



PODZIM 2026

CEETOVINY

VŠB TECHNICKÁ
UNIVERZITA
OSTRAVA

CENTRUM ENERGETICKÝCH
A ENVIRONMENTÁLNÍCH
TECHNOLOGIÍ



TURN FOR
ENGLISH

4

VODÍK POD KONTROLOU

TRANSHYLAB PŘISPÍVÁ K BEZPEČNĚJŠÍMU VYUŽÍVÁNÍ VODÍKOVÝCH TECHNOLOGIÍ

12

MLADÍ VĚDCI CEET

VÝZKUM A MODELOVÁNÍ IZOLAČNÍCH PORUCH V PLYNEM IZOLOVANÝCH ROZVODNÁCH

20

CIRKULÁRNÍ EKONOMIKA V PRAXI

CHEMICKÁ RECYKLACE ODPADNÍCH PNEUMATIK A OPĚTOVNÉ VYUŽITÍ CENNÝCH SUROVIN

28

OCENĚNÍ Z KODANĚ

SUDIP BHATTACHARJEE HLEDÁ V CEET NOVÉ VYUŽITÍ CO₂

34

TÉMĚŘ 15 LET V LIDSKÉM TĚLE

CO ODHALILA ANALÝZA UMĚLÉ CHIRURGICKÉ SÍTKY POUŽÍVANÉ PŘI OPERACÍCH

42

OD PŘÍRODY K ALGORITMŮM

JAK PŘÍRODNÍ PRINCIPY POMÁHAJÍ ŘEŠIT SLOŽITÉ TECHNICKÉ PROBLÉMY

48

HMOTNOSTNÍ SPEKTROMETRIE V CEET

OD CHARAKTERIZACE MATERIÁLU K JEHO KATALYTICKÉMU CHOVÁNÍ

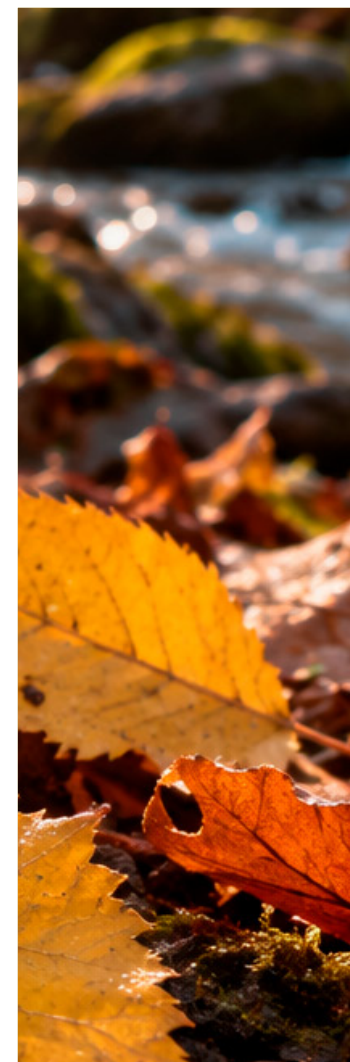
56

KLÍČ KE SVĚTU

CEET POMÁHÁ MLADÝM LIDEM ZÍSKAT PRVNÍ PRACOVNÍ ZKUŠENOSTI

60

SETKALI JSME SE



ÚVODNÍ SLOVO ŘEDITELE CEET

Milé čtenářky, milí čtenáři,

od začátku své vědecké kariéry zastávám názor, že věda se musí dělat především pro lidi.

Základní výzkum a nové poznání jsou pro rozvoj vědy nezbytné. Publikací ale podle mě cesta vědeckého výsledku končit nemá. Tam, kde je to možné, bychom měli nové poznatky dále rozvíjet a postupně je posouvat směrem k reálnému využití.

Právě společenský přínos považuji za jedno z nejdůležitějších měřítek úspěšného výzkumu. Může znamenat nižší spotřebu energie a emise, čistší vodu, bezpečnější technologie, efektivnější využívání surovin nebo lepší kvalitu života.

Proto pozitivně vnímám, že společenská relevance a dopad získávají větší význam také v hodnocení

vědy v rámci Metodiky 2025+. Vedle otázky, co jsme vytvořili, bychom se měli ptát také, komu tím můžeme pomoci a co se díky tomu může změnit.

Příběhy v tomto čísle CEETovin ukazují, že právě takovou cestou chceme v CEET jít – od nového poznání k řešení skutečných problémů.

A přesně takovou vědu bych chtěl, abychom v CEET dělali. Vědu, která posouvá naše poznání, ale zároveň hledá cestu, jak toto poznání využít ve prospěch společnosti. Vědu pro lidi..

Přeji Vám inspirativní čtení.

Stanislav Mišák
ředitel CEET



VODÍK POD KONTROLOU

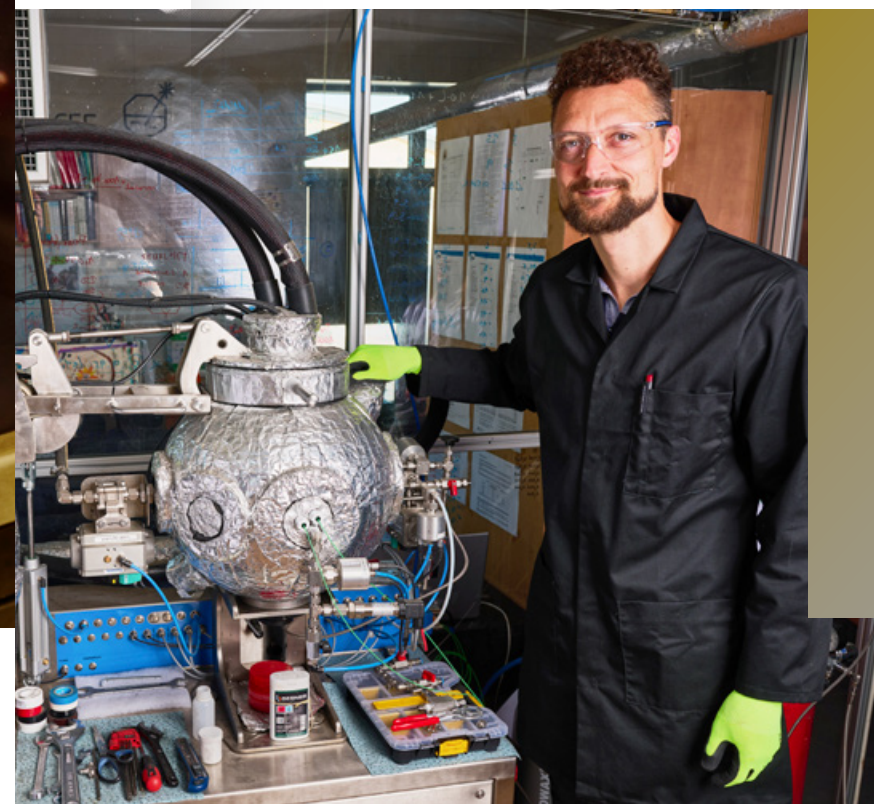
TÝMY A PROJEKTY

TRANSHYLAB PŘÍSPÍVÁ K BEZPEČNĚJŠÍMU VYUŽÍVÁNÍ VODÍKOVÝCH TECHNOLOGIÍ

Vodík může v budoucnu sehrát významnou roli v energetice i průmyslu. Jeho širší využití ale není jen otázkou výroby nebo ceny. Stejně důležité je, jak jej bezpečně skladovat a jak s ním zacházet. Jednou z možností jsou kovové hydridy čili materiály, které dokážou vodík navázat přímo do své struktury. Oproti vysokotlakým nádržím tak umožňují pracovat s vodíkem při nižších

tlacích. Ani tato technologie však není zcela bez rizika. Při opakovaném používání se kovové hydridy mohou rozpadat na jemný prášek, který může při kontaktu se vzduchem samovolně vzplnout a za určitých podmínek také explodovat. Právě bezpečným využitím těchto materiálů se zabývá mezinárodní projekt TransHyLab.

Na projektu spolupracuje Výzkumné energetické centrum (VEC) Centra energetických a environmentálních technologií (CEET) VŠB – Technické univerzity Ostrava s partnery z České republiky a Jižní Koreje. Výzkumníci chtějí lépe popsat chování kovových hydridů, najít způsob, jak jejich bezpečnost spolehlivě hodnotit, a získané poznatky převést do praxe.



Jan Skřínský

Jan se věnuje požární a výbušné bezpečnosti, zejména vodíkových technologií, alternativních paliv a nových energetických materiálů. Podílel se na vývoji experimentálních metod, technických standardů a bezpečnostní instrumentace pro laboratorní i průmyslovou praxi. Zkušenosti získával v českých i zahraničních výzkumných institucích a firmách. Technické a humanitní vzdělání nyní rozšiřuje studiem softwarového inženýrství, které využívá při analýze dat a automatizaci experimentů. Spolupracoval s více než 70 společnostmi a dlouhodobě se věnuje výuce a vedení studentů z Česka i zahraničí. Ve své práci propojuje vědní disciplíny a průmyslové zkušenosti s cílem přispívat k bezpečnějším technologiím a vzdělávání nové generace odborníků.

Co skrývá název TransHyLab?

Název TransHyLab vznikl spojením anglických slov Transfer, Hydrogen a Laboratory. Vystihuje tak podstatu projektu: přenést poznatky o bezpečnosti vodíkových technologií z laboratoří do průmyslového využití.

Tříletý projekt podpořený z programu SIGMA DC4 Technologické agentury ČR propojuje výzkumné instituce a firmy napříč kontinenty. Korejská společnost Wonil T&I Co., Ltd. vyvíjí materiály pro skladování vodíku. Korea Institute of Science and Technology (KIST) zkoumá, kolik vodíku dokážou pojmout, jak se jejich vlastnosti mění při opakovaném používání a za jakých podmínek je lze bezpečně využívat. V rámci CEET se do projektu zapojují vědci z VEC, jejichž úkolem je zjistit, jak se kovové hydridy chovají při požáru nebo výbuchu a co jejich nebezpečnost ovlivňuje.

Navržený experimentální přístup umožňuje propojit dva pohledy, které se obvykle zkoumají oddě-



leně: schopnost materiálu ukládat vodík a jeho chování při případné havárii. Vědci tak mohou u stejného materiálu sledovat nejen jeho schopnost vázat a uvolňovat vodík, ale také jak se chová z hlediska požární a výbuchové bezpečnosti. Na experimenty navazuje společnost IHAS s.r.o. Ta připravuje predikční modely a z naměřených dat vytváří veřejně přístupnou databázi bezpečnostních charakteristik kovových hydridů. Výsledky tak budou moci využít také další výzkumné a průmyslové subjekty a přispět k dalšímu rozvoji této perspektivní a dynamické oblasti.

Když se kov mění v hořlavý prach

Kovové hydridy jsou slitiny schopné vázat vodík ve své krystalické

struktuře. Nejde přitom jen o laboratorní koncept. Společnost Wonil T&I Co., Ltd. je využívá například v autonomních podmořských systémech nebo ve stacionárních úložistiích vodíku.

Klíčovou výzvou je však postupná degradace materiálu. Při každém cyklu, kdy hydrid vodík absorbuje a následně uvolní, se jeho struktura mírně mění. Původně kompaktní materiál se postupně rozpadá na stále menší částice. Čím jsou jemnější, tím větší mají měrný povrch a tím rychleji mohou reagovat se vzduchem. Vznikající jemný prášek se pak může po kontaktu s kyslíkem samovolně vznítit nebo vytvořit výbušnou směs.

Výzkumníci z VEC společně s KIST sledují, jak chemické složení, veli-

kost částic a množství navázaného vodíku ovlivňují samovznícení a výbuchové chování kovových hydridů. Získaná data mají pomoci při návrhu bezpečnějších materiálů i podmínek jejich používání. Součástí hodnocení je také environmentální posouzení metodou Life Cycle Assessment (LCA) v celém životním cyklu materiálu a možnosti zpracování a opětovného využití opotřebovaného hydridového prášku.

Experimentální výbuchový autokláv

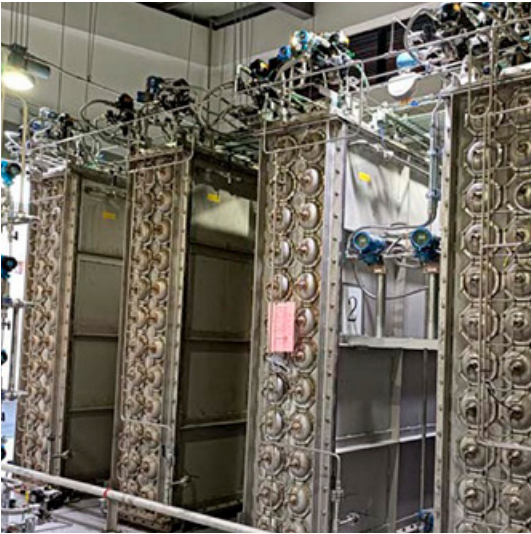
Pro experimentální výzkum vysoce reaktivních práškových materiálů používá tým VEC dvanáctilitrový výbuchový autokláv ze slitiny Hastelloy, který odolává vysokým teplotám, agresivním chemickým látkám i vysokému tlaku.

Aparatura umožňuje experimentálně sledovat průběh výbuchu a měřit bezpečnostní charakteristiky práškových materiálů podle

mezinárodně používaných metodik. V případě kovových hydridů ale běžné měření nestačí. Materiál totiž může reagovat už při samotném kontaktu se vzduchem. Zařízení proto bylo upraveno tak, aby vědci mohli pracovat s menšími vzorky, simulovat jejich opakované sycení vodíkem a následně sledovat, co se stane po přístupu vzduchu, a to bez použití běžného externího zdroje zapálení.

Cíl: Bezpečnější materiál bez ztráty jeho funkce

Vývoj začíná v laboratořích KIST. Kovové hydridy tam procházejí opakovanými cykly absorpce a uvolňování vodíku, které napodobují jejich dlouhodobé používání. Vzorky potom putují do Ostravy. Ve Výzkumném energetickém centru jsou poté za kontrolovaných podmínek vystaveny vzduchu a sleduje se, zda se samovolně vznítí a jak intenzivně případná reakce probíhá. Měří se například rychlost růstu výbuchového tlaku, koncentrace, od níž už může směs



explodovat, nebo množství energie potřebné k jejímu zapálení.

Projekt má konkrétní cíl: připravit kovový hydrid, jehož výbuchové charakteristiky budou přibližně o 20 % příznivější než u referenčního materiálu. Současně se však nesmí zhoršit jeho schopnost ukládat vodík. Výzkumníci proto mění složení slitiny a sledují, co jednotlivé prvky způsobují. Některé mohou ovlivnit sorpční a desorpční vlast-



nosti, jiné mechanickou stabilitu nebo náchylnost materiálu k samovznícení. Nejde tedy pouze o kapacitu materiálu. Stejně důležité je, jak spolehlivě vodík váže, udrží a opakovaně uvolňuje a jak se bude chovat po desítkách či stovkách provozních cyklů.

Mezinárodní stáže

Do experimentů se zapojili také tři zahraniční studenti z Berliner Hochschule für Technik v Německu, Università di Bologna v Itálii a Dalhousie University v Kanadě. Každý z nich se ve své diplomové

nebo doktorské práci zaměřuje na jiný prvek používaný v kovových hydridech. Výsledky mají pomoci rozlišit, které složky slitiny podporují samovznícení a jak se jejich vliv mění ve výsledném materiálu.

Součástí projektu jsou také výměnné pobyty mezi VŠB – Technickou univerzitou Ostrava a KIST. Korejsí studenti a vědci se v Ostravě seznámí s testováním požárních a výbuchových vlastností materiálů, zatímco studenti z VŠB-TUO budou moci v Koreji sledovat vývoj a testování samotných hydridových slitin.

TransHyLab tak propojuje vývoj materiálu, jeho schopnost ukládat vodík, bezpečnost při dlouhodobém provozu i environmentální hodnocení. Vedle KIST, Wonil T&I a VŠB – Technické univerzity Ostrava se na projektu podílejí také společnosti IHAS s.r.o. a OZM Research s.r.o. Výsledkem mají být nejen nové poznatky o chování kovových hydridů, ale také data a postupy využitelné při návrhu bezpečnějších vodíkových úložišť a při nastavování pravidel pro jejich provoz.

Jak takový výzkum vypadá přímo v laboratoři a jak se pracuje s materiálem, který může po kontaktu se vzduchem sám vzplanout? Nejen na tyto otázky jsme se zeptali hlavního řešitele projektu Jana Skřinského.

Jane, začněme hned první otázkou. Projekt TransHyLab propojil CEET s partnery z Jižní Koreje. Vzpomenete si na svou reakci, když jste se dozvěděl, že si korejská strana vybrala pro tento bezpečnostní výzkum právě vaši laboratoř?

Měl jsem z toho velkou radost. Pokud si instituce, jako je Korea Institute of Science and Technology, vybírá partnera pro výzkum bezpečnosti vodíkových technologií, je to především projev důvěry. Ve východní Asii se vodíkové technologie zavádějí ve velkém měřítku a otázce bezpečnosti se tam proto věnuje velká pozornost. Nestačí mít dobré přístroje. Je potřeba umět řešit také problémy, pro které

zatím neexistují standardizované postupy.

Naše laboratoř se dlouhodobě zabývá experimentálním hodnocením výbuchových vlastností pyroforických kovových hydridů a jejich vztahem ke schopnosti ukládat vodík. Spolupráci proto vnímám jako ocenění práce celého týmu a zároveň možnost porovnat naše postupy se zahraničními partnery.

Ve svém výzkumu používáte speciální dvanáctilitrový výbuchový autokláv. Řekněte mi, co toto zařízení dokáže zachytit a čím se liší od běžného laboratorního vybavení?

Pro měření výbuchových vlastností prachů se běžně používá dvacetilitrová výbuchová komora. Pro práci s vysoce reaktivními kovovými hydridy jsme však ve spolupráci se společností OZM Research vyvinuli speciální dvanáctilitrový výbuchový autokláv. Menší zkušební objem nám umožňuje

pracovat s menším množstvím vzorku a zařízení má současně vyšší tlakovou odolnost.

Komora navíc umožňuje simulovat cykly absorpce a desorpce vodíku při zvýšených teplotách. Potom můžeme do systému vpustit vzduch a sledovat, zda se materiál vznítí sám, bez dalšího iniciačního zdroje. Díky tomu vidíme, jak se chování hydridu mění podle množství navázaného vodíku, a současně můžeme změřit průběh případného výbuchu.

Málokdo tuší, že výbuchová komora se před experimenty musí „naladit“ podobně jako hudební nástroj. Co to v praxi znamená?

To přirovnání docela sedí. Hudební nástroj má při správném naladění vytvořit určitý tón, výbuchová komora zase musí při použití referenčního prachu opakovaně vytvořit přesně definovaný průběh výbuchu.

KAŽDÁ TECHNOLOGIE JE BEZPEČNÁ JEN DO TÉ MÍRY, DO JAKÉ ROZUMÍME JEJÍM HRANICÍM.

Naší „ladičkou“ je proto mezinárodně používaný referenční prach. Nestačí ale jen vložit vzorek a stisknout tlačítko. Musíme nastavit způsob rozptýlení prachu, směr trysek, časování iniciace a řadu dalších parametrů. Cílem je získat hodnoty odpovídající referenčnímu zařízení, na kterém byla měření provedena už před více než třiceti lety.

Když se nad tím zamyslíte, je v tom určitý paradox. Máme dnes mnohem modernější techniku, ale stále se potřebujeme dostat ke stejnému referenčnímu výsledku. Občas říkám, že dříve se moucha zabíjela plácačkou a dnes máme odstřelovačskou pušku. Samotná technika ale nestačí. Rozhodující je, kdo s ní pracuje a jak dobře metodě rozumí.

Vodík si veřejnost často spojuje především s vysokotlakými nádržemi. Proč se jako alternativa zkoumají právě metalhydridy a v čem mohou být výhodnější?

Většina lidí si vodík představí jako plyn stlačený na stovky barů. U kovových hydridů je princip jiný. Vodík se váže do struktury kovové slitiny, takže není uložen pouze jako volný stlačený plyn. Výhodou proto není jen nižší provozní tlak. Vodík je zároveň v materiálu vázán a jeho ukládání a uvolňování lze řídit například změnou teploty.

To je výhodné zejména u stacionárních úložišť, záložních zdrojů nebo systémů, kde se vodík opakovaně ukládá a uvolňuje. Materiál lze cyklovat a podle provozních podmínek přecházet mezi ukládáním a odběrem vodíku. Bezpečnostní problém tím ale nezmizí, jen se změní. U tlakové nádoby řešíte především vysoký tlak. U hydridu potřebujete vědět, co se s materiálem stane po stovkách cyklů ukládání a uvolňování vodíku. A právě tím se zabýváme.

Navažme na předešlou otázku. Metalhydridy jsou tvořeny několika různými kovy. Zajímalo by mě, jak může změna jediného prvku ve slitině ovlivnit schopnost ukládat vodík i riziko samovznícení?

Je to podobné jako s receptem. Změníte jednu ingredienci nebo její množství a výsledek může být úplně jiný. U kovových hydridů může jeden prvek zvýšit schopnost ukládat vodík, jiný ovlivní rychlost jeho uvolňování, další mechanickou stabilitu materiálu. Některé prvky mohou také zvýšit, nebo naopak snížit náchylnost k samovznícení.

Právě proto se snažíme nejdříve pochopit vliv jednotlivých složek a teprve potom hledat jejich vhodnou kombinaci. Nestačí vytvořit materiál, který uloží hodně vodíku. Musí zůstat bezpečný i při dlouhodobém používání.

Dosavadní výsledky naznačují významnou roli titanu při samovznícení. Byl to očekávaný výsledek, nebo vás chování tohoto kovu překvapilo?

U jemných kovových prášků nerozhoduje pouze to, o jaký prvek jde. Velkou roli má také měrný povrch částic, stav ochranné oxidické vrstvy, krystalické poruchy nebo rychlost oxidace. Titan je vůči kyslíku velmi reaktivní. Pokud se jeho ochranná vrstva naruší, může oxidovat velmi intenzivně a uvolnit přitom značné množství tepla.

V našich experimentech byl čistý titanový prášek reaktivnější než prášky zirkonu, vanadu, železa nebo hliníku. Ted' ověřujeme, zda se stejný efekt projeví také v reálných slitinách kovových hydridů.

Součástí projektu jsou také reciproční stáže českých a korejských studentů i výzkumníků. Jaký význam mají podle vás tyto výměnné

pobyty pro samotný výzkum a co mohou účastníkům přinést po odborné i osobní stránce?

Studentské stáže považují za jednu z nejcennějších částí projektu. Přístroj si můžete koupit, ale zkušenosti se předávají především společnou prací. Korejšť studenti se u nás naučí experimentálně hodnotit požární a výbuchové vlastnosti kovových hydridů. Naši studenti naopak uvidí, jak se nové materiály připravují a testují přímo v laboratořích KIST.

Každé pracoviště používá trochu jiné postupy a má jiné zkušenosti. Pobyt v zahraniční laboratoři proto člověku ukáže, že stejný problém lze řešit několika způsoby. Studenti si tak odvezou nové odborné znalosti, kontakty a zkušenost s prací v mezinárodním týmu. To jsou věci, které z učebnice získat nelze.

Kdybyste měl jednou větu shrnout, jaký by podle vás měl být hlavní přínos projektu TransHyLab, co byste řekl?



Pokud budou výsledky TransHyLab za deset nebo dvacet let stále používat výzkumníci a lidé z průmyslu, bude to nejlepší důkaz, že naše práce měla smysl.

MLADÍ VĚDCI

CEET

NAŠI VĚDCI

VÝZKUM A MODELOVÁNÍ IZOLAČNÍCH PORUCH V PLYNEM IZOLOVANÝCH ROZVODNÁCH

Přechod k udržitelné energetice, rozvoj obnovitelných zdrojů i rostoucí nároky na spolehlivost elektrických sítí přinášejí nové výzvy, které nelze řešit bez kvalitního výzkumu. Za technologiemi, které zajišťují bezpečný a stabilní přenos elektrické energie, stojí často práce vědců, jejichž jména zůstávají veřejnosti skryta. Jedním z nich je René Záruba, výzkumný pracovník Centra ENET, které je součástí Centra energetických a environmentálních technologií (CEET).

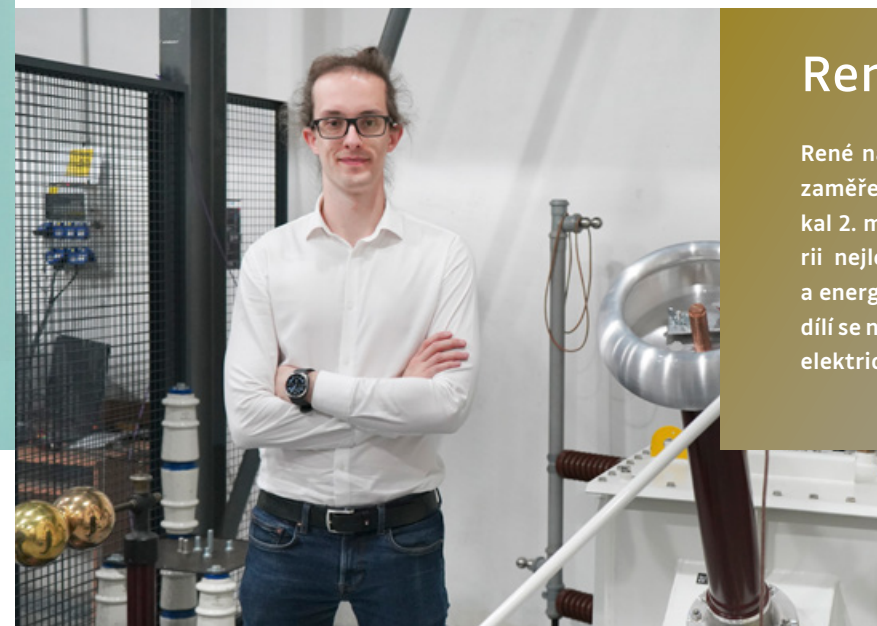


Ve své vědecké práci se věnuje vysokonapěťové technice, diagnostice elektrických zařízení a především spolehlivosti izolačních systémů. Ty mají zásadní význam pro bezpečný a dlouhodobý provoz elektrických zařízení, pro-

tože brání nežádoucím výbojům, zkratům a postupnému poškození technologie. Výzkum proto směřuje nejen k lepšímu pochopení vzniku poruch, ale také k jejich včasnému odhalení a prevenci závažných havárií.

René Záruba

René na sebe upozornil již během magisterského studia diplomovou prací zaměřenou na izolační poruchy v zapouzdřených rozvodech, za kterou získal 2. místo v prestižní soutěži Cena Wernera von Siemens 2025 v kategorii nejlepších diplomových prací zabývajících se chytrou infrastrukturou a energetikou. Ve svém doktorském studiu na tento výzkum navazuje a podílí se na projektech zaměřených na moderní elektroenergetiku, diagnostiku elektrických zařízení i hledání řešení pro energetiku budoucnosti.



Jak se zrodil jeho zájem o vysokonapěťovou techniku? Co obnáší výzkum elektrických výbojů a izolačních systémů? A jaké výzvy čekají elektroenergetiku v době rychlé proměny energetického sektoru? O tom všem jsme si s Reném Zárubou povídali v následujícím rozhovoru.

Začněme samotnou motivací. Co vás přivedlo právě k elektroenergetice a vysokonapěťové technice? Byla to oblast, která vás lákala už během studia, nebo jste se k ní dostal postupně?

Nebyla to úplně oblast, ke které bych od začátku směřoval. Po základní škole jsem se rozhodl studovat elektrotechniku se zaměřením na slaboproud. Teprve po maturitě mě začala více zajímat elektroenergetika, a když jsem nastoupil na VŠB-TUO, tak jsem se postupně dostal až k vysokonapěťové technice. Každá další etapa studia mě



posouvala o něco dál. V bakalářské práci jsem se věnoval Paschenovu zákonu, který popisuje elektrický přeskok v plynech, a v diplomové práci jsem se zaměřil na částečné výboje v plynech izolovaných rozvodnách. Právě to mě dostalo k tématu, kterému se dnes věnuji i v rámci doktorského studia a výzkumné práce.

Postřehl jsem, že vaše diplomová práce získala ocenění v soutěži Cena Wernera von Siemense. Čím si myslíte, že porotu zaujala, a co pro vás toto ocenění znamenalo?

Moje diplomová práce se zaměřuje na výzkum a modelování izolačních poruch v plynech izolovaných rozvodnách, které patří mezi hlavní prvky moderní energetické infrastruktury. Spolehlivost těchto zařízení má přímý vliv na bezpečný a stabilní přenos elektrické energie, takže jde o téma s velkým praktickým významem.

Myslím si, že porotu mohla zaujmout právě kombinace aktuálnosti tématu, jeho praktického přínosu a experimentální části práce. Samotné ocenění pro mě bylo

především potvrzením, že práce měla odbornou úroveň a že úsilí, které jsem jejímu zpracování věnoval, mělo smysl. Zároveň mě utvrdilo v tom, že oblast, které se věnuji, je aktuální a má význam nejen z vědeckého, ale i z praktického hlediska.

Téma zní poměrně složité. Jak byste laikovi vysvětlil, proč jsou právě izolační systémy tak důležitou součástí elektrických zařízení?

Izolační systém má v elektrických zařízeních jeden základní úkol. Zajistit, aby elektrický proud protékal pouze tam, kde má. Díky tomu mohou zařízení pracovat bezpečně, spolehlivě a po dlouhou dobu. Bez kvalitní izolace by mohlo docházet ke zkratům nebo k nechtěným elektrickým výbojům. Velká část vysokonapěťových zařízení by navíc musela být několikanásobně větší, protože jediným způsobem, jak zabránit přeskoku elektrického výboje mezi jednotlivými částmi, by bylo zvětšit jejich vzájemnou

vzdálenost. Právě proto se využívají speciální izolační materiály nebo plyny s vysokou elektrickou pevností, které umožňují stavět kompaktní a zároveň velmi spolehlivá zařízení, například plynem izolované rozvodny.

Ani moderní izolační systémy však nejsou zcela bezchybné. Drobné výrobní vady nebo nečistoty mohou vést ke vzniku částečných výbojů, které izolaci postupně poškozuji. Pokud se taková porucha včas neodhalí, může po letech provozu vyústit v závažnou havárii zařízení. Právě proto je výzkum izolačních systémů a metod jejich diagnostiky tak důležitý.

Ve své práci jste se věnoval také samotné fyzice elektrických výbojů, ionizaci plynů nebo průrazům izolace. Co vás na těchto jevech nejvíce fascinuje z vědeckého hlediska?

Na těchto jevech mě fascinuje především to, že prostředí, které

za běžných podmínek elektrický proud nevede, se může za určitých podmínek změnit ve vodivou cestu pro elektrický výboj. V případě částečných výbojů je navíc zajímavé, že nejde o jednorázovou poruchu, která izolaci okamžitě zničí. Jsou to



drobné výboje, které ji poškozuji postupně. Každý jednotlivý výboj způsobí nepatrnou degradaci, ale jejich dlouhodobé opakování vede ke zhoršování vlastností izolačního systému a po letech může vyústit až v jeho průraz.

Právě pochopení těchto mechanismů je stěžejní pro včasné odhalení poruch a prevenci nákladných havárií.

Zajímalo by mě, jak vlastně probíhá výzkum v této oblasti? Znamená to především práci v laboratoři, experimentování s vysokým napětím, nebo trávíte více času modelováním a analýzou dat?

Pokud bych se měl bavit o svých vlastních zkušenostech, tak velkou část tvoří experimenty v laboratoři. Je to často proces metodou pokus-omyl. Navrhnete experiment, připravíte vzorek a očekáváte určitý výsledek. Jenže místo částečných výbojů může při zvoleném napětí nastat rovnou průraz izolace nebo se objeví jiný jev, než jste předpokládali. Pak je potřeba experiment upravit a celý proces opakovat.

Teprve když se podaří vytvořit model nebo vzorek, který se chová podle očekávání a umožňuje spolehlivě sledovat

PRÁVĚ ZVĚDAVOST BÝVÁ NEJLEPŠÍM MOTOREM PRO VÝZKUM.

částečné výboje, přichází na řadu systematický sběr dat a jejich vyhodnocení. Experimentální část je tedy základem, na který navazuje analýza výsledků a jejich interpretace.

Mnoho lidí si také neuvědomuje, že práce ve vysokonapěťové laboratoři není jen o počítačích a měřicích přístrojích. Používané transformátory, zapouzďená zařízení nebo další vybavení bývají rozměrné a těžké, takže příprava experimentů je často poměrně náročná i po fyzické stránce.

Na elektrická zařízení jsou dnes kladeny stále vyšší požadavky na spolehlivost, účinnost i šetrnost k životnímu prostředí. Jaké změny podle vás čekají tuto oblast v nejbližších letech?

Energetika se dnes skutečně rychle mění, a proto se mění i požadavky na elektrická zařízení. To znamená, že bude potřeba přizpůsobit některé zavedené technologie novým podmínkám. Příkladem může být postupné omezování používání izolačního plynu SF₆, který má sice vynikající izolační vlastnosti, ale zároveň patří mezi skleníkové plyny s vysokým potenciálem globálního oteplování. Zapouzďené rozvodny nezmizí, ale budou využívat alternativní izolační média,

například syntetický vzduch nebo jiné moderní směsi plynů.

Tyto alternativy mají odlišné vlastnosti, a proto je nutné znovu ověřovat jejich chování, spolehlivost i možnosti diagnostiky. To je jen jeden z mnoha příkladů změn, které energetiku čekají. Výzkum proto bude i nadále hrát hlavní roli při hledání bezpečnějších, spolehlivějších a účinnějších řešení.

Podělte se s námi o to, na jakém výzkumu aktuálně pracujete. Navazuje nějakým způsobem na vaši diplomovou práci a kam se chcete ve svém výzkumu posunout během doktorského studia?

Diplomová práce mě vlastně nasměrovala k tématu, kterému se věnuji i v doktorském studiu. Zatímco v diplomové práci jsem se zabýval částečnými výboji v plynech izolovaných rozvodnách (GIS), nyní zkoumám jejich vznik

a chování ve specifických vnějších podmínkách, konkrétně při sníženém tlaku.

Aktuálně se zaměřuji na částečné výboje na deskách plošných spojů určených pro provoz ve vysokých nadmořských výškách, například v letecké technice. Cílem mého výzkumu je lépe porozumět těmto jevům a na základě experimentálních výsledků navrhnout doporučení pro konstrukci desek plošných spojů tak, aby byly v těchto podmínkách spolehlivější a bezpečnější. Výzkum se bude v průběhu doktorského studia přirozeně vyvíjet. To je ostatně na vědecké práci zajímavé, protože člověk má má určitý cíl, ale nové poznatky a výsledky experimentů často otevírají další otázky a směry, kterým se můžete věnovat.

Výzkum v elektroenergetice má často přímé využití v praxi. Spolupracujete už nyní s průmyslovými partnery nebo energetickými společnostmi? Jak se daří propojovat



akademický výzkum s reálnými potřebami provozu?

Propojení výzkumu s praxí je v našem oboru velmi důležité. Můj současný výzkum částečně navazuje na výsledky a zkušenosti získané při dřívější spolupráci našeho pracoviště se společností Honeywell. Společně s kolegy z výzkumné skupiny zároveň provádíme diagnostická měření elektrických zařízení přímo v provozu. Navštěvujeme průmyslové podniky, nemocnice, elektrárny i další objekty, kde vyhodnocujeme stav elektrických zařízení a jejich izolačních systémů. Díky tomu jsme v pravidelném kontaktu s reálnými problémy z praxe a získáváme cennou zpětnou vazbu, která pomáhá směřovat náš další výzkum.

Vědecká práce bývá spojována především s úspěchy, ale cesta k výsledkům bývá mnohem složitější. Vzpomínáte si na experiment nebo situaci, která vás během výzkumu opravdu

potrápila, ale nakonec vás něco naučila?

Takových situací je při výzkumu opravdu hodně. Je to vlastně jeho běžná součást. Jen výjimečně se stane, že všechno funguje napoprvé přesně podle plánu.



A když už se to povede, bývá to skoro až podezřelé. Právě z těch neúspěšných pokusů se člověk často naučí nejvíc, protože ho

přinutí lépe pochopit, proč se experiment choval jinak, než očekával.

Neplatí to ale jen pro samotné experimenty. Někdy se problém projeví až při zpracování dat nebo při analýze výsledků, kdy si člověk

uvědomí, že na úplném začátku zvolil nevhodný postup nebo přehlédl důležitý detail. V takové chvíli nezbývá než

se vrátit o několik kroků zpět a celý proces zopakovat. Je to sice frustrující, ale právě takové zkušenosti člověka naučí navrhovat další experimenty mnohem lépe.

Na závěr vám dám otázku, která se zaměří trochu na budoucnost. Kde byste chtěl být jako vědec za deset let? A co byste poradil studentům, kteří uvažují o tom, že se vydají cestou výzkumu v elektroenergetice?

Za deset let bych chtěl mít především dostatek zkušeností, podílet se na kvalitním výzkumu a mít za sebou několik odborných publikací v renomovaných vědeckých časopisech, které budou mít skutečný přínos pro obor. Doufám, že budu pracovat na zajímavých projektech a dál se věnovat tématům, která mají praktický význam pro elektroenergetiku. Studentům bych poradil, aby se nebáli projevit zájem a oslovit vyučující. Z vlastní zkušenosti vím, že na VŠB-TUO panuje velmi vstřícná atmosféra,



a pokud někoho nějaké téma opravdu zaujme, není problém zapojit se do výzkumu už během studia. Člověk si může vyzkoušet práci v laboratoři, podílet se na skutečných projektech a často si domluvit i téma závěrečné práce podle vlastních zájmů.

A ještě jednu věc bych studentům doporučil. Myslím si, že je důležité nezapomínat na to, co v člověku probouzí zvědavost. Právě ta

bývá nejlepším motorem pro výzkum. Když vás nějaký problém opravdu zaujme a chcete přijít na to, jak funguje, mnohem snáz překonáte i období, kdy se experiment nedaří, analýza dat zabere více času, než jste čekali, nebo je potřeba začít znovu. Bez opravdové zvědavosti a zájmu se totiž výzkum dlouhodobě dělá jen velmi těžko.

CIRKULÁRNÍ EKONOMIKA V PRAXI

V Ý Z K U M A I N O V A C E

CHEMICKÁ RECYKLACE ODPADNÍCH PNEUMATIK A OPĚTOVNÉ VYUŽITÍ CENNÝCH SUROVIN

Každý rok doslouží v Evropě zhruba 3 až 4 miliony tun pneumatik. S odpadními pneumatikami se dnes nakládá především dvěma způsoby: materiálovou recyklací a energetickým využitím. Podle evropských dat z roku 2019 připadalo přibližně 52 % na mechanickou recyklaci a 40 % na energetické využití. Přesné podíly se však liší podle roku a použité me-

todiky. Při materiálové recyklaci se pneumatiky drtí na granulát, který se následně využívá například k výrobě povrchů dětských a sportovních hřišť, protihlukových stěn a izolací nebo jako příměs do asfaltu. Při energetickém využití slouží díky vysoké výhřevnosti jako palivo, zejména v cementárnách a vápenkách, případně ve spalovnách.

Samostatnou cestou, která prodlužuje životnost pneumatik ještě před vznikem odpadu, je protektování. Pokud to stav pneumatiky dovolí, na nepoškozenou kostru se nanese nový běhoun. Tento postup se uplatňuje zejména u pneumatik nákladních vozidel. Ukládání celých i drcených odpadních pneumatik na skládky je v EU zakázáno, přesto část z nich stále končí mimo systém nakládání s odpady. Mohlo by se zdát, že problém s odpadními

Pavel Leštinský

Pavel je odborníkem v oblasti chemického a procesního inženýrství, specializuje se na návrh udržitelných technologií a optimalizaci environmentálních procesů v chemickém a energetickém průmyslu. V současnosti spolupracuje v rámci Národního centra kompetence polymerních materiálů a technologií pro 21. století se společností ORLEN Unipetrol na chemické recyklaci odpadních pneumatik. Téma chemické recyklace a zpracování odpadních materiálů stejně jako koncept cirkulární ekonomiky jsou dále řešeny a rozvíjeny v projektech na národní i mezinárodní úrovni. Od roku 2024 skupina řeší v rámci mezinárodní výzvy The Clean Energy Transition Partnership projekt s názvem: „Gasification and Electrolysis Novel Integration Used for Sustainable Fuels“.

pneumatikami vlastně neexistuje. Z pohledu cirkulární ekonomiky však zůstává otázkou, zda je vhodné tak velkou část tohoto materiálu spalovat, zda některé aplikace granulátu nepřispívají k uvolňování mikroplastů do životního prostředí a zda poptávka po povrchích hříšť, protihlukových stěn a izolacích není neomezená. Další otázkou je, zda je možné z pneumatik získat suroviny potřebné pro jejich výrobu, například gumárenské saze. Právě na tuto otázku hledá odpověď chemická recyklace odpadních pneumatik.

Když pneumatiku nespálíme, ale rozložíme

Jednou z nejperspektivnějších metod chemické recyklace je pyrolýza. Jde o termochemický proces, při kterém se odpadní pneumatiky zahřívají na vysokou teplotu bez přístupu kyslíku. Na rozdíl od spalování nedochází k jejich oxidaci/shoření, ale k řízenému rozkladu na několik produktů.

Při pyrolýze vznikají tři hlavní produkty: pyrolýzní plyn, pyrolýzní olej a pevný uhlíkatý zbytek označovaný jako recovered carbon black (rCB). Ocelové kordy se podle použité technologie oddělují před pyrolýzou nebo až po ní. Textilní vlákna je dobré oddělit před pyrolýzou. Každý z těchto produktů představuje cennou surovinu pro další zpracování. Pyrolýzní plyn tvoří směs vodíku, metanu, oxidu uhelnatého a dalších lehkých uhlovodíků. Obvykle pokrývá část energetické spotřeby samotného pyrolýzního procesu, nicméně po náročnější úpravě, zejména odsíření, může být využit i jinak. Pyrolýzní olej obsahuje široké spektrum uhlovodíků využitelných v chemickém a petrochemickém průmyslu, zatímco rCB představují perspektivní „alternativu“ ke komerčně vyráběným sazím. Cílem moderní chemické recyklace proto není pouze rozložit odpadní pneumatiku, ale co nejlépe zhodnotit vzniklé produkty a vrátit je zpět do materiálového oběhu.



Pyrolýza pneumatik se zkoumá již několik desetiletí. V posledních letech však v Evropě přibývají komerční průmyslové provozy zaměřené na zpracování odpadních pneumatik; například v Německu, Švédsku, Polsku, Maďarsku nebo i na Slovensku; a roste tak tlak na stabilní kvalitu jejich produktů.

Skutečná výzva začíná až po pyrolýze

Mohlo by se zdát, že samotným pyrolýzním rozložením pneumatik je problém vyřešen. Ve skutečnosti jde teprve o první krok. Produkty pyrolýzy musí splňovat požadavky průmyslu a musí pro ně existovat

stabilní odbyt. Nestačí je pouze vyrobit, ale musí mít stabilní složení, dostatečnou čistotu a vlastnosti, které umožní jejich další využití za přijatelných nákladů.

To platí zejména pro pyrolýzní olej, který obsahuje řadu chemicky zajímavých látek, například limonen využívaný při výrobě chemikálií a rozpouštědel. Aby však bylo možné limonen uplatnit jako průmyslovou surovinu, je nutné jej účinně oddělit od ostatních složek a zajistit jeho dostatečnou čistotu. Obdobná situace nastává u pevného uhlíkatého zbytku, tzv. rCB. Tento materiál by mohl částečně nahrazovat průmyslově vyráběné saze používané při výrobě pneumatik, plastů nebo pryžových výrobků. Různé typy pneumatik (letní vs. zimní, nákladní vs. osobní) však mají různé složení, a proto se liší i vlastnosti vznikajícího uhlíkatého materiálu. Výzkumníci proto hledají způsoby jeho čištění, odstranění minerálních příměsí, standardizace a úpravy tak, aby splňoval požadavky průmyslových odběratelů. Na tuto oblast

*CÍLEM CHEMICKÉ
RECYKLACE NENÍ
POUZE ROZLOŽIT
ODPADNÍ PNEUMATIKU,
ALE VRÁTIT JEJÍ
HODNOTNÉ SLOŽKY ZPĚT
DO MATERIÁLOVÉHO
OBĚHU.*

se dnes soustředí největší část výzkumu, včetně toho v laboratorních výzkumné skupiny Průmyslová chemie, z Centra energetických a environmentálních technologií, konkrétně z Institutu environmentálních technologií.

V rámci projektu „Pokročilá valorizace odpadních pneumatik na vysokohodnotný limonen a purifikované saze“, který je součástí Národního centra kompetence polymerních materiálů a technologií pro 21. století (PolyEnv21), se řešitelský tým nezaměřuje pouze na pyrolýzu a vliv jejích podmínek na kvalitu produktů. Zkoumá především, jak zvýšit hodnotu vzniklých produktů pomocí rafinačních a purifikačních procesů.

Cílem je proměnit pyrolýzní olej a rCB z technologických meziproduktů na suroviny, které budou moci dlouhodobě využívat chemický, petrochemický a gumárenský průmysl. Důležitou součástí projektu je proto také úzká spolupráce se společností ORLEN Unipetrol RPA. Pravidelná pracovní setkání umožňují porovnávat výsledky laboratorního výzkumu s reálnými požadavky průmyslových podniků a hledat cesty k převodu nových technologií do praxe.

Cesta k cirkulární ekonomice

Chemická recyklace pneumatik není pouze otázkou nakládání s odpady. Jde především o efektivnější využívání surovin. Pokud se podaří zajistit stabilní kvalitu rCB i látek získaných z pyrolýzního oleje, mohou se staré pneumatiky stát významným zdrojem druhotných surovin pro další výrobu. Nahrazení části primárních surovin může podle konkrétní technologie a způsobu využití produktů snížit energetickou náročnost i uhlíko-

vou stopu výroby. Výzkum se tak posouvá od otázky, jak odpadní pneumatiku zpracovat, k otázce, jak z ní získat suroviny se stabilními vlastnostmi a skutečným průmyslovým využitím.

Na možnosti chemické recyklace pneumatik, současné výzvy i budoucnost této technologie jsme se zeptali Pavla Leštinského, vedoucího výzkumné skupiny Průmyslové chemie a hlavního řešitele projektu.

Pavle, v předešlém textu jsme popsali, že budoucnost chemické recyklace závisí především na kvalitě vznikajících surovin. Co je dnes z vašeho pohledu největší překážkou, kterou je potřeba překonat?

Na začátek bych rád řekl, že chemická recyklace je doplňkem stávajících metod. Musíme si uvědomit také význam dosavadních způsobů zpracování. Cementářské pece potřebují

palivo, a pokud chceme omezit používání fosilních paliv, mohou být odpadní pneumatiky zajímavou alternativou. Síra v pneumatikách navíc může mít pozitivní vliv na kvalitu slínku. Při správném dávkování tak mají prokazatelný přínos pro ekonomiku provozu, ekologii i pro vlastnosti výsledného produktu. Obdobně musíme pohlížet také na chemickou recyklaci. Její produkty musí přinášet jasný užitek ve stávajících průmyslových technologiích, jinak to postrádá smysl.

Z mého pohledu je jednou z překážek pro překonání nedostatečná komunikace mezi průmyslem a „odpadáři“. Každá strana má svůj zavedený způsob podnikání a jejich propojení není snadné, protože obě strany budou muset udělat nějaké ústupky. Aniž bych to chtěl paušalizovat, pomyslná tíha na miskách vah leží také na straně „kovbojů“ s pyrolýzou. Ještě před pěti, deseti lety jsem běžně vídal prezentace technologií, které tvrdily, že

získaný uhlíkatý materiál lze bez problému použít jako pigment a tiskařskou čern. Přitom jde o jednu z nejnáročnějších aplikací sazí, jejichž parametrů často nedosahují ani běžné produkty ze sazoven. Plně proto chápu, že průmyslové partnery po dvaceti letech propagace podobných nesmyslů v oblasti pyrolýzních technologií zkrátka přešel zájem.

Vámi řešený projekt se zaměřuje na valorizaci pyrolýzního oleje a pevného uhlíkatého zbytku. Co si pod pojmem valorizace můžeme představit?

Pyrolýzní olej je směsice stovek až tisíců organických látek, především uhlovodíků. Kvůli obvykle vysokému obsahu síry však legislativně nesplňuje limity EU pro přímé využití, a to ani jako lehký topný olej. Je proto nutné jej zpracovat například vakuovou rektifikací a rozdělit podle bodů varu na jednotlivé frakce. V těchto frakcích se nalézají látky, které má smysl izolovat dalšími rafinačními procesy, například extraktivní

destilací nebo extrakcí kapalina-kapalina. Jednou z těchto látek je limonen.

Pevný uhlíkatý zbytek označovaný jako rCB (recovered carbon black) je rovněž směsí různých látek. Majoritní zastoupení v něm mají původní saze, které v pneumatice představují přibližně 25 až 30 % hmotnosti a během

pyrolýzy přecházejí do pevného uhlíkatého zbytku. Ten dále obsahuje anorganické přísady, jako jsou vulkanizační činidla (zejména zinek a síra) či minerální plniva (například SiO_2), dále pyrolýzní uhlík, polycyklické aromatické uhlovodíky (PAU) a další netěkavé nečistoty. Právě u rCB patří cesta k opětovnému využití k nejslibnějším. Velké

gumárenské společnosti již dnes zkoušejí nahrazovat rCB malou část komerčně vyráběných sazí při výrobě nových pneumatik, nicméně o širokém nasazení však zatím nelze mluvit. Receptury jednotlivých výrobců jsou specifické, avšak ne každé aplikaci vyhovuje vysoký obsah popela. Také saze obsažené v rCB mají vlivem pyrolýzy jiné vlastnosti

než panenské saze vyrobené v sazovně. Valorizace rCB tak zahrnuje purifikační procesy, zejména selektivní odstranění jednotlivých anorganických příměsí a obnovu/úpravu povrchu sazí.

Na vývoji spolupracujete také s průmyslovými partnery. Jak moc ovlivňují jejich požadavky směr vašeho výzkumu?

Průmysloví partneři jsou u tohoto typu výzkumných aktivit nepostradatelní. Jejich zpětná vazba drží výzkumnou činnost v rozumných mantinelech. Na projektu se přímo podílí ORLEN Unipetrol, který hodnotí potenciál a využitelnost frakcí z pyrolýzního oleje v rafinérském a petrochemickém průmyslu. To pomáhá s nastavením jednotlivých stupňů rafinace pyrolýzního oleje. Významně nám pomáhají také Plastikářský klastr a konsorcium firem sdružených v Národním centru kompetence polymerních materiálů a technologií pro 21. století.

Důležité jsou jejich požadavky na kvalitu rCB i poznatky o tom, co brání jeho využití v konkrétních aplikacích. Na jejich základě můžeme optimalizovat procesy purifikace rCB.

Zajímalo by mě, jak vidíte budoucnost chemické recyklace pneumatik v Evropě a jakou roli by v ní mohlo hrát Česko?

Podle našeho průzkumu trhu by v EU mohla v následujících letech celková zpracovatelská kapacita chemické recyklace odpadních pneumatik dosáhnout až 500 000 t/rok. Bavíme se o závodech, které již stojí a provozují se, které se staví, anebo se na základě schváleného procesu EIA začínají stavět. Ve srovnání s celkovým množstvím odpadních pneumatik jde přibližně o 12 až 17 %. Chemická recyklace tak bude doplňkem dnešních způsobů zpracování. Česko však v této oblasti může hrát také důležitou roli. Ve Vřesové se připravuje závod na chemickou recyklaci odpadních

pneumatik s plánovanou kapacitou přes 22 tisíc tun ročně. Projekt realizuje společný podnik SUAS reTire, který založily SUAS Ecology a německá technologická společnost Pyrum Innovations AG.

Kdybyste měl vybrat jednu věc, kterou by si měl čtenář z tohoto rozhovoru zapamatovat, co by to bylo?

Kdybych měl vybrat jednu věc, pak to, že pyrolýza sama o sobě není řešením, ale pouze jedním krokem celého procesu. Je to podobné jako při pečení dortu. Nestačí vložit suroviny do trouby. Záleží na jejich výběru i mísení a po upečení ještě následuje promazávání vrstev a zdobení, než se dort nakrájí a dostane na stůl. Stejně tak u pneumatik rozhoduje nejen samotná pyrolýza, ale také správná příprava vstupní suroviny a následné zpracování vzniklých produktů, aby našly skutečné využití v průmyslu. Pyrolýza je jen trouba, není to celý recept.



OCENĚNÍ Z KODANĚ

SUDIP BHATTACHARJEE HLEDÁ V CEET NOVÉ VYUŽITÍ CO₂

ROZHOVORY A OSOBNOSTI



Sudip Bhattacharjee z Centra energetických a environmentálních technologií (CEET) VŠB – Technické univerzity Ostrava získal Early Career Scientist Award na mezinárodní konferenci Catalytic

Chcete se o výzkumu dozvědět víc?
Podívejte se na videorozhovor s autorem.

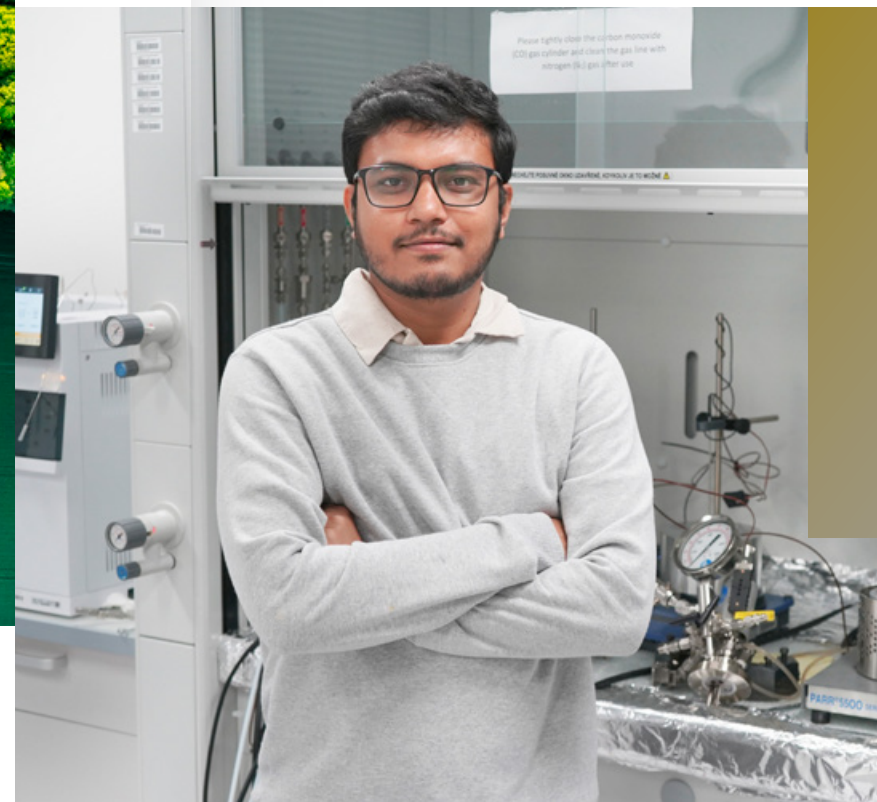
CO₂ Conversions Conference (CCC2026), která se konala v Kodani. Představil na ní výzkum atomárních katalyzátorů pro přeměnu oxidu uhličitého. Za odborným názvem se skrývá srozumitelný cíl. Hledat způsoby, jak CO₂ využít k výrobě užitečných chemických látek.

Oxid uhličitý jako surovina

Zachytit oxid uhličitý a proměnit jej v užitečnou látku jsou dva různé úkoly. Sudip Bhattacharjee se věnuje především tomu druhému. Vytváří katalyzátory čili látky, které urychlují chemické reakce, a zkoumá, jak s jejich pomocí využít uhlík obsažený v CO₂ při přípravě dalších sloučenin. Jeho výzkum zahrnuje například přeměny vedoucí k látkám využitelným při výrobě poly-

Sudip Bhattacharjee

Sudip je vědec v CEET na VŠB – Technické univerzitě Ostrava, který hledá způsoby, jak dát CO₂ druhý život. Zkoumá, jak lze plyn známý především svým podílem na změně klimatu přeměnit na užitečné chemické látky a paliva. Po dokončení doktorského studia v Indii v roce 2025 se připojil ke kolegům v Ostravě, aby svůj výzkum dále rozvíjel. V roce 2026 získal ocenění Early Career Scientist Award na mezinárodní konferenci o přeměně CO₂ v Kodani. Jeho práce má praktický cíl: pomoci vyrábět produkty, které potřebujeme, a to s menšími dopady na životní prostředí.





merů. Nejde tedy pouze o to, kam oxid uhličitý uložit, ale také o to, co z něj můžeme vyrobit.

Konkrétní příklad nabízí jeho práce propojující využití CO_2 a glycerolu, který vzniká jako vedlejší produkt při výrobě bionafty. Výzkumný tým ukázal, že pomocí vhodného katalyzátoru lze obě suroviny společně přeměňovat na soli kyseliny mravenčí a mléčné. Ty mohou být dále zpracovány na samotné kyseliny s uplatněním v chemickém průmyslu.

Samotné využití CO_2 přitom ještě automaticky neznamená nižší

emise. Rozhoduje také spotřeba a původ energie, potřebné vstupní látky i další osud výrobku. Smyslem výzkumu proto není pouze uskutečnit zajímavou chemickou přeměnu, ale hledat postupy, které mohou obstát i při hodnocení celého výrobního procesu.

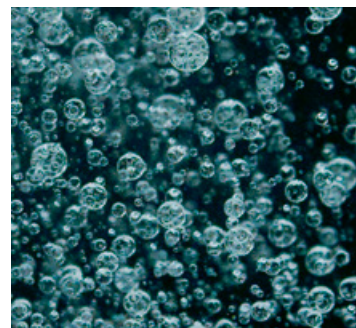
V CEET se zaměřuje na jednotlivé atomy

Této problematice se Bhattacharjee věnoval již během doktorského studia na Indian Association for the Cultivation of Science. Na svou práci nyní navazuje jako

postdoktorand v CEET pod vedením Radka Zbořila. Je zapojen do projektu REFRESH, kde se zaměřuje na vývoj pokročilých atomárních katalyzátorů pro přeměnu CO_2 .

Co si pod takovým katalyzátorem představit? Jednotlivé atomy kovu jsou ukotvené na pevném nosiči, místo aby tvořily větší kovové částice. Společně se svým bezprostředním okolím vytvářejí místa, na nichž může probíhat chemická reakce. Tento přístup umožňuje velmi účelně využívat kov a zkoumat, jak uspořádání aktivního místa ovlivňuje chování katalyzátoru.

Jak se ale takový materiál hledá? Co musí zvládnout, aby měl šanci na využití mimo laboratoř? A jakou roli v této cestě hrají kolegové, mentor i osobní motivace výzkumníka?



Z Kodaně jste si přivezl ocenění Early Career Scientist Award. Co pro vás toto uznání znamená a kterou myšlenku svého výzkumu jste chtěl tamnímu publiku předat?

Ocenění pro mě bylo velkým povzbuzením a uznáním mé výzkumné práce. Dodalo mi jistotu, že směr, kterým se ubírám, má význam i pro širší komunitu odborníků na katalýzu. Ještě důležitější ale byla příležitost sdílet své nápady s vědci, kteří se na přeměnu CO_2 dívají z různých úhlů pohledu.

Chtěl jsem především zdůraznit, že při využívání CO_2 bychom neměli zůstat jen u jeho chemického vázání. Potřebujeme vyvíjet katalyzátory, které co nejlépe využívají jednotlivé atomy kovu, a nové reakční postupy, které umožní přeměňovat CO_2 na skutečně hodnotné chemické látky. Přitom musíme řešit i energetickou náročnost a udržitelnost těchto procesů.

Kdybyste měl člověku mimo obor na jediném příkladu ukázat, proč má smysl vyrábět chemické látky z CO_2 , který příklad byste vybral a proč?

Ukázal bych, jak širokou škálu výrobků lze potenciálně vyrábět s využitím CO_2 jako zdroje uhlíku. Například polyuretany a polykarbonáty se používají při výrobě běžných předmětů, jako jsou židle, polštáře, kufrý na kolečkách a další spotřební zboží. CO_2 lze také využít k výrobě různých rozpouštědel a výchozích látek pro chemickou syntézu, které se běžně používají v laboratořích i v průmyslu.

Na těchto známých výrobcích se dobře vysvětluje základní myšlenka: CO_2 není jen odpadní plyn. Může být také cennou surovinou, která poskytuje uhlík pro výrobu chemických látek a materiálů, které používáme každý den.

To, že reakce funguje v laboratoři, ještě neznamená, že je technologie připravena k praktickému využití. Co považujete za největší překážku při zavádění procesů, na kterých pracujete, do praxe a jak se ji snažíte překonat?

Největší výzvou je převést proces do většího měřítka tak, aby dával smysl ekonomicky i z hlediska dopadů na životní prostředí. Katalyzátor může v laboratoři fungovat dobře, ale svou aktivitu a selektivitu si musí zachovat i v reálných provozních podmínkách. Musí být dlouhodobě





stabilní a celý proces musí umožňovat účinné oddělení produktů.

Proto se už od začátku snažím navrhovat katalyzátory s ohledem na podmínky jejich praktického použití. Zohledňuji přitom spotřebu energie, původ surovin, stabilitu katalyzátoru i získávání produktů z reakční směsi. Cílem není jen vyvinout zajímavou reakci, ale také proces se skutečným potenciálem pro uplatnění v praxi.

Řekněte mi, co vám pro váš výzkum přineslo působení v CEET? Můžete na konkrétním příkladu přiblížit, jak se vaše zkušenosti doplňují s odborností zdejších kolegů nebo zahraničních partnerů?

Mezioborové prostředí CEET mi pomohlo rozšířit záběr mého výzkumu. Sám mám zkušenosti především s porézními materiály a heterogenní katalýzou. Kolegové a zahraniční spolupracovníci je doplňují odbornými znalostmi

PŘEMĚNIT CO₂ NA UŽITEČNÉ PRODUKTY JE JEN ČÁST ÚKOLU. SKUTEČNÝM CÍLEM JE ZAJISTIT, ABY BYL CELÝ PROCES UDRŽITELNĚJŠÍ.

v oblasti jednoatomové katalýzy, pokročilých metod charakterizace materiálů, výpočetních metod a aplikací v energetice.

Díky propojení těchto znalostí jsem mohl rozvíjet nové výzkumné nápady, které spojují využívání CO₂, zhodnocování biomasy a udržitelnou katalýzu. Zároveň

mi tato spolupráce pomohla lépe porozumět mechanismům těchto procesů i možnostem jejich využití.

Vaším mentorem v CEET je Radek Zbořil. Jak spolupráce s ním ovlivňuje váš způsob přemýšlení o výzkumu, například při rozhodování, které otázky věnovat čas a kterým směrem se vydat?

Spolupráce s Radkem Zbořilem výrazně ovlivnila způsob, jakým přemýšlím o návrhu katalyzátorů. Stále více se soustředím na otázku, jak co nejlépe využít každý atom v katalyzátoru.

Jedním z hlavních problémů konvenční heterogenní katalýzy je to, že velká část atomů kovu

může zůstat neaktivní nebo nedostatečně využita. Zároveň ne vždy přesně rozumíme mechanismu reakce. Radek Zbořil mě vede k tomu, abych neusiloval pouze o vysokou aktivitu katalyzátoru, ale navrhoval materiály s přesně definovanými, dobře přístupnými a efektivně využívanými aktivními místy. Součástí tohoto přístupu je také porozumění jednotlivým krokům, jimiž reakce probíhá.

To mi pomohlo posunout se k racionálnějšímu návrhu katalyzátorů s větším důrazem na účinné využití jednotlivých atomů.

Když zrovna nejste v laboratoři, co vám pomáhá od výzkumu vypnout? Našel jste si už v Ostravě místo nebo aktivitu, ke kterým se rád vracíte?

Ve volném čase moc rád vyrážím na výlety autem a poznávám okolí Ostravy. Mezi má oblíbená místa patří Hlučínské jezero a místa podél řeky v Ostravě. Líbí se mi nejen zdejší krajina, ale také zeleň

a klidná atmosféra, díky nimž si odpočinu a načerpám novou energii.

V Ostravě jsou také krásná místa pro pěší výlety, kam rád vyrážím, kdykoli mám příležitost. Tyto malé úniky z laboratoře mi pomáhají odpočinout si od výzkumu a užít si zdejší přírodu.

Jakou myšlenku nebo poselství byste chtěl předat dalším výzkumníkům v oblasti katalýzy a využití CO₂, zejména těm, kteří teprve hledají vlastní vědeckou cestu?

Zůstaňte zvědaví, buďte trpěliví a vždy si klad'te otázku, jaký význam má váš výzkum i mimo laboratoř. Při využívání CO₂ bychom se neměli soustředit jen na konverzi a selektivitu, ale také na energetickou náročnost, udržitelnost a možnosti uplatnění v praxi.

Mladé vědce bych povzbudil k tomu, aby zkoušeli netradiční



nápady, učili se z neúspěchů a formulovali vlastní vědecké otázky. Ve výsledku nejde jen o to CO₂ spotřebovat, ale promyšleně využít uhlík, který obsahuje, a vytvořit z něj něco skutečně hodnotného.

TÉMĚŘ 15 LET V LIDSKÉM TĚLE

CO ODHALILA ANALÝZA UMĚLÉ CHIRURGICKÉ SÍTKY POUŽÍVANÉ PŘI OPERACÍCH

TÝMY A PROJEKTY



Výzkumníci z Centra nanotechnologií CEET VŠB-TUO se podíleli na analýze mimořádně vzácného vzorku. Materiálu, který byl při

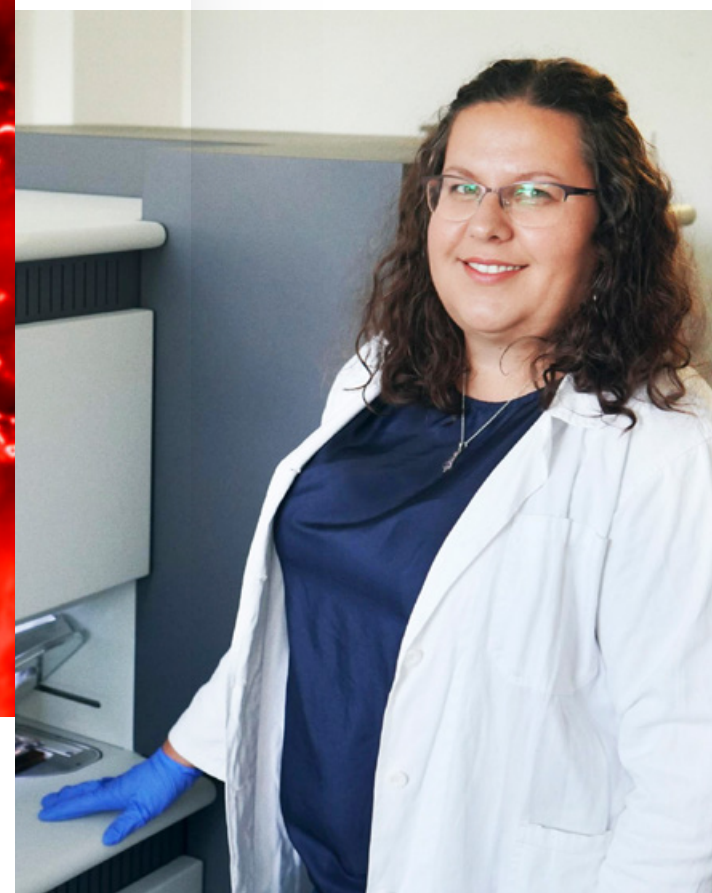
Chcete se o výzkumu dozvědět víc?
Podívejte se na videorozhovor s autorem.

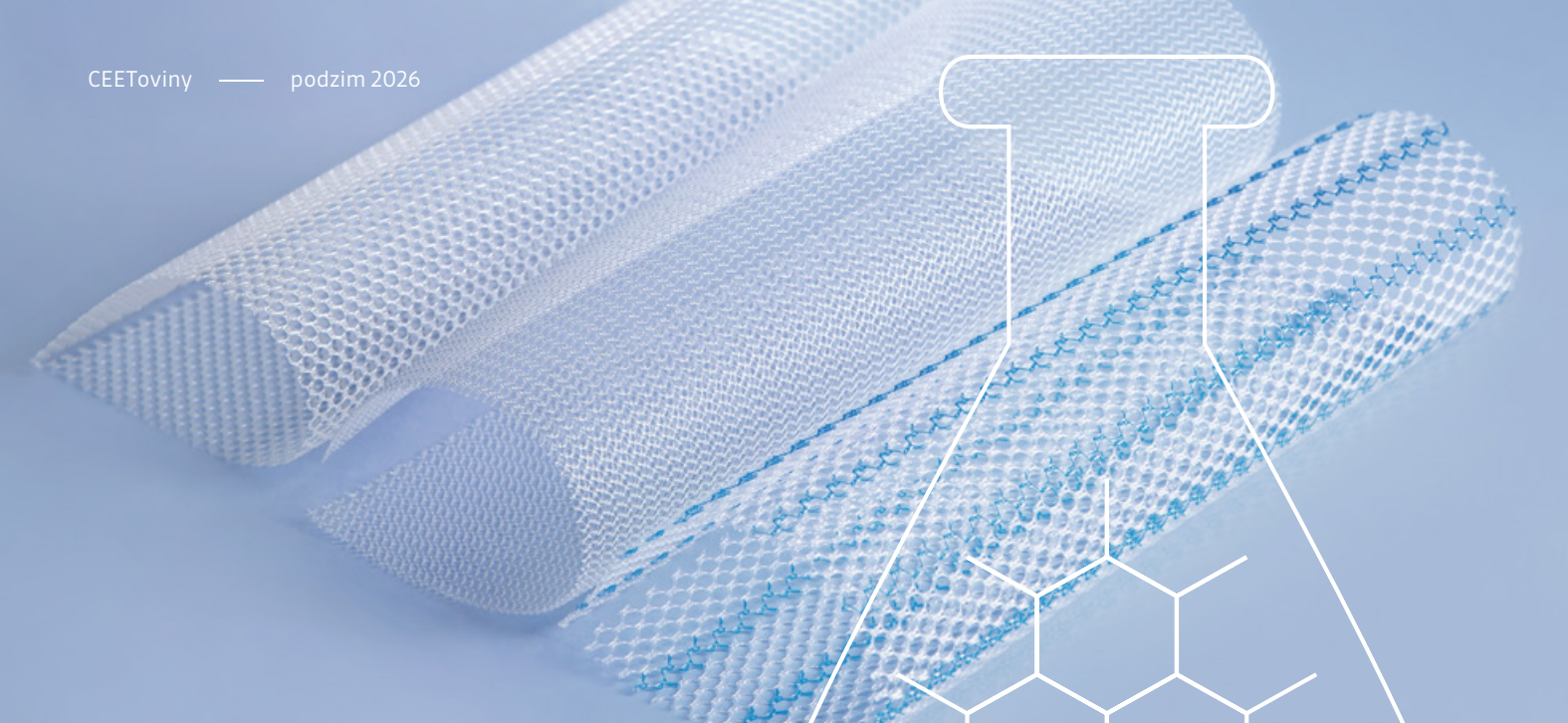
operaci vložen do lidského těla a zůstal v něm 14,7 roku. Pomocí elektronové mikroskopie a spektroskopických metod zkoumali jeho strukturní integritu, morfologii a chemické změny povrchu.

Plasty/polymery si většina z nás spojuje hlavně s obaly, lahvemi nebo výrobky každodenní potřeby. Některé z nich ale dostávají mnohem náročnější úkol, protože musí spolehlivě fungovat roky uvnitř lidského těla. Při některých operacích slouží například jako jemná síťovitá výztuž, která pomáhá podepřít oslabenou tkáň. Takový

Pavlaína Peikertová

Pavlaína je původním vzděláním fyzička, která svou profesní cestu postupně propojila s materiálovým výzkumem, nanotechnologiemi a environmentálními tématy. Vystudovala obecnou fyziku a biofyziku na Matematicko-fyzikální fakultě Univerzity Karlovy a doktorské studium absolvovala na VŠB-TUO v oboru chemická metalurgie. V Centru nanotechnologií CEET působí od roku 2011 a ve své vědecké práci se zaměřuje především na charakterizaci materiálů pomocí spektroskopických metod, zejména FTIR, Ramanovy spektroskopie a XPS. Její výzkumné aktivity zahrnují široké spektrum materiálů od nanomateriálů a nanokompozitů přes polymery a uhlíkaté materiály až po materiály spojené s environmentálními aplikacemi. Během své vědecké kariéry se zapojila do řady národních i mezinárodních výzkumných projektů a absolvovala několik zahraničních stáží, mimo jiné v USA a na Slovensku. Vedle výzkumu se věnuje také výuce, práci se studenty a aktivitám v oblasti správy výzkumných dat.





materiál je přitom dlouhodobě vystaven prostředí lidského organismu i mechanickému namáhání.

Právě takový vzorek se podařilo získat mezinárodnímu týmu z University of Sheffield, Sheffield Teaching Hospitals a Centra nanotechnologií CEET VŠB-TUO. Chirurgická síťka z polyethylentereftalátu, známého jako PET, byla do těla pacientky vložena v roce 2010 a odstraněna až v lednu 2025. V organismu tak strávila 176 měsíců, tedy 14,7 roku. Podobné dlouhodobě používané vzorky jsou pro materiálový výzkum velmi vzácné.

Vědci proto dostali jedinečnou možnost prozkoumat stav materiálu po téměř 15 letech v lidském organismu. Pomocí elektronové mikroskopie zjistili, že celková struktura zůstala z velké části zachována. Lokální poškození se objevovalo především v místech největšího mechanického namáhání, například v uzlech sítky a v okolí titanových fixačních prvků.

Spektroskopické analýzy zároveň ukázaly změny chemického složení povrchu materiálu, které mohou souviset s hydrolytickými anebo oxidačními procesy. Zjedno-

dušeně řečeno, zatímco samotná konstrukce zůstala z velké části zachována, na povrchu už byly patrné chemické změny související s dlouhodobým působením prostředí lidského organismu.

Studie publikovaná v časopise Materials Today Communications představuje podle autorů první materiálovou charakterizaci PET chirurgické sítky explantované po tomto typu operace. Protože měli vědci k dispozici pouze jediný vzorek, jsou výsledky především výchozím bodem pro další výzkum.

Na studii se podíleli naši kolegové Pavlína Peikertová a Jan Schäfer z Centra nanotechnologií CEET. O tom, jak může materiál vypadat po téměř 15 letech v lidském těle, ale také o vědecké práci, přístrojovém vybavení a o tom, co dnes umožňují moderní metody povrchové analýzy jsme si povídali s Pavlínou Peikertovou.

Pavlíno, jak se vůbec člověk z Ostravy dostane k chirurgické síťce, která byla téměř patnáct let implantována v těle pacientky ve Velké Británii, a jak spolupráce se Sheffieldem vznikla?

Za tím stojí dlouholetá spolupráce vedoucího mé skupiny v rámci projektu REFRESH, Honzy Schäfera, který s univerzitou v Sheffieldu spolupracuje už více než deset let. Já jsem se do spolupráce zapojila díky XPS analýze, protože se této metodě věnuji jako jeden z operátorů přístroje.

MATERIÁL MŮŽE NA PRVNÍ POHLED VYPADAT ZCELA NEPORUŠENĚ, V JEHO POVRCHOVÉ VRSTVĚ VŠAK JIŽ MOHOU PROBÍHAT CHEMICKÉ ZMĚNY.

Navázal bych částečně na první otázku. Čím byl pro vás tento konkrétní vzorek jako materiálovou vědkyni nejzajímavější? Je téměř patnáct let v lidském organismu z hlediska analýzy materiálu výjimečně dlouhá doba?

A bych pravdu řekla, pro mě má tento výzkum i osobní rozměr. Sama mám za sebou operaci, při které mi byla podobná síťka implantována. Zatím ji mám samozřejmě kratší dobu, ale právě proto mě velmi zajímalo, jak jsou tyto materiály stabilní a co se s nimi po letech v lidském těle děje, a to jak z pohledu pacientky, tak z pohledu materiálového výzkumu.

Unikátní je také samotný materiál. V tomto případě šlo o PET síťku, tedy typ, co se už moc nepoužívá. Dnes se setkáváme spíše se sítkami z polypropylenu. I z tohoto pohledu byl vzorek velmi zajímavý. A pokud jde o dobu implantace, téměř patnáct let je opravdu dlouhá doba. Když to s trochou nadsázky srovnám s délkou našich výzkumných projektů, je to časový horizont, ke kterému bychom se při běžném experimentu prakticky neměli šanci dostat. V rámci této spolupráce jsme už analyzovali i další explantované sítky, tentokrát právě z polypropylenu, a výsledky nyní připravujeme k publikaci. Ale o tom až příště.

Pojďme už k samotnému materiálu. Když jste síťku začali analyzovat, co vás na výsledcích nejvíce překvapilo? Čekali jste větší poškození, nebo naopak větší stabilitu materiálu?

Asi jsem před samotnou analýzou neměla žádná očekávání. Z pohledu pacientky bych si samozřejmě přála, aby poškození

bylo nulové, ale z hlediska zkušeností s materiály je jasné, že téměř patnáct let v prostředí lidského těla se na materiálu nějakým způsobem projeví. Samotná síťka se ale zdála být ve velmi dobrém stavu, její celková struktura zůstala zachována a nebylo patrné žádné rozsáhlé mechanické poškození. To mě po téměř patnácti letech vlastně docela překvapilo.

Elektronová mikroskopie ukázala, že velká část vláken zůstala zachována, zatímco poškození se soustředilo především do uzlů a okolí fixačních prvků. Co nám to říká o tom, jak bychom měli dlouhodobou životnost podobných materiálů posuzovat?

No, z jednoho vzorku samozřejmě nelze vytvořit obecný závěr o dlouhodobé životnosti těchto materiálů a sama osobně nemám tolik zkušeností s jejich mechanickými zkouškami. Obecně je ale poškození

v nejvíce namáhaných místech očekávatelné. Pro mě je zajímavé hlavně to, že z našich analýz vyplynulo, že nestačí hodnotit jen to, jak materiál vypadá nebo v jakém stavu je jeho celková struktura. Důležité jsou i změny probíhající přímo na jeho povrchu, které na první pohled vůbec nemusí být patrné.

Pomocí XPS jste se dívali jen do několika prvních nanometrů povrchu. Pro laika je přitom zajímavé, že materiál může vypadat téměř neporušeně, ale na jeho povrchu už dokážete odhalit chemické změny. Co všechno vám takto tenká vrstva dokáže o stárnutí materiálu prozradit?

Metoda XPS nám poskytuje informaci jen o několika nanometrech pod povrchem materiálu, což je ale z hlediska interakcí s okolním prostředím právě ta nejzajímavější část. Povrch je totiž první část materiálu, která přichází do kontaktu s prostředím lidského

organismu, a právě na rozhraní mezi materiálem a jeho okolím dochází k celé řadě interakcí. Může se tedy stát, že materiál jako celek se jeví jako velmi dobře zachovaný, ale jeho povrchová vrstva už vykazuje změny v chemickém složení. V našem případě jsme na povrchu zaznamenali změny v zastoupení jednotlivých chemických vazeb, které odpovídají hydrolytickým nebo oxidačním procesům. Vycházíme z dat pouze jedné PET síťky, proto jsme ve svých závěrech velmi opatrní.

Co byste potřebovali analyzovat dál, abyste mohli říci více o dlouhodobém chování těchto materiálů v lidském těle?

Každopádně analýza většího souboru vzorků by nám přinesla mnohem více informací, zvláště pokud bychom je mohli propojit také s anamnézou pacientů, kterým byly síťky explantovány. Zajímavé by bylo sledovat, jestli lze najít souvislost mezi stavem materiálu, dobou implantace



a případnými komplikacemi. Velmi důležité by bylo také srovnání s původním, neimplantovaným materiálem, který se nám v tomto případě bohužel nepodařilo získat.

Pojďme od tohoto konkrétního článku do trochu osobnější roviny. Jak jste se vlastně dostala

na VŠB-TUO a k materiálovým analýzám a co vás na této oblasti výzkumu stále baví?

Na VŠB-TUO jsem nastoupila k doktorskému studiu. Předtím jsem vystudovala biofyziku na Karlově Univerzitě, ale chtěla jsem se z Prahy vrátit zpátky

do Ostravy. Tak jsem se dostala k prof. Čapkové, tehdejší ředitelce Centra nanotechnologií. Původně jsem chtěla jen práci v laboratoři, ale ona mě hned hnala na doktorát. V rámci disertační práce jsem pak studovala brzdny otěr a jeho environmentální aspekty, především nanočástice, které se při brzdění uvolňují. A tehdy jsem začínala s Ramanovou a FTIR spektroskopií. Díky těmto metodám jsem spolupracovala s celou řadou kolegů jak od nás, tak i ze zahraničí.

A co mě na té práci baví? No hlavně ta různorodost, jeden den se můžu zabývat chirurgickými síťkami a druhý den kolegům pomáhat zjistit strukturu biocharů jako sorpčních materiálů. Rozhodně to není nuda.

Jaké materiály nebo výzkumné problémy dnes tvoří hlavní část vaší vlastní práce? Existuje nějaké téma, kterému byste se v příštích letech chtěla věnovat výrazně více?

Primárně jsem operátor pro FTIR, Ramanovu a XPS spektroskopii, kterou jsem si přidala až v rámci projektu Refresh. Ale tady zajišťuji měření pro kolegy a analyzuji nejrůznější materiály, se kterými za mnou přicházejí. Vedle toho mám ale na starosti také jeden dobíhající projekt TA ČR, který je zaměřený na self-healing vlastnosti brzdných materiálů. Takže se vlastně pořád částečně vracím k tématu, kterým jsem začínala už během doktorátu. Brzdy, částice, které se při brzdění uvolňují, a jejich možný vliv na lidské zdraví a životní prostředí mi stále přijdou jako velmi zajímavé téma.

XPS spektrometr Nexsa G2 (Thermo Fisher Scientific) je na centru k dispozici vlastně krátce. Co tato metoda dokáže a jaké možnosti otevírá?

XPS metoda má velkou povrchovou citlivost, kdy, jak jsem už říkala, se dostáváme pouze do několika nanometrů pod povrch materiálu. Takže



nám umožňuje studovat místa, kde dochází k prvním interakcím a změnám v materiálu, tedy je ideální například pro studium katalyzátorů nebo právě pro studium degradace materiálů. Umí také rozlišit i různé chemické stavy a formy. Možností jejího využití je celá řada. Zajímavá je také možnost korelovat XPS analýzu s elektronovou mikroskopií, podívat se tedy na konkrétní místo na vzorku a propojit informace o tom, jak vypadá, s informacemi o jeho chemickém složení. Tuto možnost zatím testujeme, ale právě do budoucna bych ji chtěla více rozvíjet.

Když se ohlédnete za svou dosavadní cestou ve vědě, co vám výzkum dal? A co byste řekla studentům nebo mladým lidem, které podobná práce láká, ale zatím si nejsou jistí, jestli je věda právě pro ně?

Když začneme tím, co mi moje působení ve vědě dalo, tak strašně moc. Především možnost



spolupracovat se skvělými lidmi, ať už u nás nebo v zahraničí. Díky projektům jsem se také podívala na spoustu zajímavých míst včetně USA. Setkání s vědou v jiných zemích formou účasti na konferencích nebo stážích jsou pro mě skvělou zkušeností. Člověk vidí, jak se pracuje jinde, pozná nové lidi a často získá i úplně jiný pohled na svou vlastní práci.

Ale nebudeme si nic nalhávat, občas je věda taky boj. Člověk sedí hodiny nebo dny nad analýzami, výsledky nedávají smysl a vlastně vůbec neví, co s nimi. A pak se najednou něco podaří, jednotlivé věci do sebe začnou zapadat, a právě tyhle momenty za to stojí. A pokud si někdo není jistý, jestli je věda právě pro něj, připomněla bych mu Schrödingerovu kočku. Dokud tu krabici neotevře a vědu si sám nezkusí, tak vlastně neví.

OD PŘÍRODY K ALGORITMŮM

JAK PŘÍRODNÍ
PRINCIPY POMÁHAJÍ
ŘEŠIT SLOŽITÉ
TECHNICKÉ PROBLÉMY

ROZHOVORY A OSOBNOSTI



Najít nejlepší možné řešení složitých technických problémů není jen otázkou výpočetního výkonu, ale také správně navržených algoritmů. Právě jejich vývoji se věnuje Mohamed Metwally Mahmoud. Ve svém výzkumu propojuje matematické principy s metodami umělé inteligence

a vytváří nové optimalizační algoritmy, které nacházejí uplatnění v celé řadě vědeckých i průmyslových oblastí. Zároveň se aktivně zapojuje do mezinárodní vědecké spolupráce a mimo jiné spolupracuje s Centrem energetických a environmentálních technologií (CEET).

Jeho práce se zaměřuje především na takzvané metaheuristické algoritmy čili na výpočetní metody inspirované přírodními procesy a chováním živých organismů. Stejně jako se například hejna ptáků nebo kolonie mravenců dokážou přizpůsobovat měnícím se podmínkám a společně hledat nejefektivnější cestu k cíli, mohou podobné principy využívat i počítačové algoritmy při řešení složitých optimalizačních úloh.



Mohamed Metwally Mahmoud

Mohamed je výzkumník v oblasti elektrotechniky a energetiky s více než devíti lety zkušeností z akademického prostředí a pěti lety praxe v průmyslu. Ve své práci propojuje umělou inteligenci, optimalizační metody inspirované přírodou a pokročilé řízení. Zaměřuje se zejména na obnovitelné zdroje energie, chytré sítě, akumulaci energie, elektromobilitu a inteligentní energetický management. Zároveň se zapojuje do mezinárodní vědecké spolupráce, mimo jiné s Centrem energetických a environmentálních technologií (CEET).

V následujícím rozhovoru jsme si povídali o jeho profesní cestě, inspiraci při vývoji nových algoritmů i o tom, jakou roli může umělá inteligence a pokročilá optimalizace sehrát při řešení budoucích technologických výzev.

Začněme hned otázkou na váš výzkum, ve kterém se zabýváte optimalizačními algoritmy inspirovanými přírodními procesy. Proč zrovna tento přístup a co vás na tomto oboru zaujalo?

Můj zájem začal jednoduchou otázkou: „Jak lze schopnost přírody přizpůsobovat se, učit se a spolupracovat převést do podoby výpočetních metod pro řešení složitých technických problémů?“

Mnoho reálných úloh je nelineárních, zahrnuje několik vzájemně si konkurujících cílů a odehrává se v neustále se měnících podmínkách. Klasické matematické metody si s takovou

složitostí ne vždy dokážou poradit. Optimalizace inspirovaná přírodou nabízí flexibilní způsob, jak prohledávat rozsáhlý prostor možných řešení, aniž by problém musel mít jednoduchou matematickou strukturu.

Nejvíce mě zajímá právě propojení přírodní inteligence, matematického modelování a praktického inženýrství. Myšlenka pozorovaná v přírodě se může proměnit v algoritmus, projít matematickým ověřením, a nakonec najít uplatnění například v obnovitelných zdrojích energie, chytrých sítích, akumulaci energie nebo pokročilém řízení.

Zajímavá myšlenka. Řekněte mi, jak se může chování pozorované v přírodě proměnit v počítačový algoritmus?

Příroda nabízí řadu strategií, jak se vyrovnávat s nejistotou, omezenými zdroji, spoluprací nebo nutností přizpůsobovat se změnám. Nejde však o to přírodu

jednoduše kopírovat, ale pochopit mechanismus, který za určitým chováním stojí, a převést jej do matematických pravidel. Představme si například hejno ptáků hledající potravu. Každý pták prozkoumává své okolí, ale zároveň využívá informace získané od ostatních členů skupiny. V optimalizačním algoritmu mohou jednotliví ptáci představovat různá kandidátní řešení, která se pohybují matematickým prostorem možných řešení a sdílejí informace o perspektivních oblastech.

Jednou z hlavních výzev je najít správnou rovnováhu mezi explorační, tedy hledáním nových možností a exploatací, kdy se algoritmus soustředí na již nalezená slibná řešení. Příliš mnoho explorační vede k neefektivnímu hledání, zatímco

přílišná exploatace může způsobit, že algoritmus uvízne v lokálním optimu. Vědecká hodnota proto nespočívá v samotné biologické analogii, ale v tom, zda lze daný princip přesně matematicky formulovat a zda skutečně přináší výpočetní výhodu.

Když už jsme nakousli algoritmy, řekněte mi, jak vlastně vzniká nový optimalizační algoritmus?

Neexistuje jediný výchozí bod. Nový algoritmus může vzniknout na základě pozorování přírodního jevu, matematické myšlenky nebo přímo z potřeby řešit konkrétní technický problém. Pokud inspirace přichází z přírody, je důležité identifikovat užitečný mechanismus, například adaptaci, spolupráci nebo

PŘÍRODA MŮŽE BÝT ZDROJEM INSPIRACE, ALE TEPRVE MATEMATIKA, DŮKLADNÉ TESTOVÁNÍ A OVĚŘENÍ V REÁLNÝCH TECHNICKÝCH APLIKACÍCH UKÁŽOU, ZDA JE NOVÝ ALGORITMUS SKUTEČNĚ UŽITEČNÝ.

konkrétní strategii vyhledávání, a vyjádřit jej matematicky. Samotná podobnost s přírodním jevem nestačí. Vývoj mohou iniciovat také praktické technické problémy. Systémy využívající obnovitelné zdroje energie nebo moderní elektrizační soustavy například pracují s nelineárním chováním, velkým množstvím omezení a rychle se měnícími provozními podmínkami. Pokud nejsou stávající metody dostatečně efektivní, může to

vést k hledání nových výpočetních strategií. Vývoj algoritmu proto vnímám jako kombinaci inspirace, matematiky, experimentování a potřeb reálného inženýrství.

Zajímalo by mě, jak zjistíte, zda je nový algoritmus skutečně lepší než stávající metody?

Vytvoření algoritmu je teprve začátek. Mnohem důležitější je ověřit, zda dokáže spolehlivě poskytovat konkurenceschopné výsledky. Prvním krokem bývá testování na standardních benchmarkových úlohách s různou mírou složitosti. Následně se nový algoritmus porovnává se zavedenými optimalizačními metodami za stejných podmínek a při srovnatelných výpočetních nárocích.

Protože metaheuristické algoritmy bývají zpravidla stochastické, jeden úspěšný výpočet sám o sobě příliš neprokazuje. Je nutné provádět opakované experimenty





a statistické analýzy, které ukážou, zda je pozorované zlepšení skutečně konzistentní a není pouze výsledkem náhody. Nakonec by měl být algoritmus ověřen i na skutečných technických problémech. Dobré výsledky na matematických benchmarcích jsou důležité, ale skutečná hodnota metody se nejlépe ukáže ve chvíli, kdy dokáže zlepšit účinnost, stabilitu, spolehlivost nebo řízení reálného systému.

Pokud bychom se bavili o reálném uplatnění, kde dnes vidíte největší praktický potenciál inteligentní optimalizace?

Jednou z nejperspektivnějších oblastí je energetika. Moderní energetické systémy stále častěji propojují fotovoltaické a větrné zdroje, bateriová úložiště, elektromobily, flexibilní spotřebu a další decentralizované zdroje. Jejich provoz se neustále mění v závislosti na počasí, spotřebě elektřiny nebo stavu

sítě. Optimalizace může například pomoci určit, kdy mají baterie nebo elektromobily energii ukládat či naopak dodávat, jak efektivně rozdělovat výkon mezi jednotlivé zdroje nebo jak udržovat stabilitu frekvence a napětí při současném snižování nákladů a lepším využívání obnovitelné energie.

Obecně optimalizaci vnímám jako most mezi daty a rozhodováním. Umělá inteligence dokáže analyzovat velké množství dat a předpovídat budoucí stav systému, zatímco optimalizační metody mohou určit, jaké konkrétní rozhodnutí je za daných omezení nejvhodnější. Stejně principy lze využít také ve výrobě, robotice, dopravě, logistice nebo při řízení průmyslových procesů.



Kontakt a spolupráce jsou ve vědě velmi důležité, jak do vašeho výzkumu zapadá spolupráce s CEET?

CEET nabízí interdisciplinární prostředí, které propojuje mou práci v oblasti inteligentní optimalizace, pokročilého řízení a obnovitelných zdrojů s širší odborností v energetických a environmentálních technologiích. Současné energetické výzvy nelze řešit pouze z pohledu jednoho oboru. Vyžadují znalosti elektrizačních soustav, obnovitelných zdrojů, akumulace energie, chytrých sítí, digitálních technologií a pokročilých výpočetních metod.

Pro mě tato spolupráce představuje příležitost propojit výpočetní přístupy s reálnými technickými problémy. Velký

potenciál vidím například v oblasti integrace obnovitelných zdrojů, inteligentního řízení energie, akumulace, elektromobility, chytrých sítí nebo optimalizace založené na umělé inteligenci. Mezinárodní spolupráce je navíc cenná tím, že propojuje různé odbornosti a pohledy na výzkumné problémy a může přinášet nové myšlenky, které by při samostatné práci vznikaly jen obtížně.

Několikrát jsme už nakousli téma umělé inteligence. Zajímalo by mě proto, jak rychlý rozvoj AI mění oblast optimalizace?

Umělá inteligence a optimalizace se stále více propojují. Modely strojového učení mohou například předpovídat chování systému nebo identifikovat perspektivní oblasti prostoru možných řešení, zatímco optimalizační algoritmy mohou tyto informace využívat při rozhodování. Budoucí optimalizační metody mohou být také mnohem adaptivnější a učit se, které strategie vyhledávání

fungují nejlépe v různých fázích řešení problému.

Tento vývoj přináší značné možnosti, ale také nové výzvy. Složité systémy založené na umělé inteligenci mohou vyžadovat značný výpočetní výkon a v kritických aplikacích, například v energetice, je zásadní také jejich spolehlivost a vysvětlitelnost. Musíme být schopni pochopit, proč inteligentní systém učinil konkrétní rozhodnutí, a zároveň zajistit, že je výsledné řešení fyzikálně smysluplné a bezpečné. Umělou inteligenci proto nevnímám jako náhradu optimalizace. Největší potenciál vidím v propojení schopnosti AI učit se a přizpůsobovat se se schopností optimalizačních metod matematicky přesně rozhodovat a pracovat s různými omezeními.

Na závěr položím „oblíbenou“ otázku. Co by si podle vás měli čtenáři z vašeho výzkumu odnést?

Chtěl bych, aby čtenáři viděli, že ke složitým technickým problémům lze někdy přistupovat z nečekaných směrů. Příroda, matematika a umělá inteligence mohou na první pohled působit jako velmi odlišné světy, ale jejich propojením mohou vznikat velmi účinné nástroje.

Příroda nabízí principy adaptace a spolupráce, matematika je převádí do přesných modelů a umělá inteligence může výsledné metody dále rozvíjet tak, aby byly adaptivnější a lépe pracovaly s daty. Pro mě je nejzajímavější právě cesta od pozorování k matematice, od matematiky k výpočtům, a nakonec od výpočtů k reálné technické aplikaci.

Konečným cílem není pouze vytvářet nové algoritmy. Smyslem je vyvíjet metody, které pomohou zvýšit účinnost, stabilitu, spolehlivost a udržitelnost moderních technických systémů. Právě na pomezí různých oborů často vznikají ty nejzajímavější inovace.

HMOTNOSTNÍ SPEKTROMETRIE V CEET

OD CHARAKTERIZACE MATERIÁLU K JEHO KATALYTICKÉMU CHOVÁNÍ

INFRASTRUKTURA

Jak účinně dokáže katalyzátor odstraňovat škodlivé látky a proč některé materiály fungují lépe než jiné? Samotné testy katalytické aktivity ukazují, jak se katalyzátor chová za konkrétních reakčních podmínek, nevysvětlují však, které jeho vlastnosti za tímto chováním stojí. Proto je důležitou součástí výzkumu také charakterizace katalytických materiálů. Pomocí různých metod lze zkoumat například redukovatelnost katalyzátoru, jeho interakci s různými plyny,

adsorpční a desorpční vlastnosti nebo velikost dostupného povrchu aktivních kovových složek. Propojení těchto informací s výsledky katalytických testů nám umožňuje lépe pochopit vztah mezi složením a vlastnostmi materiálu a jeho výslednou katalytickou aktivitou.

Propojením testování a podrobné charakterizace materiálů se zabývá výzkumná skupina Heterogenní katalýza v Laboratoři ochrany ovzduší Institutu environmentálních technologií CEET. Skupinu vede Kateřina Míčková Pacultová a na charakterizaci katalyzátorů se podílejí také Kateřina Karásková a Dagmar Fridrichová. Výzkum skupiny zahrnuje vývoj katalyzátorů pro čištění odpadních plynů ze stacionárních zdrojů, studium adsorpčních a desorpčních procesů i hledání souvislostí mezi strukturou materiálu a jeho katalytickou aktivitou.

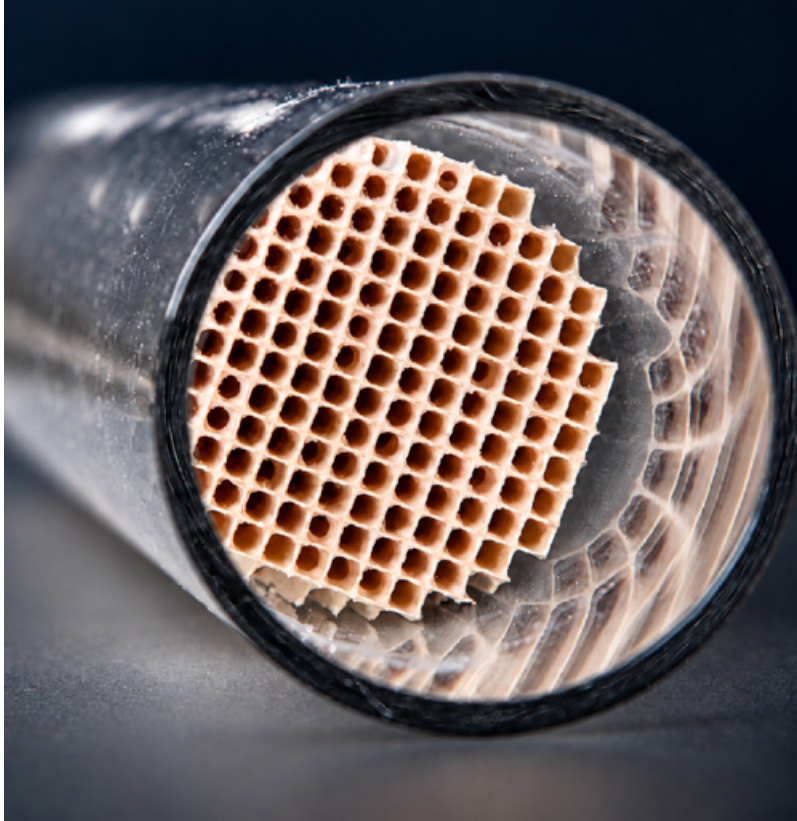
Kateřina Míčková Pacultová

Kateřina je vedoucí výzkumné skupiny Heterogenní katalýza. Ve své práci se zaměřuje především na katalytické reakce v plynné fázi, studium a charakterizaci katalyzátorů a adsorpčně-desorpční procesy. Zabývá se také kinetikou katalytických reakcí a modelováním jejich mechanismů. Vedle výzkumu a publikační činnosti se podílí na řešení výzkumných projektů a věnuje se vedení bakalářských, diplomových a doktorských prací.

Když samotný signál nestačí

V laboratoři využíváme propojení dvou přístrojů, které se při charakterizaci katalyzátorů vzájemně doplňují. Chemisorpční analyzátor AutoChem II 2920 od společnosti Micromeritics umožňuje přesně řídit teplotu vzorku a složení plynné atmosféry a pomocí tepelněvodivostního detektoru (TCD) zaznamenává změny ve složení plynné fáze během experimentu. TCD však poskytuje celkovou odezvu, ne vždy však umožňuje jednoznačně určit, která plynná složka je za pozorovanou změnu zodpovědná.

Proto je analyzátor propojen s hmotnostním spektrometrem HPR-20 EGA od Hiden Analytical, který umožňuje současně sledovat jednotlivé plynné složky. Kombinace obou metod tak poskytuje podrobnější informace o procesech probíhajících při charakterizaci katalyzátoru a pomáhá rozlišit děje, které se mohou odehrávat ve stejném teplotním rozmezí.



Konkrétní příklad popisuje Kateřina Karásková v příspěvku publikovaném na webu Hiden Analytical. Při teplotně programované redukci (TPR) umožnilo současné měření hmotnostním spektrometrem zjistit, že část signálu nesouvisela pouze s redukcí katalyzátoru, ale také s rozkladem dusičnanových látek přítomných ve vzorku. Zatímco samotný TCD záznam by tyto překrývající se procesy nedokázal jednoznačně rozlišit, hmotnostní spektrometrie umožnila

sledovat vznikající plynné produkty a správněji interpretovat naměřený profil.

Různé experimenty, odlišné otázky

Základem teplotně programovaných metod je sledování chování vzorku při řízené změně teploty. Redukční a oxidační experimenty pomáhají zjistit, za jakých podmínek a v jakém rozsahu se složky

katalyzátoru redukují nebo oxidují. Při desorpčních měřeních se naopak sleduje uvolňování dříve zachycených látek z povrchu. Množství uvolněného plynu a průběh jeho uvolňování poskytují informace o povrchových místech, na která se navázal.

Volba plynu přitom odpovídá konkrétní výzkumné otázce. Desorpce amoniaku slouží ke studiu kyselých míst, desorpce oxidu uhličitého ke zkoumání bazických míst. Experimenty s vodní párou pomáhají popsat interakci materiálu s vlhkostí. Laboratoř tak může zkoumat různé vlastnosti povrchu, které jsou důležité pro pochopení chování katalyzátoru.

Vhodně zvolené chemisorpční experimenty umožňují také stanovit dostupný povrch kovové složky a její disperzi, tedy podíl povrchových atomů kovu na jejich celkovém počtu. Výpočet vychází z množství navázaného plynu a předpokladů o jeho vazbě na povrch. Nejde tedy pouze o to, kolik kovu katalyzátor obsahuje, ale

také jaká jeho část je přístupná reagujícím molekulám.

Význam těchto měření spočívá v jejich propojení s testy katalytické aktivity, studiem kinetiky a další charakterizací materiálu. Hmotnostní spektrometr sám neposkytuje úplný obraz reakčního mechanismu, dodává však důležité podklady pro jeho interpretaci. Cílem je posunout se od zjištění, že katalyzátor funguje, k porozumění tomu, které vlastnosti jeho chování ovlivňují a na které se zaměřit při dalším vývoji.

Podrobnější přehled využívaných metod, konkrétních aplikací a odkazy na vědecké publikace z let 2025 a 2026 přináší příspěvek Kateřiny Karáskové Mass Spectrometry in Heterogeneous Catalysis na webu

Hiden Analytical.



Výzkum katalyzátorů není jen otázkou přístrojů a měření. V krátkém rozhovoru s Kateřinou Míčkovou Pacultovou se proto zaměříme také na dosud nezodpovězené otázky, cestu výsledků do praxe a spolupráci v týmu.

Kateřino, začněme tím, na čem právě pracujete. Na kterou otázku ve svém výzkumu zatím hledáte odpověď a kam by vás její zodpovězení posunulo?

Jedním z témat, kterému se v současnosti věnujeme, je přímý katalytický rozklad oxidu dusnatého. Tato reakce je studována už desítky let, přesto stále není zcela jasné, jak přesně probíhá a které vlastnosti katalyzátoru jsou pro ni rozhodující. Máme určité představy o mechanismu a víme, které vlastnosti materiálu by měly hrát důležitou roli. Pak ale připravíme dva zdánlivě velmi podobné katalyzátory a zjistíme, že se jejich chování výrazně liší. Nebo se objeví vzorek, který se

zachová úplně jinak, než bychom podle dosavadních poznatků očekávali. To je pro nás známka toho, že nám v pochopení toho, co se na povrchu katalyzátoru skutečně odehrává, stále něco uniká.

Nestačí nám proto pouze zjistit, který materiál je aktivnější. Chceme pochopit, proč tomu tak je a co přesně o jeho aktivitě rozhoduje. Vedle metod, které běžně používáme, proto chceme zapojit i další experimentální techniky, se kterými jsme dosud nepracovali a které nám umožní sledovat katalyzátor a děje na jeho povrchu z jiného úhlu. Cílem je postupně propojit informace o složení, struktuře a fyzikálně-chemických vlastnostech materiálu s jeho katalytickým chováním a získat ucelnější představu o mechanismu reakce. Právě to by nám v budoucnu mohlo umožnit navrhovat účinnější katalyzátory cíleněji, místo jejich hledání metodou pokus–omyl.

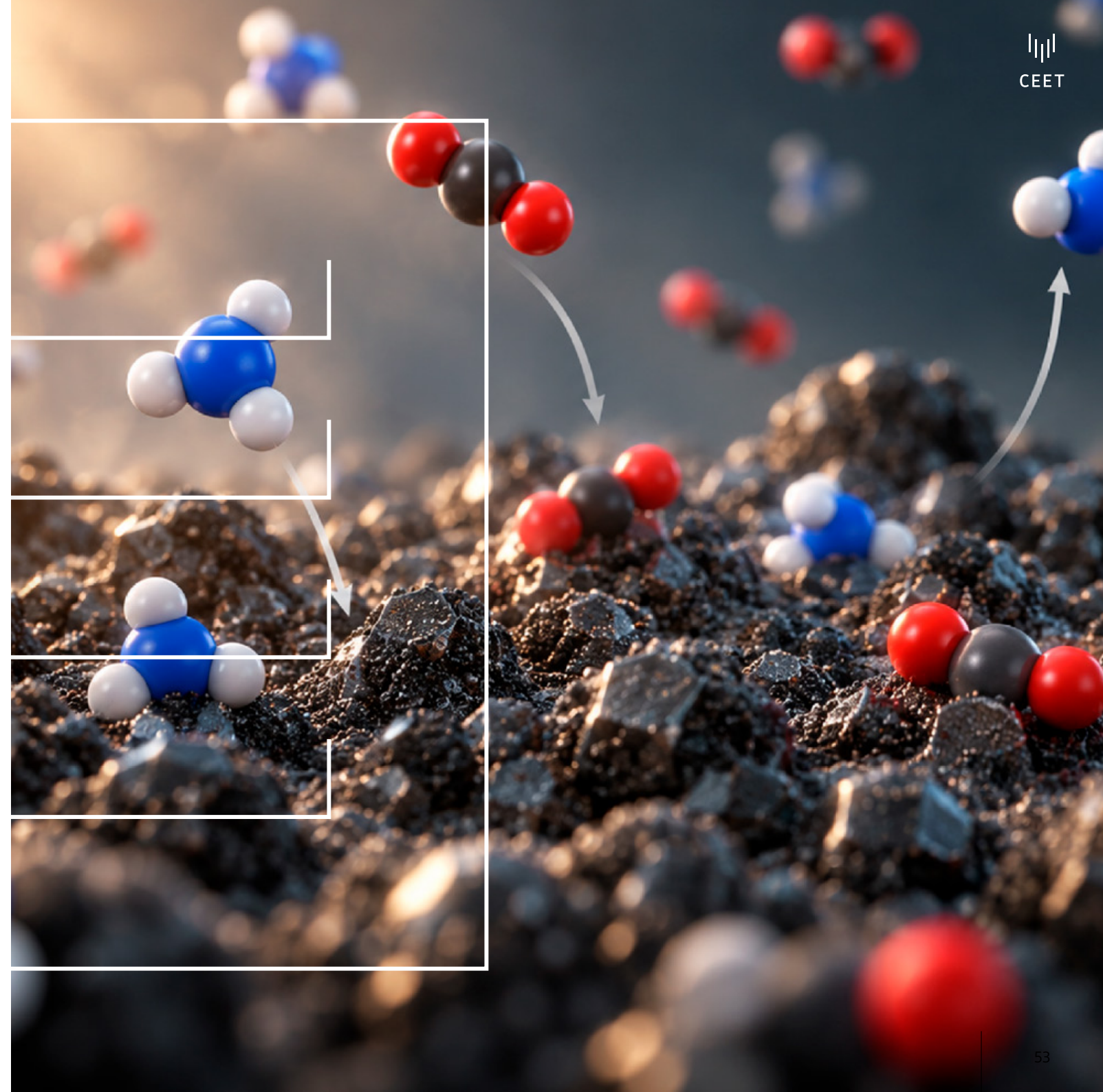
Pokud se z laboratoře posuneme do praxe, co kromě dobrých výsledků měření rozhoduje o tom, zda se katalyzátor uplatní i v průmyslovém provozu?

Dobré výsledky v laboratorním měřítku jsou vlastně jen začátek. Pokud chceme katalyzátor přenést do průmyslové praxe, nestačí jednoduše připravit místo několika gramů několik kilogramů stejného materiálu. Při zvětšování měřítka přípravy se mění podmínky procesu, například přenos tepla a hmoty, způsob míchání, srážení, sušení či tepelného zpracování. Výsledný materiál proto nemusí vykazovat stejné vlastnosti jako materiál připravený v laboratorním měřítku. Často je tedy potřeba navrhnout a optimalizovat prakticky celý nový technologický postup.

Další otázkou je samotná forma katalyzátoru. V laboratoři běžně testujeme práškové materiály, zatímco v průmyslovém reaktoru potřebujeme například pelety,

extrudáty nebo katalytické vrstvy. Při jejich přípravě se mohou změnit mechanické vlastnosti, porozita i dostupnost aktivních míst, a tím také výsledná katalytická aktivita. K tomu se přidává požadavek na dlouhodobou stabilitu, odolnost vůči reálnému složení plynů a samozřejmě cena surovin i výroby.

A ani technicky dobře fungující katalyzátor ještě nemusí automaticky najít průmyslové využití. Důležité je také to, zda pro něj existuje reálná potřeba a zda situace na trhu umožní nové technologii vstoupit mezi již zavedená řešení. O úspěchu proto nakonec nerozhoduje jen katalytická aktivita, ale celý řetězec od možnosti materiál reprodukovatelně vyrábět ve větším měřítku přes jeho provozní vlastnosti až po ekonomickou konkurenceschopnost a uplatnění na trhu.



**Vraťme se na chvíli
k samotným měřením.
Která část vyhodnocování dat
z hmotnostního spektrometru
vyžaduje nejvíc zkušeností?**

Nejvíce zkušeností podle
mě vyžaduje nejen samotná
interpretace signálů, ale
především vysvětlení toho,

proč je vlastně pozorujeme.
Hmotnostní spektrometr neměří
přímo konkrétní molekulu, ale
ionty charakterizované poměrem
hmotnosti k náboji. Jedna látka
tak může poskytovat několik
signálů, a naopak jeden signál
může odpovídat více látkám.
Už samotné přiřazení tedy
nemusí být vždy jednoznačné.

Ještě složitější je ale určit, co daný
výsledek skutečně znamená. První
vysvětlení, které nás napadne,
se někdy ukáže jako úplně jiné,
než jaký proces ve skutečnosti
probíhá. Do měření mohou
vstupovat nečistoty nebo zbytky
prekurzorů ve vzorku, překrývající
se procesy, artefakty měření,
nevhodně zvolený experimentální

postup nebo například to, že
systém před zahájením měření
nebyl dostatečně ustálený. Stejný
nebo velmi podobný signál proto
může v různých experimentech
znamenat něco jiného.

Při vyhodnocování je proto
důležité nedívat se na jednotlivý
signál izolovaně, ale vždy ho
posuzovat v kontextu celého
experimentu – sledovat více
signálů současně, znát historii
a složení vzorku, podmínky měření
a porovnávat výsledek s dalšími
charakterizačními metodami.
Právě rozlišit, zda sledujeme
skutečný děj na katalyzátoru,
vedlejší proces nebo pouze
artefakt měření, je podle mě část,
kde hrají zkušenosti největší roli.

**Zajímalo by mě také, jak se při
hledání odpovědí doplňujete
v týmu. Vybavíte si situaci, kdy
vás kolegyně nebo student
přivedlí k jinému pohledu na
řešený problém?**

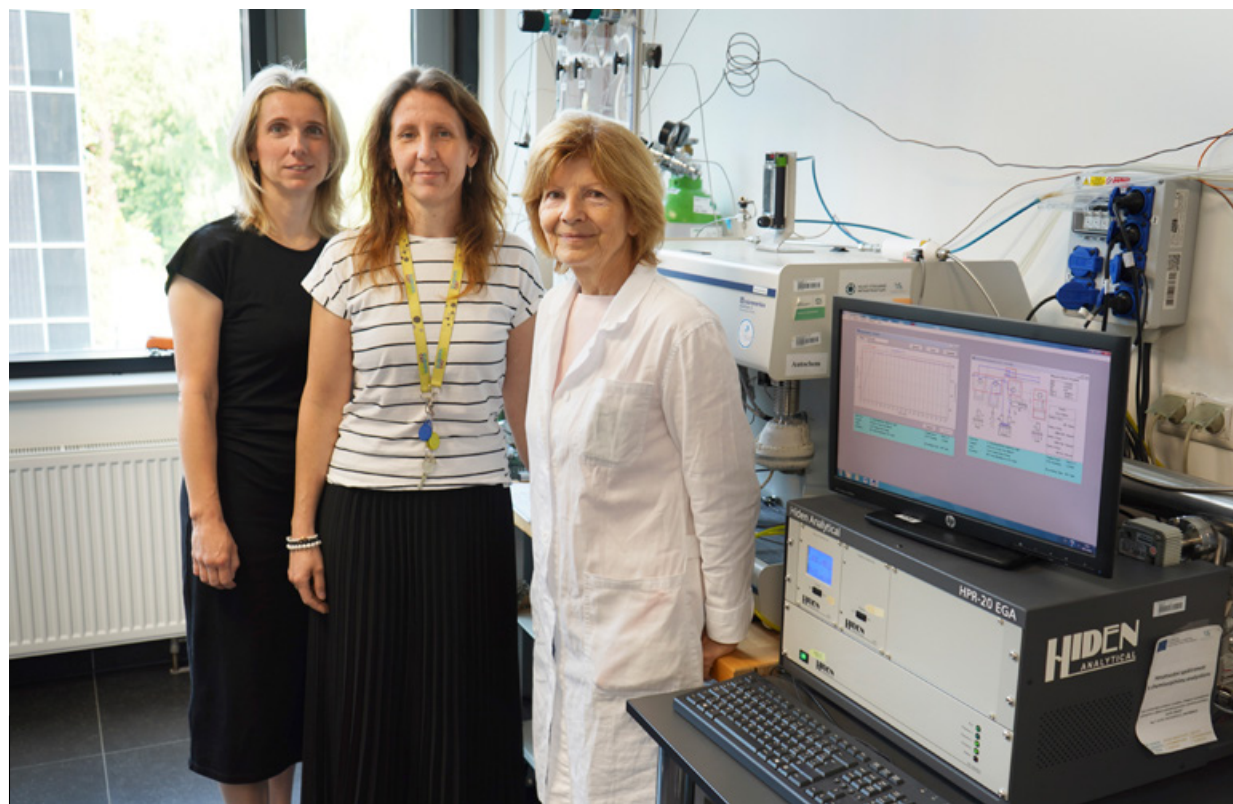
To se děje poměrně často
a podle mě je to jedna z důležitých

**NESTAČÍ NÁM POUZE
ZJISTIT, KTERÝ MATERIÁL
JE AKTIVNĚJŠÍ. CHCEME
POCHOPIT, PROČ TOMU
TAK JE A CO PŘESNĚ
O JEHO AKTIVITĚ
ROZHODUJE.**

součástí výzkumu. Každý se
na stejný problém dívá trochu
jinak podle svých zkušeností
a odborného zaměření. Někdo
si všimne změny ve struktuře
materiálu, jiný zajímavého
průběhu katalytického testu
nebo neobvyklého výsledku při
charakterizaci. Právě společná
diskuze a propojení výsledků
získaných různými metodami
často pomohou najít souvislosti,
které na první pohled nejsou
zřejmé. Někdy takový jiný pohled
vede k nové interpretaci výsledků,
jindy nás nasměruje k dalšímu
experimentu, který bychom
původně vůbec neplánovali.

**Na závěr trochu osobněji. Co
vám ve výzkumu přináší největší
radost? Je to dnes něco jiného
než na začátku vaší kariéry?**

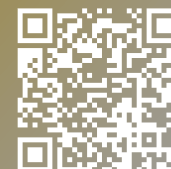
Pořád mě baví okamžik, kdy
začnou jednotlivé výsledky
dávat dohromady smysl. Člověk
má výsledky z několika různých
měření, zpočátku mezi nimi
nemusí být jasná souvislost, ale
postupně se začne skládat příběh,
který vysvětluje, proč se materiál
chová právě tak, jak se chová. To
se asi od začátku mé kariéry příliš
nezměnilo. Co se ale změnilo,
je radost z práce se studenty
a mladšími kolegy. Dnes už pro
mě není nejzajímavější jen vlastní
výsledek, ale také sledovat, jak se
studenti postupně učí samostatně
přemýšlet nad experimenty,
diskutovat výsledky a přicházet
s vlastními nápady. A samozřejmě
stále potěší, když experiment
dopadne přesně tak, jak jsme
předpokládali, i když ve výzkumu
je možná ještě zajímavější,
když nedopadne a musíme
přijít na to, proč.



KLÍČ KE SVĚTU

CEET POMÁHÁ MLADÝM LIDEM ZÍSKAT PRVNÍ PRACOVNÍ ZKUŠENOSTI

SPOLÉČENSKÁ ODPOVĚDNOST



Ve škole se připravuje na práci v hotelnictví, o prázdninách si ji mohla vyzkoušet v praxi. Studentka Klárka Nevolná strávila část léta v univerzitním Hotelu Garni díky projektu Klíč ke světu

Chcete se o projektu dozvědět víc? Podívejte se na video.

a zapojení Centra energetických a environmentálních technologií (CEET) VŠB – Technické univerzity Ostrava. Její zkušenost může být povzbuzením pro další mladé lidi z dětských domovů. Podobnou příležitost by CEET rádo nabídlo i dalším mladým lidem z dětských domovů a bylo jim oporou při prvních krocích do pracovního života.

Klára do spolupráce přinesla vlastní zájem o obor a znalosti z hotelové školy. CEET ve spolupráci s Dětským domovem v Opavě pomohlo najít místo, kde je mohla uplatnit. Tím místem byl Hotel Garni přímo v univerzitním kampusu. Dostala tak možnost poznat každodenní hotelový provoz a propojit školní přípravu se skutečnou prací. Právě taková zkušenost může mladému člověku pomoci lépe poznat své



O projektu

Projekt Svazu průmyslu a dopravy České republiky a Nadačního fondu Evy Pavlové Klíč ke světu spojuje mladé lidi z dětských domovů a azylových domů s firmami, které jim pomohou vstoupit do světa práce a samostatného života. Cílem iniciativy je poskytnout mladým lidem příležitosti k rozvoji praktických dovedností, pracovních zkušeností a odborného mentoringu, který jim pomůže postavit se na vlastní nohy.

**PRVNÍ PRAXE NEMUSÍ
ROZHODNOUT O CELÉ
BUDOUCNOSTI. MŮŽE
ALE POMOCI ZJISTIT,
CO ČLOVĚKA BAVÍ,
CO UŽ DOKÁŽE A CO
SE CHCE NAUČIT DÁL.**

schopnosti a získat jistotu v tom, čemu se chce věnovat.

O průběhu praxe hovořila Klárka společně s ředitelem CEET Stanislavem Mišákem na setkání v univerzitní aule. Za účasti první dámy Evy Pavlové zde partneři hodnotili pilotní rok projektu v Moravskoslezském kraji. Prostor tak dostaly nejen zkušenosti zapojených organizací, ale také pohled samotné studentky.

**Mít možnost začít.
A někoho, na koho se obrátit**

Klíč ke světu je společnou iniciativou Nadačního fondu Evy Pavlové

a Svazu průmyslu a dopravy ČR, za který projekt vede viceprezidentka Kateřina Kupková. Propojuje mladé lidi z dětských a azylových domů s firmami a institucemi, které jim mohou nabídnout pracovní zkušenosti i podporu při osamostatňování.

Někdy může být začátkem exkurze nebo workshop, jindy praxe v oboru či brigáda a první vlastní výdělek. Stejně důležitý může být zkušený kolega, který vysvětlí pracovní postup, poradí s novým úkolem a věnuje čas otázkám. Podpora může pokračovat také při hledání samostatného bydlení nebo možností obrátit se na někoho i po odchodu z dětského domova.

Pilotní rok ukázal, že každá taková spolupráce potřebuje trochu jiný přístup. Záleží na zájmech a potřebách mladého člověka i na možnostech dětského domova a zaměstnavatele. Smyslem není připravit pro všechny stejnou cestu, ale společně hledat takovou, která konkrétnímu člověku pomůže.

Projekt byl slavnostně zahájen 22. 4. 2025 na Pražském hradě a jeho pilotní podoba vznikla pro Moravskoslezský a Zlínský kraj. K iniciativě se připojuje také VŠB – Technická univerzita Ostrava.

„Iniciativu Klíč ke světu vnímám jako skvělou příležitost pomoci jedné z nejzranitelnějších skupin mladých lidí, a to dětem a studentům z dětských domovů. Tyto děti často vyrůstají bez přirozených vzorů, kterými jsou pro většinu z nás rodiče, a o to důležitější je nabídnout jim možnost poznat jiné prostředí, nové lidi a příležitosti, které jim mohou pomoci v jejich profesním i osobním rozvoji.

Za velmi cenné považuji, kam se iniciativa dokázala posunout během pouhého půlroku. Od prvních opatrných kroků a hledání možností spolupráce jsme se dostali ke konkrétním příběhům mladých lidí, kteří získávají první pracovní zkušenosti a možnost dále se rozvíjet. Slečna Klárka, náš nalezený diamant, je toho



skvělým příkladem. Zaujala nás svou motivací, sociální vyspělostí a svědomitostí a také ochotou svůj příběh sdílet a inspirovat ostatní.

A právě v tom vidím velký smysl této iniciativy. Chceme ostatním dětem říci: ‚Nebojte se udělat něco navíc a využít příležitosti, které se vám nabízejí. Nebojte se ani technického prostředí naší univerzity. Je zde řada možností a především lidí, kteří jsou připraveni vám pomoci.‘

Velké poděkování proto patří první dámě Evě Pavlové za

podporu této iniciativy, Svazu průmyslu a dopravy ČR za její konkrétní realizaci a samozřejmě Klárce a paní Zuzaně z Dětského domova v Opavě. Díky nim dnes můžeme sdílet dobrý příběh, kterým chceme inspirovat další,“ shrnul Stanislav Mišák, ředitel CEET.

**Příležitost také
pro další mladé lidi**

CEET by rádo na spolupráci s Klárou navázalo a pomohlo do projektu zapojit další mladé lidi z dětských domovů. Někteří už

vědí, jakému oboru se chtějí věnovat, jiným může právě setkání s pracovním prostředím pomoci objevit, co je zajímavé. Obojí má v projektu své místo.

Za uskutečněním Klářiny praxe stojí spolupráce CEET, Dětského domova v Opavě, Hotelu Garni, Nadačního fondu Evy Pavlové a Svazu průmyslu a dopravy ČR. Poděkování patří všem, kteří mladým lidem věnují čas, sdílejí s nimi zkušenosti a pomáhají jim zvládnout první pracovní úkoly.



SETKALI JSME SE

Nová energetická řešení vznikají i díky spolupráci

Hledání nových cest pro průmyslovou energetiku se neobejde bez sdílení zkušeností napříč obory a institucemi. Prostor pro takovou výměnu nabídl mezinárodní seminář **New Energy Solutions for Industry**, který v CEET uspořádalo Centrum nanotechnologií. Setkání propojilo řešitele strategických projektů REFRESH, MATUR, DMS MEET a CirkArena, mezi nimiž byli také odborníci z evropských univerzit a výzkumných institucí. Společným tématem byla nová energetická řešení a jejich možnosti využití v průmyslu.

Věda pro malé i velké badatele

Zvědavost nemá věkovou hranici. Potvrdil to i další ročník **Art & Science 2026**, během něhož náš stánek přilákal řadu návštěvníků, a to od těch nejmenších až po dospělé zájemce o vědu. Kolegové z Institutu environmentálních technologií CEET a Centra nanotechnologií CEET tak měli příležitost setkat se s veřejností a přiblížit jí svět výzkumu.





Odpad a zápach pod drobnohledem

Co dál s odpadem a odkud se šíří nepříjemný zápach? Otázky, které mají blízko ke každodennímu životu, jsou zároveň předmětem výzkumu kolegů z CEET. Svou práci zaměřenou na tato témata představili na **21. ročníku konference SDEWES**, kde ji sdíleli s mezinárodní odbornou komunitou.

Udržitelná energetika: z teorie do praxe

Nové poznatky získávají další rozměr, když najdou uplatnění v reálném světě. Právě jejich přenos do praxe a další rozvoj udržitelné energetiky byly cílem **29. ročníku International Energy and Environment Conference (IEEC)**. Konferenci uspořádalo Výzkumné energetické centrum CEET společně s Katedrou energetiky Fakulty strojní VŠB-TUO.





Katalýza: malá změna v reakci, velký potenciál pro průmysl

Chemické reakce mohou díky katalyzátorům probíhat rychleji a často i za mírnějších podmínek. Katalýza tak nabízí jednu z cest k udržitelnějšímu průmyslu. Právě tomuto oboru se věnovalo **17th Pannonian International Symposium on Catalysis**, které pořádala odborná skupina Katalýza České společnosti chemické. Kolegové z Institutu environmentálních technologií CEET se zapojili do organizace přímo na místě. Vedle odborníků ze zemí panonského regionu přijali pozvání také plenární řečníci z Itálie, Německa a Španělska.

říjen 2026

10. číslo newsletteru
Centra energetických
a environmentálních
technologií

Šéfredaktor
Matěj Šponiar

Redakce
Marie Jančíková, Štěpán Klos

Design a grafická úprava
Vladimír Ochman

Fotografie
CEET
archiv CEET
pexels.com
pixabay.com

Korektura
Vlasta Tobolíková, Martin Šnicher

Vydavatel
Centrum energetických
a environmentálních
technologií (CEET)

Vysoká škola báňská
– Technická univerzita Ostrava
17. listopadu 2172/15
708 00, Ostrava – Poruba
IČO: 61989100

Periodicita: čtvrtletní
Místo vydání: Ostrava

VŠB TECHNICKÁ
UNIVERZITA
OSTRAVA

CENTRUM ENERGETICKÝCH
A ENVIRONMENTÁLNÍCH
TECHNOLOGIÍ



ceet.vsb.cz

