsah	4–5

## V obraze

Ptačí superspermie a neplodnost	6–7
------------------------------------	-----

## Ze světa

Neživá příroda	8–9
Živá příroda a chemické vědy	10–11
Humanitní a společenské vědy	12–13

## Téma

Mikroskopie: Kam lidské oko nevidí	14–23
------------------------------------	-------

## Sociálně-ekonomické vědy

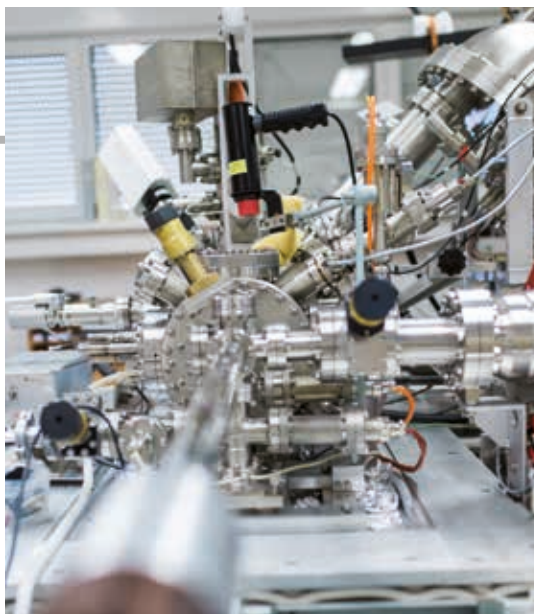
Lidé bez domova: Pomocníci výzkumu	24–29
------------------------------------	-------

## Chemické vědy

Cihlu k cihle... a je z toho lék	30–33
-------------------------------------	-------

## Rozhovor

Od uhlí k jantaru (Martina Havelcová)	34–39
--	-------



# 14

Bez moderních mikroskopických metod se neobejdou některá pracoviště Akademie věd ČR. Mnohá z nich si přístroje upravují, anebo dokonce sama vyvíjejí.



# 24

Výzkum bezdomovectví na vlastní kůži. Které vědecké metody se využívají k poznání života lidí bez domova a jak oni sami badatelům pomáhají?

# 34





**40** I mezi rybami jsou osobnosti. Co dalšího zjišťují vysílačky implantované pod kůži ryb o jejich chování a pohybu v jezerech?

### ■ Biologie a ekologie

Řekni, kde ty ryby jsou... 40–43



**44** Role filosofie je stále stejně důležitá jako před stovkami let, mění se ale přístupy a nástroje myslitelů.

### ■ Humanitní a filologické vědy

Filosofie jako věčně otevřená otázka 44–47

### ■ Strategie AV21

Světová věda z Hané:

Jak šlechtit plodiny budoucnosti 48–53

### ■ Chemické vědy

Živý odkaz českého nobelisty 54–57



**58** Telč si oblíbili turisté a milovníci památek, díky špičkově vybavenému Centru excelence ale město znají i světoví odborníci památkové vědy.

### ■ Téma pro...

Centrum excelence Telč 58–61

Krátce z Akademie 62–65

Příště 66

---

# V obraze

V obraze | A / Věda a výzkum 3/2017





## Ptačí superspermie a neplodnost

Běžně chovaný pěvec zebříčka pestrá (*Taeniopygia guttata*) je jedním z mála druhů živočichů, kteří udržují celoživotní monogamní partnerství. Vědci, kteří zebříčky často využívají ve výzkumu, si všimli, že mnoho párů těchto drobných ptáčků je neplodných, a rozhodli se tomu přijít na kloub. Samice zebříček normálně snáší vejce, která ovšem z velké části zůstávají neoplozená. Zdálo se, že vina bude na straně samců.

Mezinárodní tým vědců z německého Max Planck Institutu, Ústavu biologie obratlovců AV ČR a Přírodovědecké fakulty UK zjistil, že rychlost a morfologie spermií (a s ní souvisejí plodnost samců) významně závisí

na určité strukturní změně (inverzi) jednoho z pohlavních chromozomů, označovaného jako chromozom Z. V důsledku inverze se rodí jedinci se „superspermiemi“ a zároveň samci téměř nebo úplně neplodní. Vědci odhalili, jak je možné, že tatáž změna na chromozomu vyvolává jak superplodnost, tak neplodnost. Samci mají v DNA vždy dvě kopie chromozomu Z (jednu dědí od matky a jednu od otce). Jedinci, kteří mají jeden chromozom Z normální a jeden změněný, vládnou superspermiemi, naopak ti, kteří mají oba geny stejné (bez mutace, nebo naopak s ní), mají spermie méně kvalitní. Supersamci ale v populaci kupodivu nepřeváží, jak by se dalo

čekat, a méně plodní samci nevyhynou. Podle zákonů genetiky má totiž polovina potomků supersamců zase oba chromozomy totožné.

Na zebříčky se výzkumníci Ústavu biologie obratlovců AV ČR zaměřují dlouhodobě. Nedávno ověřovali, zda s kvalitou spermií souvisí intenzita zbarvení těchto ptáčků. Neboli čím barevnější samec, tím kvalitnější spermie. Výsledky však překvapivě prokázaly opak – spermie samců s intenzivnějším zbarvením zobáku (tedy těch „krásnějších“) utrpěly větší poškození oxidačním stresem, kterému byly zebříčky vystaveny. Zdá se tedy, že samci, kteří se mohou více chlubit svým zevnějškem, mají paradoxně horší spermie.

# Ze světa

## Metan z kráterů uniká do moře

Tým vědců pod vedením profesorky Karin Andreassenové z Norské arktické univerzity v Tromsø zjistil, že když před zhruba 12 tisíci lety končila doba ledová, rychlý ústup ledovců v dnešním Barentsově moři vedl k obrovskému uvolnění metanu (v malém množství také etanu a propanu) z vrstev sedimentu, který obsahoval velké množství hydrátů metanu na mořském dně. Metan se z odkrytého sedimentu uvolnil různými trhlinami a zlomy, což vedlo ke vzniku stovek kráterů širokých až jeden kilometr, z nichž ještě v současné době vydatně uniká metan do mořské vody. Jak badatelé uvádějí ve své studii uveřejněné v renomovaném časopise *Science*, ve zkoumané oblasti detailně zmapovali přibližně sto kráterů širokých od 300 metrů do jednoho kilometru; kráterů menší velikosti jsou stovky.

„Metan je jedním z významných skleníkových plynů, mezi které náleží oxid uhličitý, oxid dusný nebo také vodní pára. Přestože koncentrace metanu

v atmosféře Země ( $1,803 \pm 0,002$  ppm) je mnohem menší než oxidu uhličitého ( $390,5 \pm 0,1$  ppm), je tento plyn přibližně 20x účinnějším skleníkovým plynem než samotný oxid uhličitý. Znalosti týkající se zdrojů metanu jsou proto velmi důležité pro předpovědi možného vývoje klimatu. Jedním z významných zdrojů metanu jsou právě jeho hydráty. Hydrát metanu je pevná látka bílé barvy obsahující metan v krystalické vodě ( $4\text{CH}_4 \cdot 23\text{H}_2\text{O}$ ), nachází se v glaciálním sedimentu na dně chladných moří a pod ledem rozmrzajícího permafrostu v polárních a subpolárních oblastech. Množství metanu uloženého ve formě hydrátů je srovnatelné s množstvím metanu uloženého ve formě fosilních paliv (zemní plyn, uhlí, ropa) – odhaduje se dokonce, že může být až dvakrát větší než ve fosilních palivech. Velmi rychlé uvolnění metanu z tohoto zdroje proto může výrazně ovlivnit globální cyklus uhlíku na planetární úrovni, a tím i probíhající klimatické změny. Konečné uvolnění metanu z mořské vody do atmosféry může do jisté míry zmírnit jeho chemická a biologická (metanotrofie) oxidace ve svrchních vrstvách vody moře.“

*Jiří Dušek, Ústav výzkumu globální změny AV ČR*







INZERCE

## Sladká, či slaná?

Jak ví každé malé dítě, napít se vody v moři či oceánu není nejlepší nápad – v minulosti tomu ale mohlo být jinak, alespoň těsně po období před 750 až 650 miliony let, kdy se Země pokryla ledem a změnila se ve „sněhovou kouli“. Velká část vody v oceánech se tehdy změnila ve sníh a led, zbytek byl ale dvakrát slanější než dnes a měl teplotu blízkou bodu mrznutí. Když se posléze planeta opět oteplila, led roztál a vytvořil až dva kilometry tlustou vrstvu sladké vody plovoucí na hladině přesolených oceánů. Jak uvedl týdeník *New Scientist* s odkazem na studii v odborném časopise *Geology*, podle Daniela Abbota z University of Chicago a jeho kolegů tento stav trval déle, než se dosud soudilo: jejich matematické modely ukazují, že trvalo asi 50 tisíc let, než se obě vrstvy zcela promíchaly, zatímco voda v dnešních oceánech se promísí v časovém horizontu pouhých asi 1000 let. Badatelé to připisují obrovským rozdílům mezi teplotou a hustotou obou dávných vrstev vody. Spodní byla dvojnásobně slaná než dnes, kdežto vrchní byla sladká a navíc v důsledku extrémně vysokých koncentrací oxidu uhličitého v atmosféře její teplota stoupla až na 50 °C, takže byla i výrazně lehčí. Kvůli těmto výrazným rozdílům trvalo mnohonásobně déle než dnes, než vítr a příliv dokázaly lehkou, horkou a sladkou vodu promíchat s hustou, chladnou a slanou. Autoři k těmto závěrům došli na základě geochemických dat i modelování příslušných procesů z energetického hlediska. Z jakých geologických faktů se dá odvodit slanost vody v oceánech v dávné minulosti?

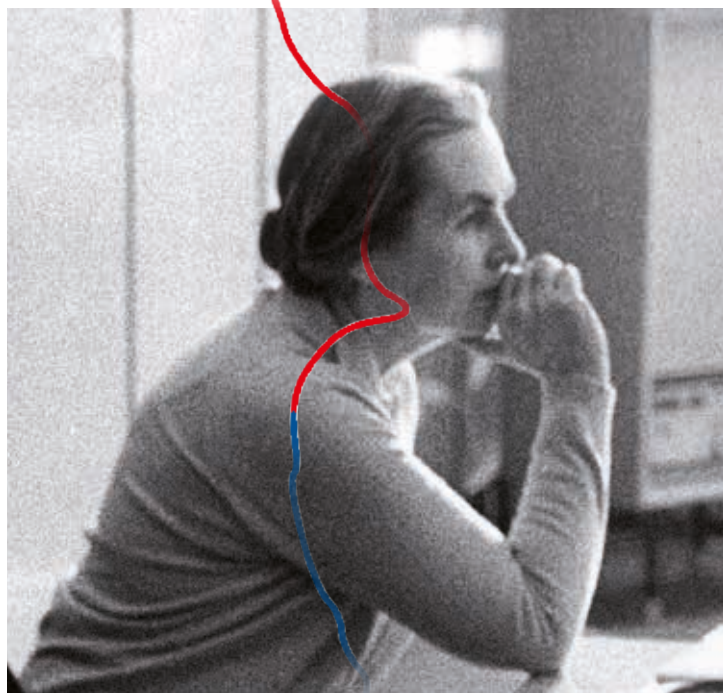
„Informace o chemismu mořské vody a jeho změnách v průběhu tání zůstává zachována jako zápis v dolomitěch vytvořených v daném geologickém období, lze na ni usuzovat z droboučkých inkluzí solanky zachovaných v halitech (sůl kamenná). Nacházíme pravidelně posun v poměru zastoupení izotopů stroncia  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ . Uvedený izotopový poměr slouží podobně jako teploměr, mění se jako funkce teploty. Dále se relativně nabohacují těžké prvky vzácných zemin oproti lehčím. Poměr yttrium/holmium je nižší než v současné mořské vodě, což dokládá ředění paleomořské vody v důsledku tání ledovců. V daném údobí je na základě pozitivních/negativních anomálií ceru (Ce) prokazatelné hloubkové rozdělení vodních mas do vrstev lišících se obsahem kyslíku a podílem oxidované a redukované formy tohoto prvku (tzv. redoxní stratifikace mořské vody). I daleko běžnější prvky vypovídají o redoxní stratifikaci. Pozorujeme nabohacování např. manganu (redoxně senzitivní stopový element) ve větších hloubkách. Množství rozpuštěného kyslíku je podmíněno teplotou a salinitou mořské vody. Salinitu mořské vody řídí hlavně obvyklý systém Na-K-Mg-Ca-Cl a je rovněž pozorována značná stratifikace.“

Jan Rohovec, *Geologický ústav AV ČR*

OSLO

# NEVIDITELNÝ MOST MILADA BLEKASTADOVÁ 1917–2003

## THE INVISIBLE BRIDGE MILADA BLEKASTAD 1917–2003



### 6. 9. – 25. 10. 2017

**Galerie Věda a umění**

Akademie ved, Národní 3, Praha 1

**Gallery of Science and Arts**

Czech Academy of Sciences, Národní 3, Prague 1

Vstup volný / Free Entry

Otevřeno / Open

Po–Pá 10.00–18.00

Mon–Fri 10.00 a.m.–6 p.m.

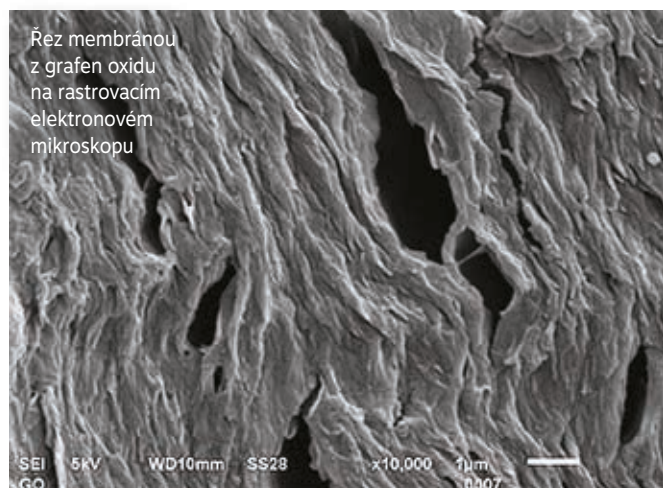
PRAHA

## Grafen může pomoci při desalinaci

Stále akutnější nedostatek pitné vody v některých částech světa a vysoká energetická náročnost odsolování mořské vody jsou hnacím motorem vědců ve snaze najít novou technologii pro získání pitné vody. Vědecký tým z univerzity v Manchesteru zveřejnil v časopise *Nature Nanotechnology* výsledky výzkumu, který otevírá nové možnosti desalinace, a to pomocí grafen oxidových membrán. Membrány již prokázaly potenciál pro filtraci nanočástic, organických molekul a dokonce i velkých iontů. Dosud však nemohly být použity pro filtraci běžných solí, které vyžadují menší „síta“. Předchozí výzkumy prokázaly, že jsou-li grafen oxidové membrány ponořeny do vody, mírně nabobtnají a společně s vodou protéká i menší množství soli. Vědci však našli způsob, jak zabránit bobtnání membrány, a řídit tak velikost jejích pórů. S novou filtrační technologií lze z vody odstranit i běžné soli a vyrobit vodu pitnou.

„Grafen oxid je tvořen atomovou vrstvou uhlíkového skeletu (grafen), na který jsou navázány skupiny -OH, -COOH a -O-, jež tvoří jakousi stříšku od dvou atomů uhlíku. Částice grafen oxidu, které mohou mít ve směru os x a y velikost až v řádu mikrometrů, mají schopnost naskládat se jako dlaždice nebo tašky přes sebe tak, že vytvoří samonosnou membránu. Grafen oxidový papír, jak bývá tato membrána nazývána, má velmi zajímavé vlastnosti: je velmi pevný, pružný (do určitého stupně vyschnutí) a na vzduchu pomalu přechází do tmavě hnědé až černé barvy, jak se zvyšuje podíl grafenových částic. Podle našich výsledků je membrána vysoce selektivní pro plyny, propouští pouze vodík, zatímco pro větší molekuly jako O<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub> nebo vodní páry je nepropustný. Tvoří i dokonalou bariéru pro aerosoly, ve kterých působí bojové otravné látky, např. yperit. Ve vodě membrána nabobtná a několikrát zvětší svůj objem a vodu propouští pouze tehdy, je-li pod tlakovým spádem. Pro odsolování vody, které již bylo dříve odzkoušeno v laboratoři, však bude zřejmě potřeba ještě dlouhé cesty k praktickému využití.“

Václav Štengl, Ústav anorganické chemie AV ČR



Řez membránou z grafen oxidu na rastrovacím elektronovém mikroskopu



## Probiotika proti depresím

Probiotika pomáhají při potížích s trávením, podle badatelů z McMaster University můžou ale zároveň zmírňovat příznaky deprese. Potvrdila to jejich studie publikovaná v časopise *Gastroenterology*, v níž se zaměřili na vliv probiotik na pacienty trpící syndromem dráždivého tračníku (IBS) s doprovodným výskytem deprese. Výzkum tím poskytl důkaz o interakci mikrobiom-střevo-mozek, což otevřelo racionální možnosti užívání probiotik v této oblasti. Dá se očekávat, že psychiatři budou nabízet svým pacientům probiotické přípravky?

„Zajímavým faktem je, že 70–90 % pacientů se syndromem dráždivého tračníku trpí zároveň psychiatrickými komorbiditami, nejčastěji depresí. A naopak, v populaci psychiatrických pacientů jsou nespecifické zažívací potíže spojené s IBS častější než v běžné populaci. Otázkou je, jak může střevo, respektive jeho mikrobiom, ovlivnit funkce mozku, a dokonce přispět k rozvoji duševních onemocnění. Do mozku se kromě nutričních látek mohou dostat i nežádoucí produkty střeva. Ve zdravém organismu reguluje průnik látek do organismu epiteliální bariéra střevní sliznice a mozek je chráněn hematoencefalickou bariérou. Pokud má mikrobiom svými produkty přímo ovlivňovat mozek, musí nejprve selhat tyto přirozené ochranné mechanismy. Současně probiotické kmeny bakterií snižují prozánětlivou aktivaci imunitního systému. A právě poruchy imunitního systému u duševních onemocnění jsou velice komplexní téma, které by si zasloužilo samostatný článek. V každém případě je zde možnost vývoje nových postupů v léčbě duševních chorob. A uvážíme-li, že se v posledních letech nedaří vyvíjet psychofarmaka s inovativním mechanismem účinku, mohou být probiotika nečekaným, ale vítaným pomocníkem i pro psychiatrii.“

Karel Valeš, Fyziologický ústav AV ČR

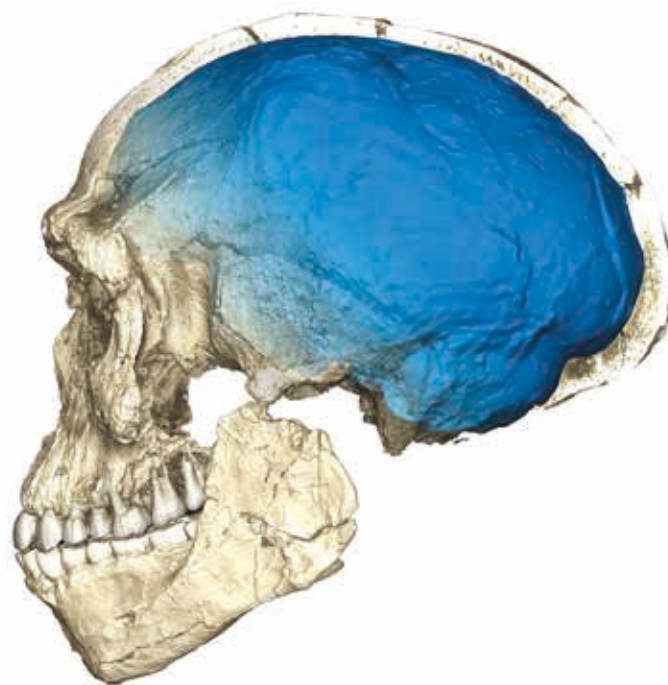


## Smích a hravost jsou nakažlivé

Podobně jako smích, který se šíří od jednoho člověka ke druhému, mohou fungovat zvukové projevy vyzývající ke hře třeba u myší. Kopírovat pozitivní emoce ale dokážou i jiné živočišné druhy. Výzkumný tým rakouských a novozélandských biologů zaznamenal podobné chování u velkých papoušků Nestor kea, kteří obývají horské oblasti Jižního ostrova Nového Zélandu. Tito ptáci jsou známí inteligencí a zvidavostí, rádi si hrají a jejich herní projevy jsou rozmanité a dosti složité, přičemž se ke hře vyzývají zřetelně odlišnými zvukovými projevy než jindy. Jak badatelé uvedli ve studii uveřejněné v prestižním odborném periodiku *Current Biology*, pustili volně žijícím papouškům předtočené záznamy tohoto „hravého zpěvu“ a přitom sledovali, jak na něj budou reagovat. Ukázalo se, že mladí i dospělí papoušci si skutečně začali spontánně víc hrát, buď mezi sebou, nebo se jednotlivě pustili do akrobatických kousků za letu, házeli si s různými předměty apod. Jakmile zvukový záznam skončil, papoušci se vrátili ke své původní (ne)činnosti. Vědci z toho vyvozují, že dané zvukové projevy papoušků Nestor kea jsou – podobně jako v případě lidského smíchu – nakažlivé a podněcují hravost a pozitivní emoce.

„Ačkoli je práce podnětná, vyvolává řadu otázek. Autoři sledovali papoušky přítomné na místě vždy 15 minut, přičemž prvních pět minut pozorovali jejich přirozenou činnost, dalších pět minut jim přehrávali z reproduktoru ‚hravé‘ i neutrální zvuky opakující se každých 30 sekund a pak je nechali opět pět minut v klidu, přičemž srovnávali četnost hravého chování v těchto třech intervalech. Je zajímavé, nakolik byli nestoři ochotní si hrát či si nechat navodit hravou náladu ‚na požádání‘. Domníval bych se, že to musí silně záviset i na tom, v jaké situaci jsou, když je jim zvuk prezentován (čím se zrovna zabývají, zda mají hlad či žízeň, jakou mají ‚náladu‘), tudíž za jakých okolností jim experimentátoři zvuk přehráli (ve studii pouze zmiňují, že vybírali intervaly, kdy byli ptáci nejvíce aktivní a zároveň je nerušili turisté). Je zvláštní, že papoušci reagují hrou na hravé volání, i když přichází ‚odnikud‘ (z reproduktoru). S přáteli se zasmějeme rádi, jsme-li v dobré společnosti a náladě, zatímco nečekaný smích z reproduktoru nás určitě překvapí, možná vyleká, či dokonce vyděsí, jistě vzbudí zvědavost, ale řekl bych, že jen málokoho rozveselí či rozesměje. Totéž platí i pro potkany. Je ale možné, že papoušci jsou v tomto ohledu jiní. Už pozorování, že si hrají v podstatě všichni papoušci, bez rozdílu věku a pohlaví, je dost odlišuje od jiných ‚hravých‘ druhů, kde je toto chování typické pro mláďata a adolescenty. Třeba je to jeden z důvodů, proč pro ně není tolik důležité, kdo přesně signál ke hře vydal. Nechybí jim schopnost rozeznávat různé jedince svého druhu?“

Tomáš Petrásek, Fyziologický ústav AV ČR



## Homo sapiens zestárl o 100 tisíc let

Mezinárodní tým vědců objevil na nalezišti v Jebel Irhoud v Maroku fosilie pěti zástupců *Homo sapiens*. Stáří kosterních nálezů bylo datováno na 300 tisíc let, tedy o 100 tisíc let více než se dosud u tohoto druhu uvádělo. Vzorky zahrnují lebky, zuby a dlouhé kosti, našly se také kamenné nástroje a kosti zvířat. Dosud nejstarší nálezy *Homo sapiens* pocházejí z Etiopie ve stáří 195 tisíc let. Studie publikované v časopise *Nature* tak odhalují složitou evoluční historii lidstva, která se pravděpodobně týkala celého afrického kontinentu a nikoli jen „kolébky lidstva“ ve východní Africe, jak se dosud rovněž předpokládalo.

„Dosud nejstarší zástupce druhu *Homo sapiens* pocházející z Etiopie byl datován na 195 tisíc let a tento nález byl nejbližší tzv. mitochondriální Evě. Ta je prvním společným předkem lidí, jež spojuje stejná mtDNA, což však nemusí odpovídat stáří samotného druhu *Homo sapiens*. Jak víme z genetických analýz nálezů heidelbergského člověka ze Sima de los Huesos z Grand Dolina v severním Španělsku, byl společným předkem neandertálského a denisovanského člověka. Genetická analýza však také zjistila, že se moderní a heidelbergský člověk geneticky oddělili od společného předka (*Homo antecessor*) před 765 tisíci lety.

Stáří nového nálezu tedy není až takovým překvapením a znovu posouvá počátek rodu *Homo* i našeho druhu dále do minulosti. Před tímto objevem byl publikován nález 7,2 milionu let starého rodu *Graecopithecus* z Bulharska a Řecka, který je zatím nejstarší fosilii předka lidí. Vývoj směrem k člověku nastal pravděpodobně ve Středomoří a až pak v Africe. K dalšímu

evolučnímu vývoji nedocházelo jen ve východní Africe, ale i v severní. To není v evoluci nijak výjimečné. Podobný vývoj probíhal i v evoluci koní, slonů či primátů, resp. homininů – lidí a jejich předků.

Migrace prvních zástupců rodu *Homo* také nebyla ničím výjimečnou. Ve španělské jeskyni Sima del Elefante v Grand Dolina byla nalezena spodní čelist zástupce rodu *Homo* datovaná na 1,2 milionu let. A ze Španělska pocházejí i nástroje bez kosterních pozůstatků datované dokonce na 1,5 milionu let. Nejstarší pozůstatky člověka mimo Evropu a Afriku pocházejí z jeskyně Dmanisi v Gruzii a jsou datované na 1,75 milionu let. I Asie tedy hrála v evoluci člověka významnou roli. Dva asijské zástupce rodu *Homo* – člověk vzpřímený a člověk floreský – jsou typickými asijskými druhy, které se vyvinuly z raných migrujících zástupců rodu *Homo* a v případě floreského člověka pravděpodobně dokonce ještě ze zástupce rodu *Australopithecus*, což dokládá primitivní, „opičí“ stavba zápěstí. Naše vlastní druhová historie je mnohem delší a mnohem pestřejší, než se dosud předpokládalo.

Nebyla to lineární evoluce směřující od primitivního k vyspělému, ale spíše pestrá směsice navzájem se ovlivňujících druhů, a spíše než přímkou se naše evoluční historie ukazuje být hodně rozkošatělým keřem. Navíc spousta jednotlivých druhů přežívaly do nedávné minulosti (z geologického pohledu) a moderní člověk se s těmito druhy i křížil. To ukazuje objev DNA neandertálce i denisovanského člověka v genomu moderní populace (nejvíce denisovanské DNA je v populaci Austrálie a Oceánie, DNA neandertálce je přítomna více v Evropě). Jak je vidět, s každým novým nálezem spíše potvrzujeme zjištěná genetická data a zpřesňujeme poznatky o naší vlastní evoluci a stále ji posouváme v čase směrem dozadu.“

Miriám Nývltová Fišáková, Archeologický ústav AV ČR, Brno

## Kuřata a křesťanství

Kuře, slepice a kohout neboli kurové domácí byli domestikováni z asijských druhů kura před asi šesti tisíci lety. Kuřata získala domestikací řadu vlastností důležitých pro člověka, jako jsou například tělesná stavba, snížená agresivita a rychlejší klázení vajec. Dosud však není známo, kdy a proč se tyto vlastnosti u evropských ptáků vyvinuly. Mezinárodní tým vědců proto shromáždil údaje o DNA z archeologických nálezů kuřecích kostí, aby pomocí statistického modelování tuto hádanku rozluštil. Výsledky publikoval v časopise *Molecular Biology and Evolution*. Zjistil, že změny u kuřat nastaly v období raného středověku kolem roku 1000 n. l. Tedy v době mnoha sociokulturních změn – rozvoje zemědělství, rostoucí urbanizace apod. Byla to také doba vydávání křesťanských ediktů, které požadovaly půst a vyloučení čtyřnohých zvířat z jídelníčku. Drůbeže ani vajec se však omezení netýkala a archeologové zároveň potvrzují vyšší výskyt nálezů kuřecích kostí z této doby. Mohly tedy středověké náboženské předpisy zvýšit poptávku po drůbeži, a tím změnit vývoj kuřat?

„Nelze porovnávat tehdejší situaci se současností a představovat si velkochovy kuřat, jak je známe dnes. Více než kuřata se chovaly slepice, protože byla poptávka po vejcích. Ve středověkých útech, které se dochovaly, např. z Karlštejna z počátku 15. století, vyplývá, že se na hrad kupovalo značné množství vajec. A ačkoli se obecně konzumovala drůbež, mohlo se upéct (nebo spíše častěji v kotlicích uvařit) tak říkajíc vše, co bylo k dispozici – slepice, kohouti i kuřata. Drůbeží kosti dokládají v tomto smyslu rovněž archeologické nálezy z odpadních jímek, hradů apod.“

Dana Dvořáčková-Malá, Historický ústav AV ČR



## Jak učit orální historii

Orální historie je populární nejen mezi historiky, ale i mezi studenty. Pokud bychom si měli vybrat, zda pracovat raději s textem, nebo mluvit s očitým svědkem události, u většiny z nás nejspíše zvítězí živý člověk. Jaká jsou však pozitiva a negativa využívání orální historie při studiu? Odpovědi hledali výzkumníci z univerzity v německém Tübingenu a publikovali je v časopise *American Educational Research Journal*. Ze studie vyplývá, že studenti práce s narátory baví více než čtení rozhovorů a sledování videonahrávek. Jsou zde však určitá rizika. Lidská paměť může být ovlivněna mnoha faktory a vzpomínky zkreslené. Hrozí také, že bude tazatel „ohromen“ osobností narátora a nebude schopen kritického pohledu. Vědci z Tübingenu zkoumali, jak může spolupráce s očitými svědky ovlivnit kompetence v oblasti historického myšlení. Studie se zúčastnilo 900 studentů. Cílem výuky bylo zlepšit znalosti studentů o epistemologických principech týkajících se dějin a jejich chápání rozdílů mezi primárními zdroji a historickými záznamy. Jedna část studentů pracovala s narátory, další s videozáznamy a třetí s prepisy rozhovorů. Navíc v pěti kontrolních skupinách studenti absolvovali klasickou výuku. Ve srovnání s kontrolní skupinou na tom byly všechny skupiny, které pracovaly s ústní historií, lépe: vykazaly vyšší historickou kompetenci i vědomosti. Nicméně studenti pracující přímo s narátory zcela nesplnili cíl výuky – měli například menší vhléd do epistemologických principů dějin či jim nebyla zcela jasná nutnost kritického nahlížení. Naučili se toho zkrátka méně, ač je to více bavilo.

„Orální historie je úspěšně etablovaný obor, který je neoddělitelnou součástí moderního zkoumání dějin. Jejím přínosem je zaznamenání svědeckých pamětníků historických událostí, která by jinak byla ztracena. Nejen profesionální historici, ale i studenti, kteří realizují rozhovory s pamětníky, se sami stávají tvůrci historie, spolupodílejí se na vzniku jedinečného pramene. Zpočátku se může zdát, že práce s živým člověkem je jednodušší a pro studenty možná i zábavnější než práce s klasickými písemnými prameny. Dobře zvládnutý rozhovor však neznamená jen zapnout ve správnou chvíli diktafon a poslouchat. Pro následnou analýzu a interpretaci je důležité umět zaujmout reflexivní přístup k danému výzkumu. Data získaná z orálněhistorického rozhovoru jsou jen jedním pramenem, který je třeba konfrontovat i s jinými zdroji.“

Petra Schindler-Wisten,  
Centrum orální historie, Ústav pro soudobé dějiny AV ČR

# Mikroskopie

## Kam lidské oko nevidí

Sotva už se dozvíme, jaké pocity se zmocnily tvůrců prvních mikroskopů neboli drobnohledů, když na přelomu 16. a 17. století zkonstruovali nové přístroje a náhle spatřili dosud nevídané, třeba šupinky na křídle motýla, jemňoučké žilkování na listu stromu či dosud neznámé tvorečky v kapce vody. **Otevřeli lidskému poznání rozmanitý svět nepatrných rozměrů, který je prostému oku naprosto nedostupný a jehož hranic ani dnes nedohlédneme.**

**T**echnický pokrok nechal zvidavé zraky proniknout do světa bakterií a virů, do nitra buněk a krystalů či do šroubovice DNA a posléze až do stále ještě tajemného světa atomů, jejich uspořádání a interakcí, kde probíhá spousta dějů, jejichž pochopení a ovládnutí zásadně ovlivňuje náš každodenní život, ať už v biologii, medicíně, v chemii či fyzice včetně materiálových věd. V tomto světě se měří v nanometrech, tedy miliontinách milimetru nebo, chcete-li, miliardtinách metru.

Dnešní mikroskopy jsou samozřejmě na hony vzdálené původním jednoduchým soustavám čoček. Najdeme mezi nimi širokou škálu přístrojů optických i neoptických, založených na různých technologiích: od klasických světelných, polarizačních, fluorescenčních či konfokálních, přes mikroskopy rentgenové a elektronové až po různé druhy mikroskopů řádkovacích tunelových, mikroskopů atomárních sil a mnoho dalších typů a jejich kombinací. Neslouží jen k prostému zvětšení pozorovaných objektů – ještě důležitějším parametrem bývá jejich rozlišovací schopnost daná minimální vzdáleností dvou bodů, které ještě mikroskop dokáže od sebe rozlišit. Bez zvyšování rozlišovací schopnosti totiž pouhé zvětšování neposkytne nové informace a detaily zůstanou rozmazané.

## Optické mikroskopy

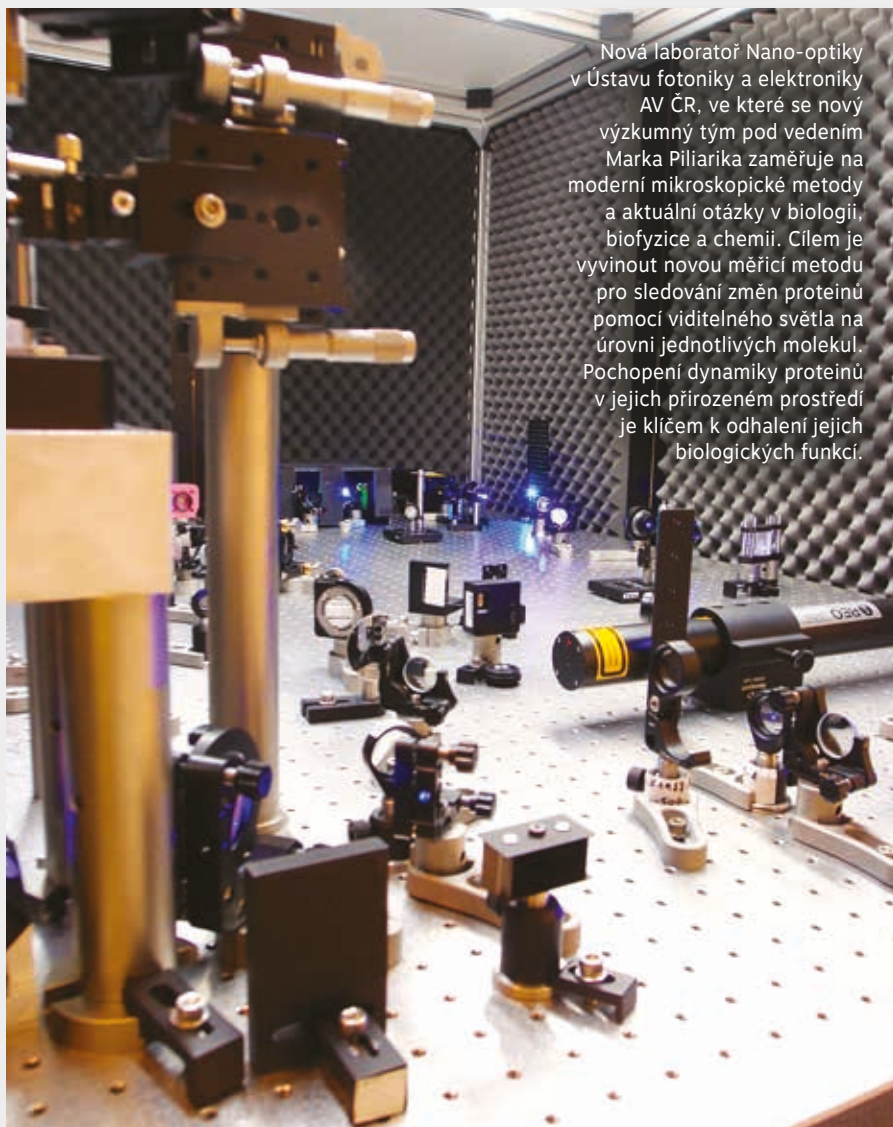
Klasické optické mikroskopy probudily v badatelích touhu pozorovat stále jemnější a jemnější detaily. Zdálo se však, že se nikdy zcela nenaplní, protože možnosti optické mikroskopie limituje vlnová délka světla. Hranice – zvláště ve vědě – jsou ale od toho, aby se překonávaly: zde průlom přinesla tzv. fluorescenční mikroskopie se superjemným rozlišením, také nazývaná superrozlišovací mikroskopie, která umožňuje pozorovat objekty s rozlišením vyšším než tzv. difrakční limit. Dovoluje optickému mikroskopu studovat do podrobností dříve nevídaných, navíc v reálném čase, třeba pochody v živých buňkách – jak spolu molekuly interagují, jaká mohou vzniknout onemocnění v případě, že tyto interakce neprobíhají správně apod. Například Pavel Hozák z Ústavu molekulární genetiky AV ČR a jeho kolegové využívají těchto technik při výzkumu procesů uvnitř buněčného jádra. Snaží se poznat, jak se zapínají a vypínají jednotlivé geny a reguluje se jejich funkce, ale i jak porucha těchto pochodů vede ke vzniku různých onemocnění včetně např. zvýšené citlivosti na podněty, některých typů onemocnění svalových a pojivových tkání či dokonce rakoviny.

## Překonávání hranic

Ani fluorescenční mikroskopie se superjemným rozlišením, či superrozlišovací mikroskopie, však už často nestačí. K získání kýžených poznatků proto dnes badatelé propojují nejrůznější techniky; třeba pomocí fluorescenčního mikroskopu najdou v buňce hledanou molekulu opatřenou svítící značkou a pak se na ni v ještě větším rozlišení podívají v elektronovém mikroskopu. V Ústavu molekulární genetiky AV ČR mají k dispozici vysoce moderní biologický prozařovací elektronový mikroskop, který dovoluje pozorovat zamrazené preparáty při teplotě tekutého dusíku a umožňuje studovat buňky bez poškození jejich fyzické podstaty. Poznatky, které přinese, pomohou blíže objasnit interakce mezi buňkami imunitního systému, speciální funkce buněčného cytoskeletu, ale i mechanismy >>



Snímek plodu pampelišky (nažka s chmýrem) z elektronového mikroskopu. Zvětšení: 260x.



Nová laboratoř Nano-optiky v Ústavu fotoniky a elektroniky AV ČR, ve které se nový výzkumný tým pod vedením Marka Piliarika zaměřuje na moderní mikroskopické metody a aktuální otázky v biologii, biofyzice a chemii. Cílem je vyvinout novou měřicí metodu pro sledování změn proteinů pomocí viditelného světla na úrovni jednotlivých molekul. Pochopení dynamiky proteinů v jejich přirozeném prostředí je klíčem k odhalení jejich biologických funkcí.

molekuly zapadají. A přitom právě zde se skrývají největší neznámé. „Například existuje celá rodina takzvaných molekulárních motorů, což jsou jakoby miniaturní jednomolekulární panáčkové, kteří odněkud někam putují, nebo máme různé póry, které se otevírají a zavírají; molekuly, které pomáhají skládat jiné molekuly a vypadají jako otevírající a zavírající se květy. Tyto systémy se jeví jako malinkaté molekulární motory, které v živých organismech vykonávají svou mechanickou práci na úrovni jednotlivých nanometrů.“ Marek Piliarik vede vědecký tým Nano-optika a staví mikroskopy překračující hranice běžné mikroskopie, proto se také hovoří o nanoskopii nebo nanooptice. Pracuje ve vlnových délkách viditelného světla a využívá principy podobné metodám superrozlišovací mikroskopie. „Základní idea v podstatě je, že hmotu rozeberete na jednotlivé stavební kameny, ať už svítí, nebo je zobrazujete nějakými jinými mechanismy. Tyto jednotlivé základní kameny – ideálně jednotlivé molekuly – zobrazujete jednu po druhé a následně sestavíte obrázek mnohem detailnější, než umožňuje běžný mikroskop.“

Fluorescenční metody se používají ke studiu dynamických procesů v živých systémech zcela běžně: jsou založené na detekci a pozorování fluoreskujících látek ve vzorku. Zářící molekuly v něm mohou být buď přirozeně, nebo se studované objekty (např. buňky) označí molekulami schopnými fluoreskovat. V mnoha situacích však nedostačují: především nedokážou sledovat procesy rychlejší než několik milisekund, zatímco řada dějů v přírodě probíhá mnohem rychleji. „Takže zůstává nepopsaná celá škála procesů rychlejších než přibližně tisícina sekundy, které nikdo nikdy nedokázal sledovat. Myslíme si, že na konci naší práce je dokážeme zaznamenat,“ říká Marek Piliarik. Jeho cíl je skutečně ambiciózní – zlepšit možnosti pozorování ve srovnání se stávajícími superrozlišovacími mikroskopy zhruba o další řád. „Superrozlišovací mikroskopie totiž naráží na své fyzikální hranice na škálách kolem 10 či 20 nanometrů. Ovšem proteiny jsou většinou ještě

vzniku nádorového bujení, proces opravy poškození v DNA a řadu dalších procesů. Jedním ze směrů výzkumů je proto vývoj takových postupů přípravy vzorků pro pozorování v mikroskopu (založených na vysokotlakém zamrazování na teplotu tekutého dusíku), které zajistí, aby vzorky co nejlépe odpovídaly přirozenému stavu.

## Nanoskopie – hledání nových cest

„Vědci mají velmi dobrou představu, jak do sebe zapadají jednotlivé bílkoviny neboli proteiny, znají velmi dobře jejich strukturu. Víme ale jen velmi málo o tom, jak přesně molekuly vykonávají

svou práci v reálném čase, protože příslušné procesy jednoduše nejsou vidět,“ vysvětluje Marek Piliarik z Ústavu fotoniky a elektroniky AV ČR. Rád by tuto situaci změnil, protože zobrazení pohybu jednotlivých proteinů v jejich přirozeném prostředí považuje za klíč k odhalení jejich biologické funkce a fungování života na molekulární úrovni. Chce proto vyvinout zcela nové detekční metody, které by umožnily příslušnou molekulu spatřit a sledovat, odkud kam se pohybuje, jak se mění její tvar, co konkrétně dělá, zkoumat interakce molekul krok po kroku. Fungování živých soustav v přírodě je totiž založeno na způsobu, jakým do sebe



menší. Když tedy chcete vidět detaily uvnitř jednoho proteinu, potřebujete mít rozlišení mnohem lepší. Přesně tento krok chceme udělat.“

Vychází se přitom sice z podobných principů jako u metod založených na fluorescenci, ovšem bez fluorescence. Vědci sledují signál pocházející z rozptylu fotonů (světla) na jednotlivé molekule: foton na daný objekt dopadne a změní směr nebo fázi. Tento jev podle Marka Piliarika nastává mezi světlem a hmotou vždy, tedy i na úrovni jednotlivých molekul, a má několik výhod. „Zatímco u fluorescence vám jedna molekula neposkytne víc než, řekněme, milion fotonů za sekundu, u rozptylu k této takzvané saturaci nedochází. Zjednodušeně řečeno, stačí přidat výkon laseru a dostanete silnější signál – až dokud danou molekulu neuvaříte.“ Této metodě se Marek Piliarik věnoval už při svém postdoktoráckém pobytu v Německu, kde poprvé ukázali, že díky ní dokážou vidět jednotlivé molekuly bílkovin. Nyní chce jít ještě o krok dál: vidět nejen bílkovinu samu, ale i co dělá a jak se mění. Ve své laboratoři vysvětluje, co se děje, když chce vybranou bílkovinu sledovat. Zapne se laser, světelný paprsek osvítil vzorek v kyvetě, kde dochází k chemické reakci. Odražené a rozptýlené světlo se „posbírání“ a přes soustavu čoček a zrcátek přivede na kameru. Zbytek se už odehrává v počítači. Pozorují se třeba změny dlouhé struktury z proteinů zvané mikrotubuly, vyztužující buňku: „Dokážeme rozeznat velmi malé změny v těchto mikroskopických snímcích. Vidíme například, jak jednotlivé molekuly přecházejí na povrch a navazují se na něj. V jiných experimentech zase pozorujeme, jak jednotlivé molekuly putují podél zmíněných mikrotubulů. Je to trochu jako dívat se z vesmíru na hlavní město a trasovat v něm pohyb jediného člověka.“

Všechny tyto poznatky Marek Piliarik a jeho kolegové vyvozují z nepatrných změn v kontrastu detekovaného signálu – na jeho základě se snaží rozklíčovat, co se přesně se zkoumaným proteinem děje.

*Fungování živých soustav v přírodě se zakládá na způsobu, jakým do sebe molekuly zapadají. A přitom právě zde se skrývají největší neznámé.*

## Elektronové mikroskopy

Nejvšestrannějším nástrojem k pohledu do mikrosvěta a nanosvěta jsou v současnosti elektronové mikroskopy – oproti běžným světelným mikroskopům mají mnohem větší rozlišovací schopnost s možností zobrazení i jednotlivých atomů. Uplatňují se proto v mnoha oblastech včetně materiálového nebo biologického výzkumu, protože díky interakci elektronů s látkou poskytují komplexní informace o mikroskopické struktuře, chemickém složení a dalších fyzikálních vlastnostech studovaných vzorků.

Bez přehánění nutno zdůraznit, že zásadní zásluhu na vývoji specializovaných typů elektronových mikroskopů mají čeští odborníci z Ústavu přístrojové techniky AV ČR v Brně. A pro lepší představu, co tyto přístroje dokážou, připomíná ředitelka ústavu Ilona Müllerová,

že naše oko rozliší zhruba desetinu milimetru, ovšem atomy, z nichž se skládá celá příroda, jsou o šest řádů menší. Šest řádů – to je v makrosvětě rozdíl mezi jedním metrem a tisícem kilometrů. A v takto obrovském poměru musí elektronový mikroskop umět pozorované objekty zvětšit! K zobrazení nepoužívá viditelné světlo, které má pro dané účely příliš dlouhou vlnovou délku, ale využívá elektrony, jejichž vlnová délka je daleko kratší, a proto mohou poskytnout detailnější pohled na svět s mnohem větším zvětšením. Přístroj funguje tak, že svazek volných elektronů, formovaný soustavou elektromagnetických čoček (tubusem), dopadá na vzorek, s nímž interaguje. Dochází k předávání energie a mění se trajektorie elektronů. Tyto veličiny se výrazně mění pro různé typy materiálů. Vědci tak získávají ze vzorku spoustu signálů, jež se různě detekují a převádějí na elektrický signál, který moduluje jas pozorovacího monitoru. Takto se získá zvětšený obraz studovaného objektu.

„Ústav přístrojové techniky má velkou tradici ve vývoji těchto přístrojů – dříve je vyvíjel celé, dnes se soustředí na vývoj nových metod zobrazení nebo jednotlivých částí elektronových mikroskopů. Tradičně, už desítky let se věnujeme např. výzkumu a vývoji mikroskopie pomalými elektrony, vývoji nových simulačních programů pro návrh elektronově

## Trocha historie

Ke zvětšování pozorovaných předmětů možná nejdříve sloužila obyčejná kapka vody, která dokáže zvětšovat podobně jako čočka. Jako zvětšovací sklo, nebo spíše jako zápalné sklíčko k soustředění slunečních paprsků a zapalování ohně, mohla čočka sloužit ze starověkého asyrského města Nimrud, datovaná odhadem do 7. století př. n. l. Podle jiných pramenů vznikla nejstarší čočka ve starověké Indii spojením dvou kamínků, ovšem i hieroglyfy ze starověkého Egypta prý popisují jednoduché čočky a odkazují na zvětšování

obrazu. Písemné zmínky o čočkách, respektive zápalných sklíčkách, najdeme v díle starořeckého dramatika Aristofana z 5. století př. n. l. Plinius starší v 1. století n. l. a slavný římský filozof Seneca mladší popisovali skleněné koule naplněné vodou, které sloužily nejen ke zvětšování písmen při čtení podobně jako lupa, ale také (a možná především) k vypalování ran. Od 8. století se začínají objevovat tzv. čtecí kameny, skleněné polokulovité předměty přikládané na text ke zvětšení písma. Cesta k prvním mikroskopům však trvala ještě několik století.



optických systémů, vývoji detekčních systémů či tzv. environmentální elektronové mikroskopie.“ Volné elektrony v mikroskopu totiž potřebují vakuum – jinak se rozptýlí a obraz nezískáme. Optimalizovat detekční systémy pro takovýto typ mikroskopu je proto velmi obtížné. „Nám se to dlouhodobě daří,“ říká Ilona Müllerová. Má ke spokojenosti dobrý důvod: vědci z jejího pracoviště dokážou výrazně posunout kvality běžně dostupných komerčních elektronových mikroskopů tím, že k nim přidají své nově vyvinuté detekční systémy, které jsou o řád i více lepší než stávající, čímž dosahují mimořádných technických parametrů a samozřejmě i skvělých vědeckých výsledků. Není divu, že o spolupráci s nimi je mimořádný zájem doma i ve světě jak ze strany výzkumníků, tak ze strany výrobců. Sotva je náhoda, že výrobní firmy sídlící v Brně,

se kterými ústav úzce spolupracuje, se podílejí na celosvětové produkci elektronových mikroskopů z více než 30 %.

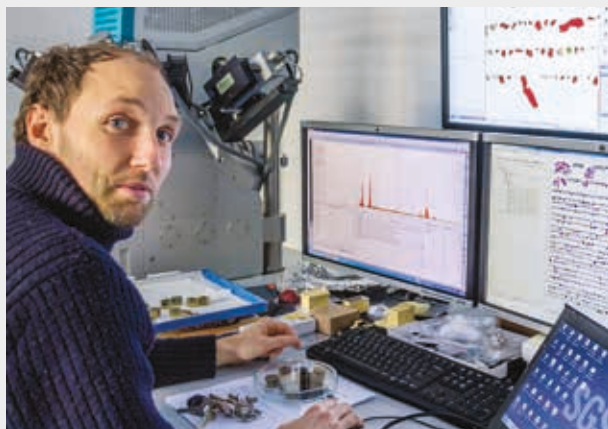
Ilona Müllerová se svým týmem navrhla a realizovala novou objektivovou čočku pro rastrovací elektronové mikroskopy, díky které se dá obrazový signál detekovat dokonaleji – a v roce 2013 získala za svůj počín cenu Invence v soutěži Česká hlava. Vyřešila problém vyplývající ze skutečnosti, že pro rozlišení co největších detailů je v elektronovém mikroskopu na jedné straně potřeba používat elektrony s krátkou vlnovou délkou, tudíž je nutné jim dodat velkou energii. Na druhé straně elektron s vysokou energií v mikroskopu interaguje se zkoumanou látkou v příliš velkém objemu (laicky řečeno – jako by velice silná žárovka přsvítala příliš velkou část zkoumaného objektu tak, že už nedokážeme vnímat detaily). Ilona Müllerová se svými kolegy

toto úskalí úspěšně zdolala – a překvapila tak i světové špičky v oboru revolučním konceptem zobrazování vzorků prostřednictvím elektronového svazku s pomalými elektrony. Ani přední odborníci zpočátku nevěřili, že by její postup mohl fungovat. „Jezdili jsme po konferencích a přesvědčovali, že to funguje, spolupracovali jsme s různými univerzitami, zejména s University of Toyama a University of York, kde jsme adaptovali jejich přístroje, abychom získali aplikace, publikovali jsme řady nových výsledků.“ Nakonec se přece jenom podařilo skeptiky přesvědčit, že se jim nabízí naprosto nový, jedinečný nástroj ke studiu hmoty. „Trvalo ale téměř 20 let, než výrobci elektronických mikroskopů nový prvek do svých přístrojů začlenili. Dnes tento systém v podstatě používají všechny komerční elektronové mikroskopy na světě. Tak je tomu i v mnoha jiných



Chloubou Ústavu přístrojové techniky AV ČR je obří ultravysokovakuový rastrovací elektronový mikroskop, kterému se přezdívá „mamut“, a to nejen kvůli jeho velikosti, ale i proto, že dostal do výbavy speciální detektory a doplňky, čímž se stal unikátním na světě. Zařízení navrhli a z velké části sestavili právě zde.

## Mikroskopy ve službách expertů Akademie věd



RNDr. Tomáš Hrstka, Ph.D.

Vědecký pracovník Geologického ústavu AV ČR se specializuje na geochemii hydrotermálního procesu a aplikovanou mineralogii. V současnosti se věnuje uplatnění nových mikroanalytických metod v průmyslu a ve vědách o Zemi. Jako mineralog pracoval na mnoha významných projektech po celém světě včetně Jihoafrické republiky, Austrálie a Kanady. Studoval a působil na Přírodovědecké fakultě UK v Praze, ale i na univerzitách v Anglii a Francii. Je autorem, spoluautorem a recenzentem více než 100 technických studií a dalších odborných prací.

Ing. Ilona Müllerová, DrSc.

Ředitelka Ústavu přístrojové techniky AV ČR a zároveň vede skupinu mikroskopie a spektroskopie povrchů. Dlouhodobě se věnuje rastrovací elektronové mikroskopii s pomalými a velmi pomalými elektrony z hlediska povrchové fyziky i návrhu elektronové optického systému jak osvětlovacího, tak detekčního. Je autorkou a spoluautorkou cca 300 recenzovaných odborných článků a původních příspěvků na mezinárodních konferencích, z toho tři části monografií. Řešila mnohé projekty (mj. z EU), absolvovala mnoho zahraničních stáží, mezi jinými jednorozční pobyt na univerzitě v japonské Toyamě a na univerzitě v Yorku ve Velké Británii. Získala Cenu Československé mikroskopické společnosti za celoživotní přínos pro mikroskopii a v roce 2013 cenu Česká hlava v kategorii Invence.



Mgr. Marek Pilarik, Ph.D.

Je vedoucím vědeckého týmu Nano-optika v Ústavu fotoniky a elektroniky AV ČR. Zkušenosti s výzkumem získal nejen na tomto pracovišti, ale i na University of Washington v Seattlu, na Max Planck Institute for the Science of Light v Erlangenu a na ETH Zürich. Je autorem pěti kapitol v knihách, 33 článků v impaktovaných časopisech, 50 konferenčních příspěvků a jednoho patentu. Jeho práce dosud zaznamenaly téměř 2000 citací. V roce 2016 získal prestižní ERC CZ grant na projekt Optické zobrazování dynamiky jednotlivých proteinů, jehož cílem je výzkum mikroskopie pozorující změny uvnitř jednotlivých molekul.

mikroskop, aby se jím daly zkoumat nijak neupravené, živé biologické vzorky, jak to činí tradiční optické mikroskopy, ovšem při větších zvětšeních a s výrazně lepší hloubkou ostrosti. Např. nyní >>

oblastech: jakoukoli novou metodu vyvine, ať souvisí s biologií nebo s medicínou apod., trvá nesmírně dlouho, než o ní přesvědčíme potenciální výrobce a uživatele a ujme se. Je třeba vytrvat,“ poznamenává Ilona Müllerová.

V Ústavu přístrojové techniky AV ČR, který letos oslavil 60 let existence, neusínají na vavřínech, naopak – chtějí-li se v elektronové mikroskopii udržet na světové špičce, nesmí se bát pustit ani do oblastí zatím neprozkoumaných, jakou jsou např. programy pro simulace interakcí elektronů o nižších energiích s látkou. „Na tom pracujeme spolu s univerzitou ve Vídni, záležitost

je velice složitá a za mého života určitě nebude dořešena,“ realisticky odhaduje ředitelka brněnského pracoviště.

Brněnští vědci jsou průkopníky i v oboru mikroskopie určeném speciálně pro účely biologie a medicíny, stejně jako ochrany životního prostředí. Zatímco běžně se biologické nebo i jinak citlivé vzorky pro pozorování v elektronovém mikroskopu musí prohlížet v hluboce zmraženém stavu nebo chemicky fixovat, vysušit, případně pokrýt elektricky vodivou vrstvou, v Brně pracují na vývoji šetrnějších postupů. Originálním způsobem přestavěli a speciálně vybavili environmentální rastrovací elektronový



Na snímku vláknitá sinice *Anabaena flos-aquea*. Nomarského diferenciální kontrast, zvětšeno přibližně 500x.

pomocí nově vyvinutých detektorů studují tání ledu nebo bobtnání bentonitu. Sledují, jak se vzorek uvnitř mění, a vidí jeho mikrostrukturu.

Jednoho z nejnovějších výsledků dosáhli ve spolupráci s University of Cambridge: uvnitř mikroskopu sledovali dynamicky se vyvíjející děj – tzv. ledové květy, které vznikají na povrchu čerstvého, většinou mořského ledu. Vypadají trochu jako sněhové vločky. „Ledové květy vyrůstají ze slané mořské vody. Předpokládalo se, že se při sublimaci ledu rozpadnou na malé slané částičky, které se uvolní do atmosféry. Stávají se tak zdrojem mořského aerosolu, který mimo jiné odpovídá za zvyšování koncentrace bromu a rozšiřování ozonové díry v polárních oblastech,“ ukazuje na monitoru Lubica Vetráková. „Mikroskopickým pozorováním, které nebylo nikde předtím provedeno, jsme hypotézu vyvrátili. Zjistili jsme totiž, že v ledových květech jsou struktury, jakési prsty – při sublimaci ledu se neodlamují, ale zkombinují, až se z nich stane jeden kus soli.“

Dalším významným výsledkem je prozařovací elektronová mikroskopie využívající velmi pomalých elektronů, která umožňuje např. počítání jednotlivých atomových vrstev grafenu s vysokým prostorovým rozlišením.

## Odvážné, nikoli nemožné vize

Sotva badatelé dosáhli jedné mety, rýsuje se další: získávat o vzorcích kvantitativní informace. Jak připouští i Ilona Müllerová, dříve byli vědci šťastni, když se po vzorku nechaly přeběhnout elektrony a výsledkem byl obrázek s velkým rozlišením a krásnými detaily. Dnes už chtějí přesně vědět, co jim říká odražený či prošlý elektron detekovaný v konkrétním úhlu a s konkrétní energií. Neuvěřitelně složitý úkol. „K pochopení chování hmoty jsou potřeba nízké energie – a v naší skupině se zabýváme právě nízkoenergií elektronovou mikroskopií, protože je k materiálu nejcitlivější.“ Jinými slovy – vědci pracují s pomalými a velmi pomalými elektrony a soustřeďují se na vývoj metodologie a unikátních přístrojových prvků, aby dosáhli vysokého rozlišení obrazu a mohli své postupy co nejlépe využít při řešení úloh v materiálových a biomedicínských vědách. Pomalé elektrony, tedy elektrony s velmi nízkou energií, totiž umožňují s vysokým kontrastem zobrazit například zrna v polykrystalických materiálech, a dokonce i rozložení vnitřního pnutí v nich, studovat krystalografickou orientaci miniaturních krystalů, což třeba pomocí rentgenové

spektroskopie není možné, ale stejně tak zvládnou velmi tenké tkáňové řezy bez použití solí těžkých kovů k fixaci či jiné úpravě vzorků atd.

Zatímco před 10 lety si vědci přáli atomy vidět, což je již úplně běžné, dnes už dokonce dokážou zaznamenat, co se děje v atomové struktuře, měří stále větší škálu stále slabších signálů (včetně biosignálů) s lepším rozlišením. Takové možnosti jsou do budoucna nadějí kupříkladu pro detailnější studium mozku.

Pár nesplněných snů přesto zůstává. Mikroskopy detekují pouze určitou část elektronů vyslaných studovaným vzorkem; cílem vědců ale je zaznamenat všechny – ty, které vzorek opustí i které pohlítí: „Kdyby se podařilo detekovat emitované elektrony s vysokým úhlovým rozlišením, tedy pomocí mnohakanálového detektoru, a ještě přitom pro celou škálu energií elektronů jak dopadajících, tak emitovaných, dozvíme se o daném vzorku úplně všechno. Dobré by bylo tato měřená data srovnat s teorií. To je ale zatím sci-fi. Myslím, že se naše přání jednou uskuteční – i když to ještě potrvá dlouho,“ věří Ilona Müllerová.

## Mikroskopie v geologii a mineralogii

Elektronové mikroskopy mohou využít dvou základních principů. V transmisních (nebo také prozařovacích) procházejí elektrony vzorkem a teprve poté se detekují. U rastrovacích neboli řádkovacích elektronových mikroskopů se využívá pohyblivého svazku elektronů, který povrch vzorku zobrazuje tak, že se pohybuje řádek po řádku v jakési neviditelné pravidelné síti (rastru). V každém bodě přitom dochází k interakci se vzorkem a vzniká tak řada signálů, které se mění podle charakteru povrchu a typu materiálu. Z těchto signálů se sestavuje výsledný obraz, informace o prvovém složení vzorku i jeho dalších charakteristikách. Geologové a mineralogové z nich dokážou vyčíst téměř vše, objasňuje Tomáš Hrstka z Geologického ústavu AV ČR, který se sám podílí na zdokonalování a automatizaci elektronové mikroskopie v mineralogii (ale



1



4



2

Bez výkonných mikroskopů nejrůznějších typů se v Akademii věd ČR neobejdeme. Moderní mikroskopy využívá i Ústav experimentální botaniky. Příprava vzorků se různí podle typu přístroje (1), práce s nimi je ale již rutinou (2). Transmisní elektronový mikroskop v Ústavu experimentální botaniky používá hlavně laboratoř virologie (3). Krásné detailní kolorované snímky pocházejí z rastrovacích elektronových mikroskopů, jak je vidět na snímku pylového zrna huseníčku rolního v otevřeném prašníku (4).



3

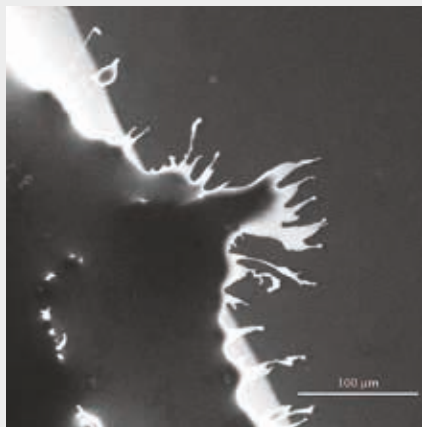
>>

nejen tam): „Když elektrony narazí do vzorku, hustší materiál jich tolik nepropustí a víc se jich odrazí zpět. Přístroje to zobrazují jako světlejší fáze. Mohou to být zlato, platina, železo a jiné těžké prvky nebo sloučeniny s nimi. Naopak některé silikáty nebo organické materiály jsou z pohledu elektronů poměrně řídké, elektrony jimi procházejí skrz, takže se jich odrazí poměrně málo a na obrázku vyjdou tmavě.“

Geologové a mineralogové se prostřednictvím elektronových mikroskopů dozvídají detaily o struktuře materiálů, tvaru krystalů, jejich chemických vlastnostech apod. Zejména těžba a zpracování nerostných surovin vyžadují snadné analýzy velkého množství vzorků, například aby se zjistilo, v jakém množství a v jaké podobě je zastoupen nějaký kov (např. zlato) v konkrétní hornině a jestli se vyplatí ho těžit – což ovšem nelze stanovit na základě rozboru několika málo vzorků, musí se jich analyzovat stovky či tisíce. Z toho důvodu se zrodila myšlenka využít v elektronové mikroskopii automatizaci, k jejímuž prudkému rozmachu došlo podle Tomáše Hrstky mezi lety 1990–2009, mimo jiné i díky velkému pokroku počítačů. Zatímco klasické metody v mikroskopii byly převážně založené na bodové analýze, kdy se vybírají a hodnotí jednotlivé body vzorku, automatizace dovozovala analyzovat celý vzorek a získat o něm nepřeborné množství reprezentativních dat. Díky tomu se začala rozšiřovat do dalších oblastí vědy i mimo geologii a umožnila zcela nové směry výzkumu.

„Dále šlo o to, aby automatická mineralogie neznamenala pouze měření, ale do jisté míry i interpretaci získaných poznatků. Dnes už je stroj sám schopný poznat jednotlivé minerály. Automaticky měří spektra v každém bodě vzorku a porovnává je s databází, kterou jsme my vytvořili.“ Tím lze definovat složení celého vzorku včetně zastoupení jednotlivých složek, resp. minerálů.

Metody automatické mineralogie umožnily mj. zrychlit a zlevnit testy a postupy při těžbě různých surovin



Ledový květ pozorovaný při teplotě  $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$  a tlaku 348 Pa v upraveném environmentálním rastrovacím elektronovém mikroskopu.

*Nejde pouze o zobrazení pozorovaných objektů a procesů, stejně důležité a obtížné je informace správně a spolehlivě interpretovat.*

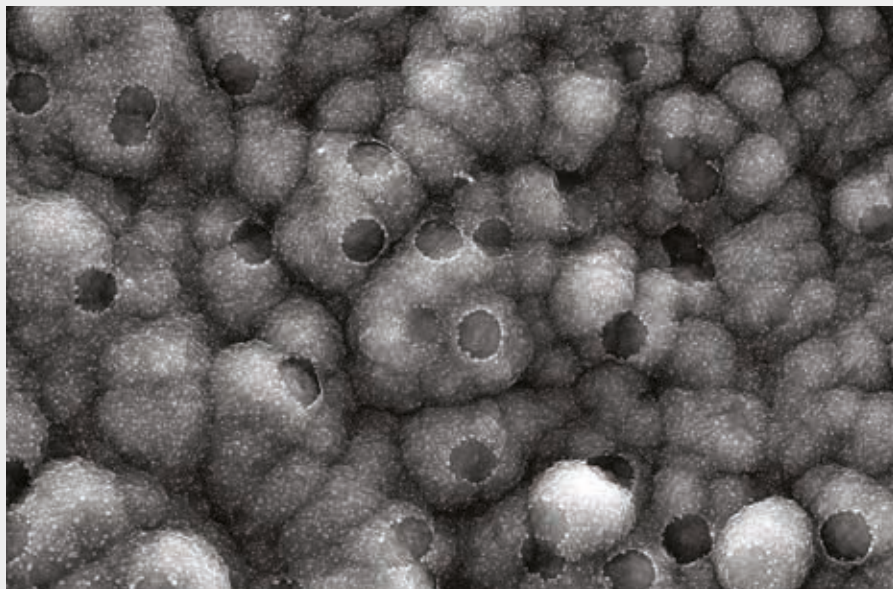
a další průmyslové procesy. A nás může těšit, že trend automatizace elektronových mikroskopů zachytili i Češi a že Brno se podle Tomáše Hrstky stalo centrem vývoje i výroby těchto přístrojů. V současné době už slouží k výzkumu nejen v geologických vědách, ale třeba i v archeologii či při studiu životního prostředí: „Hodně se zkoumají environmentální problémy včetně znečištění půdy. Např. pokud se rozkládají nějaké pozůstatky po těžbě a uvolňují se kyselá důlní vody, může tato technika hodně pomoci při stanovování kvantitativní mineralogie – jestli se tam škodlivé minerály vyskytují volně, jsou dobře přístupné vodě a budou se rozpouštět, např. volný arzenopyrit, nebo jestli jsou uzavřeny třeba v křemenu a nebudou působit až takový problém. Zároveň její pomocí můžeme zjistit, jaký má daná hornina neutralizační potenciál, tedy jestli jsou tam nějaké minerály jako vápenec, které budou vyrovnávat kyselost v prostředí a bránit acidifikaci.“

## Umělá inteligence

Jakkoli významný pokrok znamenala automatická mikroskopie, její poměrnou nevýhodou je, že databázi (klasifikační schéma), s níž porovnává analyzované vzorky, musí krok po kroku a do jisté míry ručně vytvořit sami vědci na základě svých zkušeností. Proto začali zkoumat, zda by šlo využít dalšího prudkého rozvoje počítačových věd, především umělé inteligence a tzv. neuronových sítí a posunout možnosti automatizace o další skok dál: aby si inteligentní mikroskopické systémy samy dokázaly sestavit klasifikační schémata nebo databáze a určit jakýkoli neznámý vzorek, aby uměly získat velkou množinu obrazových a chemických dat v každém určeném bodě a dokázaly samostatně rozhodnout, s jakým detailem je třeba jednotlivé části vzorku analyzovat, a tak zkrátily čas potřebný k dosažení výsledku. „My teď pracujeme na projektu analýzy prachových částic; zajímá nás, odkud různé složky prachu pocházejí a jaké je jejich složení. To je důležité pro hodnocení rizik spojených s prachem, ať už environmentálních, nebo zdravotních,“ pokračuje Tomáš Hrstka. „Jestliže prach analyzujeme jako celek chemicky, zjistíme například zvýšený obsah olova nebo arzenu – chemický rozbor nám ale vždy nenapoví, jak se tam ten arzen dostal a odkud vlastně je. Pokud ovšem dokážeme provést automatickou analýzu částice po částici – a dovedete si představit, že v prachu jsou jich miliony – jsme schopni je rozdělit do jednotlivých skupin a říct: toto jsou minerály pocházející z přírodního pozadí, ze zvětralých hornin nebo půdy, ale stejně tak tam mohou být částice pocházející z nějaké továrny nebo spalovny – vidíme, že prošly určitým procesem, mají specifické tvary a složení, můžeme je vysledovat zpět a stanovit zdroj.“

## Big Data

Automatická mikroskopie při těchto postupech vytváří nepředstavitelně obrovské soubory počítačových dat, které je nemyšlitelné zpracovat klasickým ručním způsobem, takže nezbyvá než zapojit umělou inteligenci.



Shluky tepelně opracovaných sazí. Velikost bílých kuliček je přibližně 100 nm.

Současným cílem výzkumů nejen v Geologickém ústavu AV ČR je proto nyní podle Tomáše Hrstky vymyslet, jak s takovými obřími, složitými soubory dat (označovanými termínem „big data“) vůbec rozumně pracovat, vyhodnocovat je, jak z nich získávat informace a na jejich základě vytvářet nějaké koncepty. Stranou vývoje elektronových mikroskopů ovšem nezůstává ani snaha o studium vzorků ve velkém rozlišení. „Čili se můžete dívat na jednu částici ve velikánském detailu a získat o tom jednom mikronovém zrnku konkrétní informace, kupříkladu jak jsou v něm uspořádané atomy atd. Pak ale může být dost obtížné z toho vyvodit něco o chování zkoumaného materiálu jako celku. Pokud jsme ovšem schopni složit data z milionů jednotlivých částic nebo obecně z reprezentativního objemu vzorku, dostaneme se na úplně novou úroveň poznání: proč prach dělá to a to, proč se atmosféra víc ochlazuje, když je prašno, než když je méně prašno. Takové otázky se dají řešit až ve chvíli, kdy máte obraz, který můžete vztáhnout k nějakým větším procesům – ne pouze jednotlivosti. A právě v tom spatřuji potenciál automatizace: získávat informace, které by jinak nebylo v podstatě možné shromáždit,“ konstatuje Tomáš Hrstka. Svá slova potvrzuje na příkladu

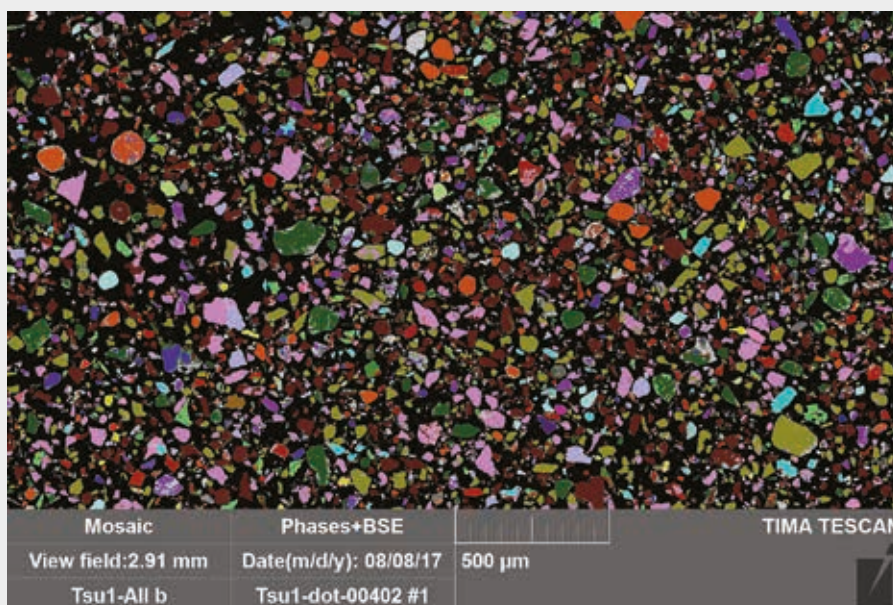
výzkumu pyroklastických sedimentů v ledovcovém jezeře: „Kdysi v prehistorii v jeho okolí probíhaly vulkanické erupce. Sopečný prach, který má specifické složení, chemismus i tvary, se dostal do ovzduší a poklesl a začal se usazovat. A nás zajímalo, kolik ho kde je, abychom ho mohli vztáhnout třeba k rozsahu a době trvání vulkanické aktivity. Když jsme postupovali klasickým způsobem, našli jsme, řekněme, stovky

částic. Potom mě kolegové požádali, abychom zkusili použít automatickou analýzu. Hledali jsme všechny částice větší než půl mikronu a najednou jsme jich měli na sto tisíc, oproti původním stovkám. Vypočítali jsme, že i kdybychom při ručním měření každé částici věnovali jen 30 sekund, budeme sedět za mikroskopem nějakých osm let, než získáme data, jejichž automatické shromáždění zabralo zhruba 50 hodin.“

Umělá inteligence a zpracování ohromných komplexních souborů dat v mikroskopii otevírá nový způsob řešení řady nejen geologických témat.

## Splněné sny

Přání spatřit jednotlivé atomy na povrchu pevných látek, hlouběji studovat jejich atomární a elektronovou strukturu a pozorovat různé fyzikální a chemické procesy přímo na atomární úrovni (tedy v už zmíněné nanometrové škále) stejně jako sledovat do nepředstavitelných podrobností a v reálném čase pochody v živých buňkách patřilo ještě před zhruba půl stoletím do říše nedostižných snů. Sen se, jak vidno, stal skutečností. Vděčíme za to i metodám a přístrojům, jejichž rozvoji pomohli čeští odborníci. ■



Mapa částic získaná automatickým elektronovým mikroskopem za účelem stanovení biopřístupnosti potenciálně toxických kovů v půdním prostředí a určení zdrojů kontaminace.

Autorka článku na návštěvě u bezdomovce Václava Šímy pod jedním z pražských mostů. Vpravo sociolog Petr Vašát.



# Lidé bez domova POMOCNÍCI VÝZKUMU

K vědeckému poznání neobyčejného života lidí bez střechy nad hlavou je občas zapotřebí sáhnout i po netradičních metodách. Například na vlastní kůži okusit jejich způsob života, navázat s nimi vztahy a následně je aktivně do výzkumu zapojit – zapůjčit jim fotoaparát k zaznamenání všedního dne nebo GPS zařízení ke zmapování pohybu po městě. **Tyto i jiné metody využívá k průzkumu bezdomovectví v Praze a Plzni tým projektu HOBOfemia Sociologického ústavu AV ČR.**





život lidí bez domova, jež následně může vést k formulaci doporučení pro pracovníky neziskových organizací i úředníky, kteří se s problémem bezdomovectví potýkají.

## Výzkum bezdomovectví na vlastní kůži

Projekt HOBOfemia navazuje na dlouhodobý etnografický výzkum hlavního řešitele, kterým je Petr Vašát, výzkumný pracovník oddělení lokálních a regionálních studií Sociologického ústavu AV ČR. Objekty svého vědeckého zájmu nezkoumá od akademického stolu, naopak s mnoha bezdomovci se osobně zná, pravidelně je navštěvuje, povídá si s nimi, vždy vybaven zápisníčkem, případně diktafonem.

Aby bezdomovectví co nejlépe pochopil, nebojí se do prostředí zapadnout a vžít se do role člověka bez střechy nad hlavou. „Jedl jsem jídlo z popelnic, přespával v lesní chatě i ve vybydlené nádražní budově na okraji města,“ odhaluje svůj netradiční výzkumný přístup Petr Vašát.

Etnografickým slovníkem řečeno jde o metody zúčastněného pozorování a neformálního rozhovoru. „Etnografie je vtělené zakoušení terénu, kterému se badatel věnuje měsíce i roky. Ideální stav je, když zkoumaný přestane vnímat zkoumajícího jako někoho cizího a jedná zcela přirozeně,“ dodává badatel.

Podarilo se mu tak například zjistit, že určitá část lidí, které bychom na první pohled odhadli jako bezdomovce, ve skutečnosti někde normálně bydlí, ale přes den se sdružují na „bezdomoveckých“ místech, třeba v okolí nádraží. Dělají to proto, že se tam setkávají se známými, vyměňují si, co potřebují k životu, a obchodují mezi sebou.

Naopak existují tzv. skrytí bezdomovci, kteří přespávají v různých azylových domech a provizorních bytech, ale na ulici bychom si jich nevšimli. Například ženy, které dbají na to, aby jako bezdomovkyně nevypadaly, nebo mužští prostitutí, kteří bývají upraveni a dobře oblečení.

Výzkumný projekt HOBOfemia zkoumá lidi bez domova komplexně a napříč kategoriemi, tedy nejen tzv. zjevné >>

**K**dyž se řekne bezdomovec, většinou si představíme zapáchajícího muže středního věku na lavičce před nádražím s krabicí nekvalitního vína. To je ale jen ta nejviditelnější část širokého spektra lidí bez domova a těch, kteří jsou jeho ztrátou bezprostředně ohroženi.

Podle zatím poslední zprávy o naplňování koncepce prevence bezdomovectví připravené pro českou vládu, je

u nás přibližně 68 500 lidí bez domova, přičemž dalších 120 000 dospělých i dětí žije v nejistých a nevyhovujících podmínkách (například ubytovnách). Průzkumy týkající se hlavního města pak uvádějí 4000 osob bez střechy nad hlavou, pesimistické odhady jich zmiňují až 8000.

Projektový tým HOBOfemia čísla neupřesňuje, nebylo to ostatně ani jeho cílem. Tím je snaha pochopit a přiblížit

## Projekt HOBOfemia

Realizuje jej tým sociálních antropologů, sociologů a geografů z oddělení Lokální a regionální studia a Socioekonomie bydlení Sociologického ústavu AV ČR. Kromě hlavního řešitele Petra Vašáta se na něm podílejí Martin Šimon, Markéta Poláková, Josef Bernard, Petr Gibas a Hana Daňková. Projekt popisuje časoprostorovou dynamiku bezdomovectví v prostředí Prahy a Plzně. Více na [www.hobohemia.eu](http://www.hobohemia.eu).

bezdomovce. Unikátní je také proto, že klade důraz na spoluúčast lidí bez domova, kteří při sběru dat výzkumníkům vysvětlují, co a proč se na ulici dělá.

### Místa jsou nepodstatný, fotil jsem lidi

Jednu z metod je tzv. photovoice, neboli metoda volného fotografování. Výzkumníci zapůjčili celkem 37 bezdomovcům v Praze a Plzni jednorázové fotoaparáty, aby na ně zachytili svých 24 hodin. Film obsahoval 27 snímků, fotit mohli, cokoli je napadlo – okolí, lidi, přírodu, město. Potom se vědci s jednotlivými autory fotografií sešli a o snímcích a okolnostech jejich pořízení s nimi debatovali.

Za účast na projektu dostali bezdomovci dvě stravenky v celkové hodnotě 140 korun. Byli mezi nimi lidé z ulice, ze squatů, zahrádkářských kolonií, ubytoven i dočasných bytů, muži i ženy různého věku.

Spolupráce s amatérskými fotografiemi nebyla jednoduchá, celá akce se protáhla, některé lidi bylo nutno dohledat, jedna respondentka u sebe měla fotoaparát tři týdny a nevyfotila jediný snímek. „Nejhorší spolupráce byla paradoxně s člověkem, který se zpočátku jevil jako nejspolehlivější, měl mobil, pracoval na řádnou smlouvu a žil v azylovém domě,“ říká Petr Vašát.

Celkově ale tento typ výzkumné metody předčil očekávání výzkumníků a přinesl zajímavé výsledky. Jednu část výpovědi tvoří samotné snímky zaznamenávající bezdomovcovo okolí – co

vidí, co ho zajímá, na co upíná pozornost. Druhou neodmyslitelnou součástí pak je následná diskuse nad fotografiemi a jejich analýza.

Vědci přičlenili snímkům kódy podle toho, co zobrazovaly – veřejný prostor, lidi, nocležiště, zvířata. Kódovaly se také informace z rozhovorů a výsledkem byla kategorizace a tzv. frekvenční tabulky znázorňující četnost témat.

Nejčastějším tématem fotografií byli lidé. Přibližně třetina snímků obsahovala nějakou osobu, nejčastěji kamarády z ulice. Relativně často se objektiv fotografů bez domova zaměřil i na „krásno“, například okolní sochy, kašny, památky nebo přírodu a zvířata, nejčastěji psy. Naopak téměř chybělo zobrazení nepořádku, a když už se objevilo, pak s následným komentářem, že to je „bordel souseda“.

Lidé na snímcích častěji dominovali u mladších fotografů, pro které jsou

obecně důležité party kamarádů. Jako třeba u Michala z Plzně. „Fotil jsem svý lidi, kamarády, protože s nima žiju, místo je mi ukradený,“ tvrdil mladý bezdomovec při debatě s výzkumníkem.

Naopak třeba na fotografiích 67letého Václava, který už více než 10 let obývá prostor pod jedním z pražských mostů u Vltavy, je vidět řeka, sousoší nad mostem, ale i sada plastik čínskému umělce Aj Wej-weje vystavená před časem u budovy Národní galerie v Praze.

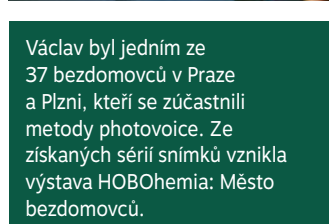
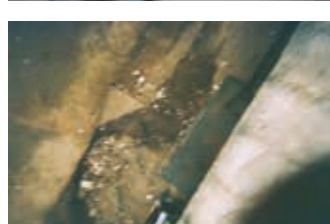
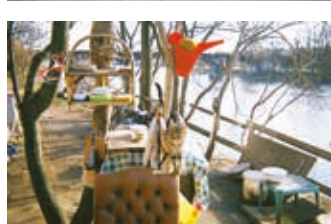
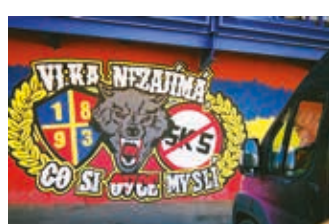
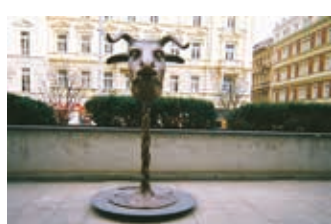
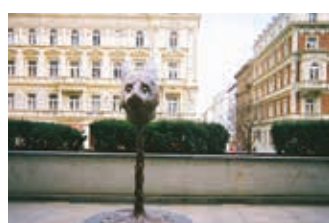
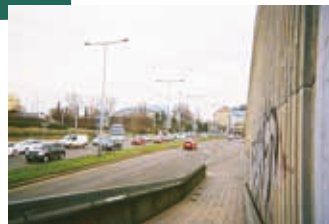
### Útulné bydlení s výhledem na řeku

Právě Václav je jednou z ústředních postav výzkumu sociologa Petra Vašáta. Jeho osudy sleduje už několik let. „Chodím k němu pravidelně posedět na Vltavskou, abychom probrali, co je nového. Zároveň sleduji, co se na místě děje, jak se proměňuje, kdo tam chodí a proč.“



Myslet si, že všichni bezdomovci žijí v nepořádku a špině, vychází z našich předsudků.

# Photovoice – jeden den Václava...



Václav byl jedním ze 37 bezdomovců v Praze a Plzni, kteří se zúčastnili metody photovoice. Ze získaných sérií snímků vznikla výstava HOBOhio: Město bezdomovců.





Václav vítá sociologa Petra Vašáta jako starého známého a ochotně pozve na čaj i zvědavé novináře. Za ta léta pod mostem už si svůj improvizovaný příbytek uzpůsobil tak dokonale, že se u něj cítíte skoro jako u souseda na chalupě. Nezvané návštěvy ale nepřijímá a dost razantně je odežene jeho věrný psí sousedník Astor.

Václav pochází z Kladenska a v mládí pracoval jako horník. V druhé půlce osmdesátých let se přesunul do Kanady za nemanželskou dcerou a po revoluci se vrátil do Čech, kde začal podnikat. Podnikání v divokých devadesátých letech nevyšlo, Václav skončil s dluhy a ve vězení. „Byl jsem milionář a teď je ze mě bezdomovec,“ glosuje svou situaci spíše pobaveně než tragicky.

Ačkoli je v důchodovém věku, penzi od státu nepobírá. „Vydělávám si, sbírám papír a taky provádím turisty s projektem Pragulic,“ vysvětluje Václav.

„Zrovna včera jsem prováděl skupinku německých studentek, to se mi moc líbilo, ženský byly vždycky moje slabina,“ dodává muž, kterému byste nehádali pomalu se blížící sedmdesátku. Přesunout se do normálního bytu neplánuje, i když by šanci možná měl a prý by to zvládl, necítí se ještě semletý bezdomoveckým životem. Na svém životním stylu ale momentálně nic měnit nechce také kvůli Astorovi, kterému je líp venku u řeky než v bytě.

Václav s Petrem Vašátem spolupracoval nejen na metodě photovoice, ale účastnil se i dalších výzkumných aktivit včetně dotazníkového šetření a GPS trasování.

### Co bezdomovec, to pijan? Nepotvrzené klíšé

V rámci projektu HOBOfemia zapojili sociologové do unikátního dotazníko-

vého šetření celkem 468 lidí bez domova žijících v Praze a Plzni. Výsledky potvrzují, že každodenní život na ulici se pojí s chudobou, násilím a nemocemi. Obtížemi vyplývajícími ze života bez pevné střechy nad hlavou trpí především ženy, které jsou častějšími terči násilí včetně sexuálně motivovaných útoků. Co ale překvapí laika asi nejvíce, je zjištění, že skoro polovina bezdomovců nepije alkohol vůbec nebo jen příležitostně.

„Bezdomovecťví se často bere jako problém primárně spojený s určitou patologií, nikoli s chudobou. Jenže bezdomovecťví je ve skutečnosti především formou extrémní chudoby. Chudobou začíná a chudobou také končí,“ komentuje výsledky výzkumu Petr Vašát.

Alarmující jsou zejména zjištění týkající se zadluženosti bezdomovců. Právě zadlužení se stává často příčinou ztráty bydlení. Dluh vyšší než milion korun přiznalo 13 % oslovených bezdomovců. Přibližně 40 % uvedlo, že má dluhy nad 100 000 korun, přičemž mezi mladými do 35 let to byla dokonce nadpoloviční většina.

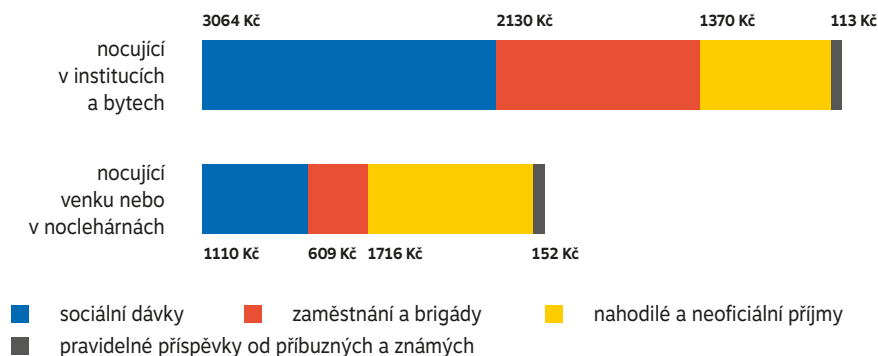
Asi 40 % dotázaných má dva a více typů dluhů – např. u dopravních podniků, nesplacené spotřebitelské úvěry nebo neplacené zdravotní pojištění. „Šance, že se z dluhů někdo z těchto lidí v životě dostane, je minimální. Je velmi pravděpodobné, že starší bezdomovci se svými dluhy jednoduše dožijí a ti mladší budou do konce života odkázáni na šedou ekonomiku a neformální příjmy, zatímco jejich dluhy se budou navyšovat,“ říká k tomu Josef Bernard, koordinátor dotazníkového šetření a vedoucí oddělení lokálních a regionálních studií Sociologického ústavu AV ČR.

Vysoká zadluženost prakticky vyřazuje bezdomovce z oficiálního pracovního trhu, protože všechno, co vydělají, by šlo na splátky. Řešením je pro ně šedá ekonomika bez jakékoli právní ochrany a s rizikem, zda vydělané peníze skutečně obdrží. Proto si hodně bezdomovců přivydělává sběrem tříděného odpadu a různými pomocnými pracemi typu sekání trávy nebo česání ovoce. Výše měsíčních příjmů lidí bez stabilního bydlení se různí právě podle toho,

#### Výsledky dotazníkového šetření 468 lidí bez domova v Praze a Plzni

40 %	má dluhy nad 100 000 Kč
80 %	s dluhem uvedlo, že má dluh u dopravního podniku
70 %	má v současné době nařízenou exekuci
40 %	v posledním roce někdo fyzicky napadl
50 %	někdo slovně napadl, zesměšňoval nebo jim vyhrožoval
20 %	žen do 35 let uvedlo, že je někdo za poslední dobu násilím nutil k sexu
46 %	nepije buď vůbec, nebo jen při zvláštních příležitostech

## Odhadovaná struktura průměrných měsíčních příjmů podle typu bydlení



kde pobývají. Ti, kteří nocují v institucích, ubytovnách a bytech, uvádějí podstatně vyšší příjmy než ti, kteří přebývají na ulici a v noclehárnách.

Na méně než 2000 korun měsíčně si přijde přibližně 37 % lidí, kteří nocují na ulici nebo v noclehárnách. Oproti tomu lidé žijící v institucích, ubytovnách a bytech mají tak extrémně nízký příjem jen v 16 % případů. Čtvrtina těch, co jsou na ulici, má měsíční příjem 3000–5000 korun, další zhruba čtvrtina přiznává i vyšší příjmy. Mezi těmi, kdo bydlí v ubytovnách a bytech, je pak více než třetina lidí, kteří si měsíčně přijdou na částky od 8000 do 20 000 korun.

Podobně jako ve většinové společnosti i mezi lidmi bez domova platí, že muži „vydělávají“ více než ženy. Zatímco průměrný měsíční příjem muže bez domova je 4558 korun, v případě žen jde o 4176 korun. Ženy výrazně více pobírají různé formy sociálních dávek (v průměru na jednu respondentku 2408 korun měsíčně) než muži (1531 korun měsíčně). Muži si častěji vydělávají v různých zaměstnáních a brigádách (1216 korun) a nahodilými a neoficiálními aktivitami (1678 korun), u žen jde jen o 238 korun, respektive 1350 korun měsíčně.

## Bezdomovec s GPS v kapse

Další významné poznatky ze života bezdomovců přináší vědcům metoda GPS trasování. „Jde o časově a logisticky velmi náročnou výzkumnou techniku, která spočívá v tom, že vybraní respondenti

v Praze a Plzni mají u sebe nepřetržitě po dobu jednoho týdne GPS zařízení, které sleduje jejich pohyb po městě,“ vysvětluje Petr Vašát. Výsledkem je soubor map, který společně s rozhovorem se sledovaným člověkem podává ucelený přehled prostorové strategie lidí bez domova.

Jedním z překvapivých zjištění je rozdíl mezi mobilitou žen a mužů bez domova. Z GPS trasování vyplývá, že bezdomovkyně se po městě pohybují více než bezdomovci, a to pěšky i městskou hromadnou dopravou. Je to dáno mimo jiné tím, že ženy častěji než muži pobývají v různých azylových domech či provizorních bytech. „Čím lepší forma bydlení, tím je do jisté míry nutná větší mobilita,“ doplňuje Martin Šimon, koordinátor GPS trasování.

Větší mobilitu žen potvrzuje i sada fotografií v rámci metody photovoice, kterou pořídila paní Luka z Prahy. Celá její sada představuje cestu městem a působí jako fotodokumentace výletu. „Vystoupily jsme na Jindřišský a šly jsme na Senovážný náměstí a tam jsme nafotily ten park. Tam jsme seděly pomalu dvě hodiny [...] tenhle park je kousek odtud, nádherný velkej čistej park, tam si vždycky chodíme sedat,“ komentovala v rozhovoru s výzkumníkem své obrázky Luka. „I když mám teď bydlení, tak jsem stejně furt někde takhle, chodím ven. Člověk nemá to svý soukromí a na pokoji furt bejt nechce, tak prostě takhle chodíme. Vesměs takhle žijeme každé den. Jdeme i na nějaký ty akce, který jsou v létě. Když jsou třeba prohlídky muzea, muzejní noc byla, nebo

letní kino zadarmo. Nebo nějaký ty výstavy a semináře vo něčem. Člověk se vodreaguje a přijde na lepší myšlenky a všechno je lepší.“

## Na jedné lodi

Souhrnná zpráva o výsledcích výzkumu by měla vyjít knižně na přelomu tohoto a příštího roku v publikaci *Na jedné lodi. Mapování života lidí bez domova v urbánním prostoru*. Už dnes je ale k vidění putovní výstava fotografií zpracovaných společně s příběhy jednotlivých fotografů-bezdomovců. Poprvé se představila v rámci Týdne diversity v Praze letos v dubnu a poté na Veletru vědy na výstavišti v pražských Letňanech. Na podzim by se měla výstava stát součástí doprovodného programu konference (Ne)viditelná města v Brně. V jednání jsou výstavní prostory v portugalské Coimbre, v Londýně a v New Yorku.

Petr Vašát dodává, že výzkum by se neobešel bez významné pomoci organizací, které se věnují práci s lidmi bez domova. Mnohé z nich projevují zájem o výsledky výzkumu, které by mohly využít ve své praxi. Jsou mezi nimi sociální podnik Pragulic, Středisko Naděje Bolzanova, Azylový dům Žižkov, In Iustitia, Domov sv. Františka Plzeň, Armáda spásy Praha 5, Architekti bez hranic a Bezdomovci, lidé jako my.

### Mgr. Petr Vašát, Ph.D.

je hlavním řešitelem projektu HOBOfemia.

Vzděláním sociální antropolog, od roku 2012 výzkumný pracovník oddělení Lokální a regionální studia Sociologického ústavu AV ČR, od roku 2014 odborný asistent na Katedře sociologie FF UHK. Zabývá se urbánní chudobou, zejména bezdomovectvím. Zajímají ho především jeho časové, prostorové, materiální a vizuální projevy. V projektu se zaměřuje na témata spojená s veřejným prostorem, sociálními vazbami, mobilitou a časem. V minulosti absolvoval stáže ve Spojeném království a Portugalsku. V akademickém roce 2017/2018 pobývá jako držitel Fulbright-Masarykova stipendia na Kolumbijské univerzitě v New Yorku.

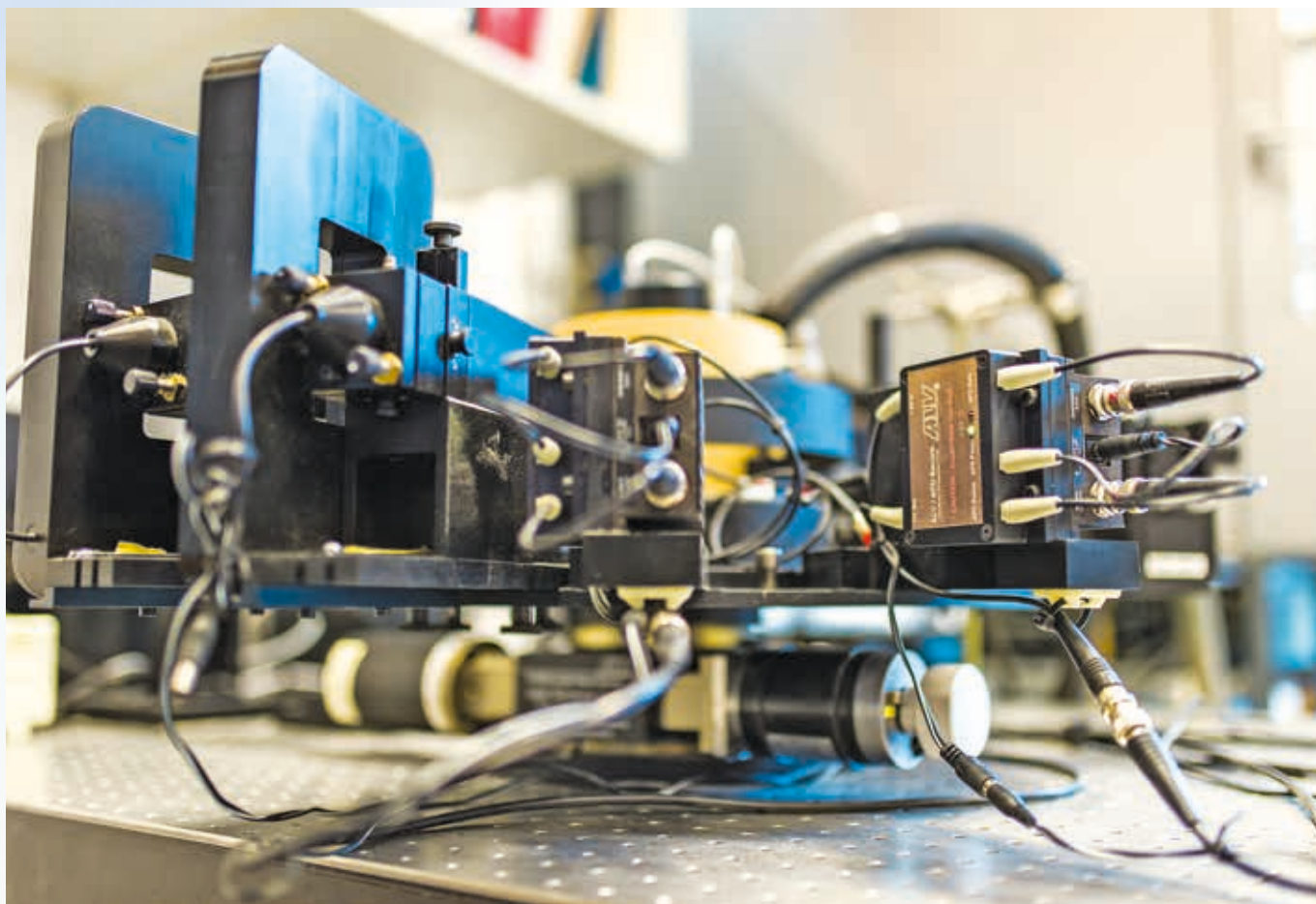
# Cihlu k cihle... a je z toho lék

Vyvinout účinné a k lidskému tělu šetrné léčivo je jako projektovat a postavit dobrý dům. Podstatný je kvalitní návrh (nápad) a vhodný stavební materiál (chemická látka). **Stejně jako stavitel potřebuje architekta, zedníka, statika a další kolegy, chemik musí spolupracovat s fyzikem, biologem a lékařem.** Zejména při vývoji moderních protinádorových léčiv na bázi nanostruktur je mezioborová spolupráce naprosto klíčová.

**K**lasická chemoterapie má vážné vedlejší účinky, protože vedle nádorových buněk působí i na ty zdravé. Hitem posledních let v moderní medicíně je proto vývoj tzv. cílených léčiv, která dopraví účinnou látku pouze do buněk zhoubného nádoru. Výzkum v oblasti polymerů jako vhodných nosičů takových léčiv se už nějakou dobu velmi dynamicky rozvíjí. V Ústavu makromolekulární chemie AV ČR se vývoji polymerních radiofarmak úspěšně věnuje Martin Hrubý.

Polymerní nosiče léčiv si můžeme zjednodušeně představit jako servisní vozy s opraváři, které projíždějí krevním řečištěm a hledají v těle nádor. Všímají si přitom drobných rozdílů mezi zdravými a napadenými buňkami, což jim pomáhá při navigaci.

„Když nádor roste, vynucuje si vznik nových cév, a protože nádor roste rychle



Rozptyl světla je jednou ze základních metod studia nanosystémů. Zjišťuje se jí především velikost nanočástic v roztoku.

a chaoticky, tak nové cévy jsou děravé. Těmito otvory se mohou dovnitř dostat polymery s léčivem, zatímco cévy jinde v těle polymery dovnitř nepropustí,“ popisuje Martin Hrubý. Nádory navíc postrádají tzv. lymfatickou drenáž, neboli odtok přebytečné kapaliny. To znamená, že co se dostane dovnitř, hůře se z tkáně dostává ven. Dopravené léčivo tak může v určeném místě působit déle. Poznávací značkou nádorové tkáně je rovněž její kyslejší prostředí způsobené nedostatkem kyslíku. Pokud je spojka mezi polymerem a léčivem relativně stabilní při normálním tělním pH 7,4, ale štěpí se ve slabě kyselém nádoru, pak se právě v takovém prostředí léčivo uvolní.

### Polymer jako dům z cihel

Polymery jsou velké molekuly sestávající ze stavebních bloků neboli monomerních

jednotek. Řetězí se do struktur připomínajících šňůry koráleků či větvené sítě podobné rostlinným kořínkům. Skládají se k sobě samy na základě afinity, laicky řečeno podle toho, jak se mají rády – například z hlediska náboje, rozpustnosti v tucích nebo schopnosti vázat kovy.

„Pokud si monomerní jednotky představíme jako cihly, tak polymery jsou celé domy a samovolně uspořádané polymerní struktury pak sídliště. Stavbu polymeru zahájíte iniciátorem, což je takový základní kámen, k hydrofobním základům přilejete hydrofilní monomer jako nadzemní část a nakonec přidáte terminační činidlo jako střechu,“ přibližuje chemik.

Příkladem všeobecně známého samouspořádaného nadmolekulárního systému je mýdlo. Z chemického hlediska jde o sodné soli mastných kyselin, v nichž jedna část molekuly je hydrofilní

(má ráda vodu), druhá hydrofobní (je mastná). Jakmile se mýdlo dostane do vody, molekuly mýdelných sloučenin se přeskupí v tzv. micely.

„Micely jsou koule o velikosti několika nanometrů s tukovým vnitřkem a ve vodě rozpustným obalem. Díky svým vlastnostem je mýdlo schopné rozpustit mastnotu a s tímtož principem pracujeme, když chceme použít léčivo špatně rozpustné ve vodě. Nemusíme ho chemicky měnit, stačí, když vytvoříme pomocnou látku, která se bude chovat podobně jako mýdlo ve vodě,“ vysvětluje Martin Hrubý.

### Polymerní radiofarmaka – naděje léčby rakoviny

Martin Hrubý se zpočátku věnoval především polymerním nosičům pro dopravu chemických léčiv. Později ale přešel k radiofarmakům, která mají >>

v kombinaci se samouspořádanými polymerními nosiči velký potenciál v léčbě nádorových onemocnění. Zaměřuje se na využití medicínsky významných radionuklidů (nestabilních nuklidů podléhajících radioaktivní přeměně) jako aktivních složek polymerních nosičových systémů.

Řeč je o kombinované radioimunitoterapii, kdy se přímo do místa nádoru dopraví tzv. imunomodulá-

tor s radioaktivní látkou. „Použije se krátkodobý radionuklid, který rychle vymře, vypálí přitom nádor a zbyde po něm jen mrtvá tkáň. Důležité ale je, že se následně nabudí imunitní systém i proti dalším nádorům a metastázám po těle,“ doplňuje Martin Hrubý. Tento postup by mohl být využitelný například pro lokální radioterapii nádoru prostaty.

## Léčba na míru

Nadějný by mohl být i výzkum zaměřený na cílenou dopravu tzv. Augerových zářičů do jádra nádorových buněk. Augerovy elektrony (pojmenované po francouzském fyzikovi Pierru Augerovi) se uvolňují při rozpadu některých radionuklidů a vyznačují se destruktivní biologickou účinností s velmi krátkým dosahem (v několika nanometrech).

Léčba spočívá v tom, že se do těla vyšle polymerní nosič s tzv. interkalátorem vybaveným Augerovým zářičem. Jakmile najde nádorovou buňku, odštípne malou molekulu interkalátoru a vmezeří do DNA nuklid, který buňku vyzářením elektronu zničí.

Doprovodným jevem je gamma záření, jež má menší biologickou účinnost, čili v léčbě prakticky nehraje roli, ale je pozorovatelné tomografickými technikami, jako je SPECT (jednofotonová emisní výpočetní tomografie) nebo PET (pozitronová emisní tomografie). A toho se dá využít při zobrazování a tedy sledování léčby „online“. Říká se tomu teranostika (propojení terapie a diagnostiky).

„Díky gamma záření je možné vidět, kde přesně v těle se léčivo nachází, a lze přerušit léčbu, pokud se ukáže, že neprobíhá tak, jak má,“ vysvětluje Martin Hrubý. Jinak řečeno, léčba se dá personalizovat, ušít na míru, zatímco dnes se až se zpožděním zjišťuje, jestli léčba zabrala, nebo ne.

## Vědecký titul DSc.

Chemik Martin Hrubý je od letošního května nositelem prestižního vědeckého titulu *doctor scientiarum* (DSc.). Akademie věd ČR jej uděluje významným osobnostem, které originálními pracemi rozvíjejí bádání v určitém vědním oboru a svým přístupem motivují a inspirují studenty i veřejnost. Abstrakty disertací, na jejichž základě si ocenění odnášejí titul DSc., stejně jako další informace k udělení naleznete na webových stránkách AV ČR ([www.avcr.cz](http://www.avcr.cz)) v rubrice Akademická sféra.



„Elektronová paramagnetická rezonance nám umožňuje podívat se zevnitř na průběh radikálových procesů v samouspořádaných systémech,“ říká Martin Hrubý.





#### Mgr. Martin Hrubý, Ph.D., DSc.

Absolvoval Přírodovědeckou fakultu Univerzity Karlovy. Působí v Ústavu makromolekulární chemie AV ČR. Martin Hrubý publikoval řadu vědeckých prací a vedle odborné činnosti se věnuje popularizaci chemie zejména mezi středoškolskými studenty a učiteli.

„Princip léčby jsme v laboratoři ověřili, ale další postup už je na jiných týmech. Nutno dodat, že od vývoje slibného léčiva do prvních klinických zkoušek u pacientů může uplynout 15 i více let,“ upozorňuje vědec.

### Naděje pro pacienty s Wilsonovou chorobou

Zatím nejbližší využití v praxi jsou léky na Wilsonovu chorobu. Lidé postižení touto genetickou poruchou mají poškozený enzym transportující měď. Kov se kvůli tomu hromadí v tkáních, především v játrech a mozku, což může v důsledku vést až k jejich selhání.

Léčba navržená Martinem Hrubým spočívá v tom, že se na polymerní nosič připojí chelátor mědi (jako lapačka). Pacient by užil společně s jídlem lék, jenž by z těla vyčtyl pouze přebytečnou měď. Určité množství mědi tělo potřebuje, stejně jako jiné kovy, třeba železo. Na léčebný postup je nyní podaný patent.

Ústav makromolekulární chemie AV ČR je při vývoji polymerních

nosičů léčiv v úzkém kontaktu mimo jiné s 1. lékařskou fakultou Univerzity Karlovy, Přírodovědeckou fakultou UK, Institutem klinické a experimentální medicíny IKEM a Ústavem molekulární a translační medicíny Univerzity Palackého v Olomouci. Neopominutelnou

součástí týmu jsou také studenti a doktorandi a důležitá je rovněž mezinárodní spolupráce. Právě díky součinnosti kolegů z různých pracovišť a vědních oborů se podle Martina Hrubého mohou účinné a ke zdraví šetrnější léky dostat z chemických laboratoří až k pacientům. ■

### Martin Hrubý: Co mě přivedlo k polymerům?

„Ve škole mě bavila chemie, biologie i fyzika. Jako student jsem si vyzkoušel celou řadu věcí od glazur na keramiku, přes analýzu látek z lišejníků (kterou jsem dělal v rámci středoškolské odborné činnosti v Ústavu organické chemie a biochemie AV ČR) až po rostlinná hnojiva (původní nápad ze středoškolských let jsme po delší době dotáhli až k hnojivu, které se podle našeho patentu dokonce vyrábí). Při vysokoškolském studiu organické chemie mě zaujaly poly-

mery, nejprve jako prostředky pro odstranění kontaminantů z vody (tomu jsem se věnoval v diplomové práci) a poté polymerní nosiče léčiv (což byla moje disertační práce). Po obhájení disertace jsem se postupně dostal k polymerním samouspořádaným nosičům radiofarmak, které multidisciplinárně spojují mé hlavní odborné zájmy – chemii (organickou, polymerní a jadernou), fyziku (samouspořádání a ionizující záření) a biologii (se zaměřením na medicínská témata).“

# Od uhlí k jantaru

Uhlí, vzorky z uhelných hald či prachovnice s polétavým prachem, pryskyřice dnešní i fosilní včetně obdivovaných jantarů procházejí rukama **Martiny Havelcové z Ústavu struktury a mechaniky hornin AV ČR**. Dokáže z nich vyčíst podrobnosti o vegetaci, klimatických poměrech a nejrůznějších dějích v dobách nedávných i dávno minulých. Společným jmenovatelem všeho, co ji zajímá, jsou organické sloučeniny, často rostlinného původu.

**Stojíte v čele oddělení geochemie, které se zabývá výzkumem složení, struktury a vlastností hornin včetně uhlí a odvozených materiálů, a využíváte metody povrchové chemie, geochemie a petrologie. Co vás k této problematice přivedlo? Tíhla jste k ní už od mládí?**

Vystudovala jsem obor analytická chemie na Přírodovědecké fakultě Univerzity Karlovy a ze školy šla rovnou na mateřskou dovolenou. Se dvěma dětmi jsem byla doma 10 let. Když jsem hledala, kam bych šla pracovat, volba padla na Ústav struktury a mechaniky hornin AV ČR. Musela jsem se ale trochu přeorientovat na horniny a další materiál, doučit se nové typy vzorků a jaké přístroje na ně používat.

**Se kterými horninami pracujete nejčastěji? Specializovala jste se konkrétně na nějaký typ, nebo takřkajíc „berete všechno“?**

Zaměřujeme se na organickou geochemii, což znamená, že studujeme procesy vzniku a kumulace organické hmoty v horninách a obecně v geologických materiálech, charakterizujeme biologické zdroje a paleoprostředí, ale věnujeme se i produktům nedokonalého spalování v souvislosti se znečišťováním prostředí, stejně jako problematice oxidu uhličitého jakožto skleníkového plynu. Jsme vlastně jediné pracoviště v České republice orientované přímo na organické materiály či organické sloučeniny v horninách. Portfolio našich vzorků

je relativně velké, protože organických sloučenin může být ve zkoumaných materiálech větší množství, například v uhlí, ale mohou tam být jenom nějaké drobné organické příměsi – tak je tomu v běžných horninách, téměř všude najdete nějakou organickou příměs. O to složitější je tyto exempláře analyzovat. Jejich škála je opravdu široká. Samozřejmě pro zpracování je nejjednodušší, když organických sloučenin obsahují hodně, jsou pro mne nejsnazší. Z toho důvodu jsem také po nástupu do Ústavu struktury a mechaniky hornin AV ČR začínala s uhlím – na něm jsem se učila vzorky zpracovávat, analyzovat, vyhodnocovat.

**Zřejmě to znamená, že jste porovnávala uhlí z různých nalezišť a zjišťovala rozdíly v chemickém složení v souvislosti s prostředím, v němž uhlí vznikalo. O čem přesně vaše chemické analýzy vypovídají a odvíjí se od jejich výsledku případně také doporučení, jestli se dá dané uhlí využít jako energetická surovina či raději k jiným účelům?**

V Akademii věd provádíme základní výzkum, takže otázka využití – energetického či jiného – je spíše vedlejší krok. Primárně se zabýváme procesem vzniku: jaké pochody mohly probíhat, proč vzniklo uhlí takové, jaké ho nyní máme. Jelikož uhlí je v našich podmínkách především rostlinného původu, zásadní jsou samozřejmě prvotní rostliny, které podstatně >>





Lesklý antracit – nejvíce prouhelněné a nejvůhřevnější uhlí (Čína). Jantar – fosilní pryskyřice (Malajsie).

ovlivňují charakter uhlí, ale důležité jsou i okolní podmínky: jestli šlo o prostředí s větším nebo menším přístupem vzduchu, respektive kyslíku, jestli bylo vlhké, kyselejší nebo zásaditější. Roli hrají i teplota a tlak, potažmo klima. Analýzy ukazují, z jakého rostlinného společenství uhlí vznikalo, za jakých podmínek a s jakými vlastnostmi.

**■ Dnes už, jak vyplývá z vašich slov, zpracováváte daleko širší spektrum materiálů – pokud vím, nyní se více zaměřujete na fosilní dřevo a fosilní pryskyřice. Proč?**

Jednou z příčin je, že obsahují organické složky úplně ze všeho nejvíc a dobře se s nimi pracuje. Fosilní pryskyřice vlastně každý zná – jsou to hlavně jantary. Už mám docela velké portfolio různých vzorků a dělám jejich rozbory. Obecně je známý jantar baltský nebo třeba z Malajsie, ale málokdo ví, že i na našem území lze najít fosilní pryskyřici typu jantar, která vznikla zde u nás. Naše naleziště sice nejsou bohatá a jantar z nich se nevyužívá pro šperkařství, jako třeba baltský, nicméně je to též pozoruhodný materiál. Vznikl ovšem z jiných rostlin a za jiných okolností.

**■ Zjišťujete tedy, jestli se jich na našem území vyskytuje více typů, na jakých podmínkách jejich vznik závisel apod.?**

Přesně tak. Pryskyřici všichni známe, asi každý si do ní někdy sedl nebo na ni sáhl a nemohl se jí zbavit – klasická „smůla“, jak se jí lidově říká. Je však mimořádně zajímavá díky tomu, že za vhodných podmínek, když je ukrytá bez přístupu vzduchu, může přetrvat miliony let. Výhodou je, že se dobře zpracovává. Nemusím ji nijak upravovat, abych zjistila její chemické složení: zajímá mě, jaké organické sloučeniny v ní dokážu identifikovat. Podobně jako v případě uhelných vzorků umím na jejich základě s větším či menším úspěchem říct, jaká rostlina –

zpravidla jehličnan, protože pryskyřice produkují hlavně jehličnany – mohla být tou původní, jaký strom danou pryskyřici, později zkamenělou do podoby jantaru, vytvořil. Naše území se samozřejmě liší, i v minulosti se odlišovalo třeba od tropických oblastí Jižní Ameriky nebo naopak severní Asie, tudíž zde bylo jiné i rostlinné společenství. Odlišné jsou proto také vlastnosti zdejší pryskyřice, respektive jantaru. Proto už jen porovnání různých jantarů z celého světa je velice zajímavé – ukazuje, jak rozdílné je složení různých pryskyřic a zastoupení biomarkerů v nich.

**■ Z jakého časového období pocházejí pryskyřice, resp. jantary, které zkoumáte?**

Nejstarším je asi 100 milionů let.

**■ Použila jste slovo biomarkery – co přesně z vašeho hlediska tento termín znamená?**

Biomarkery jsou chemické sloučeniny pocházející z rostlinného materiálu, například – jako při vzniku uhlí – z těl pradávných rostlin. Rostlina odumře, zapadne do bažiny, a pokud k ní nemá přístup kyslík, nedochází k jejímu klasickému rozkladu. Dopadají na ni další a další zbytky rostlin a vzniká vrstva, která

je zatlačována stále níž a níž. Z ní posléze vzniká nejprve rašelina, poté hnědé uhlí, pak černé a antracitové uhlí. V průběhu tohoto procesu se chemické sloučeniny, jež tvořily původní rostlinu, sice přeměňují, ale jejich struktura zůstává do určité míry zachována. A tyto fosilní molekuly jsou právě oněmi biomarkery, které svými rozbory zjišťujeme. V klasických případech jde o uhlovodíky, například alkaný, terpenoidy či steroidní látky

apod. Na základě jejich zastoupení dokážeme stanovit výskyt jehličnanů nebo listnatých stromů, přibližně jakých druhů, zda byly přítomné vodní rostliny či v mořském prostředí řasy, jestli se na rozkladu rostlinné hmoty podílely bakterie. Stadium rozkladu a přeměna původní rostliny také prozradí, jak dlouho pobývala v daném prostředí a nakolik je přeměněná, jinými slovy kdy k rozkladu došlo.

**■ Mohou vaše poznatky týkající se jantaru pomoci upřesnit nějaké vývojové řady rostlin, jsou získaná data zajímavá pro výzkum pradávých epoch apod.?**

Jantar je mimořádný fenomén proto, že si dokázal za určitých podmínek udržet jakýsi „otisk prstu“ dávno minulého prostředí. Význam má ovšem pro paleontology i paleoarcheology, protože pryskyřice se historicky používaly nejen ve šperkařství, ale nacházejí se i v Egyptě u mumii jako konzervační látky. Naše analýzy mohou být určující pro definování, jaké pryskyřice nebo jiné materiály se k těmto účelům použily.

**■ Jantarů máte spoustu, většinou maličké kousíčky, je mezi nimi jeden úplně černý... Laik by v nich často jantar ani nepoznal. Jak dlouho se jimi zabýváte?**

„Mé nejstarší vzorky jantaru jsou staré 100 milionů let.“

–Martina Havelcová–

Zhruba pět let, možná o něco déle. Začalo to spoluprací se Severočeskými doly. Jednou mi přinesli vzoreček materiálu, protože chtěli zjistit, jestli jde o fosilní pryskyřici. Pak už se to nabalovalo – dostávala jsem vzorky z úplně jiných lokalit. Jantar navíc nemusí v hornině tvořit nějakou pecičku, ale může v ní být rozlitý, jak do ní pryskyřice natekla, přikryla se dalšími vrstvami sedimentů a zůstala tam zakonzervovaná. Začalo to tedy nenápadně, ale zjistila jsem, že jde o téma ohromně zajímavé, a dnes už jsem opravdu sběratelka.

### ■ Překvapilo vás něco při jejich analýzách – a budete v nich pokračovat?

Podali jsme nějaké projekty související s jantary a čekáme, jestli vyjdou. Nezaměřují se přímo na analýzy jantarů, ale navazují na naše výsledky. Při výzkumu vzorků z jedné oblasti jsme totiž zjistili odlišnosti nikoli v chemickém složení, ale v poměru identifikovaných sloučenin. Mne tenkrát napadla otázka, jestli rostoucí jehličnan produkuje po celý svůj život stejnou pryskyřici se stále stejným složením, nebo zda je jiná na jaře a na podzim, když je malý a když vyrostl. Navázali jsme proto spolupráci s Botanickým ústavem AV ČR v Průhonicích a domluvili se, že si u nich můžeme brát pryskyřici z vybraných stromů – takže vždy na jaře, v létě a na podzim odebíráme pryskyřice, což znamená nikoli pradávne, zkamenělé, ale soudobé. Analyzujeme je a hledáme případné rozdíly: jestli jsou zastoupeny stejné sloučeniny a zda se mění, nebo nemění jejich koncentrace.

### ■ Čemu jinému kromě jantarů se věnujete?

Do odborného časopisu jsem právě například poslala článek o půdách v Krkonoších. Analyzovali jsme vzorky odebrané z oblasti bývalého „černého trojúhelníku“ s cílem určit, jak

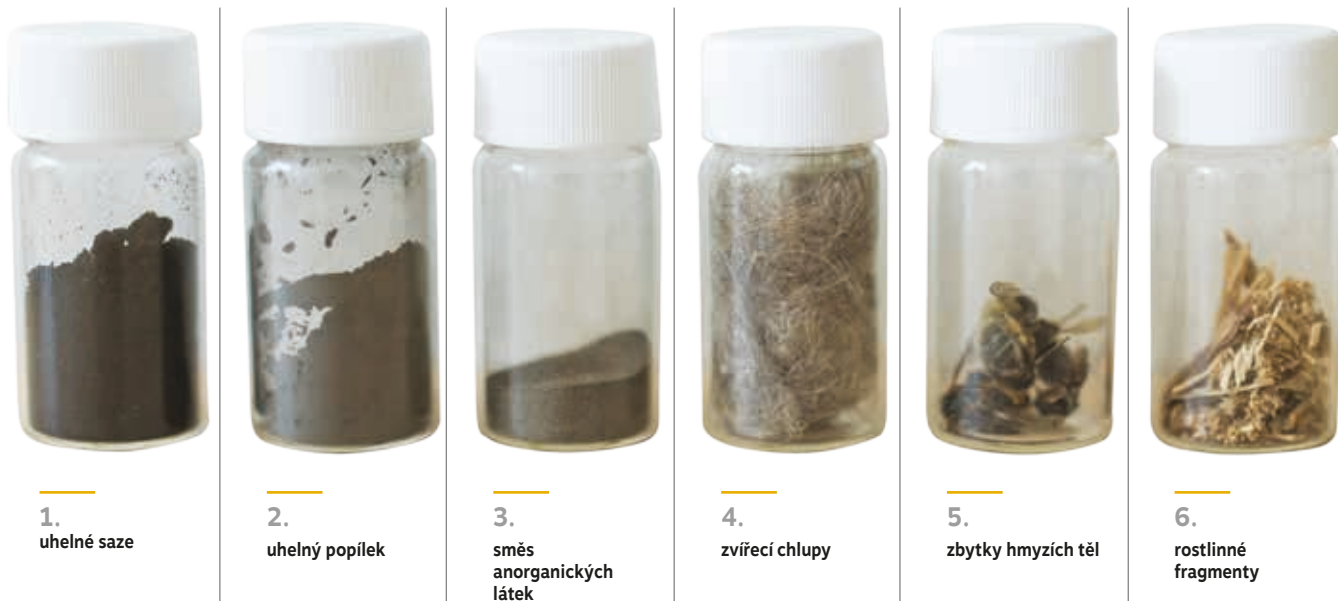
se znečištění ovzduší v osmdesátých letech minulého století projevilo na složení krkonošské půdy. Z pohledu organické chemie – protože půdu samu tvoří z velké části rostlinné zbytky – jsme se zaměřili na rostlinné lipidy, což jsou mastné kyseliny, resp. sloučeniny příbuzné mastným kyselinám. Sledovali jsme, jak jsou v půdě uchované a jak se v ní přeměňují. Právě rychlost přeměny a podmínky v půdě naznačují intenzitu znečištění, protože nefungují procesy, které by fungovat měly, rozklad probíhá jinak a výsledkem je i odlišné složení půdy. Teď chceme na stejnou lokalitu zajet znovu a podívat se, zda se něco změnilo po útlumu emisí skleníkových plynů na konci minulého století.

### ■ Vaše práce se z velké části točí kolem určování organických látek v nejrůznějších vzorcích. Jak dlouho průměrně trvá, než se připraví k rozboru?

Ze vzorků je potřeba extrahovat organické sloučeniny – extrakce je něco jako louhování čaje, pouze nepoužijete vodu, ale organické rozpouštědlo. Když je organických sloučenin ve vzorku hodně, stačí použít ultrazvuk. Pokud je v něm ale organické části málo, používáme extraktor, kde rozpouštědlo cirkuluje přes vorek třeba osm hodin, vše se ještě zahřívá – a to se opakuje třeba i několikrát, abychom získali potřebnou koncentraci. Může jít i o několikadenní proces. V případě složitější matrice nebo přílišné koncentrace extrahovaných látek ještě extrakt různě dělíme na více komponent a ty pak jednotlivě analyzujeme.

### ■ Škála projektů, které řeší vaše oddělení, je ale daleko širší, než jsme zatím zmínili, a má několik směrů. Namátkou uvedu z vašich webových stránek studium sorpčního chování CO<sub>2</sub> za superkritických podmínek při jeho ukládání

## Prašný spad ovlivňují místní zdroje a může obsahovat:



do uhelné hmoty v závislosti na jejím složení. Dále třeba výzkum anorganické a organické hmoty břidlic a jejich potenciální plynosnosti, vztah mezi pórovitostí a distribucí pórů a fyzikálními vlastnostmi sedimentárních hornin, zejména pískovců, kdy pórový prostor významně ovlivňuje mechanické a fyzikální vlastnosti i odolnost vůči zvětrávání. Předmětem bádání je rovněž uhlí jako sediment, palivo a perspektivní surovina, stejně jako jezerní sedimenty, které jsou spolu s uhelnými usazeninami citlivými indikátory změn prostředí, klimatu, vegetace, eroze a tektoniky. Zkoumáte i zvětrávání sedimentárních hornin a jejich mineralogii atd. Které směry jsou podle vašeho názoru stěžejní nebo vám nejbližší?

Například letos končí projekt, který se věnuje vyhořelým uhelným haldám. Analyzujeme odebrané vzorky, zjišťujeme jejich složení organické i anorganické, to znamená prvkové a minerální. Sledujeme, jaké potenciálně nebezpečné prvky, případně sloučeniny se z hald vyluhují. Jde o docela zajímavou problematiku, protože lidé si myslí, že když halda vyhoří, už se v ní nic neděje. Není to ale pravda, protože právě prostřednictvím vyluhování a procesů, které probíhají uvnitř a nejsou vidět, haldy dál ovlivňují prostředí v celém svém okolí. Také jsme zapojeni do Strategie AV21 a v rámci výzkumného programu *Přírodní brozby* zpracováváme téma prachu a prachových částic. Ve spolupráci s Geologickým ústavem AV ČR vytváříme databázi prachových částic, která bude veřejně přístupná a v níž si kdokoli bude moci na základě času nebo polohy vyhledat, kde všude se jaká prachová částice určitého prvku nebo minerálu vyskytuje a vyskytovala.

**■ Čili zjistím, jaký prach na mne padá kupříkladu v centru Prahy?**

Třeba. Samozřejmě už máme nějaké vzorky prachu odebrané a budeme je dál sbírat, analyzovat a doplňovat. Takže si snadno můžete zjistit, jaký prach na vás padá třeba v pražských Vršovcích. Budou tam ovšem vzorky z celého světa, protože zejména experti z Geologického ústavu AV ČR hodně cestují a přinášejí stále nové.

**■ Na polici máte velkou sklenici plnou nevzhledných, tmavě šedých chuchvalců čehosi... I to je prach z vašich projektů? A co obsahuje?**



Ano. Dostala jsem se do vnitřních částí katedrály sv. Víta, na horní ochozy, kam nikdo běžně nechodí. Byla tam spousta prachu, nedokážu odhadnout, jak dlouho tam ležel, ale byly ho opravdu nánosy. Z nich jsem odebrala vzorky, mám je zpracované a budou také zahrnuty do naší databáze. Z organických sloučenin jsme v nich našli polycyklické aromatické sloučeniny, které jsou obecně produktem nedokonalého spalování, takže odrážejí znečištění v Praze – v současnosti jde spíše o důsledek dopravy. Projevily se však rovněž pozůstatky lokálního spalování uhlí: lidé sice přecházejí na ekologičtější zdroje, ale v minulosti se zejména ve starých domech v centru Prahy používala kamna a topilo se uhlím a bůhví čím dalším, což se v našich rozborech také projevilo.

**■ Zhruba před třemi roky jste oznámili výsledek jiného výzkumu, který vás zavedl – v případě Ústavu struktury a mechaniky hornin poněkud nečekaně – do oblasti medicíny. Ve spolupráci s kolegy z Ústavu teoretické a aplikované mechaniky AV ČR, Vysoké školy chemicko-technologické v Praze a Fakultní nemocnice v Plzni jste zjistili, že za chorobami srdečních chlopní jsou i další faktory, o nichž se dříve nevědělo. Můžete připomenout podrobnosti této práce?**

Dostali jsme k analýze vzorek srdeční chlopně postižené aortální stenózou, což je často operovaná srdeční vada, způsobená fakticky mineralizací a zúžením aortální srdeční chlopně. Zadavatel chtěl vědět, jestli našimi metodami získáme nějaké zajímavé výsledky, což se skutečně stalo: určili jsme, že chorobné zúžení (stenóza) srdeční chlopně je způsobeno nejen usazováním vápníku, tzv. kalcifikací, jak se předpokládalo, ale i dalších prvků, např. fosforu. V usazeninách jsme objevili také cholesterol a proteiny, které se podílejí na tvorbě kostí. Získané poznatky by se mohly využít k účinnější prevenci, popřípadě i k vývoji nových metod léčby této poměrně rozšířené choroby. ■



Prach z horních ochozů (vnitřního triforia) katedrály sv. Víta v Praze

## Mgr. Martina Havelcová, Ph.D.

- Vedoucí oddělení geochemie Ústavu struktury a mechaniky hornin AV ČR
- Místopředsedkyně rady pracoviště
- Zaměřuje se na organicko-chemickou analýzu uhlí a organicky bohatých hornin, zjišťuje sorpční schopnosti nízkoenergetického uhlí a huminových látek.
- Studuje pozůstatky nedokonalého spalování fosilních paliv, biopaliv a biomasy v prostředí.
- Zkoumá složení organického materiálu s cílem zjistit sedimentační procesy a historii organického materiálu.
- Zabývá se organickými sloučeninami a procesy ve stavebních prvcích historických památek.
- Letos dokončuje projekt týkající se systému aktivního zachytu znečišťujících látek neboli polutantů srážkových vod pro normu ČSN 759010 popisující rozsah a způsoby provádění geologického průzkumu pro vsakování srážkových povrchových vod. Současně řeší též projekt zaměřený na polycyklické aromatické uhlovodíky a toxické těžké kovy v půdách z industrializovaných oblastí El-Tabbin a Shoubra El-Kheima v Egyptě.
- Je autorkou nebo spoluautorkou studií týkajících se vztahu organických materiálů a vybraných prvků v různých matricích: vlivu uranu na organické složení uhlí a jantaru; toxikologicky významných prvků a sloučenin v pevných prachových částicích, uhelných haldách a půdě; sorpce vybraných kovů na uhelné látky.
- Vystudovala Přírodovědeckou fakultu Univerzity Karlovy, obor analytická chemie, tamtéž absolvovala doktorské studium.
- V roce 1993 pobývala na Università degli Studi di Genova v Itálii.
- Je členkou České společnosti chemické a The Society for Organic Petrology.
- Významnou část její práce tvoří popularizace vlastních vědeckých výsledků i poznatků Ústavu struktury a mechaniky hornin AV ČR.

A photograph showing two men in a lake. One man, wearing a blue t-shirt and dark waders, is kneeling in the water and holding a large white net. The other man, wearing a light-colored checkered shirt and a cap, is standing and looking down at the net. The background shows a calm lake and a forested hillside under a blue sky with some clouds.

Řekni, kde ty

ryby jsou...



O migracích ptáků či suchozemských zvířat toho víme poměrně hodně. O rybách se to úplně říci nedá. Však se také o mnoho hůře pozorují. **Moderní metody už ale dorazily i pod vodní hladinu – rybám se implantují vysílačky a zaznamenává se jejich pohyb.** Čeští vědci v tomto ohledu nejen že nejsou pozadu, ale patří jim i jedno světové prvenství.



Vědci při odlovu na přehradě Římov v srpnu 2017 zkoumali druhy ryb a stavy jejich populací. Jelikož jde o vodárenskou nádrž, žádoucí jsou zejména dravé ryby.

Štika si nerušeně plave v poklidné stojaté vodě. Najednou cítí, že se nemůže pohybovat zcela svobodně. Uvázla v lovném zařízení jihočeských vědců, kteří ji vytáhnou, uloží do anestetické vodní lázně, změří, zváží a zaznamenají další hodnoty. Veterinář jí poté do břišní dutiny implantuje čip a vysílačku zhruba o velikosti malíčku. Jakmile se ryba probudí, vrací se zpět do svého prostředí. Celý proces trvá asi čtvrt hodiny. Štika se rázem vzpomene, zamrská ploutvemi a zmizí v hlubinách, aniž by tušila, že od této chvíle vědci mohou sledovat každý její pohyb. Po následujících osm měsíců bude vysílačka každých 15 sekund posílat signál, který zachytí přijímače umístěné pět metrů pod hladinou. Z nich lze zpětně dopočítat přesnou polohu ryby v nádrži. Z čidla, které je součástí vysílačky, je

navíc možné určit hloubku, v níž se sledovaná ryba pohybovala, a určit teplotu vody v daném místě.

O každé označované rybě toho ale vědci zjistí ještě více. Kromě rozměrů třeba také pohlaví (podaří-li se určit) či věk. Ten se pozná z odebrané šupiny podobně jako z letokruhů stromů, protože v zimě kvůli nedostatku potravy ryba nepřibírá na váze, zatímco v létě roste poměrně rychle, což je pod mikroskopem zpravidla patrné. Vědci zaznamenají i další údaje – kde a kdy daného jedince chytili a jakou lovnou technikou, jak dlouho byla ryba v anestezii, kde a kdy ji vypustili zpět atd. Kromě asi 90 přijímačů zachycujících data o její poloze mají vědci na několika místech ve vodní nádrži Římov nedaleko Českých Budějovic ještě instalovaná čidla, která každých pět minut měří teplotu a intenzitu světla v různých hloubkách.

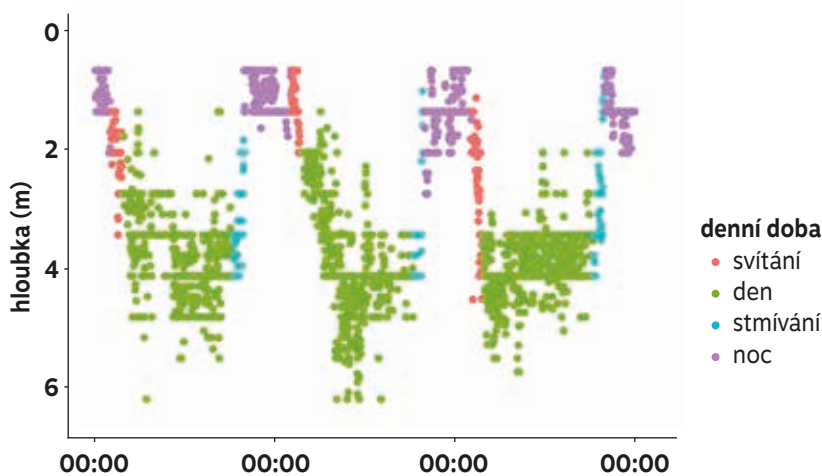


Vysílačka je na jednorázové použití. Její životnost závisí na baterii, kterou nelze vyměnit – vše je zatavené v jedné kapsli.

„Telemetrické metody se používají již desetiletí, ale telemetrické detailní pozorování pomocí takzvaného pozičního systému je poměrně nové – ani ve světě není moc týmů, které jej používají,“ vysvětluje průkopník této metody u nás Milan Říha z Hydrobiologického ústavu Biologického centra AV ČR. Na Římově s kolegy označil přes 100 jedinců šesti druhů ryb (štika, sumec, okoun, plotice, cejn, candát). I když tuto metodu používají i další pracoviště v zahraničí, čeští vědci drží v současnosti světové prvenství v počtu sledovaných druhů a jedinců. Z údajů bude možné zjistit neuvěřitelně mnoho informací. Třeba kde a jak se ryby pohybují v závislosti na intenzitě světla, teplotě, počasí nebo třeba fázi měsíčního cyklu, jestli se jejich chování liší podle druhu, pohlaví nebo věku apod. >>

## Ekologická kvalita údolních nádrží v ČR

Milan Říha se podílel také na metodice hodnocení ekologické kvality stojatých vod. Kromě eutrofizace trápí české nádrže další problém – degradace příbřežních částí a kolísání hladiny nádrže. Jelikož jsou některé velké nádrže primárně určené k výrobě elektřiny, dochází u nich k enormním odběrům vody. V závislosti na množství vody v přítocích tak může hladina vody v nádrži rychle klesat, anebo stoupat, což má silný negativní vliv na podvodní rostliny. Bez nich se mnohé ryby nemají kde ukrýt či rozmnožovat.



Graf zobrazuje hloubky výskytu jedince perlína během tří dní v červenci 2015 v jezeře Chabařovice. Přímo ukázkově je vidět vertikální migrace v závislosti na střídání dne a noci.

Na většinu z těchto otázek zatím jednoznačné odpovědi nemáme. Jen jednotlivých údajů (pozic ryb) je za dva měsíce 150 milionů. „Zpracování nasbíraných dat potrvá nejméně rok. A to budeme muset přijmout další lidi do týmu,“ říká Milan Říha, letošní laureát prestižní Prémie Otto Wichterleho, kterou Akademie věd ČR oceňuje své nejlepší vědecké pracovníky do 35 let.

## Nejdřív vylovit!

Techniky lovu ryb pro vědecké účely se stále vyvíjejí. Používají se záťahové či tralové (vlečné) sítě, třeba ve tvaru jakéhosi pytle, který nahání ryby do stále užších míst. Nebo i pasivní způsoby – sítě umístěné staticky, do nichž se ryba zamotá, když do nich narazí. Právě techniky lovu Milan Říha úspěšně zdokonalil a využil i při vědeckých pobytech v Portoriku či USA.

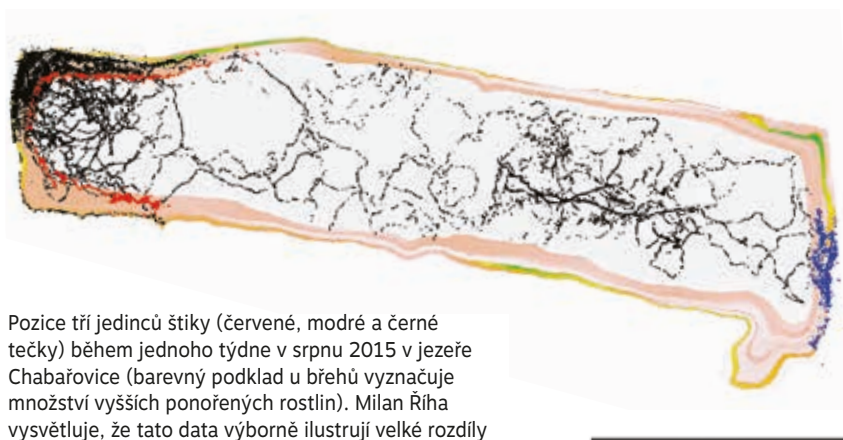
Odlov pomocí sítí se používá například pro určení velikosti populací a určení druhů ryb v nádrži. Ke stanovení jejich celkového množství lze s jistými omezeními použít i sonarový systém připevněný pod lodí, jenže ten toho o konkrétních druzích mnoho neprozradí. Stav ryb zajímají vodohospodáře, rybáře, ochranáře či vědce. Třeba při zjišťování úspěšnosti při vysazování nebo při zjišťování úbytku druhů v konkrétní lokalitě.

Na Hydrobiologický ústav Biologického centra AV ČR se kvůli počtu ryb často obrací Povodí Vltavy, státní podnik. V důsledku lidské činnosti se do vodních toků vypouští spousta látek, především fosfor a dusík z hnojiv či pracích prostředků, které způsobují tzv. eutrofizaci vody. V té je pak více živin pro řasy a sinice, které mohou negativně ovlivňovat kvalitu vody a následně třeba zamořit vodu toxickými látkami. Řasy jsou potravou pro malé organismy a ty zase pro ryby. S narůstajícím množstvím živin se tak zvyšuje i množství řas, namnoží se více zooplanktonu, a tudíž je více potravy pro ryby, jejich počet tedy také stoupá. Zejména ve vodárenských nádržích je ale lepší mít ryb co nejméně.

„Většinou se tam totiž namnoží druhy živící se zooplanktonem, který ale jako jediný pojídá přemnožené řasy,“ vysvětluje Milan Říha. Řas pak může přibývat, což je v nádržích určených jako zdroj pro úpravu na pitnou vodu problém. „Cílem povodí je tedy redukce planktonožravých ryb – třeba cejnů či plotic.“

U nás i v zahraničí se zkouší biomaniplulace, tedy potlačení nežádoucích druhů ryb – buď tím, že se vyloví, nebo nasazením jejich dravých konkurentů, které ty nechtěně požírají. Milan Říha ale upozorňuje, že vše musí jít ruku v ruce se snížením eutrofizace v přítocích, tedy zlepšením kvality přítokové vody. „Když se to neudělá, začnou fungovat kompenzační mechanismy a za čas se vše vrátí do původního stavu.“

Zjistit počet ryb a druhů v nádrži je tedy klíčové. Bohužel to není vůbec snadné. Někaké množství lze samozřejmě vylovit standardizovanou technikou a totéž porovnat se stejným výlovem kupříkladu každý rok. Stejně tak se dají porovnávat nádrže mezi sebou, třeba i s evropskými jezery, protože metody se používají stejné. Jenže dopočítat třeba počet ryb na hektar vodní plochy není jednoduché. A zde vstupují do hry ryby s vysílačkami. „Právě naším telemetrickým měřením pohybu ryb chceme mimo jiné zpřesnit údaje získávané jejich odchycem sítěmi. Při nich totiž výrazně záleží na aktivitě ryb, kterou budeme schopni určit z nasbíraných dat z vysílaček,“ upřesňuje Milan Říha.



Pozice tří jedinců štiky (červené, modré a černé tečky) během jednoho týdne v srpnu 2015 v jezeře Chabařovice (barevný podklad u břehů vyznačuje množství vyšších ponořených rostlin). Milan Říha vysvětluje, že tato data výborně ilustrují velké rozdíly mezi chováním jedinců z hlediska využívání prostoru v jezeře – někteří setrvávají prakticky na jednom místě, zatímco jiní hledají potravu, kde se dá.

## Mgr. Milan Říha, Ph.D.

Oddělení ekologie ryb  
a zooplanktonu

### Hydrobiologický ústav Biologického centra AV ČR

Účastnil se výzkumu nádrží  
a jezer v mnoha zemích, počínaje  
Českou republikou přes Rakousko,  
Holandsko, Španělsko až po  
Portoriko. Při desetiměsíčním pobytu  
v rámci Fulbrightova stipendia  
na prestižní Cornellově univerzitě  
v USA zkoumal jezero Ontario, a to  
především vliv současných změn  
ekosystému jezera na rozmístění ryb.

„Ryb je v českých vodách  
v podstatě více, než  
kdyby člověk do přírody  
nezasahoval. Především  
je v nich ale jiná obsádka,  
odlišné složení druhů,“ říká  
Milan Říha.



## Kde (a proč) se ryby pohybují

Naše republika má jen málo přírodních jezer, naprostá většina vodních ploch vznikla činností člověka – rybníky, přehradní nádrže a zatopené lomy či doly. Než se Milan Říha s kolegy přesunul na Římov, sledoval telemetrickou metodou přes 200 jedinců šesti druhů (štika, sumec, perlín, lín, okoun, plotice) ve dvou severočeských rekultivačních jezerech Most a Chabařovice. Nasbíraná data mj. ukázala zajímavý trend. Přes den se téměř všechny ryby pohybují ve větších hloubkách a na noc se přesunují do mělčích vod.

Vědci si všimli rovněž rozdílů v pohybu v závislosti na přítomnosti vodních rostlin. V Chabařovicích rostlo při začátku telemetrického pozorování hodně vyšších rostlin, zatímco v Mostě nebyly vůbec. Vědci umístili vysílačky do ryb stejných druhů, a mohli tak po sběru dat vypozorovat rozdíly mezi oběma umělými jezery. Tam, kde se (zpočátku)

nevyskytovaly vyšší rostliny, bylo teritorium ryb o poznání rozlehlejší, potřebovaly více naplavat, aby sehnaly potravu. „Měly také větší tendenci prozkoumávat hlubší teritoria, zaznamenali jsme tedy i větší vertikální pohyb,“ upřesňuje Milan Říha.

## Rybí osobnosti

Co se týče plošného pokrytí území, jihočeskí vědci zjistili, že velké dravé ryby proplouvají nádrž celou, kupříkladu sumci. Záleží ale také na velikosti dané ryby. Třeba štiky jsou známé svým kanibalismem a bez skrupulí si pochutnají i na svém menším soukmenovci. Menší (což neznamená nutně mladší) jedinci tak raději obývají jen omezenou oblast u břehu, kterou třeba vůbec neopouštějí, většina štik byla i po třech měsících pozorování stále „na svém fleku“. Ty větší ale klidně proplouvají celou nádrž.

Zkrátka ani ryby se nechovají úplně unifikovaně. Z nasbíraných dat z vysíla-

ček je patrné, že chování každého jedince je trošičku jiné. Některé ryby jsou odváženější a proplouvají i volnou vodou, která je pro malé ryby riskantnější, neboť se v ní mohou snadněji stát potravou dravců, jiné jsou méně odvážené. Jejich chování se liší, byť jsou z téže nádrže a jedné populace. Přestože tedy existují nějaké obecné vzorce platné pro daný druh, výzkum zatím prokázal, že jednotlivé individuality se mohou poměrně hodně lišit. Zjištění českobudějovických vědců potvrzují moderní téma v zoologii – stále častěji se zdůrazňuje, že mezi jedinci, ať už jde o ryby, savce nebo dokonce hmyz, se vyskytují „osobnosti“. Zobecňovat lze tedy jen velmi opatrně.

A to platí i pro naši označovanou štiky z úvodu článku. Zdá se, že jde jen o obyčejnou rybu, ale její hodnota po čtvrtročníkové anabázi prudce vzrostla. Vysílačka, kterou vědci rybám implantují, totiž stojí 13 000 korun. „Naše ryby jsou tak vlastně nejdražší ve střední Evropě,“ uzavírá Milan Říha. ■

# Filosofie jako věčně otevřená otázka

Když se řekne věda, vybaví se nám chemická laboratoř, superlaser, pokusná myš nebo badatel v bílém plášti. Často se ale zapomíná, že na počátku všech věd byla filosofie. **Jaká je její role v současnosti? O čem a jak se dnes filosofuje?**

**P**otemnělý divadelní sál se plní neformálně oděnými lidmi, někdo nese v rukou papíry, jiný na zádech batoh a na štaffích u zdi stojí vousatý muž v šortkách, který dolepuje velký transparent. Atmosféra připomíná zahájení filmového festivalu nebo organizační schůzku příznivců nějakého protestního hnutí. Ve skutečnosti právě začíná mezinárodní filosofická konference.

Pravda, konference netradiční – zaměřená na tzv. Performance Philosophy (do češtiny se někdy ne příliš přesně překládá jako performativní filosofie). Jde o tvořivé propojení filosofického myšlení s uměleckým projevem (performancí). Cílem je otevřít nové obzory pohledu na svět sblížením zdánlivě nespojitých stránek lidské existence – racionality a emotivnosti, odstupu a vnoření se do situace, diskurzivitu a tělesnosti.

Vedle běžných příspěvků sestává konference z netradičních workshopů, při nichž účastníci aktivně prožívají různé situace (podobně jako herci při improvizovaném představení). „Pokud

se lidé zapojí do problému situačně, tělesně a interakcí s druhými, zažívají ho z jiného úhlu, a formulují tak jiné myšlenky než při pouhé diskurzivní výměně názorů,“ vysvětluje smysl nezvyklých prvků konference její organizátorka Alice Koubová z oddělení současné kontinentální filosofie Filosofického ústavu AV ČR.

Filosofie obecně je nicméně podle ní stále stejná jako kdykoli dříve. Díky ochotě problematizovat, co se většinově chápe jako neproblematická danost, umožňuje zaujmout odstup od osobních, společenských i politických předpokladů, a narušit tak vládu jednoduchých zvykových pravd. Tím se uvolňuje prostor pro kritické myšlení i tvorbu přesnějších pojetí světa, adekvátních konkrétní nové situaci.

„Přístup Performance Philosophy se tuto funkci snaží plnit, a to včetně aplikace tohoto principu na filosofii samu: nabourává klíše standardního akademického provozování filosofie, čímž jí nabízí sebeodstup, který může být potenciálně tvořivý,“ dodává Alice Koubová.

## Filosofie se rodí z údivu a pochybnosti

Schopnost podívat se na domnělou samozřejmost novými očima považuje za zásadní podmínku filosofování také Kryštof Boháček z oddělení pro studium antického středověkého myšlení Filosofického ústavu AV ČR: „Filosof se na zaběhané stereotypy dívá jako na nesamozřejmé, jako na problém, který je potřeba prozkoumat, pojmenovat a přeformulovat.“ Podstatou je přitom kritické myšlení, údiv a pochybnost – klíčové je dobře se zeptat, adekvátně problém uchopit a pokusit se hledat odpovědi. To jsou základy filosofie postavené v antice a plně platné dodnes.

Je tedy smyslem filosofie nabízet odpovědi na základní otázky lidské existence? „Většina lidí si to myslí. Myslí si to i spousta filosofů. Nicméně na filosofii je to to nejméně zajímavé. Odpovědi jsou historicky i kulturně podmíněné a zastarávají, zatímco dobře položená otázka a pojmenování mají nárok na absolutní platnost,“ říká Kryštof Boháček. >>

Vzácností archivu Jana Patočky Filosofického ústavu AV ČR je index z jeho studií ve Freiburgu s podpisem jednoho z nejvýznamnějších filosofů dvacátého století Martina Heideggera, který v té době na univerzitě přednášel.

Anmeldungsbuch für stud. *Johann Patočka*  
**Sommer-Winter-Semester 1933**

Die Überschrift und Spalte 1a bis c sind vom Studierenden auszufüllen.

1a Vorlesungen u. Übungen Die Titel derselben sind vollständig einzutragen		1b Stundenzahl	1c Namen der Lehrer	Vermerk der Quoten			Anzahl der Lehrer
				Unterrichtsgelder RM. Ref.	Zuschlag für Praktika RM. Ref.	sonst. RM. Ref.	
1.	Zur Grundfrage der Philosophie	2	Heidegger	}			Kohl
2.	Zur Begriff d. Wissenschaft	2	Heidegger				
3.	Aristoteles' biol. Schriften	2	Broek				
4.	Thomas von Sutton	2	Honecker				
5.	Neuplaton. Begriffe d. Gw.	2	Cohn				
6.	Th. Hobbes u. A. Hülser	2	Stieler				
7.							
8.							
9.							
10.							

*Humboldtstiftung*

Unterrichtsgelder  
 Zuschlag für Praktika  
 Platzgelder  
 Gebühr



Filosof Kryštof Boháček je odborníkem na starořeckou filosofii. Zabývá se mimo jiné myšlením Gorgia z Leontín (asi 483–376 př. n. l.). Boháčkova kniha *Proč Gorgiás mluví* zahrnuje první český překlad spisu *O nebytí čili O fysis* včetně podrobného komentáře tohoto díla.

Otázky položené již v antice tyto náročné podmínky splňují, ačkoli jsou staré přes 2000 let. Vracet se k nim stále dokola má smysl mj. proto, že je na nich vystavěná evropská civilizace, jak ji známe v současnosti. Jan Patočka hovořil o „evropském typu existence“, který určila antická tradice obohacená o židovskou a křesťanskou zkušenost.

Laik by se mohl ptát, zda lze ještě vyzkoumat něco nového o antické filosofii. Kryštof Boháček odpovídá, že dá. Každá generace hledá a nachází jinou interpretaci ze své perspektivy, která nemusí nutně překonávat předešlou. To je rozdíl například od fyziky, chemie či jiných věd, které navazují na již vyzkoumané a novými objevy můžou popírat

*Pro filosofování je třeba vybočit z běžného schématu myšlení a zažít určitou mezní situaci.*

dřívější nedokonalou znalost. Filosofie by však podle Kryštofa Boháčka neměla zůstat pouze vědou, to by bylo příliš málo, spíše by ji nazval základní disciplínou. „Nemá být čistě profesionální, protože profesionalita je opakovatelná a standardizovatelná, zatímco filosofie si musí udržet stálý kontakt s prapočátečním zřídkem, jímž je lidská neopakovatelná individuální situace,“ dodává Kryštof Boháček.

Pro filosofování je třeba vybočit z běžného schématu myšlení a zažít určitou mezní situaci – například Sokrates své okolí neustále provokoval otázkami. Mezní situaci v malém měřítku si vyzkoušeli návštěvníci letošního Veletrhu vědy v tzv. Myslírně umístěné ve stánku Filosofického ústavu AV ČR. Zájemce dostal

sluchátka na uši a vstoupil do temného objektu velikosti telefonní budky, v němž zůstal stát, jak dlouho chtěl. Nic neviděl ani neslyšel. Počáteční nepříjemné pocity odcizení a nejistoty nahradilo soustředění na sebe a vlastní myšlenky, které si každý mohl zapsat na papír a nechat je ve stánku vyvěsit. Po třech dnech veletrhu byl stánek plný více či méně originálních vzkazů a „filosofické“ stanovisko se díky originální Myslírně stalo překvapivě jedním z nejnavštěvovanějších míst.

### Antika, logika, Bible a technika

Vzkazy Myslírny se často týkaly základních otázek lidské existence. Kdo jsme? Jaký je smysl toho, co děláme? Otázek, které nějak pojímala antická tradice, jinak středověk, osvícenství, doba moderní, postmoderní i současná. V českém prostřední má tradici právě

Účastníci Performance Philosophy workshopu se stávají aktéry v představení zkoumajícím funkce násilí a strategie jeho etického ospravedlňování. Skrze pedagogiku vtělení (s odkazem na Brechtovy didaktické hry) přítomní zjišťují, jaká filosofie stojí za politickými postoji, které mohou mít v prvním plánu mírovou dikci, ale ve vypjaté situaci fyzického ohrožení a přihlížení násilnostem se mění v ideologii síly.



studium antické filosofie, stejně jako např. rozvíjení kontinentálního myšlenkového dědictví, zejména německého a francouzského původu. Tím to ovšem zdaleka nekončí, záběr současné filosofie je pochopitelně mnohem širší. Ve Filosofickém ústavu AV ČR působí odborníci na etiku, logiku, globální konflikty, biblická studia, mediévistická studia, ale třeba i na vztahy vědy, techniky a společnosti.

Například Juraj Hvorecký z oddělení analytické filosofie se zabývá filosofií myslí. „Zajímají mě problémy trojúhelníku vědomí – emoce – intencionalita. Existují nevědomé emoce? Jsou všechny stavy myslí k něčemu zaměřeny? Naší hantýrkou řečeno ‚mají intencionalitu‘? Co znamená mít vědomí?“

Filosof se podle Juraje Hvoreckého zajímá o svět a vztahy mezi člověkem a světem v té nejobecnější rovině. „Ptáme se, co je na skutečích dobré, jak řešit spravedlivě spory, proč jsou některá

umělecká díla krásná, co znamená, že věci jsou v různých vztazích, jaké je to být racionální bytostí nebo jak reinterpretovat dějiny myšlení.“

Stejně jako kdykoli dříve se dnes filosofie táže, jestli jsou dosavadně zjištěné odpovědi odůvodněné, zpochybňuje zavedené postupy myšlení a předkládá stále nové možné odpovědi – přestože se nám mnohdy zdají těžce uchopitelné nebo příliš abstraktní. Je to ale zejména

proto, že otázky a problémy, které filosofie řeší, jsou také takové.

Filosofie je už po dlouhá staletí intelektuální aktivitou, která neustále reaguje na měnící se svět, jejíž vývoj se rozbíhá do mnoha směrů. Podstata však zůstává pořád stejná a otázky stále otevřené, ať už se dumá v athénské agoře, ve středověkém klášteře, na univerzitě či akademické půdě nebo třeba v divadelním sále.



Součástí Filosofického ústavu AV ČR je archiv Jana Patočky, jednoho z nejvýznamnějších českých filosofů. Základ archivu vznikl v roce 1977, kdy Patočkovi žáci uschovali před policií jeho rukopisy na bezpečné místo. Dnes je smyslem archivu umožnit studium Patočkova filosofického dědictví, vydávat jeho práce, shromažďovat dostupné rukopisy, obrazový materiál i sekundární literaturu. Nejstarší rukopis pochází z roku 1928, cenné jsou také originální nahrávky z bytových seminářů Jana Patočky ze sedmdesátých let.

## Filosofická kavárna

Každý první čtvrtek v měsíci se v klubu Jazz Republic (bývalý klub Golem) v rámci Odpoledne s Filosofickým ústavem AV ČR koná „Filosofická kavárna“, otevřená všem, které zajímá současné filosofické bádání. Poslední předprázdninová kavárna se věnovala vztahu mezi divadelní praxí a filosofickou reflexí a vystoupila na ní mj. Alice Koubová. V říjnu se uskuteční diskuse o interakcích arabské, židovské a křesťanské vzdělanosti ve středověku, listopadová kavárna představí současné filosofické přístupy k problému vědomí a v prosinci letošní cyklus uzavře předvánoční prezentace nových knih z nakladatelství Filosofía.

## Potraviny z mnoha úhlů

Program Strategie AV21 *Potraviny pro budoucnost* se zabývá zajištěním dostatku kvalitních potravin. Vedle poznatků genetiky a genomiky ve šlechtění zemědělských plodin, na které se zaměřují v Ústavu experimentální botaniky AV ČR a Biofyzikálním ústavu AV ČR, se výzkumný tým Ústavu živočišné fyziologie a genetiky AV ČR zabývá molekulárními technologiemi pro šlechtění hospodářských zvířat, produkci, zpracování a využití potravin živočišného původu. Vědci z Mikrobiologického ústavu AV ČR se věnují pre-

venci nemocí trávicího traktu, především vlivu lepku a probiotik na zdraví člověka a také zkoumají, jak lépe využít mikrořasy ve výživě člověka a hospodářských zvířat. Pracovníci Ústavu chemických procesů AV ČR se zaměřují na výzkum cenných látek rostlinného i živočišného původu a jejich využití a vyvíjí nové biotechnologické postupy pro zpracování přírodních materiálů a biologického odpadu. Tým Sociologického ústavu AV ČR zjišťuje, proč lidé plytvají potravinami, a přispívá k omezení zbytečných ztrát.



# Světová věda z Hané

## Jak šlechtit plodiny budoucnosti

V roce 2011 překročila světová populace sedm miliard, do roku 2050 přibudou nejméně další dvě miliardy. Dokáže naše planeta uživit rostoucí počet obyvatel? **Odověď možná ukrývá i genom pšenice, v jehož výzkumu patří vědci z Akademie věd ČR mezi světovou špičku.**



### prof. Ing. Jaroslav Doležel, DrSc.

Koordinátor programu Strategie AV21 *Potraviny pro budoucnost*. Zabývá se strukturou a evolucí genomu rostlin a vede olomoucké Centrum strukturní a funkční genomiky rostlin Ústavu experimentální botaniky AV ČR. Jeho tým patří ke světové špičce ve výzkumu dědičné informace hlavních zemědělských plodin (vedle pšenice i ječmene a žita) a také banánovníku. Podrobnější informace o programu na [www.potravinyav21.cz](http://www.potravinyav21.cz).

**P**řelomové badání olomouckých expertů z Ústavu experimentální botaniky AV ČR při čtení genetické informace pšenice, která je jednou z nejvýznamnějších obilovin, a dalších zemědělských plodin se setkala s celosvětovým ohlasem a přispívá k řešení jednoho z aktuálních problémů budoucnosti lidstva.

V situaci, kdy extrémní výkyvy počasí ohrožují výnosy klíčových plodin, je stále jasnější, že jsme postupně vyčerpali možnosti klasických postupů šlechtění. Ke změně klimatu přispívá i současná civilizace a je logické, že s řešením musí přijít zase člověk.

Neohroží některé oblasti světa dokonce hladomor? Otázka se v současnosti přímo nabízí: pokud by se totiž průměrná teplota na Zemi zvýšila, byt

*„Získáváme poznatky, které přispějí ke kvalitní výživě rostoucí světové populace v době měnícího se klimatu.“*

*–Jaroslav Doležel–*

jen o jeden stupeň Celsia, výnosy pšenice by mohly – také v závislosti na úbytku dostupné vláhy – klesnout až o 10 % a u kukuřice ještě výrazněji.

Historie potvrzuje, že obavy mohou být na místě. Podobné nebezpečí lidstvo již několikrát zažilo – naposledy docela nedávno. Populační exploze v Indii a v dalších zemích Asie, Afriky či Latinské Ameriky v šedesátých letech

minulého století vyvolala akutní nedostatek potravin a hrozící katastrofu odvrátilo až zavedení nových odrůd pšenice a rýže společně s moderní agrotechnikou včetně intenzivního hnojení. Zemědělská produkce se znásobila a otec tzv. zelené revoluce, americký agronom a šlechtitel Norman Borlaug, obdržel v roce 1970 Nobelovu cenu.

Norman Borlaug se od čtyřicátých let 20. století v Mexiku zabýval šlechtěním pšenice. Přispěl k vyšlechtění výnosných odrůd s kratším stonkem, které se rozšířily i do dalších rozvojových zemí. Díky nim dosáhl v Indii v roce 2000 hektarový výnos 2,9 tuny oproti 0,9 na počátku šedesátých let. Zatímco v roce 1967 spotřeboval běžný Ind potraviny s energetickou hodnotou 1875 kcal, v roce 1998 to bylo již

2466 kcal – navzdory tomu, že se za tu dobu populace v Indii prakticky zdvojnásobila!

Příliš jsme se ale nepoučili a podle hesla „problémy řešíme, až když nastanou“ neměly základní a aplikovaný výzkum v rostlinné biologii stejně jako šlechtění dostatečnou podporu. Kvůli opakovaným nebezpečím potravinových krizí se však ukazuje, že zřejmě přišla chvíle pro zelenou revoluci s pořadovým číslem dvě.

## Velká čtyřka

Pšenice i další plodiny doprovázejí člověka již 10 tisíc let, kdy se během neolitické revoluce nechaly nezávisle na různých místech světa domestikovat („ochotit“) a umožnily jednu z nejvýznamnějších změn v lidských dějinách – vznik zemědělství a velkých civilizací. Není od věci připomenout, že příčinou byly nejspíše klimatické změny (ze současného pohledu paradoxně oteplování na konci doby ledové), které pravěké lovce a sběrače donutily změnit způsob obživy. Člověk úplně nebo částečně domestikoval okolo 500 rostlin, z nichž ale jen 30 v podstatě živí lidstvo. Proces přeměny planých druhů na kulturní formy skončil kolem roku 2000 před n. l.

## GMO?

### Obavy nejsou na místě

V programu Strategie AV21 *Potraviny pro budoucnost* se vědci snaží také vyvracet mýty a polopravdy o geneticky modifikovaných organismech (GMO). Kvůli nedostatku vědecky podložených informací GMO často vzbuzují negativní emoce. Přitom se využívají více než dvě desetiletí a pěstují asi na 13 % celosvětově obdělávané půdy. U jejich zrodu stál belgický vědec Marc Van Montagu, který za své objevy získal v roce 2013 World Food Prize, obdobu Nobelovy ceny pro zemědělství. Průkopník metod genového inženýrství se loni zúčastnil konference Strategie AV21 o GMO v Olomouci. O témže tématu se letos hovořilo i na květnovém semináři v Poslanecké sněmovně Parlamentu ČR, který uspořádala Akademie věd ČR.



Nové metody, které využívají experti olomouckého pracoviště Ústavu experimentální botaniky AV ČR, mohou šlechtění nových odrůd zemědělských plodin urychlit i o několik let.

Od té doby jsme už opravdu významnou kulturní plodinu nevytvořili.

Pšenice je s rýží, kukuřicí a sójou jednou z nejdůležitějších plodin. Je základním zdrojem obživy pro třetinu lidské populace a důležitou surovinou pro výrobu pečiva, těstovin a dalších potravin. Každoročně se jí na ploše 215 milionů hektarů sklídí 700 milionů tun a každý Čech jí v podobě mouky spotřebuje okolo 100 kilogramů za rok.

I přesto, že se jí daří na rozdíl od rýže a kukuřice v nejrušnějších klimatických podmínkách, začínáme mít s jejím pěstováním problémy. V některých letech posledního desetiletí se pšenice dokonce sklídilo méně, než lidstvo spotřebovalo. V důsledku toho poklesly světové zásoby. „Zatímco v osmdesátých letech 20. století by vydržely asi čtyři měsíce, v současnosti jen něco přes dva. Pokud by trend pokračoval, mohla by větší neúroda dokonce ohrozit výživu světové populace. Aby toho nebylo málo, v roce 2050 bychom měli spotřebovat až o 80 % více potravin než na začátku století. Zvýší se počet obyvatel, kteří navíc budou chtít lepší a bohatší stravu,“ vysvětluje Jaroslav Doležel, rostlinný genetik z olomouckého pracoviště Ústavu experimentální botaniky AV ČR, který koordinuje účast sedmi pracovišť Akademie věd ČR v programu Strategie

AV21 *Potraviny pro budoucnost*. Zdejší Centrum strukturní a funkční genomiky rostlin zásadně přispělo k rozluštění genetické informace pšenice.

## Jak přečíst DNA pšenice

Z pohledu genetiky patří pšenice mezi složité organismy, a to především její nejčastěji pěstovaný druh – pšenice setá. Její genom je několikrát větší než lidský a ke vzniku nejrozšířenější plodiny na světě přispěly opakované cykly mezidruhové hybridizace a zdvojování dědičné informace. Zatímco pro většinu živočichů jsou takové změny neslučitelné se životem, rostliny jsou tolerantnější. A právě tyto procesy přispěly ke vzniku mnoha druhů rostlin. Pšenice setá vznikla křížením tří druhů trav a postupně získala šest sad chromozomů po sedmi namísto obvyklých dvou sad. Je hexaploidní, což znamená, že od každého genu má šest kopií (nikoli dvě jako člověk). Jedna kopie dědičné informace pšenice je rozdělena na 21 chromozomů a představuje ji téměř 17 miliard bází DNA (písmen dědičného kódu) – tedy pětkrát více, než má člověk, a dokonce čtyřicetkrát než rýže.

Přečíst genetickou informaci většiny rostlin není jednoduché a pro pšenici >>

to platí dvojnásob. Znalost její složité genetické výbavy je však podmínkou, abychom využili molekulární metody ve šlechtění. Olomoučtí vědci proto vypracovali metodu, která umožňuje složitou dědičnou informaci rozdělit na malé části. Každou lze zkoumat odděleně, což výzkum výrazně ulehčuje a zároveň umožňuje mezinárodní spolupráci. „Pšenice má 21 chromozomů. Když izolujeme jeden z nich, analyzujeme méně než dvacetinu celé dědičné informace a všechno zjednodušíme,“ upřesňuje Jaroslav Doležel.

Unikátní metoda z Hané se setkala s ohlasem v prestižních vědeckých časopisech *Nature* a *Science* a byla vybrána jako základ celosvětového projektu. Toho se účastní dvacítko renomovaných laboratoří, jež koordinuje Mezinárodní konsorcium pro sekvenování genomu pšenice (IWGCS).

Nová zelená revoluce by podle olomouckých vědců mohla vypadat podobně jako předchozí. Opět půjde především o šlechtění nových odrůd a zavádění inovativních zemědělských postupů. Abychom měli v roce 2050 dostatek potravin, musejí výnosy nových odrůd stoupat o 2 % ročně. Toho ale nedosáhneme bez moderních metod molekulární biologie, genomiky a biotechnologie. I přes nepřítel evropské byrokracie a části veřejnosti je ale jen otázkou času, kdy se odrůdy získané cílenými genetickými modifikacemi rozšíří ve velkém, což potvrzuje i Jan Šafář, vedoucí Aplikační laboratoře pro zemědělský výzkum Ústavu experimentální botaniky AV ČR.

## Když tradiční metody nestačí...

Zadání nedávno otevřeného pracoviště, které je v Česku první svého druhu, je nasnadě: usnadnit přenos nejnovějších výsledků výzkumu do praxe, a tím zefektivnit a urychlit šlechtění nových odrůd.

## Experti na banány

Banány nejsou jen exotické ovoce. Pro půl miliardy lidí představují škrobové odrůdy až polovinu denního příjmu kalorií. „Naše“ známé sladké banány přitom tvoří jen šestinu světové produkce. Banánovník je bohužel náchylný k chorobám. Na komerčních plantážích se proti většině z nich lze bránit chemickými postřiky, malí farmáři však na drahé přípravky nemají peníze. Řešením jsou odolnější odrůdy, které se ale dosud nepodařilo vyšlechtit. Vedle metod genového inženýrství se naděje vkládají i do křížení současných odrůd s odolnými planými druhy. Problém však je, že dobře neznáme genové bohatství banánovníku, a tedy ani to, jak jsou jednotlivé

odrůdy a klony příbuzné. K nápravě přispívají experti z olomouckého pracoviště Ústavu experimentální botaniky AV ČR, kteří se dlouhodobě zabývají studiem dědičné informace banánovníku. Jako první na světě zjistili, že jeho genom je poměrně malý, asi šestkrát menší než lidský. Čeští vědci spolupracují s laboratořemi Mezinárodního ústavu tropického zemědělství v Africe a s francouzskou organizací CIRAD, která má experimentální stanici i na ostrově Guadeloupe v Karibiku. Finančně se na výzkumech podílí i nadace Billa a Melindy Gatesových, která bojuje proti chudobě v rozvojových zemích a jejíž dary míří především do Afriky.

Více zemědělské půdy totiž v budoucnu mít nebudeme, a i za současné vysoké výnosy platíme velkými dávkami umělých hnojiv a aplikací pesticidů a herbicidů, které zatěžují životní prostředí. „Když ale vyšlechtíme odrůdu odolnou vůči padlí, nemusíme pole tak často ošetřovat fungicidem. Významně tím snížíme riziko kontaminace půdy a potravin chemikáliemi,“ vysvětluje Jan Šafář.

Jeho slova potvrzuje Jaroslav Doležel, podle něhož už stávající metody prostě nestačí. „Zatímco si velké šlechtitelské společnosti ve Francii, Německu, USA či Velké Británii zřizují vlastní laboratoře, naše firmy si to dovolit nemohou. Bez nových metod by však dříve či později přestaly být konkurenceschopné. I proto je založení aplikační laboratoře klíčové.“

Čeští šlechtitelé přitom mají často jasnou představu, s čím by potřebovali pomoci, ale chybí jim know-how a specializované pracoviště. Aplikační laboratoř může potřebné analýzy provést takříkajíc na klíč. Je špičkově vybavena a vědci mají přístup k moderním metodám jako jedni z prvních na světě.

Mezi ně patří i výběr pomocí molekulárních markerů (značek). Jde o malé úseky dědičné informace, které se na

„Více zemědělské půdy mít nebudeme a už nyní ji neúnosně zatěžujeme.“

—Jan Šafář—

potomstvo přenášejí s geny pro požadované vlastnosti. Pomocí markerů je mezi semenáčky možné identifikovat jedince s určitými vlastnostmi a ostatní vůbec na pole nevysazovat. Šlechtění pomocí markerů postupně doplní i nové techniky. Je jen otázkou času, kdy se i v Evropě začnou využívat metody genetické transformace a genové editace, jejichž výsledkem bude nová generace zemědělských plodin.

Zatímco první metoda vkládá malé úseky dědičné informace pocházející z jiného organismu, druhá může dědičnou informaci měnit v předem daném místě. „Programovatelné molekulární nůžky vyhledají v molekule DNA určité pořadí písmen genetického kódu. Dvoji-





tu šroubovici v tomto místě přeruší a při opětovném spojení obou konců nastanou malé změny v pořadí písmen kódu. Lze tak například vypnout vybraný gen,“ prozrazuje Jaroslav Doležel. Tím vše ale nekončí! Do mezery, jež vznikne přerušením molekuly DNA, lze také vložit připravený úsek DNA. Vědci tak cíleně modifikují dědičnou informaci a výsledek přitom nelze rozeznat od změn, které v přírodě nastávají samovolně.

O služby olomouckých vědců je mezi šlechtiteli a producenty potravin velký zájem. Například v Hladkých Životících využívají jejich metody při šlechtění hybridů mezi jílkem mnohokvětým a kostřavou luční, tzv. festulolií, které se používají jako krmivo. „Můžeme tak

vybírat nejvhodnější rodiče pro křížení a ověřovat, zda je získané potomstvo hybridní a jestli jej můžeme uplatnit jako novou odrůdu,“ objasňuje šlechtitel Vladimír Černocho.

Jak poznatky základního výzkumu pomáhají při pěstování konkrétní plodiny, ukazuje i určování pohlaví u malých semenáčků papáji. Do pěstování exotického ovoce se na jižní Moravě pustil farmář, který hledal způsob, jak vytřídit nežádoucí semenáčky samčího pohlaví a věnovat skleníkovou plochu samičím rostlinám, jež nesou plody. Olomoučtí vědci pro něj odvodili DNA markery, jejichž prostřednictvím jednoduše a rychle zjistí, který ze semenáčků je kluk a který holka.

Ze spolupráce, která má mimořádný potenciál, profitují i vědci. Šlechtitelé musí mít představu, co jim nové metody a postupy nabízejí. Naopak, vědci nejsou šlechtitelé, a tak se může stát, že se některé metody a techniky, jež umí lépe než kdo jiný, v praxi nevyužívají. A právě o to experti z pracovišť, která se podílejí na programu Strategie AV21 *Potraviny pro budoucnost* dlouhodobě usilují. „O našem výzkumu rádi přednášíme a články publikované v prestižních časopisech nás těší. Když ale přijedeme do některé africké země, kde využívají naše metody při šlechtění banánovníku, a už si ani nedokážou představit, že by to dělali jinak, vidíme skutečný dopad naší práce v reálném životě,“ usmívá se Jaroslav Doležel. ■

# Živý odkaz českého nobelisty

Chemické vědy | A / Věda a výzkum 3/2017



První český polarograf  
zaznamenávající proud  
XY-zapisovačem. Sériově jej  
vyráběla od roku 1960 firma  
Laboratorní přístroje.

Každý den vznikají v laboratořích po celém světě nové chemické sloučeniny. Nadějně látky pro budoucí léky, barviva nebo třeba solární články ale nejprve musejí chemici prozkoumat a popsat jejich vlastnosti. Bez toho by nešel udělat další výzkumný krok, natož dosáhnout bezpečného a účinného použití v praxi. **Ke zjišťování základních chemických vlastností se používá i princip, který vznikl v geniální mysli Jaroslava Heyrovského před bezmála 100 lety v Praze.**

Jaroslav Heyrovský je společně s Antonínem Holým a Otto Wichterlem jedním z nejvýznamnějších vědců moderní české historie. Jeho jméno nesou ulice a náměstí, ale i kráter na Měsíci, planetka a dokonce minerál (pravda, s trochu krkolomným názvem „Heyrovskýit“). Co po něm naopak pojmenované není, je jím vyvinutá metoda používaná k přesnému stanovení, co a v jakém množství se v určitém vzorku nachází. Molekulární elektrochemici ji dodnes znají jako polarografii. Nakolik se tato ve své době pokroková metoda používá? Říká ještě něco životní příběh našeho jediného nositele Nobelovy ceny za vědu současné mladé generaci?

Povědomí o Jaroslavu Heyrovském 50 let po jeho smrti neodpovídá podle Květoslavy Stejskalové z Ústavu fyzikální chemie J. Heyrovského AV ČR jeho významu. „Polarografie je ve své původní podobě sice za zenitem, ale to neznamená, že o Heyrovském a o jeho významu pro současnou vědu přestane mluvit. Jeho nápad byl jedinečný a zastínil ostatní tehdy používané principy. S jeho metodou pracovala spousta oborů a nutno dodat, že na výrobě a prodeji polarografů zbohatly mnohé firmy včetně tehdejších československých.“

## Zpráva budoucím generacím

U příležitosti 50 let od udělení Nobelovy ceny připravila v roce 2009 Květoslava Stejskalová se dvěma Heyrovského pokračovateli – jeho synem Michaelem a Robertem Kalvodou – výstavu Příběh kapky. Původně byly v plánu jen tři expozice, zájem ale předčil očekávání a výstava putuje po Česku dodnes. Na podzim se otevře již 25. pokračování, tentokrát

v Hradci Králové. „Vždy si kladu otázku, co může říct jeho příběh mladé generaci,“ zamýšlí se Květoslava Stejskalová. Přispívá do knih, článků, přednáší a učí i nejmenší děti – a právě u mladých je podle ní třeba začít. „Jaroslav Heyrovský měl vlastnosti cílevědomého dítěte, které chce něco dokázat ne proto, že za to jednou dostane Nobelovu cenu, ale že ho to baví. A to se dnes musí v dětech horko těžko probouzet a pěstovat.“

Nejde ale jen o děti a skutečnost, že je rozptylují nové podněty na každém rohu a každý den jiné. To je součástí doby. Jde ale také o přístup rodičů. Jaroslav Heyrovský se narodil v roce 1890. Jeho otec byl vysokoškolský profesor a jeden rok rektor Univerzity Karlovy.

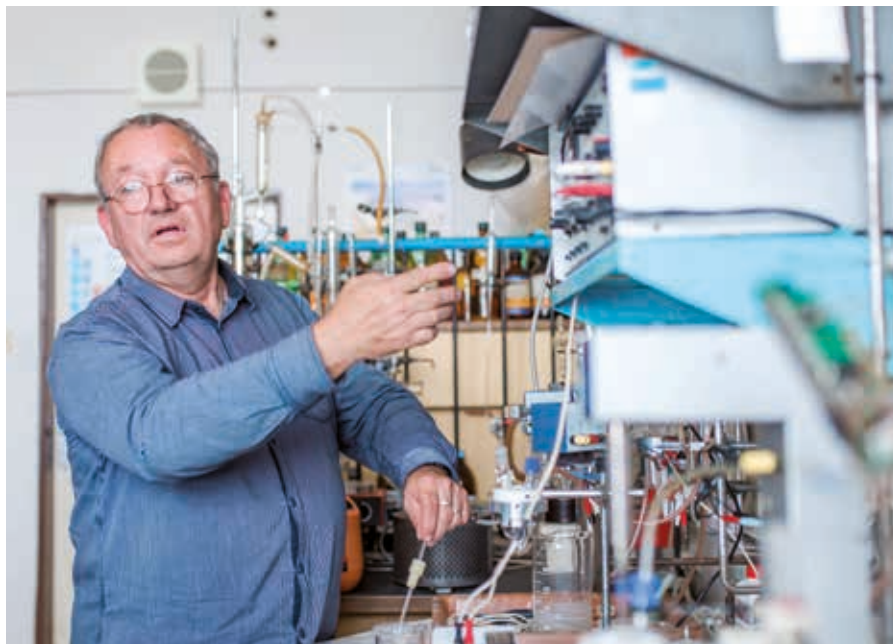
Možná by někdo čekal upjatou rodinnou atmosféru, opak je ale pravdou. „Rodiče Jaroslava Heyrovského své děti v jejich zájmech podporovali, bavili se s nimi. A to i tehdy, když kluci zaměřili při svých pokusech staroměstský dům s řadou dalších nájemníků salmiakem. Jindy jim otec přinesl vyřazený rentgenový přístroj a bratři si jej nečekaně opravili a začali rentgenovat,“ vypráví s úsměvem Květoslava Stejskalová.

Životní příběh Jaroslava Heyrovského je kromě jiného také o zodpovědnosti. Jako mladík chtěl studovat fyzikální chemii, jenže ta se tu v jeho době nevyučovala, a tak připadalo v úvahu jen studium v zahraničí nebo změna oboru. Heyrovský se s podporou rodiny



V laboratoři Jiřího Ludvíka z Ústavu fyzikální chemie J. Heyrovského AV ČR sáhnou vědci po polarografu asi ve třetině případů. Používají samozřejmě i současnou digitální elektrochemickou instrumentaci, ale polarografie má v jejich práci stále své uplatnění.





### prof. RNDr. Jiří Ludvík, CSc.

Působí v oddělení molekulární elektrochemie Ústavu fyzikální chemie J. Heyrovského AV ČR. Jeho práce v odborných časopisech mají přes 1800 citací, h-index 24. Věnuje se rovněž výuce mladé generace a popularizaci.

proudu lze zpřesňovat či zrychlovat, nicméně základ je stále stejný.“

Polarografie byla první zcela automatická a na svou dobu nesmírně citlivá analytická metoda (dovolovala stanovení koncentrací v řádu  $10^{-5}$  mol·l<sup>-1</sup>). Postupem času vznikaly na jejím principu další elektrochemické metody, začaly se používat různé elektrodové materiály a moderní elektronika.

„Elektrochemické techniky přímo odvozené od polarografie – obecně nazývané voltametrické – patří i v současnosti mezi standardní metody vědeckého bádání, a to především v základním výzkumu,“ vysvětluje Jiří Ludvík, který patří k české i světové elektrochemické špičce.

### Nepřekonatelné vlastnosti rtuti

Polarografické metody mají univerzální použití – jsou relativně levné a prostorově nenáročné. Jejich velkou výhodou je, že se dají k chemické analýze použít i ve velmi stísněných podmínkách a také v terénu, což se hodí například v oblasti péče o životní prostředí (kromě elektrochemické nádoby a elektrod stačí miniaturní potenciostat, notebook a autobaterie).

Genialita tkví v použití kapky rtuti jako pracovní elektrody – katody. Práce s kapalným kovem namísto pevného drátu či plíšku je sice technicky náročnější, ale výhody jsou nenahraditelné. „Rtuť jakožto elektrodový povrch je jako jediný nekonečně ‚atomárně‘ hladký. Oproti povrchu pevného kovu – třeba platinové destičky – nemá čerstvě vytvořená rtuťová kapka na povrchu žádné příměsi, hrany, praskliny či poruchy,“ vysvětluje Jiří Ludvík. „Studovaná

rozhodl pro první možnost. Sám se naučil anglicky a vyrazil na studia. I v pozdějších letech byl pověstný svou pílí. Práce mu byla vším. Zůstával v ní do večera, chodil do ústavu i o víkendech a s oblibou říkal, že tehdy ho aspoň konečně nikdo při práci neruší.

### Pokračování velkého nápadu

Michael Heyrovský, který profesní život strávil v ústavu založeném jeho otcem, v polarografii a elektrochemii pokračoval a rozvíjel ji, zejména v oblasti biochemie a membrán. Trápilo ho, že se kvůli ne zcela opodstatněné „fobii ze rtuti“ dostala polarografie na okraj zájmu a že se o ní někteří kolegové vyjadřovali jako o překonané.

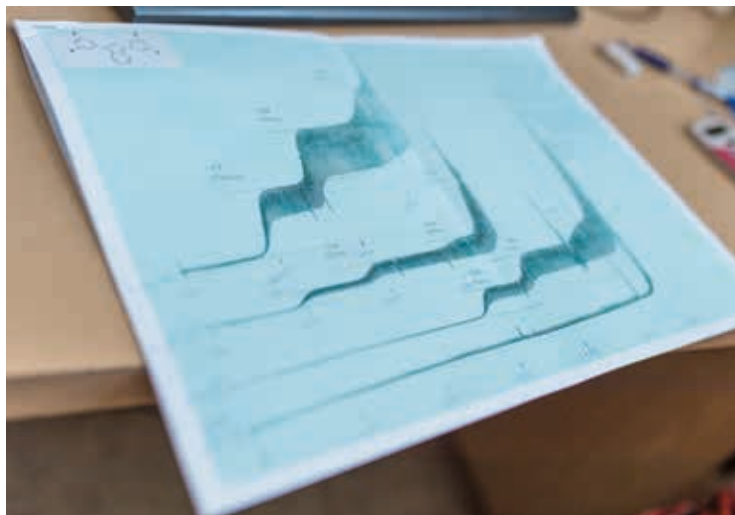
Je pravda, že největší boom zaznamenala metoda Jaroslava Heyrovského v padesátých a šedesátých letech dvacátého století. Tehdy našla uplatnění nejen v laboratořích chemického výzkumu, ale i v průmyslu – od metalurgického přes papírenský, potravinářský, textilní až po farmaceutický. Dnes průmysl upřednostňuje modernější metody, např. atomovou spektroskopii, v oblasti základního chemického výzkumu však zaujímá důležité postavení dodnes.

„Tohle je potenciostat starý 50 let, ale to, co od něj potřebujeme, udělá stejně jako nejmodernější, který stojí vedle. Princip se nezměnil,“ provádí nás Jiří Ludvík svou laboratoří v Ústavu fyzikální chemie J. Heyrovského AV ČR. „Změny vkládaného potenciálu i měření

### O co v polarografii jde?

Základní chemickou vlastností molekul či iontů je jejich redukovatelnost, resp. oxidovatelnost. Což není nic jiného než přijetí (nebo odevzdání) elektronu. Redukci (oxidaci) můžeme provést buď „klasicky“ chemicky, tedy za pomoci vhodné sloučeniny – redukčního (oxidačního) činidla –, nebo elektrochemicky, přičemž záporná elektroda elektrony do studované molekuly dodává (čímž ji redukuje) a kladná elektroda elektrony ze studované molekuly odebírá (tím se molekula oxiduje). Tento přenos elektronů mezi elektrodou a studovanými molekulami se projevuje jako proud, který lze změřit. Velikost proudu je úměrná koncentraci studované látky (kvantitativní analýza), zatímco potenciál, při kterém se látka redukuje (oxiduje) udává „snadnost“ či „ochotu“ k přijetí (odevzdání) elektronu čili redukcí (oxidací), a tím ji charakterizuje (kvalitativní analýza).





Polarograf v „klasickém“ provedení dokáže vykreslit více křivek v jediném měření, digitální přístroje by v tomto případě poskytly jako výstup čtyři různé soubory.

molekula, která se dostane ke rtuťové kapce, se tedy chová „na celém světě“ pokaždé stejně, reprodukovatelně.“

Kapka rtuti navíc neodpadává z tenké tubičky (kapiláry) náhodně, ale řízeně v pravidelných intervalech. „Vždy po několika sekundách tak máte k dispozici novou elektrodu, která si nepamatuje, co se dělo před několika sekundami na té předchozí. Kdybyste použili třeba platinový drát, už po prvních reakcích budou na elektrodě nějaké meziprodukty a vy si nemůžete být jisti, zda neovlivňují následný děj,“ dodává Jiří Ludvík.

Navíc odpadá nutnost složitého čištění, které je nezbytné u všech pevných elektrod. Rtuťovou elektrodu lze sice aplikovat pouze pro redukční děje, ale zároveň má největší potenciálový rozsah použitelnosti, proto je možné na rtuti stanovovat i kovy jako zinek, hliník, sodík, draslík či baryum nebo široké spektrum organických či organometalických látek, což jiné pracovní elektrody neumějí. „Tyto vlastnosti rtuti jsou nenahraditelné a díky nim elektrochemické studium na rtuťovém povrchu nemůže zastarat,“ zdůrazňuje Jiří Ludvík.

## Současnost polarografie

„Používáme samozřejmě i moderní elektrochemické přístroje řízené počítačem, které umožňují daleko rychlejší a citlivější měření než původní analogové ve spojení s XY-zapisovačem. Ale i ty mají

stále své výhody. Když se dělají experimenty, při nichž se postupně mění podmínky, na milimetrový papír zapisovače se vejde deset i více křivek, které lze jedním pohledem porovnat a vyhodnotit, zatímco digitální přístroj zaznamenává měření jako řadu jednotlivých, na sobě nezávislých souborů, jejichž identifikace a následné zpracování dá ve skutečnosti více práce,“ vysvětluje Ludmila Šimková z Ústavu fyzikální chemie J. Heyrovského AV ČR. S Jiřím Ludvíkem právě pracuje na chemické charakterizaci více než 20 molekul syntetizovaných v Ústavu organické chemie a biochemie AV ČR a částečně v laboratořích v USA. V rámci mezinárodní spolupráce hledají nejvhodnějšího kandidáta pro nový typ fotovoltaických článků, které by mohly zefektivnit výrobu elektřiny.

Solární panely obsahují sloučeniny citlivé na světlo – dopadající foton způsobí, že jeden z elektronů molekuly se excituje, neboli přejde na vyšší energetickou hladinu. Z této hladiny jej lze pomocí elektrody odebrat a odvést ve formě elektrického proudu. Tak fungují fotovoltaické články.

Naději na zvýšení efektivity tohoto procesu skýtá takzvané singletové štěpení. Jedním fotonem „nadopovaný“ elektron předá část své získané energie sousední molekule, tedy jinému elektronu. Oba se tak dostanou do tzv. tripletového stavu a ejhle, místo jedné excitované molekuly máme dvě. Teore-

ticky by mělo být možné oba tyto elektrony pomocí elektrody odebrat jako proud. Jinými slovy jeden foton by způsobil excitaci dvou elektronů namísto jednoho, čímž by se mohla účinnost článků významně zvýšit.

Teorie je jedna věc, praxe druhá. V laboratoři Jiřího Ludvíka tedy zkoumají, jak se která molekula chová, a údaje poslouží k rozhodnutí, zda je daná látka skutečně vhodná pro další testování, či nikoli. A nejen to. „Možná ještě důležitější je hledat odpověď na otázku, proč se některá molekula jeví jako nejslibnější, tedy jak souvisí její struktura s uvedeným dějem a jaký je mechanismus celého procesu na úrovni rozložení elektronů v jednotlivých molekulách,“ dodává Jiří Ludvík. A právě pro studium oxidoredukčních vlastností těchto nadějných látek se i po téměř sto letech používá polarografie. Což by jistě těšilo i jejího objevitele.

Koneckonců cesta k rozmachu polarografie nebyla snadná, ale Jaroslav Heyrovský měl to, co bylo k úspěchu třeba. Píli, otevřenou mysl, nebál se hledat nové cesty a neotřelá řešení, ale přitom věděl, co dělá. A samozřejmě někdy měl i štěstí. „Neměl na různých ustláno, jak se říká. Ale vždy, když se zdálo, že je ve slepé uličce, uměl si se situací poradit. A to jaký byl a jak vědu dělal, se také snažím předat dál, mladým,“ říká Květoslava Stejskalová a z jejích slov zaznívá úcta k osobnosti, kterou Jaroslav Heyrovský bezesporu byl.

## Heyrovský Discussion

Letos se konal již 50. ročník konference Heyrovský Discussion (Heyrovského diskuse), která vznikla těsně po smrti českého nobelisty jako pokračování jeho přístupu k badatelství. Pořádají ji pracovníci Ústavu fyzikální chemie J. Heyrovského AV ČR tradičně na zámku v Třešti. Konference se každý rok zaměřuje na jiné elektrochemické téma, letos se věnovala molekulární elektrochemii v oboru organické a organometalické chemie. Na celkem úzce zaměřené konferenci se daří pozvat světové špičky ze všech kontinentů. „Navštívili ji ale i mnozí studenti – chceme totiž, aby se v rámci tématu setkávali lidé z různých oborů a generací,“ vysvětluje Jiří Ludvík.

Prosvícením na tomografu pomáhají rozluštit nečitelný text miniaturního olověného amuletu z 12. století, v klimatickém tunelu testují vlivy počasí na model Pražského hradu a v experimentální vápenné peci pilují ideální recepturu historického vápna. **Odborníci z Centra excellence Telč Ústavu teoretické a aplikované mechaniky AV ČR se díky špičkově vybaveným laboratořím významně podílejí na záchraně a restaurování kulturního dědictví.**

**B**ílé stěny místnosti velikosti panelákové kuchyně vypadají na první pohled úplně obyčejně. Od venkovního prostředí nás ale odděluje silná vrstva betonu a od sousedních prostor zdi obložené olovem. Nacházíme se právě v laboratoři rentgenové tomografie s pokročilou aparaturou schopnou rentgenovými paprsky prosvítit předmět, a zjistit tak detailní informace o jeho vnitřní struktuře. Ty následně napomáhají objasnit jeho původ, složení a stav poškození.

Tomografickou sestavu tvoří dva krát dva metry velký antivibrační stůl se dvěma páry zdrojů rentgenového záření a detektorů a sdíleným rotačním stolem, na který se umísťují vzorky k analýze. Počítačem ovládané posuvy umožňují rychle a velmi přesně upravit systém pro požadovanou aplikaci. Jak velkým je takové řešení přínosem, dokládá i evropský patent z roku 2016, který vědci z centra získali.

Přístroj pracuje na stejném principu jako tzv. tunel, který známe z nemocnic. „Ovšem na rozdíl od nemocničního ‚cétéčka‘, kde pacient leží nehybně a rentgenka s detektorem rotují kolem jeho těla, my otáčíme pacientem a nehybné jsou rentgenka s detektorem,“ říká nám Ivana Kumpová z Laboratoře rentgenové tomografie a tím „svým pacientem“ má na mysli zkoumaný objekt – vzorek materiálu, malbu, dřevoryt nebo sochu.

Leckdy je podle Ivany Kumpové potíží zkoumaný předmět na tomograf umístit. Laboratoř je proto vybavena mnoha přípravky a držáky vzorků různých velikostí, ale třeba i stavebnicí Merkur. Zatím nej-

větší zkoumaný obraz měl na šířku 1,2 m, nejmenší vzorek pak pouhých 0,2 mm, hranice zátěže rotačního stolku je 40 kg.

„Při rotaci se pořídí několik set až tisíc rentgenových snímků z různých úhlů, z nichž po počítačovém zpracování dostáváme 3D model objektu. Ten pak můžeme virtuálně krájet, barvit, otáčet a měřit velikosti a objemy jednotlivých vnitřních struktur, podobně jako lékaři při hledání patologií v těle pacienta,“ vysvětluje vědkyně.

Například u dřevěných předmětů se pátrá po technologii výroby – jestli jsou z jednoho kusu dřeva nebo jsou slepené, zda a kde byly ošetřeny nebo obarveny, případně v jakém místě došlo k dřívějšímu restaurátorskému zásahu. „Odborníci na dřevo jsou na základě našich vizualizací schopni určovat také druh a stáří dřeviny, někdy dokonce i oblast, odkud dřevo pochází,“ dodává Ivana Kumpová.

Pokochat se uměleckým dílem „na živo“ ale výzkumníci většinou nemůžou, pod rentgen se totiž umísťuje zpravidla zabalené v krabici, aby se nepoškodilo. Obal se snadno odstraní až z výsledného virtuálního modelu. Možnost nahlédnout nedestruktivně do útrob zkoumaného předmětu, se velmi osvědčila při zkoumání unikátního olověného amuletu ze 12. století.

### Zaklínadlo, jež mělo zůstat skryto

Běžný kolemjdoucí by nejspíš špinavému kovovému předmětu o velikosti 3,4 cm × 4,3 cm nevěnoval pozornost



Telč, pyšníci se zápisem v UNESCO, je městem vyhledávaným nejen turisty a obdivovateli památek, ale čím dál víc i odborníky na památkové vědy.

# Centrum excellence TELC



Na střechu jedné z budov vědci instalovali dřevěná prkna různého původu a barev, na nichž studují vliv přirozených klimatických podmínek na stavební materiál.



je olověný a olovo se běžně používá ke stínění rentgenového záření. Troufám si ale říct, že v současné době jsme schopni přečíst zhruba 60 procent textu. Tedy přesněji řečeno připravit text pro znalce, kteří budou latinské nápisy zkoumat dál," dodává Ivana Kumpová.

## Nebude-li pršet, nezmoknem!

Centrum excelence se nachází ve dvou nevelkých novostavbách na okraji Telče. Na první pohled se vůbec nezdá, že v jedné z nich se může skrývat výkonný klimatický tunel, který umí napodobit nevlídné povětrnostní podmínky a testovat tak jejich vliv na historická centra měst, hrady a zámky, konstrukce staveb nebo třeba nosná lana mostů.

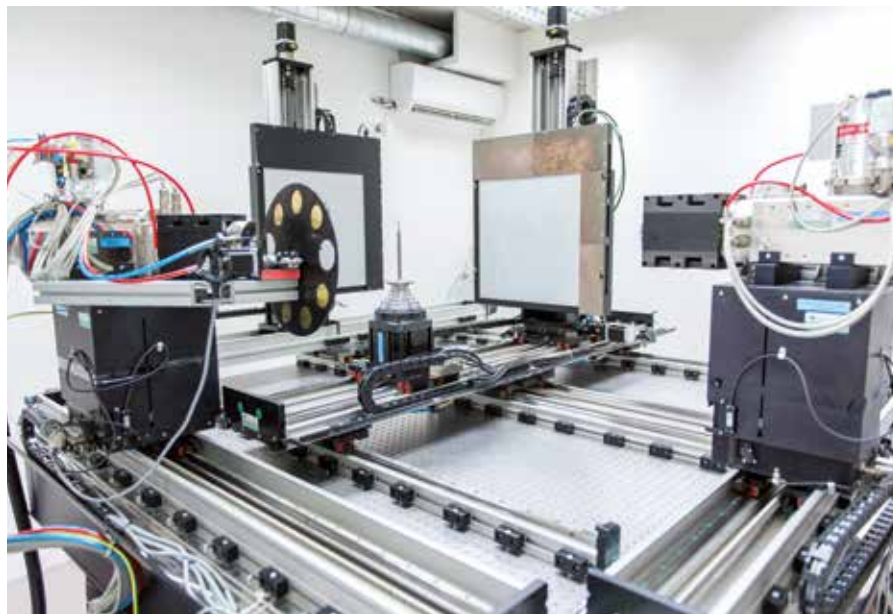
„Takovýchto klimatických tunelů v Evropě moc není. Jsme zde schopni simulovat vítr až do rychlosti 200 kilometrů v hodině, měnit teplotu vzduchu od minus 10 do plus 40 stupňů Celsia, vytvořit déšť od mženi až po silný liják. Brzy navíc plánujeme i generátor sněhu,“ říká nám přímo v útrobách tunelu ředitel Centra Jakub Novotný a nechává zapnout umělý vítr, aby nám předvedl jeho sílu.

s tím, že se patrně jedná o součástku odpadlou z nějakého zemědělského stroje. Když na něj ale v květnu 2014 na erodovaném svahu bývalého hradiště Dřevíč na Rakovnicku narazil Zdeněk Šámal (ředitel zpravodajství ČT, jinak ale nadšený archeolog) s detektorem kovů, tušil, že má v rukou něco výjimečného.

„Poté, co jsem očistil předmět od nánosů hlíny, se ukázalo, že jde o olověný plech, který někdo nepochybně záměrně poskládal do úhledného obdélníku. Vnější části olověné tabulky zničila vlhkost, kyselá půda a koroze, které musely na předmět působit přinejmenším několik set let. Ale právě zub času, který ohlodal vnější plochy svitku, odhalil to nejzajímavější: do olověného plechu někdo vyryl tajemný nápis,“ vzpomíná Zdeněk Šámal v úvodu komiksu *Prokletí: Pátrání po původu záhadného artefaktu*, který vloni vyšel knižně.

Olověný svitek s tajemným nápisem je úplně prvním, který se kdy u nás našel. Podobné amulety vědci dosud znali jen ze zahraničí, například němečtí nebo dánské experty ale v minulosti svitky za účelem přečtení rozbalili, čímž je ovšem nenávratně poškodili. Tomu se chtěli čeští archeologové vyhnout a rozhodli se zachovat nález v původní podobě i za cenu toho, že se celý text nepodaří přečíst.

Při hledání metody, která by pomohla písmo rozluštit, prošel svitek rukama několika vědců na různých pracovištích, až se dostal do Telče. A právě tamní tomograf dokázal téměř nemožné – vizualizovat nápisy na jednotlivých vrstvách složeného plechu. „Pro nás to byla a stále je obrovská výzva, protože svitek



Tomografická sestava se dvěma páry zdrojů rentgenového záření a detektorů a sdíleným rotačním stolem, na který se umísťují vzorky k analýze. Přístrojem se dají „prosvítit“, a tím do detailu prozkoumat obrazy, sochy a další artefakty.

Slyšíme pískání velkých lopatek otáčejícího se velkého ventilátoru a dodáváme, že déšť si raději jen představíme.

Před ventilátorem vidíme rámy sloužící k zavěšení zkoumaných objektů, třeba cihlových zdí nebo zmenšených modelů měst a památek. Jeden z výzkumů se týkal například mozaiky Posledního soudu chrámu svatého Víta na Pražském hradě z let 1370 a 1371. Model svatovítské katedrály v měřítku 1 : 200 zhotovila po částech 3D tiskárna převedením digitalizovaných geodetických dat. Šlo o největší měřítko modelu, který je ještě možný do klimatického tunelu umístit. Model samotné katedrály se navíc musel doplnit i o okolní budovy, aby se mohly prozkoumat všechny zvláštnosti vzdušného proudění na nádvoří.

## Není cihla jako cihla

Výsledky podobných analýz a výzkumných projektů poskytují vědecké podklady pro další základní výzkum v humanitních vědách a aplikovaný výzkum v oblasti teorie konstrukcí. Využívají se při vývoji nových materiálů a návrzích doporučení pro památkáře a restaurátory, které pak slouží k upravení metodik péče o památky.

Výzkumu historických, současných, ale i budoucích materiálů se věnují vědci z laboratoře materiálových analýz a mikroskopie, kterou nám představují Alberto Viani spolu se Zuzanou Slížkovou z Ústavu teoretické a aplikované mechaniky AV ČR. Laboratoř zahrnuje několik místností vybavených množstvím nejrůznějších přístrojů, které materiál zkoumají na makro-, mikro- i nanoúrovňích.

„Naposledy jsme zpracovávali analýzu sgrafit z padesátých let, kterou si u nás objednala Fakulta restaurování

Vápno bylo po staletí zásadním stavebním materiálem, který ovlivňoval konstrukci staveb, jejich funkci i vzhled. Dnes už se vápno tolik nepoužívá, a pokud ano, od historického vápna se liší. Odborníci z CET se v experimentální peci umístěné v Solvayových lomech u obce Bubovice snaží napodobit dřívější technologie a připravit autentické vápno pro rekonstrukci památek.



Univerzity Pardubice. Poslali nám vzorek, my jsme si připravili jeho řez a pak jsme zkoumali, z čeho se daný materiál skládá, jaké má vrstvy, jaký byl použit pigment a jaký přesně druh pojiva. Výsledkem bude zpráva s tak přesnými informacemi, aby mohli danou památku opravit za pomoci co nejpodobnějšího materiálu,“ vysvětluje Zuzana Slížková.

Alberto Viani doplňuje, že podobné analýzy se dělají i v případě historických cihel, z nichž se stavěly třeba pevnosti. „Trendem současné památkové péče

je používat co nejvěrnější materiály i původní technologie, proto je jejich analýza klíčová,“ shodují se oba vědci.

Před koncem exkurze po laboratořích vystoupáme nečekaně až na střechu jedné z budov. Na ní i té protější jsou slunci a dešti vystavené kusy dřevěných prken různého původu a barev. Vědci tak chtějí sledovat dlouhodobý vliv přirozených klimatických podmínek na stavební materiál s tím, že vzorky různých typů materiálů dokonce zakopali i pod zem v okolí budov výzkumného pracoviště.

Není náhodou, že se sídlo excelentního výzkumu památek nachází zrovna v Telči. Vždyť její historické centrum se pyšní zápisem na Seznamu světového kulturního dědictví UNESCO. Přestože v ní žije necelých 5400 obyvatel, může se Telč směle nazvat „Centrem památek“ vyhledávaným nejen turisty a obdivovateli historie, ale i předními světovými odborníky památkové vědy.

## Centrum excelence Telč

Ačkoli funguje od ledna 2014, navazuje na dlouhodobý výzkum pražského Ústavu teoretické a aplikované mechaniky AV ČR a jeho telčského detašovaného pracoviště zbudovaného v roce 1995. Telčské centrum podle ředitele Jakuba Novotného hojně využívají domácí i zahraniční vědci, studenti, doktorandi i pracovníci z praxe, zejména památkáři a restaurátoři. Je uznávanou interdisciplinární infrastrukturou výzkumu v oboru památkové vědy v mezinárodním měřítku.

# Akademie

## Akademie věd ČR spolupracuje s univerzitami na vzdělávání doktorandů

**A**kademie věd ČR a Univerzita Palackého v Olomouci podepsaly 11. srpna 2017 Dohodu o spolupráci při uskutečňování doktorských studijních programů. Jde o první dohodu s vysokou školou podle novelizovaného vysokoškolského zákona, která se týká doktorského studia, a má tak zásadní význam pro další sbližování akademické a univerzitní sféry. Dohoda přinese především jasnější vymezení pravomocí. Pracovníci AV ČR budou nově moci zasahovat do výběrového řízení a průběžného hodnocení jednotlivých doktorandů – budou mít zastoupení v tzv. oborových radách. Jména akademických školitelů se také objeví na závěrečných diplomech. Přínosem bude větší využití laboratoří a dalších prostor, které Akademie věd dosud doktorandům poskytovala bez oficiálního rámce.

„Přelomová dohoda by se měla odrazit na vyšší kvalitě doktorské práce. Význam má i v tom, že můžeme lépe motivovat nejlepší doktorandy, aby dál



Předsedkyně AV ČR  
Eva Zažímalová při  
podpisu dohody

zůstávali ve vědě. Naše zkušenost je bohužel taková, že často odcházejí do soukromého sektoru,“ uvedla při podpisu předsedkyně Akademie věd ČR

Eva Zažímalová. V budoucnu by se k dohodě mohly připojit i další univerzity, jednání se vedou například s Univerzitou Karlovou.

## Databáze Probes & Drugs

Nový webový portál vědců z Ústavu molekulární genetiky AV ČR ([www.probes-drugs.org](http://www.probes-drugs.org)) shromažďuje informace o chemických sloučeninách, které jsou jinak roztroušené v databázích po celém světě a často je lze velmi těžko dohledat. V databázi Probes & Drugs může uživatel za pár sekund nalézt souvislosti mezi sloučeninami, ke kterým se dříve dopracoval až po dlouhých hodinách. Portál tak šetří čas vědcům a díky promyšlenému uživatelskému designu se mohou v databázi rychle zorientovat i laici. V současnosti obsahuje více než 30 tisíc sloučenin a tento počet průběžně narůstá.

# emnie

## Veletrh vědy potřetí

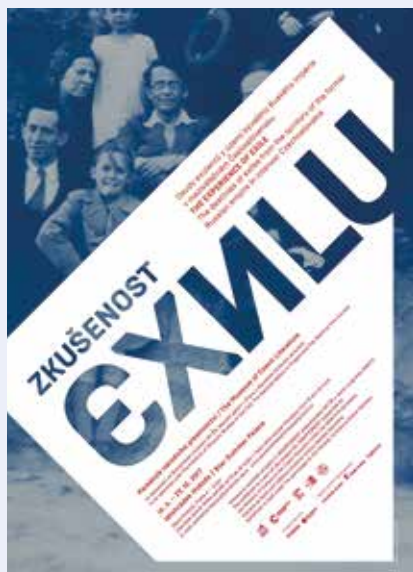
Třetí ročník třídenního Veletrhu vědy Akademie věd ČR přilákal na výstaviště PVA EXPO Praha v Letňanech 17 tisíc návštěvníků. Na největší populárně-naučné akci svého druhu v ČR se lidé mohli seznámit s prací badatelů, vyzkoušet si vědecké experimenty a zeptat se odborníků na detaily výzkumů. Na veletrhu, jehož cílem je zvýšit zájem o vědu a výzkum, se představilo 80 vystavovatelů – kromě akademických pracovišť AV ČR se zapojily také univerzity, firmy a science centra. Doprovodný program nabídl panelové diskuse s českými vědci, jimiž provázal Václav Moravec, zónu pro pedagogy a promítání filmů s vědeckou tematikou. Novinkou byly MayDay Career Days, které seznámily zájemce s pracovním uplatněním ve vědecko-výzkumné sféře v ČR i zahraničí, multimediální show Vesmír s Pavlem Liškou a Pavlem Suchanem, koutek veselé vědy pro děti a možnost vyzkoušet si virtuální realitu.



## Otevírá se Centrum preklinického testování potenciálních léčiv



Centrum preklinického testování potenciálních léčiv (CPT), které získalo v lednu 2017 certifikát správné laboratorní praxe, zahájilo za podpory Akademie věd ČR svou činnost. Jeho vznik vychází z programu Preklinické testování potenciálních léčiv, který je součástí Strategie AV21. Centrum se orientuje na preklinické testování látek, které uspěly ve vyhledávacím výzkumu s cílem přispět k vývoji nových léků pro léčbu závažných, život ohrožujících onemocnění. Nabízí komplexní služby se zaměřením na testy toxicity včetně studií v režimu správné laboratorní praxe. Využívá infrastrukturu a odborné znalosti několika pracovišť AV ČR – koordinaci CPT zajišťuje Fyziologický ústav, na testování se dále podílejí Ústav molekulární genetiky, Ústav živočišné fyziologie a genetiky a Biotechnologický ústav. Své služby nabízí centrum zájemcům z akademické i komerční sféry. Více na webových stránkách [www.prekliniky.cz](http://www.prekliniky.cz).



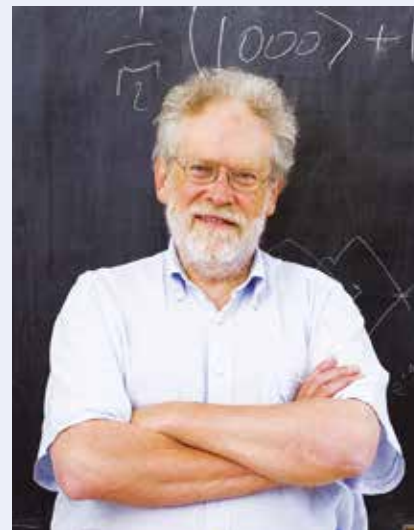
## Výstava Zkušenost exilu v letohrádku Hvězda

Slovanský ústav AV ČR, Památník národního písemnictví, Národní galerie v Praze a Národní filmový archiv připravily výstavu Zkušenost exilu, s podtitulem Osudy exulantů z území bývalého ruského impéria v meziválečném Československu. Výstava přibližuje osudy lidí prchajících v reakci na revoluční události a občanskou válku v Rusku. Díky podpoře tehdejší československé vlády se vedle Berlína, Mnichova a Paříže stala Praha jedním z významných center první emigrační vlny z východu. V několika tematických okruzích mohou návštěvníci sledovat příběhy nejen jednotlivých představitelů vědeckého, uměleckého, literárního a intelektuálního života komunity, ale také vznik a činnost četných emigrantských organizací, sdružení a spolků na našem území. Snahou autorů je zachytit širokou škálu působnosti meziválečného exilu, jeho bohaté umělecké, odborné a organizační aktivity. Výstava v Královském letohrádku Hvězda potrvá do 29. října 2017.

## Hranice kvantové a mezoskopické termodynamiky

Konference Frontiers of Quantum and Mesoscopic Thermodynamics 2017 je již šestá v řadě setkání, na něž každým druhým rokem přijíždí do Prahy na 200 účastníků z celého světa, aby si vyměnili poznatky o světě, který svou složitostí a podivností nepřestává probouzet fantazii odborníků a neoborníkům je prakticky nedostupný. Vždyť kvantové objekty, obvykle elementární částice, mohou být navzájem provázané a vzájemně se ovlivňovat na jakoukoli vzdálenost, mohou být propojené nejen v prostoru, ale i v čase, částice se může vyskytovat současně v několika rozdílných stavech a na různých místech.

Setkání uspořádal 9.–15. července 2017 Fyzikální ústav AV ČR ve spolupráci s Výborem pro vzdělávání, vědu, kulturu, lidská práva a petice Senátu Parlamentu ČR. Na programu byla témata jako základy kvantové fyziky a kvantové termodynamiky, kvantové simulace či teleportace, mezoskopické, nanoelektromechanické a nanooptické systémy, molekulární motory a kvantová biologie, ale také supravodivost a supratekutost, kosmologie a astrofyzika.



Součástí programu byly též dvě večerní přednášky pro účastníky i veřejnost. První pronesl renomovaný rakouský fyzik a předseda Rakouské akademie věd Anton Zeilinger, světoznámý především díky práci v oblasti kvantové teorie informace a fyzikálně-teoretických základů kvantových výpočtů. Druhou z přednášek pronesl britský fyzik, profesor sir John Pendry z londýnské Imperial College a nazval ji Metamateriály a věda o neviditelnosti.

## Plastelínové housenky pomohly mapovat predátory

Ekologové z Biologického centra AV ČR se zapojili do pokusu, který studoval vzájemné vazby mezi živočišnými druhy od Arktického kruhu až po jižní Austrálii. Vědci použili tisíce housenek vyrobených z dětské plastelíny, které lepili na listy stromů a nechali je vystavené útokům predátorů. Podle otisků zobáků či kusadel v plastelíně určovali četnost útoků, jak dlouho housenka vydrží i jací predátoři na ni zaútočili. Kateřina Sam z Biologického centra AV ČR instalovala housenky v Pošumaví, v tropickém pralesi Papui Nové Guinei a v eukalyptovém lese v Austrálii. Na housence v Česku si chtělo pochutnat stejně ptáků jako mravenců, ale v tropech s jasnou převahou útočí dravý hmyz. Vědci vypočítali, že na rozdíl od housenky na rovníku, která má největší pravděpodobnost být napadena predátorem, housenka poblíž pólu je vystavena už jen osminovému riziku. Fascinující je, že se výsledek neprojevoval jen zrcadlený na obou stranách rovníku, ale také se změnami nadmořské výšky.





## Týden vědy a techniky AV ČR

Již 17. ročník největšího vědeckého festivalu v České republice se uskuteční ve dnech 6. až 12. listopadu 2017. Tentokrát se zaměří na potraviny budoucnosti, lasery, medicínu, nanotechnologie či umělou inteligenci. Součástí letošního ročníku bude i vědecká úniková hra, ve které budou mít hráči za úkol pomocí svého důvtipu a nápověd odemknout virtuální zámky a „uniknout“ v časovém limitu ze speciálně upravené místnosti v budově Akademie věd na Národní třídě. Plánováno je více než 300 akcí – dny otevřených dveří, přednášky, výstavy, science show a panelové diskuse. Zapojí se všechna pracoviště Akademie věd ČR. Kompletní program lze najít na webu [www.tydenvedy.cz](http://www.tydenvedy.cz). Vstup na všechny akce je bezplatný, na většinu z nich však bude potřeba rezervovat si místo.

## E.ON soutěž

Na tiskové konferenci v sídle Akademie věd ČR na Národní v Praze byly 20. června 2017 představeny nominované projekty 9. ročníku prestižní ekologické soutěže E.ON Energy Globe. Akce se zúčastnili mj. předsedkyně Akademie věd ČR Eva Zažímalová, ministr životního prostředí Richard Brabec a ministr zemědělství Marian Jurečka. Právě jejich domovské instituce poskytly soutěži záštitu, stejně jako Ministerstvo průmyslu a obchodu, Ministerstvo školství, mládeže a tělovýchovy, Úřad vlády ČR a Česká komora autorizovaných inženýrů a techniků činných ve výstavbě (ČKAIT). Do soutěže bylo přihlášeno celkem 260 projektů. Porota složená převážně z odborníků z AV ČR vybrala vždy dva nejlepší projekty zaměřené na úsporu energií a ochranu přírody v každé z kategorií – Obec, Kutil, Firma, Mládež a Stavba. Hlasovat o vítězích lze do konce září na [www.energyglobe.cz](http://www.energyglobe.cz).



# Příště

## Betlémská hvězda



Narození Ježíše Krista zvěstoval dle Matoušova evangelia zvláštní astronomický úkaz na východním nebi, dnes označovaný jako betlémská hvězda. **Cím však byla tato hvězda ve skutečnosti? Kometa, náhle vzplanuvší supernova nebo konjunkce planet?** K jakému názoru se kloní astronomové, co si myslí historici a teologové? Nemají nakonec pravdu křesťané, podle nichž je betlémská hvězda zázrakem dokazujícím narození Božího syna?



### Vydává

Středisko společných činností AV ČR, v. v. i.,  
Národní 1009/3, 110 00 Praha 1  
IČO 60457856

### Adresa redakce

Odbor akademických médií DVV SSČ,  
Národní 1009/3, 110 00 Praha 1  
tel.: 221 403 513  
e-mail: wernerova@ssc.cas.cz

### Šéfredaktor

Viktor Černochoch  
tel.: 221 403 531  
e-mail: cernoch@ssc.cas.cz

### Předsedkyně redakční rady

Markéta Pravdová  
e-mail: pravdova@kav.cas.cz

### Redakce

Leona Matušková (redaktorka)  
tel.: 221 403 247  
e-mail: matuskova@ssc.cas.cz

Jana Olivová (redaktorka)  
tel.: 221 403 408  
e-mail: olivova@ssc.cas.cz

Luděk Svoboda (redaktor)  
tel.: 221 403 375  
e-mail: svobodaludek@ssc.cas.cz

Pavčina Jáchimová (fotografka)  
tel.: 221 403 332  
e-mail: jachimova@ssc.cas.cz

Markéta Wernerová (produkční)  
tel.: 221 403 513  
e-mail: wernerova@ssc.cas.cz

Irena Vítková (korektorka)  
tel.: 221 403 289  
e-mail: vitkova@ssc.cas.cz

### Grafika

Karol L' Huillier (grafické zpracování)  
Martin Hirth (originální návrh)

### Tisk

Serifa, s. r. o., Praha

### Distribuce

SEND Předplatné, spol. s r. o.

Číslo 3/2017, vychází čtvrtletně, ročník 1

**Vyšlo 13. září 2017**

ISSN 2533-784X

Cena: zdarma

Evidenční číslo MK ČR E 22759

Jakékoli šíření části či celku v libovolné podobě je bez písemného souhlasu vydavatele výslovně zakázáno. Nevyžádané materiály se nevracejí.

Za obsah inzerce redakce neodpovídá.

Změny vyhrazeny.



# Hlasujte pro vítěze E.ON Energy Globe 2017

[energyglobe.cz](http://energyglobe.cz)





Akademie věd  
České republiky

# A VĚDA A VÝZKUM

biologie	humanitní vědy	medicína	chemie
společenské vědy	fyzika	ekologie	matematika
historie	filologie	informatika	vědy o Zemi
aplikovaná fyzika			



[www.avcr.cz](http://www.avcr.cz)



[https://cs-cz.facebook.com/  
akademieved/](https://cs-cz.facebook.com/akademieved/)



[https://www.instagram.com/  
akademievedcr/](https://www.instagram.com/akademievedcr/)



[https://twitter.com/  
akademie\\_ved\\_cr](https://twitter.com/akademie_ved_cr)