

VŠB TECHNICKÁ  
UNIVERZITA  
OSTRAVA | CENTRUM ENERGETICKÝCH  
A ENVIRONMENTÁLNÍCH  
TECHNOLOGIÍ

VSB TECHNICAL  
UNIVERSITY  
OF OSTRAVA | CENTRE FOR ENERGY  
AND ENVIRONMENTAL  
TECHNOLOGIES



# NEWSLETTER



01-2025

## OBSAH



## CONTENT

Úvodní slovo	3	Introduction
Fischer-Tropsch technologie	4	Fischer-Tropsch Technology
Inovativní postup výroby vodíku	8	Innovative process for producing hydrogen
Rozhovor – Nasim UllaH	13	Interview – Nasim UllaH
Rozhovor – Karel Borovec	18	Interview – Karel Borovec
Rozhovor – Ernesto Salzano	26	Interview – Ernesto Salzano
Inovativní metody pro ukládání a skladování vodíku	31	Innovative Methods for Hydrogen Storage
Bórem dopovaný grafitický nitrid uhlíku	35	Boron-doped graphitic carbon nitride
CEET Workshop	39	CEET Workshop

in



f



@



Sledujte CEET  
na sociálních sítích

Follow CEET  
on social media

Vážené kolegyně, vážení kolegové, milí čtenáři,

pokračujeme v naší cestě sdílení novinek a zajímavostí ze světa vědy a výzkumu, který v Centru energetických a environmentálních technologií formuje budoucnost udržitelné energetiky.

V tomto vydání se zaměříme na perspektivy využití alternativních paliv s podporou Fischer-Tropsch technologie. Představíme inovativní přístup k výrobě vodíku, který otevírá nové možnosti pro efektivnější a emisně méně náročné energetické systémy. Dále se budeme věnovat pokročilým metodám ukládání a skladování vodíku, které jsou klíčové pro širší využití vodíkových technologií v nízkoemisním průmyslu, dopravě a energetice.

Nepřestáváme se věnovat ani materiálovým vědám. Tentokrát představíme bórem dopovaný grafitický nitrid uhlíku, který nabízí nové možnosti v oblasti katalýzy a energetiky.

Stejně jako v předchozích vydáních nebude chybět rozhovor s předními vědci, s nimiž spolupracujeme. Podělí se s námi o své poznatky a výzvy, které jejich obor přináší.

Speciálním obsahem tohoto čísla je obrazová rekapitulace prosincového Workshopu CEET – klíčové události pro naše centrum, která opět přinesla inspirativní diskuse a setkání odborníků napříč obory.

Věříme, že i tentokrát Vás newsletter zaujme, přinese užitečné informace a inspiraci. Děkujeme, že nás sledujete, a těšíme se na další sdílení poznatků.

S přáním příjemného čtení,

Dear colleagues, dear readers,

We continue our journey of sharing news and highlights from the world of science and research that is shaping the future of sustainable energy at the Centre for Energy and Environmental Technologies.

In this issue, we focus on the prospects of utilizing alternative fuels supported by Fischer-Tropsch technology. We introduce an innovative approach to hydrogen production, opening new possibilities for more efficient and lower-emission energy systems. Furthermore, we explore advanced methods of hydrogen storage, which are essential for the broader adoption of hydrogen technologies in low-emission industries, transportation, and energy sectors.

Our commitment to materials science remains strong. This time, we present boron-doped graphitic carbon nitride, offering new possibilities in catalysis and energy applications.

As in previous issues, you can look forward to an interview with leading scientists we cooperate with. They will share their findings and the challenges their field presents.

A special feature of this issue is a visual recap of the December CEET Workshop – a key event for our centre, once again bringing inspiring discussions and meetings with experts across disciplines.

We hope this newsletter captures your interest, provides useful information, and sparks inspiration. Thank you for following us, and we look forward to sharing more knowledge with you.

Wishing you a pleasant reading,

**Stanislav Mišák**

ředitel CEET / Director of CEET

## POSSIBILITIES FOR PRODUCING ALTERNATIVE FUELS FROM SYNTHESIS GAS USING FISCHER-TROPSCH TECHNOLOGY

### MOŽNOSTI VÝROBY ALTERNATIVNÍHO PALIVA ZE SYNTÉZNÍHO PLYNU POMOCÍ FISCHER-TROPSCH TECHNOLOGIE

Výroba alternativních paliv ze syntézního plynu pomocí Fischer-Tropsch (FT) technologie představuje inovativní směr s obrovským potenciálem, zejména v oblasti dekarbonizace a přechodu na obnovitelné zdroje energie. Tato technologie umožňuje výrobu syntetických paliv z různých nefosilních zdrojů, čímž nabízí udržitelnější alternativy k tradičním fosilním palivům.

The production of alternative fuels from synthesis gas using Fischer-Tropsch (FT) technology represents an innovative approach with huge potential, particularly in the fields of decarbonization and transitioning to renewable energy sources. This technology enables the production of synthetic fuels from various non-fossil resources, offering more sustainable alternatives to conventional fossil fuels.

### FISCHER-TROPSCH TECHNOLOGIE / FISCHER-TROPSCH TECHNOLOGY

#### Výzvy a potenciální řešení

S rostoucím důrazem na snižování emisí skleníkových plynů lze očekávat výrazný vliv na změnu sortimentu a kvality paliv pro silniční dopravu. Tento tlak se soustředí zejména na rozvoj alternativních paliv a pohonných systémů, které využívají odpad jako surovinu prostřednictvím různých pokročilých technologických procesů.

V současnosti existuje celosvětová poptávka po vývoji energeticky účinných, ekonomických a environmentálně šetrných procesů pro udržitelnou výrobu kapalných alternativních paliv jako náhrady chemických sloučenin vznikajících z ropy. Použití čistých alkoholů jako paliv je předmětem aktuálního výzkumu mnoha vědeckých týmů. Alkoholy se využívají jako alternativa ke konvenčním palivům pro motory s vnitřním spalováním, aby splnily některé environmentální a ekonomické požadavky.

Jedním z perspektivních způsobů výroby kapalných organických sloučenin s vysokým obsahem energie je FT syntéza. Jde o příklad heterogenně katalyzované reakce, při které se syntézní plyn transformuje na široké spektrum uhlovodíkových produktů. Tento technologický postup, známý jako GTL (Gas to Liquids), zahrnuje produkci vosků, kapalných uhlovodíků a reakční vody.

Fischer-Tropschova syntéza je variantou chemického i energetického využití komunálního odpadu, která se považuje za velmi perspektivní a v posledních letech je předmětem intenzivního výzkumu. Výroba syntézního plynu, základní suroviny pro FT syntézu, se nejčastěji realizuje zplyňováním nebo pyrolýzou. Výzkumné aktivity cílí na získání experimentálních dat potřebných pro hodnocení energetické hustoty materiálů vznikajících během zplyňování a syntézy kapalných paliv. Kombinace metod zplyňování paliv a následné syntézy kapalných paliv představuje pokročilý přístup vhodný pro efektivnější využití alternativních surovin.

#### Mikro-katalytická jednotka Fischer-Tropsch

Syntézní jednotka **Micro Catalyst Bed Fischer-Tropsch (MCB F-T)**, umístěná v laboratoři Výzkumného energetického centra CEET, slouží k vývoji a testování pokročilých metod výroby alternativních paliv. Tato jednotka využívá

#### Challenges and Potential Solutions

With the increasing emphasis on reducing greenhouse gas emissions, a significant impact on the range and quality of fuels for road transport is expected. This pressure is mainly focused on the development of alternative fuels and propulsion systems that use waste as a raw material through various advanced technological processes.

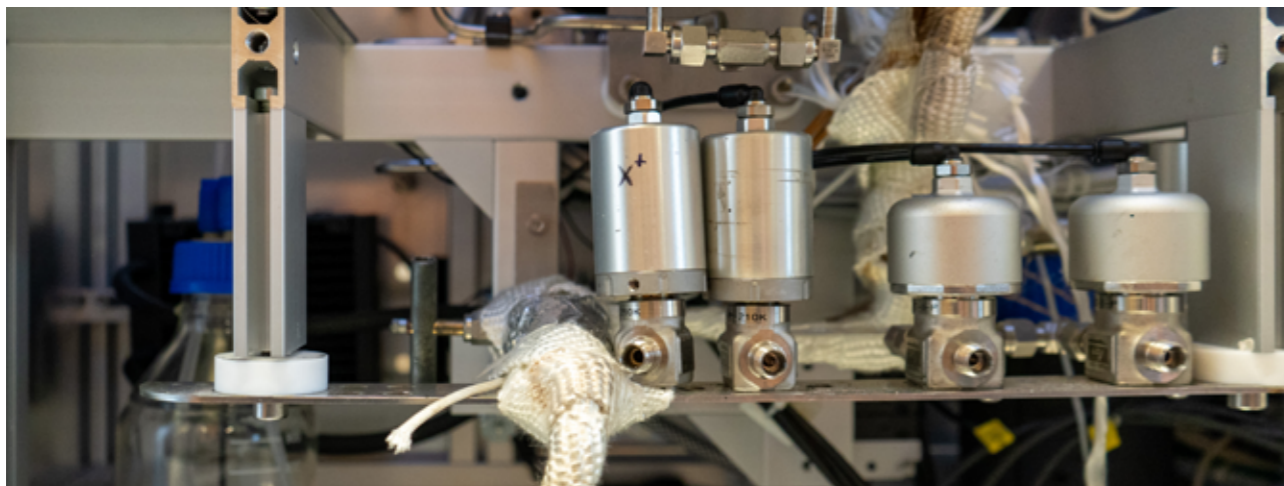
Currently, there is global demand for energy-efficient, economical, and environmentally friendly processes for the sustainable production of liquid alternative fuels as substitutes for chemical compounds derived from petroleum. The use of pure alcohols as fuels is the subject of ongoing research by numerous scientific teams. Alcohols serve as alternatives to conventional fuels for internal combustion engines, addressing specific environmental and economic requirements.

One promising method for producing high-energy-content liquid organic compounds is FT synthesis. This process exemplifies a heterogeneous catalytic reaction, where synthesis gas is transformed into a wide range of hydrocarbon products. Known as GTL (Gas to Liquids), this technological process includes the production of waxes, liquid hydrocarbons, and reaction water.

Fischer-Tropsch synthesis is a variant of the chemical and energy utilization of municipal waste, considered highly promising and the subject of intensive research in recent years. The production of synthesis gas, the fundamental raw material for FT synthesis, is most often achieved through gasification or pyrolysis. Research activities aim to obtain experimental data necessary for evaluating the energy density of materials generated during gasification and the synthesis of liquid fuels. The combination of gasification methods and subsequent liquid fuel synthesis represents an advanced approach suitable for the efficient utilization of alternative raw materials.

#### Micro-Catalytic Fischer-Tropsch Unit

The **Micro Catalyst Bed Fischer-Tropsch (MCB F-T)** synthesis unit, located in the laboratory of the Energy Research Centre CEET, is used for developing and testing advanced methods for alternative fuel production.



technologie mikro-katalytických reaktorů pro efektivní přeměnu syngasu na kapalné uhlovodíky, čímž přispívá k výzkumu udržitelných a ekologických energetických řešení.

Jednotka MCB F-T pracuje v nízko-průtokovém režimu (desítky litrů hodinově). Hlavní částí technologie je katalytický reaktor válcového tvaru umístěný v elektricky vyhřívané peci. Vnitřní část reaktoru vyplňuje směs částic inertního SiO<sub>2</sub> a sférického katalyzátoru o průměru 1 mm. Vzniklé vyšší uhlovodíky jsou po reakci dvoufázově odděleny od zbylého plynu v separačních modulech chlazením a odváděny do odběrových nádob k analýze.

### Role katalyzátorů

Katalyzátory hrají klíčovou roli v přeměně syntézního plynu (směsi vodíku a oxidu uhelnatého) na kapalná paliva. V průběhu času mohou ztrácet aktivitu vlivem deaktivčních procesů, což zvyšuje důležitost výzkumu různých typů katalyzátorů na bázi kobaltu, železa nebo mědi. Zvláštní pozornost je věnována vývoji stabilnějších katalyzátorů, například nanostrukturovaných nebo hybridních materiálů, které by mohly snížit náklady na jejich obnovu a zlepšit efektivitu procesu.

This unit employs micro-catalytic reactor technology to efficiently convert synthesis gas into liquid hydrocarbons, contributing to research on sustainable and environmentally friendly energy solutions.

The MCB F-T unit operates in a low-flow mode (tens of litres per hour). The core of the technology is a cylindrical catalytic reactor housed in an electrically heated furnace. The reactor's interior is filled with a mixture of inert SiO<sub>2</sub> particles and spherical catalyst particles with a diameter of 1 mm. The higher hydrocarbons produced are separated in two phases from the residual gas in separation modules through cooling and collected in containers for analysis.

### The Role of Catalysts

Catalysts play a crucial role in converting synthesis gas (a mixture of hydrogen and carbon monoxide) into liquid fuels. Over time, they may lose activity due to deactivation processes, highlighting the importance of researching various types of catalysts based on cobalt, iron, or copper. Special attention is given to developing more stable catalysts, such as nanostructured or hybrid materials, which could reduce regeneration costs and improve process efficiency.

Dalším významným faktorem jsou vnější podmínky konverzních reakcí, jako je teplota a tlak. Optimální teplotní rozmezí pro FT syntézu je 250–320 °C, přičemž tlak dosahuje 5–20 bar. Klíčovou roli hraje i správný poměr aktivních látek v plynu (H<sub>2</sub>, CO).

### Produkty FT syntézy

Výsledkem katalytické syntézy je tvorba vyšších uhlovodíkových molekul, například **Alkoholy** (převážně C3–C5), **Alkany** (C11–C20), **Alkeny** (C11–C15). Z těchto sloučenin lze rafinací získat směsi, které svým složením odpovídají komerčním pohonným hmotám.

### Potenciál a budoucí směřování

Technologie alternativních paliv a vodíkového hospodářství představují nejen odpověď na aktuální výzvy spojené s udržitelností, ale také příležitost definovat nový směr v energetice a průmyslu. Fischer-Tropschova technologie umožňuje přeměnu odpadu na vysoce hodnotná paliva splňující přísné environmentální požadavky.

Naše výzkumné aktivity se zaměřují na transformaci těchto inovací z teoretických konceptů na praktická řešení. Vidíme budoucnost, kde vodík hraje klíčovou roli nejen jako zdroj energie, ale i jako surovina pro průmyslové procesy. Budoucí plány zahrnují rozšíření spolupráce na evropské úrovni, zapojení do klíčových výzkumných projektů a přenos technologií do průmyslové praxe.

External conditions of the conversion reactions, such as temperature and pressure, are also critical factors. The optimal temperature range for FT synthesis is 250–320 °C, with pressures reaching 5–20 bar. The correct ratio of active gas components (H<sub>2</sub>, CO) also plays a pivotal role.

### Products of FT Synthesis

Catalytic synthesis results in the formation of higher hydrocarbon molecules, including **Alcohols** (predominantly C3–C5), **Alkanes** (C11–C20) and **Alkenes** (C11–C15). These compounds can be refined into mixtures that correspond in composition to commercial fuels.

### Potential and Future Directions

Alternative fuel and hydrogen economy technologies not only address current sustainability challenges but also provide an opportunity to define a new direction in energy and industry. Fischer-Tropsch technology allows waste to be transformed into high-value fuels that meet strict environmental standards.

Our research activities focus on transforming these innovations from theoretical concepts into practical solutions. We envision a future where hydrogen plays a key role, not only as an energy source but also as a raw material for industrial processes. Future plans include expanding collaboration at the European level, participating in key research projects, and transferring technologies into industrial practice.

„Fischer-Tropsch syntéza představuje významný krok k udržitelnější budoucnosti v oblasti energetiky a využívání odpadních surovin.“

Ján Vereš

„Fischer-Tropsch synthesis represents a significant step towards a more sustainable future in energy and waste resource utilization.“

# INNOVATIVE PROCESS FOR PRODUCING HYDROGEN AND OTHER VALUABLE SUBSTANCES USING PLASTIC WASTE AND CO<sub>2</sub>

## INOVATIVNÍ POSTUP VÝROBY VODÍKU A DALŠÍCH CENNÝCH LÁTEK Z PLASTOVÉHO ODPADU A CO<sub>2</sub>

Nový třístupňový proces, vyvinutý vědci Dr. Amerem Inayatem a Dr. Pavlem Leštinským z Institutu environmentálních technologií CEET ve spolupráci s odborníky z Univerzity Friedricha Alexandra v německém Erlangenu, umožňuje přeměnu odpadních plastů a oxidu uhličitěho na vodík a další hodnotné chemické látky využitelné v chemickém a petrochemickém průmyslu.

A new three-stage process, developed by researchers Dr. Amer Inayat and Dr. Pavel Lestinsky from the Institute of Environmental Technologies, CEET in collaboration with experts from Friedrich-Alexander University in Erlangen, Germany, enables the conversion of plastic waste and carbon dioxide into hydrogen and other valuable chemicals usable in the chemical and petrochemical industries.

## INOVATIVNÍ POSTUP VÝROBY VODÍKU / INNOVATIVE PROCESS FOR PRODUCING HYDROGEN

*Děkuji, že jste si na nás udělali čas. Hned na úvod bych se zeptal, co je cílem tohoto výzkumu a jaké jsou hlavní fáze tohoto třístupňového procesu?*

Hlavním cílem tohoto výzkumu je vyvinout a demonstrovat třístupňový proces pyrolýzně-katalytického suchého reformování, který umožňuje přeměnu odpadních polyolefinů a CO<sub>2</sub> na cenné chemické látky, včetně BTEX (benzen, toluen, ethylbenzen a xyleny) a syntézního plynu (směs vodíku a oxidu uhelnatého), a zároveň vyřešit problematiku plastového odpadu a emisí CO<sub>2</sub>.

Třístupňový proces zahrnuje: **1. Termickou pyrolýzu odpadních plastů** za účelem tvorby pyrolýzních par; **2. Katalytické zpracování pyrolýzních par** pomocí zeolitického katalyzátoru HZSM-5 k výrobě pyrolýzního oleje bohatého na BTEX a pyrolýzního plynu obsahujícího lehké uhlovodíky a za **3. CO<sub>2</sub> reformování lehkých uhlovodíků** na katalyzátoru Ni-silikalit-1 za účelem produkce syntézního plynu.

*Pojďme více do hloubky Vašeho výzkumu. Zajímalo by mě, jaký typ plastu byl v této studii použit a jak výběr katalyzátorů (HZSM-5 a Ni-silikalit-1) ovlivňuje přeměnu odpadních plastů na cenné chemické látky?*

V této studii byl jako hlavní plastová surovina pro proces pyrolýzy a katalytické konverze použit běžný odpadní polypropylen. Katalyzátor HZSM-5 byl vybrán, protože podporuje tvorbu sloučenin BTEX a lehkých uhlovodíků díky své vysoké kyselosti a mikroporézní struktuře. Katalyzátor Ni-silikalit-1 pak katalyzuje proces suchého reformování, přeměňuje lehké uhlovodíky a CO<sub>2</sub> na syntézní plyn. Díky aktivním místům niklového katalyzátoru a nekyselému nosiči dochází pouze k minimální tvorbě koksu.

*Nabízí se otázka, proč si myslíte, že je tento výzkum důležitý? Můžete nějak podrobněji popsat konfiguraci reaktorů v jednotlivých stupních procesu?*

*Thank you for taking the time to meet with us. To begin, I would like to ask what is the main goal of this research and what are the primary stages involved in the three-stage pyrolysis-catalytic dry reforming process?*

The main goal of this research is to develop and demonstrate a three-stage pyrolysis-catalytic dry reforming process for converting waste polyolefins and CO<sub>2</sub> into valuable chemicals, including BTEX (benzene, toluene, ethylbenzene, and xylenes) and syngas (mixture of hydrogen and carbon monoxide), while addressing the issues of plastic waste and CO<sub>2</sub> emissions.

The three-stage process consists of: **(1) Thermal pyrolysis of waste plastics** to generate pyrolysis vapors; **(2) Catalytic treatment of pyrolysis vapors** using HZSM-5 zeolite catalyst to produce BTEX rich pyrolysis oil and pyrolysis gas containing light hydrocarbons; **(3) CO<sub>2</sub> reforming of light hydrocarbons** over Ni-silicalite-1 catalyst to produce syngas.

*Let's dive deeper into your research. I am curious about what type of plastic was used in this study and how the selection of catalysts (HZSM-5 and Ni-silicalite-1) influences the conversion of waste plastics into valuable chemicals.*

This study used waste polypropylene as the primary plastic feedstock for the pyrolysis and catalytic conversion processes. We chose HZSM-5 because it promotes the formation of BTEX compounds and light hydrocarbons due to its high acidity and microporous structure, while Ni-silicalite-1 catalyzes the CO<sub>2</sub> reforming process, converting light hydrocarbons and CO<sub>2</sub> into syngas with minimal coking due to its non-acidic support and Ni active sites.

*The question arises as to why you think this research is important, and I would also appreciate it if you could describe in more detail the reactor configurations used in each stage of the process.*



Výzkum nabízí potenciální řešení pro recyklaci odpadních plastů a snížení emisí CO<sub>2</sub> jejich přeměnou na cenné suroviny pro chemický průmysl. Tedy snižuje množství odpadu, podporuje udržitelnost a snižuje závislost na fosilních zdrojích.

Pokud jde o samotný proces a jeho ověření v laboratorních podmínkách, tak v prvním stupni je použit jednoduchý skleněný trubkový reaktor pro termickou pyrolýzu. Druhý a třetí stupeň využívá trubkové reaktory z křemenného skla s pevným ložem katalyzátoru HZSM-5 nebo katalyzátorem Ni-silikalit-1 pro suché reformování CO<sub>2</sub>. Ve všech stupních je udržována teplota pomocí externích topných prvků.

**Přesuňme se nyní k výstupům. Jaké jsou klíčové produkty získané z tohoto procesu a jaké konkrétní procesní parametry (teplota, poměr katalyzátoru k surovině atd.) byly v této studii z Vašeho pohledu nejučinnější?**

Klíčovými produkty získanými z tohoto procesu jsou sloučeniny BTEX, lehké uhlovodíky (C1-C4) a syntézní plyn. Pokud jde o procesní parametry, tak optimální teplota pro pyrolýzní stupeň byla 500 °C a CO<sub>2</sub> reformování bylo nejučinnější při 800 °C. Poměr hmotnosti katalyzátoru k surovině byl 0,5 jak pro HZSM-5, tak i pro Ni-silikalit-1, což zajistilo efektivní přeměnu odpadních plastů a plynů.

**Jak vlastně tento proces pomáhá životnímu prostředí a jaké vlastnosti má odpadní polypropylen, který jste si pro studii vybrali?**

Proces může pomoci vyřešit dva hlavní problémy – odpadní plasty a s nimi spojené emise CO<sub>2</sub>. Tyto plasty jsou v naší navrženém procesu přeměňovány na užitečné chemikálie, čímž dochází ke snížení zatížení skládek a spaloven, a zároveň snižuje emise CO<sub>2</sub> tím, že je zahrnuje do chemické konverze. Polypropylen byl vybrán, protože je hojně přítomen v plastových odpadech, ale také díky své schopnosti produkovat cenné pyrolýzní plyny a oleje během tepelné a katalytické pyrolýzy.

The research offers a potential solution for recycling waste plastics and reducing CO<sub>2</sub> emissions by converting them into valuable feedstocks for the chemical industry, thus reducing waste, promoting sustainability and decreasing dependence on fossil resources.

Regarding the process itself, for the lab-scale demonstration, the first stage uses a glass tube reactor for thermal pyrolysis. The second stage employs a quartz tube packed with HZSM-5 catalyst, while the third stage consists of a quartz tube with Ni-silicalite-1 catalyst for CO<sub>2</sub> reforming. Temperature control is maintained in all stages via external heating elements.

**Let's now move on to the outputs. What are the key products obtained from this process, and what specific process parameters (temperature, catalyst-to-feed ratio etc.) were found to be the most effective in this study from your perspective?**

The key products obtained from this process are BTEX compounds, light hydrocarbons (C1-C4), and syngas. As for the process parameters, the optimal temperature for the pyrolysis stage was 500 °C, and CO<sub>2</sub> reforming was most effective at 800°C. The catalyst-to-feed ratio of 0.5 was used for both HZSM-5 and Ni-silicalite-1, ensuring effective conversion of waste plastics and gases.

**How can this process help the environment and what are the characteristics of waste polypropylene that make it suitable for this study?**

The process can help the environment by addressing two major issues: plastic waste and CO<sub>2</sub> emissions. It

## INOVATIVNÍ POSTUP VÝROBY VODÍKU / INNOVATIVE PROCESS FOR PRODUCING HYDROGEN

**Další otázka se bude týkat katalyzátorů. Jaké katalyzátory byly použity v této studii a jak byly katalyzátory HZSM-5 a Ni-silikalit-1 připraveny a charakterizovány?**

Ve studii byl použit zeolit HZSM-5 pro katalytickou úpravu pyrolýzních par a Ni-silikalit-1 pro CO<sub>2</sub> reformování pyrolýzních plynů. HZSM-5 byl připraven kalcinací komerčně dostupného NH<sub>4</sub>-ZSM-5 při 550 °C, čímž vznikla aktivní H-forma. Ni-silikalit-1 byl připraven impregnací komerčně dostupného silikalitu-1 s dusičnanem nikelnatým, následovanou kalcinací. Oba katalyzátory byly charakterizovány technikami XRD, BET a TPD.

**Pojďme se přesunout do budoucna. Jaký dopad by tento výzkum mohl mít na budoucí technologie recyklace?**

Tento výzkum by mohl otevřít cestu pro pokročilé technologie chemické recyklace, které umožní přeměnu odpadních plastů a CO<sub>2</sub> na vysoce hodnotné produkty. Takové technologie by podpořily recyklaci v uzavřeném cyklu, čímž by se snížila závislost na fosilních zdrojích a otevřely cestu k udržitelnému nakládání s plastovými odpady všeho druhu.

**Jaký další výzkum by mohl zlepšit efektivitu třístupňového pyrolýzně-katalytického suchého reformování a jaké kroky by byly nezbytné pro jeho rozšíření pro průmyslové aplikace?**

**Vícefázový termo-katalytický proces pro chemické recyklování plastového odpadu umožňuje výrobu a separaci různých chemikálií, které mohou být využity jako sekundární suroviny v chemickém a/nebo petrochemickém průmyslu.**

converts waste plastics into useful chemicals, reducing the need for landfill and/or incineration, and mitigates CO<sub>2</sub> emissions by incorporating it in the chemical conversion. Polypropylene was chosen due to its high content in plastic waste streams and its ability to produce valuable pyrolysis gases and oils during thermal and catalytic pyrolysis.

**The next question will be about catalysts. What catalysts were used in this study and how were the HZSM-5 and Ni-silicalite-1 catalysts prepared and characterized?**

The study used HZSM-5 zeolite for the catalytic upgrading of pyrolysis vapors and Ni-silicalite-1 for the CO<sub>2</sub> reforming of pyrolysis gases. HZSM-5 was prepared by calcination of commercial NH<sub>4</sub>-ZSM-5 at 550 °C to obtain the active H-form. Ni-silicalite-1 was prepared by wetness impregnation of commercially available silicalite-1 with nickel nitrate, followed by calcination. Both catalysts were characterized by XRD, BET and TPD techniques.

**Let's move to the future. How could this research impact future recycling technologies?**

This research could pave the way for advanced chemical recycling technologies, enabling the conversion of waste plastics and CO<sub>2</sub> into high-value products. Such technologies would support closed-loop recycling,

**Multistage thermo-catalytic process for the chemical recycling of plastic wastes allows for the production and separation of diverse chemicals which can be used as secondary feedstocks in the chemical and/or petrochemical industries.**

Amer Inayat

*Budoucí studie by se mohly zaměřit na zlepšení životnosti katalyzátorů, minimalizaci tvorby koksu, optimalizaci konfigurace reaktorů a využívání různých typů odpadních plastů a zdrojů CO<sub>2</sub>. Taková vylepšení by mohla zvýšit jak účinnost, tak i výnosy.*

*Pro rozšíření procesu by bylo nutné vyvinout větší reaktory, optimalizovat manipulaci se vstupními surovinami a integrovat proces do stávající petrochemické infrastruktury. Vývoj poloprodučního zařízení s následnou realizací demonstrační jednotky v průmyslu by mohly poskytnout cenné informace o proveditelnosti a potřebných úpravách pro implementaci ve velkém průmyslovém měřítku.*

**A moje poslední otázka. Jaké další typy odpadních plastů nebo katalyzátorů by mohly být prozkoumány v budoucích studiích?**

*Budoucí studie by se měly zaměřit na recyklaci směsného plastového odpadu, a použití katalyzátorů na bázi mezoporézních materiálů či zeolitů dopovaných přechodnými kovy. Tyto alternativy by mohly dále zlepšit selektivitu a účinnost procesu chemické recyklace.*

*reducing the reliance on fossil resources and advancing sustainable waste management.*

**What further research could improve the efficiency of the three-stage pyrolysis-catalytic dry reforming process and what steps would be necessary to scale this process for industrial applications?**

*Future studies could explore improving catalyst durability, minimizing coking, optimizing reactor configurations, and using different types of waste plastics and CO<sub>2</sub> sources. Such improvements could enhance both efficiency and yields.*

*Scaling up would require larger reactors, optimized feedstock handling, and integration with existing petrochemical infrastructures. Developing pilot plants or conducting industrial demonstrations could provide valuable insights into the feasibility and adjustments needed for large-scale implementation.*

**My last question is what other types of waste plastics or catalysts could be investigated in future studies?**

*Future studies could explore recycling of mixed plastic waste, and the use of mesoporous materials and transition-metal-doped zeolites as catalytic materials. These alternatives could further enhance the selectivity and efficiency of the chemical recycling process.*

”

*Ve víně je pravda, v plastech věčnost.*



**Pavel  
Leštinský**

*In wine there is truth, in plastics there is eternity.*

UZNÁVANÝ VĚDEC V OBLASTI  
OBNOVITELNÝCH ZDROJŮ  
ENERGIE, INTELIGENTNÍCH SÍTÍCH  
A VÝKONOVÉ ELEKTRONICE

RECOGNIZED SCIENTIST  
IN THE FIELD OF RENEWABLE  
ENERGY, SMART GRIDS,  
AND POWER ELECTRONICS

Prof.

**NASIM ULLAH**

Rozhovor / Interview

Prof. Nasim Ullah se specializuje na obnovitelné zdroje energie, inteligentní sítě a výkonovou elektroniku. Od roku 2022 aktivně spolupracuje s CEET a je také členem projektu Refresh. Jeho práce se zaměřuje na řešení výzev spojených s integrací obnovitelných zdrojů energie do elektrických sítí a na vývoj inovativních technologií pro udržitelné energetické systémy.

**Děkujeme, že jste si dnes udělal čas. Můžete se nám na začátek krátce představit?**

*V roce 2004 jsem získal titul B.Sc. v oblasti elektroinženýrství na University of Engineering and Technology, Peshawar, Pákistán, a následně jsem v roce 2013 získal Ph.D. v oblasti mechatronického inženýrství na Beihang University v Pekingu, v Číně. V současnosti jsem profe-*

Prof. Nasim Ullah is specializing in renewable energy, smart grids, and power electronics. Since 2022, he has been actively working with the CEET and he is also a member of Refresh project. His work focuses on addressing challenges in integrating renewable energy into power grids and developing innovative technologies for sustainable energy solutions.

**Thank you for joining us today. To start, could you tell us a little about yourself and your background?**

*I received my B.Sc. in Electrical Engineering from the University of Engineering and Technology, Peshawar, Pakistan, in 2004, and later earned my Ph.D. in Mechatronic Engineering from Beihang University, Beijing, China, in 2013. Currently, I'm a Professor in the De-*

sorem na Katedře elektroinženýrství na Taif University v Saúdské Arábii. Vedl jsem několik výzkumných projektů financovaných univerzitou a Ministerstvem školství v Saúdské Arábii. Můj výzkum se zaměřuje na integraci obnovitelných zdrojů energie, mikrogridy, inteligentní sítě, výkonovou elektroniku, robotiku a letecké systémy řízení.

**To je opravdu impozantní portfolio. Co Vás nejvíce baví ve Vaší roli na Taif University?**

Na Taif University mám příležitost se podílet jak na výuce, tak na špičkovém výzkumu. Podpora ze strany Deanship of Scientific Research a College of Engineering je vynikající, což vytváří produktivní a motivující pracovní prostředí. Tento mix akademické svobody a podpory mi v práci neskutečně pomáhá.

**Váš výzkum pokrývá několik oblastí, včetně obnovitelné energie, automobilového inženýrství a biomedicínského inženýrství. Jak se Vám daří zůstat informovaný napříč těmito oblastmi?**

Mým hlavní zaměřením je vývoj nových řídicích algoritmů a topologií výkonové elektroniky, které nacházejí uplatnění v těchto různých oblastech. Inovace v jedné oblasti, například automobilovém inženýrství, mohou přinést cenné poznatky, které lze přenést i do oblasti obnovitelné energie nebo biomedicínských systémů. Toto multioborové zaměření udržuje mou práci aktuální a inovativní.

**Jaké vidíte největší výzvy v oblasti elektroinženýrství, zejména pokud jde o energetické systémy?**

Jednou z hlavních výzev je integrace obnovitelných zdrojů energie do stávajících elektrických sítí. To s sebou přináší problémy, jako je udržování kvality energie, vyvažování nabídky a poptávky, modernizace stárnoucí infrastruktury a kybernetická bezpečnost. Řešení těchto problémů vyžaduje kvalitní výzkum a jeho aplikovatelnost do praktických, škálovatelných výstupů.

partment of Electrical Engineering at Taif University, Saudi Arabia. I've led several research projects funded by the university and the Ministry of Education here in Saudi Arabia. My research spans renewable energy integration, microgrids, smart grids, power electronics, robotics, and flight control systems.

**That's an impressive portfolio! What excites you the most about your role at Taif University?**

At Taif University, I enjoy the opportunity to engage in both high-quality teaching and cutting-edge research. The support from the Deanship of Scientific Research and the College of Engineering is outstanding, creating a productive and collaborative work environment. It's this mix of academic freedom and support that makes my work truly fulfilling.

**Your research spans several disciplines, including renewable energy, automotive engineering, and biomedical engineering. How do you stay innovative across such diverse areas?**

My focus is on developing novel control algorithms and power electronics topologies, which have applications across these fields. Innovations in one area, like automotive engineering, often have transferable insights for renewable energy or biomedical systems. This cross-pollination of ideas keeps my work fresh and innovative.

**What do you see as the biggest challenges in electrical engineering today, especially in power systems?**

One major challenge is the integration of renewable energy sources into existing power grids. This brings issues like maintaining power quality, balancing supply and demand, updating aging infrastructure, and addressing cybersecurity risks. Solutions require high-quality research and translating that into practical, scalable products.

**Pokud jde o obnovitelné zdroje, jaké jsou aktuální překážky širšího přijetí technologií využívajících větrnou a solární energii?**

Hlavními překážkami jsou vysoké náklady na technologii výroby obnovitelné energie, problémy s integrací do sítě a nedostatek cenově dostupných technologií pro skladování energie. Řešení těchto problémů bude klíčové pro zajištění plynulé dodávky energie z nestabilních zdrojů, jako je vítr a slunce.

**Vaše odborné znalosti v oblasti mikrogridů jsou fascinující. Jakou budoucnost mají v kontextu distribuce energie?**

Mikrogridy a distribuovaná výroba energie zvyšují spolehlivost v dodávkách energie, snižují závislost na fosilních palivech a zvyšují účinnost sítě. Nabízejí také flexibilitu, úsporu nákladů a energetickou nezávislost pro spotřebitele, což je činí klíčovými pro budoucnost distribuce energie.

**Zkoumal jste také bezpilotní letouny (UAV). Vidíte potenciál pro jejich využití v oblasti obnovitelné energie, například při údržbě?**

Určitě. UAV se již používají například k inspekci solárních panelů nebo při inspekci poškození lopatek větrných turbín. Mohou také dopravovat specifické náklady při realizaci instalací. Jeden z mých výzkumných příspěvků v této oblasti je podrobně popsán v následující publikaci <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2021.3081483>.

**Můžete nám vysvětlit svou práci na fázovém posunu a přepínání při nulovém napětí v DC-DC měničích? Jaký vliv mají tyto technologie na výkonovou elektroniku?**

Přepínání při nulovém napětí (ZVS) a přepínání při nulovém proudu (ZCS) výrazně snižují přepínací ztráty, což zlepšuje účinnost a spolehlivost výkonových elektronických systémů. Tyto techniky jsou obzvláště důležité pro moderní energetické systémy, ale vyžadují precizní časování a řízení pro efektivní fungování.

**Speaking of renewable energy, what are the current hurdles to wider adoption of technologies like wind and solar?**

The main obstacles include the high costs of renewable energy generation technologies, grid integration issues, and the lack of affordable energy storage solutions. Addressing these will be key to ensuring seamless delivery of power from intermittent sources like wind and solar.

**Your expertise in microgrids is fascinating. How do you see microgrids shaping the future of energy distribution?**

Microgrids and distributed power generation enhance energy reliability, reduce dependence on fossil fuels, and increase network efficiency. They also offer flexibility, cost savings, and energy independence for consumers, making them vital for the future of energy distribution.

**You've also researched unmanned aerial vehicles (UAVs). Do you see potential for UAVs to intersect with renewable energy, such as in maintenance tasks?**

Absolutely. UAVs are already being used for tasks like inspecting solar panels and wind turbine blades for damage. They can also deliver specific payloads during installations. One of my research contributions in this area is detailed in the following publication <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2021.3081483>

**Could you explain your work on phase shift and zero-voltage switching in DC-to-DC converters? How do these technologies impact power electronics?**

Zero-voltage switching (ZVS) and zero-current switching (ZCS) significantly reduce switching losses, improving the efficiency and reliability of power electronic systems. These techniques are especially important for modern power systems, but they require precise timing and control to work effectively.



**Jste součástí projektu Refresh. Můžete nám říct více o své roli a jak Vaše příspěvky podporují cíle tohoto projektu?**

Do projektu Refresh jsem se připojil v roce 2023. Můj hlavní přínos je v řešení výzev integrace obnovitelných zdrojů energie do sítě, řízení energie v mikrogridech a v návrhu nových topologií výkonových měničů. Má práce v rámci tohoto projektu položila základy pro nové technologie udržitelné energie.

**Existuje nějaká nová technologie v oblasti obnovitelných zdrojů energie, která Vás obzvláště fascinuje?**

Určitě, například mořské vlny. Energetický potenciál mořských vln je obrovský, ale technologie je stále v počátcích a je nákladná. Kombinace energie mořských vln se solární a větrnou energií je slibnou oblastí výzkumu. Dále bude klíčové řešení problémů s kvalitou energie v sítích pomocí pokročilých technologií pro skladování energie a chytrých transformátorů.

**Spolupracujete také s CEET, jaký vliv má tato spolupráce na Váš výzkum?**

Od roku 2022 spolupracuji s CEET a společně s prof. Stanislavem Mišákem, doc. Lukášem Prokopem a dr. Vojtěchem Blažkem jsme provedli kvalitní výzkum v oblasti udržitelných energetických technologií. Tato spolupráce byla zásadní pro prozkoumání nových myšlenek a pokrok v modernizaci energetických sítí.

**Vaše práce na adaptivních a nelineárních řídicích systémech je velice zajímavá. Jak tyto strategie zlepšují výkon systémů obnovitelné energie?**

Proměnlivost obnovitelných zdrojů energie činí jejich integraci do sítě velkou výzvou. Nelineární a adaptivní řídicí systémy se dynamicky přizpůsobují změnám větru, slunce nebo vlnových vzorců, čímž zlepšují účinnost, minimalizují ztráty a zvyšují stabilitu sítě.

**Bylo během Vaší kariéry něco, co Vás překvapilo – možná nějaký objev nebo vědecký průlom?**

**You're part of the Refresh project. Could you tell us more about your role and how your contributions are advancing its goals?**

I joined the Refresh project in 2023. My primary focus is on addressing grid integration challenges for renewable energy, energy management in microgrids, and designing novel power converter topologies. My work has laid a foundation for new sustainable energy technologies within the project.

**Is there an emerging renewable energy technology that particularly excites you?**

Ocean wave energy has tremendous potential, but the technology is still in its infancy and costly. Combining ocean wave energy with solar and wind is a promising area of research. Additionally, tackling power quality issues in grids through advanced energy storage and smart transformers will be crucial.

**You are cooperating with CEET, so how has this partnership influenced your research?**

Since 2022, I've been cooperating with CEET and together with Dr. Stanislav Misak, Dr. Lukas Prokop, and Dr. Vojtech Blazek, we've conducted high-quality research on sustainable energy technologies. This cooperation has been instrumental in exploring new ideas and advancing power grid modernization.

**Your work on adaptive and nonlinear control systems is fascinating. How do these strategies enhance renewable energy systems?**

Renewable energy's variability makes grid integration challenging. Nonlinear and adaptive control systems dynamically adjust to changes in wind, solar, or wave patterns, improving efficiency, minimizing losses, and enhancing grid stability.

**Has anything during your career surprised you—perhaps a discovery or breakthrough?**

Jedním z překvapivých objevů byla práce mého Ph.D. studenta na model-free adaptivním řídicím systému s možnostmi učení v konečném čase. Tato metoda kombinuje jednoduchost a robustnost a poskytuje výsledky srovnatelné s pokročilými nelineárními řídicími metodami. Více informací se můžete dočíst v této publikaci <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.3039947>.

**Při tak širokém portfoliu projektů je nějaký, na který jste obzvláště hrdý?**

Jedním z vynikajících projektů byla disertační práce, kterou jsem vedl, na téma pokročilých řídicích metod pro elektrochirurgický generátor. Tento výzkum vedl přímo ke komercializovanému produktu, který řešil problémy jako tepelné poškození a sledování výkonové křivky. Je skvělé vidět akademickou práci, která má reálný dopad. <https://aprustechnologies.com/consultant/>.

**Má poslední otázka bude, jakou radu byste dal začínajícím elektrotechnikům nebo vědcům, kteří vstupují do tohoto dynamického oboru?**

Přijměte myšlenku celoživotní vzdělávání, rozvíjejte své dovednosti v řešení problémů a aktivně spolupracujte v rámci vědeckých komunit. Tím nejen zlepšíte své odborné dovednosti, ale také zůstanete flexibilní v tomto neustále se vyvíjejícím oboru.

One surprising discovery came from my Ph.D. student's work on a model-free adaptive control system with finite-time learning capabilities. This method combines simplicity and robustness, delivering results comparable to advance nonlinear controls. More details are in this publication <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.3039947>.

**With such a broad portfolio, is there a particular project you're most proud of?**

One standout project was a Ph.D. thesis I supervised on advanced control methods for an Electro Surgical Generator. The research directly led to a commercialized product, addressing issues like thermal damage and power curve tracking. It's gratifying to see academic work have a real-world impact <https://aprustechnologies.com/consultant/>.

**Finally, what advice would you give aspiring electrical engineers or researchers entering this dynamic field?**

Embrace lifelong learning, develop strong problem-solving skills, and actively collaborate within scientific networks. This will not only enhance your expertise but also keep you adaptable in this ever-evolving field.

**Jednou z hlavních výzev je integrace obnovitelných zdrojů energie do stávajících elektrických sítí.**

**One major challenge is the integration of renewable energy sources into existing power grids.**



Nasim Ullah

Ing., Ph.D.

# KAREL BOROVEC

Rozhovor / Interview

ŘEDITEL VÝZKUMNÉHO  
ENERGETICKÉHO CENTRA  
DIRECTOR OF THE ENERGY  
RESEARCH CENTRE

*Dobrý den, pane řediteli. Gratuluji k Vašemu zvolení. Mohl byste se nám v pár větách představit? Zajímalo by mě, čemu se na VEC věnujete a co Vás zde přivedlo?*

Po absolvování inženýrského studia na Katedře energetiky Fakulty strojní VŠB-TUO v roce 1994, a vojenské civilní službě tamtéž, jsem v roce 1996 nastoupil na doktorské studium pod vedením prof. Noskiewiče. Již během studií mě fascinovala energetika a zejména technologie zaměřené na snižování emisí, což se později stalo jedním z hlavních témat mého profesního zaměření.

V roce 1999 jsem byl u samotného vzniku Výzkumného energetického centra (VEC), které se od počátku profilovalo jako centrum aplikovaného výzkumu v oblasti energetiky. Společně s kolegy, pány Ochodkem a Horákem, jsme začali systematicky budovat měřicí skupinu,

*Good day, Mr. Borovec. Congratulations on your election as a director of Energy Research Centre. Could you introduce yourself in a few sentences? I would be interested to know what you focus on at ERC and what brought you here.*

After completing my engineering studies at the Department of Energy Engineering at the Faculty of Mechanical Engineering at VSB-TUO in 1994, and my military civilian service there, I started my doctoral studies under the supervision of Prof. Noskiewič in 1996. Even during my studies, I was fascinated by energy, particularly technologies focused on reducing emissions, which later became one of the main themes of my professional focus.

KAREL BOROVEC

kteřá se v průběhu let vypracovala mezi nejvýznamnější svého druhu. Naším cílem bylo nejen získávat přesná data o spalovacích procesech a emisích, ale také vyvíjet a ověřovat nové metody jejich snižování.

Díky dlouholeté spolupráci s průmyslovými partnery i akademickou sférou se nám podařilo rozšířit záběr centra od základních měření až po komplexní výzkum v oblasti optimalizace energetických procesů. VEC se tak postupně stal respektovaným odborným pracovištěm, jehož výsledky nacházejí uplatnění nejen v České republice, ale i v zahraničí.

*Dále bych se zeptal, jaké jsou hlavní aktivity a zaměření Výzkumného energetického centra?*

Činnost Výzkumného energetického centra je již od svého založení cíleně orientována na aplikační sféru. Není tajemstvím, že jedním z našich hlavních vzorů v organizaci a zaměření byl Fraunhoferův institut. Přední německá výzkumná organizace úzce spolupracující s průmyslem se zaměřením na praktické využití vědeckých poznatků. Stejnou filozofii jsme přijali i my – naslouchat potřebám průmyslových partnerů, reagovat na legislativní změny a připravovat výzkumné projekty s reálným dopadem.

Naše práce se soustředí na inovace v energetice, technologie zvyšování účinnosti energetických celků, snižování emisí, a především na dekarbonizaci energetiky. V této oblasti se zabýváme například výrobou vodíku z obnovitelných zdrojů, projektováním fotovoltaických parků nebo optimalizací energetických systémů. V posledních letech jsme rovněž úspěšní v návrhu energetických úspor pro municipality a státní organizace, čímž přispíváme ke snižování jejich provozních nákladů i uhlíkové stopy.

Široké spektrum našich aktivit přirozeně vede k diverzifikaci příjmů, což nám umožňuje stabilní růst a větší odolnost vůči výkyvům v jednotlivých sektorech. Zároveň však stále více směřujeme k výzkumným činnostem, které reflektují aktuální výzvy v energetice. Naším cílem je přinášet inovativní řešení, která pomohou nejen průmyslu, ale i celé společnosti při přechodu k udržitelnější budoucnosti.

In 1999, I was part of the founding of the Energy Research Centre (ERC), which from the beginning positioned itself as an applied research centre in the field of energy. Together with my colleagues, Mr. Ochodek and Mr. Horák, we began systematically building a measurement group, which over the years has developed into one of the most significant of its kind. Our goal was not only to obtain accurate data on combustion processes and emissions, but also to develop and validate new methods for reducing them.

Thanks to long-term cooperation with industrial partners and the academic community, we have been able to expand the centre's focus from basic measurements to comprehensive research in optimizing energy processes. Over time, ERC has become a respected research facility, and its results are applied not only in the Czech Republic but also internationally.

*I would also like to ask, what are the main activities and focus areas of the Energy Research Centre?*

Since its inception, the Energy Research Centre (ERC) has been deliberately focused on the application sphere. It is no secret that one of our main models in terms of organization and focus was the Fraunhofer Institute, a leading German research organization that works closely with industry, focusing on the practical application of scientific knowledge. We adopted the same philosophy – to listen to the needs of industrial partners, respond to legislative changes, and prepare research projects with real impact.

Our work focuses on innovations in energy, technologies for increasing the efficiency of energy systems, reducing emissions, and primarily on the decarbonization of energy. In this area, we work on projects such as the production of hydrogen from renewable sources, the design of photovoltaic parks, and the optimization of energy systems. In recent years, we have also been successful in proposing energy savings for municipalities and state organizations, thereby contributing to reducing their operational costs and carbon footprint.

The wide range of our activities naturally leads to diversification of income, which enables us to grow steadily and become more resilient to fluctuations in individual sectors. However, we are increasingly focusing on rese-

**Pojďme nyní k projektům. Jaké projekty nebo iniciativy byste označil za neúspěšnější v posledních letech?**

Jedním z nezávadnějších projektů Výzkumného energetického centra byl projekt INEF (Inovace pro efektivitu a životní prostředí). V rámci tohoto projektu byla vybudována moderní výzkumně-technologická infrastruktura, která významně posílila naše kapacity a umožnila vznik nových výzkumných týmů. Toto špičkové zázemí je dnes aktivně využíváno v řadě projektů, a to nejen v rámci VEC, ale i v klíčových iniciativách CEET a VŠB-TUO, jako jsou například Národní centrum pro energetiku nebo projekt Refresh.

V současné době působí ve VEC čtyři výzkumné týmy, z nichž každý se zaměřuje na specifickou oblast energetiky a životního prostředí. Společně pak tvoří kompaktní celek, který propojuje aplikovaný výzkum s reálnými potřebami průmyslu a veřejného sektoru.

**Aplikace pro průmysl a municipality – Tým Zdeňka Neufingera** svou vysoce ceněnou úroveň projekčních a technických služeb dosáhl unikátní spolupráce s Národní rozvojovou bankou, kdy VEC patří mezi 5 vybraných společností v ČR spolupracujících s tímto významným subjektem na přípravě EPC projektů. Jsou hlavními dodavateli energetických služeb pro firmu Bosch v Jihlavě a výhradními dodavateli projekčních služeb v oblasti OZE pro Porsche Praha.

**Technologie pro životní prostředí – Tým pod mým vedením** je ve spolupráci s Katedrou Energetiky a Fakultou strojní VŠB – TUO a dále ČVUT v Praze v poslední dekádě hlavním řešitelem a poskytovatelem technologií zaměřených na snižování rtuti v emisích ze spalování fosilních a alternativních paliv.

**Moderní systémy vytápění – Tým Jiřího Ryšavého,** nástupce Jiřího Horáka alias SMOKEMANA, exceluje při řešení problematiky monitoringu a snižování hlavních polutantů v emisích z lokálních topenišť.

**Inovace a bezpečnost – Tým vedený Jánem Verešem** svou výzkumnou činností přepisuje normy v oblasti požární bezpečnosti a významně spolupracuje na projektech zaměřených na technologie výroby vodíku a syntetických paliv z obnovitelných zdrojů. Významnými partnery jsou například Veolia Energie ČR, a.s.,



arch activities that reflect the current challenges in the energy sector. Our goal is to bring innovative solutions that will help not only the industry but also society as a whole in the transition to a more sustainable future.

**Let's now move to the projects. What projects or initiatives would you consider the most successful in recent years?**

One of the most significant projects of the Energy Research Centre was the INEF project (Innovations for Efficiency and the Environment). As part of this project, modern research and technological infrastructure was built, significantly enhancing our capabilities and enabling the formation of new research teams. This state-of-the-art infrastructure is now actively used in several projects, not only within ERC but also in key initiatives of CEET and VSB-TUO, such as the National Centre for Energy and the Refresh project.

dominantní výrobce energií v Moravskoslezském kraji, nebo polská firma SBB Energy, s.a., která se podílela na unikátní realizaci vodíkového hospodářství z obnovitelných zdrojů energie ve firmě Promet Plast s.c., blízko Vratislavi.

**Vraťme se opět k Vám. Co je pro Vás osobně největším úspěchem, kterého jste ve Vaší kariéře dosáhl?**

Za svůj největší profesní úspěch považuji vybudování konkurenceschopné a aplikačně úspěšné skupiny pro měření emisí, která dnes působí pod názvem Technologie pro ochranu prostředí. Hlavním pilířem naší práce bylo od počátku hledání nových metodických postupů v oblasti monitoringu emisí, v posledních letech především se zaměřením na rtuť, která podle některých studií představuje významnou ekologickou i zdravotní hrozbu.

Currently, ERC has four research teams, each focusing on a specific area of energy and the environment. Together, they form a cohesive unit that connects applied research with the real needs of industry and the public sector.

**Applications for Industry and Municipalities – Zdeněk Neufinger's team,** with their highly regarded level of design and technical services, has achieved unique collaboration with the National Development Bank, with ERC being one of five selected companies in the Czech Republic working with this significant institution on the preparation of EPC projects. They are the main suppliers of energy services for Bosch in Jihlava and exclusive suppliers of design services for renewable energy in the Prague branch of Porsche.

**Technologies for Environmental Protection – The team under my leadership,** in cooperation with the Department of Energy and the Faculty of Mechanical Engineering at VSB-TUO, as well as the Czech Technical University in Prague, has been the leading researcher and provider of technologies aimed at reducing mercury emissions from the combustion of fossil and alternative fuels over the past decade.

**Modern Heating Systems – Jiří Ryšavý's team,** successor to Jiří Horák alias SMOKEMAN, excels in solving issues related to monitoring and reducing major pollutants in emissions from local heating systems.

**Innovation and Safety – The team led by Ján Vereš** is rewriting standards in the field of fire safety and significantly collaborating on projects focused on hydrogen production and synthetic fuels from renewable sources. Notable partners include Veolia Energie ČR, a.s., the dominant energy producer in the Moravian-Silesian Region, and the Polish company SBB Energy, s.a., which participated in the unique implementation of a hydrogen economy from renewable energy at the Promet Plast s.c. facility near Wrocław.

**Let's return to you now. What do you consider to be the biggest success you've achieved in your career?**

I consider building a competitive and practically successful emission measurement group, now operating



Již od začátku mého působení v této oblasti jsem vnímal nedostatky tehdy dostupných metod, které často vykazovaly nepřesné výsledky. Proto jsem se aktivně věnoval vývoji nových a přesnějších postupů, které by umožnily nejen spolehlivější měření, ale i efektivnější regulaci emisí. Klíčovým milníkem bylo validování kontinuálního měření rtuti a následná akreditace této metodiky, což představovalo zásadní průlom v oblasti kvantifikace zdrojů znečištění.

*under the name Technologies for Environmental Protection, to be my greatest professional achievement. The core of our work from the very beginning was finding new methodological approaches in recent years in the field of emission monitoring, particularly focusing on mercury, which according to some studies poses a significant ecological and health threat.*

*Since the start of my involvement in this area, I recognized the shortcomings of the methods available at the time, which often yielded inaccurate results. That's why I actively focused on developing new and more precise methods that would allow not only more reliable measurements but also more effective emission regulation. A key milestone was validating continuous mercury measurement and subsequently accrediting this methodology, which represented a significant breakthrough in the quantification of pollution sources.*

*Thanks to these advancements, we created a methodology that greatly improved mercury emission measurement and allowed for more targeted deployment of technologies to reduce them. Our results are now applied not only in the Czech Republic but also internationally, which confirms the importance of connecting cutting-edge research with the real needs of industry and legislation.*

#### **What are your visions and plans for the Energy Research Centre in the future?**

*First and foremost, I hope that the Energy Research Centre will solidify its position within the CEET structure through its activities and results, significantly contributing to the centre's main strategic goals. Our expertise and long-term experience position us as an indispensable player in applied research in energy.*

*One of my goals is also to raise awareness of our work and cooperation opportunities. It's no secret that we make significant contributions to initiatives aimed at reducing the energy consumption of the campus, but we primarily focus on cooperating with industrial partners with whom we have established long-term relationships. I see great potential for further development and expansion of our activities in this area.*

*Díky těmto pokrokům se nám podařilo vytvořit metodu, která významně zpřesnila měření emisí rtuti a tím umožnila cílenější nasazení technologií pro jejich snižování. Naše výsledky dnes nacházejí uplatnění nejen v České republice, ale i na mezinárodní úrovni, což potvrzuje důležitost propojení špičkového výzkumu s reálnými potřebami průmyslu a legislativy.*

#### **Jaké jsou Vaše vize a plány pro Výzkumné energetické centrum do budoucna?**

*V první řadě bych si přál, aby Výzkumné energetické centrum (VEC) svou činností a výsledky potvrdilo své pevné místo ve struktuře CEET a významně přispívalo k hlavním strategickým cílům centra. Naše expertiza a dlouholeté zkušenosti nás předurčují k tomu, abychom byli nepostradatelným hráčem v oblasti aplikovaného výzkumu v energetice.*

*Jedním z mých cílů je také zvýšit povědomí o naší činnosti a možnostech spolupráce. Není tajemstvím, že významně přispíváme k iniciativám zaměřeným na snížení energetické náročnosti kampusu, ale primárně se soustředíme na spolupráci s průmyslovými partnery, se kterými máme navázanou dlouhodobou spolupráci. V této oblasti vidím velký potenciál pro další rozvoj a rozšiřování našich aktivit.*

*Zároveň považuji za důležité, abychom se aktivně podíleli na dekarbonizaci energetiky a svou prací přispívali ke společenské relevanci a udržitelnému rozvoji. To vše při zachování vysokých profesních standardů a etických principů, které jsou pro nás zásadní.*

*Jednoduše řečeno – chceme být klíčovým partnerem průmyslových podniků při transformaci energetiky a ve všem, co děláme, neusilujeme jen o to být nejlepší, ale hlavně přinášet aplikovatelné výsledky.*

#### **Nejen mě, ale i naše čtenáře by zajímalo, jaké technologie nebo výzkumné oblasti považujete za klíčové pro budoucí vývoj v energetice?**

*Současná energetika prochází zásadní transformací, která se nejvíce dotýká uhelných regionů, kde se po desetiletí spoléhalo na využívání fosilních paliv. Naším hlavním úkolem je nyní nacházet efektivní a udržitelná řešení pro jejich nahrazení alternativními palivy, včetně energetického využití odpadů a emisně neutrálního vodíku.*

*At the same time, I consider it important for us to actively contribute to the decarbonization of the energy sector and to play a role in societal relevance and sustainable development. All of this while maintaining high professional standards and ethical principles, which are essential to us.*

*Simply put - we want to be a key partner for industrial enterprises in the transformation of the energy sector. In everything we do, we don't just aim to be the best, but, more importantly, to deliver applicable results.*

#### **Not only me, but also our readers would like to know what technologies or research areas you consider to be key for future developments in the energy sector?**

*The current energy sector is undergoing a fundamental transformation, with the most significant impact on coal regions, where fossil fuels have been relied upon for decades. Our main task now is to find effective and sustainable solutions to replace them with alternative fuels, including the energy utilization of waste and emission-neutral hydrogen.*

*I see hydrogen as one of the biggest challenges in today's energy sector. Its use offers a wide range of possibilities, from industrial applications to transportation. Thanks to our cooperation with the Moravian-Silesian Region, we have developed a technology proposal, including project documentation, for hydrogen production from renewable energy sources directly located within the campus. This hydrogen could serve, for example, for public transport or infrastructure maintenance, which represents a concrete step towards sustainable and low-emission energy.*

*In terms of renewable energy sources, I consider energy storage technologies crucial. Whether through new materials or advanced storage technologies, I believe that efficient energy storage will determine the success of the energy transformation.*

#### **How does the Energy Research Centre cooperate with industrial partners and what role does it play in the application of scientific results into practice?**

*Cooperation with industrial partners has been a key area for the Energy Research Centre since its inception. The real needs of industry, which we address through*

Vodík vnímám jako jednu z největších výzev současné energetiky. Jeho využití nabízí široké spektrum možností – od průmyslových aplikací až po dopravu. Díky spolupráci s Moravskoslezským krajem jsme připravili návrh technologie, včetně projektové dokumentace, pro výrobu vodíku z obnovitelných zdrojů energie umístěných přímo v kampusu. Tento vodík by mohl sloužit například pro městskou hromadnou dopravu nebo údržbu infrastruktury, což představuje konkrétní krok směrem k udržitelné a nízkoemisní energetice.

Z hlediska obnovitelných zdrojů energie považují za klíčové technologie pro skladování přebytečné energie. Ať už formou nových materiálů nebo pokročilých akumulčních technologií. Myslím si, že právě efektivní ukládání energie rozhodne o úspěchu energetické transformace.

**Jak vlastně Výzkumné energetické centrum spolupracuje s průmyslovými partnery a jakou roli hraje v aplikaci výsledků vědy do praxe?**

Spolupráce s průmyslovými partnery je pro Výzkumné energetické centrum klíčovou oblastí už od jeho vzniku. Reálné potřeby průmyslu, které řešíme v rámci hospodářské spolupráce i společných výzkumných projektů, jsou základem pro úspěšný transfer vědeckých poznatků do praxe. Právě propojení akademického výzkumu s průmyslovými aplikacemi dává naší práci konkrétní dopad a umožňuje efektivně přispívat k technologickému rozvoji.

Naše aktivity se soustředí především na technologie pro snižování emisí, zvyšování účinnosti a snižování energetické náročnosti, v rámci kterých patříme mezi přední technické skupiny v České republice.

Významnou oblastí naší činnosti je realizace EPC projektů, díky nimž patříme mezi pět hlavních partnerů Národní rozvojové banky. Dlouhodobě spolupracujeme s klíčovými hráči v energetice, mezi které patří: Veolia Energie ČR, a.s., ČEZ, a.s., Sev.en Engineering, s.r.o., Energetický a průmyslový holding, a.s., Lenzing Biocel Paskov, a.s. a další významné průmyslové podniky.

**Bud'me teď trochu konkrétnější. Jaké jsou největší výzvy, které na centru aktuálně řešíte, a jak se s nimi vypořádáváte?**

economic cooperation and joint research projects, form the foundation for the successful transfer of scientific knowledge into practice. It is precisely the integration of academic research with industrial applications that gives our work tangible impact and enables us to effectively contribute to technological development.

Our activities focus primarily on technologies for reducing emissions, increasing efficiency, and reducing energy demand, in which we are considered one of the leading technical groups in the Czech Republic.

A significant area of our work is the implementation of EPC projects, which has positioned us among the top five partners of the National Development Bank. We have long-term cooperations with key players in the energy sector, including Veolia Energie ČR, a.s., ČEZ, a.s., Sev.en Engineering, s.r.o., Energetický a průmyslový holding, a.s., Lenzing Biocel Paskov, a.s., and other major industrial companies.

**Let's be more specific. What are the biggest challenges you are currently tackling at the centre, and how are you dealing with them?**

At the moment, we are focusing on research and development of hydrogen technologies in the energy sector. We are working on projects related to hydrogen production from renewable sources, improving the efficiency of its production, and measuring purity, which is critical for fuel cells. In addition, we are developing materials for energy storage and reducing emissions through innovative catalysts and sorbents.

One of my priorities is developing a methodology for hydrogen purity analysis, which we are working on with the support of TAČR and the Ministry of Industry and Trade. We managed to obtain accreditation for sampling and analysis of hydrogen purity from high-pressure systems, which is a unique achievement in Europe.

At the same time, we are involved in the international project Core-H2storage, led by the Fraunhofer Institute, where we are contributing to the development of materials for efficient hydrogen storage. The next workshop of this project will take place as part of our conference Energy and the Environment in the Beskydy Mountains, held from September 8-10, 2025, at the Sepetná Hotel.

Aktuálně se zaměřujeme na výzkum a vývoj technologií pro využití vodíku v energetice. Řešíme projekty spojené s výrobou vodíku z obnovitelných zdrojů, zvyšování účinnosti jeho produkce a měření čistoty, která je klíčová pro palivové články. Vedle toho se věnujeme vývoji materiálů pro ukládání energie a snižování emisí pomocí inovativních katalyzátorů a sorbentů.

Jednou z mých priorit je vývoj metodiky analýzy čistoty vodíku, na které pracujeme s podporou TAČR a Ministerstva průmyslu a obchodu. Podařilo se nám získat akreditaci pro odběr a analýzu čistoty vodíku z vysokotlakých systémů, což je v Evropě unikátní výsledek.

Zároveň jsme zapojeni do mezinárodního projektu Core-H2storage, vedeného Fraunhofer institutem, kde se podílíme na vývoji materiálů pro efektivní ukládání vodíku. Další workshop tohoto projektu proběhne v rámci naší konference Energetika a životní prostředí v Beskydech 8.-10. září 2025 v hotelu Sepetná.

**Hodně se teď akcentuje udržitelnost. Jak důležitá pro Vás je a jak ji promítáte do Vašich projektů a výzkumu?**

Udržitelnost je významným parametrem všech našich činností. Výzkumné práce na nových technologiích a optimalizaci stávajících jsou prováděny zejména s cílem zefektivnit jejich přínos a zároveň minimalizovat dopad na životní prostředí, a to při zajištění co největšího benefitu pro společnost. Vše ale i s ohledem na energetickou a ekonomickou náročnost. „Ekologie s rozumem“ – to je motto, kterým se řídím při každodenní profesní i osobní činnosti.

**Jsmo u poslední otázky. Zeptám se Vás, jaký by měl být Váš odkaz jako ředitele Výzkumného energetického centra?**

Zkratka VEC znamená nejen Výzkumné energetické centrum. Dá se také vyložit jako tři slova: Výkonně, Efektivně, Chytře. Takto bych chtěl pozici ředitele vykonávat, tak bych chtěl, aby VEC fungovalo. Ostatně takové budu mít nároky na své spolupracovníky, bez jejichž výkonné práce, efektivních nápadů, chytrých postupů a v neposlední řadě důvěry, bych na pozici ředitele VEC nebyl.

**Sustainability is being highly emphasized right now. How important is it to you, and how do you incorporate it into your projects and research?**

Sustainability is a significant aspect of all our activities. Our research on new technologies and the optimization of existing ones is primarily aimed at enhancing their effectiveness while minimizing their environmental impact, all while ensuring the greatest possible benefit for society. This is also done with consideration for energy and economic efficiency. „Ecology with common sense“, – that is the motto I follow in both my professional and personal life.

**We are at the final question. Let me ask you, what should your legacy be as the director of the Energy Research Centre?**

The abbreviation ERC not only stands for the Energy Research Centre, but it can also be interpreted as three words: Effective, Resilient, Creative. This is how I would like to carry out my role as director, and how I would like ERC to operate. After all, these are the expectations I have for my colleagues, without whose efficient ideas, dedicated work, creative approaches, and, not least, trust, I wouldn't be in the position of director of ERC.



UZNÁVANÝ VĚDEC V OBLASTI FENOMÉNU  
DEFLAGRATIVNÍHO A DETONATIVNÍHO  
SPALOVÁNÍ, NEKONTROLOVANÝCH  
REAKCÍ, PROCESNÍ BEZPEČNOSTI  
A RIZIK KRITICKÉ INFRASTRUKTURY

RECOGNIZED SCIENTIST  
IN THE FIELD OF DETONATIVE  
COMBUSTION PHENOMENA,  
RUNAWAY REACTIONS, PROCESS  
SAFETY, AND THE RISKS POSED  
TO CRITICAL INFRASTRUCTURES

Prof.

## ERNESTO SALZANO

Rozhovor / Interview

Ernesto Salzano je profesorem na Katedře stavebního, chemického, environmentálního a materiálového inženýrství na Boloňské univerzitě. Kromě toho působí jako ředitel magisterského programu Chemická a procesní inženýrství. V oblasti výzkumu vede projekt CESAR a zároveň se aktivně podílí na řešení projektu REFRESH.

*Děkujeme, že jste si na nás udělal čas. Mohl byste se krátce představit a popsat svou roli ve výzkumné skupině, zejména v projektech Refresh a CESAR?*

*Jmenuji se Ernesto Salzano a v současnosti působím jako profesor na Katedře chemického inženýrství na Univerzitě v Bologni. Zároveň jsem ředitelem bakalářských, magisterských a mezinárodních programů chemického inženýrství. Pocházím z Neapole na jihu Itálie, kde jsem strávil přibližně 20 let v National Research Council v Combustion Institute. Moje výzkumné zájmy jsou různorodé, ale zaměřuji se především na bezpečnost při spalování, hořlavost materiálů a procesní bezpečnost,*

Professor Ernesto Salzano is a full-time Professor at the Department of Civil, Chemical, Environmental, and Materials Engineering and Director of Second Cycle Degree in Chemical and Process Engineering at the University of Bologna. He is the lead researcher at CESAR and is also involved in the REFRESH project.

*Thank you for making the time for us, Mr. Salzano. Could you briefly introduce yourself and describe your role in the research group, particularly in the Refresh and CESAR projects?*

*My name is Ernesto Salzano, and I'm currently a full-time professor at the Department of Chemical Engineering at the University of Bologna. I also serve as the director for the bachelor's, master's, and international chemical engineering programs. However, I'm not originally from Bologna. My hometown is Naples in southern Italy. I spent about 20 years working there at the National Research Council in the Combustion Institute. My research interests are varied but primarily focus on combustion safety, flammability of materials, and*

ERNESTO SALZANO

*včetně vývoje udržitelných chemických procesů s důrazem na bezpečnost. V projektu Refresh, ke kterému jsem se nedávno připojil jako konzultant, poskytuji externí odborné poradenství. Tento projekt má potenciál k prohloubení spolupráce mezi naší fakultou, CEET a VŠB-TUO. Podobně participuji i v projektu CESAR, který je součástí programu Horizon, kde se věnuji výzkumu v podobných oblastech.*

*Pojďme dále. Co Vás původně inspirovalo ke specializaci na navrhování chemických závodů, zejména s důrazem na bezpečnost před výbuchy?*

*Je to dlouhý příběh. Začal jsem pracovat s profesorem, který byl jedním z průkopníků v oblasti bezpečnosti při výbuchu a procesních rizik v Evropě již v 60. letech. Byl uznávanou osobností v oblasti průmyslové bezpečnosti a prováděl experimenty podobné těm, které se provádějí na VŠB-TUO. Můj první projekt v 90. letech se týkal numerické simulace výbuchů plynů, při kterém jsem hodně využil zkušeností svého mentora. Jeho odborné znalosti mě inspirovaly a byl jsem velmi šťastný, že mohu pracovat v této oblasti.*

*Jaké výzvy Vás v kariéře nejvíce ovlivnily, zejména během vedení laboratoře pro výbuchy v National Research Council?*

*V roce 1998 jsme získali značné finanční prostředky od regionální vlády v Neapoli, což nám umožnilo založit novou laboratoř zaměřenou na bezpečnost při výbuchu a spalování. Tento koncept byl úzce spjat s potřebami chemických společností. Ačkoliv jsem se předtím věnoval převážně numerickým simulacím, začal jsem pracovat s experimentálními zařízeními. Vytvořil jsem tým, vedl laboratoř a publikovali jsme několik prací zaměřených na problémy spojené se spalováním.*

*Jak jste jako ředitel studií na Univerzitě v Boloni ovlivnil výuku chemického inženýrství, zejména v praktických aplikacích bezpečnosti?*

*process safety. This includes developing sustainable chemical processes, often with an emphasis on safety.*

*In the Refresh project, which I joined recently as a consultant, I provide external expertise. This project has the potential for collaboration between our faculty, CEET and VSB-TUO. I'm also involved in another initiative under the Horizon program, the CESAR project, where I offer support in similar areas of expertise.*

*Let's move on. What first inspired you to specialize in chemical plant design, particularly focusing on explosion safety and processors?*

*It's quite a long story. I began by working with a professor who was one of the pioneers in explosion safety and process risk in Europe in the 1960s. He was renowned in the field of industrial safety and was one of the first to conduct tests similar to those performed at VSB. My first project in the 1990s was related to the numerical simulation of gas explosions, and I benefited greatly from the expertise of my mentor, a highly respected professor. His experience inspired me, and I felt very fortunate to work in this field.*

*What challenges have stood out to you in your career, especially during your time leading the explosion lab at the National Research Council?*

*In 1998, we received substantial funding from the regional government in Naples, where I was living. This allowed us to establish a new lab dedicated to explosion safety and combustion. The concept was closely tied to the needs of chemical companies, and although my previous experience had been in numerical simulation, I then began working with experimental setups. I assembled a team, led the lab, and we published several papers focused on combustion-related issues.*

*As a director of studies at the University of Bologna, how have you influenced the teaching approach in chemical engineering, especially regarding practical safety applications?*

Náš studijní plán, ať už italský nebo mezinárodní, klade velký důraz na bezpečnost. Vyučuji průmyslovou chemii na bakalářské i magisterské úrovni a nabízíme také kurz věnovaný bezpečnosti v procesním inženýrství. Pro mě je při výuce chemických procesů integrace bezpečnosti vždy na prvním místě, ať už jde o výrobu amoniaku, kyseliny dusičné nebo jiné aplikace. Studenti tak pochopí, že bezpečnost není dodatečný prvek, ale základní součást chemického inženýrství.

**Máte na svém kontě celou řadu zajímavých publikací a výzkumů. Můžete se s námi podělit o nezapomenutelný nebo průlomový výzkumný projekt z Vaší kariéry?**

Mezi mé nejvýznamnější práce patří studie o tzv. „domino efektu“, což je pravděpodobnost eskalace nehod v procesním průmyslu, a výzkum externích hrozeb pro chemické závody, jako jsou zemětřesení nebo teroristické útoky. Tyto studie zaměřené na mitigaci rizik jsou široce uznávány a tvoří jádro mé práce.

**Procesní bezpečnost a mitigace rizik jsou velmi důležitá témata. Jaké významné pokroky jste v této oblasti zaznamenal?**

Největší pokroky jsem zaznamenal při řešení externích faktorů ovlivňujících chemické závody, zejména díky studiu domino efektu a konceptu Natech (přírodné a technologické hrozby). Tyto přístupy byly velmi významné, stejně jako nové přístupy v oblasti chemické kinetiky.

**Má další otázka bude na balancování akademického výzkumu s vedením doktorandů. Jak vyvažujete akademický výzkum s vedením doktorandů v oblasti praktických bezpečnostních opatření, zejména v rámci programu Future Earth, Climate Change and Societal Challenges?**

Jsem členem rady tohoto doktorského programu na Univerzitě v Bologni. Tento program je velmi multidisciplinární a zahrnuje studenty z různých oborů, jako

*Our curriculum—both the Italian and the international one—places significant emphasis on safety. I teach industrial chemistry at both bachelor's and master's levels, and there's also a course dedicated to safety in process engineering. For me, teaching chemical processes, whether for ammonia, nitric acid production, or other applications, always involves integrating safety. This ensures students understand that safety is an inherent part of chemical engineering education, not an afterthought.*

**You have a wide range of interesting publications and research behind you, but can you share a memorable or groundbreaking research project from your career?**

*My most influential work includes studies on the “domino effect”, which examines the likelihood of accidents escalating in process industries, and research on external threats to chemical plants, like earthquakes or terrorist attacks. These studies on risk mitigation have been widely recognized and are central to my work.*

**Process safety and risk mitigation are very important topics, so what significant advancements have you observed in this field?**

*The biggest advancements have been in addressing external factors affecting chemical plants, specifically through the study of the domino effect and Natech, which integrates natural and technological hazards—has been transformative, along with new approaches in chemical kinetics.*

**My next question will be on balancing academic research with advising PhD students. Can you tell us how you balance academic research with advising PhD students on practical safety measures, particularly within Future Earth, Climate Change and Societal Challenges program?**

*I am a member of the board for this PhD program at the University of Bologna. This program is highly multidisciplinary, involving students from various fields such*

*je fyzika nebo sociální vědy. V tomto programu učím studenty o rizicích chemických závodů v oblastech náchylných k přírodním katastrofám, jako byla například havárie ve Fukušimě, abych ukázal praktická bezpečnostní opatření. Tyto znalosti jsou zásadní i pro veřejné instituce a firmy, které často nemají dostatečné povědomí o těchto rizicích.*

**Řekněte mi, jak se vyvíjí procesní bezpečnost v souvislosti s rostoucím významem externích faktorů, zejména s ohledem na změnu klimatu?**

*V rámci jednoho evropského projektu jsem spolupracoval s jadernými inženýry na přizpůsobení bezpečnostních standardů v případě přírodní události v jaderném sektoru pro obecný průmysl, protože tyto standardy jsou velmi přísné kvůli nutnosti zabránit jakýmkoliv únikům. Spolupracoval jsem také s ENI, italskou ropnou společností, na vývoji pokynů pro hodnocení rizik přírodních událostí. Například jsme vyvinuli postupy pro manažery ENI, jak postupovat během zemětřesení nebo tsunami v pobřežních závodech.*

**Pojďme se soustředit na budoucnost. Jak vidíte vliv své práce na udržitelné procesy v chemickém průmyslu v budoucnu?**

*Udržitelnost je nyní klíčovým faktorem, který ovlivňuje reputaci společností. Pro chemické závody to znamená nejen environmentální odpovědnost, ale i bezpečnost. Některé mé práce se zaměřují na výzvy spojené s vodíkem, což je slibný, ale technologicky i bezpečnostně náročný zdroj energie.*

**Jsme téměř na konci našeho rozhovoru. Jedna z mých posledních otázek bude, zda máte nějakou radu pro mladé výzkumníky, kteří se zajímají o průmyslovou bezpečnost a environmentální dopad?**

*Mladí výzkumníci by měli mít dobré znalosti a pevné základy v chemii, fyzice a chemickém inženýrství – pochopení termodynamických principů je zásadní. Průmyslová bezpečnost a environmentální dopady jsou*

*as physics or social science. For example, in this PhD program, I teach students about the risks of chemical plants located in areas prone to natural hazards, using events like the Fukushima disaster to illustrate practical safety measures. This knowledge is critical for authorities, who often have limited insight into these risks.*

**With the rising importance of considering external factors, how is process safety evolving, particularly with climate change?**

*Within a European project, I've worked with nuclear engineers on adapting safety standards for natural events from the nuclear sector to general industry, as these standards are stringent due to the need to prevent any releases. Additionally, I collaborated with ENI, an Italian oil company, to develop risk assessment guidelines for natural events. For instance, we provided ENI's managers with procedures to follow in the event of an earthquake or tsunami at coastal plants.*

**Let's focus on the future. How do you see your work on sustainable processes impacting the future of the chemical industry?**

*Sustainability is now a key reputational factor for companies. For chemical plants, this means not only environmental responsibility but also safety. Some of my work has focused on the challenges posed by hydrogen, a promising but complex energy source that presents difficulties from safety and technological perspectives.*

**We are almost at the end of the interview. One of my last questions will be if you have any advice for young researchers interested in industrial safety and environmental impact?**

*They should have a solid foundation in chemistry, physics, and chemical engineering—understanding thermodynamic principles is essential. Industrial safety and environmental impact are interdisciplinary, so they need to be open-minded and knowledgeable in various*

interdisciplinární témata, takže musí být otevření a mít znalosti z různých oborů. Manažer musí například chápat aspekty fyziky, návrhu závodů i důsledky přírodních katastrof. Vášeň a zájem o různorodé oblasti jsou ale klíčové.

**Má poslední otázka. Jak zůstáváte v obraze ohledně vývoje v chemickém inženýrství a jaké oblasti mají potenciál pro budoucí výzkum?**

Díky online přístupu k časopisům, konferencím, ale i díky spolupráci s kolegy a firmami je snadnější zůstat v obraze. Evropa však ztratila své centrální postavení v oblasti vědeckých inovací ve prospěch zemí, jako jsou USA, Čína, Korea a Japonsko, což zdůrazňuje potřebu obnovit investice do výzkumu.

Potenciál budoucího výzkumu vidím v oblastech, jako jsou nové technologie pro baterie a vodíkové hospodářství. Z pohledu průmyslové bezpečnosti by byly přínosné systémy včasného varování před přírodními událostmi a inovace v metodách skladování a přepravy vodíku. Co se týče vodíku, vidím budoucnost spíše v lokální produkci nebo v nových skladovacích technologiích, například využití kapalných organických nosičů vodíku pro mobilní aplikace.

fields. A manager, for example, must grasp aspects of physics, plant design, and even the implications of natural disasters. Passion and an interest in different areas are crucial.

**My last question. How do you stay updated on developments in chemical engineering, and what areas hold potential for future research?**

Staying updated is easier now with online access to journals, conferences, and collaboration with colleagues and companies. Europe, however, has lost its central role in scientific innovation to countries like the U.S., China, Korea and Japan, which underscores the need for renewed investment in research.

Future research holds promise in several areas, such as new battery technologies and hydrogen economy. From the industrial safety perspective, early warning systems for natural events could be beneficial, as would advancements in hydrogen storage and transport methods. For hydrogen, I see the future leaning more towards on-site production or new storage technologies, as eg the use of liquid organic hydrogen carriers for mobile applications.

”

Udržitelnost je nyní klíčovým faktorem, který ovlivňuje reputaci společností.



Ernesto Salzano

Sustainability is now a key reputational factor for companies.

## INOVATIVNÍ METODY PRO UKLÁDÁNÍ A SKLADOVÁNÍ VODÍKU

## INNOVATIVE METHODS FOR HYDROGEN STORAGE

Tradiční metody skladování vodíku, jako je stlačený plyn nebo kapalný vodík, mají své limity a rizika. S rozvojem pokročilých technologií se však otevírají nové možnosti, které mohou zcela změnit způsob, jakým uchováváme a manipulujeme s vodíkem.

Mezi tyto inovativní metody patří skladování vodíku v metalhydridech, což jsou chemické sloučeniny, ve kterých je vodík vázán na kovový prvek nebo slitinu. Metalhydridy umožňují bezpečné a efektivní uchovávání vodíku v pevné formě. Jednou z dalších možností pro ukládání

Traditional methods of hydrogen storage, such as compressed gas or liquid hydrogen, have their limitations and risks. However, with the development of advanced technologies, new possibilities are emerging that could completely change the way we store and handle hydrogen.

Among these innovative methods is hydrogen storage in metal hydrides, which are chemical compounds where hydrogen is bonded to a metal element or alloy. Metal hydrides allow for safe and efficient storage of hydrogen in solid form. Another promising method is complex



vodíku jsou komplexní hydridy, které využívají chemické vazby mezi vodíkem a dalšími prvky, což poskytuje vysokou hustotu vodíku. Skladování vodíku v nanostrukturách uhlíku, jako jsou uhlíkové nanotrubičky a grafen, nabízí obrovskou povrchovou plochu pro adsorpci vodíku, čímž dochází k nárůstu kapacity pro skladování. I když uhlíkové nanostruktury mají velký potenciál, jejich reálná kapacita pro uchování vodíku je zatím předmětem výzkumu a nemusí být prakticky tak vysoká, jak se původně očekávalo. Skleněné mikrokuličky jsou jednou z dalších zajímavých metod, kde jsou malé duté skleněné koule naplněny vodíkem pod vysokým tlakem, což umožňuje bezpečné a kompaktní skladování. Tato technologie je stále ve fázi vývoje a její komercializace není běžná. Vodík lze také uchovávat jako součást chemických sloučenin, jako jsou amoniak nebo kapalné organické nosiče vodíku, které umožňují transport a skladování vodíku v kapalné formě při pokojové teplotě. Tím se výrazně zvyšuje bezpečnost a praktičnost těchto technologií.

### Metalhydridy: Klíč k bezpečnému a efektivnímu skladování vodíku

Metalhydridy představují posun v oblasti skladování vodíku. Jejich schopnost bezpečně a efektivně uchovávat vodík a kontrolovat ho uvolňovat dělá z těchto sloučenin klíčový prvek v rozvoji vodíkové ekonomiky. V Centru energetických a environmentálních technologií se zaměřujeme na řešení jedné z klíčových výzev této technologie – tepelného managementu.

Řízení teploty je zásadní pro optimalizaci procesů **absorpce a desorpce vodíku**. Během absorpce vodíku dochází k uvolňování tepla (exotermický proces), zatímco při desorpci se teplo spotřebovává (endotermický proces). Efektivní řízení teploty může výrazně urychlit oba tyto procesy.

Metalhydridy mají několik významných předností. Jejich vysoká absorpční kapacita umožňuje skladovat velké množství vodíku v kompaktním prostoru. Vodík vázaný v metalhydridu je v pevné formě, což snižuje riziko úniku a výbuchu, a tím i zvyšuje bezpečnost. Další výhodou je jejich reverzibilita. Metalhydridy můžou být opakovaně nabíjeny a vybíjeny bez výrazného poklesu výkonu. Kontrolované uvolňování vodíku je důležité pro aplikace

hydrides, which use chemical bonds between hydrogen and other elements, offering high hydrogen density. Storing hydrogen in carbon nanostructures, such as carbon nanotubes and graphene, provides a large surface area for hydrogen adsorption, increasing storage capacity. While carbon nanostructures show great potential, their real-world hydrogen storage capacity is still under research and may not be as high as initially anticipated. Glass microspheres are another interesting method, where small hollow glass spheres are filled with hydrogen under high pressure, allowing for safe and compact storage. This technology is still under development and is not yet widely commercialized. Hydrogen can also be stored as part of chemical compounds, such as ammonia or liquid organic hydrogen carriers (LOHCs), which allow for the transport and storage of hydrogen in liquid form at room temperature. This significantly increases the safety and practicality of these technologies.

### Metal Hydrides: The Key to Safe and Efficient Hydrogen Storage

Metal hydrides represent a significant advancement in hydrogen storage. Their ability to safely and efficiently store hydrogen and release it in a controlled manner makes them a key component in the development of the hydrogen economy. At the Centre for Energy and Environmental Technologies (CEET), we focus on addressing one of the key challenges of this technology—thermal management.

Temperature control is crucial for optimizing **hydrogen absorption and desorption** processes. During hydrogen absorption, heat is released (an exothermic process), while during desorption, heat is consumed (an endothermic process). Efficient temperature management can significantly accelerate both processes.

Metal hydrides have several key advantages. Their high absorption capacity allows for the storage of large amounts of hydrogen in a compact space. Hydrogen stored in metal hydrides is in solid form, which reduces the risk of leaks and explosions, thereby enhancing safety. Another advantage is their reversibility. Metal hydrides can be repeatedly charged and discharged without significant performance degradation. Controlled hydrogen

vyžadující přesnou regulaci průtoku plynu, jako jsou palivové články.

Potenciál využití metalhydridů je obrovský. V energetice umožňují efektivní skladování energie ve formě vodíku, což je klíčové pro rozvoj vodíkových palivových článků a dalších technologií využívajících vodík jako zdroj energie. Tyto technologie mohou snížit závislost na fosilních palivech a přispět ke snížení emisí skleníkových plynů. V průmyslových aplikacích nacházejí uplatnění v metalurgii, chemickém průmyslu a při výrobě elektronických zařízení, kde je potřeba bezpečně skladovat a manipulovat s vodíkem. V automobilovém průmyslu se metalhydridy používají jako palivové nádrže pro vozidla na vodíkový pohon, což umožňuje bezpečné a efektivní skladování vodíku v kompaktním prostoru vozidla. Vysoká váha metalhydridů omezuje jejich praktické použití v běžných vozidlech. Nicméně mají potenciál hlavně v nákladní dopravě, případně u vlaků, kde umožňují bezpečné a efektivní skladování vodíku v kompaktním prostoru nádrže. Jejich další předností je také fakt, že mohou sloužit jako záložní zdroje energie pro kritické infrastruktury, jako jsou nemocnice, datová centra a komunikační systémy, zajišťující nepřetržitou dodávku energie v případě výpadků.

Naše dlouhodobá vize zahrnuje nejen řešení současných výzev, ale i průzkum nových možností a inovací, které mohou ještě více rozšířit využitelnost metalhydridů v budoucnosti. Implementace těchto technologií v různých průmyslových odvětvích přispívá ke zvýšení energetické účinnosti, snížení ekologického zatížení a podpoře udržitelného rozvoje.

Metalhydridy tak představují významný krok vpřed v oblasti skladování a manipulace s vodíkem. Jejich pokročilé vlastnosti a široká uplatnitelnost slibují revoluci v mnoha průmyslových odvětvích, čímž přinášejí bezpečnější, efektivnější a ekologičtější budoucnost.

release is important for applications requiring precise gas flow regulation, such as fuel cells.

The potential for metal hydrides is enormous. In the energy sector, they enable efficient energy storage in the form of hydrogen, which is crucial for the development of hydrogen fuel cells and other hydrogen-based energy technologies. These technologies can reduce dependence on fossil fuels and contribute to the reduction of greenhouse gas emissions. In industrial applications, metal hydrides are used in metallurgy, the chemical industry, and the production of electronic devices, where the safe storage and handling of hydrogen are required. In the automotive industry, metal hydrides are used as fuel tanks for hydrogen-powered vehicles, allowing for the safe and efficient storage of hydrogen in the vehicle's compact space. However, their high weight limits their practical use in regular vehicles. They hold more promise in freight transport or trains, where they enable safe and efficient hydrogen storage in a compact tank space. Another advantage is their potential as backup power sources for critical infrastructure, such as hospitals, data centers, and communication systems, ensuring a continuous power supply in case of outages.

Our long-term vision includes not only solving current challenges but also exploring new possibilities and innovations that could further expand the applicability of metal hydrides in the future. Implementing these technologies across various industries contributes to increased energy efficiency, reduced environmental impact, and the promotion of sustainable development.

Metal hydrides represent a significant leap forward in hydrogen storage and handling. Their advanced properties and wide range of applications promise to revolutionize many industries, bringing a safer, more efficient, and environmentally friendly future.



### MyH2 2000: nízkotlaková vodíková nádrž

V současné době probíhají v Centru ENET CEET experimenty na metalhydridech MyH2 2000. Jde o pokročilou nízkotlakovou plnitelnou vodíkovou nádrž navrženou pro bezpečné a efektivní skladování vodíku. Tato technologie využívá metalhydridy, konkrétně kovový prášek, který absorbuje vodík do chemické matrice, což umožňuje reverzibilní proces nabíjení a vybíjení nádrže. Díky tomu lze nádrž opakovaně plnit a vyprazdňovat podle potřeby.

Vodíková nádrž má nominální kapacitu 180 gramů vodíku ( $2 \text{ Nm}^3$ ), maximální provozní tlak 30 barů a vnitřní objem válce 3 litry. Lahev je navržena pro vysokou bezpečnost a efektivitu a její hlavní výhodou je práce s relativně nízkým tlakem. To minimalizuje rizika spojená s manipulací s vodíkem.

Při nabíjení, což je exotermický proces, je nutné nádrž chladit studenou vodní koupelí ( $10\text{--}15^\circ\text{C}$ ). Naopak při vybíjení, které je endotermické, se doporučuje ohřívání nádrže v horké vodní koupeli ( $40\text{--}55^\circ\text{C}$ ), aby se optimalizovala efektivita procesu. Řízení teploty (thermal management) je klíčové pro efektivní průběh těchto procesů, protože správné řízení teploty může výrazně urychlit absorpci a desorpci vodíku, čímž zvyšuje celkovou efektivitu systému.

Toto zařízení je ideální pro skladování čistého plynného vodíku, který lze následně využít k výrobě elektrické energie pomocí palivových článků. Samotný proces pak přispívá k udržitelným energetickým řešením.

### MyH2 2000: Low-Pressure Hydrogen Tank

Currently, experiments on MyH2 2000 metal hydrides are being conducted at ENET Centre CEET. This is an advanced low-pressure refillable hydrogen tank designed for the safe and efficient storage of hydrogen. This technology uses metal hydrides, specifically metal powder, which absorbs hydrogen into a chemical matrix, allowing for the reversible charging and discharging of the tank. This means the tank can be refilled and emptied as needed.

The hydrogen tank has a nominal capacity of 180 grams of hydrogen ( $2 \text{ Nm}^3$ ), a maximum operating pressure of 30 bars, and an internal cylinder volume of 3 litres. The tank is designed for high safety and efficiency, and its main advantage is operating at relatively low pressure, minimizing the risks associated with handling hydrogen.

During charging, an exothermic process, the tank needs to be cooled with a cold-water bath ( $10\text{--}15^\circ\text{C}$ ). Conversely, during discharging, which is an endothermic process, it is recommended to heat the tank in a hot water bath ( $40\text{--}55^\circ\text{C}$ ) to optimize process efficiency. Thermal management is key to the efficient performance of these processes, as proper temperature control can significantly accelerate hydrogen absorption and desorption, thus increasing the overall efficiency of the system.

This device is ideal for storing pure gaseous hydrogen, which can subsequently be used to generate electricity via fuel cells. This process contributes to sustainable energy solutions.

„Metalhydridy nabízejí vysokou kapacitu pro uložení vodíku, zvýšenou bezpečnost a možnost opakovaného využití bez ztráty výkonu. Naším cílem je optimalizovat tepelný management metalhydridů tak, abychom maximalizovali účinnost absorpcie a desorpcie vodíku.“



Lubomíra  
Drozdová

“Metal hydrides offer high capacity for hydrogen storage, enhanced safety, and the ability to be reused without performance loss. Our goal is to optimize the thermal management of metal hydrides to maximize the efficiency of hydrogen absorption and desorption.”

## BORON-DOPED GRAPHITIC CARBON NITRIDE NEW INSIGHTS INTO CHEMICAL MECHANISMS

### BÓREM DOPOVANÝ GRAFITICKÝ NITRID UHLÍKU NOVÉ POZNATKY O CHEMICKÝCH MECHANISMECH

Vědci z CEET Daniel Cvejn, Pavlína Peikertová a Petr Praus se zaměřili na mechanismus syntézy bórem dopovaného grafitického nitridu uhlíku. Společně zkoumají, jak chemické mechanismy B-dopování ovlivňují strukturu a vlastnosti těchto materiálů, což hraje zásadní roli při jejich optimalizaci pro praktické aplikace. Své poznatky publikovali také v časopise *Materials Today Chemistry* a dnes jsme vyzpovídali jednoho z autorů článku, Daniela Cvejna, který nás s touto problematikou seznámí podrobněji.

Přejděme rovnou k první otázce. Řekněte mi, co je grafitický uhlíkový nitrid ( $g\text{-C}_3\text{N}_4$ ) a proč je považován za nadějný materiál budoucnosti?

Znáte „Faraonovy hady“? Je to takový demonstrační experiment, který má nadchnout děti pro chemii. Dneska se dělá různými recepturami, nejslavnější je ta

Researchers from CEET, Daniel Cvejn, Pavlína Peikertová, and Petr Praus, have focused on the on the mechanism of synthesis of boron-doped graphitic carbon nitride. Together they are investigating how the chemical mechanisms of B-doping affect the structure and properties of these materials, which plays a crucial role in their optimisation for practical applications. Their findings have also been published in the journal *Materials Today Chemistry*, and today we interviewed one of the authors of the paper, Daniel Cvejn, who introduces us to this topic in more detail.

Let's go straight to the first question. Tell me, what is graphitic carbon nitride ( $g\text{-C}_3\text{N}_4$ ) and why is it considered a promising material of the future?

Are you familiar with “Pharaoh's Serpents”? It's a demonstration experiment designed to excite children about chemistry. Nowadays, it's done with various recipes, the most famous involving sucrose, ethanol,

se sacharózou, lihem a jedlou sodou. Ale to není původní receptura. Původně se dělal tak, že se zapálil rhodanid rtuťnatý ( $\text{Hg}(\text{SCN})_2$ ) otevřeným plamenem. Z relativně malé hromádky bílého prášku se za vyšlehnutí plamene stanou „hadi“ popela o zhruba tisícinásobném objemu. Bohužel, původní reakce uvolňuje toxické páry elementární rtuti a sirouhlíku, takže je dneska prakticky nemožné ji dětem předvést.

Důležité ale je, že ten popel, co vzniká, je nitrid uhlíku (znečištěný sulfidem a oxidem rtuťnaným). Je to směs více krystalických forem tohoto nitridu, ale nejzastoupenější je tam ten grafitický (náš  $g\text{-C}_3\text{N}_4$ ). Dusík a uhlík poskládaný do vzájemně spojených heterocyklických „dlaždic“. Dnes máme samozřejmě trochu jiné metody přípravy  $g\text{-C}_3\text{N}_4$ . Ale celé to začalo těmi „hady“, které Friedrich Wöhler předvedl poprvé veřejně někdy roku 1821.

Proč nás zajímá 200 let potom? Je to polovodič. Nejen v tom elektrickém slova smyslu, ale i v tom optickém. Tedy je možné ho pomocí světla „budit“, aby předával elektrony jiným látkám, či je od nich přijímal. A to je základ oboru, kterému říkáme katalýza. V současnosti většina katalyzátorů, které máme, jsou látky na principu kovů (palladia, iridia, niklu, hliníku apod.) a jejich sloučenin. V  $g\text{-C}_3\text{N}_4$  máme látku, která je složena z uhlíku a dusíku, jedněch z nejčastějších prvků ve vesmíru, a mohla by svést totéž. Proto vědce tolik zajímá.

**Zní to velmi zajímavě. Proč jste vlastně zkoumali borové dopování  $g\text{-C}_3\text{N}_4$ , a k čemu by to mohlo být užitečné?**

To je dobrá otázka. U  $g\text{-C}_3\text{N}_4$  se obecně ukazuje, že není až tak důležitý prvek. Respektive je důležitý svými unikátními vlastnostmi, ale není to celý příběh, kterým pozměňujeme jeho strukturu. Jde spíše o způsob, jakým ho dokážeme do struktury navázat. Pokud například budeme do struktury vpravovat fosfor, právě způsob, kterým bude ve struktuře vázán, bude rozhodovat, zda vytvoříme kupříkladu lepší katalyzátor, nebo jeho pravý opak. Látku, která dokáže zpomalovat některé reakce – například hoření. To se může, jak víme z nedávných událostí, vcelku hodit. Tedy, kromě dopování samotným

and baking soda. However, that's not the original recipe. Originally, it was made by ignition of mercuric thiocyanate ( $\text{Hg}(\text{SCN})_2$ ) with an open flame. From a relatively small pile of white powder, „snakes“ of ash, about a thousand times the original volume, emerge in a burst of flame. Unfortunately, the original reaction releases toxic fumes of elemental mercury and carbon disulfide, making it practically impossible to show this to children today.

But the important thing is that the ash that is produced is carbon nitride (with mercuric oxide and sulfide as impurities). It's a mixture of several crystalline forms of this nitride, but the most prevalent is the graphitic form (our  $g\text{-C}_3\text{N}_4$ ). It consists of nitrogen and carbon arranged in interconnected heterocyclic „tiles.“ Of course, we have different methods for preparing  $g\text{-C}_3\text{N}_4$  today, but it all began with those „snakes“ that Friedrich Wöhler publicly demonstrated around 1821.

Why are we interested in it 200 years later? **It's a semiconductor**—not only in the electrical sense but also optically. This means it can be excited by light to transmit electrons to or receive electrons from other substances, which is fundamental to the field of catalysis. Currently, most catalysts we use are based on metals (like palladium, iridium, nickel, aluminum, etc.) and their compounds. With  $g\text{-C}_3\text{N}_4$ , we have a material made of carbon and nitrogen, two of the most common elements in the universe, capable of performing similar functions. That's why it attracts so much attention from scientists.

**That sounds very interesting. So why did you investigate boron doping of  $g\text{-C}_3\text{N}_4$  in the first place, and what could it be useful for?**

That's a good question. In the case of  $g\text{-C}_3\text{N}_4$ , it turns out that the element itself isn't necessarily the most important factor. While the element is significant due to its unique properties, it's not the whole story when it comes to altering its structure. What really matters is how we incorporate it into the structure. For example, if we introduce phosphorus into the structure, the way it bonds within the material will determine whether we create a better catalyst or, conversely, a substance that slows down certain reactions—like combustion. This, as we've learned

prvkem, má poměrně zásadní důležitost zkoumat, jak se váže v konečném materiálu a co to znamená pro jeho vlastnosti. My jsme zvolili bór zejména z toho důvodu, že tam je ten charakter vázání poměrně málo prozkoumaný. Spousta vědců je schopna dělat bórem dopované nitridy uhlíku, ale málokdo zkoumá do hloubky, co to vlastně připravil. A to i v případě těch, co připraví materiál, co se jeví jako užitečný pro katalýzu nějaké reakce či jiné použití.

**Má nějaký zásadní důvod použití kyseliny borité a kyanoguanidinu při zkoumání dopace?**

Kyanoguanidin a kyselinu boritou jsme zvolili ze dvou vzájemně souvisejících důvodů. Tím prvním je, že je to poměrně častá kombinace u těch, co se snaží připravit bórem dopovaný  $g\text{-C}_3\text{N}_4$ . Tím druhým je, že se jedná o **neběvale levné materiály**, takže za relativně málo peněz lze udělat poměrně hodně experimentů.

**Zajímalo by mě, proč je důležité, že dopovaný CN absorbuje viditelné světlo? Lze toho nějak využít?**

Viditelné světlo je jeden z nejjednodušších a nejdostupnějších zdrojů energie, které lidstvo má. Zejména ve dne. Pokud dovedeme účinně budit (excitovat) materiál viditelným světlem, jsme na cestě tuto energii využívat. V tomto případě třeba k chemickým přeměnám. Logicky pak nemusíme využívat energii jinou, například tu pocházející z fosilních paliv.

**Rozumím a navážu hned další otázkou. Může B-CN přinést pokrok při výrobě solárních článků nebo baterií?**

Stručná odpověď by asi byla, že může. Otázka je samozřejmě jak. A tam musím říct, že zatím nejsme dostatečně daleko. V obecné rovině můžu jen potvrdit, že materiály na principu dopovaného  $g\text{-C}_3\text{N}_4$  se i v solárních článcích i v bateriích používají. Dokonce v několika rolích. Třeba jako transportéry děr i jako pevné elektrolyty. K čemu budou ty naše materiály, je nadále předmětem našeho výzkumu.

from recent events, can be quite useful. So, beyond just doping with an element, it's crucial to explore how that element bonds within the final material and what that means for its properties. We chose boron primarily because the bonding character is not well understood. Many scientists are capable of creating boron-doped carbon nitrides, but few really investigate in depth what exactly has been created. This is true even for those who produce materials that appear useful for catalyzing reactions or other applications.

**Is there a specific reason for using boric acid and cyanoguanidine in your doping experiments?**

We chose cyanoguanidine and boric acid for two interrelated reasons. The first is that this combination is quite common among those attempting to prepare boron-doped  $g\text{-C}_3\text{N}_4$ . The second reason is that these are **unusually inexpensive materials**, which means we can conduct a significant number of experiments for relatively little cost.

**I wonder, why is it important that the doped CN absorbs visible light? Can this be utilized in any way?**

Visible light is one of the simplest and most accessible sources of energy available to humanity, especially during the day. If we can effectively excite a material using visible light, we're on our way to harnessing that energy. In this case, for chemical transformations, for example. Logically, this means we wouldn't need to rely on other sources of energy, such as fossil fuels.

**I understand, and I'll follow up with another question. Could B-CN lead to advancements in the production of solar cells or batteries?**

The short answer would probably be yes, it can. The real question is how. And I must say that we're not quite there yet. On a general level, I can confirm that materials based on doped  $g\text{-C}_3\text{N}_4$  are already being used in solar cells and batteries, even in multiple roles. For instance, as hole transporters and solid electrolytes. What our materials will be used for is still the subject of our research.

**Řekněte mi, co jsou katalytická centra v B-CN a jak mohou pomoci v boji proti klimatickým změnám, například při zachycování CO<sub>2</sub>?**

To, co jsme v případě našich B-CN materiálů odhalili, a tady je nutné znovu zdůraznit, že to nejsou nebo nemusí být stejné materiály jako jiné publikované B-dopované nitridy, je víceméně to, že současná teorie toho, jak katalyticky působí, nemůže být pravda. Většina vědců, co se v současnosti zabývají B-dopováním nitridu uhlíku by asi řekla, že za jeho katalytické vlastnosti jsou zodpovědné **Lewisovské kyselé centra**, která tam vnášší bór. My jsme víceméně ukázali, že naše B-CN materiály žádná taková centra nemají. Takže to nemohou být katalytická centra. Může to být tím, že naše materiály jsou trochu odlišné od těch, co syntetizují jiní. Nebo to může být tím, že katalytické působení těch materiálů chápeme špatně. Stručně řečeno, v podstatě víme, jaká katalytická centra v tom materiálu nejsou. Což nás spíše vrací na začátek ohledně toho, jaká tam tedy jsou. Tak to prostě ve vědě bývá.

**Na závěr se zeptám, jak si myslíte, že může vývoj B-dopovaného CN přispět k udržitelnějším technologiím a zlepšení kvality života?**

Asi důležitější, než přímý dopad na udržitelné technologie je, že jsme přinesli nové poznatky o mechanismu dopování bórem. Ty mohou pomoci při návrhu nových materiálů, nejen pro solární články, baterie či katalýzu. Pokud s pomocí výpočetní techniky či AI navrhujeme, ať už my, nebo někdo jiný, nějakou užitečnou B-dopovanou strukturu, díky těmto výsledkům máme větší šanci ji připravit. To považuji za náš hlavní přínos.

**Can you tell me what catalytic centers are in B-CN and how they might help in the fight against climate change, for example in CO<sub>2</sub> capture?**

What we have discovered with our B-CN materials—and it's important to emphasize that these may not be the same materials as other published boron-doped carbon nitrides—is essentially that the current theory on how they catalytically function might not be accurate. Most scientists working with boron doping of carbon nitride would likely say that the catalytic properties are due to the **Lewis acidic centers** introduced by boron. We've shown that our B-CN materials do not have these centers. Therefore, they cannot be catalytic centers. This could be because our materials are somewhat different from those synthesized by others, or it could be that we're misunderstanding the catalytic behavior of these materials. In short, we essentially know what catalytic centers are not present in the material, which brings us back to square one in terms of what might actually be there. That's just how science works.

**Finally, how do you think the development of B-doped CN can contribute to more sustainable technologies and improving the quality of life?**

Perhaps more important than the direct impact on sustainable technologies is that we have provided new insights into the mechanism of boron doping. These findings can aid in the design of new materials, not only for solar cells, batteries, or catalysis. If we, or someone else, use computational techniques or AI to propose a useful B-doped structure, our results increase the likelihood of successfully synthesizing it. I see this as our principal contribution.

**Materiál plně využijeme, až když pochopíme jeho strukturu.**

**Daniel Cvejn**

**To harness a material's full potential, we must first understand its structure.**

## CEET WORKSHOP



**9. prosince 2024**

Čtvrtý ročník workshopu CEET, se uskutečnil v kulturním domě Poklad. Workshop nabídl zcela nový formát v podobě panelových diskuzí, které byly zaměřeny na klíčová témata, jako jsou nanotechnologie, udržitelnost, zelený vodík či kvalita ovzduší a vody.

**9th December 2024**

The fourth annual CEET workshop took place at the Poklad Cultural Center. The workshop introduced an entirely new format in the form of panel discussions focused on key topics such as nanotechnology, sustainability, green hydrogen, and air and water quality.





[ceet.vsb.cz](http://ceet.vsb.cz)

17. listopadu 2172/15  
708 00 Ostrava – Poruba