A VĚDA A VÝZKUM

Akademie věd České republiky

magazín AV ČR | 4/2017

Betlémská hvězda

Astronomický úkaz, nebo metafora?

Rostliny jako čističky toxické půdy

Jak vznikal nový občanský zákoník

Levná energie z termojaderné fúze

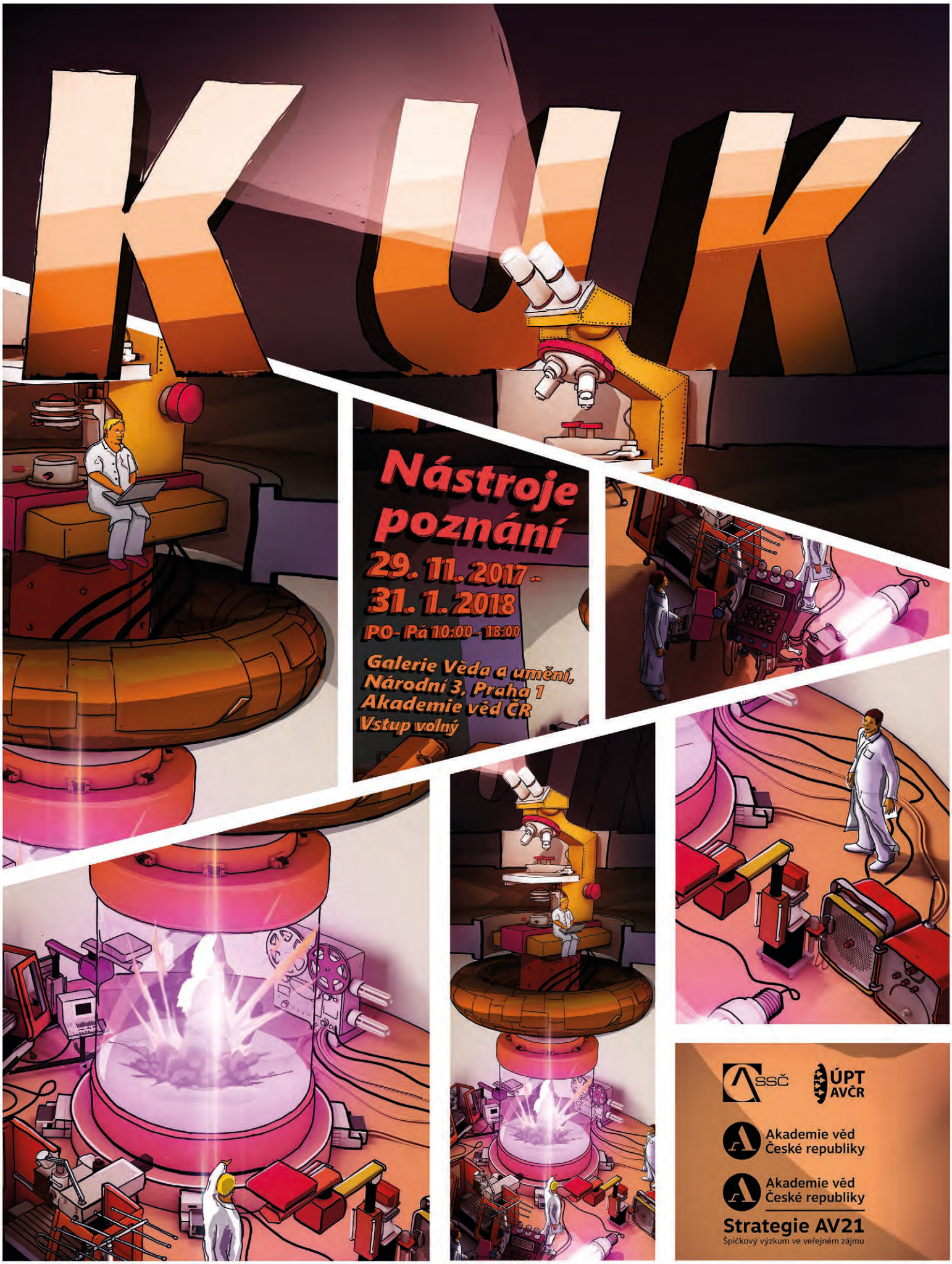

KUK
Nástroje poznání
29. 11. 2017 - 31. 1. 2018
PO - Pá 10:00 - 18:00
Galerie Věda a umění, Národní 3, Praha 1
Akademie věd ČR
Vstup volný
SSČ
ÚPT AVČR
Akademie věd České republiky
Akademie věd České republiky
Strategie AV21
Špičkový výzkum ve veřejném zájmu

Foto: Vojtěch Vlk

Editorial

Vážení čtenáři,

tématem „Áčka“ je betlémská hvězda, za níž se před více než 2000 lety vydali tři mudrci z východu, aby se poklonili novorozenému králi Židů. Hvězda, která se údajně objevila na východě, se pohybovala před nimi. Tolik Matoušovo evangelium… Vyvstává otázka, jak mudrcové z východu, kteří cestovali na západ do Judeje, mohli následovat hvězdu, kterou by podle všeho museli mít v zádech.

Ačkoli si v době vánoční tento příběh odedávna připomínáme, více než pouhá vzpomínka se nabízí i poučení a snaha pochopit poselství „mysteriózní hvězdy“. Porozumíme-li navíc, čím žili a čemu věřili lidé tehdejšího světa, v jasném světle se vyjeví i okolnosti, které na úsvitu prvního milénia učinily z betlémské hvězdy událost světodějného významu – a to i přesto, že z pohledu současné astronomie nebyl biblický úkaz jev jedinečný ani mimořádný, ale pravidelně se opakuje.

Pro pochopení významu a smyslu betlémské hvězdy je tak rozhodující dějinný a kulturní kontext příběhu o třech mudrcích. Na prvním místě jde o střet řecko-římské kultury a judaismu. Právě z tohoto konfliktu se zrodila naděje Židů na příchod Mesiáše, který by je osvobodil od římské nadvlády. Významný fenomén představuje také stoická filozofie, k níž se hlásili mnozí vzdělaní a vlivní muži této mimořádné doby. Nesmíme opomenout ani pokrok v matematické astronomii, který vedl k rozmachu astrologie – byla to právě znalost matematických metod a postupů, jež biblickým mudrcům umožnila předpovědět královskou konstelaci planet ohlašující narození vladaře v Judeji.

Příběh tří mudrců tak mj. ukazuje, že ačkoli se civilizace proměňují, jejich tvůrci si vždy nesou svou naději. Přála bych si, aby i nám příběh betlémské hvězdy přinášel naději na dobrý život v letech příštích.

Eva Zažímalová
předsedkyně Akademie věd ČR

Obsah

Editorial 3

Obsah 4–5

V obraze

Knihovna T. G. Masaryka se otevírá veřejnosti 6–7

Ze světa

Nobelovy ceny 2017 8–13

Téma

Byla, nebyla jedna betlémská hvězda... 14–20

Rozhovor

Pro lepší porozumění obrazu (Jan Flusser) 22–25

Hrátky mezi molekulami (Michal Fárník) 26–29

Jak fungují mikroorganismy v přírodě (Petr Baldrian) 30–33

Humanitní a společenské vědy

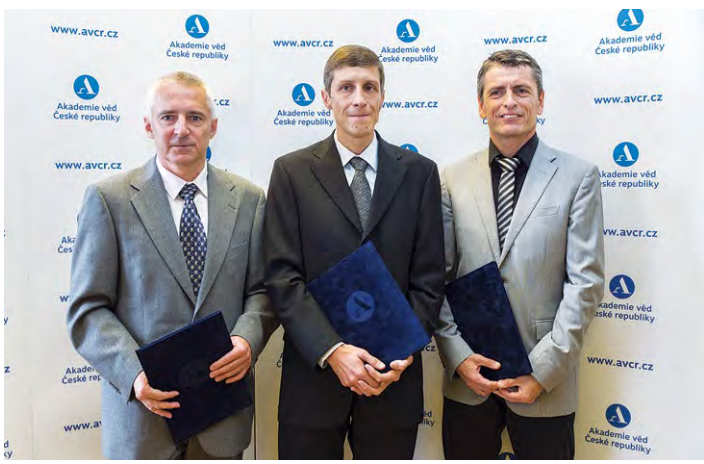
Velká neznámá Praha 34–37

Astronomie, fyzika a matematika

Příroda je bohatší než naše představivost 38–45

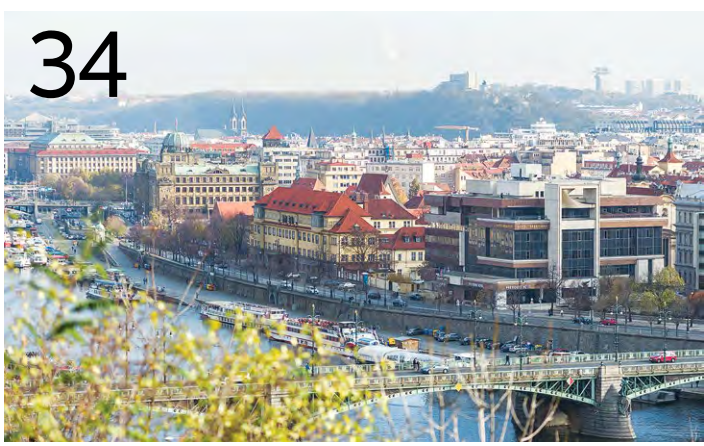
14

Byla hvězda nad Betlémem skutečným astronomickým úkazem, nebo pouhou literární metaforou?



22

Jan Flusser, Petr Baldrian a Michal Fárník – tři špičkoví vědci, kteří byli za své výzkumy oceněni Akademickou prémií.



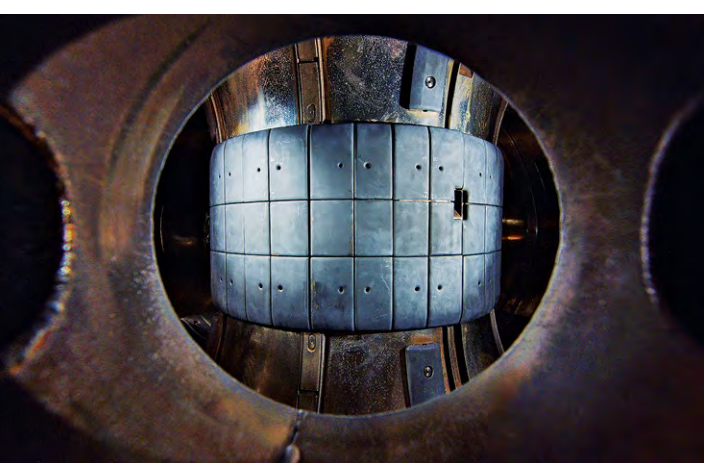
34

Foto na titulce: iStock (3), fotomontáž Pavlína Jáchimová
| **Foto:** Pavlína Jáchimová (3), Viktor Černoch,
Allphoto, Renaud Dejarnac/Ústav fyziky plazmatu AV ČR/Věda fotogenická

46 Fytoremediace – čištění životního prostředí pomocí rostlin – má velký potenciál. Rostliny dokážou odstranit například těžké kovy z půdy či toxické látky z vody.

Ekologie, biologie a medicína

Rostliny jako chemická čistírna 46–49



50 Budeme za pár desítek let vyrábět levnou a ekologickou elektřinu pomocí termojaderné fúze?

Strategie AV21

Energie budoucnosti 50–55

Humanitní a společenské vědy

Lidé v kličkách paragrafů 56–61

56 Jaké problémy se musely řešit při přípravě nového občanského zákoníku? Odpovídá jeho hlavní autor Karel Eliáš z Ústavu státu a práva AV ČR.

Geologie a chemie

Architekti nejmenších strojů 62–65

Téma pro...

Komise pro životní prostředí 66–69

Krátce z Akademie 70–73

Příště 74

V obraze

Knihovna T. G. Masaryka se otevírá veřejnosti

Unikátní knihovna a archiv prvního československého prezidenta Tomáše Garrigua Masaryka se 80 let od jeho úmrtí otevírají všem badatelům a zájemcům o studium jeho odkazu. Osobní archiv, desítky tisíc svazků a sbírku darů věnoval prezident ještě za svého života nově vzniklé instituci – Ústavu T. G. Masaryka. Poválečná doba ale připomínání prezidenta první republiky nepřála, knihy se na dlouhá léta uzavřely do depozitářů, ze sbírky darů nezůstalo téměř nic. Masarykova knihovna čítala koncem třicátých let 20. století více než 200 tisíc svazků ze všech vědních oblastí, které prezidenta zajímaly – od filozofie, sociologie, politických věd, historie, literární historie, psychologie až po právo. Kromě toho obsahovala také soudobou domácí a zahraniční beletrii a ročníky různých periodik.

O opětovné zpřístupnění a sjednocení jedinečné kulturní památky se zasloužil Masarykův ústav a Archiv AV ČR ve spolupráci s Univerzitou Karlovou, která dosud vlastnila část Masarykových sbírek. Knihovna a archiv T. G. Masaryka od nynějška sídlí v Gabčíkově ulici v Praze 8. Finance na zpřístupnění moderního sídla knihovny a archivu poskytla vláda ČR a Akademie věd ČR.

„Není to obyčejná knihovna, ale moderní badatelské středisko přístupné historikům, politologům, literárním kritikům i veřejnosti," vyzdvihl ředitel Masarykova ústavu a Archivu AV ČR Luboš Velek. Slavnostní otevření nové budovy knihovny a archivu si nenechala ujít pravnučka T. G. Masaryka Charlotta Kotíková: „Odkaz první republiky může v nebezpečných momentech světu jen prospět. Lidé by měli mít možnost studovat myšlenky, které obsahuje soukromý Masarykův archiv i knihovna. Díky digitalizaci může být navíc sbírka přístupná celému světu."

Text: Leona Matušková | Foto: Pavlína Jáchimová

Ze světa

Krásy přírody uklidňují vězně

Dechberoucí krajiny, arktické ledovce, deštné pralesy či majestátní vodopády. Nikoli naživo, ale zachycené na videu. Právě takové snímky dělaly po dobu jednoho roku společnost vězňům v americkém Oregonu. Studie amerických vědců pod vedením bioložky Nalini Nadkarniové publikovaná v časopise *Frontiers in Ecology and the Environment* vnesla do života lidí odloučených od přírody její krásy alespoň zprostředkovaně a hodnotila účinky. Vězni, kteří sledovali filmy o přírodě několikrát týdně, spáchali o 26 % méně násilných přestupků než kontrolní skupina. Ukázalo se, že jim pomohly snížit napětí, zmírnit hněv, zlepšit spánek a celkově usnadnily život v drsném prostředí věznice. Vědci plánují zapojit do projektu i další zařízení, například kasárna či útulky pro lidi bez domova.

„Známe to z mnoha science fiction. Přírodní scenérie se promítají na stěny umělého prostředí (kosmické lodi, stanice na nehostinné planetě, futuristického obydlí na zdevastované Zemi). Proč by to nemohlo fungovat doopravdy? Umělé prostředí nás připravuje o kontakt s přírodou. Proč bychom kvůli tomu neměli být víc frustrovaní? Na druhou stranu, kdo z nás se běžně pohybuje mezi arktickými ledovci, v deštném pralese nebo má za humny vodopád. To, co vězňům v rámci studie vědci promítali, není to, co jim může ve vězení chybět, protože to pravděpodobně nevídali ani dříve. Je to zkrátka něco navíc. Přírodní scenérie komponovaná kameramanem poskytuje, podle mne, spíše estetický zážitek než kontakt s přírodou.“

Michal Šimeček, Psychologický ústav AV ČR

Připravila: Jana Olivová, Markéta Wernerová | **Foto:** iStock (2), Profimedia (2), Museum of Comparative Zoology/Gary D. Alpert, Pixabay (2), LIGO (2)

Mravenci v záloze

Spojujete si mravence s pracovitostí? Může to být mýlka. Biologové z arizonské univerzity studovali chování mravenců druhu *Temnothorax rugatulus* a dospěli k závěru, že podstatná část „dělnic" tvořících mravenčí kolonii (asi 40 %) nedělá vůbec nic. Výzkum „líných mravenců" publikovali vědci před dvěma lety a nyní jej rozšířili o další zjištění. Zajímalo je, proč tomu tak je. Když z kolonie odebrali 20 % nejaktivnějších jedinců, ukázalo se, že jejich místo do jednoho týdne zaplnili původně líní mravenci. Ti tedy tvoří jakousi rezervní pracovní sílu připravenou vrhnout se v případě potřeby do práce. V dalším experimentu odstranili výzkumníci pětinu nejméně aktivních jedinců a čekali, zda budou rovněž nahrazeni. Nebyli.

„Mravenci se od pradávna považují za symbol pracovitosti a efektivnosti. Na druhou stranu, jedno etologické moudro říká, že zvířata podstatnou část života nic moc nedělají. A zjevně to platí i pro mravence a další společenský hmyz. Počet mravenčích dělnic v hnízdě může být značně variabilní a měnit se například podle množství nepřátelských kolonií či reagovat na množství potravních zdrojů v okolí. Rozdělení práce uvnitř kolonie je často vysoce strukturované a liší se podle věku a zkušenosti dělnic. Mravenčí kolonie jsou také vystaveny mnoha vnějším hrozbám a není neobvyklé o část dělnic v krátké době přijít. Mít proto v záloze dostatečnou pracovní či obrannou sílu, která je ihned k dispozici, se jeví jako zásadní i za cenu toho, že je třeba se průběžně starat o více hladových krků. Skupina ‚líných' mravenců má navíc v porovnání s těmi pracujícími zvětšené žaludky. Takže je docela možné, že mohou pomáhat i s krmením ostatních. Anebo je to naopak následek jejich životního stylu. Pro definitivní odpověď je ale třeba další výzkum."

Milan Janda, Entomologický ústav BC AV ČR

Pije jako Dán?

O tom, že si Evropané rádi dají sklenku či dvě, není pochyb. Jak jsou na tom s konzumací alkoholu jednotlivé národy? Sociologové z Norské univerzity vědy a technologie (NTNU) spolupracovali v rámci Evropského sociálního výzkumu s kolegy ze čtyřicítky evropských zemí na studii o pití alkoholu. Používali karty označující různé druhy alkoholu a různé objemové jednotky (pinta, půllitr apod.), aby vypočítali, kolik gramů kdo vypije. Spotřeba alkoholu se v evropských zemích velmi liší. Muži konzumují téměř dvojnásobek alkoholu než ženy. Ženy pijí nejméně v Izraeli a ve střední a východní Evropě. Celkově pijí nejvíce Irové. Nezřízené pití je typické pro Portugalce, následují je Britové. Ve skandinávských zemích jsou na špici Dánové, norští muži zase upřednostňují víkendové pitky. Studie také potvrzuje, co vědci vědí o společenském postavení a užívání alkoholu – bohatí lidé pijí nejvíce. Celková spotřeba alkoholu je nejvyšší v horních společenských vrstvách, zatímco lidé z nižších společenských vrstev vypijí méně, ale když už, tak pořádně.

„Výzkum norských kolegů je cenným příspěvkem ke studiu kulturního pozadí konzumace alkoholu. Informace o množství a struktuře nápojů konzumovaných v různých zemích, stejně jako jejich zajímavé proměny, jsou poměrně známé z dlouhodobých studií Světové zdravotnické organizace (WHO). Nicméně provázání těchto dat s poznatky o kvalitě a stylu života je věc vskutku nová a přínosná. Nezáleží totiž pouze na tom, kolik alkoholu lidé pijí, ale také proč, v jakých situacích, kdy a s kým; a tedy obecně jak vztah k alkoholu souvisí s dalšími oblastmi jejich života. Známé dominantní postavení piva v české společnosti (ale i v některých dalších zemích) ze sociologického hlediska není zajímavé jen tím, jaké množství alkoholu Češi spotřebují. Nýbrž zejména tím, jaké místo zaujímá pivo a jeho popíjení v jejich osobním i sociálním životě a jak se v tomto ohledu podobá či liší od zemí s jinými zvyklostmi. Analogickou úlohu hrají totiž v tzv. ‚wine countries' a ‚spirit countries' zase jiné nápoje. Pojí se s nimi odlišná historie, kulturní pozadí, sociální zvyklosti i individuální prožívání. Jednoduše řečeno, pití alkoholu je v různých zemích inkorporováno do kultury, sociálního i individuálního života různými způsoby, plní různé funkce a má různé konsekvence. Nejzajímavější přitom bude sledovat, jak poměrně zásadní posuny v objemu a struktuře alkoholických nápojů v některých zemích souvisejí s proměnami v oblasti společenského života obyvatel."

Jiří Vinopal, Sociologický ústav AV ČR

Citrusy jako **symbol elity**

Citrusové sady jsou dnes neodmyslitelnou součástí středomořské krajiny. Původně však pocházejí z jihovýchodní Asie. Archeobotanička Dafna Langgutová z univerzity v Tel Avivu zmapovala pomocí historických pramenů a archeobotanických nálezů jejich cestu do Středomoří a do Evropy. Prvním citrusem, který se do této oblasti zřejmě v 5. století př. n. l. dostal, byl cedrát (*Citrus medica*). Následoval ho citron (*Citrus limon*) kolem začátku letopočtu. Limetky se objevily v 10., pomelo v 11., pomeranče v 15. a mandarinky dokonce až v 19. století. Archeobotanické nálezy v zahradách vyšších vrstev společnosti ukazují, že konzumace citrusů znamenala vysoký společenský status. Šlo o velmi vzácné a drahé zboží. Zatímco citrony přišly do Středomoří jako elitní produkty, ostatní citrusové plody se pravděpodobně šířily z ekonomických důvodů.

„I v Čechách patřily citrusy mezi luxusní zboží. Z písemných pramenů známe dovoz citronů a pomerančů na dvůr pánů z Hradce k roku 1568. Nejstarší přímé archeobotanické nálezy pocházejí z Pražského hradu (výzkum týmu LAPE, České Budějovice, a Archeologického ústavu AV ČR, Praha). V roce 1580 zde zemřela arcivévodkyně Eleanora a její hlava byla ozdobena věncem spleteným z kvetoucích větviček pomerančovníku hořkého. Ten se nezpochyby pěstoval v hradní oranžerii postavené počátkem šedesátých let 16. století. Z prostoru Vladislavského sálu pocházejí nálezy semen pomeranče a mandarinky. Zejména tento nález je zajímavý, neboť izraelská studie uvažuje o rozšíření mandarinky do Středomoří až v 19. století, tedy o nejméně 200 let později. Nejstarší nález semen citronu pochází z barokní odpadní jímky v ambitové chodbě prelatury kláštera v Plasích (výzkum Petra Kočára z Archeologického ústavu AV ČR, Praha). Ze současného pohledu je zajímavé, že například fíky, dnes dražší a tedy snad i ‚prestižnější' zboží než citrusy, se k nám dovážely nejpozději ve 13. a 14. století, kdy se staly běžnou součástí městských jídelníčků."

Dagmar Dreslerová, Archeologický ústav AV ČR, Praha

Včelí **antibiotika**

Více než 30 let nebyla objevena žádná nová antibiotika. Bakterie se stávají vůči klasickým antibiotikům rezistentní, léčba infekcí selhává, a proto je hledání nových látek jednou z nejnaléhavějších potřeb v oblasti lidského zdraví. Ve studii publikované v časopise *Nature Structural & Molecular Biology* nastiňují vědci z Univerzity v Illinois nové možnosti, jak léčiva získat. Zdrojem může být Api137, derivát antibiotika apidaecin, což je přírodní látka produkovaná včelami. Mnoho organismů se infekci brání tím, že si vytváří antibakteriální peptidy nebo malé proteiny. Vědci zkoumají mechanismus účinkování tohoto peptidu, který dokáže zablokovat produkci bílkovin v potenciálně škodlivých bakteriích a tím je zničit.

„Antimikrobiální peptid apidaecin byl izolován z hemolymfy včely medonosné (*Apis mellifera*) již v roce 1989. Jde o lineární peptid mající v sekvenci 18 aminokyselin šest prolinů, čímž se řadí do kategorie ‚proline-rich antimicrobial peptides'. V následujících třech desetiletích byl apidaecin předmětem studia několika výzkumných týmů směřující k osvětlení mechanismu jeho antimikrobiálního účinku. Zároveň se prováděly obměny jeho struktury ve snaze nalézt co nejvíce účinný analogický peptid. Api137 patří mezi analogy apidaecinu s nejvýznamnějším terapeutickým potenciálem. Zabíječský účinek ‚proline-rich' peptidů včetně Api137 spočívá v blokování syntézy bílkovin na úrovni ribozomů. Tomuto ději předchází volná difuze peptidu skrz bakteriální membránu do jejího nitra. Jde o zcela odlišný mechanismus zabíjení, než který vykazují mnohem početnější peptidy z kategorie α-helikálních peptidů. Pro tyto a většinu dalších antimikrobiálních peptidů je typické působení na úrovni bakteriální membrány vedoucí k jejímu rozpadu a následnému úniku cytoplazmatického obsahu buňky. Z farmaceutického hlediska zajímavou skupinu α-helikálních peptidů studujeme též v Ústavu organické chemie a biochemie AV ČR. Tyto peptidy byly také izolovány ze včel, nikoli však z jejich hemolymfy, ale z jedových žláz."

Václav Čeřovský, Ústav organické chemie a biochemie AV ČR

NOBELOVY CENY **2017**

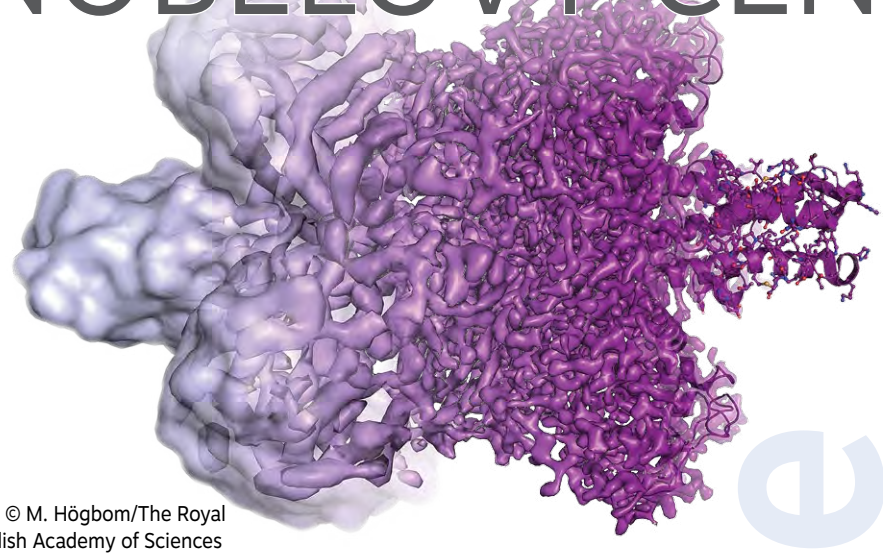


Foto: © M. Högbom/The Royal Swedish Academy of Sciences

Jacques Dubochet

Joachim Frank

Richard Henderson

Foto: © Niklas Elmehed/Nobel Media AB 2017

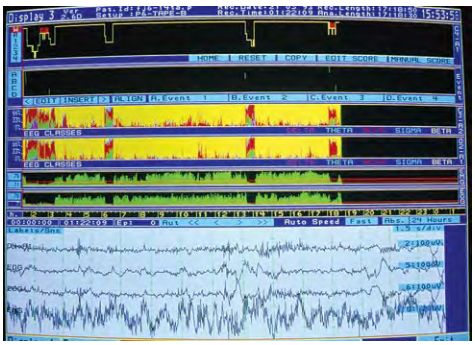
V **Nobelovu cenu za chemii za rok 2017** vyústil vývoj kryoelektronové mikroskopie, která zjednodušuje a zlepšuje pozorování struktury biomolekul v roztoku s vysokým rozlišením. Oceněnými jsou Švýcar **Jacques Dubochet**, Američan narozený v Německu **Joachim Frank** a Brit **Richard Henderson**, kteří vynalezli účinnou metodu pro získání trojrozměrného obrazu biomolekul. Zahájila novou éru v biochemii, protože umožňuje velmi rychle zmrazit biomolekuly v průběhu konkrétního biochemického procesu, a přitom zachovat funkční konformaci. Vědci tak mohou zachytit a zkoumat různé fáze procesů, které se dříve nemohly pozorovat, struktura biomolekuly se totiž zachová prakticky v přirozeném stavu a lze ji navíc v určitých případech studovat s rozlišením až na jednotlivé atomy. To je důležité mj. pro vývoj léčiv.

Kryoelektronová mikroskopie se hojně využívá i na pracovištích Akademie věd ČR (např. v rámci výzkumné infrastruktury Czech BioImaging pro biologické a lékařské zobrazování, která sdružuje mj. Biologické centrum, Fyziologický ústav, Ústav experimentální botaniky, Ústav molekulární genetiky a Ústav přístrojové techniky). Společnou publikací s čerstvým nositelem Nobelovy ceny za chemii Joachimem Frankem se může pochlubit Jiří Šponer z Biofyzikálního ústavu AV ČR, týkala se výzkumu ribozomů.

„Joachim Frank si ribozom vybral původně jen jako výzvu pro kryoelektronovou mikroskopii, aby na něm demonstroval a vyvíjel své rekonstrukční metody. Postupně se stal expertem zejména na dynamiku ribozomu, který vždy chápal jako dynamický molekulární stroj. V roce 1995 rekonstruoval 3D strukturu ribozomu s rozlišením 25 angströmů a v následujících letech vizualizoval funkční stavy ribozomů, které zastavoval v různých fázích jejich pracovního cyklu vhodnými antibiotiky. Vždy měl několik let náskok před krystalografy právě díky flexibilitě kryoelektronové mikroskopie. Byl dlouho horkým kandidátem na Nobelovu cenu za ribozom. Unikla mu jen proto, že krystalografů bylo prostě příliš mnoho a v roce 2009 byla Nobelova cena udělena výhradně za atomární struktury ribozomu. Podle mne teď komise rozhodla správně, když spojila dohromady zásadní přínos Joachima Franka jak k rozvoji kryoelektronové mikroskopie, tak k pochopení funkce ribozomu. Zásadní výhodou kryoelektronové mikroskopie biomolekul oproti rentgenostrukturní analýze je, že nemusí vecpat molekuly do krystalové mříže, což někdy buď vůbec nejde, nebo to může být na úkor biochemické relevance. Samozřejmě, i kryoelektronová mikroskopie stále poskytuje pouze statické rekonstruované obrázky biomolekul a biomolekulárních strojů, ale dokáže lépe identifikovat funkční substavy v přirozenějším prostředí. U Joachima Franka šlo třeba o legendární vizualizaci transferové RNA čekající, až ji ribozom přijme, a procesu tzv. translokace ribozomu, kdy si ribozom posouvá kodony messenger RNA. Rozmach metodiky kryoelektronové mikroskopie v posledních letech je úžasný."

Jiří Šponer, Biofyzikální ústav AV ČR

Fyziologie a lékařství



Jeffrey C. Hall

Michael Rosbash

Michael W. Young

Nobelovu cenu za fyziologii a lékařství získali Američané **Jeffrey C. Hall**, **Michael Rosbash** a **Michael W. Young**, a to za objevy molekulárních mechanismů řídících cirkadiánní rytmy neboli naše vnitřní biologické hodiny. Jak zdůraznil nobelovský výbor při Karolinském institutu, tři letošní laureáti vyřešili problém klíčový pro živé organismy: totiž jakým způsobem rostliny, živočichové a lidé přizpůsobují své biologické rytmy pravidelnému rytmu dne a synchronizují je s otáčením Země. I tato schopnost přizpůsobovat se střídání dne a noci a s ním souvisejícím pravidelným změnám v prostředí má podstatu v genech. Jelikož cirkadiánní rytmy mají vliv na tak zásadní funkce v organismu, jako jsou spánek, tělesná teplota, metabolismus, hlad, hladiny hormonů atd., mají objevy nových nositelů Nobelovy ceny dalekosáhlé důsledky pro medicínu. Výzkumy totiž naznačují, že dlouhodobý nesoulad mezi naším životním stylem a přirozenými biologickými rytmy může zvyšovat riziko řady chorob. Bádání v oblasti chronobiologie, která se zabývá biologickými rytmy živých organismů, má tradici i v Akademii věd ČR.

„Čeští vědci se zapojili do rozsáhlého projektu Evropské unie nazvaného EUCLOCK, který zkoumal vnitřní časový systém u různých živočichů. 27 laboratoří z 21 zemí studovalo mechanismy, jakými jsou biologické hodiny ‚seřizovány' světlem i nesvětelnými podněty. Náš tým v oddělení neurohumorální regulace Fyziologického ústavu AV ČR se zabývá mechanismy, jakými jsou seřizovány hodiny uložené v různých částech těla, tj. nejen v mozku, ale také v orgánech zapojených do metabolických funkcí. Zjistili jsme například, které hormony se podílejí na synchronizaci cirkadiánních hodin v epitelu tlustého střeva a jak porucha časové regulace zasahuje do funkcí tlustého střeva. Zkoumáme též, jak se vyvíjejí a nastavují cirkadiánní hodiny savců při embryonálním vývoji v děloze matky, jelikož mláďata savců se rodí s hodinami nastavenými tak, že běží v souladu s matčinými. Zabýváme se také výzkumem časového systému u lidí, při kterém jsme odhalili dopad extrémního chronotypu na hodiny člověka na molekulární úrovni. Ukázalo se, že pokud člověk nemá správně seřízený vnitřní časový systém, mohou hodiny v různých tkáních těla udávat čas, který neodpovídá denní době, což má negativní dopad na jejich funkci. Tato situace často nastává u lidí s pozdním chronotypem (označovaných jako ‚sovy'). Ti zažívají po volných dnech, kdy se řídí svým chronotypem, tzv. sociální jet lag, který je důsledkem nutnosti vstávat do zaměstnání či do školy v době, kdy jejich vnitřní hodiny ukazují subjektivní noc. Studujeme též souvislosti mezi poruchou časového systému a rozvojem neuropsychiatrických onemocnění u pacientů, např. s bipolární poruchou, Alzheimerovou demencí apod. Výsledky naší laboratoře přispívají k poznání, jak je náš vnitřní časový systém seřizován faktory vnějšího prostředí a jaké jsou důsledky poruchy této synchronizace na zdraví."

Alena Sumová, Fyziologický ústav AV ČR

Nobelova cena za fyziku putuje do rukou vědců, kteří otevřeli cestu k pozorování vesmíru zcela novým způsobem: Američané **Rainer Weiss**, **Bary Barish** a **Kip Thorne** dosáhli nejvyššího uznání za klíčový příspěvek k přímému pozorování gravitačních vln ve vesmíru a k vybudování detektoru LIGO, na němž se tato pozorování uskutečnila. Existenci gravitačních vln předpověděl v rámci své všeobecné teorie relativity před téměř sto lety Albert Einstein – jde o rozkmitání časoprostoru či změny v jeho zakřivení, které jsou důsledkem vzájemného pohybu těles v gravitačním poli (doprovázejí například splynutí černých děr) a které se šíří rychlostí světla. Dlouho panovaly obavy, že se gravitační vlny nepodaří nikdy přímo pozorovat: ty, které vznikají při nejdramatičtějších kosmických procesech, sice rozechvívají časoprostor v blízkém okolí velmi silně, amplitudy gravitačních vln se ale s šířením vesmírem zmenšují a po překonání miliard světelných let jsou už nepatrné. Jejich detekce se pak dá podle Královské švédské akademie věd přirovnat k měření vzdálenosti hvězdy 10 světelných let daleko s přesností rovnající se průměru pramínku vlasů.

„Vědci věří, že jim gravitační vlny pomohou odhalit zatím nepoznané rysy vesmíru, o nichž běžné světelné paprsky nevypovídají. Jde o zcela nové okno do vesmíru, které dosud zůstávalo astronomům zakryté. Také u nás v Astronomickém ústavu AV ČR a ve Fyzikálním ústavu AV ČR se teoretičtí fyzikové spolu se svými kolegy z Matematicko-fyzikální fakulty Univerzity Karlovy a z Ústavu fyziky Slezské univerzity v Opavě zabývají vlastnostmi přesných řešení Einsteinových rovnic s gravitačními vlnami.

Kip Thorne

Rainer Weiss

Bary Barish

Výpočty umožňují přesně předpovědět očekávané profily vlnoploch přicházejícího vlnění, což je zásadní pro detekci extrémně slabého signálu pohlceného v mnohem intenzivnějším šumu. Jedná se totiž o detekci a analýzu dosud nejslabšího signálu přirozeného původu. Koneckonců i nobelovská komise se rozhodla ocenit vědce různého zaměření – teoretického, experimentálního i organizačního. Vědci z Astronomického ústavu AV ČR pracují v rámci širokého mezinárodního konsorcia gravitačních vln, které uveřejnilo v časopise *The Astrophysical Journal Letters* zásadní článek týkající se detekce gravitačních vln. Mezi spoluautory tak najdeme vedle čerstvých nositelů Nobelovy ceny i jména českých astrofyziků.

Astronomové – ať už pozorují vesmír s pomocí vlnění světelného či gravitačního – netrpělivě očekávají další průlomový krok. Tím by měla být detekce gravitačních vln generovaných v okamžiku srážky dvojice neutronových hvězd. Předpokládá se, že na rozdíl od dosud zaznamenaných splynutí černých děr bude kolize kompaktních hvězd doprovázena silným světelným, resp. rentgenovým vzplanutím. Jeho příchod by mohly zaznamenat detektory na kosmických družicích zároveň s gravitačními vlnami. Kombinace klasické astronomické techniky s postupy gravitační astronomie povede k přesnému ztotožnění zdroje signálu na obloze."

Vladimír Karas,
Astronomický ústav AV ČR

Pozn.: Během přípravy článku byla již zveřejněna zpráva o pozorování gravitačních vln od srážky dvou neutronových hvězd. Také na této se podíleli čeští vědci mj. z Astronomického ústavu AV ČR a Fyzikálního ústavu AV ČR.

Byla, nebyla jedna **betlémská hvězda...**

Jedním z nejsilnějších vánočních symbolů je hvězda – ať už jako zářící ozdoba na stromečku, dekorace na balicím papíře nebo záře nad jesličkami s novorozenětem. Co ale hvězda symbolizovala v době vzniku Starého a Nového zákona? **Byla hvězda nad Betlémem skutečným astronomickým úkazem, nebo literární metaforou?** Odpovědi zkoušíme hledat s astronomy, historiky a biblisty z Akademie věd ČR.

Text: Leona Matušková | **Foto:** iStock, Wikimedia Commons (4), Profimedia, Allphoto

Předně je třeba zdůraznit, že o takzvané betlémské hvězdě, která měla přivést záhadné mudrce z východu k jesličkám s čerstvě narozeným Ježíškem, se celá objemná Bible zmiňuje pouze v úvodu jednoho ze čtyř evangelií, podle Matouše.

„Viděli jsme na východě jeho hvězdu a přišli jsme se mu poklonit," říkají v evangeliu mudrci (později zobrazovaní jako tři králové). „Hvězda, kterou viděli na východě, šla před nimi, až se zastavila nad místem, kde bylo to dítě." O moc víc se v textu o hvězdě nedozvíme.

Je tedy zjevné, že z tak úsečného popisu se nějaká přesná astronomická hypotéza udělat nedá. Přesto se o to hvězdáři v minulosti mnohokrát pokoušeli a dodnes si otázku, co mohla ona hvězda zářící nad Betlémem být, někteří pokládají. O jakých možnostech přitom uvažují?

V zásadě v úvahu přicházejí tři: hovoří se o kometě, vzplanutí supernovy nebo konjunkci planet. Co která eventualita znamená a jaká z teorií je pro dnešní astronomy nejpřijatelnější?

Vánoční kometa, která nebyla kometou

Asi nejrozšířenější je představa, že vánoční hvězda byla kometou. Její podobu jsme vstřebali už jako děti při pohledech na lidové betlémy a kreslení vánočních motivů. Kometu si většinou představujeme jako zářící objekt s ohonem, kterému se přezdívá vlasatice. Proč ale zrovna kometa?

Vizuální podoba vánoční hvězdy jako komety vychází až z počátku 14. století. Když v roce 1305 tvořil italský malíř Giotto di Bondone výzdobu pro kapli Scrovegni v Padově, na fresce nazvané Klanění králů namaloval nad jesličky s novorozencem právě kometu. Evangelijní popis nedává přesný návod, jak má hvězda vypadat, a umělec se nechal inspirovat tím, co sám zažil. Z historických záznamů víme, že čtyři roky předtím, než fresku maloval, byla v Evropě viditelná jasná kometa. Proslulý anglický hvězdář Edmond Halley v 18. století prokázal, že šlo o kometu periodickou, jež se navrací ke Slunci každých 76 let. Dnes se jí říká Halleyova kometa a není náhodou, že sonda Evropské kosmické agentury vyslaná v roce 1986 k jádru Halleyovy komety dostala jméno Giotto. »

Byl evangelista Matouš původně celníkem? Takto jej zachycuje slavný italský malíř Caravaggio (1571–1610) na obraze zvaném Povolání svatého Matouše.

Nicméně pokud skutečně někdy kolem začátku našeho letopočtu na hvězdném nebi zazářil nezvyklý astronomický úkaz, kometa to pravděpodobně nebyla. Starověcí astronomové – čínští a babylonští – oblohu pravidelně pozorovali a úkazy na ní pečlivě zaznamenávali. O kometě v době kolem Kristova narození se ale nezmínili. Teoreticky by mohlo jít snad jen o Halleyovu kometu z roku 12 př. n. l. „To je ale příliš brzké datum a také její záznamy neodpovídají tomu, co se uvádí v Bibli," upozorňuje Pavel Koten z oddělení meziplanetární hmoty Astronomického ústavu AV ČR.

Teorie o vánoční hvězdě jako kometě vážně pokulhává i v symbolické rovině. Komety totiž nemají nejlepší pověst – v historii byly často vnímány jako špatné znamení, jako předzvěst něčeho zlého. Jako takové by podle Pavla Kotena jen těžko mohly doprovázet příchod Krista ohlašovaného jako spasitele.

Hvězdu ohlašující narození Ježíše zmiňuje jen Matoušovo evangelium. Přesto se stala důležitým symbolem.

Výbuch nad Betlémem?

Pokud dále rozvíjíme předpoklad, že hvězda popisovaná v Matoušově evangeliu mohla být skutečným astronomickým úkazem, jako druhé z jeho možných vysvětlení se nabízí výbuch hvězdy novy, případně supernovy. Astronomové proti tomu ovšem mají výhrady. „Stručně řečeno, hypotézu o betlémské hvězdě jako výbuchu novy, resp. supernovy, nelze vyloučit, nicméně existují jiné hypotézy, které mají méně otazníků, a proto jsou pravděpodobnější," tvrdí Viktor Votruba ze stelárního oddělení Astronomického ústavu AV ČR.

Výbuch novy a supernovy jsou dva odlišné procesy, i když ve starší astronomické literatuře se obě události míchají a používá se pro ně jednotný termín „nova stella". V naší Galaxii vzplane deset nov ročně, většinou jsou pozorovatelné dalekohledem, výjimečně i pouhým okem. Oproti tomu exploze supernovy je vzácnější úkaz, k němuž dochází (v naší Galaxii) průměrně třikrát za 100 let.

Není hvězda jako hvězda

Původcem novy je bílý trpaslík, extrémně hustá vyhořelá hvězda. Kolem ní se pohybují jiné větší hvězdy, různí červení trpaslíci, obři, podobři a další. Nova vzniká tak, že bílý trpaslík doslova nasává hmotu od sousední obří hvězdy, a když jí přetáhne moc, hmota se na jeho povrchu vznítí a vybuchne.

„Při výbuchu hvězdy dochází k jejímu velkému zjasnění. V extrémních případech můžeme na obloze spatřit ‚novou jasnou hvězdu' v místech, kde se už předtím nějaká hvězda nacházela, ovšem byla okem neviditelná. Z tohoto pohledu by to byl ideální kandidát na vysvětlení zjevení nové hvězdy. Ke zvážení všech pro a proti je však třeba podívat se na celý problém detailněji," dodává astronom Viktor Votruba.

Výbuch supernovy, kterou dále dělíme na dva základní typy, je ještě o něco dramatičtější než v případě novy. U supernovy typu I nasává bílý trpaslík hmotu od svého hvězdného průvodce, na rozdíl od novy však mnohem intenzivněji a rychleji. Po dosažení kritického množství (tzv. Chandrasekharova mez) startuje mechanismus, na jehož konci je kolaps hvězdy a uvolnění extrémního množství energie. Supernovy druhého typu jsou pak konečným stadiem života nejhmotnějších hvězd. Hvězda vyčerpá veškeré jaderné palivo ve svém nitru a její jádro se přemění v železné. Hvězda

neodolá vlastní gravitaci, jádro se hroutí a dochází k explozi, při níž se velká část materiálu rozprskne do širokého okolí.

Nova stella

Historicky první popis supernovy pochází od dánského astronoma působícího i na českém císařském dvoře, Tychona Braha. Zvláštní nečekaný úkaz na noční obloze spatřil 11. listopadu před 445 lety. Jediné tehdy možné vysvětlení bylo, že šlo o kometu. Na rozdíl od ní se ale objekt na obloze nijak nepohyboval, kometa to tedy být nemohla. O rok později vydal Brahe spis *O nové hvězdě, nikdy dosud nevídané od počátku světa*. Poprvé se tam objevuje termín „nova stella", tedy nová hvězda, který používáme ve zkrácené podobě dodnes.

Mimo jiné napsal: „Minulého roku 1572 jedenáctého večer po západu slunce, když jsem po svém zvyku obdivoval hvězdy na jasném nebi, postřehl jsem, že nová a neobvyklá hvězda převyšující ostatní jasností svítí mi právě nad hlavou. A protože od dětství znám hvězdy skoro dokonale, což není nijak zvlášť obtížné, bylo mi zcela zřejmé, že žádná hvězda v těch místech nikdy předtím nebývala. Ani ta nejslabší, natož žádná tak jasná jako tato."

Supernova po dvou týdnech zjasňování slábla a po roce a půl úplně zmizela z dohledu. Je pozoruhodné, že Tycho Brahe dokázal na počátku 16. století zjistit její polohu s přesností několika úhlových minut! Zbytky historické hvězdy rozmetané do širokého okolí se pak podařilo dohledat pomocí přístrojů v šedesátých letech 20. století.

Pokud by v době zrození Ježíše Krista vzplanula supernova, moderní přístroje by měly být schopné nalézt na obloze její pozůstatky. Žádné takové se nicméně nenašly. „Takto jasná nová hvězda viditelná pouhým okem by navíc neunikla pozornosti astronomů tehdy již vyspělých civilizací. Existuje sice zmínka o nové jasné hvězdě zhruba pět let před narozením Ježíše Krista, pozorování jiných astronomů ji ale nepotvrdilo," upozorňuje Viktor Votruba.

Astronomové bez dalekohledu

Z dnešního pohledu je neuvěřitelné si představit, jak starověcí astronomové zkoumali hvězdné nebe. Jeho dokonalou znalostí byli tehdy proslulí Peršané, Číňané i Korejci, za kolébku astronomie a astrologie se považuje Babylon. Dnes astrologii nepovažujeme za vědecký obor, ve starověku tomu ale bylo jinak – astrologie byla přírodní vědou v tom smyslu, že lidé odkoukávali přírodní zákonitosti a snažili se je interpretovat. Hvězdopravci hledali spojitosti mezi

Poprvé vyobrazil betlémskou hvězdu jako kometu v roce 1305 italský malíř Giotto di Bondone na fresce Klanění králů zdobící kapli Scrovegni v Padově.

Kdy se narodil Ježíš?

Na takto přímou otázku se nabízí lákavá odpověď, že v roce nula. Vždyť právě od Kristova narození se stanovuje Anno Domini, léta Páně. Hra s čísly je ale v tomto případě složitější. Předně pojem čísla nula se v Evropě objevuje až v 10. století, nulu „vynalezli" Indové v době počátku (našeho) letopočtu. Takže po roce 1 před Kristem ihned následuje rok 1 po Kristu. Přičemž Kristovo narození nikdo s jistotou nezná. Opat římského kláštera Dionysius Exiguus, který v 6. století sestavoval křesťanský kalendář, ve svých výpočtech několikrát chyboval. Dnes se většinou uvádí, že Ježíš se mohl narodit někdy v intervalu mezi roky 7 až 4 před naším letopočtem.

>>

Teorii, že by betlémská hvězda mohla být ve skutečnosti konjunkcí planet, poprvé vyslovil Johannes Kepler. Na snímku je úryvek z jeho knihy *De nova stella* vydané roku 1606 v Praze.

děním na obloze, zejména pohybem planet, Slunce a Měsíce a jejich vlivem na život na Zemi.

Znalosti a schopnosti poznání vesmíru starověkých civilizací jsou ohromující. Tehdejší odborníci na hvězdné nebe uměli předpovědět zatmění Slunce a Měsíce, určit zemskou precesi, tedy to, jak zemská osa putuje mezi hvězdami. K dispozici měli především dobré oči a tmavou oblohu – a to není samozřejmost, protože dnes si o skutečně tmavé obloze můžeme nechat jen zdát. Světelné znečištění je tak závažné, že zcela znemožňuje přirozené sledování hvězd. Uvádí se, že v naprosto neporušeném nočním prostředí lze očima spatřit až 3000 hvězd – ve městech jsou to ale jen stovky a ve velkoměstech desítky!

K dobrým očím a ideálním pozorovacím podmínkám si lidé ve starověku zhotovili ještě pár základních nástrojů, které jim pomáhaly při měření nebeských těles. Jedním z nich byla tzv. Jakubova hůl. Na dřevěnou tyč se kolmo nasadila jiná tyčka, člověk si ji dal k oku a posouváním dál nebo blíž měřil úhlovou vzdálenost dvou objektů na obloze, byl to vlastně takový primitivní dřevěný úhloměr. Druhým nástrojem byl tzv. gnómon, který si můžeme představit jako obelisk zakončený hrotem vrhajícím stín. S jeho pomocí se dal určit sklon ekliptiky k rovníku i čas slunovratu a rovnodennosti.

Sblížení planet pozorované z Prahy

Je zřejmé, že pokud by ze Země byla v době kolem Kristova narození vidět kometa nebo vzplanutí supernovy, museli by je zkušení starověcí astronomové či astrologové zaznamenat. A to se nestalo. „Díky historickým pramenům z Dálného východu lze vyloučit, že by úkazem známým pod pojmem betlémská hvězda byla nova, supernova anebo kometa. Takže tudy cesta nevede. Přesto je možné, že mohlo jít o reálný astronomický úkaz," říká Jiří Grygar z oddělení astročásticové fyziky Fyzikálního ústavu AV ČR. Jako nejpravděpodobnější se mu jeví předpoklad, že jím byla konjunkce planet. To je situace, kdy se planety nacházejí v takové úhlové blízkosti, která je pozorovateli ze Země nápadná na první pohled (i když jejich skutečná vzdálenost v prostoru je obrovská, větší než stovky milionů kilometrů).

Názor o betlémské hvězdě jako konjunkci planet poprvé vyslovil počátkem 17. století německý astronom Johannes Kepler, působící tehdy v roli císařského matematika na dvoře Rudolfa II. v Praze. Když šel 17. října 1604 ze svého domu u Karlova mostu na Hrad, spatřil na obloze zdánlivě těsně u sebe jasně zářící planety Jupiter a Saturn. Napadlo ho spočítat, zda se podobné úhlové sblížení nemohlo odehrát v době Kristova narození.

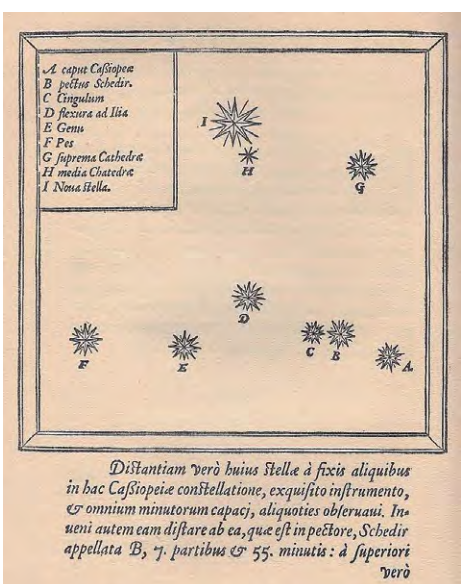
„Sám byl asi překvapen, když mu z výpočtů vyšlo, že v roce 7 př. n. l. prodělaly obě planety dokonce tři takové konjunkce, koncem května, koncem září a počátkem prosince," doplňuje astrofyzik Jiří Grygar, který o fenoménu betlémské hvězdy mnohokrát psal a přednášel. Keplerovy výpočty byly podle něj v moderní době ověřeny a v podstatě jsou správné. „Kepler byl skvělý počtář a dnešní údaje mu dávají za pravdu," dodává astrofyzik.

K tomu je potřeba dodat, že datum Kristova narození, které si dnes mylně spojujeme s pomyslným rokem nula, bylo stanoveno zpětně až v 6. století (více v rámečku Kdy se narodil Ježíš?).

Betlémská hvězda nebyla jediným fenoménem z minulosti, kterému chtěl Johannes Kepler přijít na kloub. Zabýval se i dalšími nebeskými úkazy popsanými v historických textech. „Zkoumal například vzplanutí novy v souhvězdí Blíženců v roce 1383, popsané jak v latinské kronice o *Zlých časech po smrti krále Přemysla Otakara II.*, tak později v *Kronice české* Václava Hájka z Libočan, kterou Kepler znal v německé verzi," upozorňuje klasická filoložka Alena Hadravová z Kabinetu dějin vědy Ústavu pro soudobé dějiny AV ČR. Jevů, které by mohly být ztotožňovány s betlémskou hvězdou, je podle Aleny Hadravové celá řada, přitom žádný z nich není průkazný. „Nelze vyloučit ani to, že šlo čistě o literární záležitost."

Hvězda jako metafora

Zatímco mnozí astronomové v minulosti i dnes promýšlejí různé varianty toho, co mohla být v evangeliu popsaná betlémská hvězda, teologové a znalci Bible si takové otázky nepokládají. Hvězdu chápou především jako symbol a metaforické vyjádření spíše než jako reálný astronomický úkaz. „Astronomie nám k datování Ježíšova narození pomůže



Termín „nova" pro vzplanuvší hvězdu známe od dob Tychona Braha. Ten jej poprvé použil ve svém díle známém pod zkráceným jménem *De nova stella* vydaném v roce 1573.

málo, protože, i kdyby datovala přesně ten jev, který byl popsán jako hvězda, jde jen o datování toho, co se po letech stalo metaforou ke zpětnému vyjádření významu Ježíšova narození," uvádí evangelický teolog a náš přední novozákonní biblista Petr Pokorný z Centra biblických studií, společného pracoviště Akademie věd ČR a Univerzity Karlovy.

Křesťanství už u nás zdaleka nehraje tak důležitou roli jako dříve a Vánoce jsou spíše svátkem konzumu než připomínkou Kristova narození. Symbolika hvězdy jako ohlašovatelky něčeho pozitivního (ve většině případů dárků pod stromečkem) ale přetrvává. A možná její

Matoušova hvězda je spíše metaforou než astronomickým jevem.

důležitost ještě o to více narůstá, o co méně chápeme její původní smysl.

Leckoho proto překvapí, že hvězda původně vůbec tak důležitým symbolem pro rané křesťany nebyla. „Hvězdy v Bibli nehrají takovou roli, jako hrály ve většině tehdejších náboženství. To proto, že židé a pak ani křesťané je nepokládali za božstva, ale za ‚stvoření'," upozorňuje Petr Pokorný. Symbolika hvězdy získala na významu až o něco málo později. „Zrodilo se to v rané křesťanské lidové tradici a literárně je to zpracováno v Matoušově evangeliu s teologickým záměrem sdělit, že Ježíšův příběh je naplněním velkých očekávání Izraele i moudrosti celého světa, proto se také píše o mudrcích z východu."

Tycho Brahe byl prvním, kdo použil termín „stella nova" pro jev dnes známý jako supernova. Johannes Kepler byl zase prvním, kdo spojil betlémskou hvězdu s konjunkcí planet.

Co říká (a kdo je) Matouš?

První část Nového zákona tvoří čtyři evangelia: podle Matouše, Marka, Lukáše a Jana. Jejich studiem, porovnáváním a hledáním souvislostí s dalšími raněkřesťanskými i starozákonními texty se zabývají desítky generací teologů a biblistů. Všechna evangelia pojednávají o životě, smrti a vzkříšení Ježíše Krista, příběh jeho narození však podávají pouze dvě z nich, Matoušovo a Lukášovo.

Evangelium podle Matouše, v němž se hovoří o hvězdě, vzniklo pravděpodobně v letech 80 až 90 našeho letopočtu. Za autora se podle tradice považuje celník Matouš, jeho identita ale není zcela jasná. Autor zřejmě mluvil řecky, znal rovněž aramejštinu či hebrejštinu nebo obojí. Nebyl očitým svědkem Ježíšova působení, evangelium vzniklo na základě Markova evangelia a dalších písemných i ústních tradic. Evangelista Matouš je jediným, kdo zmiňuje hvězdu zářící nad Betlémem. Je přitom velmi pravděpodobné, že hvězda je v jeho podání metaforou spíše než odkazem na skutečný astronomický jev. „K volbě metafory mohla přispět vzpomínka na neobvyklý úkaz na nebi, která při utváření tradice o betlémské hvězdě byla už víc než jednu generaci stará a kterou si jeho stoupenci spojili s Kristovým narozením," upozorňuje Petr Pokorný.

Reálný astronomický úkaz nehledá za symbolem betlémské hvězdy ani ředitel Centra biblických studií Jan Roskovec. „Přinejmenším od Keplerových dob vzbuzovala hvězda snahy ztotožnit ji s některým ze známých astronomických jevů. Uvažovalo se o kometě, supernově či konjunkci Jupitera se Saturnem a Marsem. Nic z toho není zcela vyloučené, nic však nevyhovuje úplně. Matoušovo líčení »

Hvězda nad Betlémem se objevuje na mnoha vyobrazeních biblické scény narození Ježíše Krista.

si zřejmě z astronomie (a astrologie) jen vypůjčuje motivy, které vzbudí asociace povědomosti. Jejich funkce je však zcela určena záměrem vyprávění, nikoli přírodními zákony."

Jan Roskovec dále upozorňuje, že Matoušův text je plný symbolických významů leckdy až pohádkově bizarních rysů. Třeba vyprávění o záhadných mudrcích, kteří přicházejí složit hold narozenému „králi Židů". Přišli na zavolání hvězdy a přinesli mu „zlato, kadidlo a myrhu". Co víme o těchto návštěvnících z východu, kteří se v evangeliu náhle objeví a zase beze stopy zmizí?

Otázka zdánlivě nesouvisející s fenoménem betlémské hvězdy nám může mnohé napovědět o charakteru Matoušova vyprávění. Evangelista používá původně termín „mágové", slovo v řečtině známé od Hérodota, který jím označuje jistou kastu médských a později zoroastrovských kněží. Přeneseně se pak takto nazývali ti, kdo se zabývali tajnými praktikami a prorokovali budoucnost. Termín „mágové" napovídá, že muži mohli přicestovat z Persie, souvislost s hvězdou svědčí o kolébce astrologie Babylonu a tři dary (zlato, kadidlo a myrha) jsou charakteristické pro Araby, proslulé obchodníky s těmito komoditami.

Poutě významných osob z východu jsou historicky doložitelné jak v době před Ježíšovým narozením, tak v období, kdy vznikalo evangelium. Prvním Matoušovým čtenářům tak mohlo podobné vyprávění připadat povědomé. Příchod mágů za hvězdou může být podle Jana Roskovce jakousi „parafrází dobových reálií". Kromě toho je v Matoušově vyprávění rozpoznatelný ještě další motiv, a to odkaz na Starý zákon (u evangelií je běžné, že přebírají symboly a příběhy ze starozákonních textů, hledají souvislosti mezi tím, co předvídali starozákonní proroci, a tím, co se dělo kolem Ježíše Krista). I ve Starém zákoně tak můžeme najít hvězdu, konkrétně v příběhu Bileáma a Baláka z doby putování Izraele pouští po odchodu z Egypta: „Vyjde hvězda z Jákoba, povstane žezlo z Izraele". Symbolický, nikoli historicky popisný význam tedy hvězda má již v Matoušově textu.

Vraťme se ještě k mudrcům. Jak se z nich stali „tři králové"? Nejstarší zmínka o třech králích pochází až z počátku 3. století a jejich konkrétní počet se odvozuje zřejmě od množství přinesených darů. Jména Baltazar, Melichar a Kašpar se objevují až v latinském překladu řecké kroniky z 6. století a v raném středověku se dokonce začíná mluvit o údajných

Matoušův text je plný symbolických významů, až pohádkově bizarních rysů.

tělesných ostatcích tří králů – dodnes je uchovává katedrála v Kolíně nad Rýnem, kam je nechal v roce 1162 z Milána převézt Fridrich Barbarossa.

Má smysl zabývat se betlémskou hvězdou?

Postavy zmíněné v matoušovském textu utkané z historických nitek i biblických ozvěn dostaly postupně jména, tváře, a dokonce i kosti. Není to podobné s betlémskou hvězdou? Nehledáme pro ni vědecké astronomické vysvětlení v reálném světě zbytečně? Možná ano. Přesto se k této otázce astronomové v minulosti i dnes občas vracejí. „Bible jako kniha ovlivnila a bude ovlivňovat mnoho generací. A zcela jistě patří mezi zásadní historické prameny z období raného křesťanství, nezávisle na tom, jestli jsme věřící, či nikoli. Ověřování historických, geografických a dalších souvislostí, včetně těch astronomických, je nezbytné pro zasazení a posouzení Bible z hlediska historie lidstva," míní například astronom Viktor Votruba.

Ať už si o betlémské hvězdě a její reálnosti myslíme cokoli, pokládat si otázky není nikdy na škodu. Jestli byla, nebo nebyla betlémská hvězda kometou, výbuchem supernovy či konjunkcí planet, je nakonec nepodstatné. Stejně jako to, jestli podobná hvězda vůbec nad Betlémem vzplála. Symboliku hvězdy, která se v dnešní době pojí především s prožíváním vánočních svátků, to neumenšuje.

Třeba si na ni vzpomeneme, až letos kolem Vánoc zvedneme zrak k nočnímu nebi. Když si přivstaneme, můžeme k ránu spatřit jasný Jupiter a Mars, naopak neuvidíme Venuši, která jako Večernice čas od času ohlašuje začátek štědrovečerní večeře. Pro první vánoční přípitek si tak musíme počkat na první *opravdovou* hvězdu.

Veřejná sbírka

na vybudování pomníku českému fyzikovi Václavu Dolejškovi v parku na Mazance v Praze

„...experimentální poznatky, na nichž dnešní názor [o stavbě hmoty] budujeme, zůstanou. Naše názory se doplní a změní na základě nových poznatků. Získávání nových poznatků je ovšem stále těžší. Představit si, jaké technické využití z našich poznatků o hmotě vyplyne během několika desetiletí příštích, nemohu než nechat vašim úvahám a vaší fantasii. Obávám se, že nejtěžší v budoucnu bude populárně o hmotě vykládat."

V. Dolejšek (1896–1945)

[závěr článku „Moderní názory o stavbě hmoty", Elektrotechnický obzor 27, 1938, č. 53, s. 731–733.]

Účel využití veřejné sbírky:

Finanční prostředky sbírky budou využity na výrobu pomníku, jeho instalaci a na terénní úpravy související s okolím pomníku.

Číslo transparentního účtu:

279692912/0300

Děkujeme za příspěvek na vybudování příjemného místa se vzpomínkou na českého fyzika.

http://sbirka-dolejsek.avcr.cz

Akademie věd České republiky

SSČ

Ústav termomechaniky AV ČR, v. v. i.

Jak naučit počítače dokonaleji analyzovat a zpracovávat obrazová data, rozpoznávat objekty a potlačit rušivé vlivy a chyby v digitálních obrazech, například rozmazání, nedostatečné rozlišení, šum či geometrické zkreslení, zkoumá **Jan Flusser z Ústavu teorie informace a automatizace AV ČR**. Výsledky jeho bádání mohou výrazně pomoci v průmyslu, v medicíně nebo třeba při zajišťování bezpečnosti.

Pro lepší porozumění obrazu

Text: Jana Olivová | **Foto:** Pavlína Jáchimová

Při přebírání Akademické prémie jste řekl, že pracujete na pomezí umělé inteligence, informatiky a aplikované matematiky. Můžete svůj obor více přiblížit?

Počítačové zpracování obrazu je, zjednodušeně řečeno, obor, který se zabývá automatickým porozuměním zobrazené scéně. „Porozumění" si můžeme představit tak, že počítač najde důležité objekty a rozpozná je, tedy zařadí do předem definovaných tříd. Než k tomu může dojít, je potřeba tyto objekty nějak matematicky popsat. Člověk pracuje s vizuální reprezentací objektů, ale počítače takovou intuitivní schopnost nemají a potřebují abstraktní matematickou reprezentaci. Na počátku celého procesu je skupina metod, které „jen" daný snímek vylepšují, předzpracovávají, aby se s ním dále pracovalo co nejlépe. Jako samostatný obor vzniklo počítačové zpracování obrazu v šedesátých letech minulého století; první monografie *Picture processing by computer* od Azriela Rosenfelda je z roku 1969. První aplikační oblastí bylo zpracování družicových snímků, u nichž i velmi jednoduché metody, např. na potlačení šumu nebo zvýšení kontrastu, vedly k lepší vizuální interpretaci. Po rozšíření počítačové tomografie a dalších digitálních zobrazovacích metod se největší aplikační oblastí stala medicína. Masové rozšíření mezi běžné uživatele pak přinesly digitální fotoaparáty.

„Po rozšíření počítačové tomografie se největší aplikační oblastí stala medicína."
–Jan Flusser–

Asi každý, kdo má digitální fotoaparát, ví, že při snímání obrazu dochází k mnoha nepříznivým či přímo znehodnocujícím jevům, včetně rozmazání nebo nedostatečného vzorkování. S podobnými problémy se potýkají i obrazy z termovizních kamer nebo různých druhů mikroskopů. Tyto jevy už několik let matematicky modelujete a hledáte možnosti rekonstrukce digitálního obrazu. Čeho se vám už podařilo dosáhnout?

Vývojem metod na odstraňování zmíněných degradací se zabývají desítky pracovišť a stovky, či spíše tisíce vědců. Všichni se potýkají s problémem, že úloha je nedostatečně zadaná – originální snímek, který se snažíte odhadnout, je neznámý, funkce, jež snímek poškodila (tzv. impulzní odezva), bývá také neznámá, a šum, který situaci ještě komplikuje, je pochopitelně též neznámý. Nám se podařil v roce 2005 důležitý objev. Ukázali jsme, že když máme k dispozici více snímků téže scény, které se liší konkrétním poškozením, lze originální obrázek poměrně přesně a hlavně numericky stabilně odhadnout. Tahle myšlenka se nazývá vícekanálová dekonvoluce a byla známá již dříve. My jsme ale vyvinuli algoritmus, jenž se vyznačoval mimořádnou stabilitou a byl v podstatě první na světě, který bylo možné používat na skutečně reálná data pořízená mimo laboratoře. Od toho byl jen krok k vylepšování videozáznamů, protože video je vlastně posloupnost mírně různých snímků téže scény. Ukázalo se, že tato metoda může zvýšit rozlišení nekvalitního videa až dvojnásobně. Videa natáčená současnými mobilními telefony jsou tak kvalitní, že tuto proceduru nepotřebují, ale praktické uplatnění našel tento algoritmus u videokamer. Termální videa mají totiž originální rozlišení poměrně nízké. Pro firmu TESTO, která je předním světovým výrobcem termokamer, jsme náš algoritmus upravili na míru a spolu s jejich specialisty ho implementovali přímo na procesoru kamery, kde běží v reálném čase. Výsledné řešení získalo patent v USA a je pěknou ukázkou, jak lze rychle přenést teoretický výzkum do praxe, když je oboustranný zájem.

Zobrazovací metody se široce využívají i v medicíně – a také jistě mají své nedokonalosti. Nakolik se daří vaše postupy uplatňovat v této oblasti?

Aplikací v medicíně jsme měli v posledních letech několik. Zmíním dvě, které jsou zajímavé zejména unikátními vyšetřovacími metodami a použitými senzory, i když z hlediska zpracování obrazu šlo o relativně jednoduché algoritmy. Prvním dlouhodobým projektem, na němž spolupracujeme již několik let, je vyhodnocování výsledků při vyšetření hlasivek metodou videokymografie. Tento originální vyšetřovací postup, u jehož zrodu stáli čeští lékaři, využívá ultrarychlou jednořádkovou kameru, která se pacientovi vsune mezi hlasivky. Výstupní obrázek znázorňuje časový průběh jejich otevírání a zavírání v daném místě. Vyvinuli jsme metody a dodali software, jenž měří důležité parametry na hlasivkách a pomáhá lékaři vyhodnocovat jejich stav. Druhou úspěšnou aplikací, která vznikla pro fakultní nemocnici v Hradci Králové, je detekce krvácení v tenkém střevě ve videu natočeném kapslovou endoskopií. Jde o šetrné vyšetření, kdy pacient spolkne kapsli s miniaturní kamerou, světelným zdrojem a vysílačem. Kamera natáčí při průchodu zažívacím traktem videozáznam, který ale může trvat i několik hodin. Jeho vizuální vyhodnocování je tudíž časově velmi náročné. Naše metoda detekuje části videa s podezřením na výskyt krvácení a lékař se pak může zaměřit jen na tyto úseky. Dochází tak k obrovské úspoře času lékaře.

Další váš projekt usiloval o zvýšení prostorového rozlišení snímků a videa až za hranici danou fyzikálními možnostmi senzorů. Jeho teoretické výsledky měly sloužit

Akademická prémie

Prestižní ocenění podporuje vědeckou excelenci v Akademii věd ČR. Udílí se nejlepším vědcům za vysoce perspektivní výzkum. Prémie zároveň představuje nejvýznamnější vědecký grant v České republice, jeho nositelé získávají částku až 30 milionů korun, rozloženou na dobu šesti let, z níž mohou hradit náklady spojené s budováním vědeckého týmu, pořízením potřebných přístrojů a laboratorního materiálu. Ocenění vytváří mimořádným vědeckým osobnostem AV ČR podmínky, ve kterých mohou plně rozvinout svůj potenciál a dosáhnout světových výsledků. Letošními laureáty se stali Jan Flusser, Michal Fárník a Petr Baldrian, s nimiž přinášíme následující rozhovory.

ke zvýšení vizuální kvality pozemských i družicových astronomických snímků a také mimo astronomii. Podařilo se toho dosáhnout?

Astronomie byla opravdu jednou z cílových aplikačních oblastí. Vycházelo to jednak z naší předchozí dlouholeté úspěšné spolupráce s Astronomickým ústavem AV ČR, jednak ze skutečnosti, že zejména pozorování ze Země skrz atmosféru je vždy zatíženo ztrátou prostorového rozlišení kvůli rozptylu světla na částicích atmosféry. Podařilo se nám například úspěšně restaurovat snímky slunečních skvrn pořízené na observatoři v Ondřejově. Ve srovnání s jinými oblastmi má ovšem zpracování astronomických snímků relativně úzký okruh uživatelů. Proto jsme se posléze více orientovali na již zmíněné termokamery a na vývoj speciálních metod pro zpracování obrazu v mobilních telefonech.

Jeden z vašich nedávných projektů se zaměřoval na mezioborové využití metod zpracování obrazu při analýze a restaurování uměleckých děl. Jaké metody jste v jeho rámci vyvíjeli a s jakým výsledkem?

Spolupráci při ochraně kulturního dědictví se věnujeme zhruba 15 let. Rád vzpomínám na náš první projekt v této oblasti. Po roce 2000 se na nás obrátili restaurátoři, kteří právě dokončili velmi nákladnou restauraci mozaiky Posledního soudu, dobře známou všem návštěvníkům Pražského hradu. Nachází se na vnější stěně chrámu svatého Víta, nad Zlatou bránou, a je dominantou nádvoří. Naším úkolem bylo porovnat její čerstvě restaurovanou podobu s historickou fotografií od Jindřicha Eckerta, která zachycuje stav mozaiky v roce 1879. Eckertova fotografie byla v důsledku nevhodného skladování ve velmi špatném stavu, což porovnání značně komplikovalo. O rozsahu úlohy si můžeme udělat představu už jenom z počtu dlaždiček v mozaice – je jich přes milion. Podařilo se nám identifikovat a zdokumentovat několik odlišností, kterých se restaurátoři při různých úpravách za více než 100 let dopustili. Při práci na tomto projektu jsem si uvědomil, jak velký potenciál skrývá zpracování obrazu pro ochranu památek. Od té doby spolupracujeme s několika restaurátorskými skupinami v Česku i v zahraničí. Srovnáváme a analyzujeme snímky starých obrazů, typicky před tím, než začne jejich restaurování, pořízené v různých částech spektra. Infračervené spektrum nám umožňuje nahlédnout pod svrchní vrstvu, odhalit starší autorovy náčrty, z čehož mohou restaurátoři usuzovat, jak obraz postupně vznikal. Ultrafialové pásmo zase vypovídá o použitých pigmentech. Pracujeme i na mikroskopické úrovni, kdy zkoumáme příčné řezy obrazem a detekujeme různé barevné vrstvy. To vše slouží jako cenný podklad a pomoc restaurátorům.

Další důležitou oblastí, kterou by chtěl váš tým více prozkoumat s podporou Akademické prémie, jsou metody a algoritmy pro vektorová a tenzorová obrazová data. Přiznám se, že mi jsou tyto termíny poněkud vzdálené. Co se v nich skrývá a proč vás právě tato problematika zaujala?

Vektorová pole nejsou obrázky v pravém slova smyslu, ale existují tam četné analogie. Klasická fotografie je v jednom pixelu reprezentována jednou hodnotou intenzity (respektive třemi hodnotami, pokud je barevná). Vektorové pole je naproti tomu v každém bodě reprezentováno vektorem, který ukazuje například směr a rychlost pohybu částic v proudící kapalině. Vektorová pole se získávají buď z fyzikálních měření, nebo jako výsledky simulace. Představme si třeba experiment, kdy se zjišťuje obtékání vzduchu kolem automobilové karoserie. V těchto datech je důležité detekovat různé typické jevy, například víry. Cílem konstruktérů většinou je, aby k vírům nedocházelo a obtékání bylo hladké. Máme ideu, jak v naměřeném vektorovém poli detekovat jakoukoli zájmovou strukturu, jejíž jeden exemplární vzor můžeme algoritmu předložit. Detekce by měla být nezávislá na konkrétní velikosti, orientaci či dalších volných parametrech dané struktury.

Když budeme schopni zájmovou strukturu najít v jednom statickém vektorovém poli, pak budeme moci i sledovat její pohyb a vývoj v čase. Analogie se zpracováním obrazu je v tom, že i tam taková úloha existuje, řešení ale není jednoduše přenositelné kvůli odlišnému charakteru vektorových dat.

Od vektorových polí můžeme přejít o dimenzi výše a dostaneme se k polím tenzorovým. Fyzikové dobře znají třeba deformační tenzor, který v každém bodě tělesa udává jeho deformaci v závislosti na směru.

Myslím si, že algoritmy pro analýzu vektorových a tenzorových dat zažijí v blízké budoucnosti boom. Bude se totiž objevovat více přístrojů, které taková data produkují. Nedávno se například v medicíně objevila tzv. traktografie. Jde o metodu, jež na principu magnetické rezonance měří difuzi v každém elementárním objemu. Toto měření je navíc schopná provádět v každém směru zvlášť, produkuje tedy tzv. difuzní tenzor. Metoda je vhodná pro vyšetření periferních nervů, neboť vodivost nervů s difuzí úzce souvisí. Doufám, že se nám podaří využít mírného náskoku, který v této oblasti máme, k dosažení dalších originálních výsledků.

prof. Ing. Jan Flusser, DrSc.

Je odborníkem v oblasti zpracování a rozpoznávání obrazu. Vystudoval Fakultu jadernou a fyzikálně inženýrskou ČVUT v Praze, v letech 2007–2017 byl ředitelem Ústavu teorie informace a automatizace AV ČR. Ve svém výzkumu se věnuje novým metodám pro invariantní rozpoznávání a pro tzv. registraci obrazu, které umožňují získávat informaci z více snímků téže scény zároveň. Dále rozvíjí algoritmy pro softwarové zvyšování prostorového rozlišení a ostrosti snímku, které vyústily v řadu úspěšných aplikací v praxi a v jeden patent v USA. Za svůj výzkum obdržel Cenu předsedy Grantové agentury ČR (2006), Cenu AV ČR (2007) a Felberovu medaili (2015). Je autorem či spoluautorem více než 200 původních vědeckých prací včetně dvou monografií. Kniha *Moments and Moment Invariants in Pattern Recognition* (Wiley, 2009) se dočkala i překladu do čínštiny.

Text: Jana Olivová | **Foto:** Pavlína Jáchimová

Hrátky mezi molekulami

Chceme-li osvětlit ničení ozonu v atmosféře, poškozování DNA v lidském těle nebo vznik organických sloučenin ve vesmíru, musíme jít až k samé podstatě chemických procesů. Podle **Michala Fárníka z Ústavu fyzikální chemie J. Heyrovského AV ČR** je nejprve potřeba detailně poznat reakce mezi jednotlivými molekulami i dění přímo v molekule, která pohltí částici záření nebo se srazí s elektronem.

»

Věnujete se základním otázkám fyziky a chemie na molekulové úrovni, jelikož mohou poskytnout odpovědi na mnoho praktičtějších otázek. Čím přesně se zabýváte?
Například molekulami v atmosféře, které mají nějaký význam pro atmosférickou chemii. Naším dlouho oblíbeným tématem je ozonová díra. Zkoumáme proto například interakci určitých molekul s UV fotony nebo elektrony na ledových nanočásticích. Tyto procesy jsou důležité v atmosféře. Stejným způsobem ale můžeme studovat též pochody, které se podílejí i na ničení biomolekul v těle. Podobné přístupy se dají aplikovat na vznik složitějších molekul ve vesmíru. Další oblastí, do níž jsme v poslední době náš výzkum rozvinuli, jsou nanotechnologie. Sice se jimi nezabýváme přímo, ale v technologických procesech se opět děje něco s molekulami. Mnohé technologické postupy jsou vlastně tak trochu empirie, nějakým způsobem se vyzkoušely a fungují, ačkoli jim v principu nemusíme rozumět. Ovšem vždycky, když přírodě porozumíme, dá se této znalosti využít k nějakému zlepšení. A to je náš cíl.

Akademická prémie svědčí o tom, že váš výzkum je mimořádný, v čem je odlišný od jiných podobných?
Zabýváme se především klastry, což jsou soubory molekul – mohou být dvě, ale také tisíc, nebo dokonce desetitisíce. Je to omezený systém, a když chcete studovat chemii na molekulární úrovni, je výhodnější než systém makroskopický. Ten totiž obsahuje molekul nesmírně mnoho, takže jakmile dojde k nějakému procesu, na něj naváže další, sekundární – a jde to stále dál a dál. Vidíte ale jenom začátek (víte, jaké reaktanty jste dala do reakce) a pak úplný konec, který je ovšem výsledkem spousty dějů probíhajících jeden po druhém na molekulární úrovni. Právě ty nás zajímají. Na jedné straně se lze odpoutat od makroskopického systému, vzít si jenom dvě molekuly a třeba je srazit mezi sebou a dívat se, jak probíhá reakce jen mezi těmi dvěma izolovanými molekulami. Tím se získá velice detailní pohled na probíhající pochody. Ale na druhé straně chemická reakce jako celek je určená i okolím, ostatní molekuly také hrají roli. Takže omezit se jen na dvě molekuly také nestačí, abychom dostali odpovědi na všechny otázky. Ideální je proto systém, který už obsahuje nějaké okolí, a přitom je ještě natolik malý, že mu můžete porozumět na molekulární úrovni. Takový je náš přístup: vezmeme nějakou molekulu a obklopíme ji molekulami vody, čímž vlastně simulujeme molekulu v biologickém prostředí. Pak tam pustíme volný elektron – právě k tomu dochází v lidském těle vystaveném energetickému záření – a zkoumáme na molekulové úrovni, co se děje. Nejde o přístup úplně nový, neboť malé systémy zvané klastry (můžeme jim rovněž říkat nanočástice nebo v atmosférické chemii aerosoly či aerosolové částice) se samozřejmě studují dlouho.

V čem jsou tedy postupy nebo přístroje, které ke svým výzkumům používáte, nové?
Podařilo se nám v posledních několika letech v Ústavu fyzikální chemie AV ČR soustředit celou řadu experimentů, které samy o sobě sice existují různě po světě, ale nikde nejsou koncentrované na jedné aparatuře. Jakmile chcete porovnávat například výsledky pokusů z fotochemie a z pokusů se záchytem elektronů, problémem je, pokud se oba experimenty provádějí na různých aparaturách (např. v USA a v Číně) – pak vyvstává otázka, jestli byly experimentální podmínky shodné a zda se skutečně pracovalo se stejnými klastry. Výhodou naší aparatury je, že děláme různé experimenty s jedním molekulovým paprskem a jejich výsledky lze pak přímo srovnávat. Víme, že nanočástice, ony klastry, s nimiž jsme pracovali, byly ve všech experimentech stejné jednoduše proto, že jsou z jediného zdroje. Tím je naše aparatura světově unikátní. Navíc se v posledním roce naše výzkumná skupina rozrostla o další experimenty, které přivezli kolegové ze zahraničí. Umožňují nám výzkumy komplementární k těm, které provozujeme na hlavní aparatuře, a tudíž nám dovolují podívat se na zkoumané systémy ještě z jiných úhlů.

Zmínil jste termín „molekulové paprsky“, co si pod tím může laik představit?
Už někdy v 60. letech minulého století začali chemici pracovat s molekulovými paprsky, které vytváříme tzv. supersonickou expanzí. Prostě vezmete nějaké molekuly v plynné fázi a tryskou je posíláte do vakua. Ve vakuu není nic, je to prázdný prostor a při průchodu molekul z vyššího tlaku do vakua tryskou, která má v našem případě průměr asi 100 mikrometrů, se molekuly spojují, vytvářejí klastry a potom letí ve vakuu jedním směrem. Tomu se říká molekulový paprsek, přičemž mezi jednotlivými molekulami nebo klastry jsou takové vzdálenosti, že na sebe nijak nepůsobí. Neboli dostáváme izolované klastry či izolované molekuly ve vakuu, mezi nimiž není nic, takže s ničím neinteragují. Potom s nimi můžeme experimentovat: kupříkladu na ně posadíme další molekulu, poté k celému systému pošleme třeba UV foton nebo elektron a sledujeme, co se děje.

Uvedl jste, že sledujete mj. základní děje probíhající v atmosféře při ničení ozonu a zvětšování ozonové díry. Co konkrétně se vám už podařilo zjistit a co ještě budete zkoumat?
Asi každý ví, že ozonová díra vzniká nad Antarktidou a že nějak souvisí s freony. Freony se v přírodě normálně nevyskytují, byly vytvořeny uměle a začaly se vyrábět průmyslově jako chladiva atd. Když ale freony způsobují ozonovou díru, proč ji máme nad Antarktidou, ale není nad průmyslovými oblastmi, kde se freony vyráběly? Ukazuje se, že pochody, které vedou ke vzniku ozonové díry, jsou poměrně složité, reakcí je hodně, ale klíčovou roli hraje heterogenní chemie odehrávající se na povrchu ledových částic v tzv. polárních stratosférických mracích. Ty se vytvářejí, jak už název říká, ve stratosféře. Tam se vyskytuje ozon, o nějž nám jde, a tam se také ozon ničí. Ve stratosféře ale není mraků mnoho, je tam nízká vlhkost. Molekuly vody proto zkondenzují pouze v extrémně chladných oblastech. Z toho důvodu je ozonová díra nad Antarktidou. Přesně to jsme schopni v naší laboratoři zkoumat, poněvadž dokážeme

vytvořit ledové nanočástice, na ně si posadíme třeba molekulu freonu a pošleme tam UV foton. Neboli stimulujeme právě ten proces, k němuž dochází nahoře ve stratosféře, když do ní dopadají fotony slunečního záření. Zajímá nás mimo jiné, co se stane, když bude molekula freonu posazená na ledovou nanočástici: jestli se uvolní například atom chloru, radikál chloru – neboť právě tento atom vede k reakcím, které ničí ozon. Při jednom z experimentů jsme zjistili, že když molekuly freonu sedí na ledové nanočástici, orientují se tak, že atom chloru směřuje do ledu a po disociaci (čili poté, co se působením fotonu daná molekula rozbije) se chlorový radikál z dané ledové částice neuvolní. Nemohu tedy říct, že zkoumáme přímo ozonovou díru, protože reakcí s ní spojených je velká řada. My se však snažíme studovat na elementární úrovni některé z těch procesů, ke kterým tam dochází. Získané informace můžeme předat dál kolegům, kteří modelují celou atmosféru nebo nějaké její oblasti.

Předpokládám, že v uvedeném výzkumu chcete pokračovat i díky Akademické prémii. Jakým směrem půjdete?

Doposud jsme prováděli výzkum na ledových nanočásticích, kdy jsme používali čistě vodní klastry. Částice v atmosféře, aerosoly, ale nejsou obvykle čistě ledové, většina polárních stratosférických mraků obsahuje částice kyseliny dusičné anebo směsi kyseliny dusičné a kyseliny sírové. Také proto jsme v letošním roce zahájili nové experimenty – začali jsme vytvářet částice pro naši supersonickou expanzi s kyselinou dusičnou a sírovou. Zní to samozřejmě jednoduše – namísto vody vezmeme kyselinu; je to však řádově složitější, takže všechno vyžadovalo velmi dlouhou přípravu. Opět jde o výzkum trvající mnoho let, než se člověk posune od vody ke kyselině dusičné. Nicméně už máme velice zajímavé výsledky a výzkumy by nám nakonec mohly poskytnout i konkrétní čísla, která by zase mohli využít odborníci modelující atmosféru jako celek. Tyto smíšené částice se v ní totiž vyskytují ve značné míře a určují celou atmosférickou chemii.

doc. Michal Fárník, Ph.D., DSc.

Je chemickým fyzikem, absolventem Matematicko-fyzikální fakulty Univerzity Karlovy v Praze, kde získal i titul Ph.D. za experimentální výzkum reakcí iontů s molekulami ve zkřížených paprscích, tedy iontového a molekulárního paprsku. Devět let strávil v zahraničí, dvakrát v Ústavu Maxe Plancka v německém Göttingenu a mezi tím na Coloradské univerzitě v Boulderu v USA. Po návratu do České republiky založil v Ústavu fyzikální chemie J. Heyrovského AV ČR novou experimentální laboratoř pro výzkum fyzikálních a chemických procesů na molekulách, což se mu podařilo i díky aparatuře, kterou přivezl do Prahy z Göttingenu. Rozšířil ji a vybudoval jedinečné zařízení pro studium volných klastrů a nanočástic v molekulových paprscích ve vakuu. Tím položil základ nového výzkumného směru v Česku a založil v Ústavu fyzikální chemie J. Heyrovského nové oddělení dynamiky molekul a klastrů, v jehož čele stojí.

Další směr výzkumu, o němž jste se už také zmiňoval a který je určitě atraktivní i pro širokou veřejnost, je výzkum možných způsobů vzniku složitějších, organických molekul ve vesmíru. Můžete to krátce osvětlit?

Zajímá nás astrochemie a astrofyzika. Ve vesmíru je chemie velice specifická, protože jde o prázdný prostor, o vakuum – jak tam v tom případě může dojít k chemickým reakcím? K nim je třeba, aby se srazily nějaké molekuly, ale těch je málo. Zkoumají se v podstatě dva mechanismy. Jedním jsou reakce, do nichž vstupuje iont a molekula, neboť mezi nimi vždycky působí přitažlivá síla. Proto kdykoli se potkají, může dojít k reakci. Jeden způsob, jak mohou v mezihvězdném prostoru probíhat chemické reakce, je tudíž reakce mezi ionty a neutrálními molekulami – což se studuje už mnoho let.

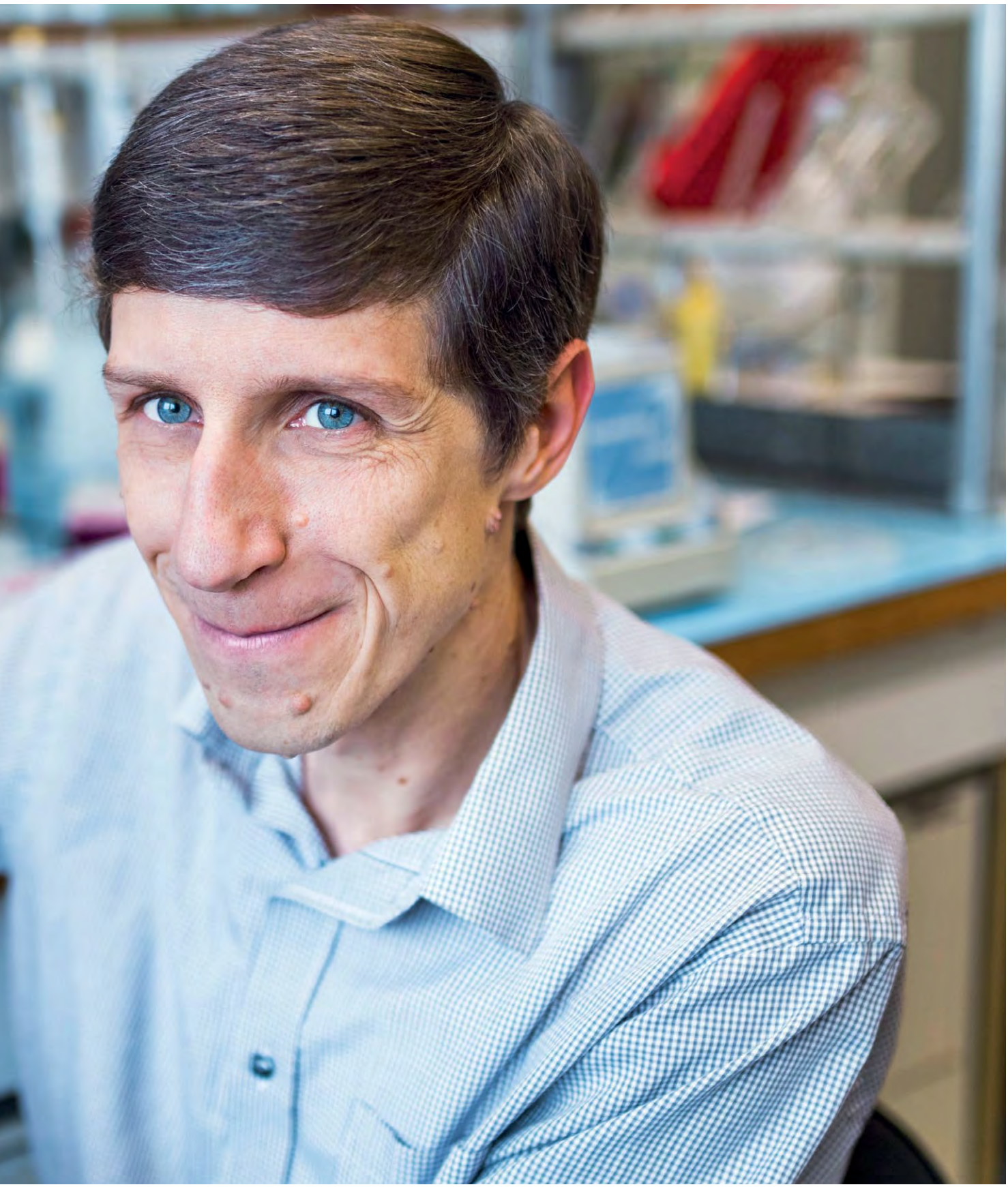
A druhý mechanismus?

O něm se také mnoho let ví, ale studuje se hůř. Týká se reakce na prachových nebo ledových zrnech. Ve vesmíru se vyskytuje obrovská spousta malých objektů i nanoobjektů, částic většinou z křemíku a dalších sloučenin, navíc ještě pokrytých vrstvou ledu. Může to být vodní led, může to být i led z jiných sloučenin. Když se na takovou částici posadí nějaká molekula, nemá dostatek aktivační energie, aby zase unikla pryč, jelikož v mnoha oblastech vesmíru panují velmi nízké teploty. Zmíněná částice tudíž funguje v podstatě jako houba, která nasává molekuly. Za miliardy let ve vesmíru se mohou různé molekuly na zmíněných částicích potkat a může dojít k chemické reakci. Třeba přiletí další foton nebo volný elektron, který ji nastartuje – a přesně to můžeme zase studovat v naší aparatuře. Můžeme si vytvořit částici, ať už z vodního nebo jiného ledu, posadit na ni nějaké jednoduché molekuly, třeba amoniak nebo oxid uhelnatý, a vytvořit z nich molekulu, která je základem pro složité organické sloučeniny. Sledujeme, jestli vůbec dochází k nějaké syntéze a zda se tímto způsobem dá složitější molekula vytvořit. Jinými slovy zkoumáme elementární proces, který může být zajímavý pro astrochemii, ale zrovna tak může být relevantní pro nějaké technologické postupy.

Jak fungují mikroorganismy v přírodě

Úlohu jednotlivých druhů bakterií a hub při přeměně látek v lesní půdě i v dalších složitých ekosystémech, jejich rozmanité vztahy s rostlinami a živočichy, od symbiózy až po parazitismus, zkoumá **Petr Baldrian z Mikrobiologického ústavu AV ČR**. Půdní houby a bakterie považuje za rozhodující hráče v ekosystémových procesech, zásadních pro globální toky látek a energie.

Text: Jana Olivová | **Foto:** Pavlína Jáchimová



Akademická prémie má významně podpořit vaše úsilí o detailní poznání role mikroorganismů v jejich původních ekosystémech. Vzhledem k jejich složitosti a proměnlivosti předpokládám, že jste se museli zaměřit pouze na vybrané aspekty. Na jaké konkrétně?

Zajímá nás, jak mikroorganismy fungují v jejich vlastním prostředí, takže si je nepůjčujeme do laboratoře, ale snažíme se s nimi pracovat přímo v půdě, kde je jich v přírodě zřejmě nejvíc. Speciálně nás zajímají lesní ekosystémy nebo půdy, které se vyvíjejí po narušení lidskou činností, například na důlních výsypkách. Mikroorganismy sice nejsou vidět, ale pro fungování ekosystémů jsou stejně důležité jako rostliny nebo živočichové. Rostliny zajišťují produkci biomasy, mikroorganismy se starají o její recyklaci, aby se z ní živiny zase uvolňovaly. Zároveň pomáhají rostlinám získat minerální látky. Jejich úkol je tedy velice důležitý. Nicméně mikroorganismů je mnoho: některé jsou škodlivé, jiné se starají samy o sebe a žijí si vlastním životem, další pomáhají rostlinám právě v příjmu živin. Snažíme se poznat, kdo je kdo a jakou plní úlohu v různých ročních dobách anebo v jednotlivých fázích vývoje daného ekosystému.

Mikroorganismů je obrovské množství. Co a jak lze vůbec zjistit o jednom organismu?

Představme si půdu nikoli jako „černou krabičku“, kde jsou ve všech místech stejné poměry, ale naopak jako prostředí velice různorodé. Nacházejí se tam kořeny rostlin, na jejichž povrchu je prostředí velmi bohaté, protože rostliny produkují do půdy látky, které mohou sloužit jako výživa. Na druhé straně tam jsou minerální částice a na jejich povrchu velmi omezené množství organické hmoty. Přitom bakterie žijí třeba celý život v jediném půdním póru, který má velmi specifické podmínky. Podle toho, jestli se příslušný pór nachází v organické hmotě či v minerální půdě nebo zda je bakterie přichycená k povrchu kořenu, je její prostředí výrazně odlišné. Čili půda je vlastně složením těchto odlišných mikroprostředí, jichž může být ohromné množství typů. S tím souvisí i rozrůzněnost bakterií. V jednom gramu půdy můžeme najít i miliardu bakterií více než tisíce druhů a navíc několik stovek druhů hub. Ne několik stovek jedinců, ale několik stovek druhů. Ilustruje to velkou prostorovou různorodost půdy. Zkoumat něco tak komplexního je samozřejmě obtížné. Umožnil nám to vývoj a zlevnění metod a technologií, které vedly k sekvenaci lidského genomu, takže ho dnes dokážeme přečíst během jednoho dne. Stejným způsobem umíme sekvenovat velké množství mikrobiální DNA z půdy a podívat se, kdo v ní žije a jakou má funkci.

Vědci dlouho mohli zkoumat mikroorganismy pouze v laboratoři – vy jste však vyvinuli speciální metody, které je umožňují studovat přímo v jejich přirozeném prostředí. Jaké to jsou a co konkrétně umožňují navíc oproti výzkumu mikroorganismů v laboratorních miskách?

Jde o metody dvojího druhu. Nejdříve nás zajímalo, které mikroorganismy jsou v dané půdě aktivní a které tam pouze přežívají. Některé jsou za přirozeného stavu takzvaně dormantní, dá se říct, že „spí zimním spánkem“, ve skutečnosti ovšem čekají na živiny. Jakmile je dostanou, mohou opět začít intenzivně růst. První otázkou tedy je, který mikroorganismus je v danou chvíli aktivní a který naopak není. Zde nám může pro detekci sloužit nalezení genu pro syntézu ribozomů – pokud mikroorganismus syntetizuje ribozomy, znamená to, že se chystá růst a vytvářet proteiny, a protože zmíněný gen se vždy produkuje pouze v aktivním období, svědčí jeho přítomnost o aktivitě příslušného organismu. Vyvinuli jsme metodu, jejíž pomocí dokážeme profilovat mikrobiální společenstva a říct, jaká část je aktivní. Druhý pohled obracíme přímo na jednotlivé mikroorganismy, a v tomto případě se už neobejdeme bez klasických laboratorních prací. Když jsme schopni konkrétní bakterii ze zkoumané půdy vyčlenit a dostat ji do laboratorní kultury, můžeme také přečíst její genom, který je proti lidskému maličký, takže to dnes nepředstavuje žádný problém. Jakmile známe genom bakterie, dokážeme už pozorovat přímo v konkrétním prostředí, které geny jsou v dané chvíli zapnuté nebo vypnuté. Takže umíme nejen říct, kterou část své genetické výbavy studovaná bakterie používá (třeba jestli jde o geny pro symbiózu, geny pro degradaci organických látek nebo geny, které jí umožní napadnout hostitele), ale zvládneme třeba i zjistit, jak se aktivita jednotlivých genů mění mezi letní a zimní sezonou, kdy je produkce kořenů a rostlin obecně velice rozdílná. V zimě se proto bakterie musí více spoléhat na rezervní látky, zatímco v létě žijí v období relativního dostatku, kdy jim rostliny poskytují do půdy hojnost organických látek.

Životní prostředí – ekosystémy – jsou obrovsky rozmanité. Nakolik poznatky, které získáte na jednom konkrét-

doc. RNDr. Petr Baldrian, Ph.D.

Je odborníkem v oblasti ekologie a fyziologie půdních hub a bakterií. Vystudoval mikrobiologii na Přírodovědecké fakultě UK v Praze a podílel se na vývoji a aplikaci metod pro studium mikroorganismů a jejich společenstev v přirozených ekosystémech. Již více než deset let vede laboratoř environmentální mikrobiologie Mikrobiologického ústavu AV ČR, která se zabývá ekologií, fyziologií a biochemií mikroorganismů v jejich přirozeném prostředí se zvláštním zřetelem na prostředí půdy, rostlinného opadu a rozkládajícího se dřeva. Petr Baldrian věnuje velkou pozornost zejména podílu mikroorganismů na přeměně organických látek a jejich vztahům s dalšími organismy, ale též biotechnologickým aplikacím. Mikroorganismy, které studuje, jsou totiž potenciálními zdroji biotechnologicky významných enzymů či sekundárních metabolitů. Je českým velvyslancem organizace International Society for Microbial Ecology a zakladatelem série mezinárodních konferencí Ecology of Soil Microorganisms.

ním místě, platí pouze pro danou lokalitu a nakolik se dají zobecnit?

Poznatky zjištěné o jedné bakterii se skutečně příliš zobecnit nedají, třebaže se snažíme pracovat s těmi, které jsou v dotyčném prostředí nejčetnější. Ovšem v okamžiku, kdy se ptáme, jak fungují ekosystémy, si místo celé půdy představíme onu zmíněnou „černou krabičku" a chceme vidět, jaké jsou tam vstupy a výstupy. Lesní ekosystémy jsou typické ukládáním uhlíku. Třeba uhlík, který formou CO_2 vypustíme do atmosféry, pomáhají lesy ukládat do půdy, čímž v ní jeho zásoba stále stoupá. Potřebujeme proto získat zásadní odpověď na otázku, jak rychlé je toto ukládání a jestli můžeme přijmout nějaké manažerské rozhodnutí, které by ho zrychlilo natolik, abychom mohli námi vyprodukovaný CO_2 z ovzduší odstranit. Nebo abychom věděli, zda při větším suchu nebo vyšších teplotách (způsobených změnou klimatu) nehrozí, že by se uhlík z oné lesní zásobárny naopak dostával ven do atmosféry. Samozřejmě na to nestačí pozorování v jednom typu lesa, bylo by potřeba výzkum zopakovat na širší škále, i když je nutno říct, že třeba naše horské lesy a severské lesy ve Skandinávii jsou si funkčně dost podobné. Zatím se nacházíme ve fázi, kdy vyvíjíme základní koncept uvedeného fungování; další krok by měl být nějakou generalizací získaných poznatků přes širší spektrum ekosystémů. Dostávám se tak k Akademické prémii, protože si myslím, že nám mimo jiné umožní navštívit více ekosystémů, podívat se na mikrobiální procesy v širším spektru lesů a říct, zda něco z toho, co jsme poznali, platí obecně.

Popišme si podrobněji jeden z případů – vydáte se do jednoho typu lesa, co konkrétně budete dělat a co přesně vás bude zajímat?

Přestože se zabýváme mikroorganismy, musíme popsat prostředí po mnoha stránkách. Důležitá je analýza vegetace, především dominantního stromového patra – stromy jsou nejdůležitějšími producenty, kteří v lesním ekosystému představují určitě více než 90 % primární produkce, to znamená fixace uhlíku z atmosféry. Zajímá nás ale přirozeně i bylinné patro, protože kořeny bylin jsou také osazeny mikroorganismy a ovlivňují, jaké druhy se tam vyskytují. Dále musíme stanovit fyzikální a chemické parametry půdy, protože její chemismus, hodnota pH a obsah živin definují nejen složení vegetace, ale také složení mikroorganismů. Takový je základní rámec, v němž se pohybujeme. Dalším rámcem je klima/klimatické faktory, délka vegetačního období, teplota, vlhkost a podobně. Mnohé ekosystémy například trpí v letním období suchem. Podmínky prostředí nám definují mantinely, v nichž mikroorganismy mohou žít. Dalším krokem je odběr vzorků, charakterizace celého mikrobiálního společenstva, identifikace jeho aktivních druhů a případně nějaký podrobnější průzkum určující, za jaký proces který z mikroorganismů zodpovídá. Zabýváme se zejména procesy ukládání a uvolňování uhlíku, to znamená mikroby, které pomáhají dodávat živiny rostlinám, aby mohly uhlík účinněji ukládat, a zároveň mikroorganismy, které naopak uhlíkaté látky rozkládají a uvolňují zpět do atmosféry.

Akademická prémie navazuje na váš předchozí dlouhodobě úspěšný výzkum. Co považujete za svůj hlavní dosavadní poznatek nebo nejvýznamnější část výzkumu?

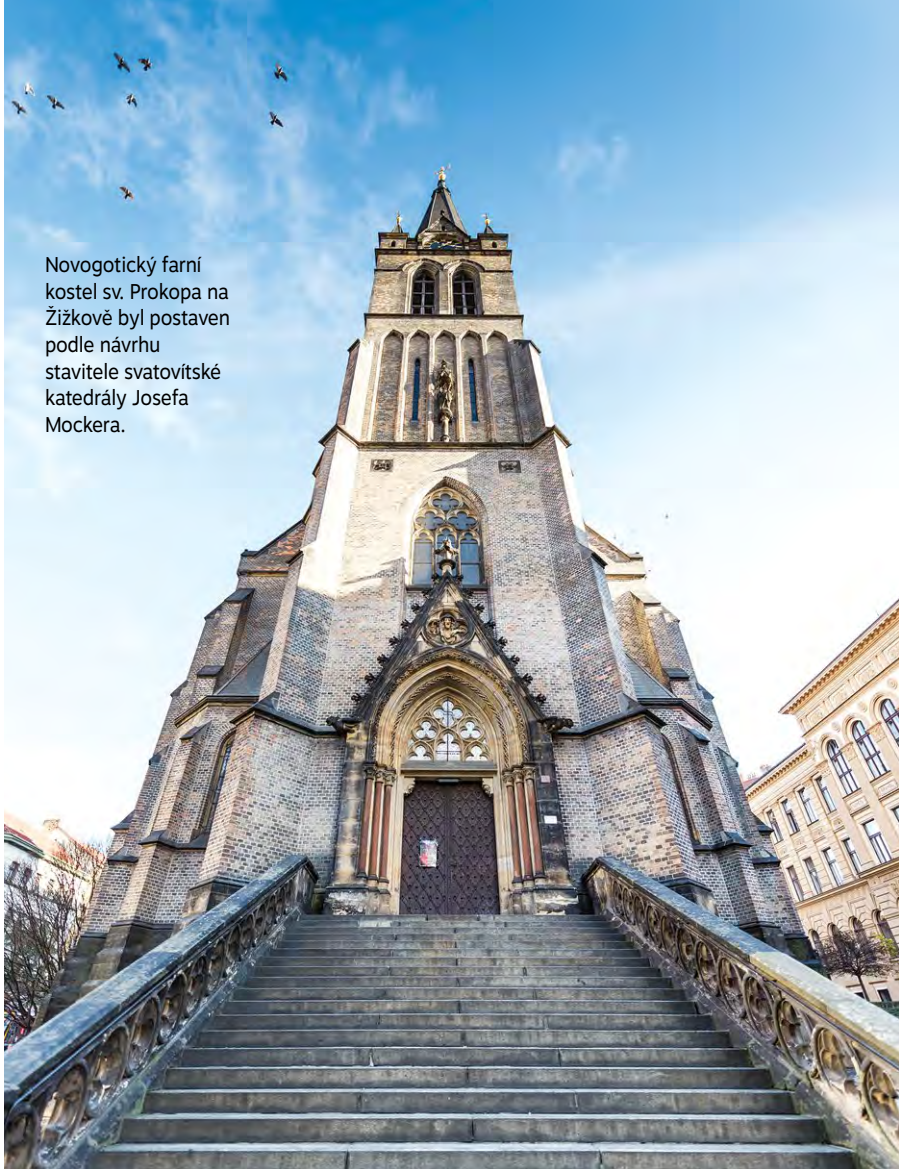
Za nejdůležitější považuji, že se podařilo nahlédnout do oné „černé krabičky" a že jsme dnes skutečně schopni rozklíčovat aktivity jednotlivých mikroorganismů. Dříve jsme byli metodicky omezeni, mohli jsme měřit vstupy a výstupy do půdy, například jak rychle respiruje, ale v podstatě jsme nevěděli, kdo za to může. Dlouho se vedla debata, jestli organickou hmotu rozkládají především houby, nebo zejména bakterie, protože houby jsou v tomto ohledu velmi účinné a třeba rozklad dřeva způsobují pouze houby. Panovalo proto paradigma, že právě houby jsou hlavními rozkladači a bakterie jsou fakticky pouze komensálové (organismy žijící v blízkém vztahu k jinému organismu, aniž by mu působily škodu – pozn. red.), kteří se živí tím, co jim houby poskytnou. Naše metody však umožnily prozkoumat podíl těchto dvou skupin a skutečně reálně kvantifikovat, že příspěvek obou je podobný, liší se ale mezi sezonami. Houby jsou aktivnější v létě, kdy jim jejich symbionti – stromy – dávají dostatek živin, kdežto bakterie jsou aktivnější v zimě, kdy zodpovídají za většinu dekompozičních (rozkladných) procesů. Jde tedy o poznání komplexity a spolupráce a rovněž odhalení toho, že uvedená „černá skříňka" není tažená jedním či dvěma aktivními druhy, ale že zahrnuje ve skutečnosti vysokou aktivitu stovek a tisíců druhů, které příslušný proces – třeba rozklad celulózy – katalyzují.

Text: Markéta Wernerová, Leona Matušková | **Foto:** Pavlína Jáchimová

Velká neznámá PRAHA

Český „Dehio“

Zárodky ideje psát o uměleckých památkách na určitém území sahají do 19. století. Na začátku 20. století ji formuloval německý historik umění Georg Dehio do představy o kvalifikovaných kapesních průvodcích určených pro co nejširší veřejnost. Tradice tzv. dehiových handbuchů je v Německu živá dodnes a rozšířila se i do sousedního Polska či Rakouska. Na počátku českých *Uměleckých památek* stála představa akademika a jednoho ze zakladatelů památkové péče v Čechách Zdeňka Wirtha, který chtěl „českého Dehia“ vydat i u nás. Wirthovu ideu prosadil a redakčně dotáhl historik umění z Ústavu teorie a dějin umění ČSAV Emanuel Poche, editor čtyř svazků *Uměleckých památek Čech*. Spolu s myšlenkou rostl i rozsah díla a z kapesního průvodce se staly publikace, které nahrazují okresní topografie a svým zaměřením jsou srovnatelné se zahraniční tvorbou.



Novogotický farní kostel sv. Prokopa na Žižkově byl postaven podle návrhu stavitele svatovítské katedrály Josefa Mockera.

Vinohrady, Malou Stranu či Staré Město pražské zná pravděpodobně každý, ale slyšeli jste někdy o Nedvězí, Točné, Zmrzlíku, Sobínu či Benicích? I tyto městské části jsou součástí Prahy. **Chcete-li je poznat, musíte opustit pohodlí vyšlapaných turistických cest a zamířit na okraj takzvané Velké Prahy.** Anebo se začíst do nově vydané publikace Ústavu dějin umění AV ČR nazvané *Umělecké památky Prahy – Velká Praha*.

Rozrůstání pražského území vyústilo v roce 1922 ve vznik Velké Prahy. Tvoří ji historické pražské čtyřměstí (Staré a Nové Město pražské, Malá Strana, Hradčany), doplněné o Josefov a Vyšehrad, jednotlivá předměstí (Smíchov, Karlín, Vinohrady, Žižkov), předměstské čtvrti (Holešovice-Bubny, Libeň), okrajové městské obce (Vysočany, Vršovice, Nusle, Podolí, Košíře, Břevnov, Bubeneč, Dejvice) a okrajové osady.

Více než tisíciletou historii uměleckých památek na okrajových územích dnešního hlavního města se pokusili zaznamenat badatelé z Ústavu dějin umění AV ČR – a počin je to vpravdě monumentální. Tři svazky, šest desítek autorů a téměř tři tisíce stran textů, nákresů a fotografií. První díl publikace *Umělecké památky Prahy – Velká Praha* vyšel v Nakladatelství Academia v roce 2012 a mnohaletou práci na jednom ze zásadních projektů ústavu završil dvousvazkový druhý díl, který vyšel letos. Oběma dílům *Velké Prahy* předcházely ještě čtyři svazky věnované pražskému čtyřměstí editorů Pavla Vlčka a Růženy Baťkové.

Náročný terénní a archivní průzkum

Cílem badatelů bylo doplnit mezery v umělecko-historické topografii Čech, především dosud opomíjeného hlavního města. Již počátkem devadesátých let 20. století se úkolu chopilo nově vznikající oddělení umělecko-historické topografie, tehdy v čele s Pavlem Vlčkem, editorem prvního dílu.

„Začínali jsme vnitřním městem, které bylo poměrně dobře zpracované i díky pasportům stavebně historických průzkumů, takže jsme nemuseli chodit do archivu. Vnější obvody byly daleko horší, k těm v podstatě neexistuje žádná literatura," popisuje náročnost práce Pavel Vlček, duchovní otec koncepce. Ukázalo se, že mimořádně důležitou roli hrají archivy stavebních úřadů. Tam bylo možné zjistit základní údaje, bez nichž by výpověď o historii objektu nebyla myslitelná. Míra práce v archivech byla různá podle objektů a podle toho, co o nich dříve bylo či nebylo známo. Většinou bylo potřeba nahlédnout i do dalších archivních fondů, například berní správy, obecních kronik a fondů obcí v oblastních archivech. U významnějších sakrálních objektů se po informacích pátralo v Národním archivu.

„Práce na textech byla velmi individuální. Každý z autorů zodpovídal za svůj ‚přidělený rajón'. K sepsání celistvého popisu bylo nutné objekt prohlédnout přímo v terénu a zároveň zjištění konfrontovat s archivními materiály," dodává editor druhého a třetího svazku Dalibor Prix.

Poznatky z archivů a z terénu se přitom mnohdy zásadně lišily. Část změn zmiňovaných v archivních materiálech se v budovách vůbec neuskutečnila, část zanikla pod nánosem pozdějších přestaveb. Na druhou stranu se při prohlídkách jiných objektů ukázalo, že jejich majitelé udělali stavební úpravy, které ale archivními materiály podchyceny nejsou.

Autoři se potýkali i s dalším problémem, dveře mnohých objektů jim zůstaly uzavřeny. Nesnadný byl přístup k archivní dokumentaci na stavebních úřadech, které se řídí zákonem na ochranu osobních údajů a badatele k plánům či archiváliím nepustily. „Často se bojí i majitelé objektů, kteří někdy provádějí dost drastické a bezohledné rekonstrukce a myslí si, že když nepustí historiky umění k archiváliím, nepřijde se na to. Mnohdy mají špatnou zkušenost farnosti, jindy majitelé domů, kteří nedovolí objekt prohlédnout," dodává jedna z autorek Taťána Petrasová, jež se specializuje na architekturu 19. století.

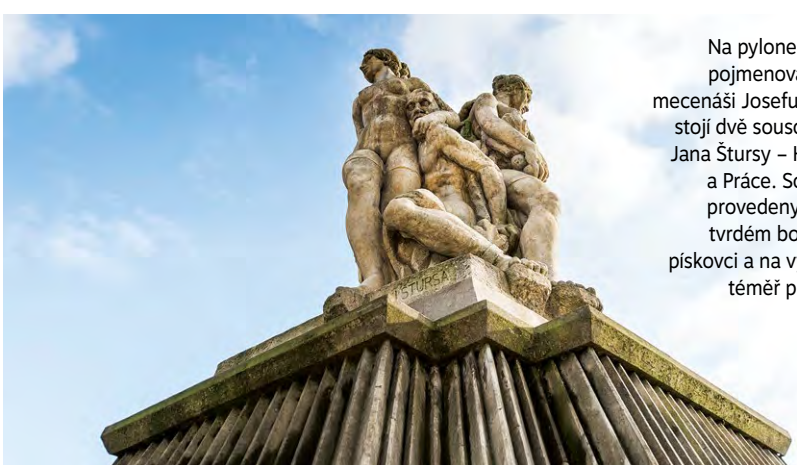
Z podstatné části nejsou stavby, areály a artefakty zahrnuté do *Uměleckých památek Prahy* úředně chráněnými památkami evidovanými v seznamu Ministerstva kultury ČR. To by se v budoucnu mohlo změnit. „Když jsme přijeli na místo, vytipovali jsme objekty, které jsou důležité, ačkoli zatím nejsou památkami. Pro obec jsou však velmi důležité z prostorotvorného hlediska," vyzdvihuje potenciál publikací Ludmila Hůrková, která zpracovávala například jednu z méně známých okrajových pražských částí – Písnici.

Vzhled jednotlivých budov se měnil, ale počet a rozmístění bývalých selských statků v Zadní Kopanině zůstávají podle archivních záznamů od poloviny 15. století stejné.

Moderní architektura i venkovská sídla

Praha představuje území, kde se dá najít úplně všechno – nejmodernější architektura, rozsáhlá panelová sídliště, historické čtvrti, které mají charakter předměstské zástavby, i pozůstatky sídel, jež svou strukturou sahají hluboko do minulosti, třeba k době po třicetileté válce, kdy se poměrně razantně měnila struktura pražského osídlení. Překvapující jsou úžasně dochované venkovské celky, pozůstatky historických jader vesnic ve stavu lepším než jinde mimo Prahu.

„Je to fascinující svědectví o světě, který už jinak vymizel z obecného povědomí – jak vypadá náves, jak jsou kolem seřazeny usedlosti, co je jejich součástí, jak jsou jednotlivé domy pojednané. Rozmanitost se promítá i do toho, že téměř každá vesnice má svůj originální vzhled a charakter," uvádí Dalibor Prix, který se při práci na projektu dostal do míst, jež by jinak určitě nenavštívil, a různorodost Prahy jej doslova fascinovala, jako příklad uvádí třeba Zadní Kopaninu a starý Hloubětín.



Na pylonech mostu pojmenovaného po mecenáši Josefu Hlávkovi stojí dvě sousoší z dílny Jana Štursy – Humanita a Práce. Sochy byly provedeny ve velmi tvrdém boháňském pískovci a na výšku mají téměř pět metrů.

Od továren až po boží muka

Bohatství pražských památek je nepřeberné. Encyklopedie se však nesoustředí jen na architekturu (hrady, zámky, tvrze, obytné domy aj.), najdeme tu i průmyslové památky (továrny, plynárny, mosty), umělecké řemeslo, vybavení, veřejnou plastiku, sochařství a mnohé další objekty světské i církevní. Popsána jsou i nádraží, sportoviště, letiště, hřbitovy či krematoria. Najdeme tu dokonce kostnici na zbraslavském hřbitově nebo chátrající benzinovou stanici ze třicátých let na Zličíně.

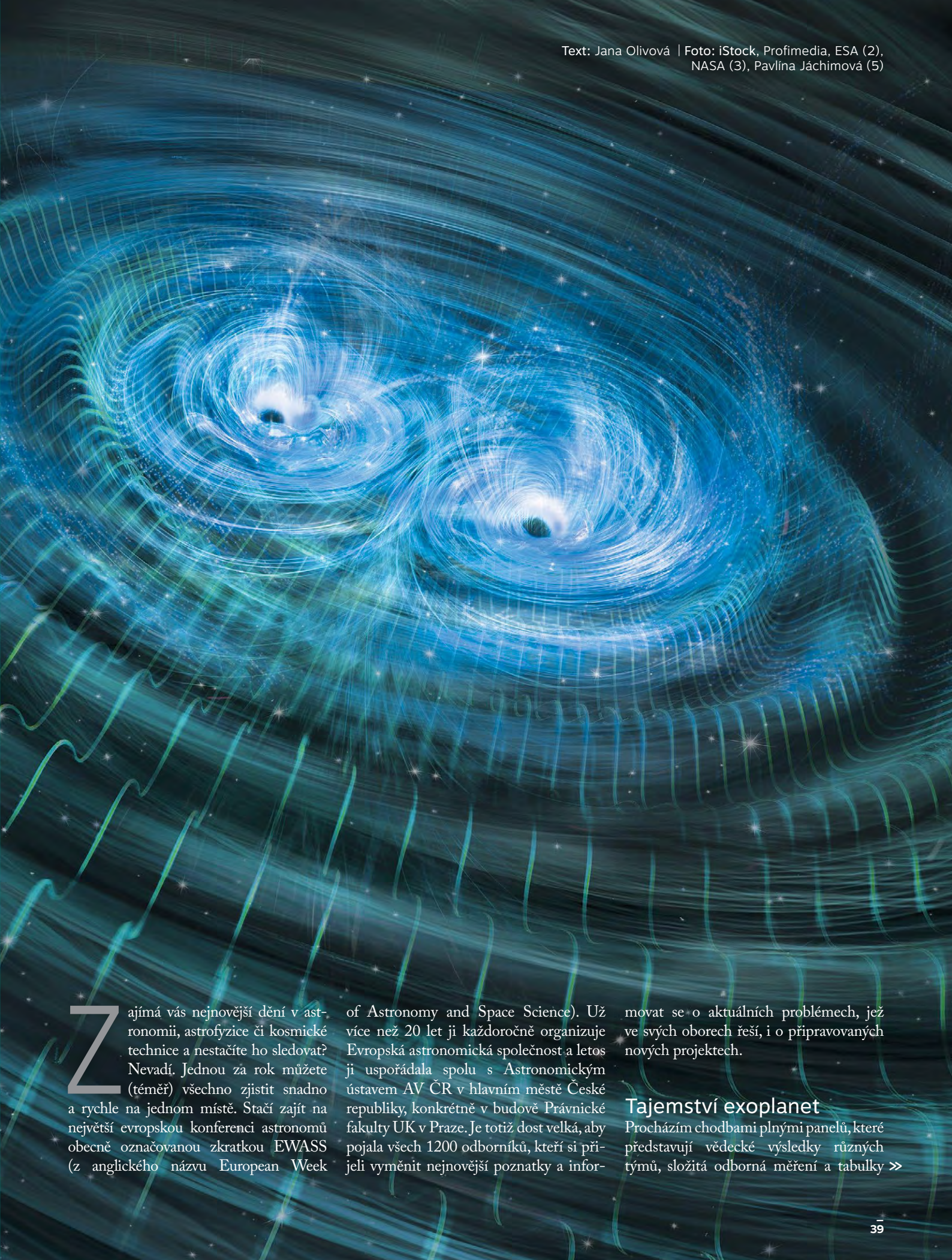
A komu jsou publikace určeny? „Doufáme, že je budou využívat lidé, kteří mají zájem o to seznámit se s památkovými objekty v okolí svého bydliště nebo v místě, kam se přijedou podívat. Měly by sloužit i lidem, kteří se zabývají prostředím pro život či památkovou péčí – památkářům v terénu i těm, kteří mají rozhodovací pravomoc," uzavírá editor Dalibor Prix.

Ačkoli mají knihy do kapesních průvodců daleko, prolistujte jejich stránky, načerpejte informace, vytyčte cíl a vydejte se prozkoumat skrytá, ale určitě ne nezajímavá zákoutí Velké Prahy. ▮

Příroda
je bohatší než naše představivost

Astronomie v kostce. Blízký i vzdálený vesmír, jeho nejmenší i největší stavební kameny, sluneční soustava i planety u cizích hvězd, hledání života ve vesmíru, temná hmota a energie, neutronové hvězdy, černé díry a gravitační vlny.

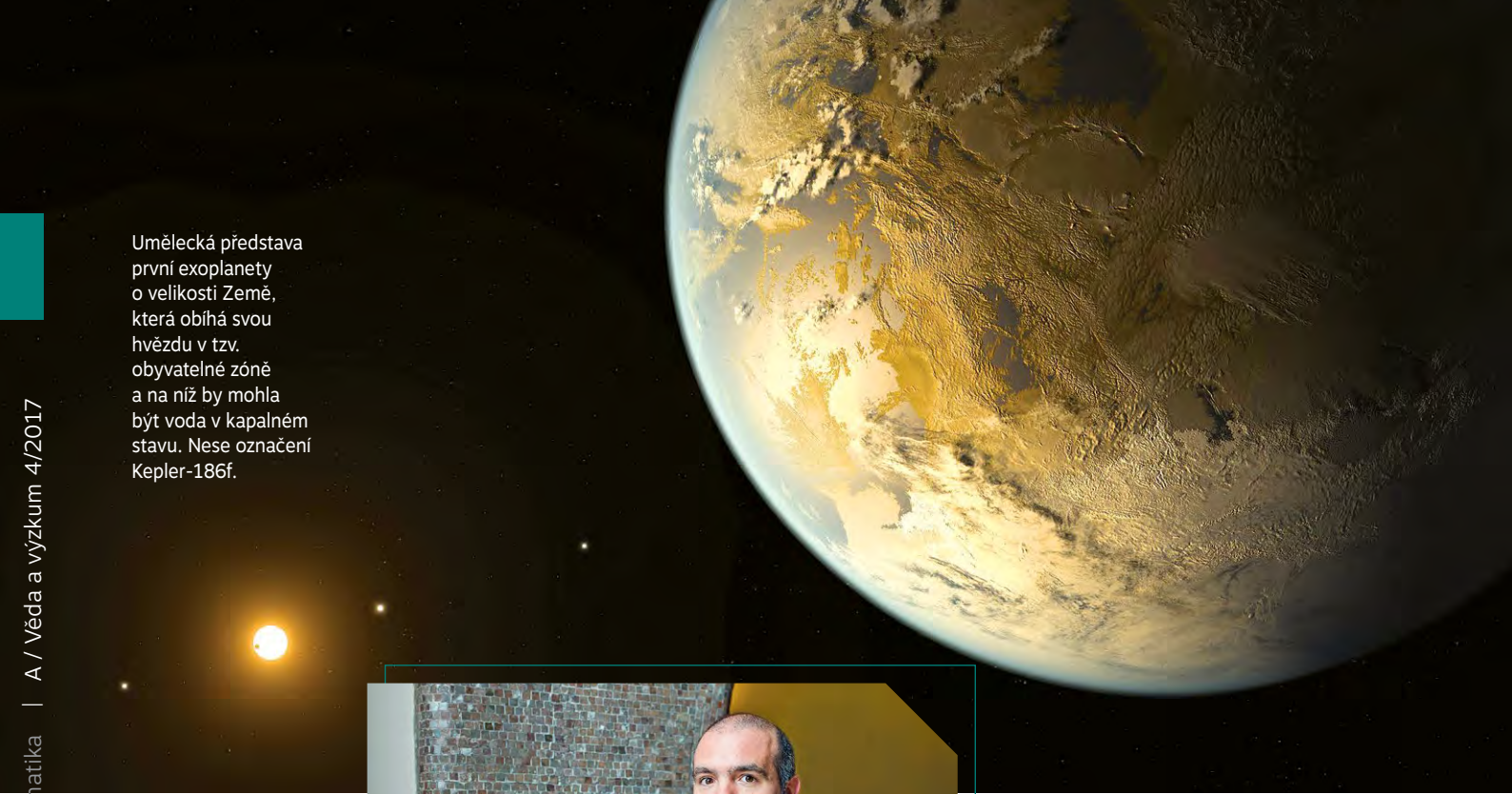
Text: Jana Olivová | **Foto:** iStock, Profimedia, ESA (2), NASA (3), Pavlína Jáchimová (5)



Zajímá vás nejnovější dění v astronomii, astrofyzice či kosmické technice a nestačíte ho sledovat? Nevadí. Jednou za rok můžete (téměř) všechno zjistit snadno a rychle na jednom místě. Stačí zajít na největší evropskou konferenci astronomů obecně označovanou zkratkou EWASS (z anglického názvu European Week of Astronomy and Space Science). Už více než 20 let ji každoročně organizuje Evropská astronomická společnost a letos ji uspořádala spolu s Astronomickým ústavem AV ČR v hlavním městě České republiky, konkrétně v budově Právnické fakulty UK v Praze. Je totiž dost velká, aby pojala všech 1200 odborníků, kteří si přijeli vyměnit nejnovější poznatky a informovat se o aktuálních problémech, jež ve svých oborech řeší, i o připravovaných nových projektech.

Tajemství exoplanet

Procházím chodbami plnými panelů, které představují vědecké výsledky různých týmů, složitá odborná měření a tabulky »



Umělecká představa první exoplanety o velikosti Země, která obíhá svou hvězdu v tzv. obyvatelné zóně a na níž by mohla být voda v kapalném stavu. Nese označení Kepler-186f.

Guillem Anglada-Escudé

či grafy, ale nabízejí i nádherné pohledy do vesmíru. Kterou z řady přednášek si vybrat?

Volím exoplanety, jak se říká planetám mimo naši sluneční soustavu. Koho by nezajímalo, jak pokročilo hledání těch, na nichž mohou být příhodné podmínky pro život, případně jestli je nějaká šance najít život mimo naši Zemi – pokud existuje. A jak pokročila pátrání po signálech prozrazujících existenci vyspělé inteligence ve vesmíru? Vcházím do auly, kde právě Guillem Angladu-Escudé z britské Queen Mary University of London přednáší o tělese, jehož objev v loňském roce vyvolal mimořádný zájem: planetě Proxima Centauri b v soustavě trojhvězdy Alfa Centauri, vzdálené necelých 4,5 světelných let od Země, a o poznatcích, které se o ní zatím podařilo získat.

Nadmíru zajímavá je hned z několika důvodů: je to nám nejbližší známá exoplaneta, je pravděpodobně kamenná, odhadem o třetinu hmotnější než Země, navíc jsou její teplotní podmínky takové, že by na jejím povrchu mohla existovat voda v kapalném stavu. Její mateřská hvězda Proxima Centauri (nebo též Alfa Centauri C), kolem níž planeta oběhne neuvěřitelně rychle (jednou za 11 dní), je tzv. červený trpaslík, což je malá a poměrně chladná hvězda s hmotností asi třetiny našeho Slunce.

Hvězdy tohoto typu jsou podle současných poznatků ve vesmíru nejpočetnější. Ne náhodou Guillem Anglada-Escudé nazval svou přednášku „Proxima b, planety u červených trpaslíků a hledání života mimo sluneční soustavu“. Ptám se ho, jestli dnes, kdy už známe několik tisíc exoplanet, můžeme říct, jak vypadá typický extrasolární systém. „Naše sluneční soustava je trochu zvláštní, takové nejsou běžné a obtížně se hledají. Víme, že nejběžnější planetární systém má hvězdu a velice blízko ní, s oběžnou periodou v řádu dnů, krouží několik planet. Můžete si to představit jako planetu Jupiter s jeho měsíci; stejnou architekturu mají zmíněné kompaktní systémy sestávající z hvězdy a planet s oběžnou dobou 5, 10, 15, 20 dnů – ne roků, ale dnů!“ odpovídá Guillem Anglada-Escudé a připomíná, že metod, jimiž se dnes exoplanety objevují, je několik, některé spolehlivější, jiné méně. Velmi často se využívá měření změn radiální rychlosti. Pokud má hvězda planetu, obě tělesa obíhají kolem společného těžiště, což má za následek střídavé přibližování a vzdalování hvězdy od Země. Tento nepatrný periodický pohyb hvězdy směrem k nám a zase od nás se projevuje posunem spektrálních čar ve světle hvězdy – jde o tzv. Dopplerův jev. Když se hvězda pohybuje směrem k Zemi, její světlo se posouvá k modré části spektra, když se od Země vzdaluje, posouvá se naopak více k červené oblasti.

Další metoda sleduje změny jasu hvězdy. Když planeta přechází (z našeho zorného pole) před kotoučem své mateřské hvězdy, poněkud ji zastíní a jas hvězdy, kterou pozorujeme, slabě poklesne – metodou tranzitů se dá určit nejen sama existence planety, ale i některé její vlastnosti. Největším překvapením byla pro Guillema Angladu-Escudého rozmanitost už známých planetárních systémů ve vesmíru: „Jsou velmi bohaté a ukazuje se, že časté jsou zejména planetární soustavy kolem červených trpaslíků, tedy hvězd jako je Proxima Centauri, s množstvím teplých planet na blízkých oběžných drahách.“

Pro vědce je vzrušující, že mohou takové planety zkoumat a charakterizovat především z hlediska možných příznivých podmínek pro život. Najít ho mimo planetu Zemi je bezesporu konečným cílem. Astronomové a astrofyzikové se proto snaží mimo jiné spektroskopickými metodami stanovit, jestli má zkoumaná planeta atmosféru, hledají molekuly nebo kombinace molekul, které se ve vesmíru nevyskytují přirozeně, bez přítomnosti živých organismů.

Takto si ilustrátor představuje planetární systém PSR B1257+12 objevený v roce 1992 u extrémně rychle rotující neutronové hvězdy neboli milisekundového pulzaru.

Pátrání po mimozemské inteligenci

Rozvoj techniky zlepšil možnosti hledání nejen exoplanet, ale i důkazů o existenci mimozemských civilizací. Zjišťuji, že i toto téma zaujímá v programu EWASS významné místo a že konkrétně Steve Croft z Kalifornské univerzity v Berkley v USA představuje rozsáhlý výzkumný program nazvaný The Breakthrough Listen – tedy volně přeloženo Průlom v naslouchání. Ptám se na podrobnosti a dozvídám se, že úkolem programu je provádět přehlídku (přesněji řečeno „naslouchat“ na přesně vymezených frekvencích) více než milionu nejbližších hvězd pomocí výkonných radioteleskopů, mnohonásobně citlivějších než dosavadní přístroje pro hledání mimozemské inteligence. Jsou to především 100metrový řiditelný radioteleskop Roberta C. Byrda na observatoři Green Bank (Západní Virginie) a 64metrový talířový radioteleskop observatoře Parkes (Austrálie). V rámci širšího projektu Breakthrough Initiative bude pracovat rovněž dalekohled na Lickově observatoři v Kalifornii, který má pátrat po optických, respektive laserových signálech s takovou citlivostí, že by dokázal detekovat běžný průmyslový laser na mezihvězdné vzdálenosti. Vědci sledují nejen střed naší Galaxie a galaktickou rovinu, ale i stovku nám nejbližších cizích galaxií a doufají v převratný objev dokazující existenci mimozemské inteligence.

Steve Croft mi objasňuje, podle jaké strategie postupují: „Sledujeme konkrétní hvězdu z našeho seznamu, pak se přesuneme k jiné, jí blízké hvězdě, a pak zase zpátky k té první. Tak to třikrát opakujeme. Vycházíme z předpokladu, že tímto způsobem vyloučíme místní signály. Snadno si představíte člověka, který si chvíli hraje s mobilním telefonem, snaží se připojit k wifi apod.: signál se objeví a zase zmizí. Nás ale zajímají signály, které se objeví, když pozorujeme jednu hvězdu pět minut, ale zmizí, sotvaže otočíme teleskop jiným směrem, ovšem když se za chvíli vrátíme k první hvězdě, signál se objeví znovu. Jakmile se to opakuje třikrát, při třech cílených pozorováních jedné hvězdy, začne to být zajímavé.“

Daný postup však sám o sobě nestačí, protože situaci pozorovatelům komplikuje neustálé rušení produkované lidmi, signály se objevují pořád z nejrůznějších přístrojů na Zemi, z letadel, ale i družic, které prolétávají nad observatořemi. „Proto využíváme i postup, kdy pátráme po signálech, jejichž frekvence se určitým způsobem mění v čase,“ říká Steve Croft a vysvětluje, jak důležité je vyloučit tzv. falešně pozitivní signály. Dále je třeba rozpoznat – a pominout – objekty a jevy ve vesmíru, které vydávají rádiové signály přirozeně. „Ty ale obvykle nevydávají signály omezené pouze na úzké pásmo frekvencí. Třeba pokud jde o emise vodíkového plynu nebo emise elektronů pohybujících se v silných magnetických polích v okolí černých děr – rádiové záření z nich vychází v širokém pásmu frekvencí. Používám následující příměr: když jedete někde v odlehlejší oblasti autem a snažíte se naladit rádio, slyšíte spoustu šumu na pozadí – a najednou se objeví stanice, přímo zaburácí. Hned poznáte, že ten signál někdo vytvořil uměle, že k jeho vzniku byla použita technika.“

Steve Croft

Důvod je podle Stevea Crofta zjevný. Umělý signál v sobě nese určitou informaci a je ohraničený na úzké frekvenční pásmo. „Je snadné rozlišit přirozené a umělé signály. Skutečným problémem ovšem je odlišit umělé signály produkované lidmi od umělých signálů, »

Ilustrace ke startu družice GAIA, kterou vynesla raketa Sojuz z kosmodromu Kourou v roce 2013.

které by mohly přicházet od cizí civilizace.“ Příliš by nepomohlo ani umístit detektor na oběžné dráze, protože signály ze Země a od družic by stále rušily i tam. Vynikajícím místem pro umístění rádiové observatoře „lovící“ signály z hlubin vesmíru by proto byla odvrácená strana Měsíce, kde by se signály ze Země odstínily tisíci kilometry hornin. To by však bylo příliš nákladné. Zatím tudíž nezbývá než spoléhat na pozemské radioteleskopy. „Myslím, že máme techniku a strategie, které mohou zmíněné problémy zmírnit natolik, abychom dokázali říct: tohle je z místního zdroje, kdežto toto je zajímavý signál, který může přicházet z vesmíru. Stále pracujeme na strategiích, které nám to podle mého názoru nakonec dovolí,“ konstatuje Steve Croft.

Gaia mapuje Galaxii

Těším se i na novinky o pozoruhodné družici Gaia Evropské kosmické agentury (ESA), která s dosud nevídanou přesností monitoruje velkou část naší Galaxie, měří vzdálenosti, polohy a vlastní pohyby hvězd, aby vytvořila dynamickou trojrozměrnou mapu Galaxie. Na základě jejích pozorování vzniká největší celooblohový katalog vesmírných objektů obsahující více než miliardu hvězd.

Gaia zároveň hledá planetky ve sluneční soustavě a dostala rovněž za úkol otestovat Einsteinovu obecnou relativitu na základě pozorování ohybu záře hvězd v gravitačním poli Slunce. Analýzám prvních vědeckých dat shromážděných družicí Gaia se věnoval kromě jiných Anthony G. A. Brown z Leiden Observatory v Nizozemsku. Nejen on je plný očekávání, že astrometrické, fotometrické a spektroskopické přehlídky oblohy přinesou zásadní poznatky o vývoji Mléčné dráhy, o struktuře a vývoji Galaxie, o velmi hmotných hvězdách a závěrečných stadiích jejich vývoje.

Nejenergetičtější děje ve vesmíru

Dramatické procesy ve vesmíru, při nichž se uvolňuje obrovské množství energie a fotony se extrémně urychlují, vzbuzují pozornost astrofyziků už dlouhá léta. Vynakládají proto nemalé úsilí a prostředky, aby pronikli hlouběji k jejich podstatě. Na konferenci EWASS podrobně představují projekt nazvaný Cherenkov Telescope Array neboli CTA, jehož cílem je v rámci široké mezinárodní spolupráce 1400 vědců ze třicítky zemí, včetně České republiky, vybudovat rozsáhlou pozemní observatoř nové generace pro detekci vysokoenergetických fotonů – záření gama.

Werner Hofmann z Ústavu Maxe Plancka pro jadernou fyziku v Heidelbergu představuje novinářům impozantní baterii více než 100 teleskopů několika typů. Rozmístěny budou na dvou místech na Zemi, jednak na severní polokouli na ostrově La Palma, kde zaujmou plochu zhruba jednoho čtverečního kilometru, jednak na jižní polokouli v poušti Atacama, kde pokryjí asi devět čtverečních kilometrů. Astrofyzikové jejich pomocí chtějí studovat zmíněné dramatické jevy a také prověřit některé z hypotéz o podstatě zatím tajemné temné hmoty.

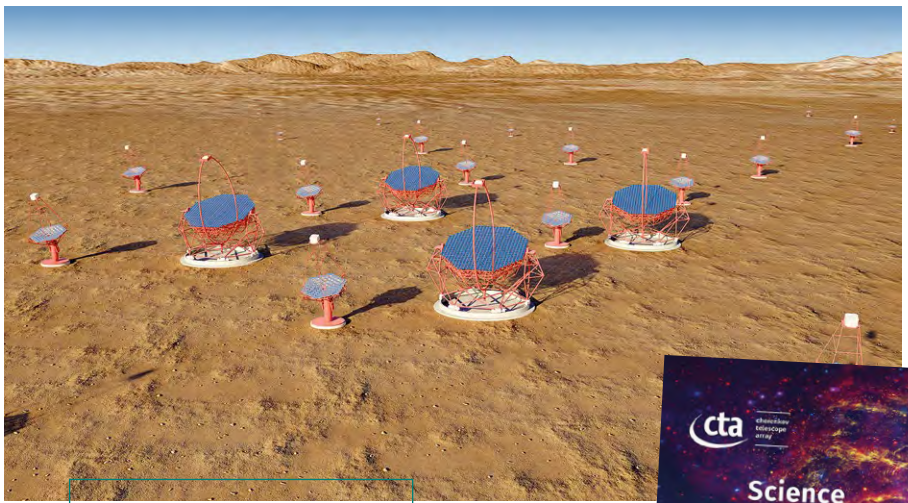
Horký vesmír

Dále se dozvídám, že vznik a vývoj prvních galaxií ve vesmíru byl podle všeho daleko

dramatičtější, než se dosud předpokládalo. S uspokojením a trochou pýchy na náš kout světa sleduji, s jakým úspěchem při prestižní plenární přednášce představuje výsledky výzkumu Norbert Werner, astrofyzik slovenského původu, který dříve působil ve slavném Kavliho ústavu pro částicovou astrofyziku a kosmologii při Stanfordově univerzitě v USA. Nyní vede vědecký tým zkoumající „horký vesmír" na univerzitě v Budapešti a vyučuje na Masarykově univerzitě v Brně. Ptám se ho, jaký největší problém v současné době badatelé v jeho oboru řeší. Odpovídá, že pouze malá část – asi 10 % – nám známé normální hmoty (odborně zvané baryonové) sestávající z atomů tvoří hvězdy a galaxie. Naprostá většina hmoty má podobu řídkého mezigalaktického plynu. „Po velkém třesku se ve vesmíru vytvořil vlastně jen vodík, helium a stopové množství lithia. Ostatní chemické prvky vznikly v nitru hvězd a byly rozesety po vesmíru při výbuších supernov. Otázkou je, zda a nakolik je zmíněný mezigalaktický plyn obohacený o tyto těžší prvky, jestli se dostaly ze supernov vybuchujících uvnitř galaxií až do mezigalaktického prostoru."

Mezinárodní vědecký tým, jež vedl Norbert Werner, prokázal, že mezigalaktická hmota je skutečně obohacená o těžší chemické prvky jako např. kyslík, dusík či železo rovnoměrně, a to v množství odpovídajícím 30 % jejich koncentrace ve Slunci. Horký rozptýlený plyn, který vyplňuje prostor mezi galaxiemi, má ve všech zkoumaných kupách galaxií prakticky stejnou koncentraci kovů (připomeňme, že v astronomii se všechny prvky mimo vodík a helium označují za kovy). Jejich stejnoměrné rozložení potvrzuje dřívější domněnky, že většina železa a dalších prvků nyní obsažených v mezigalaktickém plynu vznikla už v prvních hvězdách a galaxiích, které se zformovaly po velkém třesku, dlouho předtím, než se vytvořily kupy galaxií. Kdyby totiž zmíněné prvky vznikly později, jejich koncentrace by byla v každé galaktické kupě jiná.

Supernovy, které jsou zdrojem kovů, vybuchovaly už v době, kdy ve vesmíru vznikaly v hojném počtu první hvězdy obřích hmotností. Právě nejhmotnější hvězdy totiž svůj krátký život končí jako supernovy. Vědci si kladli otázku, jestli energie všech supernov, které tehdy explodovaly z hlediska kosmického času prakticky současně, sama o sobě stačila pro „vyfouknutí" plynu obohaceného o kovy z galaxií do mezigalaktického prostoru. Podle Norberta Wernera je dost možné, že nestačila: „S velkou pravděpodobností k tomu byly potřeba i výtrysky z blízkosti supermasivních černých děr. Když hmota padá do černých děr, uvolňuje se v jejich blízkosti obrovské množství energie ve formě výtrysků a větru – ta byla zřejmě také důležitá pro vyfouknutí plynu obohaceného o kovy pryč z galaxie a pro jeho promíchání v mezigalaktickém prostoru."



Vizualizace části pozemní observatoře CTA pro detekci vysokoenergetických fotonů

Werner Hofmann

Raný vesmír byl mnohem divočejší a energetičtější, než jsme si představovali.
–Norbert Werner–

Od Françoise Combesové z Observatoře v Paříži pak zjišťuji další podrobnosti o roli černých děr v těchto procesech: „Je to velký problém kosmologických scénářů. Věříme, že právě černé díry vytlačují plyn ven z galaxií, a snažíme se najít mechanismus, jakým se to děje; to je v současné době žhavé téma. Vytváříme modely a simulace, hledáme u černých děr pochody dostatečně účinné, aby mohly vyvrhovat tak obrovské množství atomů do mezigalaktického prostoru." Mohlo by k tomu docházet v případě, že je černá díra příliš nenasytná. „Když se černá díra příliš ‚krmí', vyzařuje z jejího okolí silné záření. Hmota, která padá na černou díru a hromadí se kolem ní v tzv. akrečním disku, je totiž velice horká, takže vyzařuje silné rentgenové, ultrafialové a další záření. V důsledku toho vzniká tlak záření, který vyvažuje gravitaci černé »

díry, působí proti ní. Další plyn proto už nemůže padat na černou díru, ale je vytlačován pryč.

Dosud získané výsledky výzkumů platí především pro nejhustější místa ve vesmíru, jakými jsou blízká okolí velkých galaktických kup. A jak se dá mezigalaktický plyn pozorovat? Jelikož jeho teplota dosahuje desítek milionů stupňů Celsia, vydává rentgenové záření. Zkoumá se proto pomocí spektroskopů na družicích, jelikož zemská atmosféra rentgenové záření absorbuje. „Satelity obíhající kolem Země mají rentgenové CCD kamery, které detekují jednotlivé rentgenové fotony a zjišťují jejich energii, což nám umožňuje podívat se i na spektrální složení mezigalaktického plynu. Z intenzity spektrálních čar pak dokážeme určit, jaká je v něm koncentrace chemických prvků," objasňuje mi dále Norbert Werner. Připouští zároveň, že otevřených otázek je stále ještě dost, například kolik je těžších chemických prvků v oblastech vesmíru řidších, než jsou kupy galaxií. „Existují ještě řádově menší objekty nazývané skupiny galaxií – a byl bych zvědavý, jestli mají též podobnou koncentraci chemických prvků, nebo jestli v těchto méně hustých místech vesmíru mohla tvorba hvězd probíhat později a možná s odlišnou intenzitou." Další snahou vědců proto zřejmě bude změřit koncentraci chemických prvků právě ve skupinách galaxií.

Gravitační vlny

Největší rozruch v astronomické obci vyvolal nedávný převratný objev gravitačních vln, respektive jejich první přímé pozorování, a to, co vypovídají o minulosti i současnosti vesmíru. Není divu, že patřily i mezi nejpřitažlivější témata EWASS – o to víc, že krátce před konferencí detektor LIGO potvrdil už třetí případ detekce gravitačních vln, které vznikly při kataklyzmatickém splynutí dvou černých děr.

Nemůžu proto minout tiskovou konferenci, na níž Alberto Vecchio z univerzity v britském Birminghamu s nakažlivým nadšením popisuje nejnovější výsledky LIGO i plány do budoucna. Pokud ještě ve skepticích, jako jsem i já, přetrvával poslední stín pochybností, nakolik spolehlivě se dají provádět tak nesmírně náročná a superpřesná měření, rozptýlila ho o pár týdnů později zpráva, že za pozorování gravitačních vln ve vesmíru a vybudování detektoru LIGO byla udělena Nobelova cena (podrobněji viz strana 13). Přibližně v téže době astronomové oznámili další detekci gravitačních vln – tentokrát ještě přesnější díky tomu, že se k detektoru LIGO připojil i evropský detektor Virgo. Nové okno do vesmíru se tedy, jak vidno, otevírá dokořán.

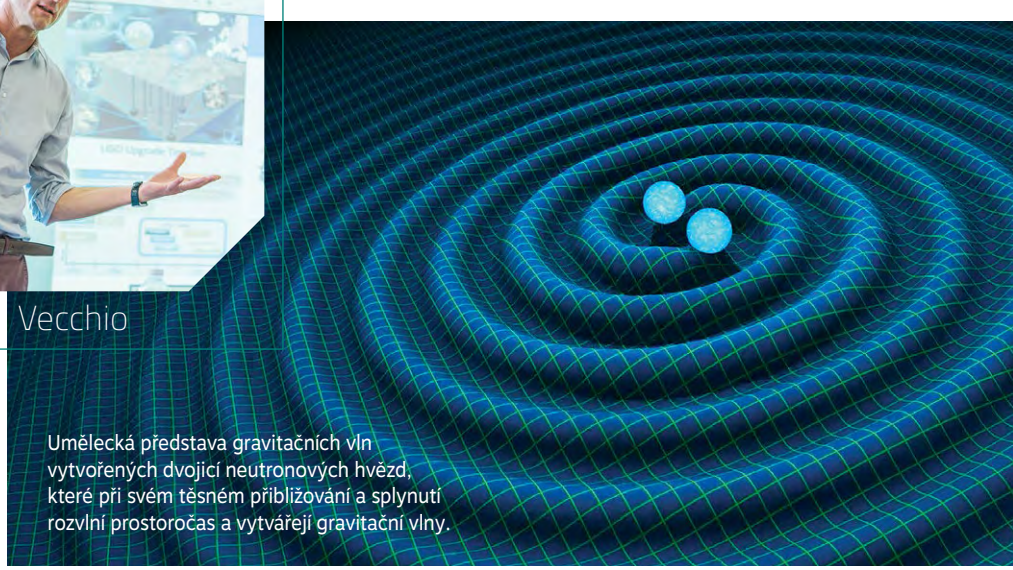
Černé díry

S gravitačními vlnami úzce souvisí další z atraktivních témat pražské konference. Černé díry, které stále vyvolávají víc otázek, než kolik nabízejí odpovědí. Obracím se proto na dva přední odborníky na tuto oblast – Felixe Mirabela a už jmenovanou Françoise Combesovou.

Existují dva typy černých děr, které astronomové objevili s jistotou. Jednak hvězdné černé díry, tedy objekty hvězdných hmotností, které vznikají při kolapsu velmi hmotných hvězd, a jednak supermasivní černé díry, o nichž víme, že se nacházejí v dynamických středech velkých galaxií a mají hmotnosti od několika milionů až po miliardy Sluncí. „Nejnovějším objevem učiněným za poslední dva roky je splynutí dvou černých děr hvězdných hmotností, které představuje nejenergetičtější událost po velkém třesku, jakou známe," říká Felix Mirabel z argentinského Ústavu astronomie a astrofyziky Univerzity v Buenos Aires. Ke zdůraznění svých slov dodává: „Při fúzi černých děr hvězdných hmotností se vydává energie rovnající se celkovému zářivému výkonu všech hvězd ve vesmíru."

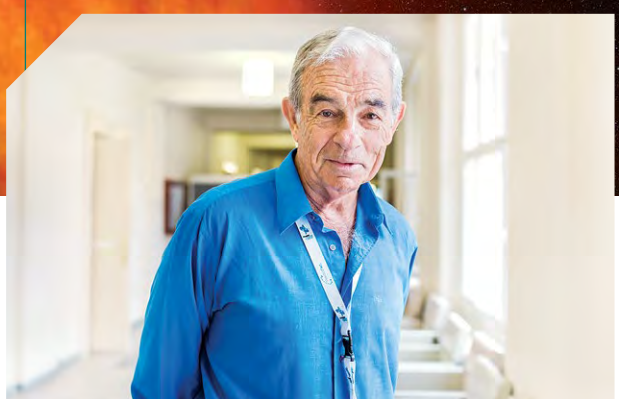
Impozantní – právě při takové události vznikly již zmíněné gravitační vlny, za jejichž pozorování byla udělena Nobelova cena, připomínám si. Splývání černých děr by přitom mělo být ve vesmíru časté, takže vědci předpokládají, že observatoře LIGO a Virgo ročně detekují mnoho případů. Tento jev by mohl zároveň prozradit nové informace i o samém vývoji vesmíru jako celku. Je to cesta, jak lépe poznat například evoluci velmi hmotných hvězd. „Pokud se podaří detekovat třeba splynutí černých děr vzniklých zhroucením vůbec prvních hvězd, které se ve vesmíru zformovaly, budeme moci zkoumat vesmír v průběhu času od vytvoření první

Alberto Vecchio



Umělecká představa gravitačních vln vytvořených dvojicí neutronových hvězd, které při svém těsném přibližování a splynutí rozvlní prostoročas a vytvářejí gravitační vlny.

Představa černé díry obklopené akrečním diskem tvořeným hmotou obíhající okolo černé díry a s výtrysky horkého plazmatu



Felix Mirabel

generace hvězd," věří Felix Mirabel. Zatím to ještě není možné kvůli malé citlivosti přístrojů, ale v budoucnu to snad půjde – právě díky vylepšení observatoří pro pozorování gravitačních vln.

Astronomové a astrofyzikové také na základě pozorování a modelů předpokládají, že se podaří detekovat splynutí supermasivních černých děr o hmotnosti milionů až miliard hmotností Slunce. „Což bude opravdu veliká událost. Víme, že dochází ke srážkám galaxií, přičemž každá má ve svém dynamickém středu supermasivní černou díru – a ty nakonec splynou. To by mohla pozorovat budoucí mise Evropské kosmické agentury ESA nazvaná LISA, neboť dokáže zkoumat vesmír mimo jiné právě z hlediska fúze galaxií a procesu jejich splývání v průběhu vývoje vesmíru."

Vědci navíc doufají, že pokud bude LISA správně fungovat, dokáže předpovědět, kde dojde ke splynutí hvězdných černých děr, a obrátit na danou oblast pozornost pozemních přístrojů. Když se k sobě začínají dvě hvězdné černé díry přibližovat, začnou produkovat gravitační vlny delších vlnových délek, ale čím jsou si blíž, tím víc se frekvence těchto vln zvyšují. Observatoře umístěné na Zemi pak na splývající černé díry namíří celou baterii teleskopů, aby přesně detekovaly elektromagnetické záření a také možné záření částicové (například neutrin).

Kromě hvězdných černých děr a supermasivních černých děr nacházejících se v jádrech galaxií však pravděpodobně existují i černé díry středních hmotností, o nichž toho vědci zatím mnoho nevědí. „Má se za to, že by měly existovat v centru malých galaxií nebo kulových hvězdokup, kde je enormní hustota hvězd, a dosahovat hmotnosti od asi 500 do několika tisíc hmotností Slunce. Je ale obtížné získat o jejich existenci přímé důkazy, protože dokud nenabírají hmotu, těžko se dozvíme, jestli tam skutečně jsou," připouští Felix Mirabel. A Françoise Combesová souhlasí: „Pokud je černá díra velice hmotná, řekněme čtyři miliony hmotností Slunce, padá k centru své galaxie. Když však její hmotnost nepřesahuje tisíc či deset tisíc Sluncí, je příliš malá na to, aby padala ke galaktickému jádru. Takže černé díry středních hmotností jsou rozesety po galaxii. Nevíme ale, kde přesně se nacházejí. Existovat musí, nelze přece přeskočit z černých děr hvězdných hmotností rovnou k supermasivním, aniž by vzniklo něco uprostřed. Jsme si tedy jisti jejich existencí." A kde jsou, ptám se. „Domníváme se, že mohou vznikat kdekoli v galaxii, ale nejde je zpozorovat."

Odcházím s lítostí, že jsem stihla zaznamenat jen pár střípků z bezpočtu témat, která konference EWASS spolupořádaná Astronomickým ústavem AV ČR nabídla. Jedno vím ale zcela jistě. Každý, kdo na Evropský týden astronomie zavítal – ať už na celý nebo třeba jen na pár přednášek – musel souhlasit se slovy Felixe Mirabela: „Musíme mít mysl otevřenou. Příroda je bohatší než naše představivost."

Rostliny

Jak vyčistit od chemikálií areál bývalé továrny, odpadní vody z kanalizace nebo třeba haldu po těžbě radioaktivní uranové rudy? **Řešení může být překvapivě prosté – rostlinami!** K přírodě šetrné a také levné řešení má ovšem své limity.

Nedaleko Temelína je místo, kde s radioaktivitou můžete přijít do styku o dost snadněji než v bezprostředním okolí jaderné elektrárny. Krajinu v jihočeských Mydlovarech dodnes hyzdí haldy a odkaliště jako pozůstatek po louhování uranové rudy, která se v Čechách za minulého režimu těžila. Původně se ve velkém vyvážela do tehdejšího Sovětského svazu, později se však zpracovávala přímo v Mydlovarech. Většina lidí se tomuto areálu raději obloukem vyhne. Ne tak vědci Ústavu experimentální botaniky AV ČR, kteří chtějí zkoumat, co všechno dokážou rostliny. Právě v těchto místech v praxi zjišťovali, jak umějí čistit prostředí zamořené radioaktivitou.

Jiným reliktem socialistického industrialismu je areál bývalé ocelárny Poldi Kladno. Dodnes nikdo pořádně neví, co všechno se v areálu nachází – budovy, které nejsou uvedené v žádných stavebních plánech, kudy vedou jaká potrubí či co se zde kdysi skladovalo a přetrvává v půdě. Ani sem není radno vstupovat, pokud nejste zrovna členem vědeckého týmu. „Kontaminace je komplikovaná a koncentrace toxických látek obrovské. Zkoušíme rostliny, které by stabilizovaly půdu v místě, kde se vyráběl dehet. Někde je dokonce více dehtu než půdy," vypráví Tomáš Vaněk, vedoucí laboratoře rostlinných biotechnologií Ústavu experimentální botaniky AV ČR.

Podivná zelená hmota

Aby šlo rostlinu využít k čištění životního prostředí, musí o ní vědci mít co nejvíce informací. Začíná se prací s jednotlivými rostlinnými buňkami. Kultivují se ve sklenicích a podivná hmota připomíná rostliny snad jen zelenou barvou (a to ještě ne všechna, některé buňky zelenou barvu ani nemají, protože v laboratoři nepotřebují chlorofyl). Pro praxi je sice zásadní, jak danou látku zpracovává posléze celá rostlina, nicméně studium přeměn látek na úrovni jednotlivých

Podivná hmota připomíná rostliny jen zelenou barvou. Jde o buňky topolu.

Text: Viktor Černoch | **Foto:** Pavlína Jáchimová

jako chemická čistírna

RNDr. Mgr. Tomáš Vaněk, CSc.

Vedoucí laboratoře rostlinných biotechnologií

Ústav experimentální botaniky AV ČR

Laboratoř vznikla v roce 1993. Vědci se v ní věnují nejen základnímu výzkumu metabolismu rostlinných buněk, ale i praktickým aplikacím. V severních Čechách např. postavili experimentální kořenovou čistírnu odpadních vod.

Tomáš Vaněk ukazuje nákres kořenové čistírny, kterou navrhl jeho tým z Ústavu experimentální botaniky AV ČR se spoluřešiteli grantu TA ČR.

buněk musí experimentům v reálných podmínkách nezbytně předcházet.

„Jedině u rostlinných buněk kultivovaných ve sterilních podmínkách víme, že sledujeme opravdu metabolismus rostliny. Kdybychom to chtěli zkoumat na celé rostlině, neměli bychom jistotu, kterou část daného procesu obstarávají mikroorganismy," vysvětluje Tomáš Vaněk. Vypadá-li metabolismus buněk slibně, dalším krokem jsou testy na celé rostlině v hydroponických podmínkách, na něž naváží zkoušky „venku".

Jaké rostliny jsou nejvhodnější? Například topoly – rostou rychle, mají rády vodu a jsou dobře prozkoumané. Pro čištění od radionuklidů používala skupina Tomáše Vaňka s úspěchem technické konopí. A pro kořenové čističky je nejlepší rákos – je životaschopný a má dostatek biomasy.

Prozkoumané možnosti

Fytoremediace – čištění životního prostředí pomocí rostlin – má mnoho aplikací. Stále je ale třeba rozsáhlého základního výzkumu, aby šla ve velkém používat v praxi. Masivnímu rozšíření v současnosti brání především čas. Právě to je hlavní nevýhoda. Ať už potřebuje továrna vyčistit areál, nebo obec starou skládku, použití rostlin je oproti chemické cestě podstatně dlouhodobější záležitostí. Je ale levnější, a především ekologicky přínosnější.

Nápad to není nijak nový. Všichni známe letitá stromořadí podél silnic. Mimochodem, i dnes se používají třeba rostliny pro mechanické zachycení prachu z automobilové dopravy, a dokonce fungují jako protihlukové stěny. I v této oblasti výzkumníci z Akademie věd ČR přispívají k reálným aplikacím.

Zajímavější ale je schopnost rostlin vyrovnat se s toxickými látkami. Jak to, že dokážou růst takřka všude? Je to jednoduché – oproti zvířatům nemohou rostliny nikam utéct. „Jak říká můj kolega, rostlina není zajíc. Prostě se musí vyrovnat s prostředím, kde roste, nebo zahyne," říká Tomáš Vaněk. A tak si rostliny v průběhu evoluce vyvinuly mnohé mechanismy, jak se s toxickými látkami vypořádat.

Využít se dají rostliny různých druhů a rozličné způsoby čištění. Tím prvním, co člověka nejspíš napadne, je čištění půdy: rostlina z půdy pomocí kořenů vytáhne nechtěné chemikálie, nějak je zpracuje a vypustí do přírodního prostředí neškodný produkt. „Skvěle to funguje u organických sloučenin," doplňuje Tomáš Vaněk. Organické látky se skládají především z uhlíku a vodíku. Toxické molekuly rostlina zabuduje třeba do buněčné stěny, mnohé ale dokonce dokáže rozložit až na neškodný oxid uhličitý a vodu a vyloučit.

Jiné je to s těžkými kovy. Rostliny je z půdy absorbují a uloží do svých vrchních částí, takto jsou schopny akumulovat například až tři gramy zinku na kilogram. Rostliny lze po čase „sklidit" a ekologicky zlikvidovat, půda přitom zůstane čistá a okolní prostředí rovněž.

Má to ale háček. Nelze například použít stromy – kovy (i radionuklidy) by se

ukládaly v listech, které ovšem na podzim opadají, nebezpečné látky by se tudíž dostaly zpět do přírody. Což naštěstí neplatí pro organické znečištění, pro které se stromy dají využít dobře.

Stejně tak není cestou obyčejné spalování takto vzrostlých „toxických“ rostlin. Opět bychom jen předávali nebezpečné látky dál do životního prostředí. Nicméně dají se bez problémů spalovat v k tomu určených speciálních průmyslových zařízeních.

Dalším omezením fytoremediačních schopností rostlin je délka kořenů, a tedy hloubka, do které jsou schopny půdu čistit. V laboratoři nejslibnější rostliny co do schopnosti akumulace kovů (vztažených na hmotnost rostliny) se nadto ukázaly jako nepraktické – přinejmenším v evropských podmínkách totiž mají velmi nízký vzrůst, a tedy i mělké kořeny a malé množství biomasy.

Čínský popcorn

Čištění půdy je náročné na čas a je závislé na přírodních podmínkách – ne každé rostlině, která dobře akumuluje potřebnou látku, se daří právě v těch oblastech, kde by to bylo potřeba. Navíc půda, která se takto čistí, „leží ladem“ a nedá se využít pro zemědělství. Existují oblasti, kde si to daná společnost nemůže dovolit. Kupříkladu v Číně na některých místech proto na poli pěstují doslova vedle sebe rostliny k čištění a k produkci potravin.

Právě plodiny se mimochodem ukazují pro fytoremediaci jako výhodné. Samozřejmě ale plody nejsou určeny ke konzumaci! Rostlinu, kterou chcete takto využít, totiž také musíte být schopni pěstovat. A zemědělci jsou nejlépe vybaveni na plodiny, jež se v našich podmínkách již pěstují k jiným účelům. Problémem je i osivo. „Mnohé nadějné rostliny nedokážeme vysadit na ploše 100 × 100 metrů, natož na několika hektarech,“ upřesňuje Tomáš Vaněk.

Exploze či nemoc

Lidským počínáním nevznikají pouze kovy, plasty, pesticidy nebo toxické látky z chemické výroby. Velkou část v přírodě nechtěných látek dodáváme do životního prostředí také jinak. Léčivy. Právě masové rozšíření třeba léků proti bolesti na bázi ibuprofenu má za důsledek, že se do přírody dostávají látky, jejichž – zejména dlouhodobé – účinky nemáme dobře zmapované.

Právě na ibuprofen se v rámci projektu Grantové agentury ČR vědci z Ústavu experimentální botaniky AV ČR zaměřili a zjistili, že stopová množství se nacházejí v českých vodách skoro všude. Klasické čistírny odpadních vod jej nejsou schopny z vody odstranit. Léčivá látka putuje do přírody a stejně se jí nakonec „ujmou“ právě rostliny. Je proto výhodné je využít k čištění rovnou – podle výzkumů se totiž ukazuje, že pomocí kořenových čističek se lze i stopových množství z vody zbavit.

Výborně se dají rostliny využít také pro čištění po výbušninách. Tým Tomáše Vaňka spolupracoval třeba s pardubickou firmou Explosia. V jejich areálu rozhodně o kontaminanty nebyla nouze. Pomocí rostlin tam vědci čistili zbytky po výrobě nitroglycerinu, pentritu i TNT. I tady se potvrdilo, že výbušniny nakonec často končily jako oxid uhličitý a voda.

Čistička odpadních vod do každé vesnice

Nejvýhodnější využití fytoremediace je v našich podmínkách čištění vody. Takzvané kořenové čističky fungují velmi dobře. V podstatě v reálném čase absorbují a přeměňují toxické látky a akumulují kovy. Čistička pro malou vesnici vyjde na jeden až dva miliony korun, což není mnoho. Otázkou tedy je, proč nejsou rozšířenější. „Je k tomu do jisté míry nechuť, protože u rostlin nikdo nemůže garantovat přesné výsledné parametry vody a jsou samozřejmě závislé na počasí,“ objasňuje Tomáš Vaněk. V projektu Technologické agentury ČR postavil se svým týmem a spoluřešiteli reálnou kořenovou čistírnu v severních Čechách. Nejvíce se jim přitom osvědčila rostlina, kterou asi všichni znají – rákos.

Jako každá aplikace rostlinného čištění mají i kořenové čističky své nevýhody. „Především – potřebují vodu,“ glosuje Tomáš Vaněk. V oblastech, kde každoročně přibývá potíží se suchem, to může být (nikoli nepřekonatelná) překážka. A pak také potřebují relativně velký prostor. Pro vesnici o 150 obyvatelích asi 100 × 20 metrů. A samozřejmě podle profilu krajiny je více či méně potřeba čerpadel. Potenciál pro rozvoj ekologického čištění odpadních vod, zejména v menších městech či vesnicích, je tu ale velký. Provoz a čištění vyjde levněji než v chemických čističkách. Třeba by stačila osvěta mezi starosty…

Rostliny toho zkrátka umí hodně a jde jen o to, jak je efektivně využívat. A přitom na počátku je výzkum jen maličké zelené hmoty, vypadající jako nasáklý rozpadlý molitan – kultury izolovaných rostlinných buněk.

Výhody a nevýhody fytoremediace

+ velká **ekonomická úspora** oproti tradičním technologiím
+ **aplikovatelná** na širokou škálu kontaminantů
+ použitelná **na místě** (netřeba půdu přemisťovat)
+ **ohleduplná** vůči životnímu prostředí
+ **snižuje emise** skleníkových plynů
+ **nemá negativní dopad** na úrodnost půdy
+ vegetace **přispívá k obnově ploch** zničených lidskou činností

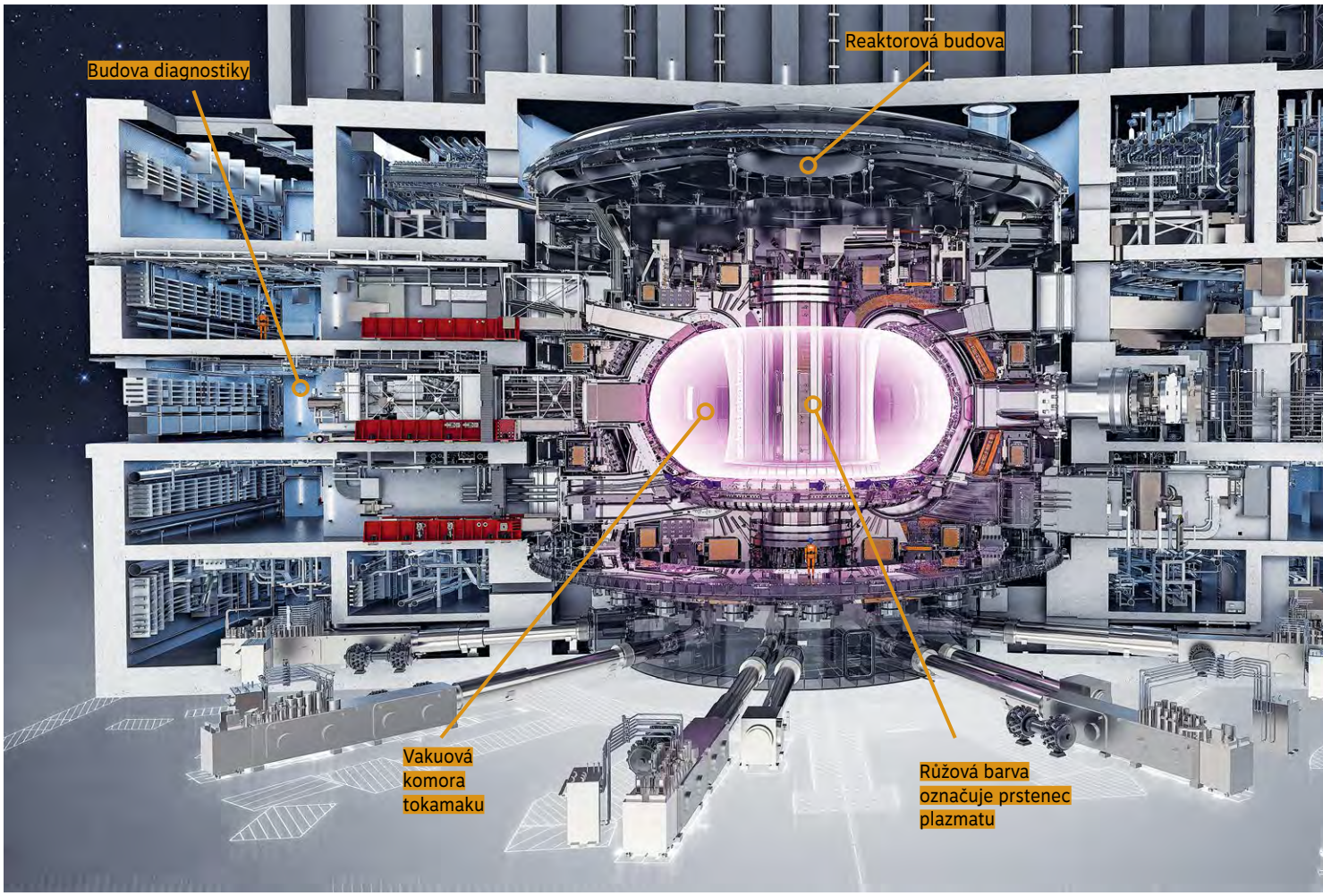
– lze použít jen, nachází-li se kontaminant **v zóně vlivu** kořenů
– **pomalý** průběh (i několik vegetačních období)
– **riziko přestupu** kontaminantu do jiného média nebo potravního řetězce
– **riziko rozšíření** nevhodných nebo invazivních rostlin
– **neexistuje univerzální řešení**, navrženo musí být pro dané místo a typ kontaminace

Energie budoucnosti

Baterie z notebooku a sklenice vody? S trochou nadsázky není k získání energie pro jednoho člověka na celý život potřeba nic jiného. Lidstvu by se to mohlo v příštích desítkách let podařit s využitím nejrozšířenější energie ve vesmíru – termojaderné fúze.

Text: Luděk Svoboda | **Foto:** Renaud Dejarnac/Ústav přístrojové techniky AV ČR/Věda fotogenická, Pavlína Jáchimová, Stanislava Kyselová, ITER (2)

Pohled do vakuové komory tokamatu COMPASS. Slovo tokamak pochází z ruského „Toroidalnaja Kamera i Magnitnyje Katuški" a je zkratkou popisu „toroidální komora v magnetických cívkách". Představit si jej můžeme jako dutou komoru (nafouknutou pneumatiku), kterou vyplňuje horký vodíkový plyn a obklopují magnetické cívky. Právě tady vzniká plazma, jež ve vesmíru existuje v mnoha podobách (tvoří hvězdy, mlhoviny, sluneční vítr…). Na Zemi se s ním můžeme setkat při polární záři či blesku. >>



Tokamak ITER a jeho diagnostické a provozní systémy – řez experimentální reaktorovou halou. Uvnitř vakuové komory tokamaku je růžovou barvou naznačen prstenec plazmatu. V jednotlivých patrech kolem reaktorové haly se nacházejí diagnostické systémy a systémy pro ohřev plazmatu.

Elektrárny spalující fosilní paliva, vodní, větrné i sluneční elektrárny – co mají společného? Využívají energii, kterou na naši planetu vyzařuje Slunce. Naše hvězda je souputníkem Země od jejího vzniku a bez energie, kterou nám dodává, by život nemohl vůbec existovat. Jak ale energii získává přímo Slunce? Zjednodušeně řečeno slučováním jader vodíku na deuterium (atom, který se od běžného vodíku odlišuje tím, že jeho jádro obsahuje vedle protonu také neutron) a následným slučováním jader deuteria na helium.

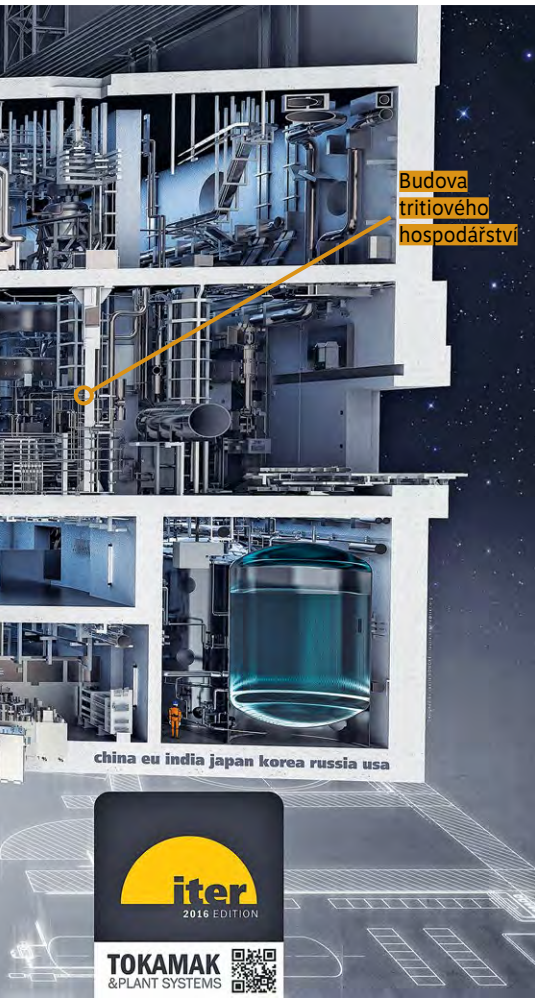
Vědci tuto reakci nazývají termojaderná fúze, a abychom si představili, o jak intenzivní proces jde, musíme si uvědomit, že každou sekundu se při něm na Slunci spotřebuje 700 milionů tun vodíku. Nepatrné množství hmotnosti vodíkového paliva se přemění na energii, jež v podobě elektromagnetického záření uniká z povrchu Slunce. Ještě zanedbatelnější množství se dostává na Zemi v podobě životadárného světla a tepla.

Inspirace z hvězd

Termojaderná fúze inspiruje vědce již od poloviny 20. století. Jakmile se nám ji totiž podaří ovládnout, lidstvo získá prakticky nevyčerpatelný, ekologický a bezpečný zdroj energie. Ačkoli fúzní výzkum provázely mnohé komplikace a výzvy, zaznamenává výrazný pokrok. Podle vědců dokonce již neexistuje žádná zásadní překážka, aby první fúzní reaktor dodal energii do elektrické sítě zhruba ve druhé polovině 21. století.

U výzkumu s globální prioritou nechybějí ani čeští vědci a mezi pracoviště, která se na něm podílejí, patří Ústav fyziky plazmatu AV ČR. Zdejší tým je součástí světové špičky a spolupracuje s experty v Německu, Francii, Velké Británii či Spojených státech amerických. „Fúze je vlastně opak štěpné reakce," vysvětluje ředitel Ústavu fyziky plazmatu AV ČR Radomír Pánek, který v Akademii věd ČR koordinuje výzkumný program Strategie AV21 *Systémy pro jadernou energetiku*. „Ovšem namísto štěpení těžkých jader na lehčí se slučují lehká jádra na těžší. Přitom se uvolňuje enormní množství energie, výrazně větší než v případě štěpné reakce, která se uskutečňuje v současných jaderných reaktorech."

Výhody termojaderné fúze oproti současným technologiím ale nespočívají pouze v získávání většího množství energie. Jako palivo pro reakci slouží izotopy vodíku, které lze získávat z mořské vody



nebo vyrobit v reaktoru z lithia, což z fúze činí takřka nevyčerpatelný zdroj energie. „Při reakci rovněž nevzniká téměř žádný radioaktivní odpad a fúzní reaktor bude také bezpečný, protože se v něm nemůže uskutečňovat nekontrolovaná řetězová reakce. Pracuje totiž na podobném principu jako hoření – palivo se postupně dodává po malých dávkách, a pokud by přece jen nastala neočekávaná situace, plazma v reaktoru rychle samovolně vyhasne bez vážnějších následků," doplňuje Radomír Pánek.

Právě otázka jaderné bezpečnosti je jedním z důležitých úkolů programu Strategie AV21, na němž spolupracuje pětice pracovišť Akademie věd ČR. Zvláště v situaci, kdy názor světové veřejnosti na jadernou energetiku negativně ovlivnila havárie elektrárny v japonské Fukušimě v roce 2011.

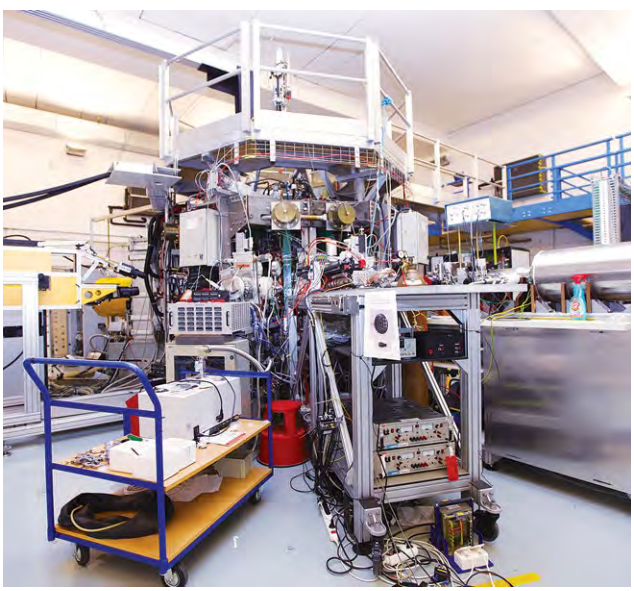
Jaderná energetika přitom také představuje účinný nástroj, jak čelit globálnímu oteplování. Jejím prostřednictvím totiž získáváme elektrickou energii, aniž bychom do ovzduší vypouštěli skleníkové plyny. Pokusit se ji nahradit by znamenalo vrátit se k fosilním palivům (ropě, uhlí a zemnímu plynu), která do atmosféry uvolňují obrovské množství CO_2.

Radomír Pánek soudí, že nezbývá než pověst jaderné energetiky v Evropě i jinde ve světě znovu napravit. Rozhodující úlohu podle něj v budoucnu sehrají nové typy reaktorů – a to jak štěpné (IV. generace), u nichž se potenciál paliva může zvětšit o dva řády oproti současným, tak i fúzní. Právě ty mohou riziko jaderných havárií odstranit jednou provždy.

Jiné možnosti v České republice vlastně ani nemáme, protože zásoby fosilních paliv mají své limity, a nadto jejich využívání musíme něčím nahradit. Totéž ale platí i o vodních zdrojích, jejichž potenciál jsme již z velké části také vyčerpali. Výroba elektřiny z biomasy je omezená, poněvadž si konkuruje s produkcí potravin a ekologickou funkcí krajiny. Větrná mapa pro změnu nabízí omezené využití větru a podobné je to i v případě fotovoltaiky. Navíc konkurovat mořskému pobřeží v sousedním Německu nemůžeme.

Podle Radomíra Pánka má dostatečný potenciál na masivnější náhradu fosilních zdrojů pouze jádro. Jak ukazují příklady Francie, Švédska nebo Švýcarska, můžeme kombinací jaderných a obnovitelných zdrojů úspěšně přejít k nízkoemisní energetice. „Je pozitivní, že česká veřejnost má k využívání jádra, na rozdíl od jiných zemí, poměrně kladný postoj, což potvrzují i průzkumy Sociologického ústavu AV ČR."

Vhodný energetický mix podle expertů předpokládá, že bychom do roku 2040 vyráběli polovinu elektrické

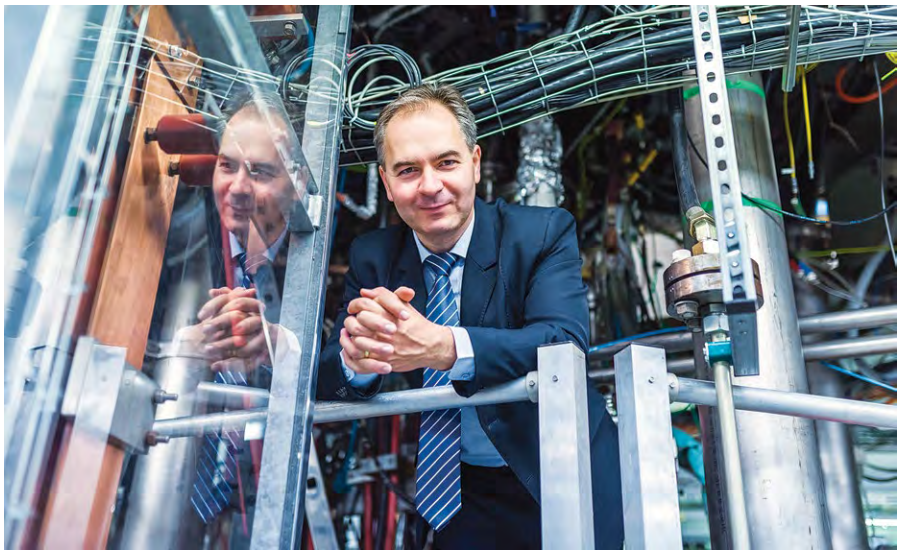


Tokamak COMPASS zprovoznil Ústav fyziky plazmatu AV ČR pod vedením současného ředitele Radomíra Pánka v roce 2009. Jeho instalace a provoz předznamenaly vstup Česka mezi elitu světového výzkumu termojaderné fúze.

Systémy pro jadernou energetiku

Česko v budoucnu počítá s jadernou energií v dlouhodobém plánu, proto je výzkum v oblasti štěpných reaktorů IV. generace i řízené termonukleární fúze klíčový. Mnohé otázky, které souvisejí s rozvojem nových štěpných reaktorů, jsou podobné problémům fúzních reaktorů. Náročnost a úlohy spojené s jejich vývojem proto vyžadují spojení celosvětového úsilí a prostředků. Na řešení energetické budoucnosti lidstva spolupracují rovněž vědci z pětice pracovišť Akademie věd ČR – Ústavu fyziky plazmatu, Ústavu jaderné fyziky, Ústavu fyziky materiálů, Ústavu struktury a mechaniky hornin a Sociologického ústavu.

>>



RNDr. Radomír Pánek, Ph.D.

V Ústavu fyziky plazmatu AV ČR řídil realizaci projektu tokamaku COMPASS, hlavního experimentálního zařízení oddělení Tokamak, které v letech 2008–2017 Radomír Pánek vedl. Od roku 2015 působí v ústavu jako ředitel. Je členem mezinárodních vědeckých rad a odborných komisí, přednáší na mezinárodních konferencích a třech univerzitách. V roce 2009 obdržel Prémii Otto Wichterleho.

energie z jádra, 25–30 % z obnovitelných zdrojů a 20–25 % z fosilních (a to stále více z plynu a méně z uhlí). Počítat lze také s přechodem větší části dopravy, produkce tepla a průmyslu k elektřině. Podíl bezemisních zdrojů by se měl později dále zvyšovat, protože se v praxi projeví inovace v ukládání energie či jaderné fúzi. Stávající rozložení sil je přitom takřka opačné: zhruba 50 % elektřiny vyrábíme z fosilních paliv, 36 % z jádra a 14 % z obnovitelných zdrojů.

Češi jádro nezatracují

Názory české veřejnosti na témata související s energetikou a jádrem zjišťuje v každoročních šetřeních Centrum pro výzkum veřejného mínění Sociologického ústavu AV ČR. Namátkou šlo o bloky otázek o termojaderné fúzi, obnovitelných zdrojích nebo tzv. energetickém obratu v Německu. Sociologové například zjistili, že o termojaderné fúzi slyšela zhruba šestina (17 %) populace ČR ve věku nad 15 let a část z nich umí správně popsat, co termojaderná fúze je. V šetření z května 2017 se třetina Čechů (32 %) domnívala, že podíl jádra na výrobě elektřiny by se měl zvyšovat, téměř dvě pětiny (39 %) měly za to, že by měl zůstat na současné úrovni, podle mínění necelé pětiny (18 %) by se měl snižovat a ostatní (11 %) názor neměli. Jadernou energetiku v Česku tudíž nezatracujeme a její příznivci převažují nad odpůrci.

Hledání magického klíče

Termojaderná fúze se uskutečňuje ve skupenství hmoty, které se nazývá plazma, což je extrémně zahřátý, plně ionizovaný plyn. „Aby se jádra atomů mohla sloučit, je nutné plazma zahřát na teplotu přibližně 150 milionů stupňů Celsia – tedy na teplotu, která je mnohonásobně vyšší než ve středu Slunce. Plazma takových parametrů navíc musíme udržet izolované v prostoru. Představme si, že uprostřed reaktoru musíme dosahovat uvedené teploty a o jeden až dva metry dále na okraji plazmatu poblíž stěn reaktoru již jen řádově stovky stupňů, aby se neroztavily," popisuje Radomír Pánek složitý rébus. Na jeho řešení pracují vědci s pomocí experimentálního zařízení, jemuž se říká tokamak.

Jeden takový – tokamak COMPASS – mají v Ústavu fyziky plazmatu AV ČR. Zdejší experti jej zprovoznili v roce 2009 a termojaderné plazma na něm zkoumají pod hlavičkou evropského konsorcia EUROfusion (EURATOM). Jeho základní část dostalo Česko darem z Velké Británie za symbolickou jednu libru, přitom hodnotu má půl miliardy korun.

Zatímco starší tokamaky měly kruhový průřez plazmatu, COMPASS jej má ve tvaru písmene D, což má podle vědců zásadní výhody. Takový tvar totiž umožňuje lépe stabilizovat prstenec plazmatu, a dosáhnout tak jeho vyšší teploty a hustoty. Ačkoli je český tokamak desetkrát menší než budoucí termonukleární reaktory ITER a DEMO, pro fúzní výzkum je klíčový: poskytuje totiž důležitá data, jež se využijí pro jejich konstrukci a budoucí provoz.

Na cestě k fúzi

S výstavbou největšího termonukleárního rektoru ITER ve francouzském Cadarache se začalo v roce 2007 a první plazma se plánuje v roce 2025, provoz plně funkčního reaktoru o 10–15 let později. Spuštění ale nelze přesně naplánovat, protože podmínky v největším a nejvýkonnějším fúzním reaktoru na světě několikanásobně překročí ty, které panují uvnitř hvězd. „Mnohé použité systémy a technologie atakují hranici současného poznání, což ale zároveň podněcuje výzkum v oborech, které zdánlivě s fúzním výzkumem nesouvisejí," upozorňuje Radomír Pánek.

ITER svým názvem (v latině *cesta*) symbolicky odkazuje ke směřování globálního projektu, na jehož budování se podílejí Evropská unie, Spojené státy americké, Rusko, Čína, Japonsko, Indie a Jižní Korea. Na konci pozemské odysey bychom měli najít důkaz, že z termonukleární fúze můžeme získat energii a generovat výkon alespoň 500 MW,

v tomto případě desetkrát více energie, než do něj vložíme.

Nedořešené otázky se mezitím souběžně zkoumají na menších tokamacích. Český tým se specializuje především na tzv. okrajové plazma a jeho interakci se stěnou reaktoru, popřípadě s různými pokročilými materiály. Vrstva plazmatu, jež je blízko stěny reaktorové komory, totiž zásadně ovlivňuje chování celého plazmatu a kvalitu jeho udržení. Když jejímu chování porozumíme a dokážeme ji ovládat, můžeme i lépe kontrolovat, co se děje ve středu plazmatu.

COMPASS sice nedosahuje velikosti největšího současného tokamaku JET ve Velké Británii, který drží fúzní rekord s produkcí 16 MW energie, ovšem má své výhody: je flexibilnější, což vědcům umožňuje reagovat na aktuální požadavky projektu ITER. Zároveň ale umí udržovat plazma ve stejném režimu jako tokamak JET – tedy v režimu tzv. vysokého udržení energie (H-módu). Právě jeho dosažením vstoupil COMPASS v roce 2013 ve fúzním výzkumu mezi světovou elitu.

Takzvaný H-mód se odehrává především v okrajovém plazmatu, v němž se jeho jednotlivé vrstvy za příhodných podmínek roztočí obrovskou rychlostí (v řádu desítek km/s). To následně potlačí turbulentní struktury, které způsobují za normálních podmínek nežádoucí přesun energie pryč z plazmatu. Vznikne tak transportní bariéra (izolační slupka), jež brání částicím a energii, aby unikaly. V důsledku lepší izolace plazmatu se parametry v jeho centru více než dvojnásobně navýší.

„Režimu jsme dosáhli pomocí systémů ‚urychlovačů' produkujících svazky atomů deuteria s vysokou energií, které se v plazmatu absorbují, čímž jej ohřívají výkonem až 600 kW. Přibližně po deseti milisekundách jsme pozorovali náhlý pokles intenzity záření z okraje plazmatu a výrazný nárůst teploty a hustoty v jeho centru. Pro vytvoření transportní bariéry je to charakteristické. V současnosti umíme H-mód generovat téměř rutinně a provedli jsme v něm stovky úspěšných experimentů," popisuje náročné testy Radomír Pánek.

„Fúzní elektrárny budou bezpečné a ekologické podobně jako obnovitelné zdroje energie."

–Radomír Pánek–

Tokamak ITER v jihofrancouzském Cadarache by se měl stát předstupněm ke komerčnímu využití termonukleární fúze. Celkový rozpočet největšího vědeckého projektu na světě činí 18 miliard eur.

Nepříjemným doprovodným jevem režimu s vysokým udržením energie, který vědci pozorovali, jsou „výtrysky" plazmatu na stěny. Odborně jde o tzv. okrajově lokalizované módy. Pro současné experimentální tokamaky nepředstavují zásadní komplikaci, ale pro budoucí velké reaktory jsou potenciální hrozbou. Zatímco v českém tokamaku jim stěna vakuové komory odolá bez poškození, v tokamaku ITER bude energie výtrysků natolik velká, že by již během několika sekund mohly poškodit první stěnu reaktoru. Najít takový stav plazmatu, v němž lze dosáhnout vysokého udržení energie a zároveň potlačit doprovodné nestability je jedním z hlavních úkolů Ústavu fyziky plazmatu AV ČR na cestě za termojadernou fúzí.

Zpátky do budoucnosti

Obrovské množství energie, jež se uvolňuje jadernou fúzí, dokumentuje i příklad lithiové baterie a sklenice vody z úvodu. Z lithia obsaženého v baterii notebooku lze totiž teoreticky uvolnit až 12 GWh energie. Radomír Pánek potvrzuje, že z pohledu fyziky jde o docela jednoduchý proces: „Pomocí fúzních neutronů přeměníme lithium na tritium, které obsahuje jeden proton a dva neutrony, a to sloučíme s deuteriem obsaženým ve vodě." Přesně tak budou fungovat první fúzní energetické reaktory.

Bezpečnost na prvním místě

Důležitý faktor od počátku rozvoje jaderné energetiky, a zvláště od katastrofy v japonské Fukušimě v roce 2011, představuje seizmická bezpečnost. Ústav struktury a mechaniky hornin AV ČR vyvíjí ve spolupráci s Matematicko-fyzikální fakultou UK nový typ seizmografu, který měří kromě posunů předmětů na zemském povrchu také jejich rotace, tedy náklony a torzi. Sedm funkčních vzorků pod názvem Rotafon se aktuálně testuje v laboratoři i v terénních podmínkách. Nový přístroj se využije například při ověřování ohrožení jaderných elektráren zemětřesením.

Lidé v kličkách paragrafů

Je možné adoptovat dospělého člověka? Kdo je dědic a jaké dluhy musí platit? Co je odkaz a co závdavek? To je jen několik málo případů z běžného života, které řeší nový občanský zákoník. **Do detailů je promýšlel, předvídal a do řeči paragrafů zpracoval jeho hlavní autor Karel Eliáš z Ústavu státu a práva AV ČR.** V občanském právu podle něj nejde ani tak o paragrafy, jako spíše o způsob fungování vztahů mezi lidmi.

Text: Jana Olivová | **Foto:** Ladislav Němec/
/MAFRA/Profimedia, Profimedia (2),
Pavlína Jáchimová, Viktor Černoch

Karel Eliáš pronáší v pražském paláci Žofín slavnostní přednášku z cyklu Akademie věd ČR – špičkový výzkum ve veřejném zájmu, nazvanou Vlastnictví a právo v tenzi mezi stabilitou a proměnlivostí zákonodárství.

Občanský zákoník upravuje základní práva a povinnosti ve třech hlavních kategoriích: rodina, vlastnictví a smlouva. „Ty se týkají každého z nás a z nich se odvozuje všechno ostatní. Aby se dalo upravit zákonem, jak fungují manželství, smlouvy nebo vlastnictví, je přirozeně nutné, aby občanské právo nejprve stanovilo, kdo je osoba ve smyslu práva, co jsou věci ve smyslu práva, jaký význam má projev vůle, jak se hodnotí, jak se vykládá, kdy je platný, kdy je neplatný a podobně," vysvětluje Karel Eliáš z oddělení soukromého práva Ústavu státu a práva AV ČR.

Když dostali společně s Michaelou Zuklínovou (nyní Hendrychovou) z Katedry občanského práva Právnické fakulty UK za úkol připravit nový občanský zákoník, museli se seznámit s podobnými úpravami ve více zemích, prostudovat stohy literatury, „živé právo" v judikatuře a analyzovat vývoj občanského práva zhruba za dvě století, od doby, kdy někdejší římské soukromé právo začalo při utváření moderní společnosti žít svůj druhý život.

Nový zákoník měl odrážet změnu poměrů v naší zemi. Bylo třeba promyslet situace, k jejichž řešení je potřebný zákon. A to nejen běžné, každodenní, ale i ty, jež přináší život, i když jsou neobvyklé nebo se vyskytnou jen čas od času. Připravili náhradu dřívějšího kodexu z šedesátých let 20. století, který byl myšlenkově ukotven ve zcela jiné době a v mnohém nevyhovoval. „Základní problém byl, že se skutečně musely poměrně velké oblasti radikálně změnit. Víceméně jsme navázali na dosavadní rodinné právo reformované už v devadesátých letech a na smluvní právo, které dost dobře kodifikoval obchodní zákoník."

Dědické právo, dluhy a odkaz

Opravdu významné změny vyžadovala oblast věcných práv – tedy práva vlastnického, zástavního a věcných břemen – a také úprava dědění. Zvláště dědické právo bylo podle Karla Eliáše značně zuboženo krátce po nástupu komunistické vlády. V této podobě zůstalo konzervováno do nedávné současnosti.

prof. Dr. JUDr. Karel Eliáš

Je vedoucím vědeckým pracovníkem Ústavu státu a práva AV ČR, autorem či spoluautorem desítek knih a téměř tří stovek odborných článků. Je rovněž členem komise AV ČR pro udělování vědeckých hodností a předsedou redakční rady recenzovaného časopisu *Právník*. V lednu 2012 byl uveden do Právnické síně slávy za výjimečný celoživotní přínos právu.

„Úprava kodifikovaná v roce 1950 sledovala jako jeden z hlavních cílů, aby stát přišel snadno k majetku. Proto byl omezen okruh dědiců ze zákona. Vzdálenější příbuzní, třeba bratranci a sestřenice, už ze zákona nedědili."

Omezila se také práva pořizovatele závěti. „Když zůstavitel například v závěti napsal: ‚Všechno, co mám, dostane můj bratr pod podmínkou, že odpustí dluh, který má za ním moje matka', nemělo to význam. Zákon vylučoval různé podmínky, příkazy a další vedlejší doložky

v závěti. Do závěti bylo možné napsat, kdo co dostane. To bylo všechno." I když člověk uvedl nějaká osobní přání (například chtěl, aby dědicové odevzdali rodinné památky nebo paměti, které psal, do muzea nebo do knihovny, anebo se postarali o jeho psa), dědicům stejně nic nebránilo jeho vůli nesplnit, a přesto majetek získat. To bylo potřeba změnit.

Jiný problém souvisel s faktem, že podle dřívějšího zákona dědic nesl dluhy zůstavitele pouze do výše nabytého dědictví. „To často vedlo k drancování. Pozůstalí zemřelého přišli do jeho obydlí, odvezli vše cenné a tvrdili, že nic neměl: žádné šperky, obrazy či jiné cennosti, pouze starý nábytek vhodný leda na skládku a nějaké staré šaty. Přiznávalo se jen to, co bylo někde evidováno, jako peníze na účtu v bance nebo nemovitosti," pokračuje Karel Eliáš. Nový občanský zákoník nastavil jiná pravidla. Dědické právo vyvažuje zájmy zůstavitele, dědiců a zůstavitelových věřitelů. V západní Evropě se vychází ze zásady: člověk zemře, ale jmění zůstává – dědic nabývá celé jmění (majetková aktiva i pasiva). Aby však – v nadsázce řečeno – nedědil příslovečného zajíce v pytli a nebyl později zaskočen výší zděděných dluhů, o nichž nevěděl, může se dědic vyhnout riziku tím, že si vyhradí soupis pozůstalosti. „To znamená, že se úředně sepíše a ocení majetek zesnulého. Pak má dědic povinnost platit dluhy jen do výše zjištěných aktiv. Když se však zjistí, že dědic sice uplatnil výhradu soupisu, ale zatajil z pozůstalosti nějakou cennou položku, výhrada padá a platí dluhy celé."

V dědickém právu se, k nelibosti oponentů, nově objevil také institut odkazu, zrušený v roce 1964. Usnadňuje situaci těm, kdo mají podle závěti nabýt třeba nějakou jednotlivost na památku, třeba hodiny s kukačkou. „Za starého práva měli všichni nabyvatelé majetku postavení dědiců: museli chodit k notáři, absolvovat dědické řízení a v případě, že ty hodiny byly starožitné a měly hodnotu větší než malou, i jejich nabyvatel byl vystaven riziku, že přijde věřitel a řekne: ‚Hodiny mají cenu 15 000, ale zemřelý mi dlužil 10 000, tak mi těch 10 000 dáte.' Podle nové úpravy je dědicem (a tudíž nese i dluhy) pouze ten, kdo dostane buď všechno, nebo nějaký poměrný díl z pozůstalosti. U toho, kdo dostane jednotlivou věc, ať už připadnou sousedce hodiny nebo galerii drahý obraz, jde o věc odkazovou." Uvedené pojetí naráželo podle Karla Eliáše na námitky, navzdory skutečnosti, že odkaz patří k nejstarším a všude živým institutům dědického práva. Znalo jej římské právo už ve svých počátcích.

Zapeklité i dojemné rodinné příběhy

Lidé se ocitají, často nezaviněně, v komplikovaných rodinných situacích, někdy obtížně řešitelných. Některé může občanský zákoník pomoci rozplést a napravit. Mimo jiné díky skutečnosti, že v rodinném právu bylo obnoveno osvojení zletilé osoby, tedy adopce dospělého člověka. Ta se u nás v roce 1949 zrušila. Obnova se prosazovala obtížně. Zdálo se to nepraktické, ba podezřelé. Ale ukázalo se, že se tohoto institutu praxe vděčně ujala. Často jde o případy, kdy se žena po rozvodu manželství znovu provdala a v druhém manželství vyrůstalo dítě z toho předchozího. V nové rodině se mezi otčímem a dítětem postupně vytvářel vztah sociálního rodičovství. To trvá někdy dlouho; zúčastnění si své vazby nejednou uvědomí až po letech. Jakmile však dítě dosáhlo 18 let, bylo podle starého zákona na právní řešení pozdě. A tak až po lednu 2014 začaly soudy řešit sérii návrhů na osvojení, aby se napravila tvrdost starého práva, ačkoli osvojovanému bylo 30 i víc let a osvojitel už v důchodovém věku. „V jednom rozhodnutí citují osvojovaného čtyřicátníka: ‚Táta se o mě staral, když jsem byl malý, teď je starý a nemocný, tak mu to chci nějak vrátit'," líčí Karel Eliáš. Poukazuje také na nejslavnější případ z této skupiny: návrh na osvojení podala u vsetínského soudu asi týden po účinnosti zákoníku paní ve věku přes 90 let, osvojenci bylo 70. Navrhovatelka byla biologickou matkou osvojovaného a dala své dítě v minulosti k adopci. Proto soud musel zkoumat, proč chce syna adoptovat zpět, zda to není v kolizi s dobrými mravy. Ukázalo se, že se chlapec narodil v rodině vlastníka pily, otci v roce 1948 podnik znárodnili, pak ho obžalovali z protistátních aktivit a popravili. Syn se nemohl dostat ani na střední školu. Matka, aby mu umožnila lepší budoucnost, dala syna k osvojení blízkým lidem bez „kádrové poskvrny". Tím mu umožnila vystudovat a stát se lékařem. Sociálně se mezi matkou a synem ale nic nezměnilo. On sice po sovětské okupaci v roce 1968 emigroval do Německa, s matkou však udržoval stále kontakt. Od

Nový občanský zákoník, který provedl významnou rekodifikaci soukromého práva, nabyl účinnosti 1. ledna 2014.

»

devadesátých let se pokoušel o nápravu, ale dosáhl jen změny jména, aby se alespoň jmenoval po rodičích. Osvojení bylo možné až teď.

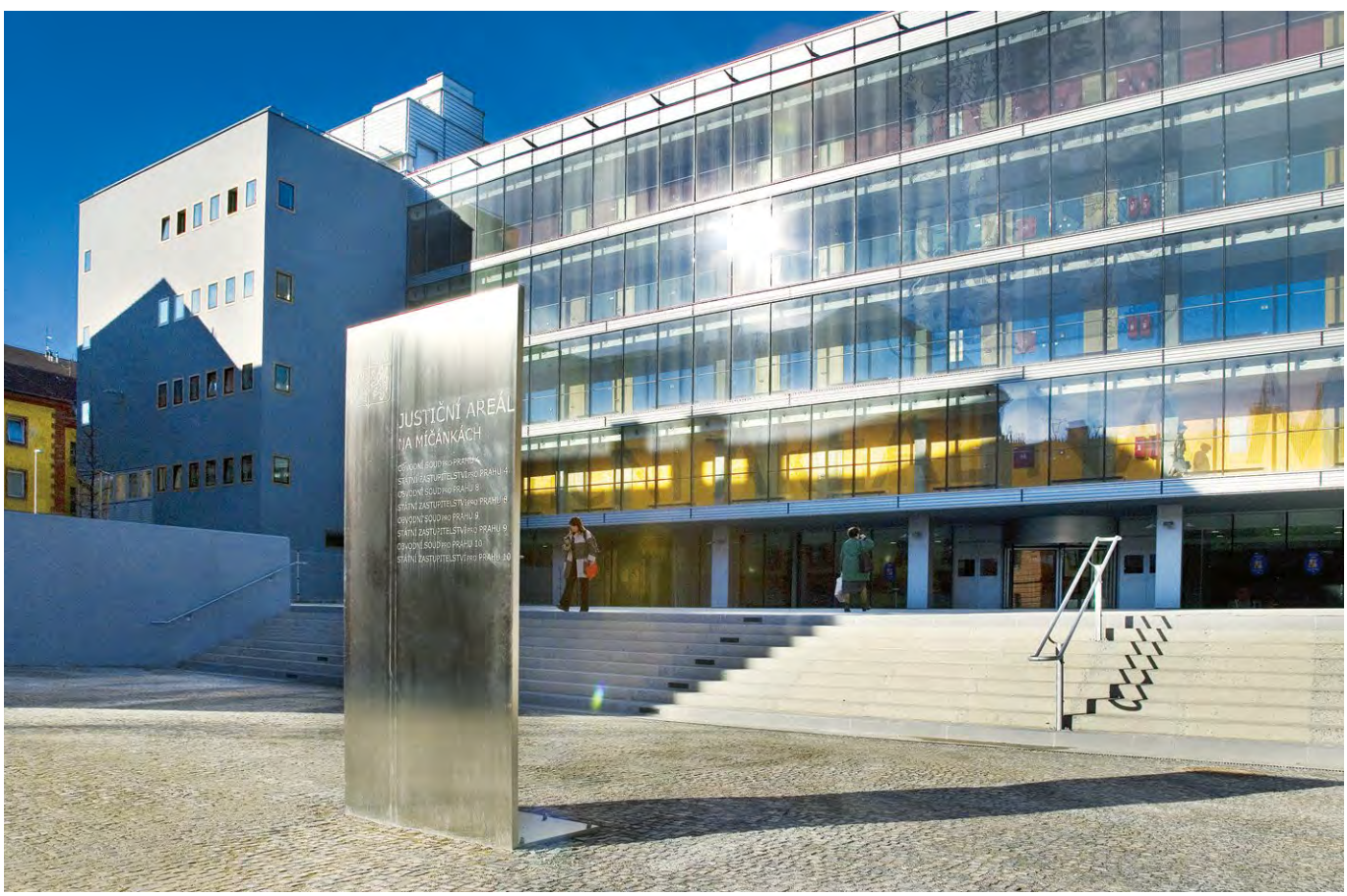
Péče o zdraví jako smlouva

Práce na občanském zákoníku trvaly 12 let a Karel Eliáš a jeho kolegové museli při jeho formulování překonávat nejen odborné nástrahy, ale také námitky, že to či ono není třeba nově řešit, že dosavadní zákoník stačí, nebo že se v navrhované úpravě objevily nové či zapomenuté právní pojmy a instituty. Do přípravy kodifikace se různými způsoby zapojilo přes 200 právníků. „Zažili jsme různé vlny relativizací a zpochybňování. Například jedno ministerstvo namítalo, že v návrhu zákoníku máme slovo dobytek a že nevědí, co to je. Jiným vadilo, že v občanském zákoníku jsou slova štěstí a neštěstí a podobně. Bylo to celé docela složité."

Na nepochopení narážely i některé navrhované úpravy týkající se zdravotnictví a lékařské péče. Pro oponenty návrhu nového občanského zákoníku bylo obtížné přijmout myšlenku, že i v této oblasti života je základním kamenem smlouva. Před rokem 1990 se na dlouhá desetiletí vžil v obecném povědomí postoj, že lékař je vlastně jakýmsi nositelem veřejné moci. „Že je možné pacientovi v nemocnici nařídit, jak se má chovat, že se mu nemusí vysvětlovat, co se s ním bude provádět, jaká jsou eventuální rizika, a že pacient má hlavně poslouchat. Teď je v občanském zákoníku péče o zdraví upravena v rámci smluvního práva a jasně se stanovuje, že se péče o zdraví děje na základě smlouvy," objasňuje Karel Eliáš. Viditelný význam to má zvláště u placených úkonů, třeba u zubaře.

Podle Karla Eliáše často zaznívaly zbytečné námitky, že v občanském zákoníku není slovo internet. „Je přece úplně jedno, jestli zprávu nese z místa na místo poslíček či poštovní holub, nebo jestli zpráva běží nějakým drátem anebo dokonce bez drátu a ukáže se v počítači. Rozhoduje, jestli někdo projevil vůli, jestli se dá zjistit, kdo to byl, komu projev vůle došel, co se děje, když došel poškozený nebo pozměněný, jaká jsou pravidla týkající se omylu, jaká se týkají přijetí daného projevu vůle, typicky pokud jde o smluvní nabídku. Na rozdíl od dřívějšího práva, které například neuznávalo právní význam projevu vůle v SMS zprávě, vychází nová úprava z toho, že i takovým způsobem lze uzavřít smlouvu, pokud samozřejmě strany kontrakt nepopřou."

V návrhu zákoníku se objevily různé výrazy, jež právníci neznali, třeba závdavek. „Když oponentní komise projedná-



Čtyři pražské obvodní soudy a čtyři státní zastupitelství sídlí v největším justičním areálu v ČR, který byl vybudován v ulici Na Míčánkách v Praze.

vala smluvní právo, kdekdo se tam chytal za hlavu: ‚závdavek, proboha, kde to vzali?' Ale jeden z přítomných advokátů namítl: ‚Závdavek, to je jasné, to znám, můj táta byl řezník.' Závdavek si strany poskytnou při uzavírání smlouvy, zvláště pokud se uzavírá ústně. Funguje jednak jako důkaz uzavření smlouvy, jednak jako jistota, že dluh bude podle smlouvy splněn. Když k plnění nedojde, závdavek propadne ve prospěch strany, která smluvní povinnost neporušila. Při přípravě zákoníku nám nešlo o to, co znali právníci aktuálně v době, kdy se zákoník připravoval. I slova jako rozhrada, přestavek, výměnek nebo pacht označují rozumná právní zařízení. Ta často ani nezmizela z historické paměti lidí, jichž se zákoník týká," dodává Karel Eliáš. Přiznává, že problémů bylo mnoho a autoři nového kodexu si občas připadali trochu jako v Kocourkově. Nakonec se navrhovatelům podařilo námitky vysvětlováním překonat, ale díky oponentuře také odstranit v návrhu různé nedostatky. Po schválení vládou se návrh zákoníku projednával v parlamentu. Z toho zhruba půl roku v ústavněprávním výboru Poslanecké sněmovny. „Mohu říct, že tam poslanci odvedli dobrou práci a vychytali různá temná místa."

„Lidé se někdy ocitají v obtížně řešitelných situacích. Občanský zákoník je pomáhá rozplést a napravit."
–Karel Eliáš–

Duch zákona

Občanský zákoník byl po dlouhých peripetiích schválen. Karla Eliáše samozřejmě těší, že platí. Výsledek považuje za příznivý, i když jsou věci, s nimiž není úplně spokojený.

„Do tvorby zákona mluví hodně lidí, zpracovatel musí už při přípravě textu dělat kompromisy, může být přehlasován v komisích a hlavní vliv mají politici. Je správné, že o definitivní podobě zákona rozhodují poslanci a senátoři. Nejde o to, že se třeba prosadí právní konstrukce, s níž nesouhlasíte. Ale těžce nesete rozhodnutí špatná po odborné stránce. U nás je například od roku 2006 upraveno registrované partnerství ve zvláštním zákoně. Logika věci vede k závěru, že má být obsaženo v občanském zákoníku: jde o úpravu osobního stavu. Politický zásah tomu zabránil. Odborné argumenty převálcovala ideologie."

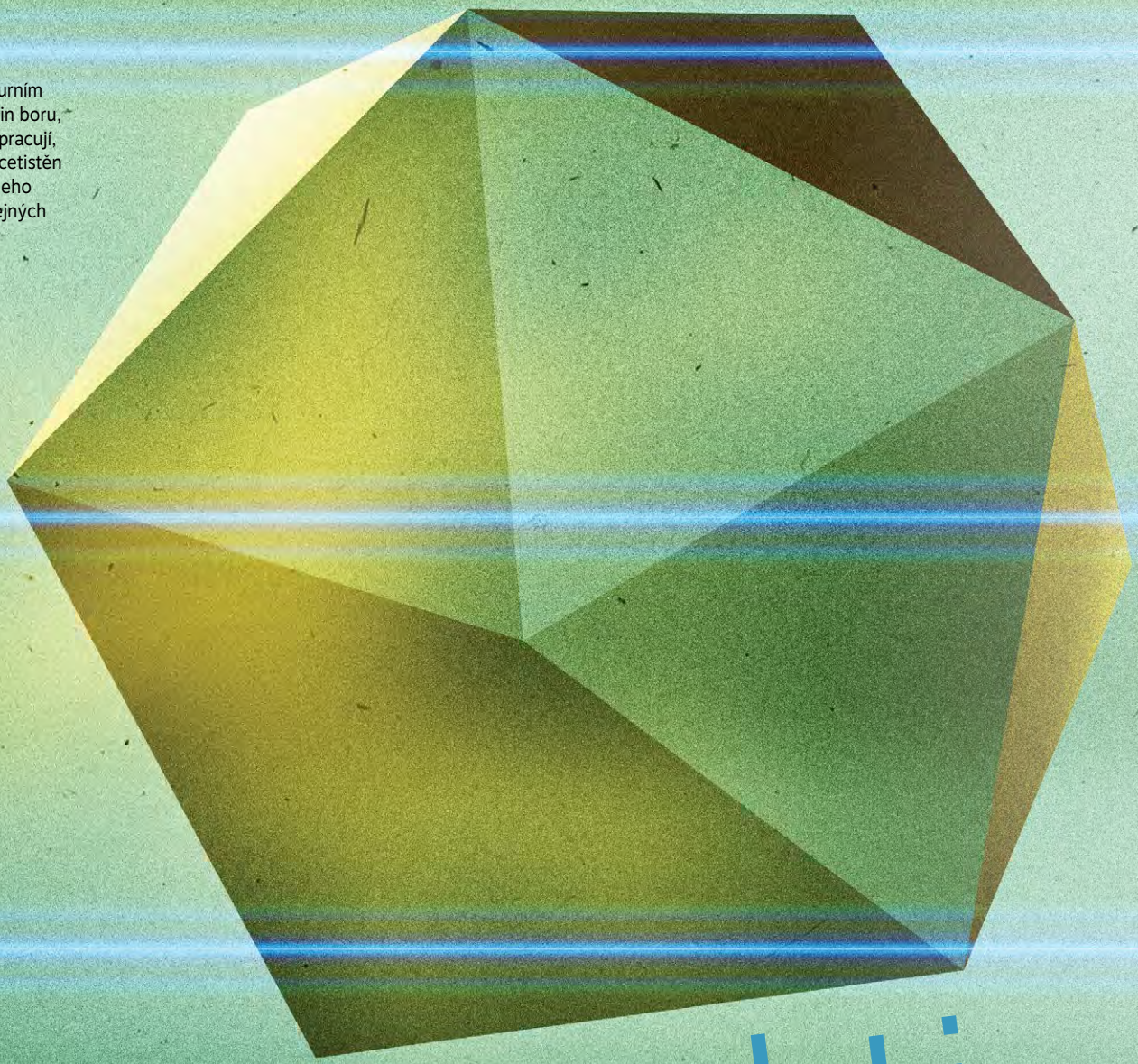
Každý zákon je dílo chybujících lidí. Tím spíš se nutně vyskytnou legislativní nedostatky nebo dílčí nejasnosti u velkých kodexů. Jejich řešení není v ukvapených akčních novelách, ač to je mezi politiky tak populární. „Při diskusích v odborných komisích i ve sněmovně, trvajících víc než desetiletí, například trvale převládal názor, že má být zrušeno zákonné předkupní právo spoluvlastníků. To se do zákoníku promítlo. Po třech letech se na návrh několika poslanců úprava změnila. Vzápětí se ukázaly negativní dopady tohoto rozhodnutí v praxi a poslanci už vymýšlejí, jak předkupní právo prolomit. To určitě není dobrá cesta, zákon potřebuje stabilitu. Německý právník Ernst Rabel napsal, že zákon je jen kostra, již musí obalit nervy a svaly – nauka a judikatura."

Zákoník je postaven na důvěře v soudce, který rozhoduje jednotlivý případ, a je na něm, aby rozhodnutí ladilo s pověstným duchem zákona. V občanském zákoníku je kupříkladu věta, že výklad a použití zákona nesmí vést ke krutosti nebo bezohlednosti urážející obyčejné lidské cítění. Tuto myšlenku pěkně využil pardubický soud v následujícím případu. Žalobkyně, neprovdaná matka, požadovala po otci svého dítěte pro sebe výživné. Ten příběh začal jako tisíce jiných. Zamilovali se, žili spolu, narodil se jim syn, plánovali svatbu – zajistili obřad na zámku, odeslali svatební oznámení. Týden před termínem nevěsta rozhodla, že svatba nebude. Vyšlo najevo, že se v době několikaměsíčních příprav sňatku opakovaně intimně stýkala s jiným mužem. Soud spor uzavřel odkazem na obecná pravidla občanského zákoníku, že „za této situace nemůže žalobkyni výživné přiznat, neboť by takový nárok byl, vzhledem k dlouhodobé nevěře praktikované žalobkyní bezprostředně před termínem svatby, v příkrém rozporu s dobrými mravy".

Práce na novém občanském zákoníku pod vedením Karla Eliáše trvaly 12 let a do přípravy kodifikace se zapojilo přes 200 právníků.

Lidé a paragrafy

Ideou moderního občanského zákoníku je nechat lidi žít podle jejich vůle a uplatnit svou moc pouze v případě, že se nedohodnou. „Tato myšlenka je typická pro soukromé právo. V něm platí zásada, že každý si může dělat, co chce, pokud mu to zákon nezakazuje, a nikdo nemusí dělat nic, co nechce, pokud mu to zákon nepřikáže. V tom je rozdíl od dob socialismu, kdy bylo občanské právo postaveno na zásadě, že člověk může, co mu zákon povolí. Zejména ve smluvním právu mohou nastat situace, kdy stranám standardní pravidla z nějakých důvodů nevyhovují a chtějí něco ‚extra'. Proč jim v tom bránit?" uzavírá Karel Eliáš, který za strohou řečí zákona a kličkami paragrafů nepřestává vidět pestré lidské příběhy a osudy.



Základním strukturním motivem sloučenin boru, se kterými vědci pracují, je pravidelný dvacetistěn neboli ikosaedr. Jeho stěny tvoří 20 stejných rovnostranných trojúhelníků.

Architekti nejmenších strojů

Text: Jana Olivová | **Foto:** iStock, Pavlína Jáchimová (2)

Zkoumají nejkrajnější meze miniaturizace, snaží se proniknout do nanosvěta jednotlivých atomů, cíleně navrhovat a vytvářet nové molekuly s různými funkcemi, sestavovat přesné nanostruktury sloužící jako nejmenší vypínače a motory. Kdo? **Paul Weiss, Tomáš Baše a jejich čeští i američtí kolegové, kteří těsně provázali své výzkumy.**

Svět atomů a molekul, kde se měří v nanometrech, tedy miliardtinách metru, má specifické zákony, zcela jiné než v makrosvětě kolem nás, který vidíme a na který si můžeme sáhnout. Poznat zákonitosti nanosvěta a dokázat je napodobit by otevřelo cestu k novým typům sloučenin a k vytváření nanostruktur a systémů s pozoruhodnými vlastnostmi. „Příroda umí vytvářet velice účinné ‚motory': dala vzniknout molekulám, které dokážou využít chemickou energii a přeměnit ji na pohyb s více než 99% účinností. Lidé ale nedokážou vyrobit nic, co by se tomu alespoň trochu přiblížilo," konstatuje Paul S. Weiss, přední světový odborník na nanovědy, profesor chemie, biochemie a materiálových věd z Kalifornské univerzity v Los Angeles, který úzce spolupracuje s Tomášem Bašem a jeho kolegy z Ústavu anorganické chemie AV ČR v Řeži.

Nanovědci kousek po kousku zkoumají a pokoušejí se reprodukovat klíčové součásti přírodních systémů. „Ovšem místo biologických molekul používáme molekuly, které pro nás syntetizují chemikové a do nichž přidali – nebo z nich naopak odebrali – různé komponenty, které považujeme za klíčové. Snažíme se tedy vyjít od poznání polohy každého atomu a postupovat od kvantové mechaniky až po strojní inženýrství," dodává Paul Weiss. Vědci nacházejí inspiraci v biologii, nicméně se snaží navrhovat vlastní molekuly, především proto, že ty, jichž přirozeně využívá příroda, jsou pro jejich účely příliš proměnlivé. Navíc se nedá přesně určit, kde se právě nachází každý atom, což při výzkumu představuje problém: „Klíčem k tomu, proč přírodní systémy fungují tak skvěle, je pravděpodobně zčásti právě skutečnost, že spolu dokážou ‚tancovat' takovým způsobem, aby optimalizovaly svou spotřebu energie – a to se my snažíme naučit."

Cestou k tomuto cíli jsou umělé molekuly, které připravuje Tomáš Baše a jeho kolegové v Ústavu anorganické chemie AV ČR. Proč nestačí přírodní látky? Molekuly v přírodních systémech totiž kromě toho, že „tančí", mají i další vlastnost pro vědecké výzkumy poněkud problematickou. Odborně se jí říká konformační volnost a označuje různá uspořádání molekul jedné sloučeniny, vysvětluje Tomáš Baše: „Konformační volnost má mnoho organických molekul v přírodě. Když interagují s povrchem, mohou se různě uspořádávat – neboli zaujímat různé konformace – přirovnal bych to k provázku zakotvenému na nějakém povrchu, který může vlát nebo na povrchu ležet, může se různě kroutit a podobně."

Molekuly v podobě klece

Více možností uspořádání, jakkoli typické pro přirozené organické molekuly, není pro vědecký výzkum příliš žádoucí. Molekuly, které syntetizují a následně studují v Ústavu anorganické chemie AV ČR, tudíž takovou svobodu nemají. Jsou to pevné, rigidní, tzv. klecové molekuly, jejichž konformační volnost je podstatně omezená. Jinak by byl celý systém příliš složitý a jen obtížně by se daly definovat vlastnosti a působení jednotlivých částí dané molekuly. „Klecové molekuly, které my připravujeme, se sice v přírodě neobjevují, jsou člověkem uměle vytvořené, hodí se ale pro studium některých konkrétních interakcí, které už se v přírodě vyskytují. Můžeme si je představit skoro jako tuhé, rigidní kuličky, které se vždycky uspořádají na povrchu ve dvou rozměrech nejefektivnějším možným způsobem, tedy co nejhustěji. Jako když položím pomeranče na povrch stolu a pokusím se jimi vyplnit prostor co nejvíc. Molekuly, které studujeme, mají v podstatě stejný povrchový vzorec: hexagonální uspořádání, typické pro nejtěsnější rozmístění tuhých koulí v dvourozměrném (2D) prostoru," pokračuje Tomáš Baše.

Studium takovéhoto uspořádání úzce souvisí s miniaturizací a přípravou nanomateriálů, které mají tloušťku právě jediné molekuly. V oblasti nanověd je totiž jedna molekula jakousi přirozenou hranicí, nejmenší jednotkou, která se dá použít jako stavební blok. Materiály sestávající z jediné vrstvy neboli monovrstvy molekul jsou tedy prakticky dvojrozměrné. V důsledku toho mají velice specifické vlastnosti, jelikož molekuly uspořádané ve 2D se vzájemně ovlivňují jiným způsobem

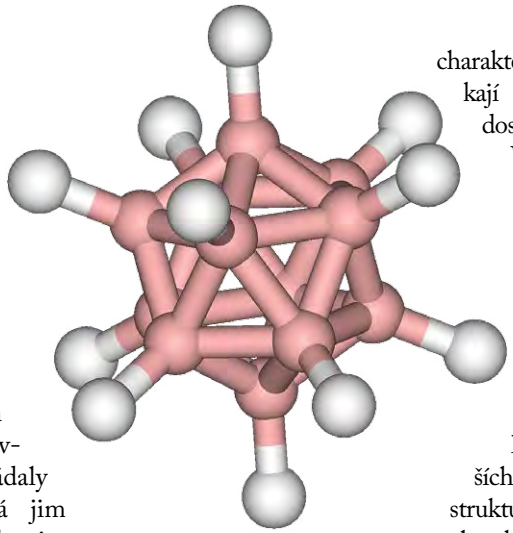
Spolupráce přes oceán

Čeští a američtí vědci společně vynalézají a zkoumají originální postupy pro vytváření nových typů sloučenin, studují interakce uvnitř molekul i mezi nimi. Snaží se je plánovat, směrovat a využívat v dříve nedosažitelně malých měřítkách nanometrů. Jejich cílem je zvládnout konstrukci přesných molekulárních uskupení, nanostruktur a systémů, jejichž funkce se dá stabilizovat a řídit. Ačkoli jsou takové molekuly a z nich vytvořené systémy umělé, mohou mj. významně přispět k poznání základních principů samoorganizace hmoty, tedy jak z neuspořádaných molekul vzniká spontánně jejich vzájemným působením nějaký řád.

»

než v běžně známé trojrozměrné hmotě.

„Používáme molekuly jako základní stavební kameny, snažíme se pochopit principy jejich interakcí a nastavením různých podmínek je ovlivnit, aby se uspořádaly do podoby, která jim dává určité charakteristiky. Sledujeme proto, jak se seskupují, jak se změní uspořádání, když pozměníme podmínky, použijeme jiné ‚cihly' apod. Je to náročný postup, ale má obrovský potenciál," doplňuje Tomáš Baše.

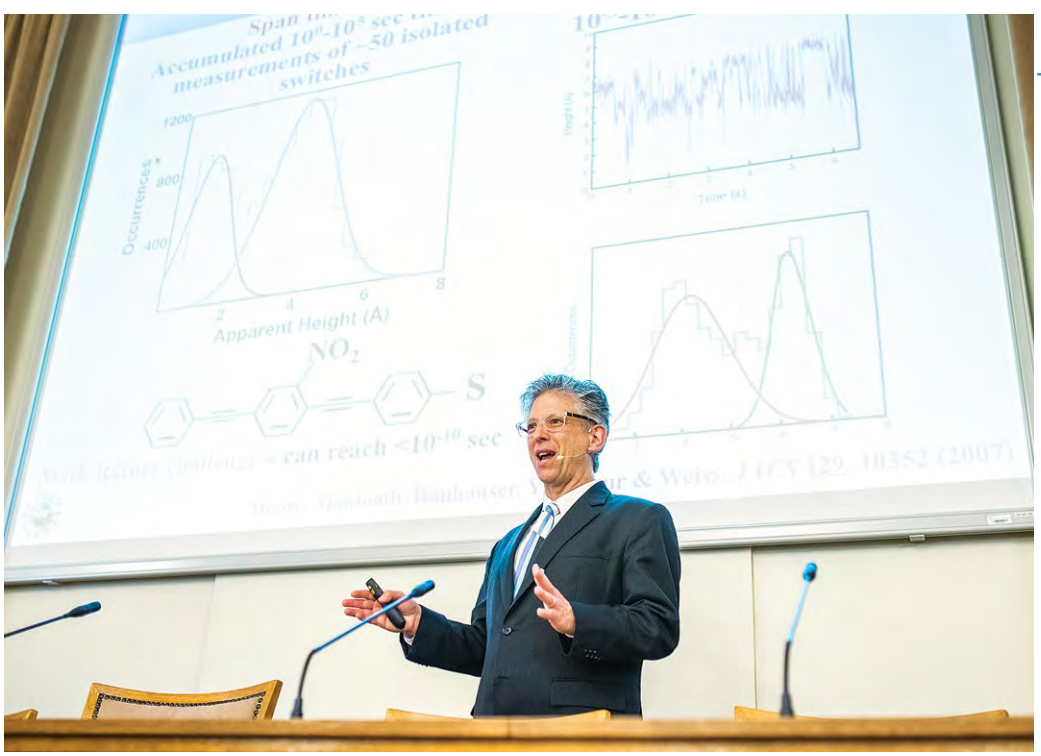


Ideálním nástrojem pro studium jednoho typu interakcí jsou molekuly karboranů podobné tuhým koulím a odvozené od symetrické molekuly $[B_{12}H_{12}]^{2-}$.

Spolupráce mezi Ústavem anorganické chemie AV ČR a Kalifornskou univerzitou v Los Angeles je dlouholetá a velmi intenzivní, vědci konzultují své nápady a návrhy a jejich výzkumy na sebe často navazují. V Řeži připraví určitý typ látek, charakterizují je a získají o nich poměrně dost poznatků, Paul Weiss je pak dále měří, mimo jiné pomocí skenovacího tunelového mikroskopu, aby ještě hlouběji poznal chování daných látek na 2D površích a jejich různé strukturní a fyzikální charakteristiky.

„Když se podíváme na jeho výsledky, můžeme celý systém dále upravit nebo navrhnout k prozkoumání jinou molekulu. Nebo nějakou úpravu navrhne Paul Weiss. Jde opravdu o velice efektivní spolupráci, protože společnou analýzou získaných dat můžeme vymyslet jiný systém s trochu odlišnými vlastnostmi, což umožňuje ještě lépe pochopit chování stavebních bloků na povrchu," říká Tomáš Baše. A také uvádí jeden z nejnovějších příkladů takovéto zpětné vazby mezi oběma vědeckými pracovišti: „Kolegové v laboratoři v USA použili jeden typ látek, jejichž základní stavební blok má určitou geometrii, a tím i specifické vlastnosti. My jsme pak připravili látky, které jsou od tohoto systému odvozené, ale nesou další funkční skupinu, čímž umožňují jiný typ interakcí z monovrstev vůči prostředí."

Zjednodušeně řečeno, k dvojrozměrným monomolekulárním vrstvám se zvláštními vlastnostmi se dají připojit další molekuly, které jim dají novou funkci: dokážou na sebe třeba vázat různé biomolekuly nebo interagovat s ionty kovů. Mohou se tak podle Tomáše Baše vytvářet funkční vrstvy, jichž se dá využít třeba jako nástroje pro diagnostiku. „Z tohoto pohledu je to s našimi systémy podobné, jako kdybychom připravovali chirurgické nástroje pro lékaře. Trochu vznešeně řečeno, jde o molekulární inženýrství, díky němuž můžeme připravit konkrétní molekulu a přichytit ji na povrch tak, aby následně sloužila pro chytání jiných funkčních molekul, biomolekul…"



Paul Weiss při přednášce v Akademii věd ČR v Praze

Prof. Paul S. Weiss

Působí na Kalifornské univerzitě v Los Angeles, je profesorem chemie, biochemie a materiálových věd a světovým odborníkem na nanotechnologie. Na atomární úrovni zkoumá vlastnosti povrchů a uspořádávání molekul. Věnuje se i navrhování a syntéze molekul se speciálními vlastnostmi k vytváření nanostruktur. Je zakladatelem a hlavním editorem významného časopisu v oblasti nanověd *ACS Nano*.

Mgr. Tomáš Baše, Ph.D.

Působí v oddělení syntéz Ústavu anorganické chemie AV ČR, kde se věnuje základnímu výzkumu klastrových sloučenin boru i hledání jejich praktického využití. Zkoumá vlastnosti monomolekulárních vrstev těchto klastrových molekul na kovových površích a věnuje se návrhu nových molekul jako stavebních kamenů pro přípravu materiálů s přesně definovanými vlastnostmi.

Paul Weiss a Tomáš Baše spolupracují na výzkumu nanosvěta atomů a molekul.

Úspěchy a výzvy

Otázky, které si badatelé kladou, jsou velice obtížné, pár zásadních se jim však už podařilo zodpovědět, připouští Paul Weiss: „Dokázali jsme zjistit, jak fungují jednotlivé molekuly napříč několika jejich ‚rodinami'. Ukázalo se, že když dáme funkční molekuly dohromady, často si vzájemně překážejí a narušují svou funkci, takže přimět je pracovat společně vyžaduje speciální okolnosti."

Vyvodit z konkrétních výzkumů obecná pravidla je však stále ještě tvrdý oříšek. Podle Tomáše Baše to ale ničemu nevadí, naopak: „Věda začíná tam, kde se objeví něco, co jste nečekali. Když všechno funguje, jak předpokládáte, tak to není úplně věda."

„Překážky, které se při výzkumu musí překonat, samozřejmě nejsou triviální – a nejsou ani zdaleka pouze vědecké," podotýká Paul Weiss s odkazem na svou nedávnou přednášku v Praze: „Někdy je obtížné dosáhnout toho, aby věci fungovaly. Uváděl jsem příklad, kdy jsme se snažili změřit nepatrné množství jedné molekuly. Vyžádalo si to bezpočet pokusů a 20 let práce. Existují i další příklady, kdy uběhlo 25 let, ale experiment nám stále ještě nefunguje. Takže vytrvalost je opravdu nezbytná. A upřímně řečeno, není ani snadné získat peníze. V USA máme dvou- až pětileté cykly financování, pokud ale experiment trvá 20 roků a vy nezískáte po prvních třech letech výsledky, bývá obtížné získat peníze na další léta. Musíme být tedy podnikaví v tom, co po celou dobu děláme, co se učíme a jak popisujeme význam své činnosti."

„Věda začíná tam, kde se objeví něco, co jste nečekali."

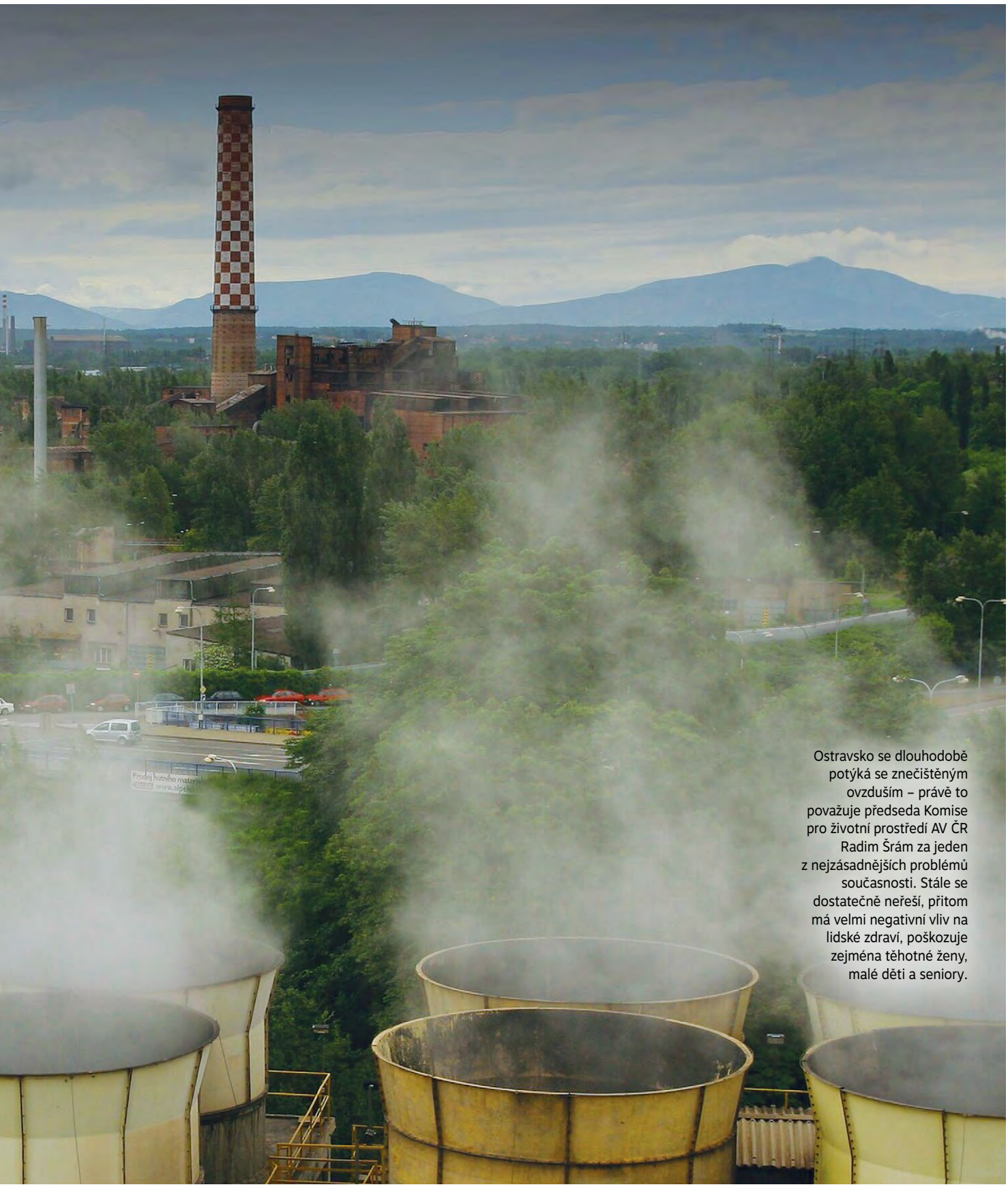
– Tomáš Baše–

Vědci si chtějí osvojit specifické zákony nanosvěta a napodobit chemické pochody na těchto nejmenších škálách, aby mohli vytvářet nové typy sloučenin, nanostruktur a nanomateriálů s pozoruhodnými vlastnostmi, jejichž funkce se dá řídit a využít v mnoha oborech, včetně neurověd. Nanovědy a nanotechnologie mohou podle Paula Weisse přinést například nové biosenzory a další nástroje pro výzkum mozku, fungování nervových obvodů či mikrobiomu. Další bádání se proto budou orientovat i tímto směrem.

Komise pro **životní prostředí**

Nebojí se ožehavých témat, pořádá semináře o klimatických změnách, zásazích v národních parcích nebo o špatném hospodaření s půdou. **Jejím cílem je rozproudit diskusi o důležitých otázkách životního prostředí a zároveň nabídnout odbornou platformu k jejich projednávání.** Komisi tvoří dvacítka odborníků z pracovišť Akademie věd ČR a univerzit.

Text: Leona Matušková | **Foto:** Stanislava Kyselová, Profimedia, Wikimedia Commons, Biologické centrum AV ČR



Ostravsko se dlouhodobě potýká se znečištěným ovzduším – právě to považuje předseda Komise pro životní prostředí AV ČR Radim Šrám za jeden z nejzásadnějších problémů současnosti. Stále se dostatečně neřeší, přitom má velmi negativní vliv na lidské zdraví, poškozuje zejména těhotné ženy, malé děti a seniory.

Komise pro životní prostředí, která funguje jako pomocný orgán Akademické rady AV ČR, si za čtvrt století své existence vybudovala silné renomé. Její odborná stanoviska při svých argumentacích často využívají politici a úředníci a jako zajímavý zdroj informací slouží i mnohým novinářům. Velkou zásluhu na šíři probíraných témat a garanci jejich expertního zpracování má dlouholetý předseda komise Radim Šrám z Ústavu experimentální medicíny AV ČR.

„Hlavní smysl našich seminářů spatřuji v tom, že iniciují diskusi o významných problémech. Za jeden z nejzásadnějších problémů současné doby považuji znečištěné ovzduší, které prokazatelně negativně působí na lidské zdraví, zejména na těhotné ženy a na vývoj plodu, ale také na centrální nervový systém, což ovlivňuje i stárnoucí populaci. To všechno bude mít v budoucnosti ekonomické následky," upozorňuje Radim Šrám.

Křižovatka průplavu Odra–Dunaj s Hlivickým průplavem u Kandřína-Kozlí v Polsku

Biologie, medicína i právo

Členy Komise pro životní prostředí nominují jednotlivá pracoviště a vybírají je z expertů Akademie věd ČR, kteří mají v rámci své odbornosti blízko k environmentální problematice – a zdaleka nejde jen čistě o biologické a ekologické zaměření. V komisi tak zasedají například Pavel Cudlín z Ústavu výzkumu globální změny, Čeněk Novotný z Mikrobiologického ústavu nebo Hana Müllerová z Ústavu státu a práva. Výhodou pestrého složení je, že lze na určitý problém poskytnout pohledy z více odborných úhlů.

Znečištěné ovzduší prokazatelně poškozuje lidské zdraví.

Například právnička Hana Müllerová sepsala analýzu k otázce veřejného zájmu v kauze Plavebního stupně Děčín. Co je v tomto konkrétním případě důležitější – zájem na využití vybudované infrastruktury a hospodárném využití veřejných prostředků, nebo zájem na ochraně životního prostředí? Připomíná přitom, že sousloví veřejný zájem je tzv. neurčitým právním pojmem, lze ho obecně formulovat, ale při rozhodování v konkrétních případech je zapotřebí přihlížet k mnoha okolnostem (více k tématu v rámečku).

Těžební limity a lidské zdraví

Komisi pro životní prostředí se podle Radima Šráma v mnoha případech podařilo ovlivnit veřejné mínění. „Domnívám se, že naše stanoviska mohla přispět k politickým rozhodnutím například v případě debaty o národních parcích. Komise byla jednou z odborných platforem, jež pod-

Rozčeřené vody kolem kanálu Dunaj-Odra-Labe

Komise pro životní prostředí se aktivně postavila proti zvažované výstavbě kanálu Dunaj-Odra-Labe (např. ve stanovisku z 26. února 2014). Podle ní projekt nemá ekonomické, sociální ani ekologické opodstatnění. Výstavba kanálu by si podle členů komise vyžádala extrémně rozsáhlé zemní práce, které by mimo jiné zapříčinily ztrátu vody z dotčených půd. Upozornili také na extrémní investiční náročnost projektu ve výši stovek miliard korun a na to, že vzhledem k nízké vodnatosti a nutnosti překonávat velké výškové rozdíly by se kanál nemohl efektivně využívat. Stanovisko akademické komise vyvolalo bouřlivou reakci, a to i mezi některými experty, kteří naopak výstavbu kanálu podporují. Ti dali dohromady protiargumenty (9. dubna 2014), jimiž námitky komise vyvracely jako nepodložené, a stavbu obhajují jako užitečnou a potřebnou. Názory je možné dohledat na webových stránkách projektu vodního koridoru Dunaj-Odra-Labe a na webových stránkách Akademie věd ČR v rubrice věnované Komisi pro životní prostředí AV ČR.

Jak chránit Šumavu

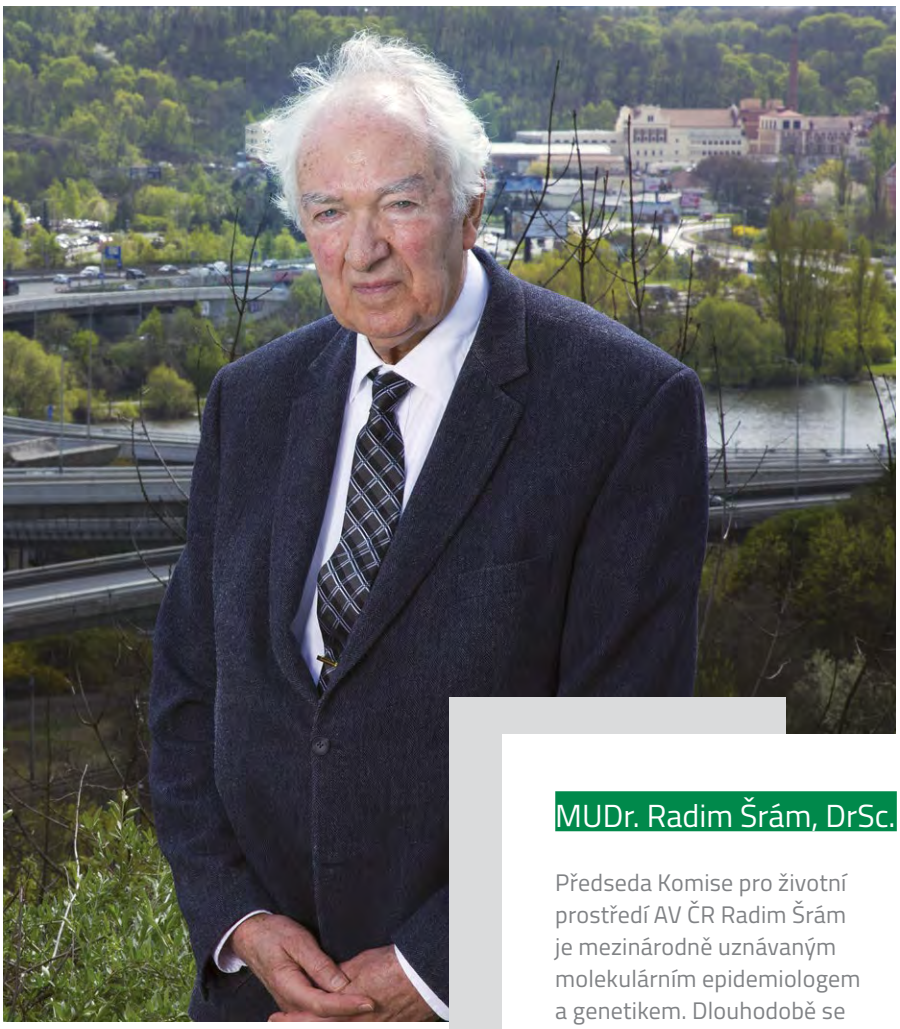
Začátkem dubna 2017 přehlasovali poslanci veto prezidenta Miloše Zemana, který nesouhlasil s novelou zákona o ochraně přírody. Novela mění podmínky v českých národních parcích včetně Šumavy, stanoví v nich například zóny podle stupně ochrany. Jasně deklarovaným posláním národních parků má být ochrana divoké přírody na více než polovině území každého z nich. Prezident Zeman spolu s částí senátorů a poslanců se domnívali, že novela poškodí obyvatele Šumavy a turisty. Ministerstvo životního prostředí a organizace ochrany přírody, například Hnutí Duha, nicméně přijetí novely vítají. K odborné diskusi o národních parcích velkou měrou přispěla Komise pro životní prostředí AV ČR.

pořily zamítnutí senátního návrhu na okleštění parků."

Naopak v případě prolomení těžebních limitů byl předseda komise z rozhodnutí vlády Bohuslava Sobotky zklamaný. Kabinet navzdory varováním vědců uvolnil v říjnu 2015 limity pro těžbu hnědého uhlí v dole Bílina.

„Lidé v severních Čechách mají poškozené zdraví kvůli znečištění ještě z osmdesátých let a nesou si to s sebou dál, dopad se přenáší i na další generace. Pro Ústecký kraj by se měl vytvořit plán modernizace a nemělo by se jít starou cestou těžby uhlí, nehledě na to, že to odporuje mezinárodním dohodám o změnách klimatu," uzavírá Radim Šrám, jenž letos obdržel ve Spojených státech Cenu Alexandra Hollaendra jako uznání za svou celoživotní snahu upozorňovat na negativní vliv znečištěného prostředí na lidské zdraví.

Komise pro životní prostředí se schází zhruba pětkrát do roka, naplánuje si hlavní témata seminářů, určí koordinátora a vybere vhodné řečníky. Pozvánky, prezentace a výsledná stanoviska jsou k dispozici na webových stránkách avcr.cz (v sekci O nás/Akademická rada/Pomocné orgány Akademické rady).



MUDr. Radim Šrám, DrSc.

Předseda Komise pro životní prostředí AV ČR Radim Šrám je mezinárodně uznávaným molekulárním epidemiologem a genetikem. Dlouhodobě se zabývá využitím metod molekulární epidemiologie pro hodnocení vlivu znečištění ovzduší na zdravotní stav populace.

Za celoživotní úsilí v tomto oboru získal Cenu ministra životního prostředí a zvláštní ocenění od poroty soutěže Česká hlava. Od americké Environmental Mutagenesis and Genomics Society letos obdržel Cenu Alexandra Hollaendra jako uznání za vynikající přispění v aplikaci základních principů a technik mutageneze zevního prostředí a genomiky v ochraně lidského zdraví. Působí v Oddělení genetické toxikologie a nanotoxikologie v Ústavu experimentální medicíny AV ČR.

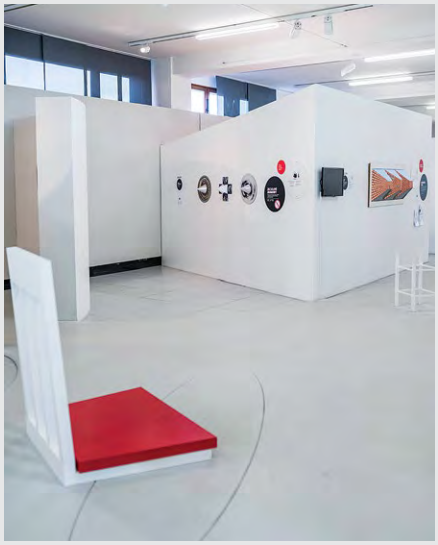
Česko na cestě

Kam směřuje současné Česko? Z jaké minulosti čerpá? A proč je třeba si uplynulých sto let české státnosti připomínat? O tom všem se 30. října diskutovalo v pražské vile Lanna na setkání Česko na cestě/Vize a milníky, které pořádal Filosofický ústav AV ČR. Završily se tak aktivity platformy Česko na cestě, u jejíhož zrodu stála Akademie věd ČR a Ministerstvo zahraničních věcí ČR.

„Podstatou naší platformy není stručný návod na dějiny nebo odpověď na to, jaký dnešní svět je. Chceme upozornit na problémy současnosti a ukázat, že může být výzvou a podnětem k dalším debatám," říká místopředseda AV ČR Pavel Baran, který Česko na cestě společně s velvyslancem ČR ve Francii Petrem Drulákem inicioval. Kromě stého výročí vzniku Československa si v roce 2018 připomeneme také konec první světové války a další, tzv. osmičková výročí odkazující k událostem, které podstatně ovlivnily situaci v českých zemích i v Evropě a dramaticky zasáhly do života jejich občanů. Jedním z výstupů platformy Česko na cestě je stejnojmenná publikace nakladatelství Academia, kam svými komentáři přispěly významné osobnosti intelektuálního života, např. filozof a sociolog Václav Bělohradský, politik, právník a publicista Petr Pithart, socioložka Tereza Stöckelová, historik umění Jiří Fajt či historikové Jaroslav Pánek, Luboš Velek, Jan Křen a mnozí další.

Klamárium – jak nás klame zrak

V Psychologickém ústavu AV ČR zkoumají principy lidského zrakového vnímání jako proces, díky němuž jsme schopni rozumět světu v podobě zprostředkovávané našima očima. Na druhé straně ale způsob zpracování zrakové informace v mozku, její zobecňování a každodenní aplikace na běžné situace může vést k omylům v průběhu vnímání a ke zrakovým klamům. Výstava s výmluvným názvem Klamárium, kterou vědci připravili a jež je přístupná do konce roku 2017 v Národním technickém muzeu v Praze, dokazuje, jak je zrakové vnímání ošidné. „Záměrně jsme ji opatřili podtitulem ‚Co prozrazují zrakové klamy o lidské mysli' a ke každému vystavenému klamu nabízíme podrobné vysvětlení," říká Radovan Šikl z Psychologického ústavu AV ČR. „Podle laického pohledu se vnímání může jevit jako jednoduchý, automaticky probíhající poznávací proces vedoucí k otisku skutečnosti v mozku. Klamy pak z této představy zdánlivě vybočují jako fascinující, nepochopitelná výjimka. Takový pohled je nicméně v řadě ohledů chybný. Klamy nejsou výjimkou, ale naopak vysoce názorným dokladem komplexních a adaptivních procesů probíhajících při vnímání v mysli."



Připravila: Markéta Wernerová | **Foto:** Pavlína Jáchimová (8), E.ON Energy Globe, Jan Vejmelka (MZV ČR), iStock

emie

Předsedkyně AV ČR Eva Zažímalová předala „Ekologického Oskara“

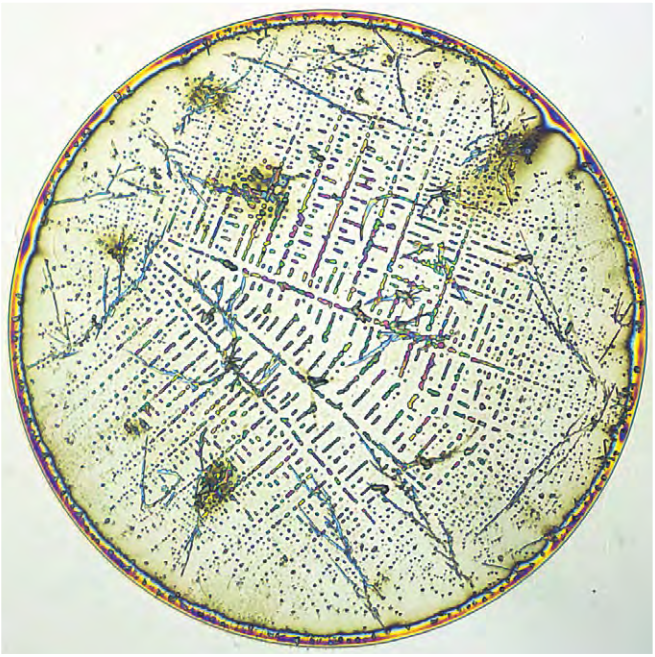
Vyhlášením vítězů nejlepších projektů a nápadů v oblasti ekologie, inovací a energetických úspor z České republiky vyvrcholil 9. října slavnostní galavečer v pražském Foru Karlín. „Ekologického Oskara“ vybírala porota složená převážně z expertů AV ČR. „Akademie věd poskytla této soutěži záštitu a stala se jejím odborným garantem. Jsme rádi, že jsme se mohli do soutěže E.ON Energy Globe zapojit, protože ekologie, energetika a udržitelný rozvoj jsou oblasti, kterými se i naši vědci intenzivně zabývají, mimo jiné v rámci Strategie AV21,“ uvedla předsedkyně AV ČR Eva Zažímalová.

Nejlepším projektem v soutěži E.ON Energy Globe roku 2017 se stal chytrý dům s květinovou mokřadní střechou Michala Šperlinga. Dřevěný dům vyplňuje prostor činžovního vnitrobloku, a přesto zachovává jeho přírodní plochu v celém rozsahu. Mokřadní střecha stavby doplňuje okolní zelený trávník. Rostlinná pokrývka domu navíc využívá unikátního systému čištění odpadních vod, a funguje tak jako střešní kořenová čistička.

Věda fotogenická 2017

Ulice středověkého města, nebo jen skvrnka na polovodičovém vzorku? Termití voják připravený k obraně kolonie a v roli pěstitele hub? Nejen tyto pozoruhodné motivy uspěly ve čtvrtém ročníku soutěže Věda fotogenická, kam své fotografie mohou zasílat zaměstnanci Akademie věd. Vítězné snímky odhalila 3. listopadu vernisáž v Městské knihovně v Praze. „Výstava představuje práci vědců z jiného úhlu pohledu. Ukazuje vědu i ze stránky estetické, a to i v takových oborech, jako jsou fyzika nebo molekulární biologie,“ uvedla na vernisáži předsedkyně AV ČR Eva Zažímalová.

První místo podle hlasování odborné poroty v hlavní kategorii Věda fotogenická získal snímek Filipa Domince z Fyzikálního ústavu Skvrnka na polovodičovém vzorku (vpravo). V kategorii Vědci ve fotografii zvítězil Jan Pavelka z Ústavu přístrojové techniky se snímkem Heliový dech. Akademická rada udělila první místo fotografii Petry Peer z Ústavu pro hydrodynamiku nazvané Polymerní perla. V on-line hlasování vyhrál MitoŠnek Lukáše Alána z Fyziologického ústavu a Marie Rodinové z 1. LF UK.



Odkaz Tomáše Garrigua Masaryka

Jaký odkaz po sobě zanechal T. G. Masaryk a jak s ním naložily následující generace a režimy? Odpovědi nabízí výstava Druhý život Tomáše Garrigua Masaryka přístupná do půlky ledna roku 2018 v Mytologické chodbě Valdštejnského paláce v sídle Senátu Parlamentu ČR. Vznikla u příležitosti letošního 80. výročí úmrtí prvního československého prezidenta a blížícího se 100. výročí vzniku Československa. „Zajímal nás trochu jiný pohled na Masaryka, který se stal doslova ikonickou postavou našich dějin. Zaměřili jsme se na jeho odkaz, na to, jak se k němu zachovali představitelé moci a jak ho viděla veřejnost," vysvětluje odborný gestor výstavy Emil Voráček z Historického ústavu AV ČR. Expozici připravili pracovníci Historického ústavu AV ČR ve spolupráci s dalšími badateli a s Kanceláří Senátu. Materiály a dokumenty pocházejí mj. z Masarykova ústavu a Archivu AV ČR, Archivu bezpečnostních složek, Archivu Kanceláře prezidenta republiky, Masarykova muzea v Hodoníně a několika soukromých sbírek.

Osobnosti T. G. Masaryka se věnují i další projekty pracovníků Akademie věd ČR. Masarykův ústav a Archiv AV ČR například spustil tematický portál http://tg-masaryk.cz/ s jedinečnou interaktivní mapou znázorňující historická i současná místa v České republice a na Slovensku související s Masarykovým životem a meziválečným Československem – naučné stezky, pomníky, busty, stromy a další památeční místa.

Týden vědy a techniky AV ČR

Největší vědecký festival v Česku odstartoval 6. listopadu a přinesl více než 500 akcí po celé České republice od Chebu až po Třinec. Během sedmi dnů si návštěvníci mohli vybírat z nepřeberného množství přednášek, workshopů, diskusí, výstav, science show, promítání a dalších akcí, které postupně představily hlavní témata již 17. ročníku Týdne vědy a techniky AV ČR: potraviny pro budoucnost, superlasery, medicínu a civilizační choroby, nanotechnologie, robotiku a umělou inteligenci. Tradiční součástí festivalu byly dny otevřených dveří na pracovištích AV ČR, při nichž mohli fanoušci vědy na vlastní oči vidět, jak vědci bádají.

Záznamy z přednášek a panelových diskusí je možné zhlédnout na Youtube kanálu Týdne vědy a techniky AV ČR. Fotografie z jednotlivých akcí naleznete na www.zonerama.com/AVCR.

Boj s obezitou a cukrovkou

V laboratoři Lenky Maletínské z Ústavu organické chemie a biochemie AV ČR se podařilo uměle připravit a chemicky modifikovat neuropeptid – hormon, který má vliv na příjem potravy. Objev, na kterém se podílel i Fyziologický ústav AV ČR, by tak mohl znamenat přelom v léčbě obezity a cukrovky II. typu. Oba akademické ústavy již podepsaly smlouvu o vědecké spolupráci s farmaceutickou společností Novo Nordisk. „V určité fázi do toho musí vstoupit silná profesionální firma, protože náklady na vývoj nových léčiv a licencí jsou obrovské. Čekají nás složité schvalovací procedury a přísné klinické testy," vysvětluje Martin Fusek z Ústavu organické chemie a biochemie AV ČR, který spolupráci s dánskou firmou připravoval. Podle jeho slov je příjem potravy velmi komplikovaná a stále ještě ne zcela probádaná oblast s mnoha mechanismy, do nichž se zapojují různé části těla, včetně mozku. „Pokud bych to měl zjednodušit, tak když se najíme, začne v našem mozku působit hormon, který je jakousi stopkou – vysílá signál, že už bychom jíst neměli. Doktorka Maletínská tento hormon zkoumá a podařilo se jí připravit látku s podobnými vlastnostmi." Vědci čelili ještě dalšímu problému – jak tuto látku periferně dostat až do mozku. Nakonec se bude podávat injekčně jako inzulin. Nová látka vykazuje překvapivou účinnost. U zvířecích modelů se snížila hmotnost o 15 až 20 %, zatímco většina nyní dostupných látek dokáže snížit hmotnost maximálně o 10 %, a to v kombinaci s velkou silou vůle a cvičením.

Nebezpečné sesuvy půdy zkoumají vědci v Peru

Strmé svahy vesničky Rampac Grande nedaleko nejvyšší peruánské hory Huascarán postihly v roce 2009 katastrofické sesuvy. S pomocí přicházejí díky finančnímu příspěvku zahraniční rozvojové spolupráce ČR vědci z Ústavu struktury a mechaniky hornin AV ČR. Ve spolupráci s peruánským Národním institutem pro výzkum ledovců a horských ekosystémů zkoumali nebezpečí, které pro místní obyvatele představují sesuvy půdy. Čeští vědci v čele s Janem Klimešem nejsou v andských velehorách žádnými nováčky. Již dříve hodnotili nebezpečí sesuvů a povodní z ledovcových jezer v Cordillera Blanca – tropickém pohoří s největším pokrytím ledovci na světě. Tentokrát mapovali bezpečné oblasti, které místní komunita může využít k rozvoji, a zároveň hledali nebezpečná místa, jimž by se obyvatelé měli vyhýbat.

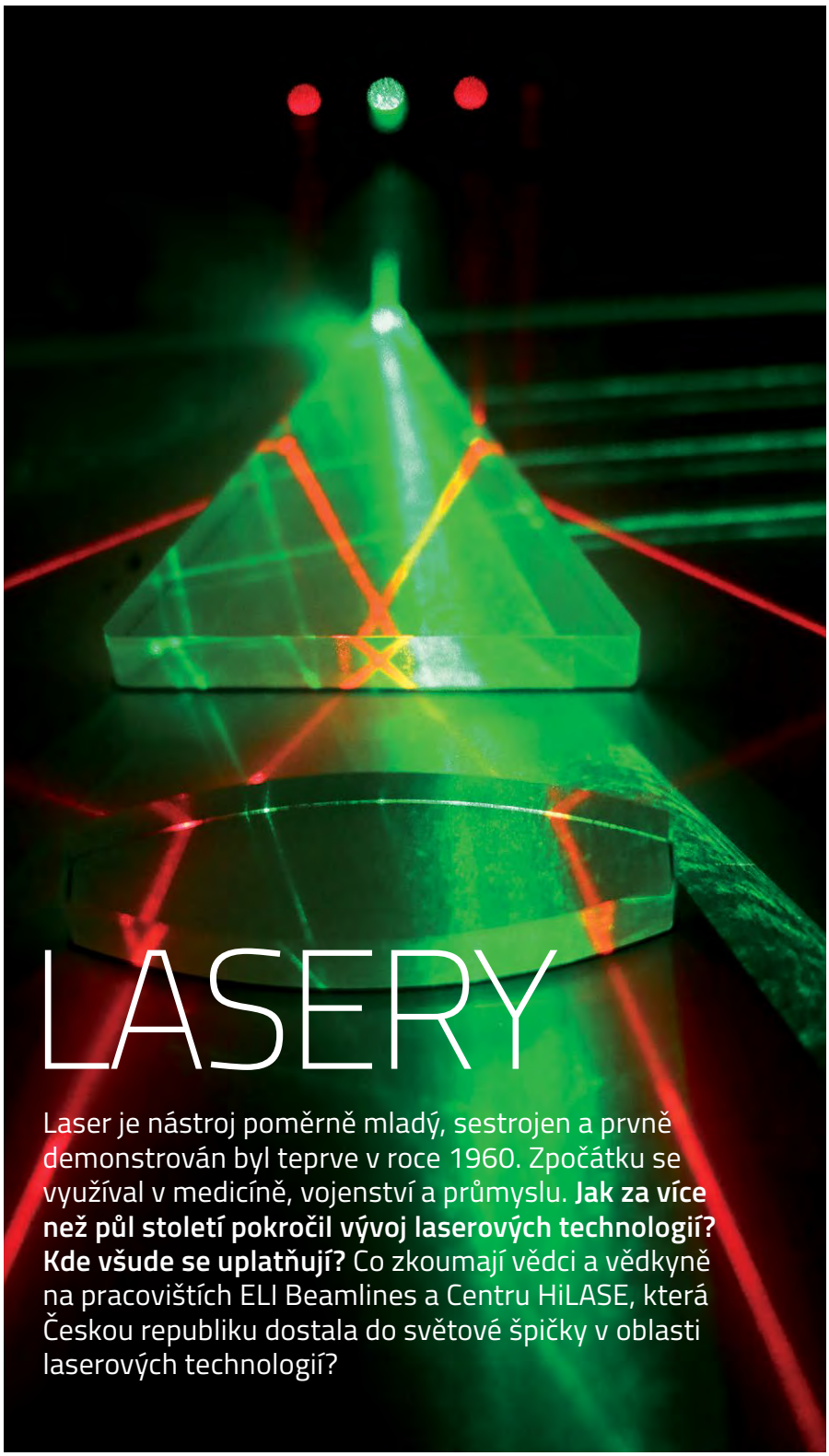
Pomocí nových metod hodnocení satelitních snímků vznikají mapy, které definují pro každou domácnost v závislosti na jejím umístění v deformovaném svahu míru závažnosti situace, doporučují opatření k rychlé reakci v rizikových obdobích či aktivitách a pro provinční vládu představují důležitý podklad k územnímu plánování. Z prostředků malého lokálního rozvojového projektu byl pořízen přesný měřicí přístroj extenzometr, vznikly kontrolní body a do terénu byly umístěny kovové tabulky označující bezpečné zóny a evakuační cesty.

Ústav pro soudobé dějiny poodhaluje historii romské genocidy

Romské komunity jsou součástí multietnické mozaiky střední a východní Evropy. Co ale vlastně víme o jejich historii? Studium Romů je doménou folkloristů, etnologů a filologů, zatímco romská historie jako disciplína je roztříštěná a izolovaná. Žádná akademická platforma, která se zaměřuje na historický výzkum romských komunit, dosud neexistovala. Změnit to má Pražské fórum pro romské dějiny při Ústavu pro soudobé dějiny AV ČR. Nově ustavená nadnárodní iniciativa má propojit badatele z různých evropských zemí, a to nejen romisty, ale především historiky, sociology, antropology, filology a další odborníky. První konference zaměřená na romský holokaust a jeho následky se uskutečnila ve dnech 20.–21. září v pražské vile Lanna.

Foto: Stanislava Kyselová

Příště



LASERY

Laser je nástroj poměrně mladý, sestrojen a prvně demonstrován byl teprve v roce 1960. Zpočátku se využíval v medicíně, vojenství a průmyslu. **Jak za více než půl století pokročil vývoj laserových technologií? Kde všude se uplatňují?** Co zkoumají vědci a vědkyně na pracovištích ELI Beamlines a Centru HiLASE, která Českou republiku dostala do světové špičky v oblasti laserových technologií?

VĚDA A VÝZKUM

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 Černoch
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

Pavlína 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 4/2017, vychází čtvrtletně, ročník 1
Vyšlo 6. prosince 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 inzercí redakce neodpovídá.
Změny vyhrazeny.

asiana GROUP

Pavla Pulchart
Business Development Manager

+420 724 431 389
p.pulchart@asiana.cz

Asiana, spol. s r.o., Velflíkova 8,
160 00 Praha 6

letuška.cz Europea .travel Study CZ viza.cz Eduthea eduthea.com

Akademie věd
České republiky

VĚDA A VÝZKUM

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

www.avcr.cz

https://cs-cz.facebook.com/akademieved/

https://www.instagram.com/akademievedcr/

https://twitter.com/akademie_ved_cr