



**Andrea Settey Hajdúchová**

**10-10-10**

**10 slovenských vedcov • 10 rozhovorov • 10 výziev**



EURÓPSKA ÚNIA  
Európsky fond regionálneho rozvoja  
OP Integrovaná infraštruktúra 2014 – 2020




MINISTERSTVO  
ŠKOLSTVA, VEDY,  
VÝSKUMU A ŠPORTU  
SLOVENSKEJ REPUBLIKY

*Andrea Settey Hajdúchová*

# 10-10-10

10 slovenských vedcov • 10 rozhovorov • 10 výziev



**Andrea Settey Hajdúchová** je novinárka. Vyštudovala žurnalistiku na Filozofickej fakulte Univerzity Komenského v Bratislave, po skončení štúdia pôsobila takmer desať rokov ako novinárka v denníku SME. Neskôr pôsobila ako hovorkyňa a PR odborníčka neziskovej organizácie Úsmev ako dar, Slovenskej technickej univerzity v Bratislave a dnes organizácie WWF Slovensko. Roku 2016 získala Cenu za vedu a techniku v kategórii Popularizátor vedy a roku 2018 bola nominovaná za svoj blog v Denníku N na Novinársku cenu. V blogu sa venuje najmä rozhovorom s osobnosťami. Vo voľnom čase miluje beh.



**Andrea Settey Hajdúchová**

**10-10-10**

**10 slovenských vedcov • 10 rozhovorov • 10 výziev**



EURÓPSKA ÚNIA  
Európsky fond regionálneho rozvoja  
OP Integrovaná infraštruktúra 2014 – 2020



MINISTERSTVO  
ŠKOLSTVA, VEDY,  
VÝSKUMU A ŠPORTU  
SLOVENSKEJ REPUBLIKY



Táto publikácia vznikla vďaka podpore v rámci Operačného programu Integrovaná infraštruktúra pre projekt: Podpora národného systému pre popularizáciu výskumu a vývoja (kód ITMS: 313011T136), spolufinancovaný zo zdrojov Európskeho fondu regionálneho rozvoja.

Investícia do Vašej budúcnosti

## **10-10-10**

### **10 slovenských vedcov. 10 rozhovorov. 10 výziev**

Autorka textu: Mgr. Andrea Settey Hajdúchová

Obrázky, ilustrácie: podľa zoznamu na s. 140 – 144

Na redakčnej príprave diela spolupracovali:

Mgr. Renata Józsová, Mgr. Lucia Kralovičová

Zodpovedný redaktor: Mgr. Stanislav Muntág

Jazyková redaktorka: Elena Režná

Grafická úprava a príprava tlačových podkladov: Ing. Roman Krause

Tlač: KASICO, a. s., Bratislava

Vydalo Vydavateľstvo Matice slovenskej, s. r. o.

[www.vydavatel.sk](http://www.vydavatel.sk)

pre Centrum vedecko-technických informácií Slovenskej republiky

Prvé vydanie

© Centrum vedecko-technických informácií Slovenskej republiky 2021

**ISBN 978-80-8115-321-1**

# Obsah

<b>Rozhovor namiesto úvodu</b> .....	7
<b>Pavol Alexy:</b> <b>Poznanie nikdy nebolo, nie je a nebude prekliatím. Vždy obohacuje</b> .....	8
<b>Mária Bieliková:</b> <b>Na nás ľuďoch záleží, ako dopadne hra, ktorú hráme</b> .....	22
<b>Vladimíra Kurincová Čavojová:</b> <b>Vedecky myslieť znamená pochopiť, ako veda funguje, a mať k nej dôveru</b> .....	36
<b>Ján Dusza:</b> <b>Z nových materiálov môžeme stavať výťah do vesmíru</b> .....	50
<b>Tatiana Kluvánková:</b> <b>Sme na novej ceste a vieme, že pokračovať po starej je neudržateľné</b> ....	64
<b>Silvia Pastoreková:</b> <b>Musíme klásť čoraz väčší dôraz na ľudskosť, pretože inak budeme v ohrození</b> .....	76
<b>Jana Ružičková:</b> <b>Mali by sme chrániť a vytvárať ostrovy prírody v krajine, ktorú človek využíva</b> .....	90
<b>Robert Špaček:</b> <b>Aj udržateľná architektúra musí byť krásna</b> .....	102
<b>Martin Takáč:</b> <b>Potrebujeme chápať technológie a vedieť, kedy sa na ne spoliehať a kedy nie</b> .....	116
<b>Juraj Tóth:</b> <b>Dostávame sa na hranice nášho poznania a tam je to najzaujímavejšie</b> .....	128
<b>Zdroje obrázkov a ilustrácií</b> .....	140



# Rozhovor namiesto úvodu

## s autorkou knihy Andreou Settey Hajdúchovou

### Ako a prečo vznikla kniha 10-10-10?

Myšlienka pozrieť sa na výzvy, ktorým čelia slovenské vedkyne a vedci, vznikla v Centre vedecko-technických informácií SR v rámci projektu zameraného na popularizáciu vedy. A ja som sa jej veľmi rada zhostila. Kniha, ktorá sa vám dostáva do rúk, vznikala počas roka 2021, v období prebiehajúcej pandémie. V čase, keď v spoločnosti viac ako inokedy rezonovala potreba podporiť dôveru vo vedu a vedcov.

V knihe nájdete 10 rozhovorov s 10 vedcami z 10 vedeckých oblastí, ktoré formujú a menia svet, ako ho poznáme, a rozhodujú o tom, aké bude naše žitie a naša budúcnosť. Rozprávame sa o biotechnológiách, virtuálnom svete, umelej inteligencii a psychológii, ale aj o nových materiáloch, ekonomike, medicíne či o ekológii, architektúre a vesmírnom výskume.

### Čo bolo Vaším zámerom?

Zámerov bolo viac. V prvom rade celkom jednoducho poskytnúť čitateľom obraz o tom, aké aktuálne problémy riešia vedci v jednotlivých oblastiach. A tiež kam nás ako ľudstvo môže v horizonte približne 10 rokov posunúť zdolanie týchto výziev či naopak prehlbovanie problémov.

Ďalším zámerom bolo ukázať, že máme na Slovensku vedcov, ktorí sa vyrovnávajú svetovej konkurencii a venujú sa zaujímavému a dôležitému výskumu.

A mojím cieľom bolo nezostať „na povrchu“, ale pozrieť sa na tému širšie a hlbšie, aj z pohľadu minulých skúseností, aktuálnych trendov a budúceho vývoja.

### Ako vidíte vedcov po rozhovoroch s nimi?

Zapôsobilo na mňa, že popri úžasných výsledkoch, patentoch, objavoch či vynálezoch, ktoré za jednotlivými vedkýňami a vedcami v tejto knihe stoja, všetci vo svojej práci riešia aj otázky etiky, vedeckej integrity, zodpovednosti voči spoločnosti, ľudstvu či dokonca planéte. „Ľudstvo nemá vo zvyku využiť poznanie len správnym spôsobom,“ zaznie v jednom rozhovore. Preto je úžasné, že sú to práve vedci, ktorí sa už dnes zamýšľajú aj za nás všetkých nad dôsledkami a využitím nových vedeckých poznatkov.

Z každého rozhovoru dýcha ľudskosť, pokora a skromnosť. Preto verím, že dialógy budú inšpiratívne nielen v rovine pútavého rozprávania o nových objavoch a riešeníach, ktoré nás v jednotlivých vedeckých oblastiach čakajú, ale aj osobným príkladom vedkýň a vedcov.

**Pavol Alexy:**

**Poznanie nikdy nebolo,  
nie je a nebude prekliatím.  
Vždy obohacuje.**







**Prof. Ing. Pavol Alexy, PhD.**, vyštudoval Fakultu chemickej a potravinárskej technológie Slovenskej technickej univerzity v Bratislave, kde dodnes pôsobí ako vedec a pedagóg. Vyše dvadsať rokov sa venuje výskumu plastov z obnoviteľných zdrojov, ktoré sú absolútne rozložiteľné, takže ich možno označiť ako full eco plasty. Za svoj výskum získal viacero významných ocenení, medzi nimi ocenenie Technológ roka SR 2012 či naposledy Cenu za udržateľný rozvoj 2020 (Cena SDGs 2020, z angl. Sustainable Development Goals).

**Prvý plast, tzv. parkesin, predstavil roku 1862 na priemyselnej výstave v Londýne Alexander Parkes. Ziskal zaň bronzovú medailu a obdiv: „Látka pevná ako rohovina, no zároveň ohybná ako koža, ktorú možno odlievať do podoby, akej sa človeku zažiada.“ Ako sa prvý plast líšil od plastov, ktoré poznáme dnes?**

Parkesin, neskôr známy ako celuloid, bol polymérny materiál, ktorý vznikol odparením rozpúšťadla z roztoku nitrocelulózy. Pravdepodobne úplne prvý polymér, ktorý ľudia používali pri zhotovovaní rôznych predmetov a netušili, že ide o polymér, bol však prírodný kaučuk.

Koncom 19. storočia prišlo PVC (polyvinylchlorid) a kľúčový prelom vo vývoji plastov nastal roku 1907, keď Leo Baekeland vytvoril bakelit. Ten bol prvým masovo vyrábaným plastom, patriacim do triedy polymérov pôvodne nazývanej termosety, dnes reaktoplasty, teda živice, ktoré sa dajú tvarovať pred vytvrdením a viac už nie sú plastické. Skôr narodení si možno bakelit pamätajú, vyrábali sa z neho skrinky na rádiá či telefóny. To boli prvé plasty s obmedzenými, aj keď na vtedajšiu dobu veľmi perspektívnymi aplikačnými možnosťami. Súčasnú plastovú predstavujú pestrou škálu rozmanitých materiálov so širokým spektrom použitia.

Bakelit bol revolučný vynález. Prispel k tomu, že sa mu prínos aj v odstraňovaní majetkových nerovností, keď priniesol telefóny, rádiá a domáce spotrebiče do každej domácnosti.

Nástup plastov bol razantný, mali množstvo výhod, ktoré pretrvávajú dodnes, len ich už vnímame ako samozrejmosť. V prvom rade boli lacné, v porovnaní s tradičnými materiálmi ľahko spracovateľné a mali húževnatosť, bariérové či elektroizolačné vlastnosti, čo bolo skvelé.

Reaktoplasty boli postupne v mnohých aplikáciách nahradené termoplastmi, ktoré sa dajú opakovane tvarovať. Medzi prvými bol spomínaný PVC. Ten je dodnes nenahraditeľný najmä v elektrotechnickom priemysle, pretože okrem elektroizolačných vlastností je samozhášajúci, takže sa pri požiari oheň nešíri rozvodmi. Potom prišla éra synteticky vyrábaných plastov, ako sú polyetylén, polypropylén, polystyrén, PET (polyetyléntereftalát) a mnohé ďalšie.

### **A postupne našli uplatnenie takmer v každej oblasti života...**

Málokto si uvedomuje, že bez plastov sa nezaobídu moderné technológie, v ktorých sú súčasťou elektroniky. Plasty otvorili netušené možnosti lekárom: vyrábajú sa z nich implantáty, kanyly, katétre, infúzne súpravy či krvné vaky, v ktorých krv vydrží dlhšie ako v skle. Považujeme za samozrejmosť výmenu bedrového kĺbu, no jeho povrch musí byť klzký a mechanicky odolný, čo takisto zabezpečujú špeciálne typy plastov. Keby plasty zmizli, lekári by mali menší potenciál na záchranu životov.

Plasty umožnili výrazný rozvoj textilného priemyslu. Zvyšujú našu bezpečnosť, používajú sa napríklad v nepriestrelných vestách či v bezpečnostných čelných sklách áut. Nemalú úlohu zohrávajú v hygiene, o čom svedčí súčasná pandémia, keď sú nevyhnutné rúška, respirátory či ochranné pomôcky pre lekárov. A mohol by som vypočítavať ešte dlho, čo všetko by bez plastov nebolo možné v takom krátkom čase a v takej kvalite zabezpečiť.

**Po prvý raz nebola výroba predmetov obmedzená na materiály z prírody, ako sú drevo, kameň, kly či rohovina. Spočiatku boli plasty označované za materiál, ktorý šetrí životné prostredie a zachraňuje slony alebo korytnačky, keďže zo slonoviny a rohoviny sa vyrábali napríklad gule na populárny biliard a ďalšie predmety.**

Tento bonus plasty nestratili. Aj dnes nahrádzajú prírodné materiály, no hoci nemusíme používať slonovinu, ešte stále existujú pytliaci a výnosný čierny obchod s týmto „tovarom“. Takže problém s plastmi súvisí s našou disciplínou, nadspotrebou a najmä s morálkou.

Úlohu polymérov v ochrane životného prostredia vidím v širšom spektre. Ak by sme plasty v oblasti konštrukčných či obalových materiálov nahradili tradičnými materiálmi ako sklo či kovy, prejavilo by sa to napríklad na ich hmotnosti.





Ťažšie obaly a autá by znamenali väčšiu spotrebu pohonných hmôt a väčšiu produkciu CO<sub>2</sub> pri preprave. Asi 30 % potravín sa v súčasnosti nedostane k spotrebiteľovi a skončí v odpade. Bez plastových obalov by to bolo vyššie percento. Potraviny vďaka plastovým obalom vydržia dlhšie skladovanie a dlhšie si uchovávajú svoje vlastnosti.

Plasty však majú problém, že sú ľahšie ako voda. Ak sa našim nezodpovedným prístupom k odpadu ocitnú v rieke či v mori, plávajú na hladine. Nahradením plastov ťažšími tradičnými materiálmi by odpad skončil na dne a jediný rozdiel by bol, že by ho nebolo vidieť.

### **Kým sa dostaneme k riešeniam, ktoré prinášate, vysvetlime si rozdiel medzi plastom a polymérom.**

Polymér a plast sú ako množina a podmnožina, teda plasty patria medzi polyméry. Polymér je vysokomolekulová zlúčenina, ktorej štruktúra spočíva vo vysokom počte opakovaní tej istej štruktúrnej jednotky (monoméru) v molekule polyméru. Na lepšie pochopenie používam príklad tzv. céčok, s ktorými sme sa kedysi hrávali, spájali ich do retiazok a rôzne vetvili. Céčko je monomér a veľa céčok spojených do retiazky je polymér.

Polyméry nie sú výtvorom človeka, sú základom života. Skladajú sa z nich rastliny, živočíchov, jednobunkové organizmy. Všetko živé si nesie svoju genetickú informáciu prostredníctvom DNA, čo je polypeptid, teda polymér. Takisto naša koža (kolagén), vlasy (keratín) aj svaly (bielkoviny) sú polyméry. Živé organizmy sú vlastne výkladná skriňa polymérov.

### **Len chvíľku trvalo, kým sme pochopili podstatu. Za otca polymérov sa označuje nemecký vedec Hermann Staudinger, nositeľ Nobelovej ceny za chémiu, ktorý roku 1920 odhalil spájanie molekúl do zložitých štruktúr – do makromolekúl polymérov.**

Presne tak. Tento objav bol zásadný a dvadsiate storočie sa preto zvykne označovať za storočie plastov. Polyméry sa delia podľa vlastností na plasty a elastoméry (kaučuky), z ktorých sa vyrába napríklad guma. Plasty sa potom ďalej delia na reaktoplasty (sem patria mnohé živice či lepidlá, ako sú epoxidy a podobne) a na termoplasty, ktoré môžeme opakovane zohrievať a tvarovať. Verejnosť často vníma pod pojmom plasty len termoplasty, čo nie je celkom presné.

Pojem plast sa často zužuje na nesprávne nazývané igelitové tašky (správne plastové alebo polyetylénové tašky), plastové fľaše, tégliky, PVC podlahu a podobne, ale polyméry sú aj náterové hmoty a iné.



Skúšobná linka na výrobu liatych fólií z bioplastov

**Takmer polovicu storočia plastov hľadáme zároveň riešenie, ako sa vyrovnat s plastovým odpadom. Cesty smerujú od recyklácie až k vývoju bioplastov. Aj vy sa na riešení podieľate vynálezom bioplastov nonoilen 1 a nonoilen 2. Čím sú osobité?**

Termín bioplasty dnes zahŕňa tri skupiny plastov – biodegradovateľné (čiže biologicky rozložiteľné) plasty vyrobené z obnoviteľných surovín, biodegradovateľné plasty vyrobené z fosílnych surovín a plasty vyrobené z obnoviteľných zdrojov, ktoré nie sú biodegradovateľné. V tomto by sa mal urobiť poriadok, lebo, žiaľ, len jedny z týchto troch sú naozaj ekologické.

Príkladom syntetických biorozložiteľných plastov vyrobených z fosílnych zdrojov, najmä z ropy, je napríklad polyvinylalkohol. Ten je rozpustný vo vode, preto sa z neho vyrábajú niektoré špeciálne produkty ako kapsuly do umývačiek riadu, vrecká na farbivá v textilnom priemysle, obaly na postrekové látky v poľnohospodárstve. Postrekový prípravok sa aj s vreckom vloží do vody a po rozpustení sa aplikuje na rastliny. Pritom polyvinylalkohol ešte zvyšuje prílnavosť prostriedku na rastliny. Vodorozpustné vrecia možno použiť v nemocniciach na zber infikovanej bielizne, ktorá sa potom vo vodorozpustnom vreci vkladá do práčky, čím sa chráni zdravie obsluhy. Tento systém sa využíva najmä v USA. Tieto „bioplasty“ však pre svoj fosílny pôvod prispievajú pri rozklade k produkcii oxidu uhličitého, a teda ku globálnemu otepľovaniu.

Tretiu skupinu predstavujú bioplasty, ktoré sú vyrobené z obnoviteľných zdrojov, no nie sú biorozložiteľné.

### Tie sú najväčším problémom?

Tu by som nesúhlasil. Ak sa k riešeniu problému postavíme systémom „čo oko nevidí, to srdce nebolí“, tak máte pravdu. Ak sa však na problém plastového odpadu pozrieme komplexne, potom najväčší problém predstavuje druhá skupina – syntetické biodegradovateľné plasty, pretože tie z prírody síce zmiznú, ale efekt je rovnaký, akoby sme ropu rovno spálili a vyprodukovali fosílny  $\text{CO}_2$ .

Plasty vyrobené z prírodných zdrojov, ktoré sa nerozkladajú, zostanú v prírode, ak ich tam vyhodíme, no pri rozklade neprodukujú fosílny skleníkové plyny. Ak ich správne vyseparujeme, skončia v spaľovni alebo na skládke. Pri spálení síce produkujú  $\text{CO}_2$ , no nie z fosílnych zdrojov, teda neprispievajú ku globálnemu otepľovaniu. Pri skládkovaní sa však nerozložia, takže uhlík nevráti do pôdy, a sú opäť typickým príkladom lineárnej ekonomiky.

Najlepšie sú plasty vyrobené z prírodných zdrojov a biodegradovateľné, pretože surovinu získanú z prírodných zdrojov po ukončení životnosti výrobku vraciame tam, odkiaľ sme ju zobrali, a uzatvárame kruh. Iné riešenie znamená, že sa správame sebazničujúco, smerujeme k vyčerpaniu fosílnych zdrojov, fosílny uhlík premieňame na  $\text{CO}_2$  alebo metán, narúšame rovnováhu v prírode a ubližujeme jej aj sebe.



Predmety vyrobené z nonoilenu

## A sme späť pri otázke na nonoileny 1 a 2, ktoré spadajú do prvej skupiny bioplastov.

Základom nonoileny je kyselina polymliečna, ktorá sa vyrába zo škrobu, a polyhydroxybutyrát – rovnako biomateriál produkovaný baktériami. Treba im poskytnúť ako živinu cukor, napríklad z cukrovej trstiny či zo sŕvátky, čo je odpad, ktorý vzniká pri výrobe mliečnych produktov. Na zmäkčenie používame tiež látky na prírodnej báze – estery kyseliny citrónovej. Nonoilen 1. generácie je rozložiteľný v priemyselnom komposte, teda pri teplote vyše 50 stupňov Celzia, optimálne 58 až 65 stupňov. Na „nule“ sme aj z hľadiska CO<sub>2</sub>, pretože rastliny ako kukurica, z ktorej získame škrob, alebo cukrová trstina potrebujú na rast práve oxid uhličitý. Čiže ten, čo sa uvoľní pri kompostovaní, sa znovu použije na rast suroviny.

Nonoilen 2. generácie vznikol, pretože sme chceli zlepšiť biorozložiteľnosť a dosiahnuť rozklad pri nižších teplotách. Pridali sme termoplastický škrob a dosiahli sme, že sa bioplast rozkladá aj v záhradnom komposte a niektoré špeciálne receptúry aj v bežnej pôde, teda pri podstatne nižších teplotách a nižšej mikrobiologickej aktivite.

## Kým sa usilujete o nasadenie bioplastov, súbežne sa presadzuje ako riešenie snaha zvýšiť mieru recyklácie a rozšíriť spektrum výrobkov z recyklátu.

Nemôžem povedať, že aktuálne recyklácia nezlepšuje situáciu s plastovým odpadom. Zlepšuje, ale nerieši, pretože nevytvára kruh, ale špirálu. Ak by sme boli veľmi zodpovední a vyzbierali všetky plasty a ak by sme dokázali všetky druhy plastov aj recyklovať, vznikol by recyklát, ktorý by však mal horšie vlastnosti ako pôvodný plast a na ďalšie spracovanie by sa k nemu musel vždy primiešať novovyrobený plast. Zo všetkého recyklátu navyše nevyrobíme fľašu, ale možno lavičku, ktorú po dožití opäť môžeme zomlieť na recyklát. Čo však z neho dokážeme vyrobiť, keď okrem opakovaného recyklačného procesu došlo k degradácii materiálu aj v dôsledku poveternostných vplyvov? Na konci životného cyklu plastu už zjavne nič.

Zároveň si treba uvedomiť, že výroba plastov naďalej rastie. Európska únia žiada, aby do roku 2030 boli recyklované minimálne všetky obaly a polovica všetkých plastov. Vieme využiť toľko recyklátu alebo skončí v spaľovniach cementárni či teplárni? Odpoveď je jednoduchá. Ak začneme používať biodegradovateľné bioplasty z obnoviteľných surovín a nastavíme pre ne spôsob zberu, tak v momente, keď zistíme, že výrobok nepotrebujeme alebo už nie je možná jeho recyklácia, dostane sa do kompostu. A okrem likvidácie odpadu bez produkcie fosílného CO<sub>2</sub> ešte navyše vrátime do pôdy humus a základné biogénne prvky.

## Aj o chemickej recyklácii sa hovorí ako o možnom riešení.

Na chemický rozklad plastov sa používa spravidla hydrolyza alebo pyrolýza. Niektoré polyméry, napríklad polyestery (vrátane PET) či polyamidy, možno rozložiť hydrolyzou. V tomto procese sa pôsobením vody plast rozloží na pôvodne sa opakujúce jednotky, ktoré možno opäť použiť na syntézu toho istého plastu. Treba však povedať, že to je energeticky náročný proces a aj pri tomto spôsobe vzniká odpad. Pri pyrolýze vznikajú nízkomolekulové produkty ako pyrolýzny olej, pyrolýzne plyny a tuhý pyrolýzny zvyšok. Niečo sa dá využiť na výrobu plastov, ale značná časť týchto produktov je odsúdená na spalovanie (výroba energie) a časť skončí na skládke.

Biologická recyklácia je jediná recyklácia, ktorá funguje na planéte nezávisle od človeka a je v úplnej zhode s prírodou. Biodegradácia prebieha dvomi spôsobmi – aeróbnym (za prístupu kyslíka, čo je klasický kompost) a anaeróbnym (napríklad bioplynová stanica) a spočíva v tom, že mikroorganizmy, ako sú huby, plesne, kvasinky či baktérie, rozkladajú polymér na nízkomolekulové produkty, napríklad na vodu či uhlíkaté zlúčeniny, pričom vzniká biomasa. Vzniknuté produkty biologického rozkladu potrebujú opätovne živé organizmy na svoj rast a rozmnožovanie.

## Mikroplasty už boli nájdené vo vode z kohútika, v ľadovcoch na póloch, v Mariánskej priekope, v morských živočíchoch či v ľudskej placente. Aj tu môžu „pravé bioplasty“ pomôcť?

Najväčším zdrojom mikroplastov je textilný priemysel. Do vody sa dostávajú počas prania. Pri výrobe oblečenia sa používa časť recyklátu z PET fliaš. Približne 25% recyklátu z PET fliaš vieme vrátiť do výroby fliaš, no je to proces náročný na použitie vody pri čistení. Preto recyklát končí v textilnom priemysle, prípadne v horšej kvalite v metlách či v kefách. Ďalšími zdrojmi mikroplastov v životnom prostredí sú napríklad obaly, kozmetika a podobne.

Logicky z toho, čo sme povedali, by mikroplasty nemali vznikáť z biodegradovateľných plastov (rozložiteľných v pôde či vo vode). Ak zároveň nechceme zhoršovať vplyv na globálne otepľovanie, tak by malo ísť o plasty z obnoviteľných zdrojov – teda nami spomínanú prvú skupinu bioplastov.

## Ďalšia oblasť, kam sa orientuje váš výskum, je medicína. Váš tím na STU spolupracuje s Lekárskou fakultou UK v Bratislave a s odborníkmi na vývoj implantátov z Technickej univerzity v Košiciach. Na čo sa sústreďujete?

Zameriavame sa na rekonštrukčnú medicínu a tkanivové inžinierstvo. Výsledky nášho úsilia môžu byť užitočné pre pacientov, ktorí potrebujú náhradu časti



orgánov. V súčasnosti sa poškodené orgány alebo ich časti nahrádzajú transplantáciou od iného darcu alebo syntetickými náhradami. Ideálny stav je, aby sa orgán (alebo jeho časť) nahradil takým, ktorý je „vyrobený“ z vlastného genetického materiálu pacienta. Riešením môže byť odobratie zdravej časti tkaniva či získanie kmeňových buniek, ich kultivácia „in vitro“ (mimo tela pacienta) do želatinového tvaru a následná implantácia náhrady pacientovi. Bunky však treba usmerniť, do akého tvaru majú rásť, preto potrebujú opornú konštrukciu, ktorá sa odstráni, keď narastú. Nonoilen je materiál, ktorý sa páči lekárom, pretože je biokompatibilný, teda neškodí bunkám, a môže byť flexibilný a porézny, takže sa na ňom bunky dobre zachytia. Navyše ho bunky vlastnými enzýmami dokážu rozložiť a netreba ho odstraňovať. Je to sľubná cesta...

### Vyriešili ste globálny plastový problém. Prečo cesta z laboratória do praxe trvá tak dlho?

Nepovedal by som, že sme vyriešili globálny plastový problém. Čo však môžem povedať, je, že sme našli jedno z najekologickejších riešení značnej časti plastového problému.

Cesta z laboratória do praxe trvá často dlho preto, lebo to, čo funguje v malej mierke, nemusí fungovať v objemoch, s ktorými sa pracuje vo výrobe. Niektoré vynálezy sa preto nepodarí preniesť do praxe. My sme vyriešili aj tento problém. V Nitre sme pred siedmimi rokmi otvorili Centrum aplikovaného výskumu environmentálne vhodných polymérnych materiálov, ktoré slúži okrem iného na overovanie možnosti produkovať bioplast vo výrobných objemoch.



Pred tridsiatimi rokmi neboli technológie na výrobu napríklad kyseliny polymliečnej zo škrobu v priemyselnom meradle a masovo sa nevyrábala ani polyhydroxybutyrát (PHB), ktorý existuje na planéte milióny rokov. Príroda ho odnepamäti rozkladá, ale trvalo nejaký čas, kým sme zvládli jeho výrobu v priemyselnom meradle. A ďalší čas uplynul, kým sa našiel spôsob, ako ho spracovať. Sme jeden z mála tímov na svete, ktorý vie PHB bežne spracovať, a podľa odozvy na podanú prihlášku vynálezu asi jediní, ktorí ho vieme kombinovať s termoplastickým škrobom.

### Kúpime si jogurt v téglíku z vášho bioplastu v horizonte desiatich rokov?

Už teraz by sme dokázali týmto plastom nahradiť 20 až 30 % z používaných typov obalov a o dvadsať rokov možno 80 %. Vyžaduje si to však nielen čas, ale najmä ekonomickú a legislatívnu podporu na zavedenie bioplastov tohto typu. Ide o drahšie plasty, no keď výrobcom neposkytneme podporu a zvyšok trhu pôjde za lacnejšími materiálmi, pretože trhové hospodárstvo má hlavný cieľ zisk, tak ich ani o dvadsať rokov neuvidíme na trhu v takom objeme. Všetko záleží na tom, či si stanovíme ako prioritu ekonomické zisky alebo ekológiu. A treba podporiť nielen výrobu, ale aj systém zberu bioplastov do kompostární, pretože ak skončia na skládke či v spalovni, nič sme nevyriešili.



Samostatnou kapitolou sú energie, pretože môžeme mať úžasný bioplast, ale ak je energia, ktorú používame na jeho výrobu, z fosílnych zdrojov, riešime len časť problému. Na svete sa ročne vyrobí 400 miliónov ton plastov, čo predstavuje asi päť percent vyťaženej ropy. Zvyšok smeruje najmä do výroby energie. A to je vážny problém.

### **Ako si vieme pri recyklácii poradiť s prísadami plastov? Niektoré spomaľovače horenia, napríklad bisfenol-A, sa radia medzi karcinogény.**

V niektorých oblastiach sa urobil veľký pokrok. Zmäkčovadlá ftaláty, pre ktoré má PVC dodnes nálepku škodlivého materiálu, možno nahradiť neškodnými citrátmi.

Hľadajú sa cesty, ako nahradiť aj retardéry horenia, čo sú zväčša halogénované zlúčeniny, ktoré nie sú zdraviu a ekológii priateľské. No opäť to nejde do dna na deň. Nemôžeme riskovať šírenie požiaru, ale môžeme sa usilovať, aby sa tieto prísady nedostali do plastov určených na styk s potravinami. Túto oblasť má Európska únia prísne nastavenú. Platí to aj na antistatiká, UV stabilizátory, antioxidanty či na ďalšie aditíva.

Normy, naopak, nepočítali s tým, že by v plastoch mohli byť prírodné látky. Ak by ste ako prísady do plastu použili – náročky to preženie – cukor, teda prírodnú látku a potravinu, tak neprejde migračnými testami, lebo nespĺňa limity, a povolenie na styk s potravinami nedostane. Ak príde na testy pôvodný plast, je známe, čo sa v ňom nachádza. Existujú prísne regulatívy, aké látky a v akých koncentráciách sú prípustné. Pri materiálovej recyklácii zmesových plastov, hoci aj toho istého druhu (napríklad len polypropylén), však môže dochádzať pri vysokých teplotách k reakciám medzi povolenými aditívami. Môžu vznikáť nové štruktúry, ktorých účinky na organizmy nie sú známe. Na výrobu predmetov na styk s potravinami by sa materiálový recyklát zo zmesového plastového odpadu nemal vôbec používať.

### **Svetová produkcia chemikálií sa od roku 1930 zvýšila z milióna ton na niekoľko stoviek miliónov ton a každý rok pribúdajú nové. Ako vnímate tento rozmach ako chemický technolog?**

Pojem chémie sa často využíva ako strašiaci. Chémia je však veľmi užitočná veda, ktorá nás veľa učí aj o tom, ako funguje príroda. Žiaľ, ľudstvo nemá vo zvyku využiť poznanie len správnym spôsobom.

Chemici by mali dnes hľadať najmä ekologické riešenia našich potrieb. No je otázka, či sme ochotní ich počúvať a ísť tou ťažšou a často aj drahšou cestou. A to sme opäť pri morálke.





V oblasti materiálovej výroby by sa chemici mali sústreďovať na technológie, ktoré vychádzajú z nefosílnych zdrojov surovín, s uzavretými materiálovými slučkami, s minimalizáciou odpadov a s čo najnižšími energetickými nárokmi a podobne. Mali by sa zameriavať na využívanie organického odpadu z výroby a minimalizovať čerpanie surovín z prírodných zdrojov.

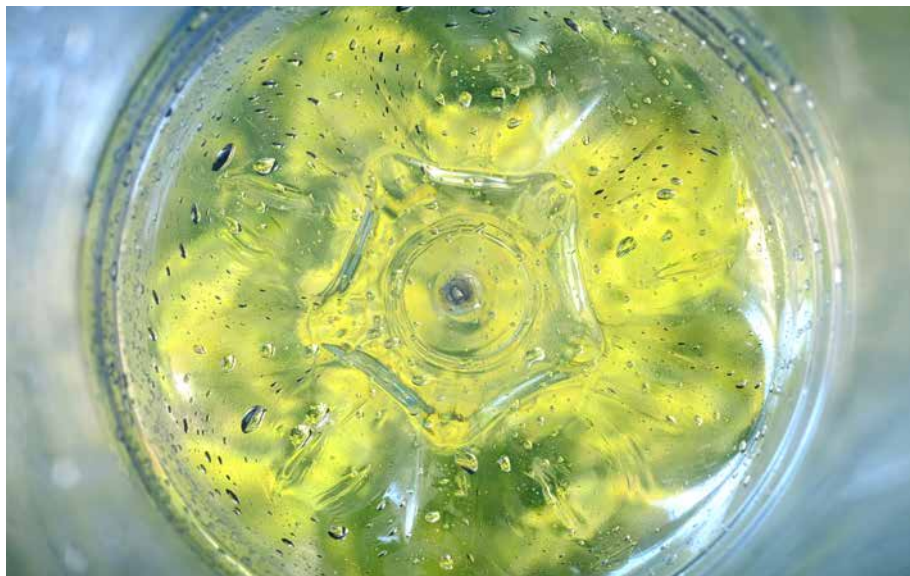
**Keď sa EÚ usilovala presadiť nariadenie o regulácii chemických látok REACH, Margot Wallströmová, vtedajšia podpredsedníčka Európskej komisie, povedala, že „chemické látky sú naším požehnaním i prekliatím. Hoci máme úžitok z chemikálií, musíme si dávať pozor a nezaobchádzať s nimi ľahkovážne, aby sme minimalizovali škodlivý vplyv z expozície“. Nie je aj naša ľudská túžba po objavovaní, ktorá ženie dopredu vedcov a inovátorov, požehnaním aj prekliatím zároveň?**

V ľudskej spoločnosti je široké spektrum ľudí, ktorí majú rôzne nadanie – niekto krásne maľuje, niekto je vynikajúci matematik, ďalší excelentný ekológ a iný chce byť na špičke výskumu a vývoja vo svojej oblasti. A všetci prinesú svoj podiel k poznaniu, chemikov nevynímajúc. Poznanie nikdy nebolo, nie je a nebude prekliatím. Vždy obohacuje. Prekliatím je spôsob, ako dokážeme v úsilí získať často neoprávnené výhody toto poznanie využiť či zneužiť. To je jeden aspekt.

A druhý aspekt je, že výskum niečo stojí, a na mieste je otázka, či sme ochotní za nie malé financie naprávať chyby, ktoré sme vedome či nevedome napáchali napríklad na životnom prostredí. Tí najväčší vedci, umelci, myslitelia nikdy prioritne netúžili po blahobyte, no nemôžeme tvorivých ľudí nútiť robiť to, čo ich nenaplnia, lebo budú iba chodiť do práce, nie tvoriť. Môžeme však nastaviť rámce, kam budeme smerovať finančné zdroje, spoločenské uznanie a ohodnotenie podľa toho, čo je našou prioritou.

### Hovorili sme o bioplastoch z prírodných zdrojov a biodegradovateľných plastoch. Kam sa uberá vývoj ďalších skupín plastov?

Silné je úsilie nahradiť vo výrobe plastov fosílny zdroj. Prečo robiť plasty z fosílnych zdrojov, ak ich vieme urobiť inak? Polyetylén vyrobený z ropy už vieme nahradiť polyetylénom vyrobeným zo škrobu s identickými vlastnosťami. Hľadajú sa však aj iné zdroje. Celulóza je najmasovejší polymér na Zemi, využíva sa najmä na výrobu papiera. Spolu s celulózou je však v rastlinách lignín, ktorý dostatočne nevyužívame a prevažne ho spaľujeme. Okrem lignínu je v prírode ešte celá paleta surovín, ktoré môžeme použiť, takže plasty vyrobené z fosílnych zdrojov môžu postupne miznúť a zostanú bioplasty dvoch tried – biodegradovateľné a nebiodegradovateľné. Je to otázka budúcnosti, no už dnes by sme mali podporovať vedecké tímy, ktoré sa tejto téme venujú.



**Mária Bieliková:**

***Na nás ľuďoch záleží, ako  
dopadne hra, ktorú hráme.***







**Prof. Ing. Mária Bieliková, PhD.**, je riaditeľka a výskumníčka v Kempelenovom inštitúte inteligentných technológií. Predtým pôsobila ako profesorka a aj dekanke Fakulty informatiky a informačných technológií Slovenskej technickej univerzity v Bratislave. Je držiteľkou ocenenia Osobnosť vedy a techniky 2010 a IT Osobnosť roka 2016. Založila a viedla Výskumné centrum používateľského zážitku a interakcie. Roku 2019 bola jednou zo zakladajúcich členov slovak.AI. Pôsobila ako členka správnej rady Spoločného výskumného centra Európskej komisie a aj ako členka expertnej skupiny Európskej komisie pre umelú inteligenciu.

**Na svete je 1,5 bilióna webových stránok a každú minútu vznikne približne 200 nových. Pre laika je to neuveriteľné číslo. Čím fascinuje internet a web vedkyňa, ktorá sa venuje jeho výskumu?**

Na web sa dá pozrieť ako na organizmus. Je to fascinujúce a som presvedčená, že nikto, ba ani zakladateľ webu sir Tim Berners-Lee, s ktorým som mala tú česť niekoľko ráz sa rozprávať, nečakal taký obrovský rast a vplyv na naše životy, aký spôsobil vznik webu. Ani internet, ani web nepredstavujú náhodnú sieť. Ide o tzv. siete malého sveta. Sú to grafy, v ktorých sa z nejakého uzla do iného uzla vieme dostať malým počtom krokov. Grafy s týmito charakteristikami poznáme z prírody, vznikajú prirodzene v reálnom svete v doprave, architektúre alebo medzi ľuďmi. Aj sociálna sieť či sieť telefónnych hovorov majú takéto vlastnosti. Práve k tomu poslednému príkladu siete známych ľudí sa viaže Milgramovo pravidlo, podľa ktorého sa prostredníctvom šiestich ľudí vieme prepojiť s hocikým na svete.

**Prvá webová stránka vznikla 6. augusta 1991 a spustil ju britský fyzik pôsobiaci v CERN-e Tim Berners-Lee. Vedci chceli vyriešiť potrebu zdieľať navzájom rastúce množstvo informácií.**

Ako čas vzniku webu sa oficiálne udáva rok 1991, ale niekedy aj rok 1989, keď Tim Berners-Lee vytvoril informačný hypertextový systém, ktorý o dva roky neskôr publikoval. Práve hypertext je prepojená pavučina, ktorá tvorí základ webu.



Pôvodný koncept prepojenej pavučiny však siaha do roku 1945, teda asi 45 rokov predtým, ako vznikol web. Vannevar Bush, známy výskumník v informačnej vede, vtedy vymyslel elektromechanické zariadenie, ktoré malo byť rozšírením ľudskej pamäti. Volalo sa memex (memory extender) a išlo o zariadenie, v ktorom by si mohol človek v komprimovanej forme uložiť knihy, komunikáciu a ďalšie záznamy. Bol to integrovaný stôl so zabudovaným elektromechanickým zariadením spolu s kamerami na mikrofilm a čítačkou, ktorý mal umožniť efektívny a flexibilný prístup k osobným informáciám. Podstatné bolo uloženie informácií založené na asociatívnom prepájaní obsahu.

Tim Berners-Lee síce web vymyslel, ale keby ho nevymyslel on, tak by to urobil o rok či o dva niekto iný. V spoločnosti už bolo naakumulovaných množstvo poznatkov a prišla posledná iskra. Na Slovenskej technickej univerzite, vtedy Fakulte elektrotechniky a informatiky Slovenskej vysokej školy technickej v Bratislave, sme začali e-mail a web používať roku 1993 a okolo roku 1996 som sa touto témou začala zaoberať aj výskumne.

**Zdá, že na rýchly vývoj nestíhame reagovať. Meranie digitálnej gramotnosti Inštitútom pre verejné otázky ukazuje, že stúpa podiel ľudí, ktorí tvrdia, že sa informačným technológiám prispôsobujú veľmi alebo skôr ťažko (zo 17 % roku 2015 na 27 % roku 2020). Ide najmä o ľudí nad 65 rokov, chudobnejších, s nízkym vzdelaním. Reagujeme dostatočne alebo sa budú nožnice roztvárať?**

Vývoj pokračuje obrovskou rýchlosťou a mám pred tým veľkú pokoru. Dôležité je pomôcť ľuďom, ktorí to potrebujú, materiálne a ľudsky, aby nezostali bokom. Prítom je kľúčové vzdelávanie. Ak sa veci menia skokom a vzdelávací systém sa mení pomalšie alebo dokonca ide smerom dozadu či stagnuje, je to problém.

Deti sa v škole nemusia učiť navrhovať neurónové siete, no mali by vedieť, na akých princípoch tieto systémy fungujú, do akej miery sú presné a ako chápať výstup, ktorý poskytujú. Ak nám aplikácia na predpoveď počasia povie, že zajtra bude pršať, vieme, že to neznamená, že vždy bude naozaj pršať, ale pri informáciách zo sociálnych sietí a platforiem takéto znalosti nemáme, hoci sú často zdrojom informácií na ďalšie rozhodovanie.

**V jednom rozhovore ste povedali, že stroje nahrádzajú činnosti, pri ktorých sme si trénovali mozog, všetko nám pripomínajú, a tak my pomaly hlúpeme...**

Ak stroje začnú robiť príliš veľa činností, ktoré už nemusíme vykonávať my ľudia, prirodzene strácame zručnosti a schopnosti, ktoré sme mali. Hlavný problém je, že sa otvárajú nožnice. Časť populácie v kreatívnych profesiách bude zrejme vždy robiť

veci, ktoré stimulujú mozog, a keď im navigácia povie, ako sa dostanú z bodu A do bodu B, je fajn, že im pomohla. No je druhá časť populácie, ktorá nevyužíva kreativnosť v práci, a ak potom nemusí rozmýšľať už ani nad tým, ako si v hlave či niekde na papieri naplánuje cestu, to už môže viesť k degradácii. A ak tá prvá skupina bude príliš malá a tá druhá príliš veľká, vývoj nemusí byť ružový a môžeme dospieť až k autoritárskemu režimu, ktorého hrozbu vidíme vo svete už aj dnes.

**Tieto hrozby si mnohí neuvedomujú. V spomínanom prieskume ľudia ako kybernetické hrozby vnímajú najmä závislosť od technológií či počítačovú kriminalitu. Strata súkromia, šírenie nebezpečného obsahu či digitálna priepasť sú vnímané ako menej významné.**

Nedajú sa porovnávať riziká, ktoré vníma verejnosť a na aké sa sústreďujú vedci. V oblastiach, ktoré rezonujú vo verejnosti, nemusia byť výskumné otázky, čo treba riešiť. Ak hovoríme o základnej bezpečnosti z pohľadu používateľov a možných kybernetických útokov a krádeží, tak najslabšie miesto v reťazci je aktuálne človek. Aj preto sa mnohé útoky sústreďujú najmä na to, aby manipuláciou získali človeka, ktorý prezradí dôvernú informáciu.

Ak by ste sa ma spýtali pred dvomi či tromi rokmi, čo považujem za najväčšiu hrozbu v oblasti inteligentných technológií, povedala by som, že autonómne zbrane. Keď sa na to pozerám dnes, tak sú to tiež zbrane, ale viac v podobe informácií a dezinformácií a manipulácia s ľuďmi cez platformy. Dezinformácie a propaganda tu





boli vždy, no rozmer, aký nadobudli v súvislosti s internetom a webom a teraz aj v kombinácii s pandemiou, je obrovský.

## **Detekcia dezinformácií a factchecking sú oblasti výskumu, ktorým sa venujete dlhšie obdobie. Ako sa vám darí?**

Uspeli sme v európskej výzve s projektom zameraným na kontrolu faktov (fact-checking). Sme súčasťou Európskeho observatória digitálnych médií (EDMO, European Digital Media Observatory). V Európe vzniklo osem centier, v ktorých spolu pôsobia žurnalisti a vedci z oblasti humanitných vied a informačných technológií. Venujú sa zlepšovaniu informačného prostredia vykonávaním overovania faktov, nástrojov na pomoc pri tomto overovaní, ako aj zvyšovaniu mediálnej gramotnosti. V jednom z týchto centier, ktoré koordinuje Fakulta sociálnych vied Karlovej univerzity v Prahe, vedie Kempelenov inštitút inteligentných technológií technologickú časť projektu a spolupracuje s kolegami z Elektrotechnickej fakulty Českého vysokého učení technického (FEL ČVUT) v Prahe. Ďalej sú v konzorciu žurnalisti z poľského SWPS a slovenskej Fakulty masmediálnych komunikácií UCM v Trnave. Fact-checkingové aktivity zastrešuje francúzska agentúra AFP.

## **Aké oblasti výskumu okrem factcheckingu sú ešte dominantné?**

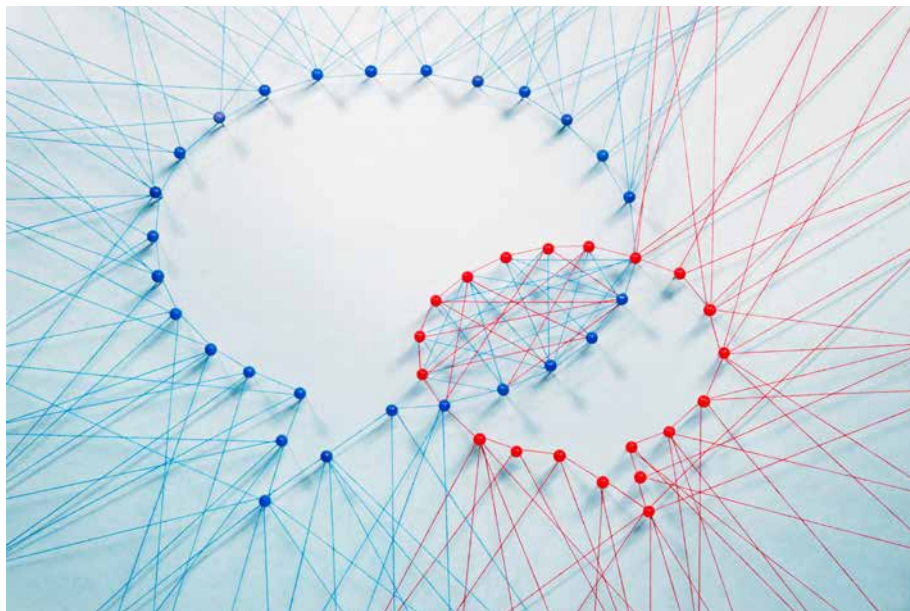
V Kempelenovom inštitúte inteligentných technológií sa sústreďujeme na päť výskumných oblastí. Vybrali sme ich na základe našich predchádzajúcich skúseností, ale najmä na základe potrieb slovenského výskumného a inovačného priestoru. Samozrejme aj preto, že môžu byť užitočné pre Slovensko, a v neposlednom rade preto, lebo môžu prepájať akademickú sféru a priemysel.

## **Ktorá oblasť je osobitne potrebná pre Slovensko?**

Ide o spracovanie prirodzeného jazyka. Potrebujeme ho takmer v každej interaktívnej aplikácii či aplikácii, ktorá automaticky spracúva informácie. Nikto to za nás neurobí. Ak chceme dosiahnuť medzinárodne uznané výsledky, musíme robiť výskum aj pre anglický jazyk, ale je dôležité rozvíjať i počítačové spracovanie slovenského jazyka.

Ďalšia oblasť, ktorej sa venujeme, je spracovanie používateľských a webových dát, teda rôzne analýzy a predikcie správania používateľov na webe, analýza šírenia správ, práca s dezinformáciami a aj spomínaná podpora kontroly faktov. Usilujeme sa o automatizované hľadanie tvrdení v texte a ich porovnávanie s údajmi v odborných databázach, ako je napríklad Pubmed pre medicínske informácie, aby sme podporili určenie ich pravdivosti. Aj tu je dôležité mať dobrý model prirodzeného jazyka.





### A v oblasti bezpečnosti?

Kolegovia riešia výzvy v súvislosti s detekciou malvéru metódami strojového učenia, zaoberajú sa aj detekciou fišingu (phishing – typ počítačového útoku, pri ktorom sa podvodník snaží pomocou návnady v elektronickej komunikácii vylákať osobné údaje a heslá) či odhaľovaním homoglyfov, teda stránok, ktoré používajú vizuálne podobné znaky v URL adrese a klamú používateľov, napr. m namiesto rn či malé l ako veľké I.

Ako ďalšiu v spojení s umelou inteligenciou rozvíjame oblasť energetiky, najmä optimalizáciu a predikciu spotreby energie v mikrogridoch. Napokon sú to etika a hodnoty v technológiách, ktoré by v nejakej miere mali byť zastúpené v každom výskume.

### Nie sú etické posúdenia z komerčného pohľadu vnímané ako „brzda“ vývoja?

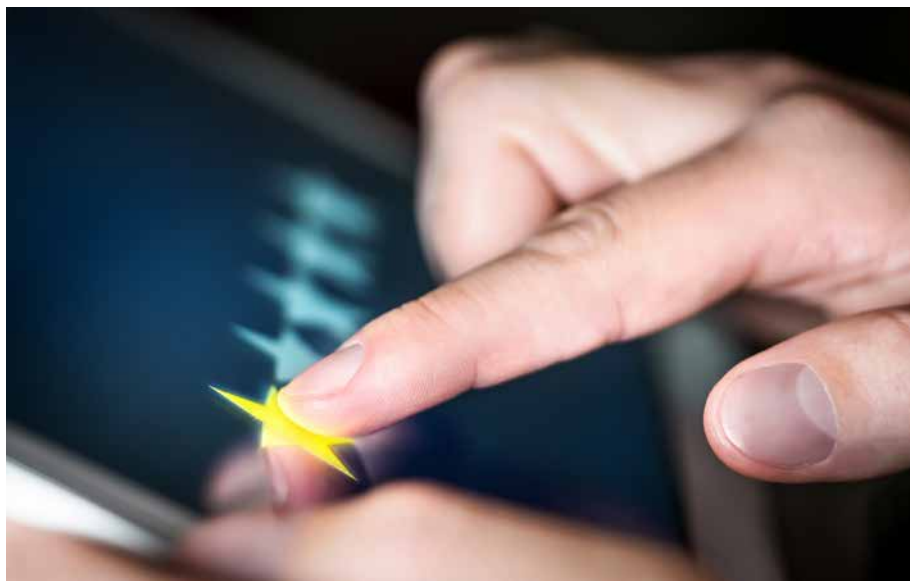
Zvažovanie etiky môže do určitej miery spomaliť vývoj, no každá minca má dve strany. Ak by sa počas druhej svetovej vojny rozmýšľalo viac nad dôsledkami, ktoré môže spôsobiť jadrová zbraň, možno by vojna dopadla inak, no možno by sme nemali jadrové elektrárne. Mali by sme sa sústreďovať na to, aby sme nešli tou cestou, ktorá vo vojne priniesla výbuch jadrovej bomby v Japonsku, lebo pri dnešnej globalizácii môže zasiahnuť podstatne väčšiu časť sveta.

Na nás ľuďoch záleží, ako dopadne hra, ktorú hráme. Vieme, že stojíme pred dilemami, a vieme, že sú riešenia. Ak budeme dilemy ignorovať, pretože môžu spomaliť biznis, pohár môže ľahko pretiecť. Ak v rôznych iných oblastiach chránime ľudské hodnoty, spravodlivosť, rovnosť, nediskrimináciu, nemôžeme ignorovať, ak technológie pomáhajú manipulácii či diskriminácii. Nepravdivé informácie sú len jedna časť, ale čo ak softvér nesprávne predikuje, či niekto je zločinec? To sa už deje.

Dilemy musíme riešiť a nemôžeme sa spoliehať, že „bomba nevybuchne“ za nášho života. Už vybuchuje a množia sa prípady zneužívania technológií. Zároveň si nemyslím, že regulácia problém vyrieši. Ani tá, ktorú v apríli 2021 pripravila Európska komisia. AIA, čo je skratka pre Artificial Intelligence Act, regulačný rámec pre umelú inteligenciu, sa snaží definovať hranice, ktoré by sme nemali prekračovať.

### Aké sú tie hranice?

Niečo je povedané jasne, napríklad v Európe by nemali fungovať aplikácie na sociálne hodnotenie jednotlivcov na základe správania (social scoring). Ale väčšina bude závisieť od toho, ako to uchopíme my, Európa a členské štáty. Ak z toho spravíme nový biznis, v ktorom sa bude zarábať na certifikátoch bez reálneho pochopenia a analýzy rizík, a nebudeme mať mechanizmy na postihovanie nepoctivého a neetického správania, tak vo výsledku môže toto nariadenie zabrzdiť vývoj v Európe bez riešenia problému. A tí, čo nemajú problém konať neeticky, si cestičku nájdu.



Aplikácie sú v nariadení rozdelené do štyroch úrovní, tie najrizikovejšie sú zakázané, potom sú aplikácie s vysokým, stredným, nízkym alebo žiadnym rizikom. Každá skupina má iné pravidlá. Európska komisia povedala, že okrem spomínaného hodnotenia jednotlivcov budú zakázané aj podprahové manipulácie slabších skupín obyvateľstva ako detí či mentálne postihnutých občanov. Diskutuje sa o tom, či by nemalo byť zakázané aj dialkové rozpoznávanie tvárí v reálnom čase vo verejných priestoroch. Zatiaľ je to rámec a na finálnu podobu si počkáme možno aj dva roky.

### **V akej miere bude zakázaný social scoring? Z pozície štátov či aj vývoja?**

V Európskej únii by mal byť zakázaný úplne. Praktiky v oblasti sociálnej kontroly môžu byť veľmi ľahko zneužitú. Na rozdiel od minulosti dnes každý z nás zanecháva obrovské množstvo stôp, a to aj tým, že sa presúva medzi rôznymi miestami alebo používa rôzne systémy, zverejňuje rôzne príspevky.

Z týchto dát sa dá pomerne dobre odvodzovať, čo asi človek robí, ale poznať úmysel nevieme a ani nevieme vyhodnotiť, či sa nám to podarilo. Akékoľvek automatické odvodzovanie takýchto záverov z dát bude vykazovať chyby a človek nebude schopný identifikovať ich a rozpoznať. Už len to, že by nejaký systém automaticky hodnotil vaše správanie a na základe toho by ste potom dostali alebo nedostali nejakú službu, je nezlučiteľné s našimi hodnotami.

### **Odporúčania expertnej skupiny pre umelú inteligenciu pri Európskej komisii, v ktorej ste pôsobili, kladú do popredia človeka: aby mala umelá inteligencia ľudský dohľad a ľudia neboli „obetami rozhodnutí“, aby človek vždy vedel, že s ňou interaguje, aby jej výstupy neboli diskriminačné a fungovali v prospech ľudí.**

Zadefinovali sme pojem dôveryhodná umelá inteligencia, ktorá musí spĺňať tri podmienky – musí byť zákonná, teda dodržiavať platné zákony, etická, teda musí byť v súlade s etickými pravidlami, a robustná, teda odolná z technického aj sociálneho hľadiska. K ujme totiž môže pri používaní umelej inteligencie dôjsť neúmyselne len preto, lebo nerozumieme prebiehajúcim procesom.

V umelej inteligencii technológia veľmi predbehla vedu. Máme množstvo fungujúcich aplikácií, no nerozumieme vždy, ako fungujú. Môžem uviesť príklad. Základná činnosť, ktorú neurónové siete robia, je klasifikácia, teda zaradovanie vecí do tried alebo zhľukovanie. Presne to väčšinu času robia aj ľudia. Triedime veci okolo seba a porovnávame ich. Keď to naučíme stroj, môže to vyzeráť inteligentne. Ako keď umelá inteligencia fantasticky rozpoznávala na obrázkoch tanky, no spätne sa zistilo, že pri zatriedení obrázku nerozhodovalo to, či je na ňom tank, ale to, že na fotkách s tankom bola zamračená obloha a model sa naučil, že toto je ten rozlišujúci element.

Stroje nerozumejú problémom, ktoré riešia. My ľudia sme vynášli mechanizmus, ktorý realizuje milióny drobných interakcií na to, aby odvodil výsledok, ktorý je v mnohých prípadoch až prekvapivo dobrý. Ale sami celkom nerozumieme, prečo to tak je. A hoci výskum posúva hranice poznania každým dňom, ešte sme len na začiatku cesty.

## Vrátim sa k otázke využitia slovenského jazyka v technológiách. Prečo je to kľúčové?

Snažíme sa, aby systém cez natrénovaný model „rozumel“ textom v prirodzenom jazyku na rôznych úrovniach, aby vedel vyhodnotiť vlastnosti textu. V angličtine je napríklad analýza sentimentu textu už zvládnutá pomerne dobre, pretože k dispozícii je veľa datasetov, na ktorých sa modely učia. V slovenčine nemáme dostatok datasetov, preto sa sľubným smerom javí učenie s prenosom (transfer learning), ktoré umožňuje prenos znalostí z väčších a bohatších jazykov do malých jazykov. Nie je to priamočiary proces, lebo každý jazyk má iné vlastnosti. A určite to nenahradí dobré datasety.

Dôležité je, aby modely „porozumeli“ všetkému, čo sa nachádza v nejakej správe, a vedeli napríklad pomenovať, čo vidia na obrázku a ako to súvisí s textom okolo. Tento výskum má prepojenie do ďalšej oblasti, ktorou je spracovanie používateľských a webových dát, čiže rôzne analýzy a predikcie správania používateľov na webe, ktoré môžu viesť k odporúčaniam.

## Odporúčania obsahu majú tiež pozitívnu aj negatívnu stránku. Venujete sa obom?

Positívom odporúčacích systémov je, že sa rýchlo dostanete k informácii, ktorá je pre vás užitočná, pričom šetríte čas. Negatívom je práve to, čo využíva „dezinfor scéna“, teda uzatváranie sa do bublín. Ak vás systém uzavrie do bubliny, dochádza k tzv. efektu ozveny, teda zo všetkých strán sa k vám odrážajú tie isté informácie a ich efekt sa znásobuje.

Aj to môže byť pozitívne, ak sa dostanete do oblasti, ktorá vás rozvíja; keď sa napríklad venujete fotografii a ste v kruhu ľudí a informácií z tejto oblasti. No keď sa za vami uzavrú vody v „dezinfor“ bubline, má to nepríjemné dôsledky a tomu sa venujeme v našom výskume.

## V akom zmysle?

Okrem detekcie škodlivého obsahu a aktivít na webe priamou analýzou textu sa usilujeme automaticky simulovaním používateľov auditovať vybrané aspekty



platform, na ktoré pozeráme ako na čiernu skrinku. Zisťujeme napríklad, koľko úsilia (klikov) potrebuje človek na Youtube, aby sa dostal do nejakej bubliny, a koľko ho potrebuje na to, aby sa z tejto bubliny dostal. Zistili sme, že v odporúčaní sú rozdiely v závislosti od témy. Žiaľ, v porovnaní s podobnými štúdiami z minulosti nevidno zlepšenie v odporúčaní videí s nepravdivým obsahom, čo nie je veľmi dobrá správa.

**Zachytila som zaujímavé vyjadrenie Michala Pěchoučka z Centra umelej inteligencie na ČVUT v Prahe, ktorý povedal, že ak niekoho netrápi, aké dáta zozbierané o ňom slúžia na komerčné či iné účely, tak nech má aspoň možnosť tieto dáta speňažiť.**

Dobrá myšlienka, pretože obchodný model môže zmeniť vnímanie ľudí. Všetko, čo je zadarmo, nemá pre nás hodnotu, ale keď vznikne možnosť osobné dáta speňažiť, ľudia si ich hodnotu začnú uvedomovať. Na druhej strane je to nebezpečné, lebo niektorí ľudia môžu byť ochotní vzdať sa za peniaze aj slobody, najmä keď to bude zabalené do presvedčivého príbehu. A tak sa môžeme k autoritárskemu režimu posunúť ešte skôr.

V každom prípade – naše osobné dáta majú jednoznačne hodnotu a dnes sa už aj speňažujú. Súčasný model však nie je férový. Vo férovom modeli by na zisku mali participovať obidve strany. Zatiaľ by však stačilo aspoň to, aby sme mali informácie o tom, čo všetko sa s našimi dátami robí, do akých modelov sú začlenené, čo sa z nich odvodzuje a v ktorých aplikáciách.

**Vo virtuálnych bublinách sme v kontakte len so selektívnym výberom informácií podľa našich preferencií, čo vedie k polarizácii spoločnosti. Aké riešenie hľadáte vo výskume?**

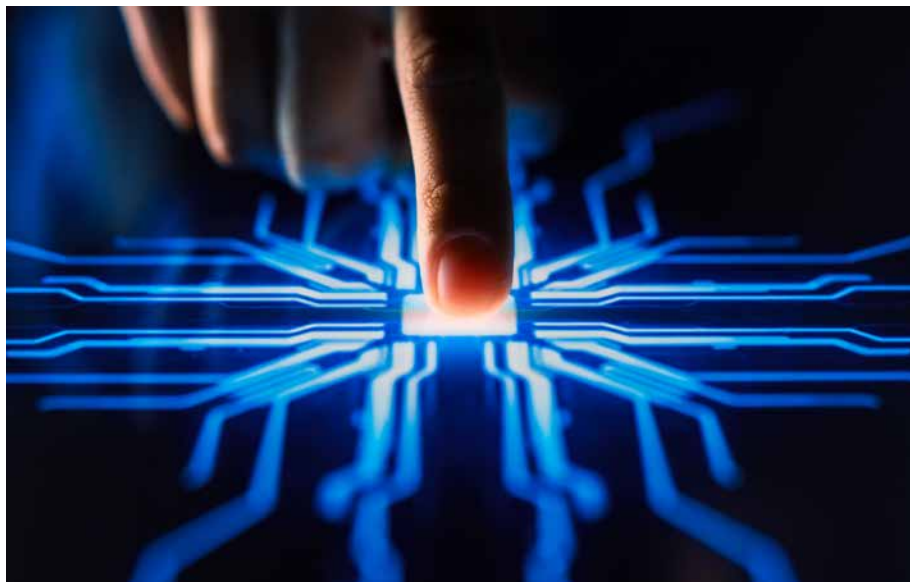
Jedným z riešení je hľadať také modely a metódy na odporúčanie, v ktorých by bol používateľ „rovnocenným“ partnerom stroja. Rovnocenný neznamena rovný, ale aby „odporúčač“ vedel zohľadniť kontext a zároveň si bol používateľ vedomý, na základe čoho spravil odporúčanie. A to sa týka nielen tých, pre koho to odporúčanie nakoniec je, ale aj tých, ktorí sú do tohto procesu zahrnutí, napr. editori. Lebo človek nemôže z rozhodovacieho procesu vypadnúť a rovnako by nemal byť iba na úplnom konci tohto procesu, keď už nemá veľkú možnosť ovplyvniť rozhodnutie.

**Nestačí „vsunúť“ do procesu vyhľadávania náhodný prvok?**

Náhodný faktor je v odporúčaní a vyhľadávaní informácií od začiatku, ale to nestačí. Google vznikol roku 1998 na základe algoritmu, ktorý sa volá PageRank a vychádza z určenia dôležitosti webových stránok podľa počtu a kvality odkazov na ne. Už tento prvý algoritmus simuluje webového surfera, ktorý náhodne kliká na odkazy a v určitom momente zastaví klikanie. Pravdepodobnosť tej-ktorej akcie je určená tzv. damping faktorom.







Téma diverzity alebo novosti poskytovaných informácií pri vyhľadávaní je dlhodobo aktívnou témou. A tu sa dostávame k transparentnosti algoritmov. Staršie algoritmy postavené na explicitne vyjadrenom modeli sú pomerne transparentné, keďže z modelu vidíme, čo používateľa zaujíma, a môžeme dobre ovplyvňovať ponúkanie rôznorodých informácií. Takéto prístupy vychádzajú buď z porovnávaní obsahu a záujmov používateľa, alebo z porovnania aktivít používateľov a ich hodnotenia. Na to, aby takéto modely dobre fungovali, však potrebujeme veľa pravidiel a potom už strácame tento prehľad.

Ako vhodné sa ukazujú neurónové siete, ktoré na základe obrovského počtu malých interakcií prinášajú často lepšie výsledky, no odpovedať na otázku prečo, je náročné. Často sa to robí spätnou analýzou. Dobrá správa je, že v tejto oblasti sa robí aktívny výskum a registrujeme veľký pokrok v celosvetovom meradle, takže porozumenie sa zväčšuje.

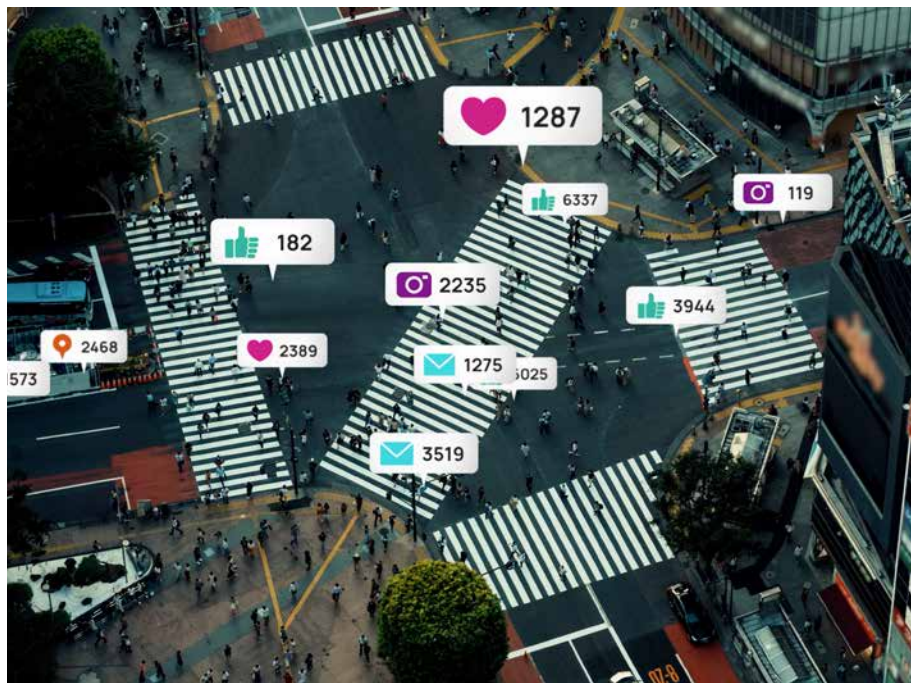
**Fascinujúce je, že prvý raz ľudia skúmajú správanie systému, ktorý vytvoril človek. Doteraz sme skúmali najmä javy, ktoré vytvorila príroda.**

A prichádzame na to, že spôsob učenia neurónových sietí je taký sofistikovaný, že si dokáže nájsť cestičky. Ak systému zakážeme, aby používal ako základnú charakteristiku pohlavie, spätné analýzou môžeme zistiť, že túto charakteristiku aj tak použil, hoci nie priamo.

Dôvodom je, že pri učení neurónových sietí používame dáta, ktoré vytvoril človek. My sme vytvorili aj web ako sieť informácií a jeho vývoj nikto neriadil. Vznikal prirodzene a slobodne, a tak má v sebe súvislosti, ktoré sme tam vložili my ľudia. A hoci mnohé súvislosti zostávajú pred nami skryté, umelá inteligencia vie mnoho z nich odhaliť. Takže formálne môžeme povedať, že nediskriminujeme na základe pohlavia, no naša aplikácia to robí, pretože umelá inteligencia tieto súvislosti pri svojom učení v dátach našla.

### Rozprávali sme sa o etike, reguláciách či o rizikách. Na ktorú stranu sa podľa vás vývoj nakloní počas najbližších desiatich rokov?

Môže to dopadnúť rôzne. Možno umelá inteligencia spôsobí zásadné zmeny v našom fungovaní na úrovni celých spoločností. No ja som optimistka, a ak sa o umelej inteligencii a internete hovorí, že nás privedú do záhuby, k strate práce, tak ja si myslím, že nám môžu pomôcť a prispieť k pozitívnej zmene povolání: tie kreatívne a tie, ktoré potrebujú ľudskú empatiu, zostanú a budeme mať viac učiteľov na jedno dieťa, viac sociálnych pracovníkov, ale aj viac výskumníkov, manažérov a umelcov a technológie budeme používať v náš prospech.





**Vladimíra Kurincová Čavojová:**  
**Vedecky myslieť znamená**  
**pochopiť, ako veda funguje,**  
**a mať k nej dôveru.**





**Doc. PaedDr. Vladimíra Kurincová Čavoiová, PhD.,** vyštudovala učiteľstvo psychológie a anglického jazyka na Univerzite Konštantína Filozofa v Nitre a od roku 2009 pôsobí v Ústave experimentálnej psychológie Slovenskej akadémie vied v Bratislave. Zaoberá sa skúmaním nepodložených presvedčení, kognitívnych omylov a vedeckým myslením. Je autorkou knihy *Anatómia intuície* a spoluautorkou kníh *Prečo ľudia veria nezmyslom* a *Rozum: Návod na použitie*, ktoré sa venujú problematike ľudskej racionality.

**Fámy, konšpirácie, dezinformácie – to sú slová, ktoré vnímame ako synonymá, ale nie je to správne. Vysvetlime si na úvod rozdiel medzi fámou a konšpiráciou.**

Fámy sú nepodložené zvesti, ktoré sa šíria medzi ľuďmi, ale skutočnosť, že sú nepodložené, neznamená, že nie sú pravdivé. To fámou spája s konšpiráciou, pretože z histórie vieme, že sú konšpirácie, ktoré sa skutočne udiali. Takže by sme si skôr nemali zamieňať pojmy konšpirácia a konšpiračná teória. Konšpiračné teórie sú teórie o sprisahaní, ktoré v danej chvíli nie sú dokázateľné, lebo o ich pravdivosti nie je dostatok dôkazov.

**Pre konšpiráciu však už literatúra uvádza synonymum sprisahanie. V knihe *Fámy, konšpiračné teórie a dezinformácie očami spoločenských vedcov* vysvetľujete, že pôvod slova odkazuje na skupinu ľudí, ktorá sleduje spoločný cieľ. Ten treba hľadať v latinskom výraze „con spirare“, teda spoločne dýchať či spojenectvo.**

Konšpirácia je sprisahanie a známym sprisahaním v USA, ktoré sa naozaj uskutočnilo, je napríklad aféra Watergate. Pri obvineniach od demokratov, že ich prezident Nixon odpočúva, spočiatku chýbali dôkazy, no nakoniec sa ich podarilo zozbierať. Konšpiračná teória sa potvrdila a viedla k odstúpeniu prezidenta. Preto terminologicky rozlišujeme konšpiračné teórie od konšpirácií.

Príkladom konšpiračnej teórie, pri ktorej sa nepodarilo nazbierať dostatok dôkazov, je pád dvojčiek v New Yorku. Je dosť dôkazov, aby sme povedali, že ich pád nebol riadenou demoláciou. Existujú zábery, ktoré jasne dokazujú, že do veží narazili lietadlá. Napriek tomu sa však šíria konšpiračné teórie, ktoré v dôkazoch hľadajú nekonzistentnosti či anomálie. Konšpiračné teórie nepripúšťajú nijakú mieru náhody, za všetkým hľadajú sprisahanie a zlý úmysel.





### Najnovšie pojmy sú dezinformácie, hoaxy či fake news. To sme už v rovine cieľene zavádzajúcich správ?

Často sa ešte rozlišuje medzi dezinformáciou a misinformáciou, ktorá je podobná hoaxu. Vzniká vtedy, keď niekto to, čo počuje, pri ďalšom šírení neúmyselne skreslí. Buď informáciu zle pochopí, alebo ju zjednoduší a vynechá dôležité detaily, pretože im neprikladá význam, či im nerozumie.

Dezinformácia je už skreslená správa vytvorená priamo s úmyslom zavádzať a ovplyvňovať verejnú mienku. Hoaxy majú charakter dezinformácie, ale niektoré vznikli ako žart, ktorý sa vymkol z rúk. Príkladom môže byť, že niekto urobí vtipnú fotomontáž a zdieľa ju s priateľmi. Jeden z nich ju rozošle mimo tejto skupiny a ona sa šíri ďalej bez kontextu ako fakt. Stáva sa to aj pri vtipoch zo zahraničných denníkov, ktoré niekto začne vydávať za reálnu správu.

### Zaujalo ma, že prvé zdokumentované konšpiračné teórie siahajú do obdobia Rímskej ríše a konšpirovalo sa, kto Rím naozaj podpálil. Ktorá konšpirácia vás doteraz prekvapuje?

Fascinuje ma, ako sa konšpiračné teórie a naratívy, ktoré sýtia niektorú našu potrebu, v histórii opakujú. Hrdinský naratív nás presvedča, že naša spoločnosť bola kedysi harmonická, potom sa medzi nás votrelo zlo, voči ktorému sme v istom zmysle bezmocní, no hrdinovia riskujú životy a bojujú s ním, aby sa nakoniec spoločnosť vrátila k harmónii. Za zlo si môžeme dosadiť v rôznom čase rôzne skupiny – od menšín cez Židov až po reptiliánov.



Zároveň ma fascinuje, ako sa rôzne konšpiračné teórie spájajú do metateórií a príbehov, v ktorých všetko dáva zmysel.

### **Vo výskume sa zameriavate na to, ktoré skupiny ľudí sú náchylnejšie veriť dezinformáciám. Sú znaky, ktoré týchto ľudí spájajú?**

Často dostávame otázku, či viera v konšpiračné teórie a dezinformácie súvisí napríklad so vzdelaním alebo s vekom. Teraz v rámci širšej výskumnej skupiny robíme prehľad všetkých výskumov, ktoré v poslednom roku vznikli na tému konšpirácií o koronavíruse. Potvrdzuje sa, že sa nedá zovšeobecniť, akí ľudia im veria. Podobné je to aj pri iných typoch konšpirácií. Niekedy sú náchylnejší veriť im starší ľudia, inokedy to súvisí so socioekonomickým statusom, niektorým konšpiráciám podliehajú viac muži ako ženy. Nedá sa tvrdiť ani to, že inteligentní a vzdelaní ľudia sú menej náchylní veriť dezinformáciám. Vzdelanie môže pomôcť, pretože ľudia s vyšším vzdelaním majú viac poznatkov z istej oblasti a poznajú nástroje, ako si overovať zdroje. No niektoré konšpiračné teórie sú kognitívne náročné a je ťažké sledovať a overovať si všetky argumenty. V prípade pádu dvojčiek sa v konšpiračných teóriách argumentuje informáciami, ktoré si ľudia nemajú šancu overovať, napríklad o tom, ako vyzerá riadená demolácia.

### **Váš výskum potvrdil, že existujú faktory, ktoré „chránia“ pred tým, aby sme sa ľahko zaplietli do siete dezinformácií.**

Zamerali sme sa vo výskume na kognitívne charakteristiky ľudí a ako protektívny faktor sa ukazuje vedecké myslenie, teda schopnosť vyhodnocovať kvalitu dôkazov a kriticky myslieť. Čím viac sa téme venujeme, tým jasnejšie vidíme, že viera v konšpiračné teórie súvisí s emočnými faktormi, osobnosťou a s potrebou vytvárať zmysel. Znamená to, že asi každý jeden z nás dokáže podľahnúť nejakej konšpiračnej teórii, ktorá sýti jeho potrebu zmyslu, a to najmä v čase neistoty či spoločenskej turbulencie. Vtedy strácame kontrolu nad životom a hľadáme spôsob, ako vrátiť veciam zmysel. Hľadáme niekoho, na koho môžeme ukázať prstom ako na mocného nepriateľa, ktorý je zodpovedný za našu úzkosť, alebo na druhej strane hľadáme niekoho mocného, kto na nás dozerá. V čase spoločenských zmien sa vždy vyrojí viac konšpiračných teórií.

Z pohľadu osobnostných charakteristík sa ešte pri konšpirátoroch vyskytujú tzv. črty temnej triády, teda machiavelizmus, psychopatia a narcizmus. V prvom prípade nositelia týchto črt vnímajú ľudí ako nástroje, ktoré možno využívať na svoje ciele. A takíto ľudia majú skôr konšpiračné myslenie. Ľudia so sklonmi k narcizmu majú zasa pocit, že stoja v centre pozornosti, že sa všetko točí okolo nich, a tak sú



náchylnejší na paranoidné myslenie a ľahšie podliehajú konšpiračným teóriám. Utvrdzujú v nich pocit, že sú výnimoční a majú výnimočné presvedčenie, ktoré ich odlišuje od zvyšku „stáda“.

**Hľadali ste ďalšie spoločné znaky, nazvali ste ich „kontaminovaný mindware“ a sústredili ste sa na hodnotové nastavenie, teda či viera v dezinformácie súvisí napríklad s náboženským fanatizmom alebo, naopak, so silným liberalizmom.**

„Kontaminovaný mindware“ je metafora k počítačovému softvéru a k tejto téme sme sa dostali cez teóriu racionality kanadského psychológa Keitha Stanovicha. Tvrdí, že na to, aby sme robili racionálne rozhodnutia, potrebujeme mať: dostatočnú inteligenciu vyhodnocovať informácie, dostatočnú motiváciu používať ju a (tretí dôležitý faktor) mindware – teda zručnosti a vedomosti potrebné na riešenie danej úlohy či rozhodnutia. Príkladom mindwaru je porozumenie teórii pravdepodobnosti a rizika. Môžeme mať inteligenciu, no ak nemáme nástroje na vyhodnocovanie pravdepodobnosti, tak môžeme dospieť k presvedčeniam, ktoré nám môžu škodiť. Tieto škodlivé presvedčenia sa nazývajú aj „kontaminovaný mindware“. S kolegyňou Evou Ballovou Mikuškovou sme sa pokúšali zmapovať, aké presvedčenia nám môžu škodiť a viesť nás k menej racionálnym rozhodnutiam.

Očakávali sme najmä autoritárske tendencie či prehnaný fundamentalizmus, ale bolo to komplikovanejšie. Na jednej strane sme asi 20 % ľudí zo vzorky mohli označiť za „kontaminovaných fundamentalistov“. Vyznačovali sa silnou náchylnosťou na etnické a náboženské predsudky, ako sú antisemitizmus a protirómske

postoje, na silné paranoidné presvedčenia, náchylnosť na pravicové autoritárstvo a náboženský fundamentalizmus. Zároveň mali najviac nepodložených presvedčení. Na druhej strane však veľké množstvo nepodložených presvedčení, najmä konšpiračné teórie, paranormálne javy a liečivá sila homeopatie, bolo charakteristických aj pre ľudí, ktorých by sme mohli označiť ako „kontaminovaní ezoterici“. Tí boli charakteristickí najsilnejšími antiautoritárskymi pravicovými postojmi a náboženským antidogmatizmom a len miernymi predsudkami voči etnickým a náboženským minoritám.

### **Takže jediná spoločná charakteristika je vedecké myslenie. Čo si máme pod tým predstaviť?**

Ide o schopnosť vyhodnocovať kvalitu dôkazov. Nejde o vedomosti. Keď sa povie vedecká gramotnosť, ľudia si predstavia to, čo si pamätajú zo školy z fyziky, biológie či z chémie. Vedomosti sú dôležité, pretože bez nich nerozumieme odbornému textu, no vedecké myslenie znamená schopnosť vyhodnocovať dôkazy a odlíšiť, či čítam anekdotický príklad, ktorý sa stal jednotlivcovi, alebo čítam výsledky štúdií, ktoré sa realizujú podľa presných protokolov, sú postavené na štatistike a overujú sa v kontrolovaných experimentoch.

V konšpiračných teóriách sa často objavuje naratív o skorumpovaných vedcoch. No keď chápete, ako funguje veda, tak viete, že poznanie nezávisí od názorov jedného vedca či výsledkov jedného experimentu. Veda je kolaboratívna a má jasné procesy overovania. Vedecké myslenie znamená aj porozumieť tomu, ako veda funguje, a mať k nej istú mieru dôvery.

### **Nakoľko sa pod vzťah ku konšpiračným teóriám a dôveru v inštitúcie podpisuje naša historická skúsenosť? Vypestovali sme si schopnosť „čítať medzi riadkami“ a hľadáme všade skryté významy?**

Preto sme vo výskume prestali používať všeobecné dotazníky. Spočiatku sme sa nechceli sústreďovať na to, či ľudia veria konkrétnym konšpiračným teóriám typu pád dvojčiek v New Yorku či zavraždenie amerického prezidenta Kennedyho, pretože tie sú nám vzdialené. Zamerali sme sa teda na generické konšpirácie typu: vlády nám niečo taja, stoja za atentátmi dôležitých ľudí, sledujú občanov cez tajné technológie a podobne. Ľudia na Slovensku v týchto výskumoch skórovali vysoko, no keď sme porovnali výsledky s inými krajinami, ukázalo sa, že aj krajiny, ktoré majú skúsenosť s autokratickým režimom, majú takéto vysoké skóre a tendenciu veriť generickým konšpiráciám. Nakoniec, presvedčenie, že u nás ťahajú za nitky oligarchovia, nie je úplne nepodložené.





Uvedomili sme si, že ak chceme naozaj postihnúť konšpiračnú mentalitu, musíme sa pýtať konkrétne, a ak respondent verí, že nám vládnu reptiliáni, tak máme pomerne vysokú istotu, že je naozaj veľmi podozrievavý a má veľmi netradičné presvedčenie.

**Z prieskumu Globsec Voices of Central and Eastern Europe vyplýva, že v stredo-európskom a vo východoeurópskom priestore najsilnejšie veríme, že svet riadia tajné skupiny, nie volení lídri. A zároveň najsilnejšie voláme po silnom lídrovi a sme ochotní vymeniť vidinu ochrany tradičných hodnôt či zlepšenia osobnej finančnej situácie a slobodu cestovať alebo slobodu prejavu. Neprotirečíme si v postojoch?**

Nevnímala by som, že tieto postoje sú v opozícii. Sú prepojené. Počas krízy sa často vynárajú charizmatickí vodcovia, pretože sľubujú jednoduché a rýchle riešenia komplexného problému. Jednoduché riešenia však nefungujú. Aj počas pandémie sme videli, že nestačí zavrieť ľudí doma, pretože ľudia sa dostanú do existenčných problémov, padá ekonomika, objavujú sa iné zdravotné komplikácie a zhoršené duševné zdravie. Ak vtedy charizmatický vodca s autoritárskymi črtami ukáže prstom na nepriateľa a ponúkne ľuďom jednoduché riešenie, budú ho nasledovať, pretože aj oni chcú, aby riešenia boli jednoduché. Opäť je to konšpiračný naratív, ktorý nám ponúka hrdinský príbeh a pomáha vyrovnať sa s neistotou. Oveľa menej atraktívne je pozrieť sa na problém komplexnejšie, prijať neistotu, hovoriť o tom, že informácie treba priebežne a neustále vyhodnocovať a podľa toho reagovať.



**Môže byť na druhej strane prirodzená nedôvera v tých, ktorí majú v rukách moc, prínosná? Spomínali ste, že mnohé konšpiračné teórie sa potvrdili práve vďaka tým, ktorí vytrvali pri zbieraní dostatočného množstva dôkazov.**

Máte pravdu, médiá aj výskumníci sa sústreďujú najmä na negatívne stránky konšpiračných teórií, pretože o nich treba hovoriť. Ak spoločnosť podľahne konšpiračným naratívom, vedie to k politickej skepse, celkovej nedôvere a aj k rezignácii, keď sa ľudia vzdávajú presvedčenia, že môžu niečo zmeniť. Prestávajú chodiť voliť, čo zasa vedie k agresívnejšej politike a k diskriminácii.

Na druhej strane však i vedecká literatúra uvádza, že nedôvera môže mať aj pozitívny efekt. Neoplatí sa bezvýhradne dôverovať ľuďom, ktorí nám vládnu, treba si zachovať istú mieru skepsy. Je pravda, že práve ľudia, ktorí majú isté paranoidné sklony, si môžu všimnúť niektoré javy skôr a poukázať na ne ako whistlebloweri (oznamovatelia). Reálne konšpirácie sa dejú, veď aj na Slovensku sme mali „konšpiračný byt“.

**Kde je hranica medzi zdravou nedôverou so správnymi otázkami, hoc možno nepríjemnými, a paranoidnými konšpiráciami?**

Nájsť strednú cestu je najťažšie, pretože nás prirodzene priťahujú extrémny a radi vidíme veci čierne alebo biele. Väčšina vecí v živote je však v spektre a vyhodnocovať ich všetky je kognitívne veľmi náročné. Ani ja nemám schopnosti a čas preveriť

každú informáciu, preto je veľmi dôležitá dôvera v inštitúcie a konkrétne autority. Konšpiračné teórie však narúšajú aj túto dôveru a v konečnom dôsledku sa každý musí rozhodnúť, komu bude veriť. V ideálnom prípade by sme mali veriť odborníkom. No aj odborníci sú ľudia a sú omylní a niekedy, najmä keď je situácia nová ako v prípade koronavírusu, sa objavujú protichodné tvrdenia odborníkov z rôznych oblastí. Keďže ľudia majú sklon k sebaopotvrdzovaniu, vyberajú si tých odborníkov a zdroje, ktoré tvrdia to, čo si sami myslia. S takýmto nastavením je potom ľahké nájsť nepriateľa, konšpiračné teórie ponúkajú istotu a uľahčujú vyrovnávanie sa s neistotou.

Dôležité je vzdelávanie, vedecká a mediálna gramotnosť, aby ľudia vedeli rozoznávať kvalitu zdroja. Dôležité je, ako s nami komunikujú inštitúcie, či vzbudzujú dostatočnú dôveru alebo či dôveru v seba dokonca podkopávajú.

**V publikácii *Fámy*, ktorej ste spoluautorkou, je príklad Veľkej Británie, ktorá sa počas vojny snažila utajiť informácie pred nepriateľom. No tvorcovia politik si uvedomili, že to má nepriaznivý účinok aj na vlastné obyvateľstvo, pretože „fámy sa rodia zo spontánnych otázok, ktoré si verejnosť kladie a na ktoré nedostáva uveriteľné a včasné odpovede“. Politici vtedy otočili a pri zohľadnení bezpečnostných rizík sa malo verejnosti sprístupňovať čo najviac informácií s čo najkratším odstupom od udalostí. Stratégia vraj mala úspech.**

Na tomto príklade ma uchvátilo to, že máme aj historický dôkaz o tom, že transparentnosť inštitúcií podporuje dôveru vo vedenie štátu a tlmí chuť hľadať odpovede na otázky v konšpiračných vodách. Ak inštitúcie nekomunikujú otvorene, vždy prídu na rad konšpiračné teórie.

Transparentnosť je nakoniec dôležitá aj v našich každodenných vzťahoch. Na to, aby ste sa vedeli na partnera spoľahnúť, musíte mu dôverovať a on zas musí svoje úmysly komunikovať jasne, nie vyhýbať sa odpovediam.

**Úroveň vedeckej gramotnosti populácie ste skúmali medzi rokmi 2017 a 2020 a zistili ste, že vedecké myslenie síce klesá, no rastie miera znalosti vedeckých poznatkov a klesajú antivedecké postoje. Nejdeme teda úplne zlým smerom?**

V prvom prieskume výsledky ukázali, že ľudia majú dobrú úroveň vnímania vedeckých poznatkov, silný však bol antivedecký sentiment a nízku úroveň malo vedecké myslenie. Keď sme výskum zopakovali po vypuknutí pandémie, ukázalo sa, že úroveň znalosti vedeckých poznatkov mierne narástla. Posun priniesla hlavne znalosť informácie, že antibiotiká nefungujú na vírusy, čo sme pripísali pandémie, počas ktorej sa veľa hovorilo o rozdieloch medzi vírusmi a baktériami.

Výrazne sa znížili antivedecké postoje, čo tiež priniesla pandémia a skorý vývoj vakcín ako výsledok vedeckého úsilia. No vedecké myslenie zostalo nezmenené, naša schopnosť vyhodnocovať dôkazy zostala na rovnakej úrovni: v priemere dokážu ľudia odpovedať správne len na niečo vyššie polovicu položiek, na ktoré sa pýtame. Priemerná úspešnosť sa pohybuje okolo 66 %.

### Pri ktorých položkách bolo skóre najnižšie?

Najťažší na pochopenie je napríklad koncept dvojitej zaslepenosti, teda pochopenie toho, prečo je dôležité, aby pri štúdiách ani sám výskumník nevedel, akú látku dostáva participant, a svojimi očakávaniami výskum neovplyvnil.

### O konšpiračných teóriách sa dnes veľa hovorí. Znamená to, že sa trend zhoršuje?

Americkí výskumníci Joseph Uscinski a Joseph Parent robili zaujímavý výskum, v ktorom hľadali odpoveď na otázku, či sú konšpiračné teórie novodobý fenomén, ktorý súvisí s nástupom sociálnych sietí. Situácia predtým sa však ťažko meria, preto sa rozhodli analyzovať listy čitateľov v amerických denníkoch (*New York Times* a *Chicago Tribune*) medzi rokmi 1890 a 2010 a hľadať v nich konšpiratívne naratívy. Ukázalo sa, že trend je stabilný a konšpiračné teórie tu s nami boli vždy. Ak sa vyskytujú častejšie, súvisí to skôr so spoločenskou situáciou, akou bola napríklad studená vojna alebo atentát na Kennedyho.



Na druhej strane je však z hľadiska sociálnych sietí dôležitý rok 2016, keď Facebook pridal tlačidlo „zdieľať“. To uľahčilo algoritmom, o ktorých nič nevieme, podávať ľuďom podobný obsah, ako pozerali, čo v konečnom dôsledku ústilo až do radikalizácie. Ľudia si povedia, že ak si veľa ľudí myslí to, čo si myslím ja, tak je to asi normálne. Ak človeku algoritmus aktívne podáva informácie, ktoré potvrdzujú jeho presvedčenie, potom sa prepadáva čoraz hlbšie do „kráľickej nory“. Platí to aj pri pozeraní youtubových videí, pri ktorých odborníci hovoria, že ďalšie a ďalšie videá, ktoré nám už vyberá umelá inteligencia, sú viac radikalizované. A hoci ste spočiatku len hľadali nejakú informáciu, tak ste sa s každým ďalším videom „preklikali“ k radikálnejším postojom.

**Psychológovia varujú, že zo spoločnosti sa stráca schopnosť diskutovať a argumentovať, v komunikácii sa viac vyhraňujeme, stráca sa zmierlivosť a prevláda „narcistická sebastrednosť, v ktorej ide najmä o budovanie vlastného ja ako obrazu s tými správnymi názormi“. Aké je riešenie?**

Tejto téme sa výskumne nevenujem, ale írka autorka Mary Aiken v knihe *Cyber effect* (v slovenčine vyšla ako *Nebezpečný efekt*) používa v tejto súvislosti pojem selfie kultúra. Upozorňuje práve na narcizmus v komunikácii a na to, že dnes kvôli komunikácii prostredníctvom technológií mladí ľudia venujú viac času vytváraniu svojej virtuálnej osobnosti než svojej offline osobnosti. Nevieme ešte, ako to ovplyvní novú generáciu. My sme získavali spätnú väzbu v rovesníckych skupinách, a keď sa nám podaril trapas, kamaráti nám ho ešte nejaký čas mohli pripomínať, ale zväčša, našťastie, nezostal o našom zlyhaní trvalý záznam. Teraz nás pri zlyhaniach nafotia či natočia a na sieťach takýto záznam zostáva navždy. Často fotografie či videá detí v rôznych (niekedy aj trápnych) situáciách zverejňujú sami rodičia. Sme generácia, ktorá prvý raz pracovala s počítačom na strednej škole. Aj nám často chýba digitálna gramotnosť a neuvedomujeme si, aké riziká prináša internet pre naše deti.

**V boji s konšpiráciami padajú niekedy silné slová na oboch stranách, platformy na odhaľovanie hoaxov nesú pomerne pejoratívne názvy ako blbeconline a podobne. Nepálime tým mosty medzi sebou? Čo spôsobuje takáto komunikácia z pohľadu psychológov?**

Takáto komunikácia vedie k eskalácii a verbálnemu násiliu. Ako psychologička si myslím, že treba pristupovať k téme vecne a veľmi dôležitá je empatia. Najskôr musíme pochopiť, prečo má človek práve to svoje presvedčenie, akú potrebu si tým naplní. Pri pohľade zvonku môže jeho postoj vyzeráť iracionálne, no v skutočnosti si ním človek plní potrebu zmyslu, potrebu niekam emočne či sociálne patriť a zdieľať





hodnoty s podobne zmýšľajúcimi ľuďmi. Ľudia nie sú ochotní meniť svoje presvedčenia len na základe racionálnych argumentov a to často podceňujeme. Aby sme s nimi mohli diskutovať, musíme poznať, čo im ich presvedčenie prináša, byť k nim empatickí. To otvára „komunikačné“ dvere, ale zároveň to neznamená, že s nimi musíme vo všetkom súhlasiť.

Páči sa mi v tejto súvislosti pojem „intelektuálna skromnosť“, teda schopnosť pripustiť si, že sa môžem mýliť. Často totiž od vedy očakávame, že dá definitívne odpovede na naše otázky. No všetko poznanie je dočasné, a to, čo vieme, sa naďalej zdokonaľuje. S väčšou či menšou pravdepodobnosťou by sme mali rátať s tým, že ktorákoľvek teória môže byť nahradená lepšou a presnejšou. V tomto duchu musíme pristupovať ku komunikácii s väčšou vzájomnou zvedavosťou, s rešpektom, s vedomím, že nik z nás nie je neomylný.

### **Intelektuálna skromnosť je výborný pojem. Vymedzovanie sa jednej skupiny voči druhej akoby niekedy zastavilo diskusiu o reálnych rizikách.**

Problém konšpiračných teórií nie je v tom, že im ľudia uveria, ale práve v tom, že zasievajú neistotu a ľudia v konečnom dôsledku rezignujú na snahu overovať si veci a rozmýšľať nad nimi. Mávnu rukou, že skutočnú pravdu sa i tak nikdy nedozvedia, že netreba veriť nikomu a ničomu. A v spoločnosti víťazí bezmocnosť a relativizmus.

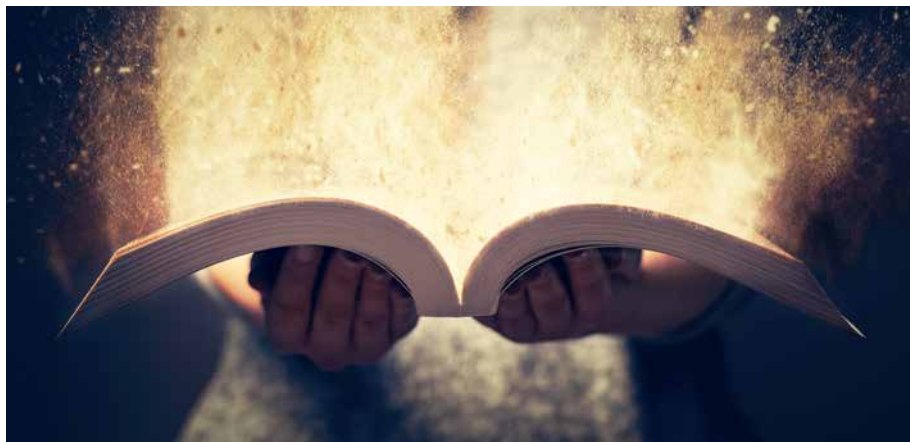
Cieľom trollích fariem často nemusí byť rozšírenie nejakej konkrétnej konšpiračnej teórie a presvedčenie ľudí o jej pravdivosti, ale zahlcovanie priestoru tak, aby sme nediskutovali o skutočnej podstate, aby ľudia boli znechutení, a teda aj ľahšie manipulovateľní. Videli ste film *Vrtieť psom* s Dustinom Hoffinannom? Rozprával

príbeh o tom, ako v snahe odpútať pozornosť ľudí od jedného škandálu bol vytvorený zástupný problém, ktorý ako dym zahalil reálne fakty. Bola to fikcia, no myslím si, že takéto scenáre sa do istej miery môžu diať aj v súčasnosti. A možno ma práve toto teraz trochu posúva ku konšpirátorom (úsmev).

**Hovorili sme o tom, že konšpiračné teórie tu vždy boli, no dnes im pomáhajú sociálne siete. Ako vidíte vývoj v horizonte desiatich rokov? Budú konšpiračné teórie a nedôvera v našej časti Európy čoraz silnejšie? Budeme sa radikalizovať a prestaneme sa počúvať?**

Bojujú vo mne dva scenáre – na jednej strane som optimistka a verím v silu ľudskej vynaliezavosti. Už neraz sa stalo, že keď sme si to ako ľudia „pokazili“, prišli sme aj na spôsob, ako situáciu vyriešiť, hoci niekedy pomerne neskoro. Obávam sa však, že nás čakajú výzvy, ktoré sú na hranici toho, čo vieme riešiť, a nemyslím teraz ani tak na konšpiračné teórie ako skôr na klimatickú krízu.

Na druhej strane viem, že musíme zlepšovať vzdelávanie. No keď sa pozriem na momentálnu situáciu na Slovensku, mám pochybnosti, či sme schopní splniť aj túto výzvu. Počúvame o dôležitosti podpory kritického myslenia, o tom, že žiaci a školy sú na prvom mieste, ale vidíme, že to tak nie je. Prieskumy hovoria, že ani učitelia nemajú často dostatočne rozvinuté kritické myslenie alebo nevedia, ako ho u žiakov zvyšovať. V záplave iných povinností na to často nie je ani dosť priestoru. Vnímam však snahu zdola zlepšovať veci – či už konkrétnych učiteľov alebo organizácií, ktoré prinášajú učiteľom podporné materiály, alebo aj vedcov, ktorým záleží na zážitkovom vzdelávaní (napr. All4Science, o. z.). Týchto jednotlivcov, ktorí sa nezdávajú, by sme mali podporiť a zosieťovať.





**Ján Dusza:**



***Z nových materiálov môžeme  
stavať výťah do vesmíru.***



**Prof. RNDr. Ján Dusza, DrSc.**, je fyzik a materiálový vedec s vysokou medzinárodnou reputáciou v oblasti pokročilých keramických materiálov, nanomateriálov a nanotechnológií. Vyštudoval materiálovú fyziku na Univerzite ELTE v Budapešti, aktuálne pôsobí na Ústave materiálového výskumu Slovenskej akadémie vied v Košiciach a vo Výskumnom centre PROMATECH v Košiciach. V databáze SCOPUS má evidovaných 279 publikácií, 3 950/3 250 citácií, h/H-index 34/31. Má aj tri patenty v oblasti modernej keramiky. Za svoje výskumné aktivity/výsledky získal viacero ocenení, je akademikom Slovenskej učenej spoločnosti, Maďarskej akadémie vied a World Academy of Ceramics. Roku 2017 bol v rámci podujatia Košičan roka uvedený do Siene slávy. Roku 2021 získal ocenenie ESET Science Award v kategórii Výnimočná osobnosť slovenskej vedy.



**V škole sa učíme o kamennej, bronzovej dobe či o storočí ocele. Ako raz bude v učebniciach pomenovaná doba, v ktorej žijeme?**

Pracujem najmä s nanomateriálmi, tak pre mňa je to určite doba nanomateriálov a nanotechnológií.

**Materiálový výskum ako samostatná oblasť vedy a vzdelávací odbor na technických univerzitách sa začal objavovať v 40. rokoch minulého storočia a odvtedy zažil razantný nástup. Vnímate to aj na vašom pracovisku?**

Rozmach materiálového výskumu a vývoja posledné desaťročia naozaj významne rastie a dnes sa už dotýka pomaly všetkých oblastí priemyslu. Nové technológie a materiály vyvíjame na aplikácie v automobilovom priemysle, informatike, medicíne, environmentalistike, na vesmírne aplikácie a na využitie v mnohých ďalších oblastiach. Nové materiály však prenikajú aj do nášho bežného života. Stretneme sa s nimi v kozmetike, napríklad vo forme nanoopalovacích krémov, ktoré nezanechávajú biele škvrny a lepšie chránia pred UV žiarením, alebo v domácnosti v podobe samočistiacich či antibakteriálnych povrchov, ale aj v oblečení, ako sú nekrčivé či proti škvrnám odolné materiály, a podobne.

**Progresívna keramika je zaujímavý materiál, ktorý sa používa od implantátov v ľudskom tele až po tepelné štíty kozmických lodí.**

Keď sa začal boom keramiky, vedci verili, že z nej dokážeme onedlho vyrobiť celý motor do auta alebo veľké turbínové lopatky. Žiaľ, najmä pre krehkosť sa to celkom nepodarilo, ale škála, v ktorej dnes vieme tento materiál uplatniť, je obrovská.





Na Slovensku spolupracujem s tímom profesora Pavla Šajgalíka. Jeho skupina na Ústave anorganickej chémie Slovenskej akadémie vied v Bratislave sa venuje skôr príprave týchto materiálov a môj tím v Košiciach charakterizácii, analýze a skúšaníu. Prvú spoločnú publikáciu sme vydali roku 1989 a najnovšiu na jar 2021.

### Kam sa výskum keramiky za ten čas posunul?

Absolútnou novinkou sú vysokoentropické keramické materiály. Práve im sa venuje náš článok s profesorom Šajgalíkom. Sme pyšní na to, že náš tím ako prvý na svete roku 2018 publikoval články v *Journal of the European Ceramic Society* či *Scientific Reports* o vývoji a vlastnostiach vysokoentropickej karbidickej keramiky a máme už veľa citácií. Systém sme vyvinuli v spolupráci s kolegami z Londýna. Prvé materiály boli vyrobené v zahraničí, my sme skúmali ich štruktúru a vlastnosti. V poslednom článku z roku 2021 už analyzujeme systém, ktorý bol vyrobený na Slovensku v rámci APVV projektu a v úzkej spolupráci našich tímov z Košíc a Bratislavy.

### Čo ste zistili?

Objemová keramika s vysokou entropiou vzbudzuje čoraz väčší záujem pre jedinečnú štruktúru, vlastnosti a potenciálne aplikácie. Je to nová trieda tuhých roztokov, ktorá obsahuje štyri alebo viac kovových zložiek. Spravidla v týchto systémoch možno dosiahnuť maximálnu molárnu konfiguračnú entropiu zmiešaním viacerých prvkov, čo vedie k minimalizácii Gibbsovej voľnej energie. Vďaka tomu môžu byť tieto materiály hlavne pri zvýšených teplotách termodynamicky stabilnejšie. Je to nová cesta, ako vylepšiť funkčné aj mechanické vlastnosti materiálov. V našom prípade, keďže sa zaoberáme konštrukčnými materiálmi, ide najmä o vlastnosti, ako sú vysoká tvrdosť, oderuvzornosť alebo odolnosť proti extrémne vysokým teplotám až nad 2 000 stupňov Celzia.

Pred tzv. high entropy keramikou sme sa venovali výskumu ultravysokoteplotných keramických materiálov, ktoré sa dnes používajú napríklad ako ochranné štíty na vesmírnych zariadeniach. Teraz však očakávame ešte lepšie vlastnosti. Zatiaľ ide o výskum na malých vzorkách. Výskum na väčších vzorkách bude nasledovať.

### Venovali ste sa aj výskumu tzv. neoxidovej keramiky na báze nitridu kremičitého. Akými vlastnosťami je výnimočná?

$\text{Si}_3\text{N}_4$  keramika má mnohé vynikajúce vlastnosti, ako sú nízka hustota, vysoká pevnosť pri vysokých teplotách, vynikajúca odolnosť proti tepelným šokom a opotrebovaniu, dobrá lomová húževnatosť, odolnosť proti mechanickej únave a tečeniu za vysokých teplôt či dobrá oxidačná odolnosť.



Tento materiál sa už široko uplatňuje napríklad pri výrobe súčiastok v automobilovom priemysle, ale aj ako dýzy, plášte termočlánkov či tégliky na manipuláciu s roztaveným hliníkom, zinkom, cínom a zliatinami olova. Trysky na oblúkové zváranie sú tiež stabilným trhom pre  $\text{Si}_3\text{N}_4$  vzhľadom na pevnosť, elektrický odpor a odolnosť materiálu proti tepelným šokom. Služí aj ako špecializovaný nábytok do pecí pri vypalovaní komponentov, ako zubný porcelán, pri ktorom sa vyžaduje opakované tepelné cyklovanie. Budúce aplikácie zahrnujú motory s plynovými turbínami.

Konštrukčná keramika vykazuje výborné vlastnosti, ale má jeden problém a to je krehkosť. Preto sa výskum teraz sústreďuje na jej zlepšenie. Do hry vstupujú nové prvky ako uhlíkové nanotrubicie či grafénové platničky. Pokúšame sa nimi zlepšiť aj húževnatosť a darí sa nám. Týmito prvkami vieme zlepšiť aj elektrickú vodivosť. Keramika je bežne nevodivá, no pri niektorých aplikáciách chceme, aby bola vodivá, preto hľadáme cesty, ako dosiahnuť aj tieto vlastnosti.

**Zdá sa, že s novými materiálmi prestáva platiť, čo sme sa učili v škole: že keramika je nevodivá, zatiaľ čo kovy sú dobré elektrické vodiče. Dnes máme vodivú keramiku a nevodivé kovy. Na čo zo školských lavíc máme ešte zabudnúť?**

Dnes už dokážeme prostredníctvom nanotechnológií meniť rôzne vlastnosti materiálov: fyzikálne, napríklad tavenie, chemické, ako je reaktivita, elektrické, spomínaná vodivosť, ale aj mechanické, najmä pevnosť, optické, magnetické aj biologické vlastnosti.

**Vo výskumnom centre PROMATECH sa nevenujete len keramike, ale aj ďalším novým materiálom. Povedzme si o nich viac.**

PROMATECH je spoločné výskumné centrum, na ktorého prevádzke participuje viacero ústavov. Ja pôsobím na Ústave materiálového výskumu, potom je tu Ústav experimentálnej fyziky, Ústav geotechniky a Ústav materiálov a mechaniky strojov. V Centre sú aj vybrané tímy z Technickej univerzity a z Univerzity Pavla Jozefa Šafárika v Košiciach. V minulosti sme intenzívne spolupracovali s Východoslovenskými železiarňami, dnešným U. S. Steel Košice, práve pri vývoji dvojfázovej ocele (dual phase steel), ktorá sa uplatňuje v automobilovom priemysle vďaka lepšej tvárnosti či lepšej schopnosti absorbovať energiu nárazu. Teraz sa sústreďujeme na nové kovové zliatiny, čo sú zaujímavé materiály z pohľadu hľadania riešení na uskladnenie vodíka.

**To je aktuálna téma aj z pohľadu klimatickej krízy. V Košiciach má vzniknúť Centrum výskumu vodíkových technológií, ktoré sa bude zaoberať výskumom v oblasti vodíkových technológií a využitím vodíkoveho pohonu. Ten by mohol prispieť k zníženiu emisií z dopravy, no problém je, ako ho uskladniť.**

Ochrana životného prostredia je fantastická a dôležitá téma. Na rozdiel od benzínu či nafty vieme vodík spáliť tak, že vznikne vodná para, no samotná výroba vodíka ešte stále nie je „zelená“. Ekologicky vieme vyrobiť len niekoľko percent svetovej produkcie vodíka, pri drivej väčšine sa tvoria emisie. Skôr než bude možné uznať vodík za „zelený“ a ekonomicky rentabilný zdroj paliva a využívať ho v masovej miere, je nevyhnutné vyvinúť jednoduché, efektívne a bezpečné metódy jeho získavania.





Supravodivosť v akcii

Ďalším súvisiacim problémom je skladovanie vodíka. Jednou z možností je využitie nových vysokoentropických kovových zliatin, ktorým sa venuje ďalší výskumný tím na našom ústave.

### Je teda z pohľadu materiálového výskumu výzvou aj samotný „zelený“ vodík?

Snahou je prejsť na vodíkový pohon, hoci súčasné elektroautá sú fantastické a bez emisií. Pri výrobe lítiových a kobaltových batérií však máme problém, keďže ide o vzácne prvky, ktorými by sa nemalo plytvať. Hľadajú sa napríklad cesty, ako vodík vyrobiť na malých neobývaných ostrovoch z morskej vody s využitím slnečnej či veternej energie. Najslubnejšou technológiou na výrobu vodíka však je elektrolýza vody.

Zatiaľ elektrochemicky najaktívnejšie katalyzátory na vývoj vodíka sú vzácne kovy. Ich nedostatok a vysoké náklady však motivujú vedcov hľadať lacné alternatívy. Mohli by to byť fosfidy prechodných kovov. K úsiliu o zníženie výrobných nákladov vodíka môže prispieť aj náš ústav. Pomocou technológie elektrostatického zvlákňovania (electrospinningu) vyvíjame rôzne mikro- a nanovlákná, napríklad na báze uhlíkových vlákien modifikovaných kovovými nanočasticami a nanočasticami fosfidov kovov. Dokážu katalyzovať vodík pri nízkych napätiach a nahradiť platínu a iné drahé kovy ako elektródové materiály.

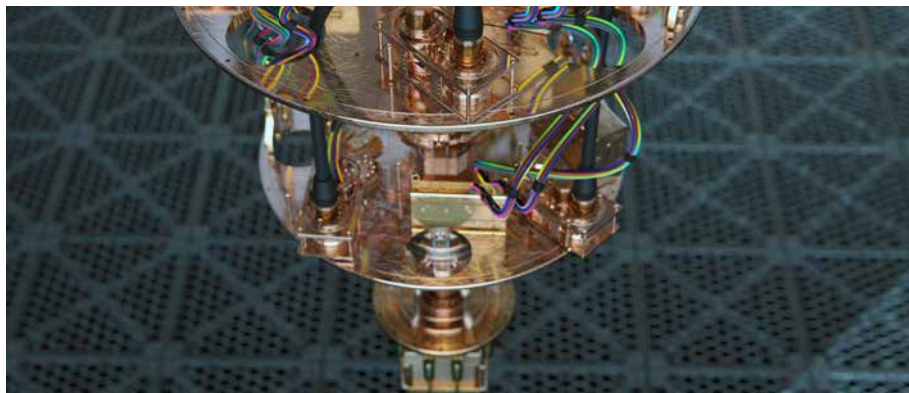
## Centrum PROMATECH sa sústreďuje aj na kryotechnológie...

Riešeniu výskumu v oblasti kryotechnológií sa venuje tím z Ústavu experimentálnej fyziky SAV a Univerzity P. J. Šafárika v Košiciach. Získal špičkové vybavenie a vedci študujú fyzikálne javy za veľmi nízkych teplôt. Zatiaľ je to základný, nie aplikovaný výskum, ktorý je však dôležitý, aby sme pochopili deje pri veľmi nízkych teplotách. Vytvára nám priestor, v ktorom môžeme objaviť nečakané vlastnosti hmoty a materiálov. A kolegom v Centre fyziky veľmi nízkych teplôt sa darí skvele. Zaoberajú sa modernými témami, ako sú štúdium prechodu zo supravodivého do izolačného stavu, mechanizmus vysokoteplotnej supravodivosti, nanorezonátory a podobne. Výsledky publikujú v najprestížnejších fyzikálnych časopisoch zo skupiny *Nature index* vrátane samotného *Nature*.

Centrum je členom Európskej mikrokkelvinovej platformy, ktorá získala projekt Horizont 2020 z balíka Excelentná veda. Košice slúžia ako otvorené laboratórium pre záujemcov o výskum kvantových materiálov pri ultranízkych teplotách z celého sveta. Ďalším cieľom je rozvoj kvantových technológií pri nízkych teplotách. To zapadá do úsilia vytvoriť na Slovensku konzorcium pracovísk na rozvoj kvantových technológií, ako je kvantový internet.

## Kvantový internet znie už ako sci-fi, o prenose informácií sa hovorí ako o teleportovaní.

Tu už narážame na hranice poznatkov dnešnej fyziky, pretože informácie, ktoré sa odvodzujú z pôvodného kvantového stavu častíc, sú dostupné naraz na rôznych miestach bez akéhokoľvek oneskorenia. Takže sú dostupné rýchlejšie, ako keby sme ich preniesli rýchlosťou svetla. Čoskoro budeme o tom viac počuť.



Detail kvantového počítača



## Medzi progresívnymi materiálmi sa uvádzajú aj biomateriály. Venujete sa im aj vy?

T tejto oblasti sa venujú viaceré tímy. V rámci mojej skupiny skúmame vlastnosti prírodných materiálov, konkrétne zubov – skloviny (enamelu) a zuboviny (dentínu). Študujeme ich vlastnosti, ako na ne pôsobia rôzne sily, pozeráme sa na ne z nanoúrovne. Usilujeme sa o zuboch dozvedieť čo najviac s cieľom, aby ich náhrady a výplne mali rovnako kvalitné vlastnosti a boli prijateľné pre telo.

Ďalšia skupina na našom ústave sa venuje biomateriálom na regeneráciu a rekonštrukciu defektov kostných tkanív. Vedci vyvinuli, patentovali a predklinicky otestovali aj kompozitné samovoľne tuhnúce kalciumfosfátové biocementy, stimulujúce liečenie hlbokých defektov hyalínových chrupaviek, siahajúcich až do oblasti podchrupavkovej (subchondrálnej) kosti v kolenných kĺboch.

Perspektívne sa ukazujú biologicky odbúrateľné kovové materiály pripravené práškovými technológiami. Cieľom je získať poznatky potrebné na výrobu materiálov, ktoré sa po stanovenom čase od implantovania do organizmu neškodne rozložia „in situ“ na produkty, ktoré vie telo vstrebať a vylúčiť fyziologickou cestou. Okrem toho spolupracujeme s lekármi na výskume biopolymérnych substrátov, umožňujúcich výrazne podporiť hojenie ťažko sa hojajúcich otvorených rán.

## O nanotechnológiách sa často hovorí aj v súvislosti s medicínou. Víziou sú nanočastice, ktoré dokážu dopraviť liečivo na presné miesto v tele.

Tímy na Ústave experimentálnej fyziky SAV vyvíjajú biomateriály na ničenie nádorov, čo sú magnetické materiály obalené liečivami, ktoré sa dostanú k chorej bunke, napríklad rakovinovej, a pôsobia cielene tam, kde treba. Pripravujú tiež magnetické nanočastice, na ktoré viažu biologicky aktívne látky ako proteíny, enzýmy, protilátky a liečivá. Tieto nanočastice sú ďalej skúmané v oblasti diagnostiky, napríklad ako kontrastné médium v zobrazovaní magnetickou rezonanciou v spolupráci s Martinským centrom pre biomedicínu Univerzity Komenského, ale aj v oblasti terapie, napríklad ako nanonosiče na dopravu liečiva do požadovanej oblasti v spolupráci s Ústavom normálnej a patologickej fyziológie Centra experimentálnej medicíny SAV.

Ďalšia skupina skúma možnosti využitia magnetických nanočastíc ako terapeutika amyloidných ochorení, kam patria Alzheimerova choroba alebo cukrovka.

## Spomínali ste, že medzi prvými materiálmi, ktorým ste sa venovali, boli tvrdokovy. Aké našli uplatnenie?

Ich výskum ešte nie je uzavretá vec. Venoval som sa systému WC-Co (karbidu volfrámu a kobaltu), ktorý patentovali roku 1920 v Nemecku. Je to fantastická dvojica,

ideálne manželstvo. Dnes sa tento materiál používa ako rezný a vrtný materiál v hutníckom a geologickom priemysle. Vedecké tímy vo svete sa však naďalej usilujú nahradiť kobalt, ktorého je na Zemi málo. Karbid volfrámu je anorganická chemická zlúčenina, ktorá sa skladá z rovnakého počtu atómov volfrámu a uhlíka, vyznačuje sa veľkou tvrdosťou na úrovni korundu. Je to tiež keramický materiál a kobalt tomuto materiálu dodáva húževnatosť a tvárnosť, teda schopnosť deformovať sa. Tvrdokovy však nemôžeme používať na vysokoteplotné aplikácie práve pre kobalt. To je ďalšia oblasť, v ktorej prebieha výskum. Aj my sme sa usilovali kobalt nahradiť grafénom. Keramické materiály vydržia teploty vyše 1 500 stupňov Celzia, preto sa využívajú ako ochranné materiály pri stavbe rakiet a miera aj do leteckého priemyslu. Ak sa začnú využívať ako tepelné štíty v lietadlách, máme šancu preletieť z Londýna do New Yorku za dve hodiny.

### Podarí sa nám to do desiatich rokov?

Nie je to ďaleko. Takéto teploty vznikajú pri rýchlostiach, ktoré by lietadlá museli vyvinúť, no doteraz sme nemali materiály, ktoré by ich vydržali. Takže vďaka keramickým a ďalším materiálom to bude snáď možné do desiatky rokov.

### Aké ďalšie nové materiály sú v hre?

Bioinšpiratívne materiály, pri ktorých sa vedci a konštruktéri učia od prírody, napríklad ako presnejšie tvarovať lietadlá podľa pozorovania letu vtákov.





**To je ďalší nový vedný odbor, ktorý súvisí s materiálmi – biomimetika. Vďaka prístrojom možno vidieť hlbšie a pri zlepšovaní materiálov sa inšpirovať prírodou. Často sa ako príklad používa prílnavosť. Inšpirujete sa aj vy prírodou?**

Toto je skôr práca pre dizajnérov. Napríklad aj pri rýchlovlakoch Šinkansen bol ich tvar odpozorovaný z prírody tak, aby sa vyrovnali s veľkým odporom vzduchu. Keď tak premýšlam, aj u nás sa inšpirujeme pri vývoji nových materiálov tými prírodnými. Keramika je krehká a praská, čo nechceme, preto nás inšpirovalo drevo. Keď sa drevo láme, nepraskne na polovicu, ale vznikajú vlákna. Usilujeme sa napodobniť tento lom. Začali sme vyvíjať mikroštruktúry, ktoré využívajú vláknité elementy.

**Hovoríme teraz o nanofraktografii, ktorá je osobitnou sférou výskumu vo vašom centre. Ak to správne chápem, skúmate, ako sa materiál láme na nanoúrovni, a usilujete sa na tejto úrovni zlepšiť jeho vlastnosti.**

Ak sa materiál láme na makroúrovni, vidíme to aj voľným okom, to je makrofraktografia. Ak lom vznikne na mikroúrovni a dá sa vidieť pod rastrovacím elektrónovým mikroskopom pri tisícnásobnom zväčšení, hovoríme o mikrofraktografii. No pri nanofraktografii vidíme efekt na úrovni zrna, ktoré má 50 alebo 100 nanometrov, teda ide o zväčšenie 50- alebo 100-tisíc ráz. Jeden nanometer je asi jedna stotisícinu hrúbky ľudského vlasu.

Skúmanie v tomto rozmere ukazuje, že materiály tu majú iné vlastnosti ako na makroúrovni. Ak lámeme keramiku na úrovni jedného zrna, zrazu vidíme, že sa pri tlaku deformuje, nie láme. Naším cieľom je pochopiť prečo a zistiť, či sa nedá vyrobiť aj makrosystém, v ktorom by keramika nebola taká krehká. To je základný výskum.

Keď pochopíme tieto vlastnosti na nanoúrovni, budeme hľadať cesty, ako zlepšiť húževnatosť keramiky vo väčších objemoch, aby náhodne nepraskala, ale skôr sa deformovala ako kovy. Potom môže prísť na rad aplikovaný výskum.

**Váš výskum umožňujú unikátne prístroje. Ten prvý – skenovací tunelovací mikroskop – umožnil vedcom prvýkrát „vidieť“ jednotlivé atómy. Roku 1981 ho vyvinuli Gerd Binnig a Heinrich Rohrer v laboratóriu IBM v Zürichu. Roku 1986 zaň získali Nobelovu cenu...**

Máme ho aj my. Pozorujeme ním atómové štruktúry pri bežných izbových teplotách, ale dnes už umožňuje pozorovať vlastnosti a zmeny priamo za veľmi nízkych teplôt.

Vďaka eurofondom máme v PROMATECH-u nielen skenovací tunelovací mikroskop, ale aj transmisný vysoko rozlišovací mikroskop, mikroskop atomárnych síl, Ramanov mikroskop, rastrovací elektrónový mikroskop s fokusovaným iónovým zväzkom a ďalšie. Čo sa týka pozorovania nových materiálov, máme skoro všetko, čo potrebujeme, a preto môžeme publikovať naše výsledky aj prví na svete.

**Umožňuje mikroskop atomárnych síl nielen prezerat', ale už aj manipulovat' s materiálmi do veľkosti nanometrov?**

Môžeme manipulovať s atómami a robiť veľmi jemné indentácie pri veľmi nízkych silách, ale my ho využívame viac na pozorovanie a na náš základný materiálový výskum na úrovni atómov. Na manipuláciu máme rastrovací elektrónový mikroskop s fokusovaným iónovým zväzkom. Ide o duálne zariadenie, ktoré slúži ako mikroskop a zároveň ako zariadenie na mikroobrábanie. Mikroskopom sa môžeme na vzorku pozrieť, analyzovať ju a vybrať vhodnú časť, z ktorej následne fokusovaným iónovým lúčom vyrežeme mikroobjekt na skúšanie a skúmanie.

**Nositel' Nobelovej ceny za fyziku Horst Störmer povedal, že nanotechnológia nám umožnila „hrať sa s konečnými hračkami prírody – atómami a molekulami... – a že možnosti vytvárania nových vecí sa zdajú byť neobmedzené“. Sú neobmedzené?**

Ťažko dovidieť po hranicu, niekedy má človek naozaj pocit, že máme neobmedzené možnosti. Aj pri vysokoentropickej keramike sa hráme s atómami.

**Ako vyzerá vaša „hra s atómami“?**

Vysokoentropická keramika vzniká tak, že vezmeme karbid volfrámu, zirkónu a ďalších, samozrejme, nie náhodne vybraných prvkov a melieme ich vysoko intenzívnym mlynom. Zdá sa, že práve mletie je technológia, ktorá dokáže aktivovať procesy, vďaka

ktorým má každý prvok v každom zrne rovnaké zastúpenie. Potom namletý materiál spekáme pri teplote okolo 2 100 stupňov Celzia. Počas spekania vznikne materiál, v ktorom má každé zrno rovnaké zloženie na mikro-, nanoúrovni a na atomárnej úrovni.

Kolegovia z Ústavu geotechniky SAV na svetovej úrovni dokazujú, že efektívnou možnosťou prípravy nanomateriálov na vyspelé aplikácie je ich mechanochemická syntéza využívajúca vysokoenergetické guľové mletie. Pri tomto spôsobe odpadá použitie toxických organických prekursorov a rozpúšťadiel či zvýšená teplota a tlak. Vo väčšine prípadov stačí do mleckej komory s mlecími guľôčkami rôznych priemerov vsypať práškové reaktanty, napríklad kovy v elementárnej forme a síru, a mlieč pri vysokých otáčkach krátky čas. Takto možno pripraviť nanomateriály aplikovateľné vo fotovoltike (solárne články), na produkciu a uskladňovanie vodíka, na environmentálne aplikácie (na zachytávanie CO<sub>2</sub>, fotokatalýzu, čistenie odpadových vôd) či ako katalyzátory v organickej syntéze.

### **Spomínali ste, že vlastnosti keramiky sa usilujete zlepšiť použitím uhlíkových nanorúrok či grafénu, čo sú tiež pomerne nové štruktúry s veľkou pevnosťou. Ako sa osvedčili?**

Výsledky naznačujú, že použitím grafénových platničiek vieme významne zlepšiť lomovú húževnatosť krehkých materiálov. Keď ich v mikroštruktúrach zanesieme do keramiky, tak sa lom síce šíri, no ak sa otvorí trhlinka, zostávajú v nej akési „mostíky“, čo sú práve grafénové platničky. Tie brzdia vznik trhlíny. Nanorúrky zvyknú agregovať a potom ich nevieme homogénne rozmiešať s keramickými práškami. Grafénové platničky sú tenšie a kratšie a vieme ich lepšie miešať.

Uhlíkové nanorúrky sú však neuveriteľne pevné a ľahké, preto sa aj krátko po ich objavení šírila predstava vyrobiť z tohto materiálu dostatočne dlhé lano na vesmírny výťah. Pri dĺžke, pri ktorej už oceľové lano vlastnou váhou praská, je ľahké lano z uhlíkových nanorúrok naďalej pevné a živí nádej, že sa to snáď podarí.

### **Je to možné?**

Teoreticky áno, ale zatiaľ ešte vesmírny výťah nikto nezačal stavať.

### **Ako vidíte vývoj Centra progresívnych materiálov a technológií v horizonte desiatich rokov?**

Verím, že sa zmení podoba spolupráce vedeckých centier ako PROMATECH s firmami. Nedarí sa nám to v takej intenzite, ako by sme chceli. Na podporu transferu technológií a stykov medzi akademickými inštitúciami a firmami sme organizovali

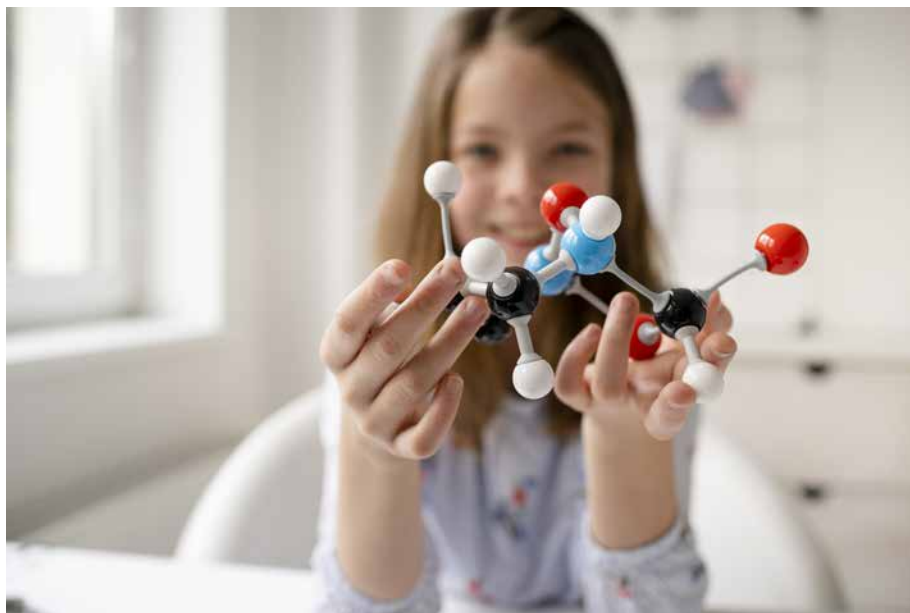


aj Trans tech burzu v Bratislave. No ohlas nie je zďaleka ideálny. Domnievam sa, že príčinou je to, že priemysel na Slovensku je často v rukách zahraničných firiem, ktoré majú výskum umiestnený v iných častiach sveta.

V základnom výskume sa nám darí držať sa svetových trendov. Publikujeme a máme na naše práce veľa ohlasov aj citácií. Máme dobré projekty, medzinárodnú spoluprácu a vychovávame šikovných doktorandov. No rád by som viac spolupracoval s menšími slovenskými firmami. Verím, že to príde. Pokiaľ ide o aplikačné aktivity, zatiaľ je na tom najlepšie skupina na Ústave materiálov a mechaniky strojov SAV či Inovačné centrum INOVAL v Žiari nad Hronom, ktoré sa venuje najmä hľadaniu inovatívnych možností v oblasti spracovania hliníka. Kolegovia sú vybavení tak, aby zvládli celý proces vývoja hliníkových súčiastok, prípravy prototypov až po ich charakterizáciu.

### A vývoj z hľadiska nových materiálov? Odhalíme ďalší rozmer?

Zatiaľ sme nenarazili na limity, a ako povedal fyzik Richard Feynman: „There is plenty of room in the bottom.“ (Tam dole je ešte veľa priestoru.) Myslím si však, že nám zatiaľ stačí manipulovať s atómami, veď aj tým sa nám otvára obrovský priestor. Ďalej dovnútra atómov hádam zatiaľ netreba ísť. Aspoň nie nám materiálovým vedcom. Na to sú jadroví fyzici.



An aerial, top-down view of a dense crowd of people at what appears to be a festival or outdoor event. The people are packed closely together, and many are wearing bright, colorful clothing. Some individuals are holding up their phones, likely taking photos or videos. The overall atmosphere is one of a large-scale public gathering.

**Tatiana Kluvánková:**

***Sme na novej ceste a vieme,  
že pokračovať po starej je  
neudržateľné.***







**Prof. Mgr. Tatiana Kluvánková, PhD.**, študovala na Prírodovedeckej fakulte Univerzity Komenského v Bratislave a doktorát obhájila na Poľnohospodárskej univerzite v Nitre a vo švédскеj Uppsale. V súčasnosti vedie oddelenie Strategických environmentálnych analýz SLOVAKGLOBE, ktoré je spoločným pracoviskom Ústavu ekológie lesa Slovenskej akadémie vied a Slovenskej technickej univerzity v Bratislave. Vo výskume sa zaoberá manažmentom globálnej zmeny, predovšetkým zmenou správania s cieľom transformácie spoločnosti smerom k udržateľnosti a ochrane klímy. Je členkou predsedníctva International Society for Ecological Economics či Earth System Governance.

## Pri súčasnom životnom štýle potrebujeme 1,6 planéty. Žijeme si vysoko nad možnosťou. Ako sme sa dostali do takejto situácie?

Ako ekologická ekonómka odpovedám z pohľadu tejto vednej disciplíny: jednou z hlavných príčin je nárast populácie. Za posledných dvesto rokov je kvadraticky a mení naše pôsobenie na planéte. Pred priemyselnou revolúciou platilo, že zdroje plus ekonomická činnosť rovná sa výrobok a odpad. Asimilačná kapacita prírodných zdrojov túto rovnicu dokázala zvládnuť, pretože počet obyvateľov bol nižší. Nárast populácie však spôsobil výrazné preťaženie planéty. To však nie je všetko. Samotný koncept, podľa ktorého neobmedzene využívame zdroje a potom ich vraciame späť vo forme odpadov, odporuje základným termodynamickým zákonom.

## Fyzikálnym zákonom?

Termodynamické zákony sú základné zákony energetiky Zeme a platia aj pre ľudské systémy. Prvý o zachovaní energie hovorí, že zdroje, ktoré berieme z prírody, majú daný energetický potenciál a ten ich čerpaním klesá. Druhý hovorí, že ak berieme z prírody energeticky hodnotné komponenty a vrátime ich ako odpady v podobe vyššej entropie, v systéme sa zvyšuje miera neusporiadanosti a znižuje sa energetická hodnota zdrojov. Tieto zákony do ekonómie už roku 1971 zaviedol matematik Nicholas Georgescu-Roegen, jeden zo zakladateľov ekologickej ekonómie.

Nadviazal na neho Garrett Hardin, ktorý sformuloval teóriu tragedy of the commons (tragédia spoločnej pastviny), ktorú prinieslo súkromné vlastníctvo. Náorne si ju môžeme vysvetliť na príklade pastierov, ktorí kedysi pásli dobytok na





spoločných pasienkoch a vedeli sa dohodnúť. S rastúcim počtom pastierov a dobytka však rástol konflikt a dochádzalo k znehodnoteniu spoločných pasienkov nadmerným pasením. Súkromný majetok znehodnotil verejný majetok. Podstata tragédie spoločnej pastviny znamená, že nárast populácie vedie k zvyšovaniu konkurencieschopnosti pri využívaní prírodných zdrojov, čím redukuje ich kvalitu a kvantitu.

**„Nie je možné zároveň mať celý koláč aj ho jesť. Ak nemá ľudstvo zničiť systémy podpory života na planéte, globálna ekonomika by sa mala spomaliť,“ píše v knihe *Degrowth* ekologický ekonóm Giorgos Kallis. *Degrowth*, teda nerast ako opak rastu, je jeden zo smerov, ktorými sa uberá diskusia. Je čas „nerásť“?**

V ekologickej ekonómii veríme, že od priemyselnej revolúcie ideme zlým smerom. Porušujeme fyzikálne zákony a spôsobujeme závažné dôsledky životnému prostrediu. Roegen, Hardin a Elinor Ostrom, prvá žena, ktorá dostala Nobelovu cenu za ekonómiu roku 2009, sa výrazne podpísali pod to, čo by sme dnes nazvali novým smerovaním ekonomiky, ktoré nerieši rast alebo nerast, ale prináša zmenu manažmentu. E. Ostrom ukázala, že je možné zdroje prírody, bez ohľadu na to, či sú spoločné, súkromné alebo verejné, dlhodobo užívať a zachovať ich asimilačné kapacity, ak sú nastavené pravidlá manažmentu aj práva a povinnosti užívateľov.

Spomeniem aj Hermana Dalyho, ktorý formuloval ekonomickú teóriu steady-state economy, podľa ktorej by sa vzťahy medzi ľudskými a prírodnými systémami vyrovnali, ak by sme rešpektovali limity prírody a zdroje nevracali späť úplne znehodnotené. A dostávame sa k základom cirkulárnej ekonomiky.

**Dokážeme zmenu od lineárnej ekonomiky k cirkulárnej uplatniť včas a vo všetkých oblastiach, aby sme skutočne ušetrili prírodné zdroje?**

Cirkulárna ekonomika zatiaľ predstavuje približne 7 % svetovej ekonomiky. Najlepšie sa uplatňuje v odpadovom hospodárstve, resp. vo sférach, kde vzniká veľa odpadov. Umožňuje vytvoriť nový ekonomický sektor postavený na princípe znovupoužitia, recyklácie a znižovania tvorby odpadov, a teda opätovného energetického zhodnotenia. Lineárne hospodárstvo, v ktorom vyťažené suroviny spotrebujeme a premeníme na odpad, nie je s nárastom populácie udržateľné. Množstvo odpadu, ktoré vytvárame, je enormné. Len na Slovensku je to vyše 1,2 kg na každého obyvateľa denne.

Uplatnením cirkulárnej ekonomiky s vhodnou politikou štátu smerom k obciam môžeme výrazne znížiť uhlíkovú stopu obcí a menších miest. Zároveň môžeme zabezpečiť ekonomickú činnosť vytváraním sociálnych podnikov, do ktorých





zapojíme aj znevýhodnených občanov. Prepojenie sociálnych podnikov s princípom inteligentných komunít a inováciami je veľmi perspektívne.

### Sedem percent nie je veľa.

Sme na novej ceste a vieme, že pokračovať po starej je neudržateľné. Dôležité je zapojiť do premeny hospodárstva ďalšie sektory, čo je ambíciou Európskej únie. Agenda 2030 počíta s tromi základnými prístupmi – znovupoužitie, redukcia odpadov spolu so znížením tlaku na prírodné zdroje a recyklácia v každom sektore výroby aj služieb.

**Európska únia pri obnove hospodárstva po pandémie vsádza aj na inovácie. Niektorí ekonómovia vidia v „zelených inováciách“ cestu, ako udržať aj rast. Oxfordský ekonóm Wilfred Beckerman v knihe *Na obranu hospodárskeho rastu* píše, že tí, ktorí tvrdia, že rast narazil na limity, „výrazne podceňujú kapacitu technológií a trhu zabezpečiť nám čistejší a planétu menej zatažujúci hospodársky rast“. Aký je váš názor?**

Snáď každý si už uvedomuje, že pandémia prináša mnoho zmien. Na Zemi nebude niekoľko miliónov ľudí a ostatní sa budú ešte dlho báť sociálnych kontaktov. Budeme viac pracovať na diaľku. Zmení sa spôsob dopravy a snáď aj školstvo a zdravotníctvo, v ktorých, verím, dôjde k zlepšeniu pracovných podmienok na jednej strane a ku skvalitneniu poskytovaných služieb na druhej strane.

Prechod na nízkouhlíkovú ekonomiku vo väzbe na pandémiu je veľmi dobre načosovaný. Plán je dobrý, motivačné nástroje existujú. To, čo nemá dostatočnú podporu a pozornosť, sú silné inteligentné komunity. Keď hovoríme o regiónoch, ktoré

potrebujeme rozvinúť, hovoríme len o tom, koľko tam pošleme peňazí, nie akým spôsobom podporíme rozvoj tamojších inteligentných komunít, aby boli so svojimi riešeniami udržateľné a dokázali spolupracovať.

### **Oblasť spoločenských inovácií a inteligentných komunít je vaša výskumná oblasť. Ako môžu komunity prispieť k udržateľnému životu a hospodárstvu?**

Súčasná pandémia je len ukážka, čo nás čaká, keď nezmeníme kurz. Potrebujeme reštrukturalizovať ekonomiku a rekonfigurovať správanie spoločnosti. V konečnom dôsledku to obmedzí rast, ale neobmedzený rast neexistuje. Všetko na svete je obmedzené. Aj ľudský život má limity. Tak ako nemôžeme žiť večne, tak nemôžu neobmedzene rásť príjmy vybraných jednotlivcov. Musíme si vybrať, či chceme blahobyt pre niekoľko desiatok ľudí alebo kvalitné prostredie pre život na Zemi.

Reštrukturalizácia a rekonfigurácia nie sú možné bez zmeny hodnotových systémov – zmeníme spôsob dopravy, budeme sa menej presúvať, zmeníme motory v závislosti od druhu a kvantity spotreby. V odpadovom hospodárstve prinesú princípy znovupoužitia, redukcie a recyklácie zaujímavé príležitosti. Kľúčom k zmene sú však silné inteligentné komunity, ktoré prepájajú vedomosti a lokálnu znalosť s technológiami. Dokážu prichádzať s vlastnými nápismi a úspešne ich pretaviť do aktivity. Vtedy potrebujú externú pomoc, ktorá im pomôže aktivitu rozvinúť, stabilizovať a prípadne preniesť skúsenosť do inej lokality. Mechanizmus spoločenských inovácií je funkčný. Overili sme to empiricky.





### Môžete uviesť príklad?

Venujeme sa potenciálu uhlíkového lesníctva. Na Slovensku máme silné lesnícke komunity, ktoré spájajú lesníkov a lokálnych obyvateľov. Lesníctvo je v recesii, malí lokálni hráči nedokážu konkurovať veľkým dodávateľom. Riešením je prechod na multifunkčné lesníctvo, v ktorom les plní viacero funkcií, neslúži len na ťažbu dreva, ale aj na rekreáciu či na znižovanie CO<sub>2</sub> v atmosfére. So zmenou manažmentu zostáva v lese čo najviac biomasy, neodkrýva sa plocha na veľkej časti, nenastáva vysušovanie pôdy, les naďalej pohlcuje uhlík a produkuje kyslík a plní prirodzené ekosystémové služby prírody.

### To však nezabezpečí konkurencieschopnosť malým hráčom, ak má väčšinu lesov v rukách veľký vlastník, v našom prípade štát...

Samozrejme, nie všetci vlastníci prejdú na multifunkčné lesníctvo. Štátne lesy sa orientujú na ťažbu nie preto, že by v nich nepracovali odborníci so vzťahom k miestu, ale preto, lebo majú politické a ekonomické zadanie, ktoré plní vybraný manažment.

Lesníctvo je len príklad, že môžu fungovať inteligentné komunity. Podobne sa môžu presadiť v oblasti starostlivosti o seniorov, v ekologickom farmárstve či v poľnohospodárstve, pri revitalizácii územia po priemyselnej činnosti, napríklad po baníctve. Dôležité je, aby sa to dialo spolu s rekonfiguráciou, teda so zmenou správania.

Ak chcú ľudia zlepšiť kvalitu života, nepotrebujú dohľad štátu. Prostredníctvom spolupráce na báze komunit vieme riešiť aj globálne problémy, zvykáme si na dištančný spôsob života a komunity môžu byť previazané aj virtuálne. Dôvera na základe pozitívnych skúseností vzniká aj na diaľku.

## Obávam sa, či od komunit neočakávame veľa a neodvádzame pozornosť od nevyhnutnosti regulácie veľkých hráčov.

Problém globálnych ekonomických hráčov je, že sú mobilní a dokážu sa so svojím kapitálom presúvať tam, kde najviac zarobia. Keď prestanú zarábať, presunú sa inam. Toto správanie narúša princíp komunit, no v súčasnom modeli ho nevieme regulovať, pretože okrem kapitálu majú najväčší hráči v rukách aj politický vplyv.

Globálne rozhodovanie dnes, žiaľ, nie je plne v rukách politikov. Na rozloženie síl sa nedá odpovedať ekologickou ekonómiou ani udržateľnou ekonómiou. Limitovať veľkých hráčov dokážeme len tým, že bude fungovať čoraz viac komunit, ktoré nebudú závislé od finančných stimulov a investícií globálnych investorov. Potrebujeme vytvoriť rovnováhu medzi globálnymi a komunitnými hráčmi.

## A spoločenstvá štátov, ako je Európska únia? Ak pravidlá platia naprieč kontinentom, ktorý zostáva jednotný, nie je to cesta vyvažovať globálnych ekonomických hráčov?

Európska únia sa usiluje byť jedným z globálnych hráčov. Vnútorne uplatňuje princíp subsidiarity a spravodlivosti, väčšina rozhodnutí sa deje participatívnym spôsobom a krajiny sa dokázali dohodnúť na viacerých úspešných smerniciach. Progressívnou je napríklad Rámcová smernica o vodách, ktorá zaväzuje krajiny vrátiť riekam dobrý stav, alebo aktuálne stratégie bezuhlíkovej ekonomiky do roku 2050. Obe zahŕňajú reštrukturalizáciu aj rekonfiguráciu a prednosť pred sektoriálnym dostáva integrovaný prístup k vodám či k ochrane klímy. Znamená to, že nielen sektor ochrany prírody, ale všetky sektory hospodárstva sledujú daný cieľ a prijímajú nevyhnutné kroky na jeho dosiahnutie.

Významný prínos Európskej únie však spočíva aj v tom, že posilňuje cezhraničné regióny. Práve tie patria v Európe medzi najslabšie rozvinuté a silné komunity v nich majú potenciál preniesť skúsenosť naprieč krajinami. Aj my teraz realizujeme projekt zameraný na cezhraničné komunity.

## Čo je jeho cieľom?

Ide o oblasť adaptácie na klimatické zmeny v česko-slovenskom pohraničí v oblasti Beskyd a Javorníkov. Toto územie bývalo bohaté na zrážky. Dnes vplyvom klimatickej zmeny zrážok ubúda a vzniká konflikt o vodu. Lesníci ju potrebujú zadržiavať v lese, pretože ten vysychá. Ale vodu potrebuje aj cestovný ruch, pretože región má tradíciu v kúpeľníctve a počas zimy je atraktívny pre lyžiarov. Každý sektor potrebuje vodu a z hľadiska trvalej udržateľnosti týchto činností v regióne je nevyhnutné, aby sa lokálne komunity dohodli. Inteligentné komunity dokážu niektoré





svoje očakávania korigovať a ustúpiť od čisto individuálnych záujmov v prospech spoločných. Dohoda pritom môže mať rôzne podoby – jedna strana, ktorá získa prevahu, môže kompenzovať ostatných, ktorí ustúpili, alebo môžu komplementárne spolupracovať a dopĺňať sa, napríklad cestovný ruch bude používať vodu, ktorú vyčistí a poskytne poľnohospodárstvu na zavlažovanie.

Pre Slovensko je podpora cezhraničných regiónov a komunít zvlášť prínosná, pretože dlhodobo nie sú konkurencieschopné, no majú pritom nádhernú prírodu a prírodné zdroje a tento potenciál potrebujú rozvíjať.

**Na druhej strane obhajcovia súčasného ekonomického modelu hovoria, že bez trvalého rastu krajiny nedokážu udržať sociálne systémy a služby. Kontrujú im však organizácie, ktoré upozorňujú, že ich udržateľnosti by pomohlo spravodlivejšie rozdeľovať bohatstvo. Podľa správy Oxfam International vlastní 26 najbohatších ľudí toľko, čo polovica populácie, a trend sa zhoršuje.**

Nemali by sme sa dať zastrašiť rečami, že prídeme o systémy sociálneho zabezpečenia. Ak nebude naším cieľom rast HDP a nebudeme pracovať na raste zisku transnacionálnych korporácií, budeme mať pravdepodobne viac času na seba, rodinu a viac priestoru sústreďovať sa na zlepšovanie kvality života na lokálnej úrovni.

Laureát Nobelovej ceny Paul Krugman (2008) konštatoval, že „globalizácia, hoci je prospešná pre ľudstvo, pretože znižuje vzdialenosti a umožňuje medzinárodný obchod, zároveň vytvára a prehĺbuje regionálne nerovnosti“. Využitie matematiky v ekonomike bolo podľa neho chybou, pretože matematika je „pani veda“, ktorá má zostať nezávislou a nemá byť použitá na interpretácie, ktoré nám vyhovujú.



## **Nemal by byť postoj k rastu hospodárstiev rozdielny naprieč svetom? Chudobné krajiny majú právo rásť a dosahovať porovnateľnú životnú úroveň ako rozvinuté krajiny.**

Medzi ekonomickou výkonnosťou krajiny a kvalitou života nie je znamienko rovná sa. Naopak, rozdiel môže byť obrovský. Určite nepotrebujeme takú masívnu individuálnu spotrebu, akú vidno v bohatých krajinách. Zmena správania je nevyhnutná rovnako ako reštrukturalizácia priemyslu a socioekonomickej činnosti smerom k cirkulárnej ekonomike. To na jednej strane zníži spotrebu a utlmí niektoré oblasti, no na druhej strane prinesie nové príležitosti, prácu a vyššiu kvalitu života. A to je cieľ, ktorý máme spoločný naprieč krajinami.

## **Zmráka sa nad meraním úspešnosti krajiny prostredníctvom HDP? Robert Kennedy už roku 1968 povedal, že tento ukazovateľ „meria všetko okrem toho, čo robí život užitočným“. A vymenoval príklady: hrubý národný produkt počíta s reklamou na cigarety, s napalmom či jadrovými hlavicami, no nemeria kvalitu vzdelávania a zdravie detí, krásu umenia ani inteligenciu verejnej debaty...**

HDP má ako indikátor výkonnosti svoje limity. Nezhľadňuje vplyvy na životné prostredie, neplatenú prácu v domácnosti, nepovie nič o kvalite života, chudobe ani o šťastí, ale má dlhú tradíciu a umožňuje porovnanie medzi krajinami. Zmeniť ho by si vyžadovalo zmeniť štatistický systém na celom svete. Je to podobné, ako keby ste chceli v krajine, kde sa jazdí vľavo, zrazu jazdiť vpravo. Na jeden deň by ste museli kompletne zastaviť dopravu, premaľovať označenie v celej krajine a následným nehodám a obetiam by ste sa aj tak nevyhli.

Ľudia menia zaužívané správanie len veľmi ťažko. Urobia to vtedy, keď zmena prinesie do ich života väčšiu kvalitu, alebo vtedy, keď majú strach. Domnievam sa, že cesta, ktorou by sme sa mali vydať, je ponechať HDP, no doplniť ho o ďalšie položky, ktoré by zahrnuli náklady na našu nečinnosť a negatívne vplyvy na životné prostredie.

## **Je jedným zo spôsobov započítanie externalít do cien? V jednom rozhovore ste povedali, že ak by sme ich zaratúvali do reálnych cien, prekvapilo by nás, že zmena je výhodnejšia.**

Externality existujú, sú to vedľajšie efekty ekonomickej činnosti, ktoré nie sú zohľadnené v cene, ale reálne za ne platíme všetci práve zhoršením životného prostredia. Pri vypestovaní plodín konvenčným spôsobom by cena mala odrážať náklady na revitalizáciu pôdy či na vyčistenie územia od hnojív a pesticídov. Do lesnej činnosti by sa zasa mali zaratúvať náklady na obnovu lesa, revitalizáciu pôdy zničenej eróziou či výstavbou ciest. Tu je priestor pre štáty, ony musia konať. A súbežne

musia podporovať komunity vo fáze, keď realizujú funkčný nápad, ktorý menej zaťažuje prostredie a zlepšuje kvalitu života v lokalite.

Klimatická zmena a naša nečinnosť nás už teraz stoja 5 % svetového HDP. Okrem obrovských vplyvov na ekonomiku spôsobujú aj prírodné katastrofy, sucha, neúroda, škody na majetku a ľudskom zdraví. Diskutujeme o znižovaní životnej úrovne, no čelíme alarmujúcim rizikám, ktoré vyplývajú z klimatickej zmeny a ktoré môžu život na Zemi spraviť neznesiteľným. Ak prekročíme limity prírodných systémov, návrat späť nebude možný.

**Spomenuli ste, že ľudia menia správanie vtedy, keď majú strach. Sme rodičia a od nášho postoja závisí, ako budú žiť naše deti. To nie je motivácia? Mladí ľudia po celom svete organizujú protesty Fridays for Future a prostredníctvom Gréty Thunberg nám odkazujú: „Sme na začiatku masového vymierania a vy rozprávate rozprávky o večnom ekonomickom raste. Ako sa opovažujete!“**

Hlas nastupujúcej generácie je významný faktor. O zmene klímy sa predtým, ako bola prijatá Parížska dohoda, diskutovalo dvadsať rokov na konferenciách na najvyššej úrovni, veda prináša dôkazy o jej dôsledkoch, no nič sa nedialo. Len za posledných dvesto rokov od priemyselnej revolúcie pritom stúpol objem CO<sub>2</sub> v atmosfére takmer o polovicu. A potom prišla Gréta Thunberg, hlas budúcej generácie, a jasne povedala, kto je na vine: toto je naša planéta, vy ste ju dostali do súčasného stavu a musíte to zmeniť, pretože my to takto nechceme. Vidíme aspekt rekonfigurácie správania – vytvárame svet, aký ho mladí ľudia, ktorí v ňom budú žiť, vôbec nechcú.





Ten hlas prišiel v správny čas, štáty súbežne prijali Parížsku dohodu a zaviazali sa k zmene, ktorá dnes hýbe politikou a ekonomikou.

**Niektoré zmeny sú však už dnes, nech urobíme čokoľvek, pravdepodobne neodvratné. Ako vidíte situáciu v priebehu desiatich rokov? Podarí sa nám zvrátiť trend?**

Približne pred desiatimi rokmi sme hodnotili ciele stratégie Európa 2020, napríklad dekarbonizovať ekonomiku či znižovať emisie skleníkových plynov. V stratégii EÚ pre biodiverzitu do roku 2020 sme chceli zastaviť stratu biodiverzity, obnovovať poškodené ekosystémy a zvyšovať udržateľnosť lesníctva či poľnohospodárstva. Aj dnes konštatujeme, že plnenie bolo len formálne a nevedlo k zlepšeniu ochrany prírody. Neinvestovali sme do rozvoja inteligentných komunít, do reštrukturalizácie a rekonfigurácie. Aktuálny plán obnovy kladie dôraz na zelenú obnovu, no ak sa opäť nepoučíme, nebudeme úspešní. Musíme si vyjasniť priority a otvorene si povedať, že čelíme kríze hodnôt. Nielen finančnej a nielen zdravotníckej kríze.

**To neznie optimisticky...**

Práve naopak, ja som optimista, pretože vždy máme na výber. A kým si budeme môcť vybrať aspoň z dvoch alternatív, dovedty verím, že sa človek dokáže zmobilizovať a zmeniť svoje správanie. Náš pôvodný model správania je kooperatívny. Z biologickej podstaty nie sme individualisti a naše ekonomické preferencie by mali odrážať naše hodnoty, v ktorých musíme mať jasno. To znamená, že nemôžem mať každý druhý rok nové auto a hovoriť, že podporujem organizácie, ktoré riešia dôsledky klimatickej zmeny. Nemôžem produkovať čoraz viac odpadov a nakupovať potraviny, ktoré zvyšujú moju uhlíkovú stopu. A tam, kde je vôľa po zmene na úrovni jednotlivca, je potom aj spoločenská vôľa po zmene.

**Silvia Pastoreková:**

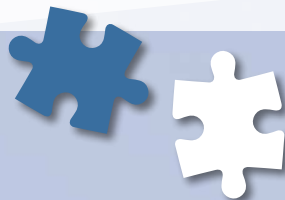
***Musíme klásť čoraz väčší dôraz  
na ľudskosť, pretože inak  
budeme v ohrození.***



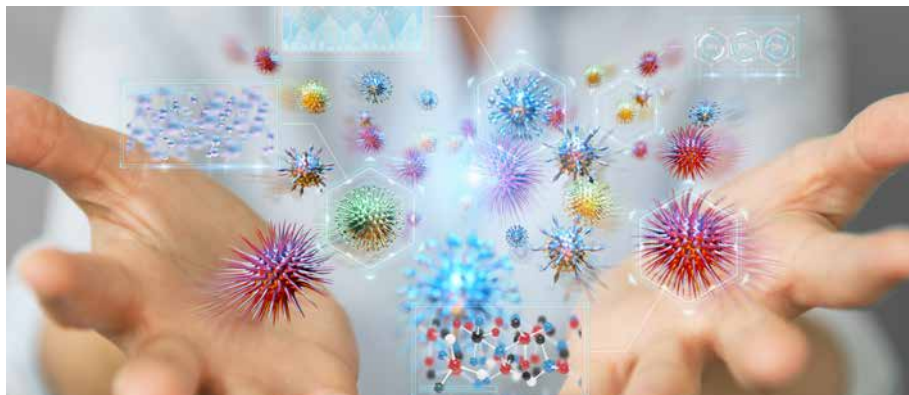




**Prof. RNDr. Silvia Pastoreková, DrSc.**, vyštudovala virológiu na Prírodovedeckej fakulte Univerzity Komenského v Bratislave. Venuje sa najmä výskumu nádorového mikroprostredia. Je riaditeľkou Bio-medicínskeho centra Slovenskej akadémie vied. Roku 2009 sa stala Slovenkou roka v kategórii Veda a vzdelávanie, roku 2006 získala Krištáľové krídlo v kategórii Medicína a veda. Roku 2020 jej bolo udelené štátne vyznamenanie za mimoriadne zásluhy o rozvoj v oblasti vedy – Rad Ľudovíta Štúra II. triedy.







**Spoluobjavili ste enzým karbonickej anhydrázy IX, ktorý prispieva k metastázovaniu rakovinových buniek a dnes je už vo svete známy ako marker CA IX (niekedy aj ako CA9), ktorý slúži na rozpoznanie rakovinových nádorov v skorých štádiách. To je významný úspech!**

Tento výskum bol veľkým dobrodružstvom. Spolu s manželom Jaromírom Pastorkom a s mojím tútorom Janom Závadom sme objavili dovtedy neznámy proteín, takže sme si počas jeho výskumu prešli mnohými disciplínami a metódami, ktorými musí vedec prejsť, keď chce lepšie porozumieť nádorovej bunke. Dnes v tomto výskume pokračuje už mladšia generácia a dobrodružstvo naďalej trvá.

Tak ako každý vedec túži nielen po poznaní, ale aj po tom, aby poznanie viedlo k praktickej aplikácii, mali sme aj my od začiatku víziu, že by tento proteín bol veľmi dobrým markerom na diagnostiku nádorov, čo je už dnes realitou. Vďaka našim výsledkom sa proteín CA IX diagnostikuje v nádorových tkanivách na mnohých klinikách a na základe neho sa rozhoduje o spôsobe liečby rakoviny.

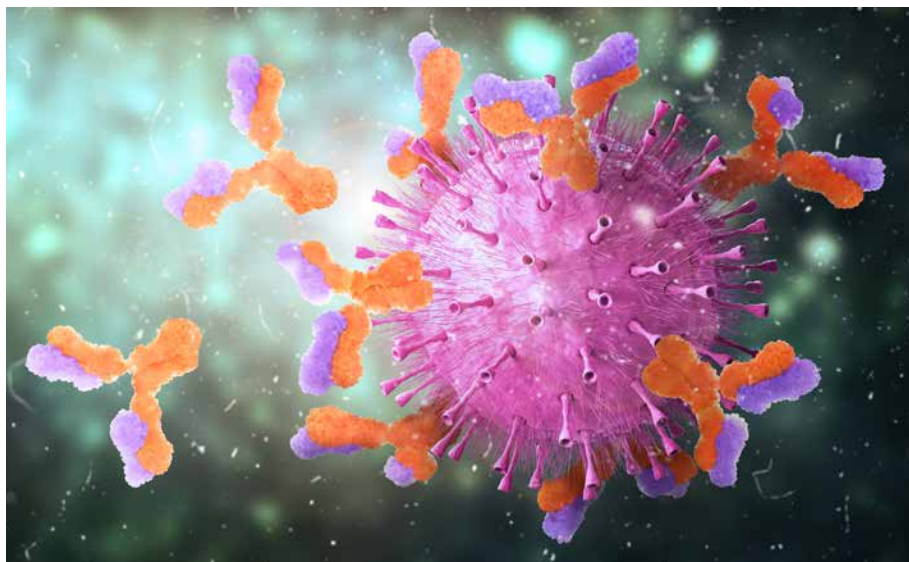
### **Na akom princípe funguje tento marker?**

Proteín CA IX sa tvorí v nádorových bunkách, ktoré sú nedostatočne zásobené kyslíkom v dôsledku nefunkčnej nádorovej cievnej siete. Preto sa označuje ako marker nádorovej hypoxie, ktorá je asociovaná so zlou prognózou rakoviny, rezistenciou na liečbu a s metastázovaním. Hypoxia vedie k zmene metabolizmu nádorových buniek a k vzniku kyslého prostredia, tzv. acidózy. Proteín CA IX pomáha nádorovým bunkám prispôbiť sa hypoxii a acidóze a prispieva k ich agresívnym vlastnostiam. Je lokalizovaný na povrchu nádorových buniek a dobre prístupný protilátkam. Môže sa teda využiť ako znak na odhalenie prítomnosti nádorových buniek, ale aj ako terč na ich terapeutický zásah.

## V Biomedicínskom centre SAV (BMC SAV) na tento objav dnes nadväzujú výskum možnej liečby rakoviny na báze CA IX. Ako sa vám darí?

Ak chceme dospieť k terapii, musíme neustále zlepšovať poznanie toho, prečo nádorová bunka tento proteín produkuje, čo sa stane, keď jeho syntézu zastavíme. Dnešná molekulárna biológia má veľa možností, ako vypnúť gén či stíšiť jeho expresiu. A teraz v oddelení nádorovej biológie Virologického ústavu BMC SAV zisťujeme, čo sa stane, keď tvorbu tohto proteínu zablokujeme, keď nádor pocíti, že už nemá bielkovinu CA IX, ktorá ho ochraňuje.

Druhý smer, ktorý rozvíjame, je možná terapia pomocou CA IX-špecifických protilátok. Ich úlohou je prilákať bunky imunitného systému, aby zaútočili proti nádorovému tkanivu, ktoré má na povrchu proteín CA IX. Vývoj terapie je veľmi náročný proces. Najprv sme pripravili tzv. monoklonové protilátky myšieho pôvodu, ktoré sú dostačujúce na experimentálne ciele. Na terapiu je však potrebné protilátky humanizovať, keďže myšacie protilátky sú ľudskému telu cudzie a vyvolávajú neželanú imunitnú reakciu organizmu. Preto sa z týchto protilátok vyberie len malý kúsok, ktorý je potrebný na rozpoznanie a väzbu na CA IX, a vloží sa do kostry ľudskej protilátky. Následne treba overiť funkčnosť protilátok a ich terapeutický potenciál. Na tomto výskume pracuje tím môjho manžela spolu s malou slovenskou firmou MABPRO. Smerovanie k terapii si vyžaduje značné investície a iný režim ako len akademický. V tejto oblasti je spolupráca s aplikačným sektorom nevyhnutná.



**Takže marker sa už používa v diagnostike, ale v terapii je pred vami ešte dlhá cesta...**

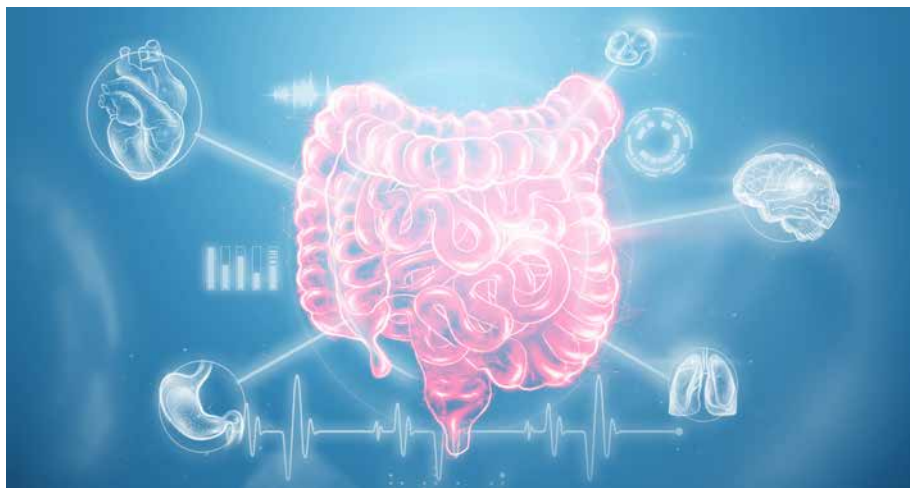
Vývoj terapie je podmienený nielen dostupnosťou technológií a vedomosťami či schopnosťami výskumníkov, ale najmä dostupnosťou finančných zdrojov, pretože ide o veľmi nákladný proces. Momentálne už máme humanizované protilátky špecifické proti dvom rôznym častiam proteínu CA IX a poznáme aj ich vlastnosti, ktoré ich predurčujú na terapeutické použitie. Aktuálne sa finalizuje predklinická fáza výskumu, prebiehajú rokovania s investormi a s Európskou liekovou agentúrou, ktoré sú predpokladom na klinické skúšky.

Biomedicínske aplikácie sú náročné a veľmi rizikové, pretože nikdy nemáte záruku, že to, čo vyvíjate, bude naozaj fungovať. Nádorová bunka charakterizuje jej veľká plasticosť, dokáže sa prispôbiť rôznym situáciám a má kompenzačné mechanizmy, ktoré môžu viesť k rezistencii na liečbu. Bez podstúpenia tohto rizika však nie je možné dosiahnuť žiadny pokrok.

**Hľadáme čoraz lepšie markery na diagnostiku, hovoríme o tom, že nádorová bunka je veľmi flexibilná, dokonca môže byť rezistentná na liečbu. Znamená to, že v prípade rakoviny je choroba vždy krok pred nami?**

Naďalej to do veľkej miery platí, no štatistiky ukazujú, že v porovnaní so situáciou v liečiteľnosti nádorov asi pred dvadsiatimi rokmi sme dosiahli veľký pokrok. Štatistiky sú však do istej miery zradné, pretože fungujú na veľkých súboroch a pozerajú sa na problém „zvrchu“. Vieme na ich základe povedať, že v liečbe rakoviny prsníka sa dosahuje lepšia úspešnosť než pred desaťročiami a percento pacientov, ktorých možno vyliečiť dnes dostupnými postupmi a liekmi, je vyššie. No konkrétnemu pacientovi, ktorý má rezistentný typ rakoviny, štatistika veľmi nepomôže. Pre niektoré typy rakoviny ešte stále neexistuje efektívna štandardná liečba. Dôvodom zlyhania liečby je často aj to, že pacienti prichádzajú na vyšetrenie neskoro. Boja sa ísť k lekárovi, aby im náhodou nezistil onkologické ochorenie. Potrebný je opačný prístup – prísť čím skôr, lebo vtedy je šanca na úspešnú liečbu najvyššia.

Vyskytujú sa aj také typy rakoviny, pri ktorých zaostávame v liečbe nielen za teoretickými, ale aj za reálnymi možnosťami, aké vidíme v iných krajinách. Napríklad na Slovensku je výskyt nádorov gastrointestinálneho traktu porovnateľný s Európou, no vykazujeme oveľa vyššiu úmrtnosť. Preto je potrebné čo najskôr zaviesť množstvo opatrení v oblasti prevencie, skríningu, diagnostiky, liečby, zlepšiť prístup k inovatívnym liekom a zefektívniť procesy starostlivosti o pacienta. Tieto ciele sú súčasťou Národného onkologického plánu.



Minulý rok v časopise *Nature* vedci informovali, že našli nový druh imunitnej T-bunky, ktorá dokáže zabíjať rakovinové bunky a ignorovať zdravé. Roku 2011 získali vedci Nobelovu cenu za objav dendritových buniek imunitného systému, ktoré aktivujú fázu imunitnej reakcie, keď sú mikroorganizmy vytesňované z tela, čo sa premieňa do vývoja terapeutických vakcín proti nádorom. Je využitie buniek imunitného systému aktuálna vetva výskumu?

Imunitný systém môže byť v boji proti rakovine veľmi účinným nástrojom. Vývoj terapeutických vakcín proti nádorovým neoantigénom je aktuálna téma. Ved' výrobca vakcíny proti covid-19 (spoločnosť Pfizer/BioNTech) minulý rok publikoval článok o protinádorovej vakcíne na báze mRNA. Oblasť mRNA vakcín v onkológii sa rozvíja už mnoho rokov a vkladajú sa do nej veľké nádeje, hoci ja som v týchto témach opatrný optimista. Uvedomujem si, že vždy, keď sa objaví niečo nové, vznikne obrovská nádej, že všetko bude perfektne fungovať, ale s rozširovaním poznatkov sa objavujú aj komplikácie súvisiace práve s plasticnosťou nádorových buniek. Veda postupuje prudko týmto smerom, no aplikácie sú zložité, treba uskutočniť klinické overovanie, ktoré má prísne pravidlá a vyžaduje vysoké náklady.

Hovorili sme o nutnosti včasnej a kvalitnej diagnostiky, o liečbe, ktorá je dôležitá, ale vysokonákladová, no tretím dôležitým pilierom je prevencia. Venujeme aj jej dostatočnú pozornosť vzhľadom na náklady a prínosy, ktoré môže priniesť?

Máte absolútnu pravdu, prevencia je účinnejšia ako liečba a menej nákladná. Ešte stále platia aj staré pravdy o tom, že veľkú časť nášho zdravia máme vo vlastných

rukách. Ide o to, ako sa správame, či sa dostatočne pohybujeme, čo jeme, ako vnímame svoje prostredie. Sami máme možnosť životným štýlom znížiť riziko vzniku rakoviny. V tejto oblasti sa zatiaľ nerobí dosť, nevidíme dostatočný celospoločenský tlak a ani objednávku – napríklad vo forme finančnej podpory projektov prevencie rakoviny.

**V BMC SAV sa venujete i prevencii, vaše Centrum pohybovej aktivity skúma pozitívne účinky fyzickej aktivity. Štúdiami ste zistili, že pravidelná pohybová aktivita znižuje riziko diabetu 2. typu a u pacientov vo včasných štádiách Alzheimerovej choroby dokonca zlepšuje niektoré funkcie pamäti. To je dobrý príklad potreby prevencie.**

V Biomedicínskom centre SAV sa naozaj snažíme výskumom pokrývať všetky tri oblasti – diagnostiku, liečbu i prevenciu. Na prevenciu sa sústreďuje Centrum pohybovej aktivity, ktorého výskumné tímy sledujú vplyv životného štýlu, výživy či pohybu na pacientov po liečbe rakoviny (terciárna prevencia), ale aj pacientov s neurodegeneratívnymi chorobami. Našou nosnou témou je obezita, ktorá komplikuje zdravotný stav pacientov pri rakovine, ale aj pri iných ochoreniach. Obezita môže negatívne ovplyvňovať i priebeh infekcií či spôsobovať závažné metabolické poruchy. Sme jediné pracovisko v SAV, ktoré má aj výskumnú kliniku. Tá sa zameriava práve na oblasť metabolizmu, výživy a obezity. V nej sa naši lekári venujú pacientom s obezitou. Téma obezity dominuje najmä v Ústave experimentálnej endokrinológie a v Ústave klinického a translačného výskumu BMC SAV.





**V BMC SAV skúmate i dosahy chemoterapie a rádioterapie na črevný mikrobióm so zdôvodnením, že práve stav črevných mikroorganizmov prispieva k vzniku a rozvoju kolorektálneho karcinómu. Vplyv črevných mikroorganizmov na imunitu a celkový zdravotný stav človeka je dnes progresívna téma. Dospejeme počas desiatich rokov k prekvapujúcim zisteniam?**

Črevný mikrobióm je obrovská téma. Pozornosť vedcov a lekárov sa sústreďuje nielen na to, ako zloženie stravy a rôzne choroby ovplyvňujú mikrobióm, ale aj na hľadanie spôsobov, ako ho používať v terapii formou transplantácie stolice. V čreve a celom gastrointestiálnom systéme sa nachádza veľká časť komponentov imunitného systému ľudského tela a prepojenie medzi mikrobiómom a imunitným systémom sa ukazuje ako kľúčový faktor na udržanie zdravia. No opäť do hry vstupuje viacero faktorov – vplyv výživy, genetiky, pohybu, imunity, mikroprostredia. Aj keď sa raz transplantácie mikrobiómu stanú bežnou praxou, jednoduchšia je vždy cesta prevencie a poznania, aký typ životosprávy a výživy je pre naše zdravie a stav mikrobiómu najlepší. V BMC SAV sa štúdium mikrobiómu rozvíja v Ústave experimentálnej onkológie, a to najmä v súvislosti s nádorovými ochoreniami.

**Nevyhýbate sa ani diskutovanému výskumu v oblasti kmeňových buniek, kde sa sústreďujete na regeneráciu neurónov. Prečo táto oblasť?**

Kolegovia z Neurobiologického ústavu v Košiciach sa usilujú porozumieť procesom regenerácie nervového systému a hľadajú možnosti využitia alebo stimulácie kmeňových buniek pri poškodení centrálného nervového systému alebo pri neurodegeneratívnych ochoreniach. Donedávna sa verilo, že možnosti, ako regenerovať nervový systém, sú veľmi obmedzené, ale výskum ukazuje, že to tak nie je, hoci cesta k praktickej aplikácii je ešte dlhá. Naši vedci sa podieľali na zaujímavej štúdii, ktorá bola výsledkom medzinárodnej spolupráce. V tomto prípade nešlo o terapiu pomocou kmeňových buniek, ale o využitie génovej terapie pri doteraz neliečiteľnej neurodegeneratívnej chorobe – amyotrofickej laterálnej skleróze (ALS). Pre biomedicínsky výskum je medzinárodná spolupráca veľmi vítaná, pretože umožňuje držať krok s technologickým pokrokom, pre ktorý u nás nie sú dostatočne dobré podmienky.

**Podpora vedy na Slovensku je silne diskutovaná téma. Hovorí sa o slabom financovaní a chýbajúcej stratégii. Kde sú korene problému? Môžeme ich hľadať v hodnotovom nastavení spoločnosti?**

Vystihli ste to, kľúčové je hodnotové nastavenie spoločnosti. Vždy, keď bolo na Slovensku nutné ubrať z rozpočtu, siahalo sa do oblastí ako zdravotníctvo, školstvo, kultúra či veda, kde škrtý nemajú okamžitý ekonomický vplyv, ale prejavia sa

neskôr v spoločenských aspektoch. Problémom je aj distribúcia finančných zdrojov, diskontinuita v podpore projektov či extrémna byrokratizácia celého systému podpory a reportovania výstupov vedy. Podpísať zmluvu na projekt z eurofondov trvá niekedy aj dva roky, no výskum zatiaľ pokračuje a vy už nepotrebuje to, čo ste plánovali, no zmeniť položky v rozpočte je veľmi komplikované.

Podpora z grantových agentúr APVV a VEGA je flexibilnejšia. Sú to jediné reálne zdroje, na ktoré sa vedci u nás môžu obrátiť a uchádzať sa o podporu projektov základného výskumu. V Česku je viacero typov agentúr na podporu vedy a výskumu a zo štrukturálnych fondov počas prvého programovacieho obdobia vybudovali vedeckú infraštruktúru a v nasledujúcich rokoch urobili národný program jej udržateľnosti.

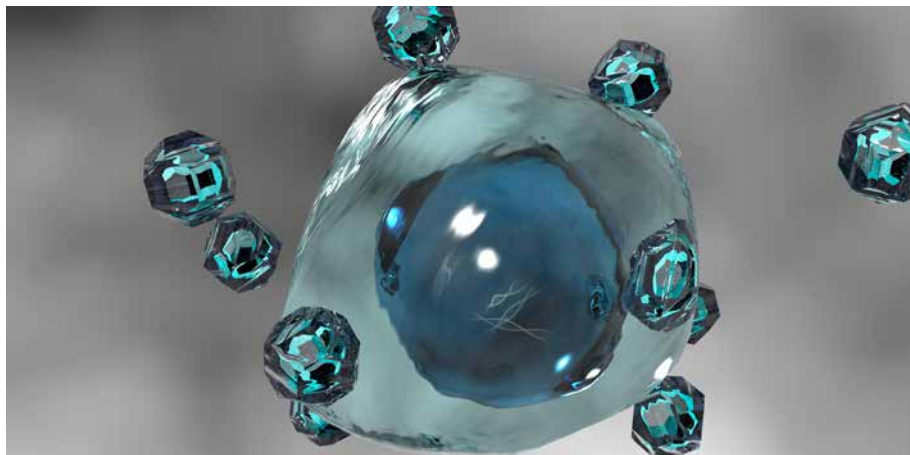
Ďalším problémom je roztrieštenosť a redundantnosť prístrojovej infraštruktúry, absencia koordinovaných prístupov k jej využívaniu a k modernizácii. Malá pozornosť sa venuje stabilizácii ľudských zdrojov. Internacionalizáciu, o ktorej čoraz častejšie hovoríme, nedosiahneme bez stabilizácie našich mladých ľudí a kvalitných domácich vedcov. Tvorivý prístup k vede a hľadanie zaujímavých tém a originálnych smerov výskumu je pritom to, v čom máme obrovský potenciál.

### Badat úsilie o zlepšenie?

Pevne verím, že postupne zlepšenie nastane. Nie všetky kroky pritom vyžadujú financie. Pomohol by nám i lepší prístup k dátam. Registre onkologických ochorení či zriedkavých chorôb neumožňujú vedcom s dátami pracovať tak, aby mohli lepšie analyzovať situáciu u nás a argumentovať, prečo sa venujú práve výskumu rakoviny pankreasu alebo chemoterapeutickej rezistencii. Pomohlo by hľadať riešenia problémov, ktoré trápia Slovensko – napríklad, prečo máme vysokú úmrtnosť na onkologické ochorenia, no rovnakú incidenciu ako Európa.

**Napriek ťažkostiam sa vám darí držať krok s aktuálnymi trendmi. Venujete sa aj výskumu v oblasti nanotechnológií, pričom sa pozeráte na „obe strany mince“. Na jednej strane je veľký potenciál, ktorý sa v medicíne spája s možnosťami nanočastíc dopraviť liečivo „na miesto určenia“, na druhej strane stoja riziká s tým spojené. Ako vnímate túto oblasť z pohľadu prínosov a rizík?**

Som rada, že máme možnosť pozrieť sa na obidve strany mince. Prínos nanočastíc v liečbe je oblasť, ktorá sa prudko rozvíja. Spolupracujeme s Centrom pre pokročilé materiály a s ďalšími nebiologickými ústavmi SAV a zameriavame sa na protinádorovú terapiu nasmerovanú pomocou nanonosičov. Skúmame, aký typ nanočastíc s akými väzbami dosahuje najväčšiu efektívnosť pôsobenia proti nádorovej bunke. Pri vývoji nanočastíc je však dôležité vnímať aj riziká, pretože nanočastice



sa kumulujú v ľudskom tele a aj v prírode. Obidva tieto smery sú na dobrej úrovni a sú podporené aj zahraničnými projektmi. V nanotoxikológii hodnotíme účinky nanočastíc na endokrinný, reprodukčný a imunitný systém.

**Hovoríme o rizikách z kumulácie nanočastíc, no možno nie sme ďaleko od toho, keď okrem nanočastíc budú v našich telách cirkulovať aj syntetické bunky. Massachusettský technologický inštitút oznámil, že vytvoril prvú syntetickú bunku (JCVI-syn3.0) s tým, že „raz budú vnútri našich tiel syntetické bunky monitorovať náš zdravotný stav a v prípade potreby začnú lieču...“.**

Zdá sa to ako sci-fi, no vývoj je veľmi rýchly. Veda poskytuje obrovskú paletu možností, ale vždy by sme mali myslieť na to, čo výskum ľudskej populácii prinesie. Napriek tomu, že používame špecifické a zložité technológie, mali by sme myslieť na bazálne princípy života, na prostredie, v ktorom žijeme, a dbať na zachovanie života na Zemi a na dosahy na životné prostredie. V Biomedicínskom centre SAV napríklad teraz otvárame tému zeleného laboratória, pretože biomedicínsky výskum je náročný na spotrebu plastov a rôznych chemikálií, a to je téma, ktorá vo svete aktuálne veľmi rezonuje.

**V jednom rozhovore ste spomenuli, že v celosvetovom kontexte rezonujú koncepty ako spomalenie vedy, zlepšenie kvality, reprodukovateľnosti a udržateľnosti výskumu. Čo to znamená?**

Ide o ďalšiu veľkú tému, ktorá sa týka hodnotenia vedy. Metrika, ktorá sa dnes uplatňuje, má dva efekty – na jednej strane je to efekt motivačný, keď sa vedci snažia publikovať výsledky v čo najlepších časopisoch, no na druhej strane je negatívny a vyvoláva tzv. krájanie salámy, keď sa snažia rozdeliť výskum na čo najviac článkov,

aby mohli uviesť čo najviac autorov a študentov. To vedie k fragmentácii a upúšťaniu od nárokov na komplexnosť štúdie.

V Biomedicínskom centre SAV je pre nás napriek tlaku na bibliometrické parametre prioritou kvalita. Naša stratégia je publikovať najmä také vedecké práce, ktoré vznikajú u nás na Slovensku, s naším originálnym príspevkom a zachovaním našej identity. Zároveň si veľmi ceníme i práce, ktoré vznikli v spolupráci so zahraničnými pracoviskami.

Spomalenie vedy vnímame aj z hľadiska úsilia ísť do hĺbky, nie iba po povrchu vedeckých problémov. Naším cieľom je publikovať čo najhodnotnejšie poznatky. Sme presvedčení o tom, že toto je udržateľný spôsob, ktorý dokáže motivovať aj mladú generáciu, aby zachovávala princípy kvalitného a etického výskumu.

**Z laického pohľadu vnímam spomalenie vedy aj vo význame vnímania možných dôsledkov už vo včasnom štádiu, čo je iste náročnejšie so vstupom komerčného aspektu do vedy. Príklad. Keď v dvadsiatych rokoch minulého storočia objavil Alexander Fleming penicilín, bol to prevratný objav, no predaj antibiotík a ich nadspotreba spôsobili, že čelíme problému rezistencie na antibiotiká.**

Honba za scientometrickými parametrami a rýchlym úspechom je Pandorina skrinka, s ktorou sa otvára problém reprodukovateľnosti výsledkov výskumu. Aktuálny trend je mať čo najskôr čo najviac publikácií a citácií. To spôsobuje, že spoľahlivosť výsledkov je nižšia, výsledky sa dostatočne dôkladne neoverujú, negatívne výsledky sa často vôbec nespomenú a nepublikujú. Vo vedeckej komunite je táto téma veľmi horúca a ťažká a my ju vnímame ako mimoriadne dôležitú, pretože nám záleží na tom, aby bola zachovaná reprodukovateľnosť našich výsledkov.

### **Kde ju intenzívne vnímate?**

Vedci vo výskume napríklad používajú rôzne komerčne dostupné protilátky na detekciu proteínov, automaticky sa spoliehajú na to, že budú správne fungovať, a neoverujú ich. Pritom sa nezriedka stáva, že protilátka vôbec nereaguje s proteínom, ktorý má rozpoznať, alebo sa viaže aj na iný, nesprávny proteín. Čoraz častejšie sa objavujú práce, ktoré upozorňujú na tento problém reagencií. Aj my teraz jednu pripravujeme. Rôzni výrobcovia totiž ponúkajú množstvo protilátok proti CA IX, no len malá časť z nich tento proteín naozaj špecificky rozpoznáva a zároveň nevykazuje falošnú reaktivitu. Do štúdia klinických vzoriek to vnáša množstvo nepresností, čo negatívne ovplyvňuje vyhodnotenie diagnostického významu markera CA IX.

Téma rýchlej vedy je téma nielen povrchnej vedy, ale aj téma reprodukovateľnosti výsledkov. Naš život sa zrýchľuje a tlak na výkonnosť sa zvyšuje, no treba

sa tomu postaviť čelom a povedať, že možno budeme tratiť body v metrických hodnoteniach, no chceme ako inštitúcia robiť vedu, ktorá je založená na dôkladnom výskume do hĺbky mechanizmov, na reprodukovateľnosti výsledkov a na ich spoľahlivejšom dosahu na poznanie. V diskusiách o rýchlej vede sa hovorí o nutnosti klásť dôraz na excelentný výskum so silným dôrazom na poznanie a spoločnosť. Aj preto je BMC SAV súčasťou konzorcia Alliance for Life – dvanástich inštitúcií z východnej a strednej Európy pôsobiacich v oblasti živých vied –, ktorého cieľom je zlepšiť manažment vedy a výskumu smerom k excelentnosti a spoločenskej prospešnosti.

**Súčasťou BMC SAV je i Virologický ústav, ktorý sa okrem iného venuje výskumu zoonóz. „Žijeme v období, keď klimatické a ďalšie globálne zmeny výrazne napomáhajú šírenie vírusov,“ píše na stránke a ako príklad uvádza zásahy do pralesov či zvýšenú migráciu, čo spôsobuje riziko šírenia vírusov na nové územia. Práve to posledné prežíva na vlastnej koži celý svet. Akým typom zoonóz sa venujete?**

Ide napríklad o hantavírusy, ktoré sa na našom území hojne vyskytujú, spôsobujú infekcie a predstavujú epidemiologický problém. Hantavírusy sa na človeka prenášajú z hlodavcov a môžu spôsobovať aj vážne ochorenia systémového charakteru, takže je dôležité poznať, kde sa vyskytujú, aká je ich variabilita, akým spôsobom dochádza k ich evolúcii v rezervoárových organizmoch a akým spôsobom sa prenášajú na iného hostiteľa. Tím oddelenia ekológie vírusov má skúsenosti, ktoré sme v terajšom pandemickom období dokonale zúročili. Zapojili sme sa do testovania, získali sme rôzne izoláty vírusu SARS-CoV-2, realizovali sme pilotné projekty testovania na školách či na hromadných podujatiach. Aktuálne sekvenujeme a monitorujeme vírusové varianty a realizujeme séroepidemiologickú štúdiu, v ktorej sledujeme protilátkovú odpoveď na vakcináciu a infekciu.

Základný výskum zoonóz nás pripravil na pandémiu do takej miery, že sme boli schopní okamžite reagovať na potreby spoločnosti, a to je ukážka, ako môže dlhoročný výskum fenoménu, ktorý sa verejnosti zdá byť okrajový, zrazu prinášať okamžité praktické benefity. Z tohto hľadiska vnímam pandémiu ako príležitosť ukázať, že je dôležitá vedecký výskum dlhodobo podporovať, lebo môže byť v istom momente pre spoločnosť kľúčový.

**Vidíte „červené čiary“ vo virologickom výskume? Sú takými pre niektorých odborníkov genetické modifikácie vírusov (tzv. gain on function research) s cieľom zvýšiť ich patogénnosť či typ hostiteľa?**

Aj tento výskum má limity v rámci etiky, no ak ide o modifikácie vírusových sekvenčí v zmysle vývoja vakcín, ktoré by boli účinnejšie proti novým variantom vírusu, to



považujem za prínosné. Modifikácie vírusu, ktoré majú len akademický charakter, môžu byť zaujímavé a dôležité, pretože nám môžu ukázať, kde máme slabiny v boji s prípadnou pandémiou.

Na elimináciu prípadných rizík výskumu je mimoriadne dôležité dbať na silnú integritu vedeckej osobnosti. To je zásadná vlastnosť vedca, ktorú treba podporovať aj v mladej generácii vedcov.

**Spomínali ste, že sa v centre venujete aj génovým manipuláciám a génovej terapii. Aj tu ide vývoj dopredu míľovými krokmi. Pred dvomi rokmi sa v Číne narodili prvé GM deti – dvojčičky Nana a Lulu. Motivácia sa zdá na prvý pohľad dobrá, otec bol HIV pozitívny a genetická modifikácia mala spočívať v úprave génu tak, aby boli dievčatá imúnne proti HIV. Pamätáte si na tú správu?**

Práve v tomto konkrétnom prípade zvíťazila snaha zviditeľniť sa. Ukazuje sa, že eticky aj technicky došlo k viacerým závažným pochybeniam pri genetickej editácii zárodočných buniek. Pre mňa je frustrujúce vedomie, že medzi vedcami sú ľudia, ktorí bezohľadne porušujú základné etické princípy. Hovorili sme o tom, že nás dnešný svet tlačí do snahy o úspech. Proti takýmto „reality show výskumom“ treba bojovať výchovou a nastavením jasných pravidiel.

### **Ako vidíte budúci vývoj v tejto oblasti?**

Pokiaľ ide o opravy monogénových porúch, pri ktorých naozaj dochádza k poruche na jednom géne, a vieme, že daný gén ohrozuje život človeka, vnímam možnosti, ktoré nám dáva výskum, pozitívne. Presne to sa deje napríklad v prípade amyotrofickej laterálnej sklerózy, pri ktorej je konkrétne miesto poškodenia známe a jeho korekcia pomocou génovej terapie už bola schválená príslušnými autoritami.





Určite je v tejto oblasti veľa etických otázok a rizík. V medicíne sa momentálne uplatňuje princíp väčšieho benefitu než rizika. Som však presvedčená o tom, že tento smer sa bude rozvíjať, pretože ľudia budú túžiť po tom, aby dokázali zachrániť život svojmu dieťaťu či ovplyvniť svoju chorobu a žiť kvalitne. Limity však budú a musia byť. Šancu na záchranu života nemôžeme porovnávať napríklad s požiadavkou vybrať si pohlavie či farbu očí dieťaťa.

**Ako vidíte vývoj medicíny s využitím technologických možností, o ktorých sme hovorili a ktoré sa nám ponúkajú, v horizonte desiatich rokov? Bude tam niekde ešte priestor na osobnú zodpovednosť?**

Verím, že napriek technológiám bude mať osobná zodpovednosť človeka a prístup lekára čoraz väčší priestor, že technológie budú slúžiť na to, aby mal lekár viac času porozprávať sa s pacientom a zväziť jeho liečbu, že bude mať v počítači dostupné kvalitnejšie nástroje a informácie, ktoré mu umožnia lepšie nastaviť liečbu a zohľadniť v nej dôkladnejšie aj individuálne aspekty, ktoré sa v bežných dátach nedajú zachytiť.

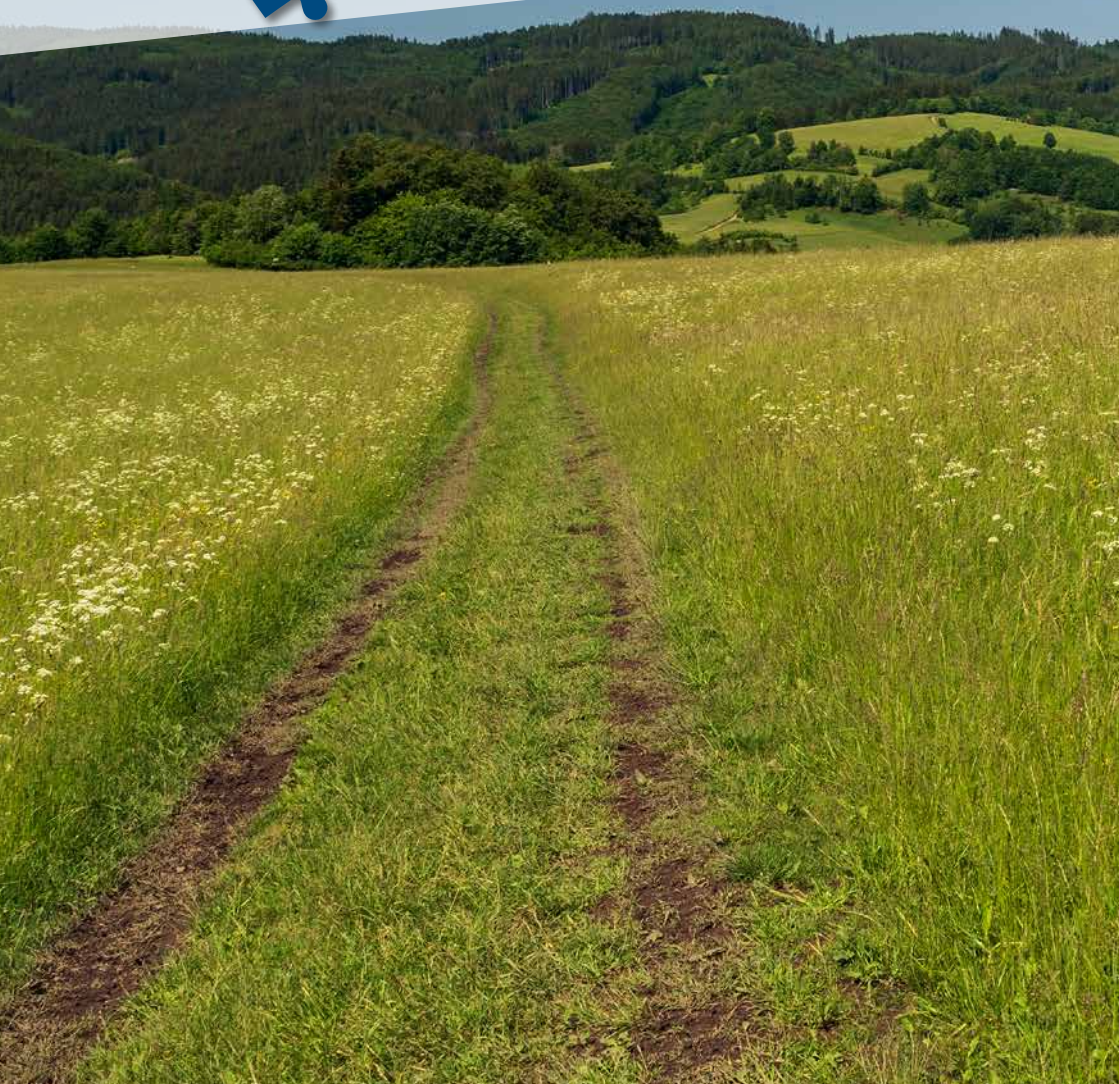
Spolieham sa na to, že budeme klásť čoraz väčší dôraz na ľudskosť nielen v medicíne, ale aj vo výskume a vzájomných vzťahoch a v ďalších sférach nášho života, pretože ak to nespravíme, budeme v ohrození.

**Ktorá oblasť pôjde výrazne dopredu a bude dominovať?**

Personalizovaná medicína a v súvislosti s tým všetky ostatné oblasti poznania, ktoré k nej prispievajú. Základný predpoklad udržateľnosti zdravia a kvalitného života je, že sa k človeku pristupuje ako k jedinečnému, a to nielen v zdravotníctve, ale aj vo vzdelávaní a v iných aspektoch života.

**Jana Ružičková:**

***Mali by sme chrániť a vytvárať  
ostrovy prírody v krajine,  
ktorú človek využíva.***







**RNDr. Jana Ružičková, PhD.**, vyštudovala Prírodovedeckú fakultu Univerzity Komenského (PRIF UK) v Bratislave, odbor ochrana prírodného prostredia. Po štúdiu pôsobila na URBION-e – Štátnom inštitúte urbanizmu a územného plánovania, kde sa podieľala na spracovaní prvého Nadregionálneho systému ekologickej stability na úrovni Slovenska, ktorý bol schválený uznesením vlády č. 319/1992. Od roku 1994 pôsobí na PRIF UK v Bratislave. Vo vedeckej aj pedagogickej činnosti sa zameriava na témy, ktoré súvisia s problematikou biodiverzity, ochrany a využívania krajiny, fragmentácie biotopov a ekologických sietí.





**Doba, v ktorej žijeme, sa označuje ako antropocén alebo „vek človeka“, teda geologická doba, v ktorej prírodné procesy Zeme ovplyvňuje po prvý raz človek. Máme byť na čo hrdí?**

Vo veľa prípadoch môžeme byť hrdí, spoločnosť sa rozrastá, vytvorili sme si dobrý priestor na život, veda a technika človeku významne pomohli k tomu, aby intenzívne dokázal pretvárať svoje prostredie, sme teda úspešný druh. Keď sa na túto tému rozprávame so študentmi, pýtam sa ich, do akej miery by vedeli pretvárať prostredie, ak by mali iba kamennú sekeru. Boli by sme skôr súčasťou prírodného prostredia. Človek sa však naučil získavať energiu z rôznych zdrojov od uhlia až po jadrovú energiu a na pretváranie prostredia využíva stroje, ktoré táto energia poháňa. Schopnosť človeka pretvárať prostredie sa mnohonásobne zvýšila.

Čo sme sa však od prírody nenaučili, je fungovať v uzavretých cykloch. Všetko, čo je v prírode pre jedného odpad, je pre druhého potrava vrátane exkrementov či rôznych iných výlučkov organizmov. Cykly sú uzavreté a v prírode sa nehromadí odpad tak, ako ho hromadí človek. Takže máme možnosti, máme stroje, máme vedu a techniku, ale akoby sme nemali dosť zodpovednosti.

**Konečné pomenovanie veku na antropocén závisí ešte od rozhodnutia Medzinárodnej komisie pre stratigrafiu, no pojem sa už ustálil. Prvý raz ho použili roku 2000 držiteľ Nobelovej ceny chemik Paul J. Crutzen a biológ Eugene F. Stoermer. Diskutuje sa o tom, kedy sa ten vek začal. Ako to vnímate vy?**

Hovorí sa o poľnohospodárskej revolúcii, keď človek lovec asi 5 000 rokov pred našim letopočtom začal meniť krajinu a svoj život ako človek poľnohospodár. Nebolo



to všade rovnaké. Prímorské populácie dlho využívali ako spôsob obživy rybolov, ale na naše územie toto obdobie prišlo práve približne 5 000 rokov pred n. l.

V začiatkoch poľnohospodárskej revolúcie však človek pretváral krajinu najmä s využitím prírodných síl. Vyspelé civilizácie v Egypte zavlažovali prostredníctvom vody z rieky Níl a nevyužívali stroje. Významný zlom prišiel s nástupom strojov, keď aj poľnohospodárstvo prestalo využívať ľudskú a zvieraciu silu. Ľudia sa sťahovali do miest a začala sa priemyselná revolúcia.

**Samotní P.J. Crutzen a E. F. Stoermer datujú začiatok antropocénu do druhej polovice 18. storočia a píše: „To je obdobie, keď údaje získané z ladovcov ukazujú začiatok rastu atmosférických koncentrácií niekoľkých ‚skleníkových plynov‘, najmä CO<sub>2</sub> a CH<sub>4</sub>. Tento dátum sa zhoduje s vynálezom parného stroja Jamesom Wattom roku 1784.“**

Toto je mílnik, keď naozaj začali veľké problémy so životným prostredím. Aj na Slovensku sa rozvíjalo hutníctvo či sklárstvo, čo vytváralo veľký tlak na lesné spoločenstvá. Mali sme šťastie, že sa u nás veľmi skoro začalo uplatňovať lesné hospodárstvo nielen s cieľom trvalej produkcie dreva pre priemysel, ale aj so zameraním na obnovu lesa. Za vlády Márie Terézie bola založená v Banskej Štiavnici Banská akadémia (1762), kde sa vyučovalo aj lesníctvo. Bola to prvá vysoká škola technického typu na svete, ktorá sa neskôr zlúčila s Lesníckym ústavom a vznikla Banícka a lesnícka akadémia.

Významný lesník Jozef Dekret Matejovie začal s plánovitou obnovou lesa a výsadbou stromov na plochách po holoruboch aj na strmých svahoch už začiatkom 19. storočia, čo prispelo k tomu, že nemáme tak výrazne odlesnenú krajinu. Úlohu zohráva, samozrejme, aj klíma. V mediteránnych krajinách tiež prebiehalo odlesňovanie kvôli spotrebe dreva pre priemysel a na vytvorenie pasienkov pre ovce a kozy. V krasových oblastiach na vyprahnutých svahoch vo väčšom teple a bez dostatku dažďa dochádzalo rýchlejšie k pôdnej erózii a les sa nedarilo obnovovať.



## Takže pomohlo, že sa u nás situácia začala včas riešiť. Výsledkom lesného hospodárenia sú však dnes na značnej časti územia monokultúrne smrekové porasty...

Iste, ale monokultúry boli realitou aj v iných krajinách, napríklad v Nemecku. U nás neboli hospodárske lesy pretvorené až do takej miery. Najkritickejšie sa tento spôsob hospodárenia prejavil v lužných lesoch okolo rieky Dunaj, kde sa ťažilo holobromom, po vyťažení sa pôda rozorala a sadili sa zase monokultúry nepôvodného topola, ktoré rýchlo rastú. Rubná doba je asi tridsať rokov, takže lesník, ktorý stromy zasadil, mohol ešte za svojho života vidieť úžitok z lesa v podobe vyťaženého dreva.

Je dobré, že sa dnes hovorí o tom, aby sa dbalo na druhovú rozmanitosť nielen v ochranných lesoch a lesoch osobitného určenia, ale aj v hospodárskych lesoch, pretože takýto ekosystém je odolnejší proti klimatickej zmene, proti škodcom a ďalším nepriaznivým faktorom. Zároveň v optimálnej miere poskytuje životný priestor pre rôzne druhy organizmov.

## Odlesnenie je dôležitý faktor, no do čela sa derie klimatická zmena. Správa o stave planéty WWF varuje, že až pätine živočíchov hrozí v tomto storočí vyhynutie pre zmenu klímy. Uvádza, že do zoznamu vyhynutých druhov bol pre zmenu klímy zapísaný prvý druh – potkanec útesový. Stane sa klimatická zmena hlavným činiteľom ďalších vyhynutí?

Počúvame teraz zo všetkých strán, že klimatická zmena sa stáva jedným z rozhodujúcich faktorov. Potkanec sa vyskytoval na izolovanom biotope, na ostrove, odkiaľ nemal možnosť uniknúť. Práve vzácne druhy, ktoré majú izolovaný výskyt, sú najviac ohrozené.

Dôsledky klimatickej zmeny pociťujeme už aj u nás. Ľudia vidia na jednej strane sucho a na druhej strane náhle privalové dažde a lokálne povodne, no odborníci hovoria aj o posune vegetačných stupňov. V oblasti CHKO Záhorie a Západoslovenskej nížiny pozorujeme v súčasnosti alarmujúce sucho a vysychanie jazier a mokradí. Podunajská a Východoslovenská nížina majú výbornú pôdu na poľnohospodárske využitie, no bez dostatku vlhky bude produkcia trpieť a optimálne podmienky sa posunú do vyšších polôh alebo bude potrebné zmeniť podobu poľnohospodárskej produkcie. Terajšie veľké lány polí znamenajú prehrievanie a vysušovanie pôdy a podporu pôdnej erózie. Ubúdanie živín a ochrana poľnohospodárskych kultúr proti škodcom sa rieši využívaním chemikálií a vzniká začarovaný kruh.

Vytváranie obrovských polí sa u nás spája s kolektizáciou, pričom nejde len o problém Slovenska. Veľké lány vidíme aj v USA či v krajinách západnej Európy. Vytváranie väčších polí súvisí s možnosťou ich strojového obrábania, s rozmachom chemickej ochrany rastlín, s použitím pesticídov. Práca v poľnohospodárstve bola vždy ťažká, bolo lákavé použiť pesticídy, nemať problém s burinami, dosahovať

väčšie výnosy a produkovať viac potravín. Dnes vidíme, že prijateľnejšou cestou sú menšie farmy, menšie polia rozdelené pásmi vegetácie, redukcia chemických prostriedkov a podpora biologickej rovnováhy. Rastie záujem o biopotraviny produkované v systéme ekologického poľnohospodárstva, pričom sa hospodár stáva nielen producentom, ale aj správcom harmonickej kultúrnej krajiny.

**S „vekom človeka“ sa spája aj šieste masové vymieranie. Medzivládna platforma pre biodiverzitu a ekosystémové služby (IPBES) hovorí, že hrozí vyhynutie až miliónu druhov, pričom rýchlosť, ktorou druhy strácame, je desať- až stonásobne vyššia než za posledných desať miliónov rokov. Sú snahy o odvrátenie najhoršieho scenára dostatočné?**

To je ťažká otázka. Realizuje sa mnoho krokov, aby sme tomu zabránili. Uskutočňujú sa projekty revitalizácie biotopov a reštitúcie druhov späť do prírody a deje sa to aj u nás na Slovensku. Spomeniem projekt reštitúcie sysla pasienkového na nové územia – napríklad na Záhorie, kde sa využíva zdrojová populácia, ktorá žije v areáli bratislavského letiska. V oblasti revitalizácie boli úspešné viaceré projekty, napríklad Obnova mokradí Záhorskej nížiny, kde sa podarilo zvýšiť celkovú rozlohu mokradí a zlepšiť stav lesných aj lúčnych biotopov. Realizovaných projektov obnovy mokradí je viac, napríklad aj na južnom Slovensku a na Východoslovenskej nížine, čo je veľmi dôležité, lebo mokrade zadržiavajú vodu v krajine a voda je život. Do akej miery však dokážeme ovplyvniť situáciu globálne, je ťažké predpovedať, pretože naozaj sledujeme obrovský úbytok druhov rastlín i živočíchov, a to i druhov, ktoré ešte ani nepoznáme. Ide najmä o druhy v dažďových pralesoch. Práve dažďové pralesy zohrávajú významnú úlohu v regulácii klímy na celej planéte. Napriek tomu ubúdajú veľmi rýchlo.



**Štúdiá vedcov z prestížnych európskych a amerických univerzít, uverejnená v apríli 2021 v časopise *Forest and Global change*, hovorí, že iba 2,8 % ekosystémov je „ekologicky nedotknutých“ človekom. Silnejú volania po vyhlasovaní nových chránených území. Je to cesta, ktorá môže pomôcť zvrátiť trend?**

Určite áno. Aj Stratégia biodiverzity Európskej únie do roku 2030 hovorí o 30 % chránených území v Európe a 30 % chránených morských oblastí. V minulosti si človek vytváral svoje pevnosti či osady opevnené drevenými kolmi, aby sa chránil pred šelmami a cítil sa bezpečnejšie. Teraz je potrebné chrániť a vytvárať vzájomne prepojené ostrovy prírody v krajine, ktorú „konzumuje“ človek. Neuvedomujeme si pritom, že nedokážeme vlastnými silami ani strojmi vytvoriť na planéte atmosféru a nahradiť všetko, čo nám príroda poskytuje, hoci sa na prvý pohľad zdá, že služby prírody sú „zadarmo“.

Ak nezachováme ostrovy prírody v človekom využívanej krajine, podrezávame si pod sebou konár, pretože od ekosystémových služieb sme závislí.

**Slovensko je krajina, ktorá sa nachádza v západnej časti karpatského oblúka – na okraji Východných Karpát, ktoré sa označujú ako posledná európska divočina. Môžeme byť tu u nás zatiaľ spokojní?**

Netreba si príliš „fandiť“, máme síce veľkú rozmanitosť lesných ekosystémov, no treba sa pozrieť i na kvalitu lesov. Ani rozloha nám nič nepovie, pretože môžeme mať lesnú pôdu, no v skutočnosti na nej nemusí byť les, ale holina. Takže by sme sa mali v prvom rade sústreďovať na to, čo treba robiť a ako chrániť to, čo máme cenné. Západokarpatská fauna a flóra má ťažisko výskytu na Slovensku, prežívajú u nás druhy jedinečné v Západných Karpatoch a my máme zodpovednosť za ich zachovanie. Ide predovšetkým o spoločenstvá dubovo-hrabových, bukových a jedľovo-bukových lesov a o taxóny rastlín a živočíchov úzko viazané na územie Západných Karpát, teda západokarpatské endemity. Medzi ne patrí z druhov rastlín napríklad lomikameň trváci (*Saxifraga wahlenbergii*), stračonôžka tatranská (*Delphinium oxysepallum*), klinček lesklý (*Dianthus nitidus*), mak tatranský (*Papaver tatricum*), chrastavec slovenský (*Knautia slovacica*), poniklec prostredný (*Pulsatilla subslavica*), prvosenka holá karpatská (*Primula auricula subsp. hungarica*), šafran spišský (*Crocus discolor*) a ďalšie. Zo živočíchov je známy napríklad kamzík vrchovský tatranský (*Rupicapra rupicapra tatratica*), mlok karpatský (*Triturus montandoni*) a iné.

Keď hovoríme o chránených územiach, musíme hovoriť aj o tom, čo potrebujeme chrániť. V prvom rade určite vzácne územia, napríklad pralesy, ktoré boli u nás teraz podrobnejšie zmapované. Sú to posledné zvyšky lesov bez ľudských vplyvov. No mali by sme systematicky chrániť celú mozaiku reprezentatívnych prírodných prvkov. Hovorí sa tomu územný systém ekologickej stability alebo ekologická sieť





Kamzík vrchovský tatranský

(green backbone, teda zelená chrbtica). Je to systém zelených a modrých prvkov (v prípade riek), ktoré sú kľúčové pre fungovanie celého ekosystému. Ide o naše chránené územia, územia európskeho významu, chránené vtáčie územia, ale i nechránené prírodné prvky potrebné na prežívanie druhov. S rozmachom ľudskej činnosti, zástavby a infraštruktúry musíme tieto prvky chrániť už v procese územného plánovania a projektovania.

**Územný systém ekologickej stability je oblasť, ktorej sa venujete vo výskume. Verejnosť chápe význam ochrany národných parkov, no ťažšie sa vysvetľuje, prečo sú dôležité prírodné úseky v silne urbanizovanej krajine. Ako sa ľudia presúvajú po krajine, tak sa presúvajú aj živočichy. Potrebujú sieť prírodných prvkov?**

Najprírodzenejšie pre každého živočicha a aj pre človeka je, že opúšťa miesto, kde mu nie je dobre, kde nemá vhodné podmienky na život alebo mu niečo chýba. Človek sa takto presúva odnepamäti a táto vlastnosť je prirodzená aj pre zvieratá. Živočichy sa presúvajú v čase mimoriadnych situácií (sucho, povodne, nedostatok potravy) aj pri hľadaní nového teritória, nového partnera až po pravidelné presuny za potravou či za vodou. Bariérami v podobe ciest, železníc či rôznych stavieb, priemyselných areálov im môžeme znemožniť aj takú kľúčovú záležitosť, akou je dostupnosť vody či potravy. Do zlého stavu však môže populáciu živočíchov priviesť i to, že zostáva izolovaná na malom chránenom území, nemôže migrovať s cieľom páriť sa a dochádza k tzv. inbreedingu, teda k príbuzenskému páreniu. To môže priniesť zníženie génovej variability potomstva a zníženie kondície izolovanej populácie.

Na Slovensku riešime problém oneskorene, naše diaľnice dlho fungovali bez ekoduktov či tunelov, ktoré tento problém riešia. Dlhو sme mali zelený most len pod Vysokými Tatrami, potom pribudol jeden pri Moravskom Svätom Jáne a dnes už vidíme ďalšie okolo Bratislavy na D4R7. Otázka je, či pri tempe výstavby ciest a diaľnic budú stačiť. Ešte stále nenastalo dostatočné uvedomenie, že tento problém treba riešiť aj v prípade železníc. Práve sme mapovali, aká je situácia s migráciou živočíchov okolo železničnej trate v smere na Záhorie, ktorá sa má modernizovať na dosiahnutie vyššej rýchlosti vlakov.

## Čo ste zistili?

Pozorovali sme, kde živočíchy križujú železnicu v smere na Záhorie. Sú tam od zveri vyšliapané chodníčky – prte. V úseku, kde sa trať rozdeľuje na smer do Rakúska a na Záhorie, využívajú živočíchy malý prírodný fragment, cez ktorý migrujú k nive rieky Moravy, na územie európskeho významu. Stopy diviakov či sŕn sme však pozorovali pozdĺž celej trate.

Táto železničná trať sa má intenzifikovať a opatrením, ktoré má zabrániť zrážkam so zverou, má byť oplotenie. Ak však plot nenavádza zver k podchodom či nadchodom ponad trať, vytvorí bariéru, ktorá zastaví migráciu zvierat. Tie sa nebudú môcť presúvať k rieke Morave a na lúky na jej brehoch. Navrhli sme riešenia, aby sa zachovali najmä priepusty potokov, podchody aj ekodukt ponad železnicu. Uvidíme, ako to dopadne. Ak nebudeme v dostatočnej miere budovať kompenzačné opatrenia, bude sa situácia u nás rozvojom dopravy, budovaním diaľnic a intenzifikáciou železníc zhoršovať.

**Slovensko sa označuje ako zdrojová krajina pre populácie šeliem. Medvede, vlky, rysy, ale aj ďalšie živočíchy od nás migrujú ďalej do západnej Európy. Má teda naša zodpovednosť širšie súvislosti?**

Presne tak. Funkčnými migračnými koridormi by sme šelmám umožnili migrovať do nových teritórií našich susedov v Česku, Maďarsku, Rakúsku a odtiaľ ďalej do Európy. Problém však je, že v mnohých územiach medvede ani ďalšie šelmy už dlho nie sú a ľudia stratili zručnosť, ako s nimi spolunažívať. Keď medved od Tatier doputoval na južnú Moravu a zdržiaval sa tam, vyvolalo to obavy ľudí. A tie sa začínajú prejavovať i u nás. Šelmy sú už tak blízko, že sa ľudia boja.



Zvieratá sú zatiaľ vynaliezavé, dokážu nájsť posledné miesta na prechod popod diaľnice a časť z nich riskuje život a prekonáva cesty a železnice priamo, najmä v noci. Ak nebudeme myslieť na ekodukty, viadukty, ekotunely a územie budeme ďalej rozdeľovať (fragmentovať), môže sa stať, že bude vplyv bariér s istým časovým odstupom taký extrémny, že zvieratá už nebudú vedieť prekážky prekonávať. Na porovnanie uvediem príklad z Rakúska, kam chodíme so študentmi. Na trase diaľnice z Bratislavy do Viedne je takmer tridsať rôznych migračných objektov – širokých ekoduktov, podchodov a ekotunelov pre menšie cicavce.

### Ktoré sú najvzácnejšie typy biotopov u nás a ktoré sú najohrozenejšie?

Je to rôzne. Na južnom Slovensku sú ohrozené slaniská, teda biotopy viazané na silne zasolené pôdy, pretože sa stratil tradičný spôsob hospodárenia, najmä pasenie dobytky a koní. Ak chceme študentom ukázať slanisko, ideme do Jurského Šúru, kde sa ešte kúsok slaniska nachádza, no aj to zarastá. Rastie tu vzácnejší skorocel prímorský (*Plantago maritima*), slanomilný druh, ktorý sa z tohto územia pomaly stráca v dôsledku zarastania biotopu.

Ohrozené sú aj lúčne a pasienkové biotopy, napríklad na Devínskej Kobyle, ktoré sa vyznačovali vysokou biodiverzitou, rástli tu ohrozené druhy rastlín z čeľade vstavačovitých, no začali zarastať krovínami a borovicou čiernou a meniť sa na monotónny biotop krovín. Teraz prebieha obnova týchto spoločenstiev, odstraňuje sa borovica čierna a bola obnovená aj pastva kôz, ktoré kroviny spásajú.

Spomenula by som aj lužné lesy na Podunajsku a naším vzácnym biotopom sú aj bukové lesy a teplomilné dubiny. Tie utrpeli, pretože na Trnavskej aj Nitrianskej pahorkatine bola výborná pôda, veľmi úrodná hlboká spraš, takže lesy tu boli odstraňované, aby uvoľnili miesto poľnohospodárstvu. Niektoré sa, našťastie, zachovali – Šenkvicový háj či Martinský les pri Senci –, pretože ich chránilo panstvo ako zdroj dubového dreva. Už od 12. storočia mali akýsi stupeň ochrany – bolo zakázané ťažiť dubové drevo na sudy a šindle. Myslím si, že dnes by sme už našli v každej skupine biotopov istú mieru ohrozenia.

### Veľa sa hovorí aj o mokradiach. Podľa správy sekretariátu Ramsarského dohovoru z roku 2018 miznú rýchlejšie ako pralesy a od roku 1960 sme stratili 35 % z nich.

V minulosti mokrade ľudia vysušovali, aby získali úrodnú pôdu. Pritom sú to špongie, ktoré zachytávajú v krajine vodu, plnia aj protipovodňovú ochranu a sú na ne viazané špecifické druhy, ktoré inde nerastú. Významne ohrozené sú aj rašeliniská. Na severnom Slovensku máme rašelinisko Suchá hora – jedno z najväčších na Slovensku, kde prebiehala povrchová ťažba rašeliny. Vrchná vrstva pôdy a vegetačného

krytu bola odstránená a rašelina sa ťažila veľkoplošne, čím sa strácalo obrovské množstvo informácií. Vo vrstvách rašeliny bola zakonzervovaná celá história vývoja vegetácie na našom území, z peľových zŕn sme mohli rekonštruovať, ako to u nás vyzeralo v minulosti z pohľadu vegetácie. Namiesto toho sa dalo kúpiť vrecko rašeliny na hnojenie záhrady, čo možno robiť aj pomocou kompostu z biologického odpadu.



Rosička okrúhlostá

V prípade mokradí síce vidíme projekty revitalizácie, no keď sa naruší proces rašelinenia a spojenie s vodným režimom, rašeliniská je veľmi ťažké revitalizovať. Prítom sa na nich vyskytujú mäsožravé rastliny, napríklad rosička okrúhlostá (*Drosera rotundifolia*), a mnohé iné vzácne ohrozené druhy ako čučoriedka barinná (*Vaccinium uliginosum*), šucha čierna (*Empetrum nigrum*) a diablik močiarny (*Calla palustris*).

## Trúfli by ste si povedať, ako bude vyzerat' o desať rokov naša krajina s ohľadom na to, o čom sme hovorili?

Vidím protichodné aspekty: na jednej strane počúvame, ako treba rozvíjať ekonomiku, a na druhej strane na úrovni Európskej únie výrazne silnie podpora životného prostredia. Vidím, že mnohé veci, ktoré sme si ako environmentalisti rozprávali dlho len medzi sebou, sa teraz stávajú celospoločenskými témami.

Teším sa, že mnohí naši absolventi sa v praxi dostávajú aj do rozhodovacích funkcií, kde dokážu veci pozitívne ovplyvňovať. Podávajú granty a realizujú projekty zamerané na ochranu biodiverzity a na adaptáciu miest na klimatickú zmenu, prispôbujú sídliská a areály škôl. V meste sa sadia stromy, mení sa režim kosenia, vytvárajú sa priestory pre biotu, pre včelstvá.

Pri rozvoji infraštruktúry je potrebné riešiť zelené mosty a ďalšie kompenzačné opatrenia, ktorých je málo, no hádam pridáme i v tejto oblasti. Ako kompenzačné opatrenia za budovanie diaľnice D4 sa napríklad dnes obnovujú biotopy lužných lesov a lúčnych spoločenstiev. Ide napríklad o projekt revitalizácie lužného lesa na Klúčovskom ostrove. Územie je zaujímavé aj tým, že sa podarilo sprietočniť rameno, ktoré bolo v minulosti odrezané od hlavného toku Dunaja, a vznikol ostrov. Ako





kompenzáciu za záber biotopov pri výstavbe diaľnice bol zalesnený aj bývalý meander rieky Váh pri Kameničnej, kde realizátor diaľnice vykúpil pozemky a územie odovzdal do rúk Štátnej ochrany prírody SR. Som teda mierna optimistka, ale dôležitý je aj vývoj na globálnej úrovni.

**Predošlé masové vymierania potvrdzujú, že život sa na Zemi vždy v nejakej forme zachoval. Otázka je, či má človek, ktorý je zvyknutý na pohodlie, šancu prežiť.**

Vždy, keď boli populácie živočíchov výrazne ovplyvnené, našli sa jedince, ktoré dokázali prežiť. No je rozdiel, či prežijú jedince alebo celá populácia. Myslím si, že sú na Zemi priestory, kde človek prežije. Budú to jedinci, ktorí sa dokážu prispôbiť nepriaznivým podmienkam.

Už počas štúdia sme počúvali veľa katastrofických scenárov a životné prostredie bolo vo veľmi zlom stave: znečistenie ovzdušia bolo extrémne, videli sme dôsledky diaľkového prenosu emisií, kyslé dažde z priemyselných oblastí poškodzovali lesné porasty, v Bratislave bol cítiť v ovzduší charakteristický zápach z vtedajších fabrík – „Gumonky“, „Dimitrovky“ a „Matadorky“. Toto všetko sa zlepšilo. Samozrejme, dnes čelíme klimatickej zmene a je pred nami veľa práce. Vnímam, že mladí ľudia už rozmýšľajú inak nad tým, čo potrebujú. K minimalistickému spôsobu života sa prihlasujú celebrity, zamýšľame sa nad udržateľnosťou a nad tým, že náš blahobyt môže na druhej strane sveta znamenať biedu, vykorisťovanie a nadmerné vyčerpávanie prírodných zdrojov.

Verím, že ľudia chytia rozum do hrsti, začnú spolupracovať s prírodou a budú jej vytvárať dostatočný priestor, aby sa dosiahla určitá harmónia.

**Robert Špaček:**

***Aj udržateľná architektúra  
musí byť krásna.***







**Prof. Ing. arch. Robert Špaček, CSc.**, pôsobí ako architekt a profesor na Fakulte architektúry a dizajnu Slovenskej technickej univerzity v Bratislave – na Ústave experimentálnej a ekologickej architektúry. Absolvoval štúdium na SVŠT v Bratislave a časť doktorandského štúdia na Univerzite v Hannoveri. V osemdesiatych rokoch minulého storočia sa spolu s prof. Juliánom Kepplom začali orientovať na výskum energeticky úspornej architektúry. Podieľali sa na vzniku konceptu energetického medzipriestoru. Tento princíp využili aj v súťažnom návrhu na rekonštrukciu areálu Reduty v Bratislave roku 1983 (3. cena). Výskumu udržateľnej architektúry sa Robert Špaček sústavne venuje štyri desaťročia. V súčasnosti vedie Excelentný tvorivý tím Sustainable design of (human) environment na FAD STU.

## Viedeň už niekoľko rokov vedie rebríčky najlepších miest na život na svete. Súhlasíte či máte iné obľúbené miesto?

Rankingov tohto typu je viacero, v jednom sa pýtajú na názor cudzincov, ktorí prišli do mesta za prácou a zostali v ňom žiť, iný skúma spokojnosť obyvateľov, ktorí sú v meste „doma“. Spokojnosť občanov je zrejme najdôležitejšia, len nie je založená na porovnávaní s inou dlhodobou skúsenosťou.

Mojim obľúbeným mestom z hľadiska kvality života je Brusel. Je plný parkov a lesoparkov, zároveň má intaktné historické centrum a veľmi príjemné obytné oblasti. Stromy majú evidenčné čísla, časti parkov sú ponechané ako lúky. Parky, aj keď sú „kráľovské“, sú otvorené pre ľudí, ktorí v nich piknikujú a športujú. Brusel dostal časť hlavnej dopravnej kostry pod terén, dokonca pod Parc du Cinquantaire. Príkladne je vyriešené napríklad aj Námestie Rogier, ktoré kombinuje kultivovaný verejný priestor s linkami metra, železnicou, autobusovou dopravou, podzemným parkoviskom, hotelmi, reštauráciami...

Úžasné mesto je aj Singapur, len tamojšiu klímu znesie človek iba ako návštevník. Mne sa však dobre žije aj v Bratislave.



Brusel





Siena

### V prvej desiatke miest, ktoré sú najlepšie na život, sú zväčša európske mestá – okrem Viedne sú to Zürich, Mníchov, Kodaň či Ženeva. Čím sú európske mestá osobité?

V rebríčku sú aj austrálske Melbourne a Sydney, ale aj tie sú historicky spojené s európskou kultúrou. Väzba na našu európsku históriu možno viac uspokojuje dušu.

A potom platí, ako povedal francúzsky básnik a spisovateľ Paul Claudel, že „poriadok je potešením rozumu, ale neporiadok je rozkošou predstavivosti“. Preto budeme mať iný životný pocit v meste založenom na karteziánskom rastri a iný v rastúcich mestách či v mestách založených na poetickej osnove. Svoju úlohu zohrávajú aj geografické danosti a biomorfny či environmentálny kontext. Nezanebateľné sú aj hlboké historické spomienky, ktorými na nás mesto dýcha.

### Karteziánske mestá sú typické pre USA, sú založené na pravouhlej mriežke. Ktoré mestá sú založené na poetickej osnove?

Mestá všeobecne vznikali ako založené či rastúce. Najčastejšie citovaným príkladom založeného mesta je antický Milétos. Založil ho v 5. storočí pred našim letopočtom Hippodamus z Milétu, ktorý je považovaný za otca nielen európskeho urbanizmu. Rastúce mestá mali kryštalizačný bod a okolo neho sa postupne rozvíjali. Ak skočíme v histórii, príkladom môžu byť mestá na kopcoch v Toskánsku alebo

na juhu Francúzska. Na kopci často najprv postavili citadelu alebo iný ústredný objekt a okolo neho sa postupne mesto rozrastalo. Karteziánske mestá v USA vznikali v pravouhlej mriežke na rastrí míľa krát míľa, keď americký prezident Thomas Jefferson narastoval rozsiahle územia kvôli harmonizácii osídľovania. Aj pri dodržaní striktného rastra sa postupne začala prejavovať kompozičná emancipácia a snahy vymaniť sa zo šachovnice. V základných štvorcoch v Las Vegas či Miami nájdeme organicky rozvinuté uličné siete.

Mestá na inej ako striktno karteziánskej základni začali urbanisti zakladať v 19. storočí. Vznikli teórie a návrhy záhradných miest a ďalšie. (Pre obmedzený priestor sa tu nezaobráame najmä renesančnými ideálnymi mestami.) Keď americký architekt Walter Burley Griffin začiatkom 20. storočia vyhral súťaž na založenie austrálskeho hlavného mesta Canberra na „zelenej lúke“, vychádzal z iných ako karteziánskych schém. Navrhol tu sústavu centrických funkčne štruktúrovaných celkov, parky a aj umelé jazero.

### No to ešte nie je poetické mesto...

V Canberre je veľa poézie, no nie je to pravé poetické mesto. Takým je napríklad až romantizujúci pôdorys Warwick Gates, mestskej časti založenej pri historickom anglickom meste s rovnomenným famóznym hradom Warwick. V obytnom súbore žijú ľudia, ktorí prišli pracovať do blízkeho priemyselného parku. Je založené na krivkových líniách, akoby si autori zobrali žilnatosť listu a podľa nej urobili jeho pôdorys. Keď máte zakrivenú cestnú sieť, nerozbehnete sa s autom veľmi rýchlo. Aj keď idete cez mesto, hoci pešo či na bicykli, neustále sa obzeráte a prispôsobujete zakriveniu. Je to úplne iný životný pocit.

Mesto je komplexný systém. Skupín a záujmov je veľa a naďalej pribúdajú. Modely riadenia mesta sa navyše vyvíjajú k vysokej miere participatívnosti, takmer k samoorganizácii istých činností či oblastí. Otázka je, čo sa dá docieľiť odbornosťou, čo politickou kultúrou a čo neustálym vyzrievaním pojmu občianstvo.

Odbornosť je to, čo učíme u nás v škole: vedieť navrhnúť, naprojektovať a strážiť realizáciu sídelného útvaru. Dôležité je pritom poznanie sociálnych zákonitostí a istý stupeň znalostí z psychológie a sociológie, aby sme vedeli, ako sa ľudia budú správať, aké priestory vyžadujú, aká má byť ich nadväznosť na verejné priestory a aké majú byť samotné verejné priestory. Odborná predstava sa potom dostáva do vzťahu s predstavou investora, pričom nemusí dôjsť nutne ku konfliktu. Aj u nás už sú investori, ktorí chcú ponúknuť ľuďom dobré verejné priestory.

Pokiaľ ide o politickú kultúru, tá je rôzna, siahla od korupcie po zásadové presadzovanie verejného záujmu a nedá sa korigovať ničím iným ako zrelým občianstvom.

Trochu sa obávam, že sme sa ešte celkom nedopracovali k tomu, čo to znamená byť občanom, ktorého zaujímajú aj veci za dverami vlastného bytu. Keď však všetky tri zložky dobre fungujú, vznikne stav istej rovnováhy, mestskej homeostázy.

**Podiel populácie, ktorá žije v mestách, rastie. Podľa prognóz by mali roku 2050 bývať v mestách až dve tretiny svetovej populácie. Čo sú najväčšie výzvy, pred ktorými stoja urbanisti v najbližšom desaťročí?**

Tých je množstvo a naďalej pribúdajú nové, takže zoznam obmedzím na neúplnú komprimáciu: nadradená dopravná kostra, vnútromestská mobilita, vodozádržné opatrenia a odstraňovanie teplotných ostrovov, hospodárenie s energiou, celkové znižovanie uhlíkovej stopy, udržateľnosť kultúrnej identity, sociálna inklúzia a ekonomická udržateľnosť.

**Rozoberme si ich bližšie. Začnime dopravou. V 20. storočí sa pri rozvoji miest bral veľký ohľad na individuálnu dopravu, v mestách boli projektované viacprúdové dopravné tepny. Dnes je vlastníctvo automobilu pomaly hanba.**

Celkom ešte nie, autá sú naďalej „in“ a elektromobily či vodíkové autá sú imidžová záležitosť. Už dnes sa však projektujú parkovacie domy v mestách s plánom, čo s nimi urobíme, keď stratia svoju funkciu. Autonómne zdieľané vozidlá sú reálnou víziou, môžu významne znížiť tlak na statickú dopravu a potreba parkovacích domov sa vytratí.

Nedávno sme v ateliéri konzultovali, čo sa stane s diaľnicami, keď sa zníži počet áut, a po cestách budú jazdiť autonómne autá veľmi racionálne – všetky pôjdu rovnakou rýchlosťou v rovnakých vzdialenostiach a nebudú vznikať zápchy.

**A čo sa s nimi stane? Zmenia funkciu? Pri viacprúdových hlavných dopravných tepnách v mestách už vidíme, že miznú pod zemou. Spomínali ste Brusel, ktorý skryl hlavnú dopravnú tepnu pod park. Podobne Mníchov, ktorý časť dôležitého dopravného koridoru premiestnil do podzemia a vybudoval nad ním Petuepark.**

Zatiaľ nevieme, čo bude s diaľnicami, ale máte pravdu, mestské komunikácie a bulváre zmenia svoj charakter a poslanie. Nebudú natoľko slúžiť individuálnej doprave, ale otvoria ľuďom krásu mesta iným spôsobom. Budeme sa po nich prechádzať a užívať si parkové úpravy. Aj Paríž má pripravenú štúdiu na rekonfiguráciu Ulice Champs-Élysées do roku 2024. Do rozhodovania o budúcej podobe bulváru bola zapojená aj verejnosť a výsledkom je, že by malo dôjsť k zmenšeniu priestoru pre autá na polovicu. Cesty, z ktorých odídu autá, sa premenia na pešie chodníky a park.



Paríž

**V prípade vnútromestskej mobility sa hovorí o posilnení verejnej dopravy či cyklo-dopravy a o „pešej mierke mesta“, aby obyvatelia mali všetky potrebné zariadenia a služby, prípadne zamestnanie v dostupnej vzdialenosti.**

Keď v meste vystúpim na stanici z vlaku alebo na záchytnom parkovisku z auta, opúšťam nadradenú dopravnú kostru a dostanem sa do systému vnútromestskej mobility. Ak systém funguje optimálne, je udržateľný a funkčný. Nemôžeme chcieť od ľudí, aby chodili každý deň v každom počasí päť kilometrov pešo za svojim cieľom, no môžeme sa snažiť, aby boli ciele dostupné v krátkom čase. Jeden z konceptov hovorí o „15-minútovom meste“, to znamená optimalizovaný systém vnútromestskej mobility a dostupnosť cieľa do 15 minút – pešo či pomocou zdieľaných kolobežiek a bicyklov. Vrátime sa k dobám, keď budeme opäť pri presunoch pracovať s metabolickou energiou ľudských svalov.

Tomu však musí zodpovedať aj systém predpisov. Normy nás nútia pri projektovaní administratívnych celkov bohato ich vybaviť parkovacími miestami. V Londýne vidíme pri nových administratívnych celkoch zopár parkovacích miest, aby ľudia neboli motivovaní prichádzať autom. Ak v meste dobre funguje vnútromestská mobilita, vieme od automobilov úplne odľahčiť celé časti mesta. Ak zvyšujeme či udržiavame veľkú ponuku pre statickú dopravu, prejaví sa tzv. Jevonsov paradox. To znamená, že ak nedostatok riešime zvýšením ponuky, bude prebytok ponuky len krátkodobý a opäť nastane nedostatok.





Canberra

**Klimatická kríza je kľúčovou výzvou – urbanizované územia sa podieľajú takmer na polovici svetových emisií skleníkových plynov. V EÚ sú budovy zodpovedné za približne 40 % spotreby energie a 36 % celkových emisií CO<sub>2</sub>. Efektívnej produkcii energie z obnoviteľných zdrojov, ktorú by si vymieňali štvrté medzi sebou, sa venujete vo výskume na Fakulte architektúry a dizajnu STU. Ako sa vám darí?**

Najdostupnejším obnoviteľným zdrojom v mestách je slnečná energia. Veľa ľudí je prekvapených, keď počuje, že za hodinu dopadne na povrch Zeme toľko slnečnej energie, koľko energie potrebuje celé ľudstvo na rok. Samozrejme, je to potenciál, ktorý sa nedá využiť celý, no ilustruje nám, že obnoviteľnej energie je dostatok.

Na využitie slnečnej energie na povrchu našej planéty máme v zásade tri možnosti: 1. fotosyntetická konverzia, keď ju využijú rastliny, 2. fototerická konverzia, keď využijeme tepelnú zložku žiarenia, napríklad v kolektoroch, a 3. fotovoltaická konverzia, keď premeníme časť svetelného spektra na elektrickú energiu. Výskumný tím na Fakulte architektúry a dizajnu STU skúma solárny potenciál povrchov v meste – teda koľko slnečnej energie dopadá na povrchy, ktoré máme v meste k dispozícii, pričom ide o povrchy budov i priestorov medzi budovami. A potom skúmame, či vieme povrchy pokryť materiálom, ktorý je energeticky aktívny. Aj na strechu fakulty sme osadili merače, ktoré vyhodnocujú rôzne parametre dopadu, odrazu či pohltivosti slnečného žiarenia, z čoho vieme extrapolovať, čo sa deje s budovou.



V krajinách, ktoré rozmyšľajú dopredu, sa uplatňuje metóda vyhodnocovania životného cyklu budovy, pri ktorej nie je dôležitá len vstupná investícia, ale životnosť budovy, technológií a prevádzkové náklady.

### **Skúmate aj to, aký tvar budov je ideálny, aby sa zvýšil potenciál využitia slnečnej energie, ktorá dopadá na jeho povrch?**

Tvarovať budovu tak, aby nám jej povrch priniesol maximálny možný potenciál zisku, nie je vždy možné, lebo urbánny kontext v obci či v meste nedovoľuje postaviť akýkoľvek tvar. Preto skúmame potenciál existujúcich povrchov a výsledky sú zaujímavé.

Nedávno sme publikovali tému solárneho faktora istého tvaru a uviedli sme, že neminimalizujeme pre daný objem jeho povrch, ale ho optimalizujeme, aby nám pomáhal získavať energiu zo Slnka. Štatisticky výhodný sklon plochy na získavanie maximálnej slnečnej energie je 37,5 stupňa, ale nemôžeme vždy stavať budovy s veľkými fasádami a strechami v tomto sklone. Hľadáme cesty, ako optimálne využiť energiu dopadajúcu na fasády a strechy, a naopak, aby plocha, cez ktorú teplo uniká, bola čo najmenšia. Potom je dôležité, akú časť z teoretického optima vieme skutočne získať a využiť. Výhoda je, že dnes už sa dá energia relatívne spoľahlivo uskladňovať.

### **Jedna vec je uskladňovanie a ďalšia, že by si budovy či obytné celky energiu mohli vymieňať. Aj to je predmetom vášho výskumu.**

O tomto koncepte sa už uvažuje. Mestská časť Smart city Graz pri projekte počítala s tým, že v čase, keď ľudia nie sú doma, budú obytné budovy dotovať občiansku

vybavenosť a vice versa. Takáto inteligentná distribučná sieť (tzv. smart grid) je jedným z atribútov smart city – inteligentného mesta. Niečo podobné sľubuje aj vienskú Aspern Seestadt.

**Ďalšou výzvou je znižovanie uhlíkovej stopy. Týka sa spôsobu výroby a spotreby energií potrebných na prevádzku budovy i materiálov použitých pri stavbe. Ako sa v tejto oblasti vyvíja prístup architektov?**

Každý materiál si nesie svoju uhlíkovú stopu, no diskusia sa rozchádzajú na tom, ako ju určiť. Keramická tehla je materiál extrémne náročný na energiu v procese výroby, no má dlhú životnosť a výborné tepelnoizolačné aj akumulčné vlastnosti. Takže záleží na tom, či sa pozeráme na uhlíkovú stopu pri výrobe materiálu alebo berieme do úvahy životný cyklus. Ak zohľadníme, že materiál vydrží sto rokov, ušetrí za ten čas množstvo energie, pretože dobre izoluje a akumuluje. A výsledok sa zobrazí z iného uhla. Naopak, drevo má negatívnu uhlíkovú stopu či negatívny uhlíkový koeficient, pretože počas života strom do dreva naviazal atmosférický oxid uhličitý. Dôležitá otázka je, ako ho spracujeme. Podľa ortodoxných kolegov by sa malo používať len v podobe masívu.

Už dnes sú materiály z hľadiska uhlíkovej stopy katalogizované, a keď sa budova posudzuje z hľadiska životného cyklu, toto vstupuje do výpočtu. Okrem uhlíkovej stopy materiálu nesmieme zabúdať na uhlíkovú stopu prevádzkovania budovy, kde vstupujú do hry obnoviteľné zdroje. Všetko spolu súvisí.



## **Dlhé roky bol ideálom ekologického bývania pasívny dom. Ako je to dnes a ako to vidíte o približne desať rokov?**

Pasívny dom zostáva optimálnym modelom, lebo je veľmi úsporný, takže dnes máme na Slovensku veľa pasívnych rodinných domov aj iných budov v pasívnom štandarde. Pôvodný koncept, ktorého autormi sú Wolfgang Feist a Bo Adamson, sa zrodil roku 1988 a základné princípy sú aj dnes aktuálne: dom musí byť vzduchotesný, veľmi dobre tepelne izolovaný, mať nútené vetranie s rekuperáciou tepla a jeho merná spotreba tepla na vykurovanie je max. 15 kWh/m<sup>2</sup>. K tomu pristupujú ďalšie parametre. Aktuálne sme však už ďalej a všetky nové budovy musia byť postavené v energetickej triede AO. Výpočet štandardu je zložitý, vstupujú do neho použité materiály aj spôsob prevádzkovania budovy, no rozhodujúce je, že budova musí mať obnoviteľný zdroj energie – fotovoltiku či fototermiku priamo na budove alebo v blízkosti. Dobré možnosti ponúkajú aj tepelné čerpadlá. A do budúcnosti smerujeme k štandardu nulových emisií (zero emission) – pre budovy i celé mestá.

## **Ako si poradiť s výzvou, ktorú predstavuje odstraňovanie teplotných ostrovov? Podľa Atlasu hodnotenia zraniteľnosti Bratislavy sa priemerná ročná teplota vzduchu zvýšila od roku 1951 už o takmer 2 stupne Celzia.**

Na túto výzvu je jedna odpoveď – sadíme rozumne stromy všade tam, kde je to možné, pretože nič nedokáže znížiť teplotu v určitej oblasti tak ako stromy. Podobne treba podporovať vegetačné strechy. V Stredomorí sú mestá, kde stromov v historickom centre nie je veľa, ale sú v nich úzke a zalomené ulice, takže počas dňa nie je nadmernej tepelnej expozícii vystavená veľká plocha budov a verejných priestorov. Aj touto cestou môžeme do určitej miery ísť pri plánovaní nových mestských častí, no z hľadiska verejného priestoru a jeho kvality radšej voľme výsadbu stromov.

## **Spomenuli ste medzi výzvami i sociálnu inklúziu. Znamená to zohľadňovať potreby všetkých skupín obyvateľov a poznať ich situáciu?**

V prvom rade sa pojem používa pri začleňovaní sociálne znevýhodnených skupín obyvateľov. Podpora týchto obyvateľov má predovšetkým podobu nájomného bývania. Príklad ponúka Viedeň, kde postavili internát kombinovaný s bývaním pre bezdomovcov. Vzhľadom na mentalitu študentov pracovali s predpokladom, že týchto spoluobčanov podporia a vytvoria sa sociálne interakcie. Spoločnosť je natoľko silná a stabilná, nakoľko sa stará o najslabších členov.

## **Vieme obstáť vo výzve, ktorou je zachovanie kultúrnej identity v realite smart city konceptov, energeticky efektívnych či inteligentných budov?**





Singapur

Občas hovorím, že keď sa nám nepodarí udržať si kultúrnu identitu, energeticky úsporné budovy budú zbytočné, lebo stratíme základnú substanciu našej existencie. V istých kruhoch som si získal zlú povest vyhlásením, že keď udržateľná architektúra nebude krásna, ostanú po nás energeticky efektívne ruiny. Kultúrna identita je základ a odôvodnenie našej existencie na Zemi. Uvedomíte si to aj vtedy, keď si napríklad v Austrálii sadnete do reštaurácie a prvá otázka, ktorú dostanete, je, odkiaľ ste. S hrdosťou sa dostanete cez strednú Európu a Slovensko k svojmu rodnému mestu.

Slávny architekt Rem Koolhaas napísal esej *The Generic City (Mesto bez vlastností)*, v ktorej hovorí práve o tom, že namiesto miest s identitou dnes vytvárame lacné generiká podobne, ako sú generické lieky odvodené od originálov. Budujeme rovnaké nákupné centrá či hotely, z historických centier vytlačáme funkcie, ktoré tam držali pôvodných obyvateľov, a meníme ich na disneylandy pre návštevníkov. Ani turisti vlastne neprídu do mesta preto, že je rovnaké ako ostatné.

Tvrdím, že kultúrnu identitu mesta si potrebujeme udržať, a dokonca som presvedčený, že environmentálna udržateľnosť by mala tvoriť jeden z pilierov pojmu kultúrna udržateľnosť.

## **Pred urbanistami sa nečakane objavila ďalšia výzva, a to pandémie. Aké nároky kladie na podobu verejných priestorov či interiérov budov?**

Hneď ako krajiny začali prijímať protipandemické opatrenia, na architektonických portáloch sa objavili štúdie, čo s verejným priestorom. Na terasách pred reštauráciami vytvárali malé individualizované priestory, ktoré poskytnú ľuďom istotu väčšej bezpečnosti. Na zhromažďovacích plochách sa začali organizovať rôzne rastre v dlažbe, ktoré ľudí usmernia, kde majú stáť, aby dodržali potrebnú vzdialenosť. Ide o nový fenomén riešení pre tzv. postpandemický verejný priestor.

Druhá skupina štúdií sa zameriava na pracovné prostredie. Predpokladá sa, že čiastočne budeme prácu aj po pandémii vykonávať z domu. Štúdie ponúkajú rôzne verzie malých objektov, ktoré si umiestnime na záhrade, ak ju máme. A hoci ráno prejdeme len pár metrov z domu do tohto domčeka, máme pocit, že ideme do práce. Pracovný priestor tak zostáva oddelený od domáceho.

Ďalšou cestou je filozofia tzv. digitálnych nomádov, ktorí nosia počítače či tablety so sebou a rôzne objekty v meste im ponúkajú možnosť sadnúť si a pracovať. Tradičné administratívne budovy stratia funkciu alebo sa zmení filozofia open space, veľkej kancelárie otvorenej na celom podlaží, a vrátíme sa späť k pracovnej intimitite menších kancelárií, aby sme boli menej zraniteľní pri ďalšej možnej pandémii.

## **Ako menia prácu architektov a dizajnérov nové technológie? Inteligentný dom si sám vyrába energiu, cez internet vecí spolu komunikujú jeho zariadenia.**

Prácu architektov posúvajú technológie smerom k vyššej kooperácii s ďalšími odborníkmi. Na začiatku je architektonický koncept, optimalizované priestorové riešenie. Technickú infraštruktúru vždy riešili odborníci príslušných profesií, no dnes pribúdajú IT odborníci, ktorí navrhujú a spravujú „softvér“ budovy.

Pojem inteligentná budova znamená, že budova dokáže byť v interaktívnom vzťahu s okolím, napríklad vykurovací systém dokáže reagovať na predpoveď počasia, ktorú si systém prečíta sám. Táto technológia sa už vyžíva. Podobne aj interaktívne fasády či sklenené plochy, ktoré vedia podľa podnetov z okolia viac či menej prepúšťať svetelnú alebo tepelnú zložku žiarenia. Budova je inteligentná, keď spolu komunikujú jej zariadenia a aj ľudia. V praxi tiež riešime problém – inteligencia budov verzus inteligencia užívateľov a tradície.

## **A ako vstupujú technológie do vašej tvorivej činnosti?**

Táto téma je predmetom veľkej diskusie. Mladší kolegovia už prenikajú do sveta neurónových sietí, ktoré dokážu simulovať reakcie ľudského mozgu na podnety získané v architektonickom priestore bez toho, aby ľudia priestor reálne vnímali.



Vnímajú ho len vo virtuálnej realite. Architekt či investor tak má k dispozícii dáta, ktoré vedú do značnej miery predikovať správanie ľudí v navrhovanom priestore.

Na druhej strane stoja kolegovia, ktorí sa týchto trendov obávajú a hovoria, že sa z tvorby stratí človek a jeho emocionálna zložka. Architekti totiž majú predstavu, vcelku opodstatnenú, že keď tvoria návrh s istou emocionálnou motiváciou, užívateľ ju bude vedieť prečítať a stavba bude na človeka pozitívne pôsobiť.

### Do ktorej skupiny patríte vy?

Budúcnosť vnímam optimisticky, nemám strach z vývoja technológií. Odborníci hovoria, že umelú inteligenciu bude ešte dlho programovať človek a hoci sa už dokáže učiť sama, architektka zatiaľ nenahradí. Otázkou zostáva, do akej miery je využívanie technológií a UI nevyhnutné. Či to nie je viac demonštrácia toho, čo dokážeme. Či zadanie o úroveň nižšie nezvládneme rovnako kvalitne. Patrí to medzi výzvy, ktorým čelíme. Celkom iste však nástup hypertechnológií bude zvládnuteľný len pomocou etických korektúr. Koniec koncov všetky aktuálne problémy sú otázkou morálky a nie celkom dostatočných etických konceptov.



**Martin Takáč:**

**Potrebujeme chápať technológie  
a vedieť, kedy sa na ne spoliehať  
a kedy nie.**







**Doc. RNDr. Martin Takáč, PhD.**, získal magisterský titul v odbore umelá inteligencia na Fakulte matematiky, fyziky a informatiky Univerzity Komenského v Bratislave, doktorát na rovnakej univerzite v odbore aplikovaná informatika. Absolvoval dva postdoktorandské výskumné pobyty na University of Otago na Novom Zélande, vďaka čomu nadviazal spoluprácu s firmou Soul Machines Ltd., ktorá sa venuje vývoju digitálnych avatarov. Pôsobí ako učiteľ a vedec v Centre pre kognitívnu vedu FMFI UK. Je členom výskumnej skupiny pre kogníciu a neurálne výpočty, zakladajúcim členom Slovenskej spoločnosti pre kognitívnu vedu a členom Stálej komisie pre etiku a reguláciu umelej inteligencie pri Ministerstve investícií, regionálneho rozvoja a informatizácie SR. Je autorom knihy *Mysel ako objekt*.



„Ak sme sa z histórie objavovania niečo naučili, tak je to fakt, že z dlhodobého hľadiska sa zdajú naše najodvážnejšie proroctvá smiešne konzervatívne,“ povedal autor *Vesmírnej Odysey* Arthur C. Clarke. Vývoj superinteligentnej umelej inteligencie radia niektoré proroctvá na zoznam hrozieb, ktoré ohrozia našu existenciu, iné sľubujú vyriešenie problémov ľudstva. Aké sú to proroctvá?

Záleží na tom, či sa rozprávame o umelej inteligencii (UI) alebo o superinteligencii, ktorá sa definuje ako inteligencia v každom ohľade šikovnejšia ako ľudia. Experti, ktorí sa jej výskumu venujú, sa delia na tri skupiny: technoskeptici si myslia, že vytvoriť takúto superinteligenciu nie je možné, a tí zvyšní sa delia na technooptimistov a technopesimistov. Technooptimisti hovoria, že sa nám to podarí a bude to skvelé. Technopesimisti hovoria, že by sme vývoj superinteligencie nemali dovoliť, a ak áno, tak len s presnými pravidlami.

### Z čoho vychádzajú?

Predovšetkým z toho, že ešte stále presne nevieme, čo je vedomie, prečo máme subjektívnu skúsenosť a či by ich niekedy mohli mať stroje. Jedna skupina hovorí, že sa to inžinierskym spôsobom nemôže podariť. Druhá tvrdí, že ak nasimulujeme proces evolúcie, v ktorom sme sa vyvinuli my, a v tomto procese sa budú vyvíjať umelé mozog a umelé neurónové siete, môže sa to podariť.



## A kde stojíte vy?

Niekde uprostred. Roy Amara, zakladateľ Institute for the Future v americkom meste Palo Alto, povedal: „Všetky naše predpovede súvisiace s UI sú z krátkodobého hľadiska veľmi precenené a z dlhodobého veľmi podcenené.“ Súhlasím. Nevylučujem, že vytvoriť superinteligenciu je možné, no ešte sme ďaleko. A zároveň hovorím, že vývoj treba robiť s rozumom. Ak sa spoľahneme na to, že stačí vyriešiť technické problémy a nemusíme sa zaoberať jej vplyvom na spoločnosť, mohli by sme byť prekvapení.

**Roku 1997 porazil počítač Deep Blue v šachu Garryho Kasparova, roku 2015 AlphaGo spoločnosti DeepMind zvíťazil nad človekom v hre Go a roku 2020 AlphaFold rieši najťažšie úlohy biológie a stanovuje tvar molekúl proteínov. A dlhodobý cieľ DeepMind je vyvinúť všeobecnú umelú inteligenciu schopnú vyriešiť problémy, ktorým ľudstvo čelí. Kde sa na ceste za týmto cieľom nachádzame?**

Umelých systémov či algoritmov, ktoré niektoré činnosti zvládajú lepšie ako ľudia, máme už mnoho. Používame inteligentné vysávače, automatické prekladače do cudzích jazykov, prediktívne dopĺňovanie v esemeskách, navigáciu, odporúčacie systémy na základe našich predošlých preferencií, to všetko je umelá inteligencia. Väčšina systémov, ktoré používajú umelú inteligenciu, sú však jednoúčelové úzko špecializované stroje. Triedič súčiastok v automobilke túto prácu zvládne lepšie ako ľudia, ale kávu nám neuvarí.

Tzv. všeobecná umelá inteligencia (AGI – artificial general intelligence) je na rozdiel od týchto systémov schopná žiť v reálnom svete, mať vlastné priority, stanovovať si autonómne ciele, rozmýšľať v kontexte, rozumieť emóciám, hovoriť jazykom, teda je takmer ako my. Viacero výskumných tímov sa venuje jej vývoju, no nie sú ešte blízko. A potom je superinteligencia, ktorá je všeobecnou umelou inteligenciou (AGI) a zároveň vo všetkom schopnejšou ako my. Zatiaľ sa nepodarilo vytvoriť nielen superinteligenciu, ale ani dostatočne úspešnú všeobecnú umelú inteligenciu, hoci na jej vývoji pracuje vo svete viacero špičkových pracovísk či firiem.

## Kam sa dostaneme v najbližšom desaťročí?

V horizonte desiatich rokov očakávam skôr kvantitatívny než kvalitatívny skok. Budeme mať oveľa viac automatickej asistencie, automatického zberu dát a sledovania našich činností algoritmami. No možno nás vývoj prekvapí. Nedávno som si prečítal oznam o novom projekte profesora Hirošiho Išigura, ktorý je známy vývojom hyperrealistických robotov a na prednášky po svete posielal svojho robotického dvojníka. H. Išiguro je manažérom projektu s názvom Vytvorenie spoločnosti



symbiotickej s avatarmi, v ktorej každý bude oslobodený od obmedzení tela, mozgu, priestoru a času. Populácia vo svete a zvlášť v Japonsku starne. Cieľom projektu je vytvoriť spoločnosť, v ktorej budú mať ľudia viac robotických či virtuálnych tiel v podobe avatarov riadených na diaľku. Takže jedno vaše telo môže hrať tenis, druhé sa rozprávať s priateľmi a tretie pôjde do práce. Tento projekt má byť dokončený do roku 2050.

**Mladá generácia s takouto predstavou nemá problém. Podľa prieskumu European Tech Insights na vzorke takmer 3 000 Európanov je 37 % mladých Európanov (vo veku 18 až 35 rokov) nadšených z možnosti používať digitálne avatary s prístupom k svojim osobným údajom na presadzovanie svojich hodnôt namiesto reálnych politikov v parlamentoch.**

Generačný posun vidím i ja. Na záver prednášok na univerzite zvyknem zaradiť etickú hodinu a provokujem študentov otázkami, či by si dali implantovať čipy, a dostávam odpovede: „Jasné, bez problémov, teším sa na to.“

Pokiaľ ide o prieskum, do hry vstupuje aj skutočnosť, že politikov poznáme, ale avatary nie a idealizujeme si ich. Avatar sám osebe nebude múdry, môžeme ho „nákmiť“ dátami a je možné, že pri údajoch zozbieraných na základe konania miliónov ľudí sa niektoré štatisticky získané hodnoty prejavujú, no bude to naučené rozhodnutie, zatiaľ čo v nás ľuďoch sú morálka, inštinkty a zdravý sedliacky rozum evolučne zakódované.

Takže je skvelé, že sa mladí ľudia neboja technológií, ale nemyslíme si, že technológia bude sama osebe morálna. Stuart Russell v knihe *Human Compatible* píše, že UI bude v dosahovaní cieľov veľmi efektívna, a preto je dôležité, aby jej ciele boli v súlade s našimi. Našťastie pribúda vedcov, ktorí sa venujú práve tejto oblasti.



**Prednášate na Univerzite Komenského, kde ste s tímom kolegov zriadili Centrum pre kognitívnu vedu. Ak dnes vedecké tímy hovoria o nutnosti interdisciplinárnej spolupráce, je zaujímavé, že sa to darí práve technikom...**

Ak sa chcete venovať počítačovému modelovaniu mysle, potrebujete nielen technické vedomosti, ale aj poznatky z psychológie, neurovedy, filozofie, sociológie, lingvistiky či z morálky a etiky. Keby UI vyvíjali len technici, bola by to chyba, pretože ich technické riešenia ovplyvňujú celú spoločnosť. Študentov je dôležité vychovávať v interdisciplinárnom štúdiu, aby sa vedeli zamýšľať aj nad sociálnymi a etickými dôsledkami svojej práce.

Diskusie v triede sú obohacujúce aj pre mňa. Máme študentov z rôzneho prostredia a s rôznym predošlým vzdelaním – nielen v IT, ale aj v psychológii, antropológii, biológii či vo filozofii. Vyučovacím jazykom je angličtina, absolventi získajú tzv. joint degree a časť štúdia strávia na partnerských univerzitách vo Viedni, v Budapešti, Lubľane či v Záhrebe.

#### **A akým výskumným témam sa venujete?**

Skúmame, ako sa malé deti učia. Robota s kamerou a robotickým ramenom chceme napríklad naučiť pomenovať predmety, ktoré „vidí“ na stole a manipulovať nimi na základe jazykovej inštrukcie, ktorú mu dáme. Modelujeme aj rôzne typy senzomotorického učenia, teda ako si malé dieťa osvojuje samotnú motoriku, ako sa učí, kde v priestore sa predmet nachádza a ako ho uchopíť.



## Okrem Slovenska pôsobíte aj na univerzite na Novom Zélande...

Na novozélandskej univerzite som bol na postdoktorandskom výskumnom pobyte. Neskôr som začal pracovať pre firmu vyvíjajúcu virtuálne avatary – veľmi realistické virtuálne simulácie ľudí, ktorých komerčné nasadenie je napríklad v oblasti starostlivosti o zákazníka. Môže ísť o súkromného bankára, s ktorým sa poradíte o možnosti získať úver. Porozprávate sa cez online aplikáciu, vyriešite to, čo potrebujete, akurát ste nehovorili so živým človekom, ale s jeho simuláciou. Cieľom nášho výskumu je, aby avatar ako živá bytosť vyzeral, komunikoval a reagoval adekvátne na vaše emócie, napríklad opätovoľ úsmev. Okrem dialógu sa zameriavame aj na motoriku, neverbálnu komunikáciu, gestá či rozpoznávanie emócií.

Menej komerčným a viac výskumným projektom je Baby X – simulácia malého dieťaťa asi na úrovni dvoch rokov, s ktorým interagujeme vo virtuálnom svete a skúmame, ako sa učí. Môžeme si s ním kresliť, učiť ho hrať na (virtuálnom) klavíri či stavať vežu z kociek. Mojou úlohou je dizajnováť rôzne moduly jeho mysle – krátkodobú a dlhodobú pamäť, pozornosť, priestorovú orientáciu, emócie – a simulovať, ako to všetko spolu funguje v procese tohto učenia.



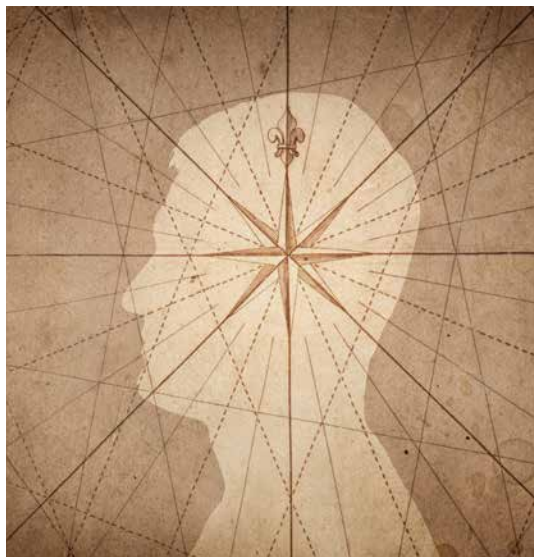
## Je učenie podľa toho, ako sa učia deti, vo vývoji UI dominantný spôsob?

Toto je aktívny spôsob učenia, keď si dieťa samo konštruuje vedomosť, ale v prípade UI je menšinový. My však veríme, že je relevantný, keďže sa takto učia ľudia. Problém je, že deti musíte motivovať, inak rýchlo strácajú pozornosť a záujem.

Momentálne sú dominantnou technológiou UI tzv. hlboké neuronové siete, ktoré „naklmime“ miliardami dát a ony hľadajú medzi nimi korelácie a štatistické súvislosti. Toto je pasívny spôsob učenia podobný memorovaniu, ktoré sa snažíme odstrániť zo škôl. Algoritmus síce úplne nememoruje, ale platí, že do neho „tlačíme“ dáta a on hľadá súvislosti. Keby sme takto učili dieťa, o chvíľu je unavené. Algoritmus nikdy nie je unavený.

## Pri vývoji UI sa učíme od detí, ale asi by to malo platiť aj opačne a my by sme sa mali už v škole učiť chápať svet algoritmov. Ako by sa malo zmeniť naše vzdelávanie?

Yuval Noah Harari v knihe *21 lekcií pre 21. storočie* píše, že svet sa bude meniť takou rýchlosťou, že na to nedokážeme reagovať zmenami vo vzdelávacom systéme. Deti



by si mali osvojovať predovšetkým zručnosti ako – byť otvorené zmenám, flexibilita, ďalej ochotu opúšťať to, v čom sú dobré, a skúšať nové veci, ale aj emočnú rovnováhu, teda toleranciu stresu.

Počítačová gramotnosť nemôže znamenať to, že deti naučíme používať Word a Excel. Musíme ich naučiť chápať technológie a vedieť, kedy sa na ne majú spoliehať a kedy sa musia rozhodovať sami. Bez tejto zručnosti nebudú technológie pre deti nástrojom, ale ony budú obeťou technológií.

Dôležité sú: kritické myslenie, historická pamäť a schopnosť triediť a kriticky vyhodnocovať zdroje. Deti sa musia naučiť, že nie všetko, čo nájdú na internete, je pravda. A dôraz by som dal na zodpovednosť za komunitu, líderstvo, hodnotovú orientáciu, odolnosť proti manipuláciám. Musíme vychovávať celistvé osobnosti, ktoré majú aj morálku a rozhľad.

### **A samotná zručnosť tvoriť algoritmy?**

Neviem, či sa to dokáže naučiť celá populácia, ale základy algoritmického myslenia by pomohli chápať technológie. To sa však bije s cieľom vývojárov, ktorým je urobiť UI užívateľsky príjemnou, a teda užívateľsky neviditeľnou. Ak sa však všadeprítomné technológie stanú neviditeľnými, prestaneme ich vnímať a rozumieť tomu, čo sa deje na pozadí.

Netreba však, aby každý vedel všetko. Informatici môžu dodať technické znalosti a aktivisti môžu zvyšovať povedomie o rizikách.

### **Zaujímavým smerom vo vývoji UI sú systémy na predpovedanie rizika, pri ktorom narážajú na seba práve snaha o ochranu spoločnosti a ochrana súkromia jednotlivca. Ako to vnímate?**

Ak krajina vie predpovedať, že v nejakej oblasti môžu vypuknúť nepokoje, je to skvelé, pretože tam môže dopredu poslať policajné jednotky či terénnych pracovníkov. Ak sa však predpoveď zosobní na úroveň jednotlivca, je to problém. Ak vám

banka neposkytne úver na bývanie z dôvodu, že algoritmus vyhodnotil, že ľudia ako vy obvykle nie sú schopní splatiť úver, tak to zvyšuje nerovnosť a vážne zasahuje do života konkrétneho človeka. Pritom to „ľudia ako vy“ môže znamenať rovnakú farbu pleti, vek, bývanie v rovnakej štvrti, zdravotný stav a ďalšie faktory, ktorých používanie je diskriminujúce.

Cathy O’Neilová v knihe *Weapons of math destruction (Zbrane matematického ničenia)* píše, že z prediktívnych technológií robia zbrane tri veci: 1. netransparentnosť, 2. to, že majú schopnosť ovplyvňovať náš život, úspech i príjem, 3. možnosť masového nasadenia. V prípade masového nasadenia ide o to, že sa systému nemôžeme vyhnúť. Ak ho nasadia všetky banky, hypotéku vám odmietnu všade.

A netransparentnosť znamená, že nemusíme vedieť vysvetliť, prečo nám systém odmietol poskytnúť úver alebo nás prijať do zamestnania. Technológie umelej inteligencie sa menia, spočiatku to boli databázy logických faktov a pravidiel jasne dané vývojármi, a keď sme sa napríklad medicínskeho expertného systému opýtali, prečo odporúča práve tento liek či liečbu, vypísal reťaz faktov, ktoré viedli k záveru. Odkedy UI predstavujú najmä umelé neurónové siete, teda matematické funkcie s miliónmi rôznych parametrov, a my už neurčujeme pravidlá, ale si ich UI extrahuje sama, nemajú viac podobu čitateľnú pre človeka. Sú to milióny čísel roztrúsených po celej sieti, preto ťažko porozumieť, ako došla k záveru. Ak nám však UI zasahuje vážne do života – nedajú nám hypotéku alebo nás neprijmú do zamestnania, máme právo pýtať sa prečo.

## Aj preto vidíme snahy o reguláciu.

Transparentná či vysvetliteľná umelá inteligencia je nový vedný odbor, ktorý sa rozvíja a UI analyzuje zvonka. A snahy o reguláciu vychádzajú najmä zo strany Európskej únie.

Pre firmy je hnacím motorom zisk. Preto sú dôležité zoskupenia štátov ako Európska únia, ktoré dokážu vyvíjať tlak i na nadnárodné firmy a prijímať potrebné regulácie. Príkladom je GDPR – známa úprava nakladania s osobnými údajmi, na ktorú mnohí nadávajú, ale poskytuje významnú legislatívnu ochranu práv všetkých občanov EÚ.

Vplyvom technológií UI na základné ľudské práva a návrhom regulácií v tejto oblasti sa na úrovni Európskej únie venuje expertná skupina High Level Expert Group on AI (HLEG-AI). Podobné komisie vznikajú aj na národných úrovniach. Na Slovensku minulý rok vznikla Stála komisia pre etiku a reguláciu umelej inteligencie a máme i Národnú stratégiu pre vývoj UI, ktorej cieľom je podporiť pri vývoji tie oblasti, v ktorých nám UI môže pomôcť bez prehĺbenia sociálnych nerovností či zásahov do ľudských práv.





**Ktorú oblasť vnímate ako dôležitú? Osobne vnímam veľký prínos UI v medicíne pri menej invazívnych chirurgických zákrokoch, ale aj pri presnejšej diagnostike.**

Zdravotníctvo je určite jednou z oblastí, v ktorej UI môže veľmi pomôcť. Ďalšou oblasťou je záchranárstvo. Drony a roboty vybavené umelou inteligenciou môžu v prípade katastrof nájsť a zachrániť ľudí bez toho, aby sa riskovali ďalšie životy záchranárov.

Technológie na hranici transplantátov a implantátov dokážu významne skvalitniť život zdravotne postihnutým. Skvalitniť či dokonca zachrániť životy môžu aj inteligentné domy (smart homes), ktoré okrem iného môžu monitorovať pohyb starších ľudí a pri probléme upozornia deti alebo rovno zavolajú sanitku. A od bežného človeka možno trochu vzdialené, no rovnako dôležité sú systémy, ktoré efektívne plánujú rozdelenie zdrojov, logistiku a kamiónovú dopravu, čo v konečnom dôsledku môže byť prínosom i pre ekológiu.

**Pozitívom môže byť aj vízia, že raz dokážeme s pomocou umelej superinteligencie odvrátiť nie fyzickú, ale biologickú smrť. Americký futuroológ Ray Kurzweil predpovedá, že už roku 2030 budeme vedieť uploadovať obsah ľudského mozgu, všetky naše vedomosti a spomienky do počítača, kde zostanú zachované.**

Určite nie roku 2030. A či vôbec, na tom sa zatiaľ vedci nezhodnú, pretože ľudský mozog ešte stále nepoznáme. Nevieme, kde je informácia uložená, či stačí kopírovať len tkanivo alebo aj synchrónne oscilácie, teda aktivitu neurónov súvisiacu s vytváraním pamäti. Nevieme, či so spomienkami skopírujeme aj vedomie. Možno

však časom budeme vedieť preniesť do počítača spomienky a vytvoriť avatar, ktorý bude replikou osoby. Ako si dnes pozeráme albumy s fotografiami zosnulých predkov, tak sa v budúcnosti budeme môcť porozprávať s ich digitálnymi replikami.

Treba zobrať do úvahy aj to, že ak by sa nám podarilo odstrániť biologickú smrť, spoločnosť by sa stala oveľa konzervatívnejšou. Mali by sme vládu starcov s naakumulovanou politickou a ekonomickou mocou a vedomosťami. Pre zachovanie pokroku je spravodlivé, keď sa generácie obmieňajú a človek, nech je akokoľvek mocný a bohatý, jedného dňa zomrie.

**Ak nevyhráme nad smrťou, tak možno aspoň nad smútkom a depresiami. R. Kurzweil predpovedá i to, že utrpenie budeme eliminovať rozšírenou realitou alebo nanorobotmi, ktoré priamo v tele vyriešia nepríjemné pocity.**

R. Kurzweil nie je jediný, kto ponúka takúto víziu. Aj Y. N. Harari v knihe *Homo Deus* hovorí o vytváraní človeka s nadľudskými vlastnosťami a o úplnej eliminácii utrpenia. Budúcnosťou človeka sa zaoberá v knihe *O zmysle ľudského života* aj slovenský vedec a biochemik Ladislav Kováč. Predpovedá, že ľudstvo smeruje k zániku, ale zánikne zrejme spokojné a šťastné práve vďaka virtuálnej slasti. Eliminovať utrpenie je prirodzená ľudská vlastnosť, ale otázkou je, akým spôsobom. Ak ma bolí zub, na istý čas ma bolesti zbaví analgetikum. Potláčam však len symptómy, a ak sa chcem bolesti naozaj zbaviť, je lepšie ísť k zubárovi.

Nepříjemné pocity sú symptómom, ale aj dôležitým signálom problému. Keď eliminujeme len symptómy pomocou chemických preparátov, nanorobotov či virtuálnej reality, je to ako narkománia. Problém nezmysle. Ak pôjdeme cez indický slum či rómsku osadu a v autonómnom aute sa nám bude na okná premietat krásna krajina, zatvárame oči pred nespravodlivosťou namiesto toho, aby sme ju riešili. To nie je dobré.

Preto by mali vedci skúmať aj to, čo robia technológie s našou autonómiou, s našou slobodnou vôľou, ale rovnako by to mal robiť každý jedinec. Mali by sme sa rozhodovať čo najuvedomelejšie, a aj keď používame technológie, neustále si musíme klásť otázku, či je toto skutočne to, čo chceme.



V jednom rozhovore ste povedali, že „hrozbu nevidíte v tom, že nás umelá inteligencia zahubí, ale že zhlúpnete“. Na „hlúpnutie“ upozorňujú i neurológovia, ktorí varujú, že strácame schopnosť riešiť problémy, ba z mozgu nám miznú niektoré neurologické trasy. Ak sa učíme len pozeraním na informácie v počítači, nediskutujeme o tom, čo sme sa dozvedeli, a nespájame si to so skúsenosťou, tak informáciu ukladáme do krátkodobej pamäti. V mozgu netvoríme spojenia a mozgová aktivita klesá.

Výskumy potvrdzujú, že detský mozog sa naozaj mení vystavením sa technológiám. Vlastne nevieme, aké dôsledky to prinesie, pretože len teraz dospieva prvá, resp. druhá generácia detí, ktorá mala prístup k tabletu či smartfónu od veku bábätka. Máme byť veľmi opatrní. To, čo už na deťoch vidíme, je, že fungujú „multitaskovo“. Aj pri dištančnom vyučovaní som videl, že pracujú pokojne na troch monitoroch súčasne – na jednom sledujú vyučovanie zo školy, na druhom čítajú s kamarátmi a na treťom im beží film. Možno sa pri tom rozvíja schopnosť paralelného vnímania vecí alebo rýchlosť reakcií, no na druhej strane sa stráca schopnosť hlboko sa sústrediť na jednu vec a udržať pozornosť. I to je už téma, ktorou sa zaoberajú vedci. Manfred Spitzer v knihe *Digitálna demencia* upozorňuje, že ak prácu mozgu prenášame na externé zdroje, mozog prestáva naplno pracovať, nervové bunky odumierajú. Najmä u detí sa znižuje schopnosť učiť sa a objavujú sa poruchy pozornosti. Call Newport v knihách *Hlboká práca* a *Digitálny minimalizmus* prináša návody, ako nestratiť schopnosť sústrediť sa v digitálnom svete.

**Na záver sa vrátim k úvodu. Technooptimisti sú presvedčení o tom, že si umelá inteligencia dokáže osvojiť i morálne zásady. Jeden z predstaviteľov tohto prúdu Steven Pinker hovorí, že sa na UI pozeráme maskulínnym pohľadom. Podľa neho „nadľudsky inteligentné roboty naplňajú cieľ, ktorým je dosadenie vlastných lídrov a ovládnutie sveta. No možno sa bude UI vyvíjať podľa ženských línií a naozaj vyrieši problémy, ktoré ohrozujú našu budúcnosť bez túžby ničiť či ovládnuť civilizáciu“.**

Umelá inteligencia sa učí od nás, z dát, ktoré jej dáme, a s cieľom, ktorým je momentálne úsilie zefektívniť veci a generovať profit. Sama sa materskou, láskavou ani ženskou nestane. Zatiaľ ju vytvárajú najmä bieli muži, preto je dôležité, aby nielen v manažmentoch firiem, ale aj vo vývojárskych tímoch boli rôznorodí zamestnanci z pohľadu veku, pohlavia, etnicity i sociálneho prostredia.

My ľudia máme vývoj v našich rukách. Technológie nám môžu v mnohom pomôcť, ale nevyriešia naše problémy. Koreň problémov je nakoniec vždy v ľudskom srdci, v našom charaktere. Mali by sme sa vo všetkom, čo robíme, snažiť byť čo najviac ľudskí a využívať technológie tak, aby sme neprestali byť láskavými a dobrými ľuďmi.



**Juraj Tóth:**

***Dostávame sa na hranice  
nášho poznania a tam je to  
najzaujímavejšie.***





**Doc. RNDr. Juraj Tóth, PhD.**, absolvoval štúdium astronómie a astrofyziky na Matematicko-fyzikálnej fakulte Univerzity Komenského v Bratislave. Astronómiu dnes na fakulte vyučuje. Publikoval v mnohých časopisoch pre astronómiu, špecializuje sa na meteory a meteoroidy. V marci 2010 počas expedície našiel v obci Vyšný Klátov prvý úlomok meteoritu *Košice*, ktorý tam padol z 28. februára na 1. marca. Ide o prvý slovenský meteorit s rodokmeňom a 15. na svete. Je členom International Astronomical Union, viceprezidentom International Meteor Organization a od roku 2019 prodekanom pre vedu Fakulty matematiky, fyziky a informatiky UK v Bratislave. Bol po ňom pomenovaný asteroid 24976 Jurajtoth.



„Astronómia vraj vedie človeka k pokore a formuje charakter,“ povedal Carl Sagan pri pohľade na prvú fotografiu Zeme zo vzdialenosti mimo našej slnečnej sústavy, ktorú roku 1990 urobila sonda Voyager 1. „Neexistuje lepší spôsob, ako ukázať smiešnosť ľudskej namyslenosti, než pohľad na náš malý svet z tejto vzdialenosti.“ Ako sa vyrovnávate s predstavou o ľudskej maličkosti vo vzťahu k obrovským vzdialenostiam a časovým horizontom, s ktorými ako astronóm pracujete?

Nemyslím na to každý deň, ale je užitočné uvedomovať si, v akých extrémnych paradoxoch žijeme. Pri pohľade napríklad z Voyagera, ale aj z iných kozmických sond vidno celú našu planétu Zem a človek na nej je v tomto kontexte naozaj len zrnko piesku.

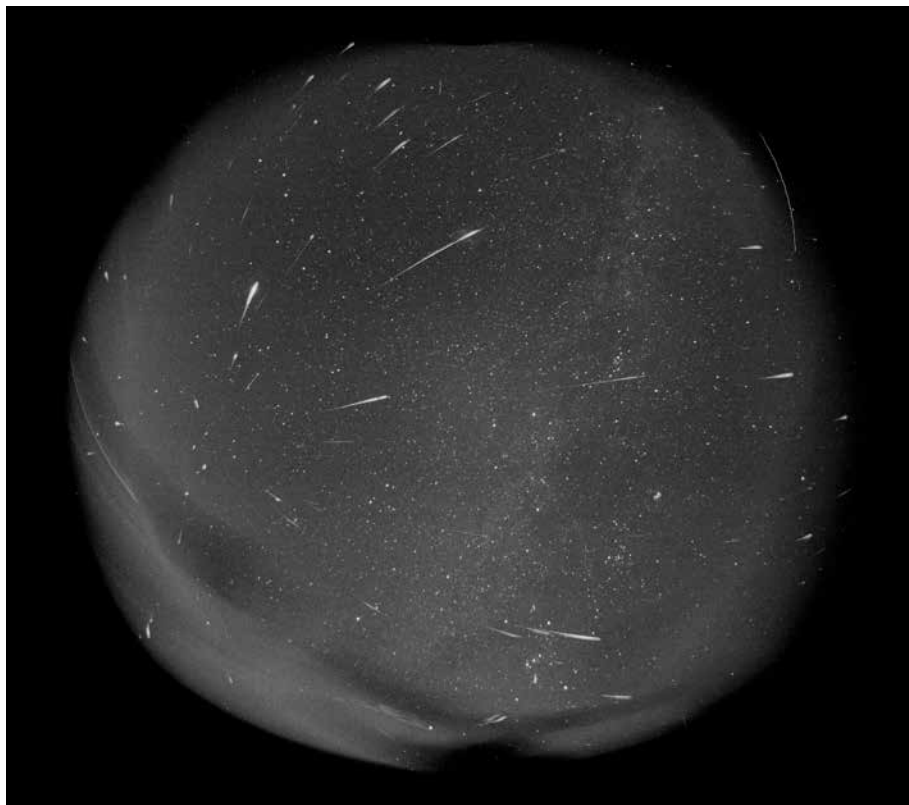
Na druhej strane predstaviteľ antickej gréckej astronómie a učnosti Claudius Ptolemaios v básni parafrázuje, že ľudská myseľ dokáže sledovať dráhy hviezd na oblohe. Napriek svojej malosti sme v našej mysli schopní prekonať vzdialenosti a v myšlienkach sa dostať ku galaxiám tak rýchlo, ako to nedokáže ani svetlo. Z vesmíru vieme priamo pozorovať len asi jedno percento hmoty, ktoré sa prejavuje žiarením. Väčšinu hmoty a energie, ktorá tvorí vesmír, nepoznáme. Ale aj z toho mála, čo vieme, dokážeme vytušiť zákonitosti. Naša myseľ nás priestorovo a veľkostne presahuje.



Nová verzia ikonickej fotografie s názvom Bledomodrá bodka (Pale Blue Dot). Zem je zachytená sondou Voyager 1 zo vzdialenosti šesť miliárd kilometrov ako jasný bod v jednom z lúčov Slnka.

**Z toho, čo z vesmíru poznáme, vás zaujímajú najmä meteority. Ste jedným z autorov monitorovacieho systému AMOS, ktorý predstavuje unikátny systém kamier rozmiestnených po svete a schopných identifikovať objekty vstupujúce do našej atmosféry od veľkosti dokonca pod milimeter. Ako sa AMOS-u darí?**

Na Slovensku máme päť staníc a pustili sme sa do budovania celosvetovej siete. Pribudla nám stanica na Kanárskych ostrovoch, ďalšie sú v Čile a na Havajských ostrovoch a dokončujeme stanice v Austrálii a Južnej Afrike. Tam nám situáciu skomplikovala pandémia, ktorá zapríčinila obmedzenie cestovania. Keď stanice dokončíme, budeme na južnej pologuli pozorovať objekty, ktoré vstupujú do atmosféry celých 24 hodín. Keď jedna stanica pozorovanie skončí, druhej sa začne noc



Snímka, ktorá obletela svet. Pointovaný celooblohový záber so 156 Leonidmi v noci zo 16. na 17. 11. 1998, získaný na AGO FMFI UK v Modre. Meteory vyletujú z jedného miesta na oblohe v súhvezdí Leva (vľavo).

a v pozorovaní bude plynule pokračovať. Meteorické roje a ďalšie častice, ktoré vstupujú do atmosféry, dokážeme pozorovať do tisíc kilometrov od staníc.

Okrem toho sme sa posledné obdobie venovali vyvíjaniu softvéru na spracovanie dát. Pridali sme ku kamerám AMOS spektrálne kamery, ktoré rozložia svetlo z meteoru na spektrum, a my vieme povedať, aké prvky meteoroidy obsahujú. Samozrejme, častica interaguje s atmosférou, ľudovo povedané horí, takže vidíme aj molekuly našej atmosféry – kyslík a dusík, ale dominantné sú prvky meteoroidu – železo, horčík, sodík alebo vápnik. Na základe týchto pozorovaní sa snažíme určiť, odkiaľ častica pochádza a aké zloženie má. Asteroidy vznikali bližšie pri Slnku, takže sú zbavené prchavejších zlúčenín. Kométy ich majú viac, lebo vznikali ďalej od Slnka.

## Cieľom je vytvoriť mapu meteoroidov v okolí Zeme?

Z dráh, ktoré poznáme, spracúvame matematický model, ktorý nám hovorí, aké prúdy sa vyskytujú v rôznom čase na dráhe, po ktorej Zem obieha okolo Slnka. Takáto „časová a hustotná“ mapa s objektmi pre dané obdobie roka nám poslúži pri predpovediach, čo môžeme očakávať konkrétny deň v roku, a umožní nám vystríhať prevádzkovateľov satelitov. Občas sú prúdy častíc veľmi husté a aj maličké častice, ktoré nemusia rovno spôsobiť zrážku, môžu narušiť elektronické systémy satelitov. Vznikne elektrostatické pole a satelity potom nepracujú spoľahlivo.

Pre nás vedcov je však zaujímavé vedieť aj to, kde v okolí Zeme máme zhustenia častíc, a pomocou pozorovania dráh ich spojiť s materským objektom. Meteoroidné častice totiž musela stratiť materská kométa či asteroid, ktoré ešte nemusíme poznať. Známých je len asi 20 % týchto objektov.



Prvý nájdený fragment meteoritu Košice z 20. marca 2010

## AMOS neslúži na predpovedanie pádu meteoritu na Zem, to by mal dokázať projekt ADAM (Automatic Detection of Asteroids and Meteoroids). Ako pokračuje jeho vývoj?

Zostáva v podobe návrhu, no vo svete sa rozvíjajú podobné ďalekohľadové automatizované systémy, ktoré prehľadávajú oblohu a dávajú nám výstražné informácie. Známých je niekoľko prípadov, keď dokázali spozorovať telesá ešte pred kolíziou. Po prvý raz sa to podarilo v prípade meteoritu nad Sudánom roku 2008. Našťastie išlo o menšie teleso, takže na Zem dopadli len fragmenty. Tímu astronómov na Havajských ostrovoch, kde pôsobil i náš doktorand Peter Vereš, sa na systém podobný ADAM-u podarilo získať grant NASA. Môžu však pozorovať oblohu len polovicu dňa. Ak by sa nám podarilo zrealizovať ADAM na Kanárskych ostrovoch, spolupracovali by sme a skenovali celú oblohu opäť 24 hodín.

ADAM je navrhnutý tak, aby nahradil fungujúce systémy ďalekohľadov s veľkými priemerami, ktoré síce dnes vidia asteroidy vo veľkej vzdialenosti, ale za jednu noc dokážu preskenovať len malú časť oblohy. ADAM by dokázal preskenovať za jednu noc väčšiu časť oblohy a objaviť najbližšie asteroidy, pri ktorých je väčšia pravdepodobnosť, že sa priblížia k Zemi.



**V okolí Zeme sa dnes pohybuje asi 25-tisíc telies, no takých, ktoré by sa mohli stretnúť so Zemou, sú známe desiatky miliónov. Ohrozenie meteoritmi vníma aj verejnosť najmä vďaka filmovému priemyslu. Sme v situácii, že by nás táto hrozba vedela prekvapiť?**

Vidieť do veľkej vzdialenosti a mať zároveň časový náskok je do istej miery technologický problém. Ďalekohľady musia mať veľký priemer, aby sme vedeli zachytiť aj slabé svetlo, no zároveň musia mať čo najširšie zorné pole. Rieši sa to ich spájaním do väčších systémov. Aj pri „ADAM-ovi“ sme počítali so spojením štyroch ďalekohľadov, ktoré sú spoločne na jednom zariadení a delia si časť oblohy medzi sebou.

Ďalšie obmedzenia sú fyzikálne. Ak sa Zem a asteroidy či kométy míňajú na obežnej dráhe raz za desať rokov, musíme na ich objavenie čakať ďalšie desaťročie. Pri väčších objektoch sú už naše poznatky veľmi dobré, zmapovaných máme vyše 90% objektov väčších ako kilometer. A vďaka tomu vieme, že najbližších sto rokov by sme mohli byť pokojní.

No smerom k menším objektom sa nožnice známych a neznámych otvárajú. A potom máme na zreteli ešte aj kométy. Pri nich je však riziko zrážky nízke. Vieme ho vyčíslieť a je desaťkrát menej pravdepodobné, že dôjde k zrážke Zeme s kométou než s asteroidom.

### **A od akej veľkosti objektu je zrážka rizikom pre obyvateľov?**

Čeljabinský asteroid, ktorý padol na Zem vo februári 2013, mal priemer približne 20 metrov, atmosféra ho dokázala zabrzdiť, no tlaková vlna spôsobila veľké nepriame škody i zranenia. Ak sa do atmosféry dostávajú väčšie objekty, okolo 50 metrov,



Kométa Neowise a nočné svietiace oblaky

atmosféra ich už nedokáže efektívne zabrzdiť a väčšinu pohybovej energie uvoľnía naraz pri dopade. Objekt vytvorí tzv. impaktný kráter. Príkladom je arizonský kráter, ktorého vek sa odhaduje na 40-tisíc rokov.

### Vieme takejto zrážke vopred zabrániť alebo zmierniť jej následky?

Na to sú pripravené scenáre gravitačného traktora, družice, ktorá by obiehala okolo nebezpečného telesa, o ktorom by sme dopredu vedeli, že má kolízny kurz na Zem. Matematicky máme zrátané, že by sme dokázali mierne zmeniť ťažisko takéhoto objektu, a teda aj jeho obežnú dráhu. Stačí ju zmeniť máličko – o niekoľko tisíc metrov – a následne po niekoľkých obehoch okolo Slnka už nebezpečný asteroid minie Zem. Tieto koncepty však nie sú vyskúšané v praxi. Prebehol pokus so sondou Deep Impact a kométou Tempel 1 roku 2005 a teraz podobný pokus pripravuje Európska vesmírna agentúra (ESA) a NASA. Projekt DART má za cieľ naraziť do mesiačika asteroidu Didymos a overiť, do akej miery vieme pri náraze zmeniť dráhu objektu.

Na takéto zásahy však potrebujeme čas – asi päť rokov na postavenie družice, ďalších päť, kým k asteroidu doletí, a päť, kým sa rozhýbeme (úsmev).

Čína už vyskúšala zásah v prípade akútneho nebezpečenstva, keď nedávno zostrelila vlastnú nefunkčnú družicu asi 700 km nad zemským povrchom. Rozbila ju konvenčnou strelou bez explozívnej nádrže len kinetickou energiou. Týmto spôsobom by sme boli schopní rozbiť aj menší asteroid a jeho úlomky by následne účinnejšie zabrzdila atmosféra. Problém by nastal pri väčších asteroidoch, ktoré vyzerajú porézne a mohli by energiu zo zrážky skôr absorbovať, ako sa rozpadnúť.

### Rozprávame sa o hrozbách z vesmíru, no v skutočnosti sa preň sami stávame hrozbou. Podľa ESA obieha okolo Zeme po dráhach, ktoré sa vzájomne križujú, asi 20-tisíc objektov vyrobených človekom – od satelitov cez úlomky solárnych panelov po raketové stupne. Dokáže AMOS tieto objekty sledovať?

S AMOS-om ich sledujeme najmä vtedy, keď zanikajú v atmosfére. V októbri 2020 sme pozorovali zánik čínskej nosnej rakety nad Havajskými ostrovmi, čo je jedno z najkvalitnejších pozorovaní zanikajúceho telesa veľkých rozmerov, ktoré doteraz máme. Je dôležité pre výskum aj pre staviteľov družíc, ktorých zaujíma, ktoré časti družice sa ako rozpadajú a ako zanikajú v atmosfére.

Na Fakulte matematiky, fyziky a informatiky Univerzity Komenského však robíme aj spresňujúce pozorovania dráh a rotácie satelitov, ich zvyškov a ďalšieho vesmírneho odpadu. Spolupracujeme s univerzitou vo švajčiarskom Berne a aj s Rakúskou akadémiou vied, samozrejme s ESA, a riešime viaceré projekty s touto tematikou v rámci PECS – kooperačného členstva SR v ESA.

Z 20-tisíc objektov v katalógu ESA je len menšina funkčných satelitov, približne tritisíc. Zvyšok sú nefunkčné satelity, ktoré len pasívne obiehajú okolo Zeme, a rôzne úlomky, ktoré sa uvoľnili pri zrážkach alebo pri explóziách motorov a batérií. Na dráhach okolo 300 km od povrchu Zeme je ich životnosť niekoľko rokov. Postupne zostúpia do atmosféry, kde zhoria. Na dráhach vo vzdialenosti okolo niekoľko tisíc kilometrov už je ich životnosť 100-tisíc rokov a samy na nižšie dráhy nezostúpia. Najohrozenejšie sú dráhy okolo 300 až 1 000 km nad zemským povrchom, kde je najviac satelitov a uskutočňuje sa i najviac letov.

### Čo vieme urobiť s vesmírnym odpadom?

Vyvíjajú a testujú sa satelity s harpúnami či sieťami, ktoré sa usilujú nefunkčné satelity a úlomky zachytiť a stiahnuť na nižšie dráhy, kde postupne zaniknú v atmosfére. Ide však o technologický výskum, ktorý neprináša priamy zisk, preto sa rozvíja pomalšie.

### Onedlho majú na dráhy okolo Zeme pribudnúť desaťtisíce ďalších satelitov od komerčných spoločností OneWeb, Starlink, Amazon atď. s cieľom vybudovať sieť širokopásmového internetu. Nie je správny čas na reguláciu zo strany štátov?

Na úrovni OSN boli prijaté globálne dohovory, podľa ktorých každý štát preberá zodpovednosť za prípadné problémy či zrážky všetkých objektov, ktoré pošle do vesmíru, vrátane súkromných satelitov. Ak teda vypustenie satelitu povolí štátny úrad, nedokážeme na globálnej úrovni toto rozhodnutie regulovať inak, len napomenutím danej krajiny na výboroch. V prípade Skylink a iných projektov ide o megakonštelácie desaťtisícov satelitov a s cieľom regulovať tieto aktivity vznikol v USA Úrad pre reguláciu vesmírnej dopravy.

Vo Viedni sídli Výbor OSN pre mierové využitie vesmíru (COPUOS), ktorý sa okrem iného snaží dohliadať na to, aby bol vesmír dostupný v budúcnosti aj pre krajiny, ktoré ešte dnes nemajú potrebné technológie, ako aj pre ďalšie generácie. Zatiaľ však nemáme účinné nástroje na vymáhanie pravidiel. Práve v tomto období sa aktivizujú viaceré štáty a je to predmetom rokovaní. Slovensko je aktívne v tejto oblasti aj vďaka našim vedcom.

### Kritici upozorňujú, že takéto množstvo satelitov zásadne zmení pohľad ľudí zo Zeme na nočnú oblohu. Americká astronomická spoločnosť v správe z augusta minulého roka hovorí, že „niektoré javy určite zostanú z tohto dôvodu neobjavené“. Čo to znamená pre vedcov?

Satelity Skylink vidieť na oblohe ako žiariace pohybujúce sa objekty. Svetia najmä večer a nadržanom, čo „ukrajuje“ z času na pozorovanie vesmíru niekoľko hodín v optickej oblasti; v rádiovkej oblasti to je 24 hodín jedného dňa. Pôvodne mali obiehať



Satelity Skylink

po vyšších dráhach, no došlo k zmene plánu, čo spôsobuje problémy pri astronomických pozorovaniach.

Tieto satelity majú aktívne motory a po dovŕšení životnosti by sa mali presunúť do atmosféry a zhorieť v nej. No ide o desaťtisíce objektov a treba počítať s tým, že plán nemusí fungovať pri každom. Konštelácie desaťtisíc satelitov pripravujú i ďalšie firmy, a ak by len pri jednom percente plánovaný zánik zlyhal, znamená to množstvo nového vesmírneho odpadu.

**Na mnohých miestach sveta už nemáme možnosť zdvihnúť hlavu a vidieť hviezdy. Space environmentalists – tak sa dnes označujú astronómovia, ktorí volajú po čistej oblohe a čistej obežnej dráhe Zeme. Ako to vidíte vy?**

Obávam sa, že už budeme riešiť len následky. Hlas aktivistov zatiaľ nie je silný a verejná mienka sa zväčša vyburcuje, až keď je problém evidentný.

**Súkromný sektor prevzal líderstvo aj v letoch do vesmíru. Pristátie na Mesiaci, sondy na Venuši či Marse a misie ako Cassini k Jupiteru a Saturnu i spomínaný Voyager – to všetko bolo v rukách „šťátneho“ výskumu. Dnes astronautov na ISS dopravuje komerčná spoločnosť SpaceX a jej majiteľ Elon Musk vyhlasuje, že do roku 2026 pošle ľudí na Mars. Ako vstup komerčného sektora ovplyvňuje výskum?**

Do vesmírnemu výskumu investovali štáty obrovské objemy peňazí a nebolo to efektívne. Súkromné spoločnosti dokážu priniesť posun vo vývoji s nižšími nákladmi, preto





NASA uvoľnila priestor komerčným partnerom, no ide o regulovanú formu podnikania. Nevnímam to iba negatívne, pretože to zlacňuje lety do vesmíru a tým ich sprístupňuje aj iným organizáciám a chudobnejším krajinám. Otvárajú sa nám aj možnosti ísť ďalej a technologicky napredovať. Hlavným záujmom súkromných spoločností je však biznis, a to nemusí byť vždy v súlade s ochranou a rovnakým prístupnením vesmírneho priestoru pre všetkých vrátane budúcich generácií. Zodpovednosť je tu prvoradá.

**Američanom sa spočiatku do vesmírnych pretekov nechcelo, odštartovali ich Rusi prvým človekom vo vesmíre. USA odpovedali programom Apollo a prvým človekom na Mesiaci. Máme dnes nové preteky? Bývalý americký viceprezident Mike Pence povedal, že do roku 2024 chce vidieť na Mesiaci prvú ženu Američanku. Minulý rok sa vrátila z Mesiaca prvá čínska sonda a plány majú Izrael, Japonsko či India. SpaceX chce do roku 2023 dopraviť na Mesiac prvého turistu. A diskutuje sa o ľudskej kolónii na Marse či na Mesiaci.**

Vyjadrenia Elona Muska, kde bude o pár rokov, vnímam ako marketingové lákadlo pre investorov. Kolonizáciu Marsu či Mesiaca nevidím zatiaľ ako vyriešenú záležitosť, ale len ako vzdialenú metú. Naša generácia možno zažije prvé pokusy, najmä v prípade Mesiaca, ale určite nepôjde o pravidelnú premávku. Na Mesiaci sa možno usadí pár prvých šťastlivcov. Do užšieho výberu prvých astronautov smerom k Mesiacu loďou Starship sa dostal aj môj japonský kolega a priateľ – Šinsuke Abe. Budem mu držať palce (úsmev). No overovanie spoľahlivosti raketových nosičov, ako aj vlastnej lode môže plány posunúť o niekoľko rokov neskôr.

### **A v horizonte desiatich rokov?**

Mesiac asi dovedy dosiahneme, ale nemyslím si, že na Marse budeme v priebehu desiatich rokov budovať kolóniu. Na Mesiaci by som očakával Elona Muska s loďou s troj-, štvor- či päťčlennou posádkou a zásobami ešte zo Zeme, ktoré tam predtým dopravia nákladné sondy spoločne so stavebným materiálom, vodou a s kyslíkom. Na Mesiaci dokážu takéto sondy pristáť vedľa seba, no na Marse to dokážeme s presnosťou 10 až 20 km. A to je na budovanie kolónie príliš veľká vzdialenosť.

Ani NASA sa nevzdáva programu Orion a špecifickej misie Artemis – obletu okolo Mesiaca. Takže možno v symbióze štátnych a komerčných programov by sa mohli začať budovať stále misie na Mesiaci. Rozhodne to však nebude rajská záhrada. Podmienky budú drsnejšie ako kdekoľvek na Zemi. Ešte aj v Antarktíde pri mínus 50 stupňoch Celzia sa môžete ísť poprechádzať von na vzduch. Meteoroidy či väčšie asterooidy, o ktorých sme hovorili v úvode, nemá pri dopade na povrch Mesiaca čo zabrzdiť,

pretože tu nie je atmosféra, takže sa predpokladá, že kolónie by mohli byť pod povrchom alebo aspoň chránené materiálom získaným z povrchu Mesiaca.

**Vráťme sa ešte k astronomickému výskumu. Pri poznávaní vesmíru sme sa dostali ku konceptu tmavej hmoty a odhaľujeme veci, ktoré nevidíme. Tmavá hmota sa prejavuje snád' len gravitáciou, pričom sa predpokladá, že práve ona možno „drží galaxie pohromade“. Aký pokrok očakávate počas desiatich rokov v tejto oblasti?**

Tmavá hmota a tmavá energia sú veľké neznáme a ich objavovanie bude veľmi zaujímavé. Ešte lepšie, ako poznať tmavú hmotu, by bolo poznať tmavú energiu, ale neviem, či sa nám to v horizonte desiatich rokov podarí. Nadalej je v hre aj modifikovaná gravitačná teória, ktorá by vedela nahradiť koncept tmavej hmoty. Totiž – naše poznanie z blízkeho okolia Zeme extrapolujeme, posúvame do vzdialeností a takých gravitačných polí, kde je niekedy ťažko koncept potvrdiť. Dostávame sa na hranice nášho poznania a práve tam to býva najzaujímavejšie a aj najmenej isté.

Ďalšia zaujímavá oblasť sú exoplanéty, teda planéty pri iných hviezdach ako Slnko, ktoré by sme mohli dokázať skúmať podrobnejšie. Z pohľadu ich atmosféry, ale aj z pohľadu, nakoľko sú vhodné na život.

A v astronomickom výskume naďalej platí, že chceme vidieť viac a v detailoch. Budujú sa čoraz väčšie segmentové ďalekohľady, pozemským ďalekohľadom sekundujú vesmírne prístroje a ďalekohľady. To nám umožňuje vidieť ďalej nielen z pohľadu vzdialenosti, ale i času, a to až do horizontov, keď vznikali prvé galaxie a hviezdy. Verím, že v priebehu desiatich rokov sa nám podarí odhaliť ďalšie detaily z raného vývoja vesmíru.

**Posledné roky priniesli poznanie, že život vo vesmíre nemusí byť výnimočný. Prejavy života potvrdili výskumy na Marse, na mesiacoch Jupitera či Saturna (Európa, Enceladus, Titán). Budeme prekvapení?**

V súčasnosti skutočne silnie skupina astronómov a astrofyzikov, ktorí život vo vesmíre skôr očakávajú. No neznamená to, že majú pravdu. Objavili sme väčšie množstvo organických zlúčením vo vesmíre, na spomenutých mesiacoch, ale aj na asteroidoch, kométach, v medzihviezdnych mračnách. V encyklopédiách, ktoré som čítal ako chlapec v osemdesiatych rokoch, ich bolo možno desať až dvadsať a dnes je ich objavených vyše sto. Vieme však, že nevznikajú biologickou cestou.

Astrobiológovia z Austrálskej národnej univerzity v Canberre publikovali štúdiu, ktorá hovorí o tom, že život vo vesmíre môže byť pestrý, no ak nevznikne spätná väzba s vlastnou planétou a prostredím, rýchlo zanikne. Aj na Zemi sme prešli



Umelecká predstava exoplanéty Kepler-1649c obiehajúcej okolo červeného trpaslíka

viacerými stupňami vývoja podľa toho, čo umožňovalo prostredie. Okysličovanie atmosféry bol produkt živých organizmov a na jeho základe sa rozvinul na planéte ďalší život. Výsledky sondy Cassini, ktorá skúmala mesiace Saturna Enceladus alebo Európa, ktoré sú akoby vodné s podpovrchovými kvapalinami, nám dávajú dôvod domnievať sa, že na nich boli a možno sú vhodné podmienky na život. To, či sú tam ešte doteraz, nevieme.

### **Otázka, či sme vo vesmíre sami, je veľmi naliehavá pre vedcov i verejnosť.**

Je to jeden z veľkých motorov výskumu v astronómii a astrofyzike. Myslím si, že istá forma života je vo vesmíre bežná, ale nemôžeme očakávať, že každá druhá planéta bude rozkvitnutá a plná mimozemských bytostí. Skôr sa môžeme stretnúť s jednoduchšou bakteriálnou formou života. Viem si predstaviť, že takéto extrémofilné organizmy, ktoré sa uchytiť na niektorom mesiaci či exoplanéte, dokážu desať, dvadsať či sto rokov prežiť, no nedokážu sa v extrémnych podmienkach množiť a rozvíjať. Z tohto hľadiska som otvorený všetkému – od možnosti jedna až po miliardy civilizácií. Preto sa aj rozbehol program načúvania civilizáciám, či nevysielajú tak ako my – rádiovou cez rozhlas či televíziu. Zatiaľ sme však nič nepočuli...

### **Možno sme sa netrafilí. Aj my sme na Zemi len pár stomiliónov rokov a načúvame pár desiatok rokov...**

Ak sú niekde inteligentné bytosti, mohli skutočne stíchnuť. Rovnako ako my možno prestaneme onedlho vysielat' v rádiových vlnách, prejdeme do káblov a naša planéta rádiovou stíchnie. Vysielat' sto alebo rovno milión rokov je z pohľadu vesmíru taký krátky interval, že sa nemusíme s inou civilizáciou stretnúť.

## Zdroje obrázkov a ilustrácií

Obrázky sú identifikované číslom strany a umiestnením na strane.

<b>s. 6</b> .....	<b>Licencia/autor:</b> iStock.com/agsandrew
<b>s. 8 a 9</b> .....	<b>Licencia/autor:</b> iStock.com/Mimai Mig
<b>s. 9 – portrét P. Alexyho</b> .....	<b>Autor:</b> Jozef Ďuračka
<b>s. 11</b> .....	<b>Licencia/autor:</b> iStock.com/ADELART
<b>s. 13</b> .....	<b>Autor:</b> FCHPT STU v Bratislave
<b>s. 14</b> .....	<b>Autor:</b> Jozef Ďuračka
<b>s. 17</b> .....	<b>Licencia/autor:</b> iStock.com/Ruelito Pine
<b>s. 18</b> .....	<b>Licencia/autor:</b> iStock.com/rui_noronha
<b>s. 20</b> .....	<b>Licencia/autor:</b> iStock.com/microgen
<b>s. 21</b> .....	<b>Licencia/autor:</b> iStock.com/thomas-bethge
<b>s. 22 a 23</b> .....	<b>Licencia/autor:</b> iStock.com/Suebsiri
<b>s. 23 – portrét M. Bielikovej</b> .....	<b>Autor:</b> Peter Višňovský
<b>s. 24</b> .....	<b>Licencia/autor:</b> iStock.com/metamorworks
<b>s. 26</b> .....	<b>Licencia/autor:</b> iStock.com/magann
<b>s. 28</b> .....	<b>Licencia/autor:</b> iStock.com/Pogonici
<b>s. 29</b> .....	<b>Licencia/autor:</b> iStock.com/Tero Vesalainen
<b>s. 32</b> .....	<b>Licencia/autor:</b> iStock.com/Firn
<b>s. 33</b> .....	<b>Licencia/autor:</b> iStock.com/David Peperkamp
<b>s. 34</b> .....	<b>Licencia/autor:</b> iStock.com/gorodenkoff
<b>s. 35</b> .....	<b>Licencia/autor:</b> iStock.com/metamorworks



- s. 36 a 37** ..... **Licencia/autor:** iStock.com/Gajus
- s. 37 – portrét V. Kurincovej Čavojovej** ..... **Autor:** Andrea Koncová
- s. 38** ..... **Licencia/autor:** iStock.com/iLexx
- s. 39** ..... **Licencia/autor:** iStock.com/CASEZY
- s. 41** ..... **Licencia/autor:** iStock.com/Bulat Silvia
- s. 43** ..... **Licencia/autor:** iStock.com/Spencer\_Whalen
- s. 44** ..... **Licencia/autor:** iStock.com/AndreyPopov
- s. 46** ..... **Licencia/autor:** iStock.com/francescoch
- s. 48** ..... **Licencia/autor:** iStock.com/agsandrew
- s. 49** ..... **Licencia/autor:** iStock.com/NiseriN
- 
- s. 50 a 51** ..... **Licencia/autor:** iStock.com/vchal
- s. 51 – portrét J. Duszu** ..... **Autor:** Linda Kisková Bohušová
- s. 52** ..... **Licencia/autor:** iStock.com/Philipp Tur
- s. 54** ..... **Licencia/autor:** iStock.com/BONNINSTUDIO
- s. 55** ..... **Licencia/autor:** iStock.com/Petmal
- s. 56** ..... **Licencia/autor:** iStock.com/LYagovy
- s. 57** ..... **Licencia/autor:** iStock.com/mviamonte
- s. 59** ..... **Licencia/autor:** iStock.com/upthebanner
- s. 60** ..... **Licencia/autor:** iStock.com/franticOO
- s. 63** ..... **Licencia/autor:** iStock.com/Epiximages
- 
- s. 64 a 65** ..... **Licencia/autor:** iStock.com/Dmytro Varavin
- s. 65 – portrét T. Kluvánkovej** ..... **Autor:** archív T. Kluvánkovej
- s. 66** ..... **Licencia/autor:** iStock.com/tepic
- s. 68** ..... **Licencia/autor:** iStock.com/woratep

- s. 69** ..... **Licencia/autor:** iStock.com/JMrocek
- s. 70** ..... **Licencia/autor:** iStock.com/Edafoto
- s. 72** ..... **Licencia/autor:** iStock.com/Zbynek Pospisil
- s. 74** ..... **Licencia/autor:** iStock.com/fredcardoso
- s. 75** ..... **Licencia/autor:** iStock.com/milangonda
- 
- s. 76 a 77** ..... **Licencia/autor:** iStock.com/Design Cells
- s. 77 – portrét S. Pastorekovej** ..... **Autor:** Vladimír Šimíček
- s. 78** ..... **Licencia/autor:** iStock.com/sdecoret
- s. 79** ..... **Licencia/autor:** iStock.com/urfinguss
- s. 81** ..... **Licencia/autor:** iStock.com/MARHARYTA MARKO
- s. 82** ..... **Licencia/autor:** iStock.com/anusorn nakdee
- s. 85** ..... **Licencia/autor:** iStock.com/Olique
- s. 88** ..... **Licencia/autor:** iStock.com/andrei\_r
- s. 89** ..... **Licencia/autor:** iStock.com/eternalcreative
- 
- s. 90 a 91** ..... **Licencia/autor:** iStock.com/honza28683
- s. 91 – portrét J. Ružičkovej** ..... **Autor:** Z. Moravčíková
- s. 92** ..... **Autor:** J. Ružičková
- s. 93** ..... **Autor:** J. Ružičková
- s. 95** ..... **Licencia/autor:** iStock.com/richcarey
- s. 97** ..... **Licencia/autor:** iStock.com/Jacek Jacobi
- s. 98** ..... **Licencia/autor:** iStock.com/Nisangha
- s. 100** ..... **Autor:** J. Ružičková
- s. 101** ..... **Autor:** B. Lehotská

<b>s. 102 a 103</b> .....	<b>Licencia/autor:</b> iStock.com/dennisvdw
<b>s. 103 – portrét R. Špačka</b> .....	<b>Autor:</b> Matej Kováč
<b>s. 104</b> .....	<b>Licencia/autor:</b> iStock.com/anmalkov
<b>s. 105</b> .....	<b>Licencia/autor:</b> iStock.com/fl1photo
<b>s. 108</b> .....	<b>Licencia/autor:</b> iStock.com/GlobalP
<b>s. 109</b> .....	<b>Licencia/autor:</b> iStock.com/Yicai
<b>s. 110</b> .....	<b>Licencia/autor:</b> iStock.com/Sundry Photography
<b>s. 111</b> .....	<b>Licencia/autor:</b> iStock.com/IR_Stone
<b>s. 113</b> .....	<b>Licencia/autor:</b> iStock.com/JosephineLi
<b>s. 115</b> .....	<b>Licencia/autor:</b> iStock.com/gorodenkoff
<b>s. 116 a 117</b> .....	<b>Licencia/autor:</b> iStock.com/archyl3
<b>s. 117 – portrét M. Takáča</b> .....	<b>Autor:</b> Slávka Takáčová
<b>s. 118</b> .....	<b>Licencia/autor:</b> iStock.com/NicoElNino
<b>s. 120</b> .....	<b>Licencia/autor:</b> iStock.com/Design Cells
<b>s. 121</b> .....	<b>Licencia/autor:</b> iStock.com/wildpixel
<b>s. 122</b> .....	<b>Licencia/autor:</b> iStock.com/NataliaDeriabina
<b>s. 123</b> .....	<b>Licencia/autor:</b> iStock.com/Trifonov_Evgeniy
<b>s. 125</b> .....	<b>Licencia/autor:</b> iStock.com/metamorworks
<b>s. 126</b> .....	<b>Licencia/autor:</b> iStock.com/Sinenkiy
<b>s. 128 a 129</b> .....	<b>Autor:</b> NASA/ESA/STScI
<b>s. 129 – portrét J. Tótha</b> .....	<b>Autor:</b> Tomáš Madeja
<b>s. 130</b> .....	<b>Autor:</b> NASA/JPL-Caltech
<b>s. 131</b> .....	<b>Autor:</b> archív J. Tótha
<b>s. 132</b> .....	<b>Autor:</b> archív J. Tótha

- s. 133** ..... **Licencia/autor:** iStock.com/Matteo Marchionni
- s. 136 hore** ..... **Licencia/autor:** iStock.com/photobyte\_sm
- s. 136 dole** ..... **Licencia/autor:** iStock.com/Brandon Moser
- s. 139** ..... **Autor:** NASA/Ames Research Center/Daniel Rutter



Desať rozhovorov s desiatimi vedcami naznačuje, kam smeruje vývoj a výskum v jednotlivých oblastiach a že ani vo vede nie je všetko čierno-biele. Sú plasty úžasný objav alebo je najvyšší čas ich nahradiť? Je umelá inteligencia hrozbou alebo nám pomôže vyriešiť problémy ľudstva? Vyhynú všetky živočíchy na Zemi alebo tomu dokážeme zvyšovaním poznania zabrániť? Kedy osídlime Mesiac? A uvidíme ho ešte vtedy zo Zeme? Budeme vedieť liečiť smrteľné choroby alebo skôr „vyrobiť“ deti, ktoré už choroby nebudú mať v genetickej výbave? A ako sa zmenia naše mestá a obydlia?

„Poznanie nikdy nebolo prekliatím, vždy obohacuje,“ zaznieva v knihe. Pri využívaní objavov a technológií je kľúčová naša ľudská zodpovednosť a morálka. „Len na nás záleží, ako dopadne hra, ktorú hráme,“ hovoria vedci.

[www.opii.gov.sk](http://www.opii.gov.sk)  
[www.opvai.sk](http://www.opvai.sk)

ISBN 978-80-8115-321-1



9 788081 153211