

plastka 26

22. – 23. dubna 2026

**Sborník příspěvků
z konference**

EDITORI

Ivana Bartoníková
Přemysl Strážnický
Jarmila Strážnická
Petr Večeře

Upozornění: Všechna práva vyhrazena. Rozmnožování a šíření této publikace je jakýmkoli způsobem bez výslovného písemného svolení vydavatele trestné. Příspěvky neprošly redakční ani jazykovou úpravou. Za jazykovou úpravu odpovídají autoři textů jednotlivých příspěvků.

© Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, 2026

ISBN 978-80-7678-394-2

VĚDECKÝ VÝBOR:

Vladimír Sedlařík (UTB ve Zlíně)

Pavel Urbánek (UTB ve Zlíně)

David Hausner (Plastikářský klastr z.s.)

ORGANIZAČNÍ VÝBOR:

Jana Josefíková (UTB ve Zlíně)

Ivana Bartoníková (UTB ve Zlíně)

Přemysl Strážnický (UTB ve Zlíně)

Jarmila Strážnická (UTB ve Zlíně)

Jarmila Roubínková (UTB ve Zlíně)

Simona Šeligová (UTB ve Zlíně)

Petr Večeře (UTB ve Zlíně)

Petra Svěráková (UTB ve Zlíně)

PREAMBULE

Konference **PLASTKO** je nejdéle pořádanou mezinárodní akcí svého druhu na Univerzitě Tomáše Bati ve Zlíně. Už řadu let propojuje svět vědy s průmyslovou praxí a vytváří prostor, kde se rodí nové nápady, partnerství i inovace.

Letošní ročník na téma „**Trendy v plastikářském průmyslu**“ se zaměřuje především na **eko inovace v plastikářské výrobě** – téma, které dnes hýbe nejen výzkumem, ale i celým průmyslem. Významnou roli hraje také aktuální legislativa týkající se recyklace plastů a ekologické transformace, která zásadně ovlivňuje budoucí směřování oboru.

PLASTKO je konferencí s bohatou tradicí, která dlouhodobě inspiruje odborníky a stojí u zrodu mnoha úspěšných spoluprací. Jejím cílem je představit nejnovější trendy, sdílet příklady dobré praxe, propojovat firmy s akademickou sférou a nabídnout prostor pro prezentaci výsledků výzkumu a vývoje.

Organizační i vědecký výbor konference **PLASTKO 2026** si velmi váží trvalého zájmu odborné veřejnosti. Děkujeme všem účastníkům za jejich přítomnost, podporu a aktivní zapojení, které této tradiční akci dodává energii a smysl.

Organizační výbor konference Plastko 2026

ve Zlíně 22. 4. 2026



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Univerzitní institut



Plastikářský
klastr



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

CTT

Centrum transferu technologií

„Zajišťujeme ochranu a komercializaci duševního vlastnictví na UTB: patenty, užité a průmyslové vzory, ochranné známky, licenční smlouvy a podporujeme vznik spin-off společností.“

„Zakládáme platformu pro cílené vytváření dalších výsledků výzkumu a vývoje podle podnětů a požadavků praxe – aktivní spolupráci výzkumné a aplikační sféry“.

www.ctt.utb.cz



PolyEnvi21

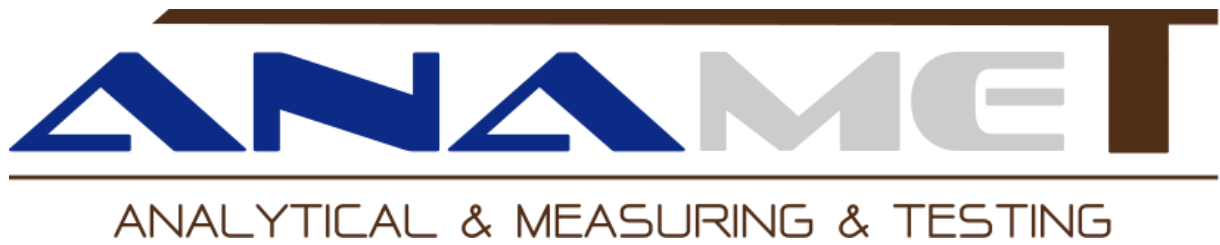
SVĚT  **PLASTŮ**

TECH **news**

elektronický newsletter vydávaný ve spolupráce s časopisem

SVĚT  **PLASTŮ**

Technický týdeník



 **BASF**

We create chemistry

camea



CZ SKD Solutions

AIT Group

ECORETAN

Ekologická recyklace PUR

fatra

HVM

PLASMA

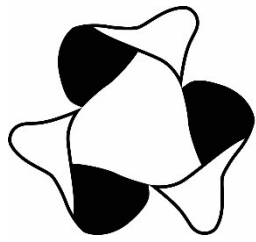
L I S A

T E C H



NANO PROGRESS

THE NANOTECHNOLOGY CLUSTER



plastenco

PMES Technologies



PROVETECH

PART OF **BENSELER** GROUP

*SINU***CRAFT**

— CNC BY ROBOT —



STABILPLASTIK

SUMITOMO RIKO GROUP



SumiRiko AVS Czech s.r.o.



Testovací laboratoř

pro implementaci udržitelných
a odolných technologií

TIC

**TECHNOLOGICKÉ
INOVAČNÍ CENTRUM**



TIÚ-PLAST a.s.

Plastové trubky, profily
Plastic pipes and profiles



TOMRA

CAMEA

Kontrola kontinuálních pásů

UniscanDETECTOR

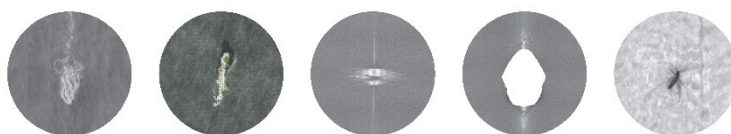
Kontrola celé šíře pásu

Záchyt okem nepostřehnutelných nečistot a děr

Pro průsvitné i neprůsvitné produkty

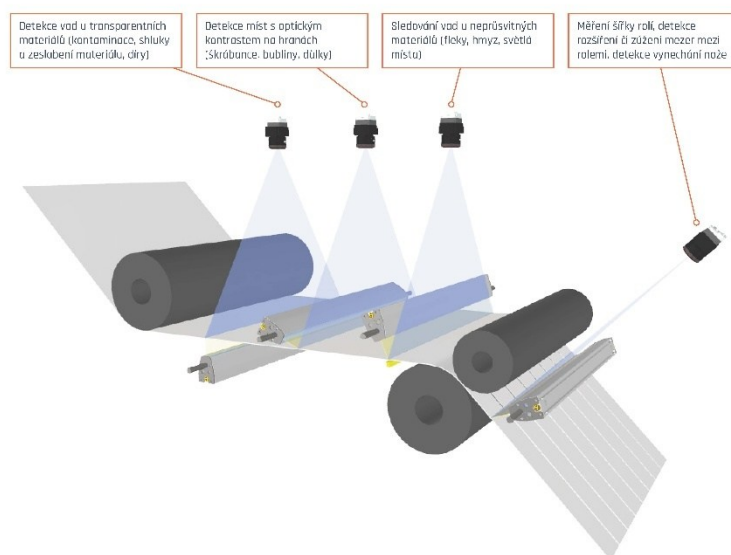
Typicky pro rychlosti pásu do 2 000 m/min

PŘÍKLADY POUŽITÍ



Netkané textilie • Soubory vláken • Papír
Extrudované fólie a desky

MOŽNÉ USPOŘÁDÁNÍ SYSTÉMU



WWW.CAMEA.CZ

CAMEA

Kontrola a třídění granulátů

UniscanSORTER

Detekce kusů s opticky kontrastní odchylkou
Snímání granulátu v jedné vrstvě při volném pádu
Okamžitá separace nevyhovujících kusů
Snadné přednastavení kritérií separace

PŘÍKLADY TŘÍDĚNÍ



Separace nápeků a nečistot • Separace dle barevné odchylky
Separace dle velikostní a tvarové analýzy

TYPICKÉ OBLASTI POUŽITÍ

VÝROBCI ▶ Odstranění NOK kusů při výstupní kontrole
ZPRACOVATELÉ ▶ Vstupní kontrola, kontrola poškozených balení



WWW.CAMEA.CZ



Material management for optimal processes



Conformal Cooling for shorter cycle times and higher quality



Flow rate monitoring for process reliability



Virtual product optimization



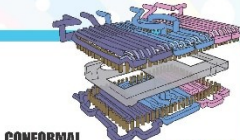
MAG

Gas suction device that removes gas from the mold.



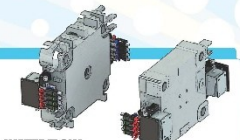
MOLD BREATHER

Innovative gas ejector pin that increases mold ventilation by up to 80%.



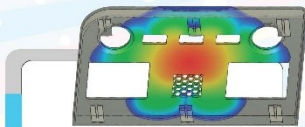
CONFORMAL COOLING + VARIO THERMAL

Improves cooling efficiency



WATERFLOW MONITORING SYSTEM

Makes water flow visible without touching the medium for easier mold maintenance



SIMULATION

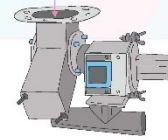
Reliable, consistent and accurate simulation results for the part, tool and process optimization



VIRGIN MATERIAL



MJ6



PUSH DAMPER

Smart cut-off for prevention of material residue in the hose



MSE

Clever anti static device for plastic pellets in material hoses



PELLETIZER

Recycles methodically to retain original material properties



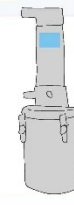
APH

Intelligent design that removes dust, mixes thoroughly and conveys



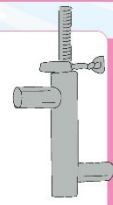
ARV

Excellent removal of powder and fines contamination from pellets



MAGIC CATCH

Effective removal of ferrous metal particles



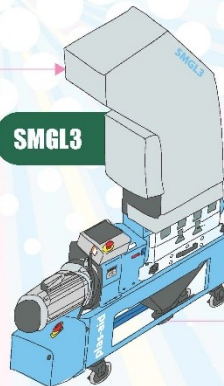
Mold Ventilation

Thermal Balance

Material Management

RUNNERS & REJECT PARTS

SMGL3



factor4
in molding factories

1 VISION
4 LEADERS
COUNTLESS POSSIBILITIES

LABIMEX CZ

www.labimexcz.cz

www.q-lab.com



TESTOVACÍ KOMORY PRO SLUNEČNÍ SIMULACE A TESTY ODOLNOSTI UV ZÁŘENÍ

Q-SUN pro sluneční simulace xenonovým světlem

- s pevnou zkušební plochou nebo otočným karuselem
- světelné spektrum pro INDOOR a OUTDOOR zkoušky
- regulace intenzity osvětlení, teploty a relativní vlhkosti
- možnost postřiku vzorků vodou nebo ponoru



Q-SUN Xe-3



Q-SUN Xe-1



Q-SUN Xe-2



Q-SUN Xe-8

QUV testery ultrafialovým zářením

- výběr spektra UV záření – lampy UVA, UVB, UVC, CW
- možnost postřiku vzorků vodou
- regulace intenzity osvětlení, teploty
- kondenzační testy se 100% relativní vlhkostí vzduchu

**Zajišťujeme prodej, servis, dodávky, instalace, zaškolení,
poradenství, kalibrace dle ISO 17025.**



QUV

LABIMEX CZ s.r.o.
Počernická 96
108 00 Praha 10
Česká republika
info@labimex.cz
www.labimexcz.cz
tel : +420 241 740 120

Dr. Ing. Milan Pražák
prazak@labimex.cz
+420 602 366 407

Ing. Jan Kolačný
kolacny@labimex.cz
+420 727 835 669

Ing. Jozef Maco
ingjozefmaco@gmail.com
+421 327 798 346
+421 910 970 699
Rakoľuby 697
916 31 Kočovce
Slovensko

OBSAH

Přednášky	1
CPS UTB ve Zlíně a jeho zapojení do spolupráce v oblastech cirkulární ekonomiky	2
Aktivity ve vazbě World Business Council for Sustainable Development.....	15
Od odpadů k surovinám pro plasty: Trendy a technologie chemické recyklace.....	20
Firemní strategie a cirkulární řešení pro všechny	21
Průmyslová cirkulární praxe vs požadavky	30
Cirkulární řešení v praxi.....	38
Aditiva pro nové výzvy	39
Automatizace a AI v oblasti třídění plastových odpadů	46
Stanovení C, H, N, S a O v plastic-to-oil procesu: spalovací analyzátoři Elementar	57
Inovace obalů v sortimentu PEBAL s.r.o.....	58
Jak japonská technologie stabilizuje evropský chaos	64
Směsné kompozitní odpady z (nejen) plastů - co s nimi?!.....	69
Značení polymerů organickými markery pro zefektivnění systému recyklace.....	75
Funkční vrstvy a design v technologii extrudovaných a litých desek.....	81
Atmosférická plasma jako alternativa primerů	83
Bio-epoxidové světlem vytvrzované formulace pro pokročilé lamináty a kompozity	84
Kompletní metrologie plastových výlisků s využitím výpočetní tomografie (CT)	85
Od výzkumu k praxi: Nanotechnologická řešení pro šetrnější a odpovědný průmysl.....	91
3D projekty na míru - cirkulární řešení	92
Moderní povrchové úpravy pro polymerní substráty	108
Pokročilé 3D technologie Siemens pro aditivní technologie	111
Materiál pod kontrolou: Základ úspěchu ve vstřikování plastů	117
Podpora firemního sektoru	126
Dopady nové obalové legislativy na EPR systémy a spotřebitelské chování	127
Postery	134
PP and PB-1 blends with/without nucleating agent	135
Enhancing the uv stability of linear polypropylene through the incorporation of long-chain branched polypropylene	137
Pokročilé strategie chemické valorizace biopolymerů.....	140
Studium vlivu opakovaného zpracování termoplastického polyuretanu na vznik degradačních produktů	142
Karbonizér – pokročilé využití biocharu z karbonizace.....	144
Zlepšení vlastností biokompozitů na bázi polylaktidu pro rozšíření jejich aplikační oblasti	146
Analýza vlivu hydrolytické degradace a teplotních podmínek na strukturu PLA a PLA kompozitů při dlouhodobé expozici ve vodním prostředí.....	148

Natural biopolymers in 2G feedstocks for hydrogen production.....	150
Recyklace průmyslového odpadu PVB na funkční keramické komponenty pomocí nízkonákladového FFF 3D tisku	152
Enhanced Acidolysis of Polyurethane Foams Using a Hydroxyl-Functional Additives ...	154
Processability of Highly Filled Compounds:	155
Utilization of Virgin and Recycled Polymer Binders	155
in material extrusion and powder injection molding.....	155
Polyuretanová drť jako funkční plnivo pro pryžové kompozity	157
DSC-driven prediction of recycled polymer content using an optimized hybrid machine learning framework	159
Biodegradabilní polymery pro zemědělské aplikace	161
Komparativní studie vlivu typu vícesytné karboxylové kyseliny na strukturu, vlastnosti a biologické účinky hydrogelů.....	162
Modely valuace bioodpadů a analýza materiálových toků	163
Zelené nanovláknité materiály pro filtraci vzduchu.....	166
Funkční filtrační materiály S nanovláknitou vrstvou	168
Poly(3-hydroxybutyrate)-based biodegradable polymer compositions enriched with urea	169
Snižování zastoupení kritických surovin v průmyslových odpadech	171
Valorizace textilního odpadu	173
Biologicky rozložitelné obalové materiály podporující cirkularitu, udržitelnost a ekologické inovace	175
Vplyv vybraných přírodních fenolických zlúčenín na vlastnosti celulóзовých agrohydrogelov pre poľnohospodárske účely	177
Eco-Friendly Polymer Electrolytes Based on Sodium Carboxymethyl Cellulose and Pectin for Sustainable Energy Storage in EDLC Applications	179
Compatibilization of Barium Titanate Particles with PVDF THROUGH surface grafting with PBA polymer brushes	180
Imunoglobulin Y (IgY) – bioaktivní aditivum pro polymerní systémy.....	181
Řízená úprava funkčních vlastností vnitřních struktur vytvořených aditivními technologiemi: výroba, dokončování a CT diagnostika.....	183
Electroactive Micro- and nanostructured objects Fabricated via Electrohydrodynamic Jetting and Electrospinning	185
3D-Printed Fiber-Reinforced Polymers: Influence of Fiber Reinforcement on Resonance and Sound Reflection Properties	187
Vliv opakované recyklace na kvalitu plastových výrobků.....	189
Plasma-Induced Metformin Functionalization of Polyethylene for Biomedical Applications	191
Vplyv typu a obsahu dispergátora na spracovateľnosť PE/FR kompaundov a štúdium ich vlastností.....	193

Vliv morfologie nanostruktur na filtraci vzduchu a mikrofiltraci vody.....	202
Atmospheric Plasma Polymerization of Alkane Precursors for Antibacterial Thin Coatings	204

PŘEDNÁŠKY

CPS UTB VE ZLÍNĚ A JEHO ZAPOJENÍ DO SPOLUPRÁCE V OBLASTECH CIRKULÁRNÍ EKONOMIKY

Vladimír Sedlařík

Centrum polymerních systémů, Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, třída T. Bati
5678, 760 01 Zlín, Česká republika

Korespondenční e-mail: sedlarik@utb.cz

UNIVERZITA TOMÁŠE BATI VE ZLÍNĚ

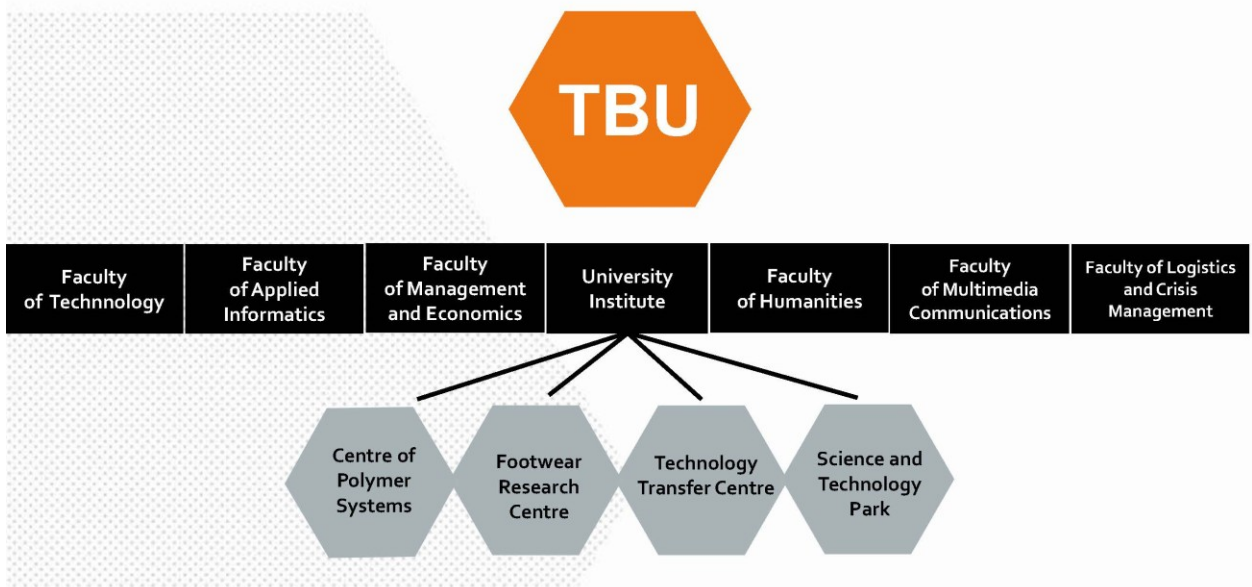
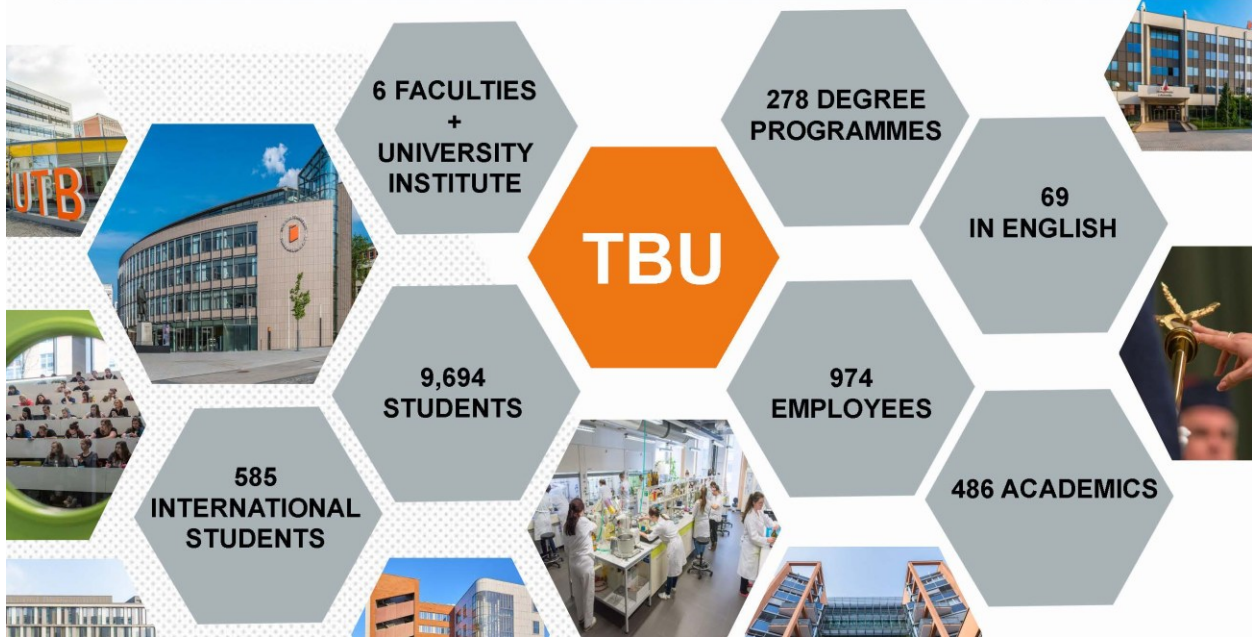
Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Centrum polymerních systémů

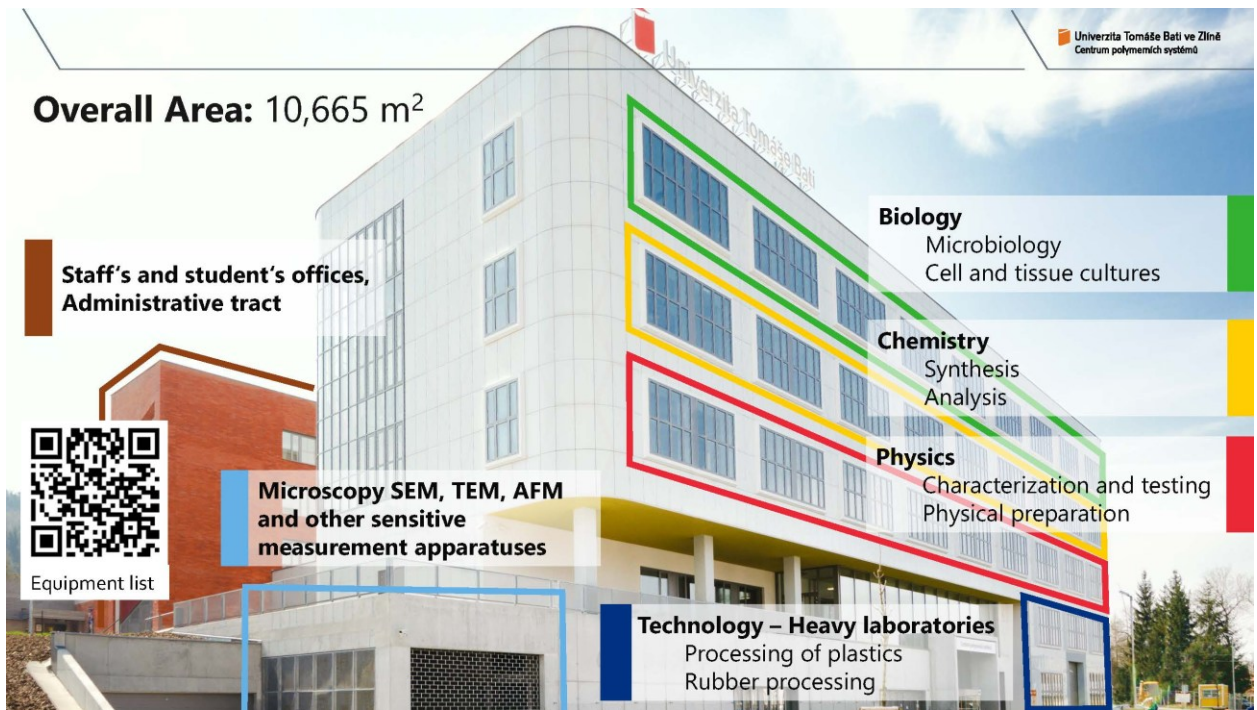
CPS
CENTRE
OF POLYMER
SYSTEMS

**CENTRUM POLYMERNÍCH
SYSTÉMŮ – ZAPOJENÍ DO
SPOLUPRÁCE V OBLASTI
CIRKULÁRNÍ EKONOMIKY**

● Vladimír Sedlařík
Zlín, 22. 4. 2026







TOMAS BATA UNIVERSITY IN ZLÍN

Tomas Bata University in Zlín
Centre of Polymer Systems





Strategické projekty 2026 a dále

**CENTRUM
POLYMERNÍCH
SYSTÉMŮ**

NÁRODNÍ CENTRUM KOMPETENCE



Národní centrum kompetence polymerních materiálů a technologií pro 21. století

Národní centrum kompetence PolyEnvi21, se zaměřuje na vývoj nových polymerních systémů zohledňující cíle udržitelného rozvoje, praktickou uplatitelnost a ekonomickou konkurenceschopnost.

Číslo projektu: TN02000051

Období řešení: 1. 1. 2023 – 31. 12. 2028

Koordinator: Centrum polymerních systémů, UTB ve Zlíně

Partneři (22):



Univerzita Palackého
v Olomouci



Univerzita
Pardubice



VYSOKÁ ŠKOLA
CHEMICKO-TECHNOLOGICKÁ
V PRAZE

UNIVERZITA J. E. PURKYNĚ V ÚSTÍ NAD LABEM

VŠB TECHNICKÁ
UNIVERZITA
OSTRAVA

+ malé, střední a velké firmy,
klastry, výzkumné organizace.

www.polyenvi.cz

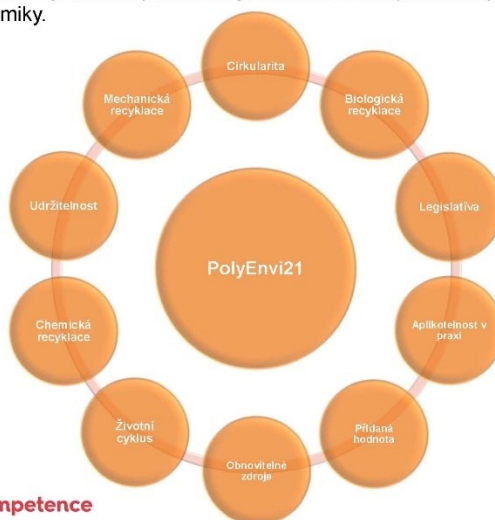


6

NÁRODNÍ CENTRUM KOMPETENCE



Klíčovou kompetencí PolyEnvi21 je oblast mechanické, chemické a biologické recyklace polymerních materiálů včetně návazných souvisejících procesů. Významná pozornost je věnována komplexnímu pojetí vyvíjených řešení pro naplnění principů cirkulární ekonomiky.



T A
Č R

Program **Národní centra kompetence**

Seznam dílčích projektů

- Systém značení polymerů pro digitalizovaný systém třídění odpadů
- Diseminační projekt
- Termosetická směs s absencí odpařování aditiv při následném procesu povrchové úpravy
- Odstraňování aditiv z plastů pomocí rozpouštědel
- Triboelektrické třídění odpadního plastového granulátu/drtě
- Termochemické zpracování odpadních plastů pomocí pyrolyzních, katalytických a purifikačních procesů
- Funkční polyurethanové polymery
- Technologie zpracování odpadních kalů z recyklace plastů
- Manažersko-strategický projekt
- Nanovláknenné a polymerní materiály s antimikrobiální ochranou
- Biopolymery pro agrochemické aplikace
- Zhodnocení polymerních materiálů frakcionační metodou
- Inovativní preparáty a intenzifikační procesy pro zlepšení biodegradovatelnosti biodegradovat. plastů
- Využití biopolymerních surovinových zdrojů 2. generace pro produkty s přidanou hodnotou
- Recyklace odpadních polymerů z autobaterií pomocí mechanické a chemické recyklace
- Plasty se zvýšenou tepelnou vodivostí
- Systém pro identifikaci recyklovatelnosti termoplastů
- Komplexní technologie materiálového a energetického zpracování baterií
- Efektivní odstranění mikroplastů ze životního prostředí a jejich další využití

OP JAK, Dlouhodobá mezisektorová spolupráce, Integrované územní investice

Rozvoj aplikačního potenciálu v oblasti polymerních materiálů v kontextu naplňování principů cirkulární ekonomiky (POCEK)

Aktivity (I/2025 – XII/2028):

- obousměrná spolupráce s praxí, sdílení poznatků, orientace výzkumu
- realizace orientovaného výzkumu
- pořízení infrastruktury
- společné projektové přihlášky a návazné projekty
- zapojení odborníků do výuky.



Řešitele projektu:

Centrum polymerních systémů, Univerzitní institut, Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně (www.cps.utb.cz)

Partneři projektu:

BASF spol. s r.o.
EPS biotechnology s.r.o.
SPUR a.s.



Spolufinancováno
Evropskou unií



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Centrum polymerních systémů

Rozvoj aplikačního potenciálu v oblasti polymerních materiálů v kontextu naplňování principů cirkulární ekonomiky (POCEK)

Orientovaný výzkum

Environmentálně šetrné aplikace polymerních systémů v praxi.

- zelená aditiva
- bezpečnost materiálů
- zvýšení aplikačního rozsahu



Polymerní (nano)technologie pro bezpečnější společnost

- dekontaminace živ. prostředí (endokrinní disruptory, PFAS, těžké kovy)
- technologie snižující emise
- obnovitelné zdroje



Efektivní recyklační technologie

- mechanická recyklace
- chemická recyklace
- biodegradace
- LCA



Spolufinancováno
Evropskou unií



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Centrum polymerních systémů



Strategické projekty Centra polymerních systémů, UTB ve Zlíně v roce 2025

OPTAK

Operační program
Technologie a aplikace pro konkurenceschopnost

OP TAK, Služby infrastruktury, ITI

Univerzitní technologické centrum pro praxi (UTCP)

Aktivity:

- vybavení infrastrukturou pro účinnou spolupráci s praxí (environmentální aplikace, materiálová bezpečnost, nanostruktury, materiály pro letecký a kosmický průmysl)
- výzkumné, vývojové a konzultační služby pro firmy (75 % podpora) – bude požádáno o podporu i této aktivity (předpoklad řešení IV/2026-XII/2027, ~ 13 mil Kč, max. 1 mil/MSP, de minimis).



MINISTERSTVO
PRŮMYSLU A OBCHODU



Spolufinancováno
Evropskou unií



Další strategické projekty Centra polymerních systémů, UTB ve Zlíně v roce 2025

CPS je jedním z partnerů v oblasti recyklací plastů a využívání obnovitelných zdrojů v projektu CirkArena.



Cirk
Arena



Spolufinancováno
Evropskou unií

Ministerstvo životního prostředí



STÁTNÍ FOND
ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ
ČESKÉ REPUBLIKY



CirkArena je plánovaným výzkumně-vývojovým centrem pro cirkulární ekonomiku. Bude soustřeďovat excelentní vědecké a inovační týmy a kapacity s ambicí zapojit svá pracoviště v Třinci a Ostravě do systému národních referenčních laboratoří.

Centrum se zaměří na výzkum odpadů – průmyslových odpadů specifických pro Moravskoslezský kraj, jako jsou strusky a odprašky, bioodpadů a stavebních odpadů – a přispěje tak k transformaci Moravskoslezského kraje.

www.cirkarena.cz



Cirk
Arena



Spolufinancováno
Evropskou unií

Ministerstvo životního prostředí



STÁTNÍ FOND
ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ
ČESKÉ REPUBLIKY

Vedoucí výzkumného programu

prof. Ing. Jozef Vlček, Ph.D.
MATERIÁLOVÝ A METALURGICKÝ VÝZKUM s.r.o



průmyslové odpady
specifické pro Moravskoslezský kraj

Vedoucí výzkumné oblasti
prof. Ing. Vlastimil Matějka, Ph.D.
VŠB – Technická univerzita Ostrava



bioodpady

Vedoucí výzkumné oblasti
prof. Ing. Vladimír Sedlařík, Ph.D.
Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně



stavební odpady

Vedoucí výzkumné oblasti
Ing. Jan Valentin, Ph.D.
České vysoké učení technické v Praze

www.cirkarena.cz

Běžící aktivity pod záštitou CPS:

- Pořizování infrastruktury (SoC, PFAS), mechanická recyklace.
- Recyklace polymerů (termoplasty, termosety) – zejména z automotive sektoru.
- Recyklace bioplastů.
- Valorizace biomasy – extrakce, aplikace, biopaliva.
- Analýza materiálových toků.
- Design thinking přístup – kombinace kreativního a inženýrského přístupu..



www.cirkarena.cz

INTERNATIONAL COOPERATION WITH CLUSTERS

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Centrum polymerických systémů



The Plan-C project boosts the **transformation of the plastics value chain** in the Danube countries towards circularity through the transnational cooperation of plastics processors/producers and the machine industry. Based on transnational technology transfer and a design thinking process, both actor groups jointly develop prototype solutions of plastics products + machine concepts designed for circularity to demonstrate the benefits of recycling, reuse, remanufacturing through innovative business cases.



<https://interreg-danube.eu/projects/Plan-C>



[Plan-C | Introduction](#)



[Plan-C | Website](#)



Plan-C | Mission & approach

- **Boost transformation along of the plastics value chain in the Danube Region towards circularity through the transnational cooperation of plastics processors AND the machine industry**
- The project showcases how **plastics and machinery** can be part of a sustainable future through:
 - Reuse and recycling of **plastics**
 - Maintenance, redistribution, refurbishment, remanufacturing, and recycling of **machines**
- **Our mission:**
 - Raising awareness of **circular economy opportunities**.
 - Providing concrete strategies and practical tools.
 - Developing a transnational action plan tailored to real industry needs.
 - Offering hands-on support to help SMEs take part in the shift.
- **Our approach**
 - Co-creating circular plastic solutions through collaboration and design thinking, resulting in practical prototypes and guidelines for SMEs.
 - Redesigning machinery for reuse and recycling, covering the entire lifecycle and exploring digital opportunities.
 - Developing a transnational action plan that aligns with EU regulations and national strategies, ensuring long-term impact through policy integration and SME support.

Transnational Strategies regarding Circularity



Plastics Industry

Handbook for Circular Plastics Industry & Joint plan to boost Circularity in the Plastics Industry:

- Importance of Circularity in the Plastics Industry
- Understanding Circular Economy
- Identified Challenges and Needs in the Plastics Producer Industry in the Danube Region
- Summary of the workshops and key learnings – Guideline for the Plastics Industry
- Guideline for Prototype development
- Transnational Strategy for enhancing Circularity in the Plastics Industry within the Danube Region:
 - Innovation and Technological Advancement, Regulation and Policy, Collaboration, Societal Awareness and Education
- How Plan-C help to bring the whole Danube Region together?
- Conclusion
- Call to Action

Machine Industry

Handbook for Circular Machine Industry &

Joint plan to boost Circularity in the Machine Industry:

- Importance of Circularity in the Machine Industry:
 - Economic Benefits, Sustainability and Environmental Benefits, Operational and Strategic Advantages
- Identified Challenges & Needs in the Danube Region
- Summary of the workshops and key learnings - Guideline for the Machine industry
- Summary of Business Models for Circularity in the Machine Industry
- Transnational Strategy for enhancing Circularity in the Machine Industry in the Danube Region:
 - Innovation/Technology/Capacity building, Regulation/Policy/Infrastructure, Collaboration and knowledge exchange, Societal awareness / Education, Ecological design and sustainable product development
- How Plan-C help to transform the Danube Region into a more circular area?

Strategy & Action Plan for a circular plastics value chain



- **Strategy development with co-creation workshops in 3 perspectives** (plastic processers/machine manufacturers/holistic value chain)
 - » Strategy development for the circular transformation of the entire value chain
- **Creation of the Transnational Action Plan to anchor the strategic transformation roadmap for a circular plastics value chain**
 - » Transfer of the separated strategies into one integrated framework for the entire value chain
 - » Development of measures for the uptake of the strategies
- **Foster uptake of the Transnational Action Plan**
 - » Final Plan-C Conference & further regional events

**From waste to value.
Together for a circular industry.**



LinkedIn



Youtube



Plan-C website

Plan-C
Moving **Plastics and machine industry** towards **Circularity**

Why should you attend?

- ✓ Gain insights into the latest trends and challenges in circular economy for plastics and machinery
- ✓ Discover practical tools and solutions developed within the Plan-C project
- ✓ Learn from real-life case studies and pilot actions
- ✓ Connect with international experts, industry stakeholders, and potential partners

What else?

- ✓ Visit **PACK SHOW 2026**, the leading packaging exhibition in Romania and a dynamic B2B platform in South-Eastern Europe
- ✓ Explore innovative technologies, sustainable packaging solutions, and market trends
- ✓ Take part in the **Enterprise Europe Network (EEN) matchmaking event**, offering excellent opportunities to build international partnerships
- ✓ The event provides a unique platform where **innovation, sustainability, and business collaboration meet.**



Plan-C
Final Conference & Brokerage Event

Bucharest, 12 May 2026
10.00 - 16.40
Romexpo Pavilion B1



From Waste to Value - Together for a Circular Industry



packshow



Final conference

EKOLOGICKÁ TRANSFORMACE V ZEMĚDĚLSTVÍ

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Centrum polymerních systémů



Our Mission is to facilitate and promote a large-scale European effort aimed at transitioning the agricultural sector to agroecology. This transition is essential to address pressing issues such as **climate change, biodiversity loss, food security and environmental degradation** while ensuring profitability and attractiveness for farmers.



 Co-funded by the European Union

EKOLOGICKÁ TRANSFORMACE V ZEMĚDĚLSTVÍ

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Centrum polymerních systémů

BIOHYDROGEL

Udržitelné a biologicky rozložitelné řešení pro zvýšení retenční schopnosti půdy.

Přínosy Biohydrogelu

- zvýšení retenční schopnosti půdy pro vodu
- úplná biologická rozložitelnost
- kvalitativně srovnatelné se syntetickými agrogely
- zcela na bázi přírodních surovin
- možnost optimalizace receptury „na míru“
- kapalná i tuhá forma
- nízké výrobní náklady



Tento projekt je financován se státní podporou Technologické agentury ČR a Ministerstva životního prostředí ČR v rámci Programu Prostředí pro život č. 5507020443.



23

EU PROJEKT HORIZON

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Centrum polymerních systémů



biopackman.eu



About the project

A New generation of biodegradable packaging materials

BioPackMan pioneers an innovative approach to **packaging design** by merging **biodegradable materials** with advanced modelling tools. The project focuses on **replacing conventional plastics** with modular, **eco-designed solutions** tailored for real-world use and environmental performance.

Objectives

- | | | | |
|---|---|--|--|
| 
Sustainable Bio-Polymers
Development of competitive and sustainable bio-degradable polymers and blends | 
Smart Bio-Additives
Sustainable additives for functional performance and tuneable biodegradability | 
Digital Bio-Design
End-to-end digital toolset to accelerate the design and virtual screening of biodegradable compounds | 
NextGen Biopackaging
Biodegradable high-performance packaging intermediates |
|---|---|--|--|



Co-funded by the European Union



Kurzy celoživotního vzdělávání akreditované MŠMT

- Zpracování gumárných směsí
- Technolog / technoložka zpracování plastů
- Laboratorní technika analytik



Kurzy celoživotního vzdělávání ve spolupráci s praxí

- Plasty a technologie pro společnost v 21. století
- Transfer poznatků výzkumu a vývoje do praxe

Hledáme partnery z praxe i výzkumu a nabízíme spolupráci v oblasti polymerních materiálů a technologií.

- vzájemné sdílení znalostí,
- společné projektové aktivity (cirkularitu, pokročilé materiály – letectví a kosmonautika, elektromobilita, environmentální aplikace, přenos a skladování energie atd.),
- smluvní výzkum,
- efektivní diseminace výsledků výzkumu a vývoje mezi laickou i odbornou veřejností.



Cíl 2026:



Kontakt: prof. Ing. Vladimír Sedlařík, Ph.D.,
email: sedlarik@utb.cz, tel.: 734262658

www.cps.utb.cz, cps@utb.cz

AKTIVITY VE VAZBĚ WORLD BUSINESS COUNCIL FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT

Lenka Mynářová

Czech Business Council for Sustainable Development, Želetavská 1525/1,
140 00 Praha 4, Česká republika
Česká podnikatelská rada pro udržitelný rozvoj, z.s.

Korespondenční e-mail: lenka.mynarova@nafigate.com

**Aktivity ve vazbě World
Business Council for
Sustainable Development**
Lenka Mynářová



22. 4. 2026

 czech bcsd

Udržitelná budoucnost podnikání spojuje

POLITICKÉ TRENDY

Globální ekonomika přechází k oběhovému modelu – jehož cílem je eliminovat odpad, uvádět do oběhu produkty/materiály a regenerovat přírodu – **ale v současné době se recykluje nebo znovu používá pouze 7,2 % až 8,6 % materiálů**. Zatímco EU je v oblasti politiky v čele (12 %), dominuje globální lineární model „vzít-vyrobít-odhodit“. Přechod na oběhové hospodářství je zásadní pro řešení klimatických změn, úbytku biodiverzity, posilování odolnosti a bezpečnosti.

- 1 Udržitelnost a dodržování environmentálních předpisů přesunuly z abstraktních cílů do **praktických, každodenních úvah společností po celém světě**.
- 2 Politické a regulační tlaky vytvářejí určitou nejistotu, celkový trend zůstává neměnný: to, co bylo „příjemné mít“, **se nyní plně začleňuje do korporátních strategií**.
- 3 Předpisy se zpřísní, očekávání rostou a od výrobců se požaduje, aby převzali **jasnější odpovědnost za materiály, které uvádějí na trh**.
- 4 Co bylo dříve druhořadé a v rovině společenské odpovědnosti, je nyní **pevnou součástí provozního plánování, dlouhodobé strategie a plánů dekarbonizace**.



TECHNOLOGICKÉ TRENDY

- 1 **Oběhovost se stává klíčovou částí průmyslových strategií**
Nástroj pro zvyšování produktivity, řízení rizik v dodavatelských řetězcích a předmět compliance: Global Circularity Protocol jako měřítko.
- 2 **Umělá inteligence, deep learning a digitální služby podporují třídění při recyklaci**
Vysoce přesné třídění nezbytné pro nákladově a energeticky efektivní recyklaci a pro udržení oběhu materiálů v nejvyšší možné kvalitě.
- 3 **Automatizace nově definuje bezpečnost potravin a snižuje ztráty potravin v celém řetězci**
Detekce kontaminantů a vad s téměř laboratorní přesností, přesměrování výrobků na nejvhodnější místa určení, předpověď rizik atd.
- 4 **Města a organizátoři akcí zavádějí infrastrukturu a technologie pro lepší správu zdrojů**
Investice do robustní veřejné infrastruktury, jedinečně identifikované obalové prostředky pomocí RFID nebo serializovaných QR kódů atd.
- 5 **Vratné zálohové systémy se stávají běžnou praktikou v Evropě i mimo ni**
V Evropě je 19 DRS: nedávné spuštění v AUT a Polsku s tím, že Řecko, Španělsko a Portugalsko plánují implementaci.



INICIATIVA GHG PROTOKOLU: PRAVIDLA DEKARBONIZACE

Iniciativa Protokolu o skleníkových plynech (Iniciativa GHG Protokolu) je mnohostranným partnerstvím podniků, nevládních organizací, vlád a dalších subjektů, které založily **Institut světových zdrojů (World Resources Institute, WRI)**, nevládní organizace sídlící ve Spojených státech a zabývající se ochranou životního prostředí, a **Světové podnikatelské rady pro udržitelný rozvoj (World Business Council for Sustainable Development, WBCSD)**.

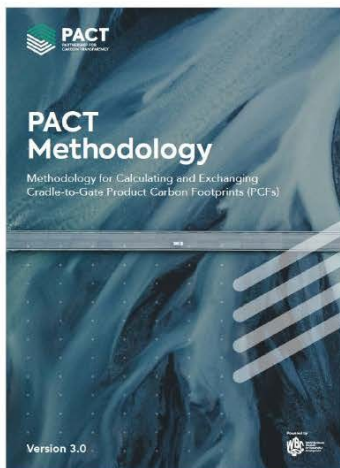
Iniciativa byla založena v roce 1998 a jejím posláním je vyvíjet mezinárodně uznávané standardy pro účetnictví a výkaznictví skleníkových plynů pro podniky a podporovat jejich široké přijetí.



Iniciativa GHG Protokolu poskytuje celosvětově nejrozšířenější účetní a výkaznické standardy a pokyny týkající se GHG emisí = „globální slovník dekarbonizace“

Nyní probíhá do roku 2027 revize standardů GHG Protokolu a CBCSD je součástí tohoto procesu.

METODIKA WBCSD PACT PRO PRODUKTOVÉ EMISE



Metodika PACT pro výpočet a výměnu uhlíkové stopy produktu „od kolébky po bránu“, verze 3.0 (duben 2025)

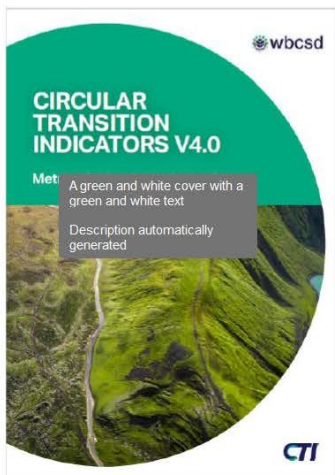
Tato metodika vypracovaná WBCSD v rámci **Partnerství pro uhlíkovou transparentnost (Partnership for Carbon Transparency, PACT)** řeší téma, jak měřit uhlíkovou (emisní) stopu produktů napříč hodnotovým řetězcem. K tomuto problému přistupuje prostřednictvím meziodvětvového pohledu, který organizacím pomáhá vyvíjet a vyměňovat si data o primární uhlíkové stopě produktů (PCF). Požadavky v něm zachycené se **snaží zvýšit spolehlivost a konzistenci dat napříč odvětvími a hodnotovými řetězci**.

PACT byl oficiálně představen na COP26 v Glasgow v roce 2021 a nyní již zahrnuje **přes 5 000 společností, kteří metodiku využívají (8 000+ vyměněných PCF)**. Její význam vzroste s potřebou měřit emise GHG na produktové úrovni, např. unijní výkaznictví podniků o udržitelnosti (CSRD a ESRS, zejména ve vztahu k rámci 3, uhlíkovému clu na hranicích (CBAM, Nařízení o bateriích, EU Ecodesign, Nařízení o stavebních výrobcích)

Metodika **využívá a staví na stávajících standardech a pokynech, včetně Standardu GHG Protokolu pro účetnictví a výkaznictví životního cyklu produktů** (angl. GHG Protocol Product Life Cycle Accounting and Reporting Standard), Standardu Rámce 3 (angl. Scope 3 Standard) nebo příslušných norem ISO.

Link: <https://www.carbon-transparency.org/resources/pact-methodology-v3-methodology-for-calculating-and-exchanging-cradle-to-gate-product-carbon-footprints-pcfs>

METODIKA WBCSD PRO INDIKÁTORY PŘECHODU NA OH



Indikátory přechodu na oběhové hospodářství (CTI V4.0): Ukazatele pro podnikatele od podnikatelů, vydání 4.0 (2023), WBCSD

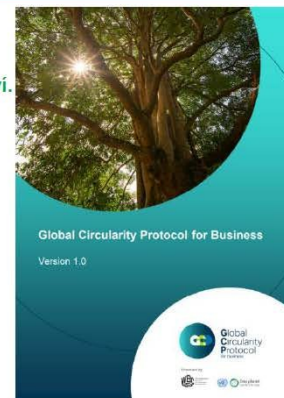
Tato metodika WBCSD představuje od roku 2020 základní **globální nástroj ke konzistentnímu a spolehlivému měření výkonu a dopadů podniků na udržitelnost v oběhovém hospodářství**. Byla navržena pro jednotlivé podniky, aby uvolnily potenciál oběhového hospodářství **nabídkou univerzálního a kvantitativního rámce pro hodnocení** toho, jak je podnik oběhový (podklad pro českou metodiku cirkulárního auditu). Metodika umožňuje:

- **měřit dopad:** prostřednictvím kvantifikace a komunikace přínosů oběhových iniciativ podniků na klima a přírodu;
- **posílit schopnosti ve výkaznictví:** prostřednictvím oběhových dat o výkonnosti založených na komplexním rámci;
- **podniknout kroky:** prostřednictvím vedení k akcím ke zvýšení oběhovosti v provozech, tj. identifikací praktických kroků k optimalizaci využití zdrojů, omezení plýtvání a maximalizaci oběhového potenciálu.

.Link: <https://www.wbcd.org/resources/circular-transition-indicators-v4/>

GLOBALNÍ PROTOKOL OBĚHOVOSTI

- **Globální protokol pro oběhovost, verze 1.0 (GCP)**, vyvinutý WBCSD a One Planet (podporovaný UNEP) a vydaný 11. listopadu 2025 při příležitosti COP30 v Belému, představuje **globální rámec pro měření, řízení a komunikaci oběhového hospodářství**.
- Vznikl ve **spolupráci 80+ organizací a 150+ expertů z celého světa** a je založen na **zásadách vědecké validity, interoperability a praktické použitelnosti**.
- Jeho **ambicí je stát se obdobou GHG Protokolu** – tedy celosvětovým referenčním metodickým rámcem oběhovosti pro všechny firmy a vlády.
- Oběhovost se v GCP chápe nejen jako environmentální koncept, ale **jako strategický rozměr propojující**:
 1. **Korporátní systém:** strategie, správa a řízení, řízení rizik, investice.
 2. **Environmentální systém:** toky materiálů, emise, dopady na planetární hranice.
 3. **Hospodářský systém:** hodnota, produktivita materiálů, růst.
 4. **Sociální systém:** spravedlivá transformace, pracovní místa, inkluzivita (např. role sběračů odpadu v rozvojových zemích).



Link: <https://www.wbcd.org/resources/a-global-framework-to-measure-manage-and-communicate-business-circularity/>

ISO STANDARDY SPOJENÉ S DEKARBONIZACÍ A OH

ISO 14025 – Environmentální značky a prohlášení – Environmentální prohlášení typu III – Zásady a postupy

ISO 14040 – Environmentální management – Posuzování životního cyklu – Zásady a osnova

ISO 14044 – Environmentální management – Posuzování životního cyklu – Požadavky a směrnice

ISO 14064 – Systém řízení emisí skleníkových plynů a změny klimatu

ISO 14067 – Skleníkové plyny – Uhlíková stopa produktů – Požadavky a směrnice pro kvantifikaci



ISO 59004:2024 – *Circular economy — Vocabulary, principles and guidance for implementation* (terminologie, zásady, technické pokyny pro zavádění).

ISO 59010:2024 – *Guidance on the transition of business models and value networks* (technické pokyny k transformaci byznysových modelů a hodnotových sítí)

ISO 59014:2024 – *Environmental management and circular economy — Sustainability and traceability of the recovery of secondary materials* (udržitelnost a sledovatelnost při získávání druhotných materiálů; zásady, požadavky a technické pokyny)

ISO 59020:2024 – *Measuring and assessing circularity performance* (požadavky a technické pokyny na měření/oběhové ukazatele a posuzování výkonnosti).

ISO 59040:2025 – *Product circularity data sheet (PCDS)* (metodika pro standardizovanou výměnu informací o oběhovosti produktu v hodnotovém řetězci).

OBĚHOVOST A PŘÍSTUP K SUROVINÁM

- Evropa by měla **strategičtěji přistupovat k pořizování surovin a druhotných materiálů**, aby se výrazně snížila její expozice vůči nespolehlivým dodavatelům a zabránilo se výpadkům v dodávkách.
- Více než dříve by se **oběhové hospodářství mělo stát hnací silou inovací**.
- Tím, že se oběhovost stane středobodem strategie dekarbonizace, EU nejen zlepší cenovou dostupnost a přístupnost základních materiálů, ale také **sníží naši závislost, protože materiály se budou opětovně používat, repasovat, recyklovat a déle se udrží v hospodářství**.
- Předpokládá se, že oběhový **potenciál evropského trhu s repasovanými výrobky vzroste do roku 2030 ze současné hodnoty 31 miliard EUR na 100 miliard EUR a vytvoří 500 000 nových pracovních míst**. Tím se zvýší udržitelnost evropské průmyslové výroby, urychlí dekarbonizace a zvýší zabezpečení zdrojů.
- **Dvě stěžejní iniciativy: (1) urychlené provádění nařízení o kritických surovinách; a (2) vytvoření jednotného trhu v oběhovém hospodářství v EU: volný pohyb oběhových výrobků, druhotných surovin a odpadů.**

OD ODPADŮ K SUROVINÁM PRO PLASTY: TRENDY A TECHNOLOGIE CHEMICKÉ RECYKLACE

Radek Pjatkan

Česká technologická platforma PLASTY, Rubeška 393/7, 190 00 Praha 9, Česká republika

Korespondenční e-mail: radek.pjatkan@schpcr.cz

ABSTRAKT

Chemická recyklace plastů představuje klíčové řešení pro plastikářský průmysl. Umožňuje přeměnit plastový odpad na suroviny s kvalitou srovnatelnou s novými primárními materiály, což je za hranicemi možností jiných metod recyklace (mechanická, rozpouštědlová), které čelí jak ztrátě kvality, tak i omezením u složitých nebo kontaminovaných plastů.

V současnosti probíhající přechod k cirkulární ekonomice podtrhuje význam chemické recyklace a je motorem pro výrazný růst trhu pro recyklované plasty. Hlavní hnací silou jsou zde nové evropské regulace, které nutí průmysl zvyšovat podíl recyklovaných materiálů ve výrobcích. Mezi nejdůležitější z nich patří:

- **PPWR** (nařízení o obalech a obalovém odpadu) – od roku 2026/2030 vyžaduje, aby všechny obaly byly recyklovatelné a obsahovaly určitý podíl recyklovaného plastu (10–35 % do 2030 podle typu, později až 25–65 %).
- **SUPD** (směrnice o jednorázových plastech) – stanovuje konkrétní cíle pro PET lahve (25 % recyklátu do 2025, 30 % u všech plastových lahví do 2030) a zakazuje některé jednorázové výrobky.
- **ELV Regulation** (nařízení o vozidlech na konci životnosti) – nově zavádí povinný podíl recyklovaných plastů v nových automobilech (15 % do 6 let, 25 % do 10 let od účinnosti).

Další související předpisy (Ecodesign for Sustainable Products, omezení mikroplastů, sběr textilu) dále zvyšují požadavky na rozvoj recyklace a udržitelnost používaných technologií.

Tyto regulace zvyšují náklady zpracovatelů na suroviny, recyklační technologie ale zároveň přispívají aktivně k dalšímu rozvoji chemické recyklace.

Klíčové aktuálně používané technologie zahrnují pyrolýzu (výroba pyrolýzního oleje), depolymerizaci (příprava monomerů), rozpouštědlovou recyklaci (čištění polymerů), gasifikaci a plazmové zplyňování (výroba syngasu). Další technologie jsou založeny na využití kombinace těchto základních typů případně na jejich modifikaci s cílem snížit provozní náklady a maximalizovat účinnost technologie. I zde je patrný vliv integrace AI a bio-technologií.

Hlavní výzvy zůstávají technické (přechod na provozní kapacity), legislativní (splnění emisních a certifikačních požadavků) a dostupnost kvalitních odpadů.

Prezentace se pokouší komentovat aktuální stav a trendy v získávání udržitelných surovin pro český plastikářský průmysl v rámci jeho adaptace na evropské požadavky cirkulární ekonomiky.

FIREMNÍ STRATEGIE A CIRKULÁRNÍ ŘEŠENÍ PRO VŠECHNY

Daniel Tovaryš

Stavebniny DEK a.s., Tiskařská 257/10, Malešice, 10800 Praha 10, Česká republika

RETEK s.r.o., Tiskařská 257/10, Malešice, 10800 Praha 10, Česká republika

Korespondenční e-mail: daniel.tovarys@rettek.cz



**Prezentace
společnosti**

DEK
STAVEBNINY

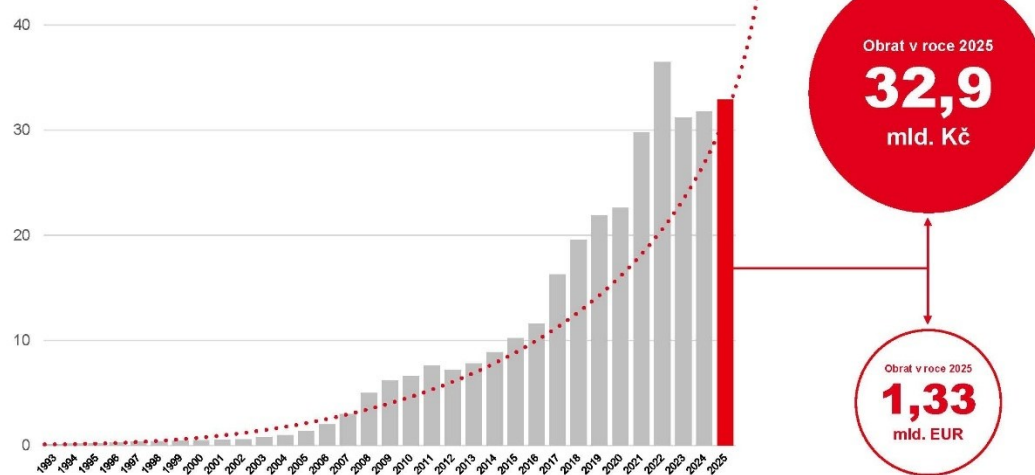
Struktura koncernu DEK

Obchod	DEK STAVEBNINY	ARGOS ELEKTRO	DEK STAVEBNINY Slovenská republika		
Výroba	BEST.	stachema	DEKMETAL*	DEKWOOD*	RETEK
Služby	URS	DEK PROJEKT	Callida	GSERVIS VAŠE PROJEKČNÍ KANCELÁŘ	FIRST INFORMATION SYSTEMS
Nemovitosti	DEK INVEST	Většina prodejen, výrobních závodů a skladových areálů je v našem vlastnictví.			

DEK STAVEBNINY

2

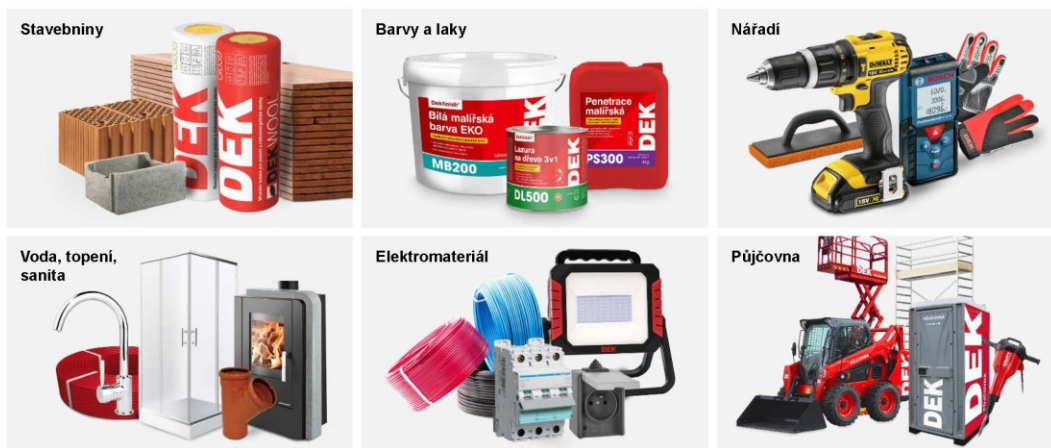
Vývoj obrátu koncernu 1993–2025



DEK STAVEBNINY

3

Dodáváme stavební materiály a služby



DEK STAVEBNINY

4

Naši zákazníci



Profesionálové



Drobní podnikatelé



Zkušení kutilové

DEK STAVEBNINY

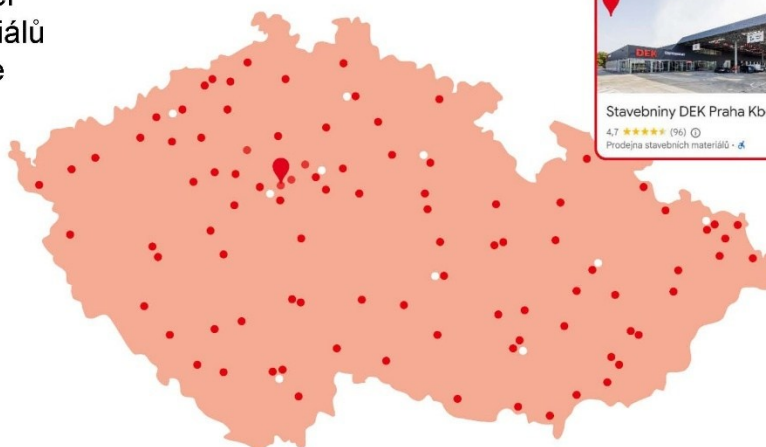
5

Prodejní místa po celé České republice

Největší dodavatel
stavebních materiálů
v České republice

100
prodejen po celé
České republice

10x
půjčovna DEPO

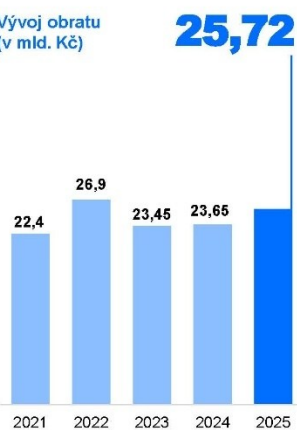


DEK STAVEBNINY

6

Stavebniny DEK v číslech

Vývoj obrátu
(v mld. Kč)



40+

prodejních areálů
moderního typu

450+

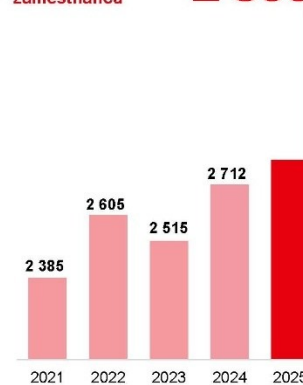
oblastních zástupců

650+

tis. m² skladových ploch

Počet
zaměstnanců

2 800

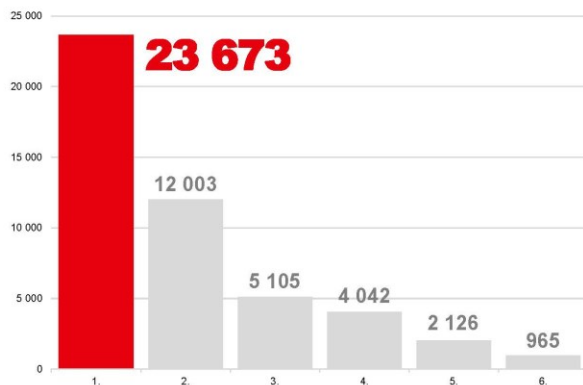


DEK STAVEBNINY

7

Tržní podíl Stavebnin DEK (2024)

Výkony předních distributorů stavebních materiálů v ČR (v mil. Kč)



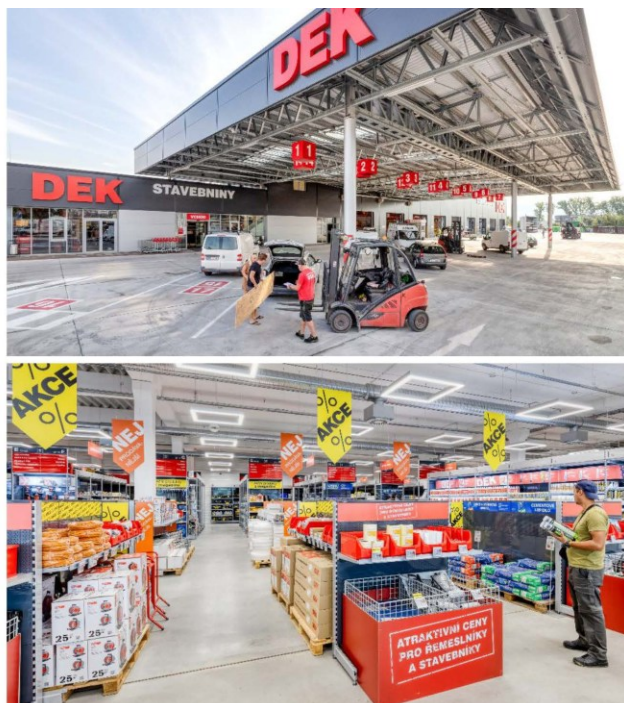
DEK STAVEBNINY



Moderní prodejny rychlý a pohodlný nákup

- ✓ Odbavení na jedno zastavení
- ✓ Půjčovny strojů a zařízení
- ✓ Aplikace DEK CZ
- ✓ Klempířské dílny
- ✓ Míchárny omítek a barev
- ✓ Konzultační technici
- ✓ Prémiová káva Dallmayr zdarma

DEK STAVEBNINY



DEK půjčovna

- ✓ Největší síť v ČR
- ✓ Stroje a zařízení pro všechny činnosti
- ✓ Úspěšná strategie pronájmu a prodeje pod jednou střechou
- ✓ Aplikace DEK CZ

100

poboček

10×

půjčovna DEPO

78

obchodníků

301

specialistů půjčovny

DEK STAVEBNINY



Aplikace DEK CZ

DEK
půjčovna
ve vaší
kapse

Pronájem
strojů
a zařízení
snadno a rychle

DEK

Kompletní nabídka strojů

Snadná identifikace na pobočce

Navigace na nejbližší pobočku

DEK STAVEBNINY

11

Specializované katalogy



DEK STAVEBNINY

12

E-shop

1,2 mil.

průměrná měsíční návštěvnost

586 mil. Kč

obrat v roce 2025

5,8 mil.

zobrazených stránek za měsíc

75 000+

produktů



dek.cz

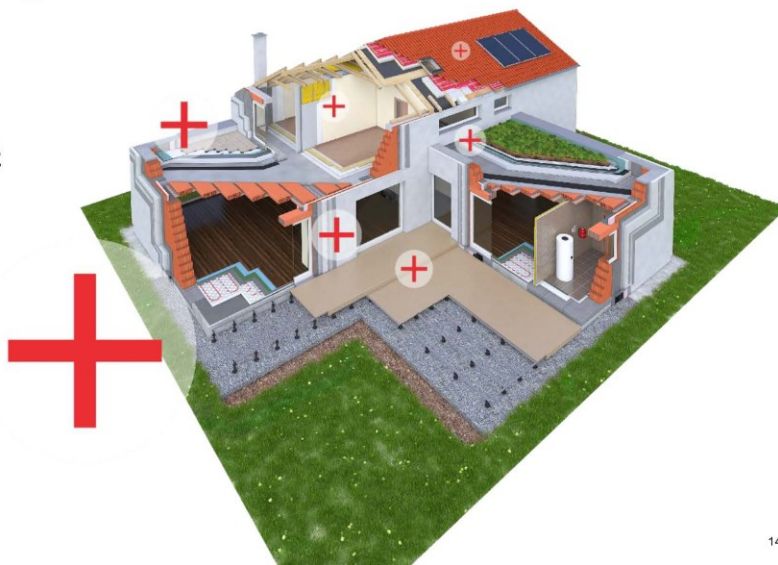
DEK STAVEBNINY

13

Chytré kalkulátory DEKSMART

- ✓ Kalkulátory konstrukcí od základů po střechu
- ✓ Rychlý a snadný výpočet spotřeby materiálu
- ✓ Možnost poptávky i přímého objednání
- ✓ Propojení s e-shopem

 **DEKSMART**®



DEK STAVEBNINY

14

Technická podpora



- Materiálové inženýrství
- Poradenství a podpora
- Certifikace a dokumentace výrobků
- Vývoj konstrukčních řešení
- Publikační činnost

DEK

Expertní služby



- Posudky a projekty
- Stavební fyzika a energetika
- Certifikace
- Dotace
- Průzkumy a diagnostika
- Inspekce nemovitostí
- Technická zařízení budov

DEK
PROJEKT

DEK STAVEBNINY

15



**Děkujeme
za pozornost**

DEK
STAVEBNINY

PRŮMYSLOVÁ CIRKULÁRNÍ PRAXE VS POŽADAVKY

Pavína Kulhánková

Ministerstvo průmyslu a obchodu, Na Františku 1039/32, Staré Město, 11000 Praha 1,
Česká republika

Korespondenční e-mail: pavlina.kulhankova@mpo.gov.cz



Ministerstvo
průmyslu a obchodu

Průmyslová cirkulární praxe a požadavky

konference Plastko 26

Zlín, 22.4. 2026

Ing. Pavína Kulhánková



01 Regulace chemických látek - REACH



Látky na povolení – Příloha XIV

V rámci 12. doporučení agentury ECHA byly doporučeny Komisi další 4 látky:

- **Barium diboron tetraoxide**: látka toxická pro reprodukci; používá se do barev a nátěrových hmot;
- **S-(tricyclo[5.2.1.0 2,6]deca-3-en-8(or 9)-yl) O-(isopropyl or isobutyl or 2-ethylhexyl) O-(isopropyl or isobutyl or 2-ethylhexyl) phosphorodithioate**: látka PBT, používá se k formulaci maziv a tuků v průmyslu;
- **Diphenyl(2,4,6-trimethylbenzoyl)phosphine oxide**: látka toxická pro reprodukci; inkousty, tonery, nátěrové hmoty, fotochemie, polymery, lepidla, tmely a plniva;
- **Melamin**: ekvivalentní úroveň obav odpovídající možným vážným účinkům pro lidské zdraví a životní prostředí (čl. 57f); používá se v polymerech a pryskyřicích, v nátěrových hmotách, lepidlech, tmelech.

ČR se spolu se Slovenskem a Rakouskem zdržela hlasování k melaminu s odůvodněním, že autorizace není nejvhodnějším regulačním nástrojem pro řízení rizik melaminu.

O zařazení látek do přílohy XIV nařízení REACH rozhodne EK.

Ministerstvo průmyslu a obchodu



Melamine

Zdroj: ECHA



Látky na povolení . Příloha XIV

Sekretariátem výboru byl předložen návrh 13. doporučení látek pro zařazení do přílohy XIV nařízení REACH, který zahrnoval čtyři látky:

- UV-326 - UV stabilizátor v plastech
- UV-329 - UV stabilizátor v plastech
- Trifenylofosfát – zpomalovač hoření a změkčovadlo v plastech a pryžích
- 2-(dimethylamino)-2-[(4-methylfenyl)methyl]-1-[4-(morfolin-4-yl)fenyl]butan-1-on) – potisky na polymerové povrchy



Zdroj: ECHA

Uvedené doporučení bylo diskutováno na jednání MSC v únoru 2026.

V příloze XIV nařízení REACH nyní 59 látek. Naposledy v roce 2022 zařazeny látky z 9. doporučení.

Ministerstvo průmyslu a obchodu

4



Omezení látek – Příloha XVII

Syntetické polymerní mikročástice (SPM) – položka 78 (vloženo nařízením Komise (EU) 2023/2055)

- Nesmí být uváděny na trh jako látky samotné nebo v případě, že jsou přítomny syntetické polymerní mikročástice, které dodávají požadovanou vlastnost, ve směsích v koncentraci rovné 0,01 % hmot. nebo vyšší.
- **Neznamená plošný zákaz**
- **Stanovuje preventivní a informační povinnosti**
- **Základní identifikátor – rozměry**
 - **Všechny rozměry ≤ 5 mm; nebo**
 - **Délka částic je ≤ 15 mm a poměr délky k průměru je větší než 3**
- **Způsob použití (výjimka)**



Zdroj: ECHA

Ministerstvo průmyslu a obchodu

5



Syntetické polymerní mikročástice – položka 78

Pro suroviny pro výrobu plastů platí odstavec 5. c) – syntetické polymerní mikročástice, které jsou při zamýšleném konečném použití trvale začleněny do pevné matrice

Odst. 8.:

„Od 17. října 2025 dodavatelé výrobků dle odstavce 5 poskytnou pokyny pro použití a likvidaci, v nichž profesionálním uživatelům a široké veřejnosti vysvětlí, jak zabránit uvolňování SPM do životního prostředí.“



Odst. 10.:

Stanovuje formu poskytnutí informace



Syntetické polymerní mikročástice

Ods.11: Od roku 2026 povinnost pro výrobce a následné průmyslové uživatele syntetických polymerních mikročástic (pelety, vločky, prášky) používaných jako vstupní surovina při výrobě plastů v průmyslových závodech předkládat ECHA každý rok do 31. 5. informace:

- popis použití syntetických polymerních mikročástic v předchozím kalendářním roce;
- pro každé použití syntetických polymerních mikročástic obecné informace o identitě použitých polymerů;
- pro každé použití syntetických polymerních mikročástic odhad množství syntetických polymerních mikročástic uvolněných do životního prostředí v předchozím kalendářním roce, který zahrnuje také množství syntetických polymerních mikročástic uvolněných do životního prostředí během přepravy
- pro každé použití syntetických polymerních mikročástic odkaz na odchylku stanovenou v odst. 4 písm. a) položky 78 přílohy XVII nařízení REACH



02 Nařízení o předcházení ztrátám plastových pelet



Nařízení (EU) 2025/2365

Stanoví povinnosti při nakládání s plastovými peletami, aby se předešlo jejich ztrátám ve všech fázích dodavatelského řetězce, s cílem dosažení nulových ztrát. Platnost od 16.12.2025.

Vztahuje se na:

- hospodářské subjekty v EU nakládající s plastovými peletami v množství ≥ 5 t/rok,
- zařízení na čištění nádob a cisteren na plastové pelety, dopravce včetně z třetích zemí a
- na přepravce a provozovatele námořních plavidel.

Definice: „plastovými peletami“ hmota polymerního materiálu, bez ohledu na tvar, formu nebo velikost, která se vyrábí za účelem zpracování v rámci výrobních procesů plastových výrobků, a to bez ohledu na její skutečné použití;





Povinnosti pro hospodářské subjekty

- vypracovat a implementovat **plán řízení rizik (Příloha I)**
- Oznámit Plán příslušnému orgánu včetně vlastního prohlášení o shodě (Příloha II)
- Průběžně aktualizovat a oznámit příslušnému orgánu aktualizovaný plán a prohlášení o shodě v intervalu **5 let**
- Zajistit vyškolení zaměstnanců
- Vést záznamy o odhadu množství ztracených pelet za rok a o celkovém množství pelet, se kterým podnik nakládal
- Pro subjekty nakládající s množstvím **≥ 1 500 t – certifikace**



03 Standardizace



Aktivity Evropského výboru pro standardizaci (CEN)

- Prováděcí rozhodnutí EK C(2022)5372 – standardizační požadavek pro recyklaci plastů a plastové recykláty
- CEN/TC 249 – CEN Technický výbor pro plasty
- Dělí se do 13 pracovních skupin
- CEN/TC 249/WG11 – Plastic recycling
- V roce 2025 bylo vydáno značné množství standardů



Standardy - recyklace plastů a plastové recykláty

Číslo	Název	Datum vydání
CEN/TR 18160:2025	Plastics recycling - Classification of plastic recyclates as post-consumer recyclates (PCR) and post-industrial recyclates (PIR)	16.4. 2025
ČSN EN 15342	Plasty – Recyklované plasty – Charakterizace polystyrenových (PS) recyklátů	CZ 11.2025
ČSN EN 15344	Plasty – Recyklované plasty – Charakterizace polyethylenových (PE) recyklátů	CZ 12.2025
ČSN EN 15345	Plasty – Recyklované plasty – Charakterizace polypropylenových (PP) recyklátů	CZ 11.2025
ČSN EN 15346	Plasty – Recyklované plasty – Charakterizace polyvinylchloridových (PVC) recyklátů	CZ 05.2025
ČSN EN 15347-1(až -6)	Plasty – Tříděné plastové odpady (části 1 – 6)	CZ 07. - 11.2025



Standardy - recyklace plastů a plastové recykláty

Číslo	Název	Datum vydání
ČSN EN 18064-1 (až 7)	Plasty – Doporučení týkající se kvality a základ pro specifikaci pro použití plastových recyklátů ve výrobcích (Část 1 – 7)	CZ 01.2026
ČSN EN 18065	Plasty – Recyklované plasty – Klasifikace recyklovaných plastů podle úrovně kvality dat pro použití a (digitální) obchodování	CZ 01.2026
ČSN EN 18088	Hydroizolační pásy a fólie – Recyklace plastů a recyklované plasty – Plastové hydroizolační pásy a fólie	CZ 02.2026
ČSN CLC/TS 50741	Systém pro vedení kabelů – Návrh pro recyklaci výrobků pro vedení kabelů z PVC	CZ 10.2025

Ministerstvo průmyslu a obchodu

14



Ministerstvo
průmyslu a obchodu

**Děkuji
za pozornost**

Ing. Pavlína Kulhánková
Ředitelka odboru průmyslové ekologie
Tel.: 224 852 689, 724 180 014
pavlina.kulhankova@mpo.gov.cz

CIRKULÁRNÍ ŘEŠENÍ V PRAXI

Martina Manová

Fatra, a.s., třída Tomáše Bati 1541, 763 61 Napajedla, Česká republika

Korespondenční e-mail: martina.manova@fatra.cz

ABSTRAKT

Rostoucí tlak EU na výrobce a zpracovatele plastů k převzetí větší odpovědnosti za výrobky nejen v okamžiku uvedení na trh, ale i po skončení jejich životnosti, nutí výrobce hledat cesty a nastavit si strategii, jak tento požadavek uchopit. S ohledem na množství různých typů plastů a velmi široké aplikační škále plastových výrobků, nelze předpokládat, že EU nastaví jednotný přístup, postup či metodu. Je tedy na každém jednotlivém výrobcu plastových výrobků, jak se vypořádá s požadavky legislativy na minimalizaci odpadů, snižování uhlíkové stopy, snižování emisí, cirkularitou interních a externích vstupů, vytěžením hodnoty vedlejších produktů, identifikací a dosledovatelností všech vstupů pro deklaraci podílu druhotných surovin či budoucí digitální pasy výrobků.

V příspěvku je prezentován přístup Fatra, a.s. jako velkého zpracovatele plastů na bázi PVC, polyolefinů a PET, s širokým portfoliem výrobků směřovaných do stavebnictví a řady technických oborů, ale také obalů ve styku s potravinami. Je představen systém interní evidence primárních a druhotných surovin, vedlejších produktů, interních přepracovaných materiálů a interních recyklátů. Jsou uvedeny výhody evidence materiálů pro dosledovatelnost vstupů, jak z pohledu výpočtu obsahu určitých látek, tak z pohledu splnění požadavků na chemické složení pro výrobky ve styku s potravinami. Dále je popsán přístup k zajištění cirkularity vedlejších produktů (technologických zbytků) a vytěžení hodnoty tzv. in-house scraps. V neposlední řadě jsou zmíněny aktuálně řešené vývojové projekty zaměřené na využití materiálů získaných ze stavebních výrobků po skončení životnosti. V závěru jsou prezentovány výsledky emisního auditu, který dokazuje, jaký významný vliv na snižování emisí mají cirkulární materiály.

REFERENCE

Interní dokumentace Fatra, a.s.

ADITIVA PRO NOVÉ VÝZVY

Procesní aditiva a pigmenty

Ing. Michal Thor, BSc

ECT, s.r.o, Korunní 810/104, 101 00 Praha 10 – Vinohrady, Česká republika

Korespondenční e-mail: michal.thor@ectjicin.com

ABSTRAKT

Přechod na plně funkční cirkulární ekonomiku představuje pro plastikářský průmysl zásadní výzvu, umocněnou novou legislativou Evropské unie, která od roku 2030 nařizuje plošné využívání post-spotřebitelských recyklátů (PCR). Splnění těchto cílů naráží na technologický problém degradace polymerů. Každý plastový materiál si pamatuje předchozí mechanické a tepelné zatížení, což vede k praskání polymerních řetězců, změně tokových vlastností a ztrátě mechanických vlastností. Směsi navíc často obsahují nečistoty a zbytky jiných polymerů z nedokonalého třídění. Výsledkem je křehký a nespolehlivý materiál odsouzený k tzv. downcyklaci. Tento článek prokazuje, že řešením je nasazení pokročilých procesních aditiv a modifikátorů (řady CEVO[®] od společnosti Vöelpker). Práce detailně analyzuje účinky čtyř specifických produktů: CEVO[®] 3680, CEVO[®]-process A-3110, CEVO[®]-master B-6000 a CEVO[®]-stab B-5200. Na konkrétních případových studiích u PE, PP a PA je demonstrováno, jak tato aditiva umožňují dokonalou disperzi nečistot, stabilizaci taveniny, kompatibilizaci směsí a v případě polyamidů dokonce aktivní re-polymerizaci degradovaných řetězců. Tyto chemické nástroje prokazatelně mění opotřebovaný odpad zpět na prémiovou surovinu a jsou tak nezbytným předpokladem pro skutečné oběhové hospodářství.

ÚVOD

Hlavním tématem současného průmyslu a konference Plastko 2026 je cirkulární ekonomika. Aby Evropa snížila svou uhlíkovou stopu a závislost na primárních surovinách, zavádí Evropská unie striktní legislativu, která radikálně mění pravidla hry. Nové Nařízení o obalech a obalových odpadech (PPWR) stanovuje pro rok 2030 závazné cíle primárně pro plastové obaly. Výrobci budou muset do výroby přidávat minimálně 35 % recyklátu u běžných a průmyslových obalů z PE a PP, 30 % u jednorázových PET lahví a 10 % u obalů pro styk s potravinami z jiných plastů než

PET (např. PP, PE). V dlouhodobém výhledu do roku 2040 se tyto minimální podíly budou dále skokově zvyšovat až na 50–65 %.

Tento legislativní tlak nezůstává pouze u obalů, ale rozšiřuje se i do dalších odvětví. Pro automobilový průmysl se aktuálně finalizuje Nařízení o vozidlech s ukončenou životností (ELVR), které poprvé v historii zavádí pro výrobce aut závazné kvóty. Předpis počítá s 15% podílem recyklovaných plastů v každém novém vozidle zhruba od let 2031/2032 a s 25% podílem do deseti let. Zcela zásadní je pro automotive požadavek na tzv. uzavřenou smyčku (closed-loop), kdy čtvrtina tohoto povinného recyklátu bude muset pocházet přímo z vyřazených autovraků, nikoliv z běžných obalů.

Zásadním specifickým veškeré této nové legislativy je fakt, že povinné kvóty musí být plněny výhradně pomocí post-spotřebitelského recyklátu (PCR). V této souvislosti dochází na trhu k velmi častému omylu. To, co dnes firmy běžně označují jako průmyslový odpad (Post-Industrial, PIR), se nově bude počítat jako plnohodnotný PCR, pokud již daný materiál splnil svůj původní účel. Podle normy ISO 14021 totiž do kategorie PCR spadá jak odpad z domácností, tak i odpad z komerčních a průmyslových zařízení v roli koncových uživatelů – např. použitá strečová fólie z logistického centra.

Jako skutečný průmyslový odpad (tzv. Pre-Consumer), který se do budoucích kvót započítávat nesmí, je brán výhradně odpad z vlastní výroby. Jde o materiál, jako jsou vtoky nebo odřezky z výroby nové fólie, který továrnu nikdy neopustil jako hotový produkt. Evropská unie vracení tohoto materiálu zpět do lisu vnímá pouze jako běžnou optimalizaci a efektivitu výroby, nikoliv jako řešení problému s hromaděním odpadu. Od roku 2030 bude na trhu navíc kriticky důležitá i nezávislá certifikace původu (např. EuCertPlast či RecyClass), aby materiál mohl být oficiálně uznán jako PCR.

Zpracování těchto certifikovaných PCR materiálů – ať už pocházejí ze žlutých kontejnerů, B2B sféry nebo ze starých autovraků – ovšem představuje obrovský technologický problém. Plasty si "pamatují" vše, čím si v životě prošly. Každý cyklus tepelného a mechanického namáhání vede k nevyhnutelné degradaci – dlouhé polymerní řetězce se lámou, trhají a zkracují. Dále se do materiálu dostávají nečistoty a zbytky jiných plastů vlivem nedokonalého třídění, které působí jako cizorodé částice. Výsledkem je křehký materiál odsouzený k tzv. downcyklaci.

Pro dosažení skutečné cirkulární ekonomiky, kde se z odpadu stává opět prémiová surovina pro náročné technické aplikace (tzv. upcyclace), je nutný zásah na chemické úrovni. Speciální vosková procesní aditiva dokážou rozpustit nečistoty, stabilizovat tok, spojit neslučitelné plasty a v některých případech dokonce opravit přetrhané řetězce. Cílem této práce je demonstrovat vliv

pokročilých aditiv na zpracovatelnost a finální vlastnosti polymerních směsí s vysokým obsahem recyklátu.

Multifunkční aditiva na bázi montánních vosků jako technologický nástroj

Klíčovým mechanismem úspěchu pokročilých procesních aditiv (např. produktů řady CEVO®) je využití speciálních montánních vosků, které se řadí mezi nejvíce multifunkční aditiva dostupná pro technické plasty. Tyto vosky se vyznačují unikátní molekulární strukturou, která kombinuje polární „hlavu“ a dlouhé nepolární alifatické řetězce, tzv. „ramena“ (s délkou řetězce převážně C28–C32). Díky této specifické stavbě fungují v polymerní matrici jako vysoce účinné povrchově aktivní látky (tenzidy). Dokážou tak efektivně propojovat vysoce polární složky s nepolárními polymery a působí synergicky jako vnitřní i vnější mazivo.

Typické příklady použití montánních vosků sahají napříč celým spektrem technických i běžných plastů, kde přinášejí specifická a měřitelná zlepšení spočívající především v dramatickém zlepšení disperze plniv (jako jsou skelná a uhlíková vlákna nebo minerály), zvýšení lesku povrchu a podstatném zkrácení doby cyklu díky bezproblémovému odformování.

Například u polyolefinů (PE, PP) fungují jako vynikající smáčedla a dispergátory, což u PP plněného uhlíkovými vlákny vede k jejich lepšímu zarovnání a až stonásobnému snížení elektrického odporu, čímž lze optimalizovat množství tohoto drahého plniva při zachování vodivosti. V případě polyamidů (PA) jejich vnitřní lubrikace zásadně zlepšuje tokové vlastnosti a snižuje smykové napětí, což umožňuje dokonalou disperzi a správnou orientaci skelných vláken s prokazatelným zvýšením pevnosti v tahu i vrubové houževnatosti. U termoplastických polyuretanů (TPU), polyesterů (PET, PBT, PC) a polyacetalů (POM) zajišťují montánní vosky excelentní odformování, výrazně snižují silnou adhezi taveniny k horkým částem strojů a zkracují dobu cyklu bez jakéhokoliv rizika tvorby povrchových usazenin či migrace z materiálu. Při zpracování PVC a styrenových polymerů pak působí jako vynikající separátory, které vylepšují celkovou kvalitu povrchu, hladkost a dodávají finálnímu produktu prémiový lesk. Díky této extrémní multifunkčnosti – schopnosti současně dokonale dispergovat, stabilizovat tok polymeru, chránit ho před tepelným stresem a usnadňovat finální odformování – tvoří montánní vosky ideální a často nenahraditelný technologický nástroj, který je stěžejní i pro výrobu vysoce kvalitních sloučenin obsahujících recyklát, kde zásadně napomáhají proměnit degradovaný a kontaminovaný odpad zpět na prémiovou surovinu.

EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST

Tato případová studie vyhodnocuje vliv čtyř pokročilých aditiv na bázi speciálních vosků od společnosti Voelpker Spezialprodukte GmbH na recyklované polymerní matrice (PE, PP a PA).

Byla testována následující aditiva:

1. **CEVO® 3680**: Procesní aditivum na bázi synergické kombinace vosků, vyvinuté pro polyolefiny jako dispergátor a mazivo snižující viskozitu a zlepšující povrch.
2. **CEVO®-stab B-5200**: Stabilizační a disperzní "one-pack" určený zejména pro tepelně namáhané recyklované polyolefiny.
3. **CEVO®-master B-6000**: Multifunkční kompatibilizátor a zlepšovač houževnatosti pro polyolefiny kontaminované jinými plasty.
4. **CEVO®-process A-3110**: Synergická kombinace lubrikantů a stabilizátorů obsahující fenolické a fosfitové látky určená k re-polymerizaci částečně degradovaných polyamidů.

Vzorky byly standardně připravovány extruzí a následně testovány z hlediska tokových vlastností (MFI/MVR), mechanických vlastností (vrubová houževnatost, tahové zkoušky) a vizuální analýzy disperze plniv a povrchových vad.

VÝSLEDKY A DISKUZE

Disperze a záchrana post-spotřebitelského polyethylenu (CEVO® 3680)

Recyklace post-spotřebitelského polyethylenu o vysoké hustotě (HDPE) naráží na extrémní nehomogenitu. Materiál obsahuje zbytky jiných polymerů a minerální kontaminace, které tvoří shluky a zásadně degradují výslednou kvalitu nových produktů. V rámci testování byl do recyklovaného HDPE z běžného spotřebitelského odpadu, který obsahoval 2 % sazí (carbon black), přidán produkt CEVO® 3680 v množství pouhých 0,5 %. Toto aditivum zafungovalo jako dokonalý dispergátor. Mikroskopické snímky prokázaly, že došlo k radikální redukci aglomerátů sazí i nečistot a k jejich rovnoměrnému rozptýlení v polymerní matrici. Materiál, který by jinak představoval pouze druhořadý produkt, se díky této aditivaci transformoval na plnohodnotný recyklát s vysokým leskem, využitelný pro náročné vstřikování. Navíc došlo k podstatnému zkrácení doby cyklu.

Kompatibilizace a vylepšení toku polypropylenových směsí (CEVO®-master B-6000)

Výrazným problémem při zpracování druhotných PP surovin je kontaminace cizími polymery a neschopnost dosáhnout optimálního poměru tuhosti a houževnatosti. Praktický příklad byl realizován u výrobce polypropylenových směsí plněných mastkem (PP T20) určených pro

automobilový průmysl. Výrobce nebyl schopen s dostupným recyklovaným materiálem dosáhnout požadované hodnoty vrubové houževnatosti ani tokových vlastností. Aplikace 5 % CEVO®-master B-6000 přinesla dramatický obrat: výrazně vzrostl index toku taveniny (MFI), vzrostla vrubová houževnatost a finální vstříkované díly vykazovaly podstatně kvalitnější povrch bez zjevných vad. Další test u foliového HDPE recyklátu silně znečištěného PP a PA6 prokázal, že přidáním 4 % tohoto kompatibilizátoru se MFI zvýšil z problematických 1,5 g/10 min na optimálních 12 g/10 min.

Stabilizace průmyslového polyolefinového odpadu (CEVO®-stab B-5200)

Směsi vznikající recyklací průmyslového odpadu bývají tepelně značně namáhané, což vede k jejich termo-oxidační degradaci a vysokému kolísání tokových vlastností. Při praktické aplikaci byla průmyslová PP směs stabilizována 0,5 % aditiva CEVO®-process B-5200. Tato "one-pack" směs funguje tak, že primárně sníží třecí špičky během zpracování, čímž zásadně omezí další degradaci již unaveného materiálu. V případové studii vedlo toto řešení k dokonale homogennímu rozptýlení plniv a výztužných materiálů. Plně zmizely povrchové vady na výliscích, které původně způsoboval použitý regranulát, a prokazatelně se prodloužila celková životnost hotových dílů.

Oprava a re-polymerizace degradovaných polyamidů (CEVO®-process A-3110) Technické plasty typu polyamid (PA) jsou v automobilovém průmyslu nezbytné. Výraznou výzvu v rámci cirkulární ekonomiky představuje snaha o upcyclaci odpadu, který vzniká při výrobě polyamidových vláken (například pro průmyslové textilie, koberce, rybářské sítě nebo lana). Tento lehký a objemný vlákenný odpad je nutné pro další zpracování nejprve mechanicky namlít a spečením stlačit do hutnějších hrudek, tzv. aglomerátů. Kombinace původního výrobního procesu, následného mletí a tření při aglomeraci však strukturu PA tepelně i mechanicky natolik poškodí, že z takto degradované suroviny standardně nelze vyrábět stabilní sloučeniny. Tady aditivum CEVO®-process A-3110 (v doporučeném dávkování 0,5–0,8 %) předvádí zásadní technologický posun. Produkt nedělá jen kosmetické úpravy povrchu. Obsahuje totiž specifické fenolické a fosfitové termostabilizátory, které v průběhu extruze aktivně spouštějí tzv. re-polymerizaci. Znamená to, že se chemicky znovu spojují přetrhané a rozložené polymerní řetězce. Z bezcenného a degradovaného odpadního aglomerátu se díky tomuto procesu daří vyrábět sloučeniny se stabilními procesními charakteristikami a minimální variací mechanických vlastností. Z odpadu se tak stává prémiová surovina vhodná pro přímé nasazení do výroby náročných komponent, jako jsou automobilové kryty motorů. Tomuto procesu se již neříká recyklace, ale skutečná upcyclace.

Synergie disperze a kompatibilizace při výrobě vyfukovaných fólií z TetraPak odpadu

Skutečnou technologickou výzvou v rámci cirkulární ekonomiky představuje recyklace komplexních, vícevrstvých obalů, jakými jsou nápojové kartony (typ TetraPak). Polymerní frakce z tohoto odpadu (PCR-LDPE) běžně obsahuje nehomogenní směs plastů a značné množství kontaminantů, včetně zbytků hliníku či papíroviny. V rámci případové studie z praxe byla hodnocena výroba vyfukovaných fólií, kde vstupní surovinu tvořilo extrémních 80 % PCR-LDPE pocházejícího právě z těchto nápojových kartonů.

Pro stabilizaci takto náročného materiálu byla využita synergie dvou aditiv. Jako první byl aplikován dispergátor CEVO® 3680, jehož úkolem bylo dokonale rozptýlit nežádoucí anorganické a organické kontaminanty v tavenině. Následně byl přidán CEVO®-master B-6000, který zde zafungoval jako klíčový kompatibilizátor. Tento multifunkční modifikátor aktivně omezuje problémy spojené s přítomností cizích (nesourodých) polymerních frakcí, stabilizuje tokové chování a vylepšuje celkovou houževnatost směsi. Oba typy CEVO byla použita v dávkování 0,5 hm. %.

Výsledkem této kombinované aditivace byla bezproblémová výroba fólie s vynikajícími mechanickými charakteristikami. U tohoto materiálu s 80% podílem PCR bylo dosaženo hodnoty rázové pevnosti metodou Dart Drop až 4,0 g/μm. Dosažení takto vysoké hodnoty u fólie dominantně tvořené silně znečištěným odpadem je přímým důkazem toho, jak pokročilá aditivace na bázi vosků dokáže zhojit strukturální defekty recyklátu a přinést špičkovou kvalitu i z velmi problematické suroviny.

ZÁVĚR

Vize cirkulární ekonomiky, jež bude hlavním pilířem evropského průmyslu, stojí na nutnosti vrátit post-spotřebitelský plastový odpad do výrobního cyklu v co nejvyšší kvalitě. Jak bylo ukázáno, degradace a kontaminace činí z mechanické recyklace nedostatečný nástroj, který končí downcyklací. Pokročilá chemie v podobě procesních aditiv např. od značky Vöelpker ovšem nabízí nezbytné systémové řešení. Produkty jako CEVO 3680 umí perfektně rozptýlit nežádoucí kontaminanty v běžných PE obalech. CEVO 6000 a CEVO 5200 prokazatelně zvyšují houževnatost, stabilizují tokové vlastnosti a omezují povrchové defekty degradovaných polyolefinových směsí. Aditivum CEVO 3110 pak posouvá hranice technologií tím, že dokáže zničené polyamidové řetězce dokonce re-polymerizovat a vytvářet materiál pro kritické díly automobilů. Udržitelnost a oběhové hospodářství zkrátka vyžadují tyto "chemické vitamíny" – s nimi se recyklace stává ekonomicky rentabilní a z odpadu se konečně stává prémiová strategická surovina, a nikoliv jen lavička v parku.

PODĚKOVÁNÍ

Autor této práce vyjadřuje upřímné poděkování společnosti Vöelpker Spezialprodukte GmbH za poskytnutí vzorků technických aditiv a nezbytných metodických podkladů pro realizaci této případové studie. Dále autor děkuje organizátorům – Plastikářskému klastru a Univerzitě Tomáše Bati ve Zlíně – za možnost představit tuto práci a sdílet získané poznatky s odbornou veřejností na konferenci Plastko 2026.

REFERENCE

- [1] THE EUROPEAN PARLIAMENT AND THE COUNCIL OF THE EUROPEAN UNION. *Packaging and Packaging Waste Regulation (PPWR)*. Brusel: Evropská unie, 2024.
- [2] THE EUROPEAN PARLIAMENT AND THE COUNCIL OF THE EUROPEAN UNION. *End-of-Life Vehicles Regulation (ELVR)*. Brusel: Evropská unie, 2025.
- [3] VÖELPKER SPEZIALPRODUKTE GMBH. *Technical study on CEVO5200 & CEVO 6000*. Völpke: Vöelpker Spezialprodukte, 2025, p. 1-2.
- [4] VÖELPKER SPEZIALPRODUKTE GMBH. *The Transformation of Europe's Recycling Industry: Policy, Sustainability, Innovation – and the Role of CEVO® Additives*. Völpke: Vöelpker Spezialprodukte, 2026, p. 1-4.
- [5] SAUNDERS, C., Enhancing performance in polyamides. *Compounding World*, 2025, roč. 2025, č. 4, s. 51-53.
- [6] VÖELPKER SPEZIALPRODUKTE GMBH. *Voelkoer Brožura - termoplasty*. Völpke: Vöelpker Spezialprodukte, 2023.
- [7] VÖELPKER SPEZIALPRODUKTE GMBH. *Product Information: CEVO® 3680, CEVO®-process A-3110, CEVO®-master B-6000, CEVO®-stab B-5200*. Völpke: Vöelpker Spezialprodukte.

AUTOMATIZACE A AI V OBLASTI TŘÍDĚNÍ PLASTOVÝCH ODPADŮ

Roman Hubálek

TOMRA Recycling s.r.o., Diaľničná cesta 5019/26, 90301 Senec, Slovakia

Korespondenční e-mail: Roman.Hubalek@tomra.com



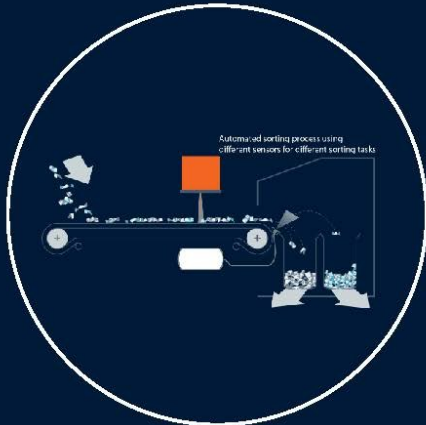
AGENDA

- TOMRA Recycling s.r.o.
- Optické třídění plastů – dotřídění/dočištění materiálů po sběru a primárním třídění před samotnou recyklací
- Nové technologie - GAINNext™

2



SYSTEM S AKCELERAČNÍM PÁSEM PRO FRAKCE 40-350 MM



- Špičkové senzory k identifikaci objektů na akceleračním pásu
- Vysoká rychlost zpracování informací (materiál, velikost, barva, tvar a poloha objektů)
- **Precisní sortování prostřednictvím vzduchových trysek**
- Návrh zařízení pro konkrétní produkt často zahrnuje více technologií pro maximalizaci efektivity třídění.



Watch the video

SRDCE AUTOMATICKÝCH TŘÍDÍCÍCH LINEK ODPADU : AUTOSORT®

THE TECHNOLOGY

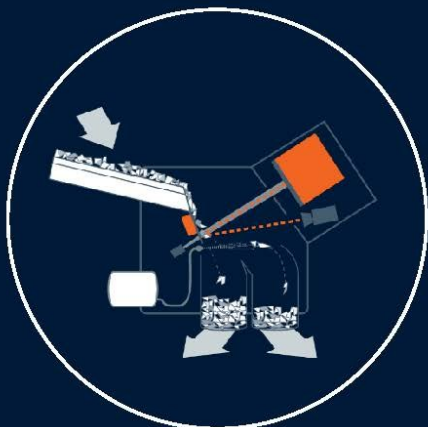
AUTOSORT® combines leading-edge features and technologies in one sorting machine. Compact and ultra-flexible in design, AUTOSORT® allows for seamless integration into existing and new plants. The multifunctional nature of the unit enables the combination of several different sensors to meet the bespoke needs of our customers. Highly sophisticated integrated and add-on technologies deliver commercial and operational benefits for our customers.

Designed with customer needs in mind

- Ultra-compact
- Flexible and future-proof
- Reduced operational risks
- Easy to install and maintain
- Fully upgradable
- High availability



SYSTEM SE SKLUZEM PRO FRAKCE 4-20 MM



- Špičkové senzory k identifikaci objektů na akceleračním pásu
- Vysoká rychlost zpracování informací (materiál, velikost, barva, tvar a poloha objektů)
- **Precisní sortování prostřednictvím vzduchových trysek**
- Návrh zařízení pro konkrétní produkt často zahrnuje více technologií pro maximalizaci efektivity třídění.



Watch the video

TOMRA

6

OPTICKÉ TŘÍDIČE DROBNÉ FRAKCE: AUTOSORT® FLAKE, INNOSORT FLAKE



- OPTICKÉ TRÍDĚNÍ PLASTŮ – DOTŘÍDĚNÍ/DOČIŠTĚNÍ MATERIÁLŮ PO SBĚRU A PRIMÁRNÍM TRÍDĚNÍ PŘED SAMOTNOU RECYKLACÍ

Sortování PET lahví

Správce zálohového systému n.o., Slovensko

Post consumer PET, 24/7, PET: 40 % čirá + 30% modrá + 15% zelená + 5% mix color světlý + 10% rest

Technologie (1 linka): 2x Autosort 2800 mm

Celkový výkon : Účinnost: > 93% / track

Čistota PET (4-5 různých barev): 93 - 96 % Průchodnost linky: < 4,5 t/h



2026 - český klient – Sortování PE fólie – Autosort Speedair

Recyklační linka separovaného odpadu
Post consumer PE fólie

Záměr: Zvýšení čistoty a capacity třídící linky

Vstupní morphologie: 25-50% LDPE fólie čirá
50-75% LDPE fólie barevná

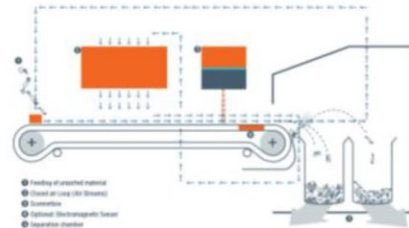
Průchodnost: 3 t/hod

Technologie: **Autosort Speedair 2800 mm**

Celkový výkon: Účinnost: 90 %
Čistota PE čirá: >85 %

Klíčové výhody nové technologie:

- vysoká stabilizace folií na pohybujícím se pásu
- vyšší rychlost pásu
- cca 2x vyšší kapacita vs. standardní NIR separator bez systému Speedair



TOMIRA

10

2026 - český klient – Sortování PE fólie – Autosort Speedair

Recyklační linka separovaného odpadu
Post consumer PE fólie

Vstupní morphologie: 25-50% LDPE fólie čirá, 50-75% LDPE fólie barevná

Záměr: Zvýšení čistoty a capacity třídící linky

Technologie: **Autosort Speedair 2800 mm**

Průchodnost: 3 t/hod

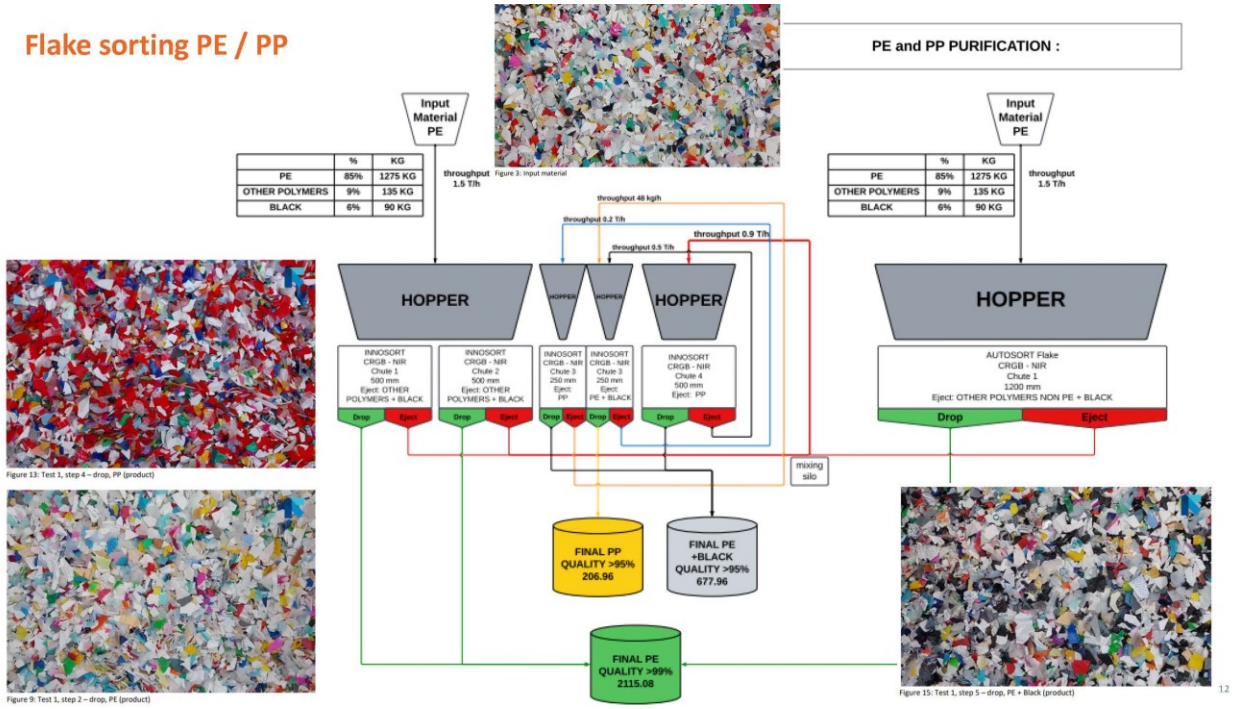
Celkový výkon: Účinnost: 90 %
Čistota PE čirá: >85 %



TOMIRA

11

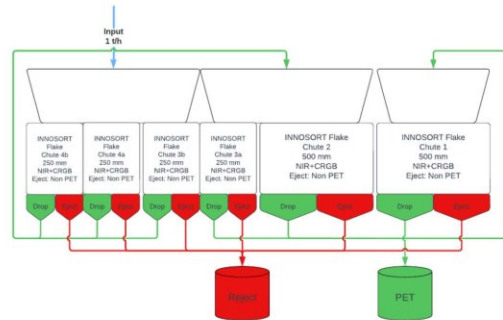
Flake sorting PE / PP



2026 - český klient – třídění PET tácků – Innosort Flake

INPUT		<p>Input Composition:</p> <ul style="list-style-type: none"> ~ 112 ppm PVC ~ 14 ppm PO ~ 377 ppm PS ~ 31 ppm other polymers ~ 58 ppm wood ~ 1034 ppm black <p>Throughput: 600 kg/h/chute</p>
PRODUCT		<p>Quality:</p> <ul style="list-style-type: none"> ~ 7 ppm wood ~ 999993 ppm PET <p>Yield (excl. recovery): ~97%</p>
REJECT		<p>Amount is ~3% of Input</p> <p>Recovery: No</p>

Input Capacity	Bulk Density	Grain Size
1000 kg/h	260 kg/m ³	2 - 16 mm
GUARANTEE DATA ARE BASED ON FLAKES BIGGER THAN 2mm		
Impurity Type	Input Contamination	Product quality
PVC	100 ppm	10 ppm
Other Polymer	200 ppm	10 ppm
Black	800 ppm	10 ppm
Wood/Paper	60 ppm	10 ppm
Total	1160 ppm	40 ppm



13

NOVÉ TECHNOLOGIE PRO OPTICKOU SEPARACI ODPADU: GAIN NEXT™

GAINNext™

GAINNext™ je založena na technologii strojovém učení (analogické učení jako u lidí).

Technologie je určena pro rozšíření možností třídění odpadů (plasty, textil, papír, dřevo, kovy ...)

Tok materiálu je pomocí této technologie roztříděn dle specifických charakteristik:

- tvaru
- velikosti
- rozměru
- struktury povrchu, ...



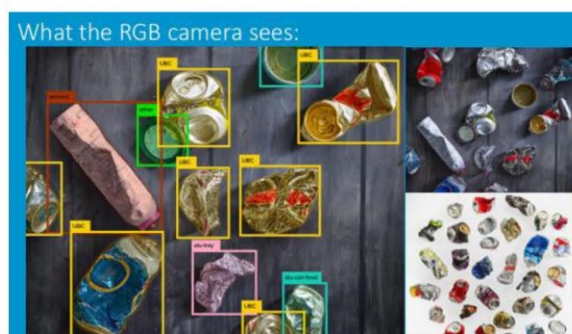
GAINNext™

GAINNext™ se osazuje na standardní sortér Autosort.



GAINNext™

Je možné např. rozlišit materiálově (PET) stejnou lahev určenou pro pitnou vodu od lahve na detergent.

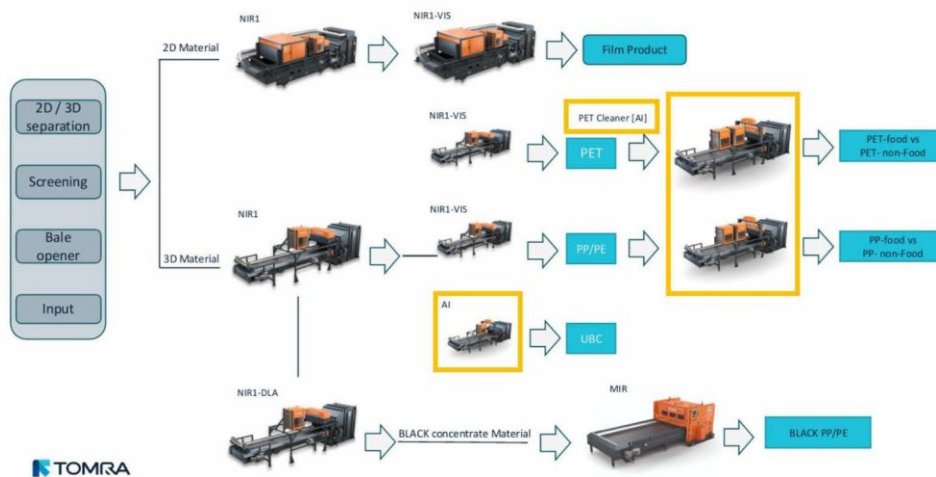


GAINNext™ - příklady aplikací



18

Příklad uplatnění GAINNext™ v lince



TOMRA

19

Děkuji za pozornost



www.tomra.com

Roman Hubálek
Area Sales Manager Czech republic and Slovakia
TOMRA Recycling s.r.o.
Diaľničná cesta 5019/26, 903 01 Senec |
Slovakia
Roman.Hubalek@tomra.com
www.tomra.com
M (SK): +421 915 575 116
M (CZ): +420 724 606 412

20

STANOVENÍ C, H, N, S A O V PLASTIC-TO-OIL PROCESU: SPALOVACÍ ANALYZÁTORY ELEMENTAR

Jan Svoboda

ANAMET s.r.o, Klokotská 833/1a, 142 00, Praha 4 – Libuš, Česká republika

Korespondenční e-mail: svoboda@anamet.cz

ABSTRAKT

Rostoucí význam chemické recyklace plastů pro rozvíjející se cirkulární ekonomiku přináší nové nároky na přesnou charakterizaci olejů produkovaných „plastic to oil“ procesem z odpadní směsi plastů. Tyto oleje slouží jako vstupní surovina pro další zpracování v petrochemickém průmyslu. Klíčovým parametrem je elementární složení (CHNOS), které zásadně ovlivňuje kvalitu a vhodnost vstupní suroviny, stabilitu a bezpečnost rafinačních procesů i výsledné vlastnosti produktů. Zvýšený obsah heteroatomů, zejména kyslíku, síry a dusíku, může negativně ovlivnit katalytické procesy, zvyšovat nebezpečí koroze technologických zařízení a komplikovat integraci recyklovaných surovin do stávající infrastruktury. Spalovací analyzátory firmy Elementar zajišťují rychlou, přesnou a reprodukovatelnou CHNOS analýzu olejů vzniklou chemickou recyklací plastů. Kombinace přístrojů rapid OXY cube pro stanovení kyslíku a vario EL cube pro CHNS analýzu umožňuje dosáhnout detekčních limitů až na úrovni 10 ppm a současně zajistit vysokou přesnost i u tak komplexních matic, jako jsou pyrolyzní oleje. Zmíněné analyzátory umožňují automatické dávkování pevných i kapalných substrátů. Díky dokonalému spalování, účinné pyrolýze, efektivní separaci plynů a nízkému systémovému blanku poskytují analyzátory společnosti Elementar spolehlivá data nezbytná pro optimalizaci procesů, která pomáhají při řízení kvality, míchání surovin a výpočtech energetické hodnoty. Umožňují přesně kvantifikovat podíl recyklovaných materiálů v produkci. Nabízené řešení představuje efektivní nástroj pro společnosti, které chtějí urychlit přechod k cirkulární ekonomice a zároveň zachovat vysokou kvalitu svých produktů při zachování ekonomické a bezpečné výroby.

INOVACE OBALŮ V SORTIMENTU PEBAL S.R.O.

Václav Zedník

PEBAL s.r.o., Vysoká 1297, 33441 Dobřany, Česká republika

Korespondenční e-mail: zednik@pebal.cz

PEBAL – chytré obalové řešení pro náročný průmysl

Jsme výrobce flexibilních obalů, který propojuje vývoj, výrobu a reálné zkušenosti z trhu. Od technických fólií až po finální obaly.

PEBAL je partner, který rozumí obalu od materiálu až po jeho použití.





Kdo je PEBAL

Česká rodinná firma s více než 30 lety zkušeností v oboru flexibilních obalů. Jsme součástí skupiny PEBAL GROUP a pokrýváme **celý výrobní řetězec** – od prvního kroku až po finální produkt připravený k použití.

📌 Česká vlastnická struktura a rodinný charakter firmy

Proč PEBAL & Co umíme

Zákazníci si nás vybírají, protože jsme víc než dodavatel materiálu – jsme technologický partner s plnou kontrolou nad procesem.



Výroba pod jednou střechou

Procesy navazují bez zbytečných prodlev nebo ztrát



Flexibilita & rychlost

Operativně reagujeme na změny v zadání i termínech



Stabilní kvalita

Kontrolujeme každý krok – od suroviny po hotový obal/komponent



Vývoj nových obalů

Navrhujeme řešení na míru konkrétní aplikaci zákazníka

01

Extruze fólií až do pěti vrstev

03

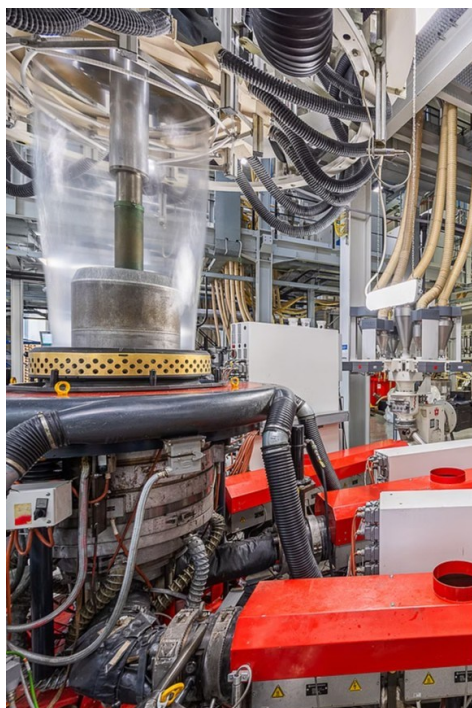
Laminace

02

Flexotisk CMYK + OVG

04

Řezání a konfekce



Technologie v praxi

Každý obal řešíme jako celek. **Cílem není technologie sama o sobě, ale funkční obal**, který splňuje požadavky zákazníka v reálném provozu.

Materiál

Volba správné struktury a složení

Konstrukce

Design pro konkrétní aplikaci

Tisk

Přesná reprodukce barev a grafiky

Finální použití

Testování v podmínkách zákazníka

HLAVNÍ SMĚR VÝVOJE

Monostruktury

PE a PP monostruktury nejsou konceptem budoucnosti - jsou součástí naší reálné výroby. Vytváříme je vlastním vývojem pro konkrétní průmyslové aplikace s důrazem na funkčnost a praktickou využitelnost. Zároveň přinášejí jednodušší recyklaci díky materiálové jednotnosti a lepší orientaci na požadavky cirkulární ekonomiky. Každé řešení testujeme v reálných podmínkách zákazníků, aby obstálo v praxi stejně dobře jako v návrhu.

Pevnost

Svažitelnost

Bariéra

Hot filling / pasterace





Kvalita a certifikace

Systémová kvalita je základem naší důvěryhodnosti. Každá certifikace je dokladem toho, že naše procesy obstojí v nezávislém auditu.

ISO 9001

Řízení kvality výrobních procesů

ISO 28000

Bezpečnost a řízení dodavatelského řetězce

BRCGS

Obaly pro náročné a potravinářské aplikace

Environmentální certifikace

Ověřený podíl recyklátu a uhlíková data produktů



ROZVOJ & INVESTICE

Investujeme do budoucnosti

Neustále rozvíjíme kapacity i kompetence, abychom byli připraveni na požadavky zákazníků dnes i zítra.

→ Nové výrobní kapacity

Rozšiřujeme linky pro rostoucí poptávku

→ Digitalizace výroby

Lepší sledovatelnost, data a kontrola procesů

→ Modernizace technologií

Investice do přesnějších a efektivnějších strojů

→ Rozšiřování portfolia

Nová řešení pro měnící se požadavky trhu

Výrobní zázemí

Naše kapacity umožňují jak sériovou výrobu ve velkém objemu, tak flexibilní vývoj nových řešení na míru.

750 t

Extruze
měsíčně

5M bm

Tisk
měsíčně

2,4M bm

Laminace
měsíčně

2,5M bm

Řezání
měsíčně

115 t

Konfekce
měsíčně

AUDITOVANÁ DATA

ESG – podloženo fakty

Naše environmentální výsledky jsou podloženy konkrétními produkty a nezávislou certifikací – ne marketingovými tvrzeními.



LDPE fólie s 30–80 % recyklátu
Certifikováno TÜV SÜD s environmentálním
tvrzením dle ISO 14021

Snížení Scope 3 emisí zákazníka

Podpora ESG reportingu v dodavatelském
řetězci

Výhoda v tendrech

Ověřená data jako konkurenční argument



ESG – konkrétní čísla, ne slogany

-30,9 %

Emisní intenzita
pokles emisní intenzity výroby

+10 %

Růst výroby
při současném poklesu emisí

317,5 MWh

Vlastní FVE
energie z fotovoltaiky ročně

7,8M kg

Úspora CO₂
díky využití recyklátu

Patříme mezi výrobce s nejnižší uhlíkovou stopou v EU - data za rok 2024

Co si odnést

PEBAL není jen výrobce – je to partner, který propojuje technologii, flexibilitu a vývoj do jediného komplexního řešení.



Vlastní výroba

Plná kontrola nad procesem, kvalitou i termíny



Technologie

Kompletní řetězec od extruze po finální konverzi



Flexibilita

Rychlá reakce na změny a nestandardní požadavky



Vývoj

Navrhujeme nové obaly pro konkrétní aplikace zákazníka

JAK JAPONSKÁ TECHNOLOGIE STABILIZUJE EVROPSKÝ CHAOS

Michal Hrdina

FANUC Czech s.r.o., K Bílému vrchu 3142/7, 193 00 Praha 9 – Horní Počernice,
Česká republika

Korespondenční e-mail: michal.hrdina@fanuc.eu

PLASTKO 2026
22.-23.4.2026

Jak japonská technologie stabilizuje evropský chaos

Michal Hrdina

Team Leader – FANUC ROBOSHOT

Anatomie evropského chaosu

Lidé nejsou (a ti co jsou rychle zdražují)

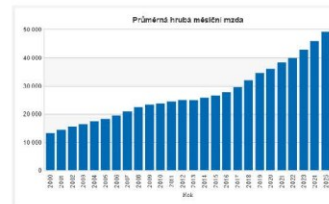
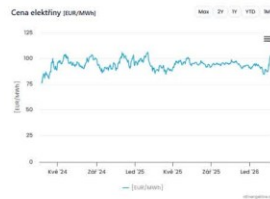
- 57% výrobních firem brzdí nedostatek lidí
- Mzdy rostou o 10%

Nepředvídatelná cena energií

- Skoky cen v desítkách procent, nyní opět nad 100 EUR/MWh

Rozevírají se nůžky ziskovosti

- Trh se nadechl (HDP +2.5%), ale náklady rostou násobně rychleji



Jak setiny zachraňují milióny

Minulost

- Kolísání teploty oleje
- Nestabilní proces
- Vysoká spotřeba
- Závislost na obsluze a neustálé ladění



Standard 2026

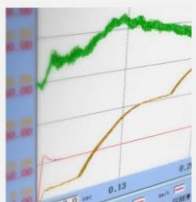
- CNC servomotory
- Absolutní opakovatelnost
- Nízká spotřeba
- Minimální zmetkovitost



Neviditelný technolog: Jak stroj eliminuje chybu

Backflow Monitor

Prediktivní kontrola stavu zpětného uzávěru stříkací jednotky



AI Ochrana formy

Detekce problémů v pohybu formy a vyhazovače než dojde k poškození nástroje



AI Kontrola tlaku

Stroj hlídá a upravuje vstřikovací tlak a dávkování materiálu

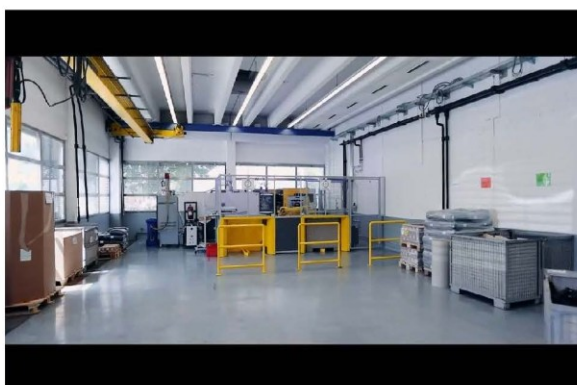


Kontrola napnutí řemene

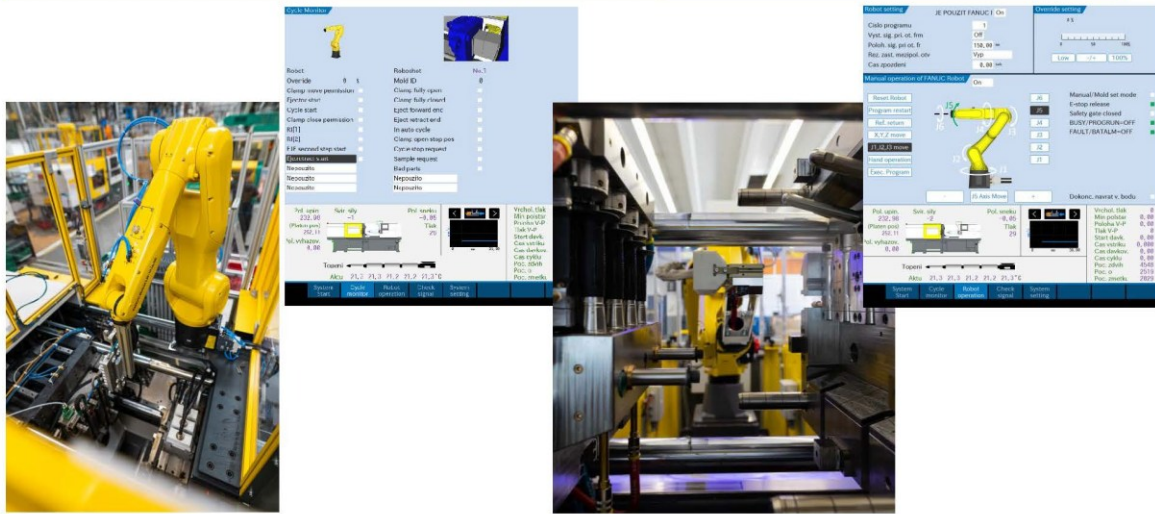
Stroj hlásí potřebný servis dřív, než dojde k zastavení linky



Zlaté pravidlo: Co lis vyrobí, to nesmí jen spadnout do krabice



Ekosystém One FANUC (Jistota v kritickém bodě)



Neřešte pořizovací cenu, řešte TCO (Total Cost of Ownership)

- TCO = Celková náklady na vlastnictví
- TCO zahrnuje všechny náklady, včetně pořizovacích nákladů, nákladů na údržbu a opravy, nákladů na vybavení a technickou podporu, atd.
- Cílem TCO je poskytnout komplexnější a přesnější představu o celkových nákladech spojených s určitým produktem nebo službou.



Vše vyrobeno ve FANUC

Až 90% komponent je plně vyvinuto, vyrobeno a testováno ve FANUC v Japonsku



Obrábění



Výroba kontrolérů



Montáž robotů



Montáž servo motorů



Montáž CNC systémů

Váš partner pro stabilitu v Česku

FANUC



- Lokální servisní podpora 24/7
- Velký sklad náhradních dílů v Evropě
- Technologické centrum v Praze

Kontakt:

- Michal Hrdina
- Tel.: 771 252 455
- Mail: michal.hrdina@fanuc.eu

- LinkedIn:



SMĚSNÉ KOMPOZITNÍ ODPADY Z (NEJEN) PLASTŮ - CO S NIMI?!

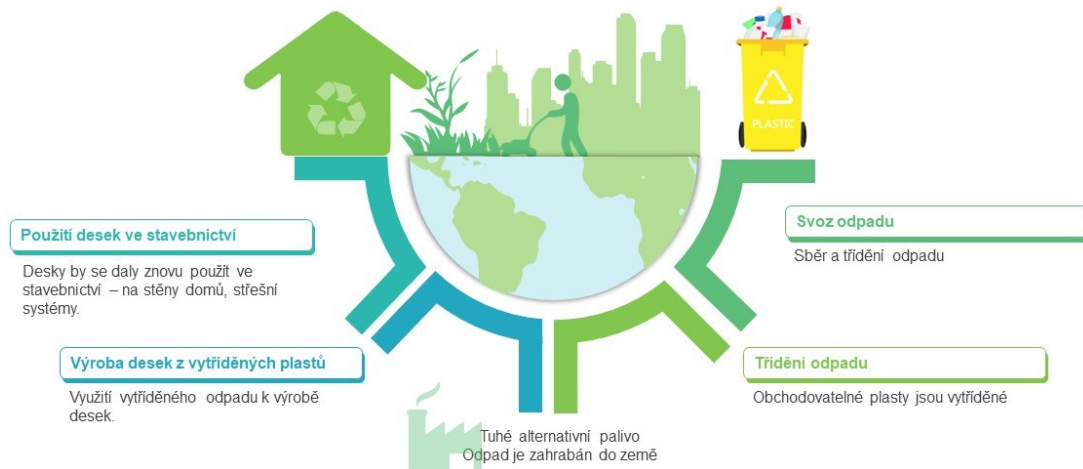
Martin Klepáč

LISA TECH a.s., 28. října 3390/111a, 702 00 Ostrava - Moravská Ostrava, Česká republika

Korespondenční e-mail: martin.klepac@lisatech.cz



Udržitelné nakládání s odpady



L I S A
T E C H

Složení odpadů



1. 50% - 60%

Dřevní buničina, například papír, kartony

2. 30% - 60%

Polyethylen – PE-LD,
Polyethylen – PE-HD,
Polyethylentereftalát – PET,
Polyamid - PA



4. 5% - 10%

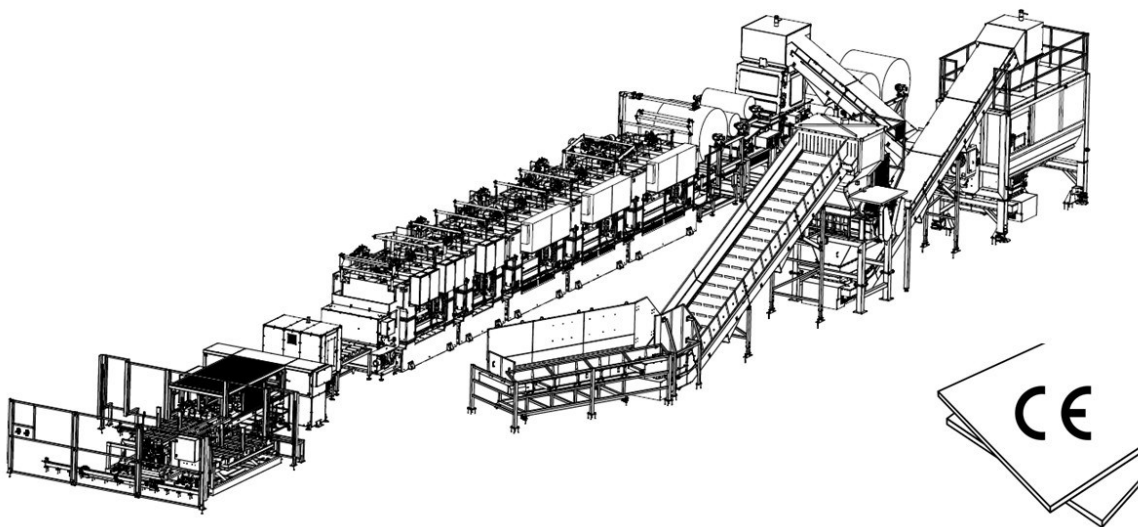
Polyacetal – POM,
Polypropylen – PP

3. 5% - 30%

Odpad ze dřevních vláken – například Sololite, dřevotříska

L I S A
T E C H

EKO-linka a její produkt



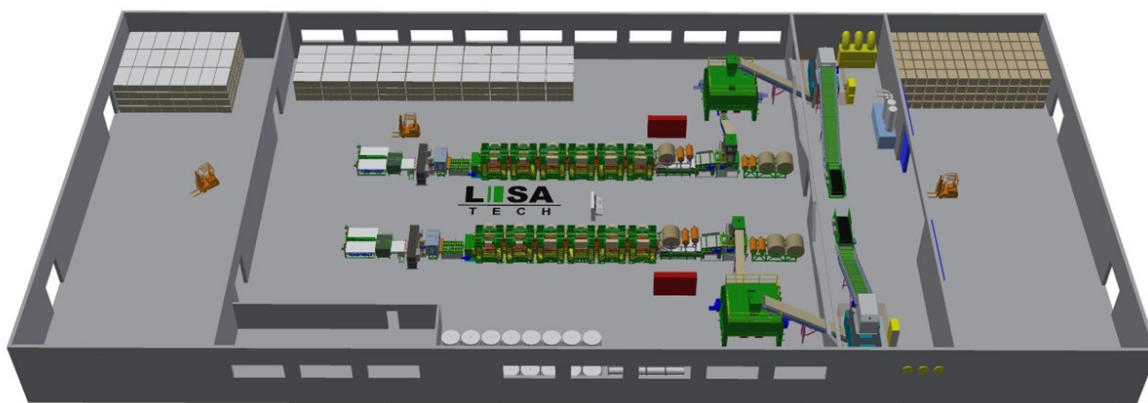
L I S A
T E C H

Oblast využití



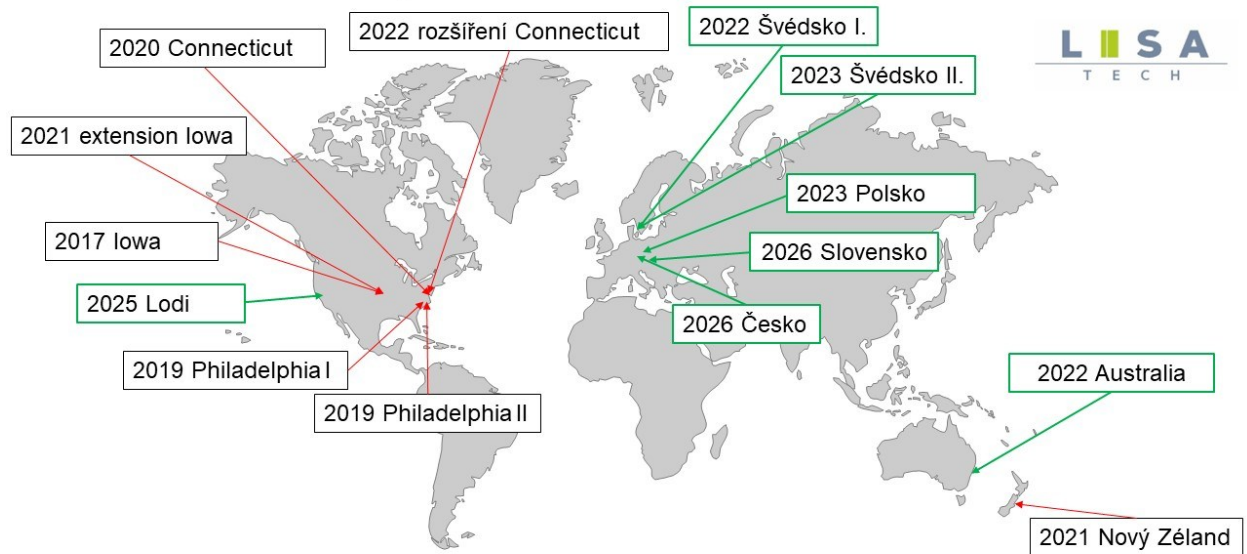
LISA
TECH

Příprava projektu u zákazníka



LISA
TECH

Implementace EKO-linek



L I S A
T E C H

Staráme se o naši planetu

- Udržitelné řešení pro příští generace
- Nové alternativní stavební materiály (3 570 000 m²) vyrobené v roce 2025
- Pokračující vývoj nových řešení
- Naše technologie ročně ušetří 44 000 tun odpadu a 162 800 tun CO₂



Děkuji za pozornost

ZNAČENÍ POLYMERŮ ORGANICKÝMI MARKERY PRO ZEFEKTIVNĚNÍ SYSTÉMU RECYKLACE

Lubomír Kubáč^{1*}, Radka Kořínková¹, David Hausner², Petr Kužela², Denisa Filipi³, Petr Dzik³,
Michal Veselý³, Lenka Martinková⁴, Ivo Kuřitka⁵, Pavel Urbánek⁵.

¹ Centrum organické chemie s.r.o., Rybitví 296, 533 54 Rybitví, Česká republika

² Plastikářský klastr, Šedesátá 5638 760 01 Zlín, Česká republika

³ VUT v Brně – Fakulta chemická, Purkyňova 464/118 612 00 Brno, Česká republika

⁴ INOTEX spol. s r.o., Štefánikova 1208, 544 01 Dvůr Králové n.L., Česká republika

⁵ Univerzita Tomáš Bati ve Zlíně, Univerzitní institut, Centrum polymerních systémů, třída
Tomáše Bati 5678 760 01 Zlín, Česká republika

* Korespondenční e-mail: lubomir.kubac@cocltd.cz

ABSTRAKT

Automatizovaný systém třídění termoplastických výrobků určených k recyklaci využívá spektrální metody pro identifikaci jednotlivých typů polymeru. Vybrané typy materiálů např. směsné polymerní výrobky nebo výrobky vyžadující zvláštní recyklační proces (food contact) je možno označit markerem, který vykazuje fluorescenci v oblasti blízkého infračerveného záření a neruší tak vizuální vzhled výrobku. Podobně lze tyto markery využít pro značení regranulátu, u kterého je výrobce schopen garantovat definovanou kvalitu a zpracovatelé regranulátu mohou rychlým způsobem ověřit kvalitu tohoto materiálu. Navržené markery jsou organického původu, vyrobené v EU a lze je aplikovat přímo do hmoty ve formě koncentrátů nebo průmyslově dostupnými tiskovými technikami na povrch značeného výrobku.

ÚVOD

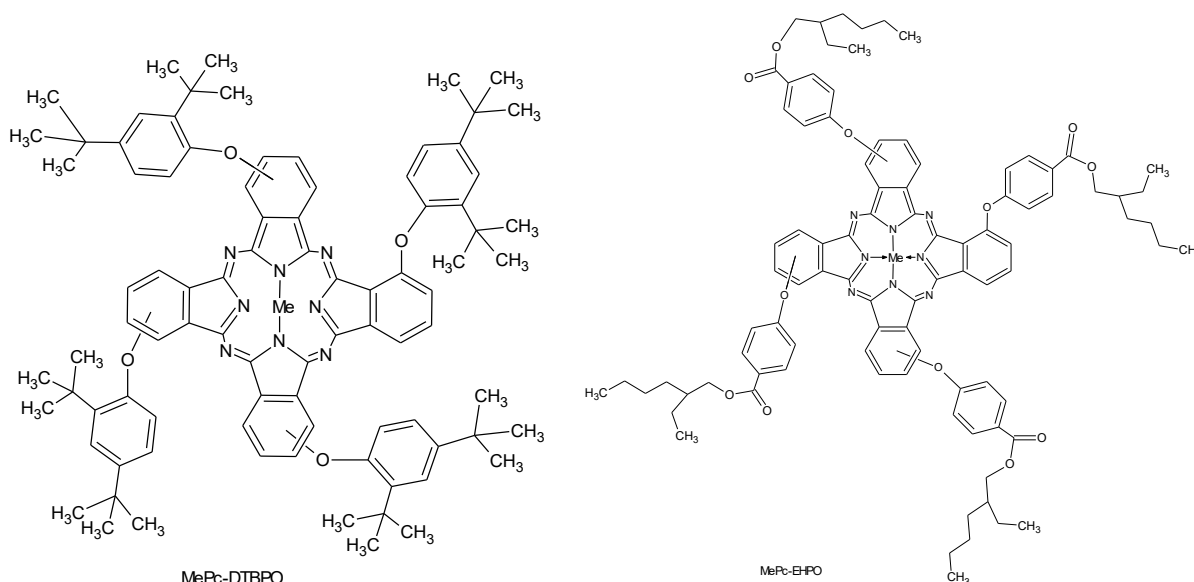
Sběr a opětovná recyklace výrobků z termoplastů vyžaduje vysoce efektivní třídící systém, který zaručí druhovou jednotnost vytríděného recyklátu. Ekonomicky a technicky přijatelné řešení umožňující opětovné využití recyklátů při výrobě nových produktů vyžaduje dosažení dostatečné kvality recyklátů nepřesahující cenu nových polymerů. Automatizovaný proces recyklace založený na optických a spektrálních technikách významným způsobem zvýšil výtěžnost třídění i druhovou kvalitu vytríděného odpadu, ale stále zůstávají minoritní oblasti, ve kterých recyklace není uspokojivě vyřešena. Výrobky obsahující neoddělitelnou směs více druhů polymerů jsou vyřazeny jako nerecyklovatelné. U celé řady směsí lze však tyto výrobky zařadit do systému

chemické recyklace a získat materiál vhodný pro zpětnou výrobu monomerů. Podobně dle dostupných informací budou někteří výrobci, např. obalů na potraviny, vyžadovat oddělené vyřídění těchto výrobků. V obou případech označení markerem vykazujícím fluorescenci při definované vlnové délce, který je současně organického původu a dostupný v EU, je vhodné řešení.

Druhým klíčovým požadavkem pro smysluplné opětovné využití recyklovaných termoplastů je důraz na kvalitu recyklátu. Recyklát ve formě regranulátu musí být druhově jednotný a nesmí obsahovat nečistoty, které by mohly ohrozit kvalitu výsledného produktu. Rostoucí legislativní tlak na obsah recyklátu v nových výrobcích z termoplastu generuje také potřebu jednoduché techniky pro rychlou identifikaci recyklátů, které svoji kvalitou neumožňují opětovné využití v běžném průmyslovém procesu. Lze očekávat tlak na producenty regranulátu, ale i na metodiky vstupní kontroly. Označení regranulátu markerem fluoreskujícím mimo viditelné spektrum v blízké infračervené oblasti může umožnit rychlou identifikaci regranulátu, u kterého výrobce ručí za to, že daná šarže má požadované kvalitativní parametry.

EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST

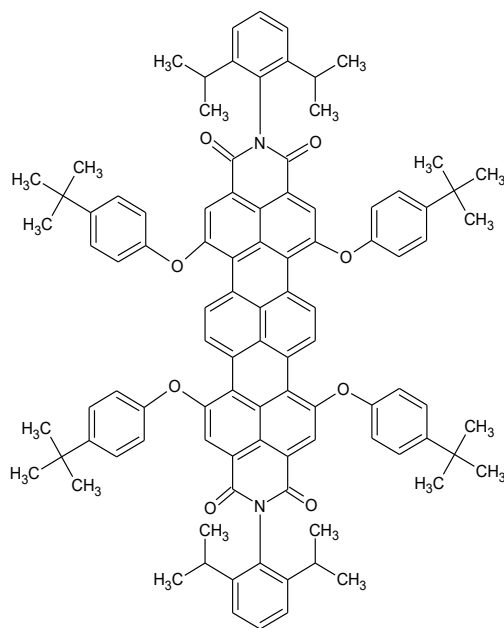
V rámci výzkumného záměru byly navrženy organické materiály, které díky své funkcionalizaci absorbují záření na rozhraní viditelné a infračervené oblasti a fluoreskují v blízké infračervené oblasti vlnových délek 700 až 800 nm. Látky jsou rozpustné v tavenině všech běžných termoplastů nebo v organických rozpouštědlech, takže lze snadno připravovat tiskové formulace pro průmyslově dostupné tiskové techniky jako jsou sítotisk, flexotisk, hlubotisk, ink jet nebo ofset. Funkcionalizací ftalocyaninové molekuly pomocí 2,4-di-*t*-butylfenolu nebo 2-ethylhexyl 4-hydroxybenzoátu, viz obr. 1, umožní posun absorpčního maxima do oblasti 700 až 730 nm. Jedná se o bezkovový ftalocyanin nebo o molekulu, ve které je jako centrální atom fixován zinek, křemík nebo hliník. Excitací tenkých polymerních vrstev lze dosáhnout fluorescence s emisním maximem 714 až 761 nm v závislosti na typu nosné matrice.



Obr. 1 Chemická struktura MePc-DTBPO a MePc-EHPO, kde Me je H, Zn, nebo AlOH

Pro rozšíření spektra možného značení byla připravena sloučenina na bázi terylen-bisimidu vyznačující se fluorescencí na rozhraní VIS a NIR oblasti, N,N'-di(2,6-diisopropylphenyl)terylenebismid funkcionalizovaný *p*-*tert*-butylfenolem, který je rozpustný v tavenině termoplastů a organických rozpouštědlech (TBPO-Ter-DIP), obr. 2. Emisní maximum této sloučeniny je v závislosti na matici v rozmezí 690 až 710 nm.

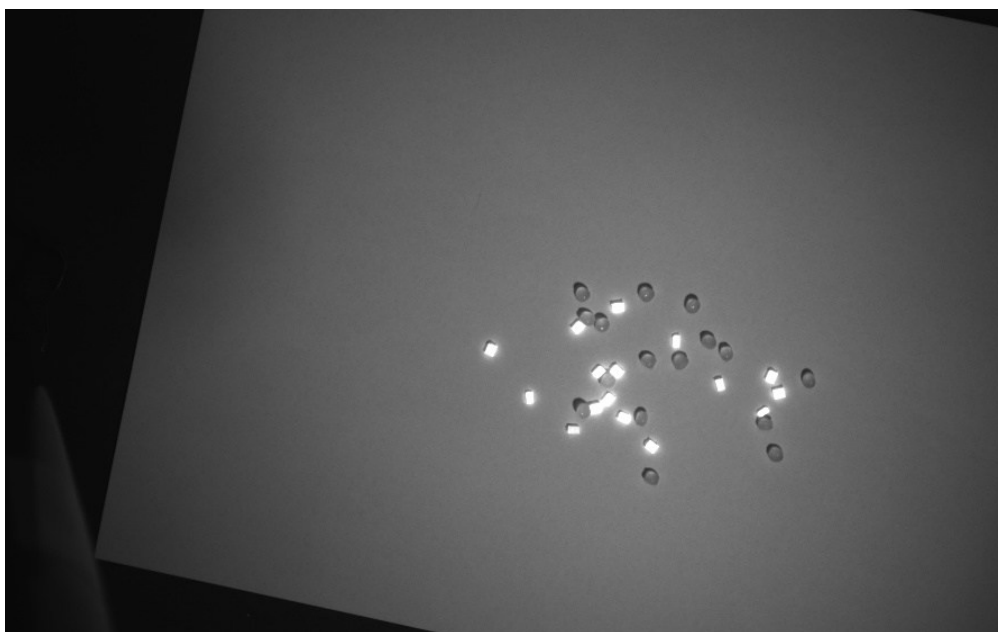
Vhodným uspořádáním výše uvedených sloučenin tak lze od sebe odlišit dvě fluorescenční maxima a tak spolehlivě značit vybrané typy průmyslových produktů.



Obr. 2 Chemická struktura TBPO-Ter-DIP

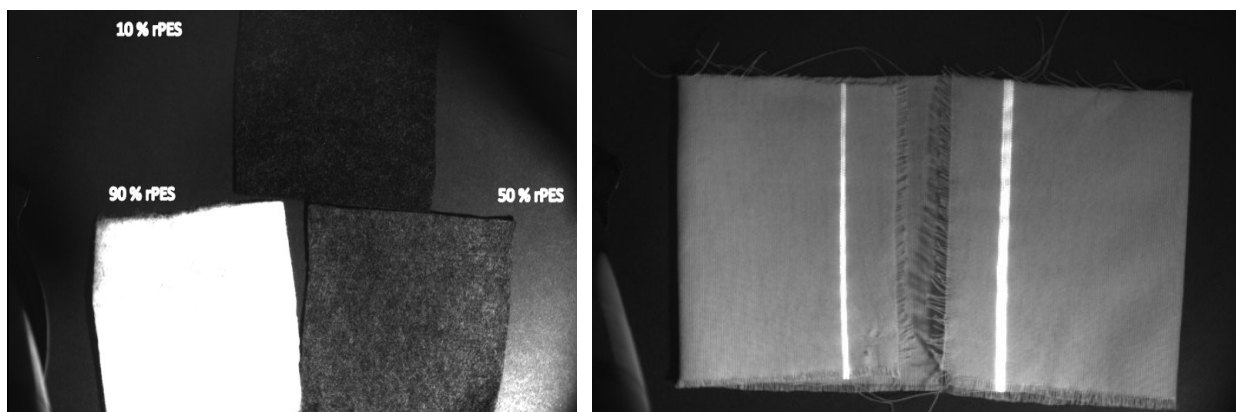
VÝSLEDKY A DISKUZE

Výše uvedené markery byly testovány ve třech aplikačních oblastech – značení polyolefinů a recyklovaného polyesteru ve hmotě a značení tiskem. V případě značení termoplastů ve hmotě byly použity deriváty ftalocyaninu znázorněné na obr. 1. Dávkování bylo provedeno tak, aby finální koncentrace markeru ve hmotě byla 20 ppm. Pro účely detekce byl navržen systém osvětlení při vlnové délce 650 až 700 nm a detekce fluorescence s filtrem 720 až 770 nm. V případě aplikace markeru do polyethylenu nebo polypropylenu byl nejprve připraven koncentrát, který obsahoval 0,2 % markeru, ten byl následně zapracován tak, aby finální granulát obsahoval 20 ppm. Směs značeného a neznačeného granulátu s detekcí fluorescence je zobrazena na obr. 3.



Obr. 3 Fluorescence ftalocyaninového markeru v polypropylenu – detekce při 750 nm

Podobně byl ftalocyaninový marker zapracován do taveniny polyesteru, ze které byla vyrobena stříž. Tato stříž byla následně použita pro přípravu netkaných textilií a přízí. Značené příze pak byly testovány v rámci standardního zpracování textilních výrobků včetně barvení a finálních úprav. Značení vykazovalo vysokou stabilitu. Intenzita fluorescence značených textilních materiálů je znázorněna na obr. 4.

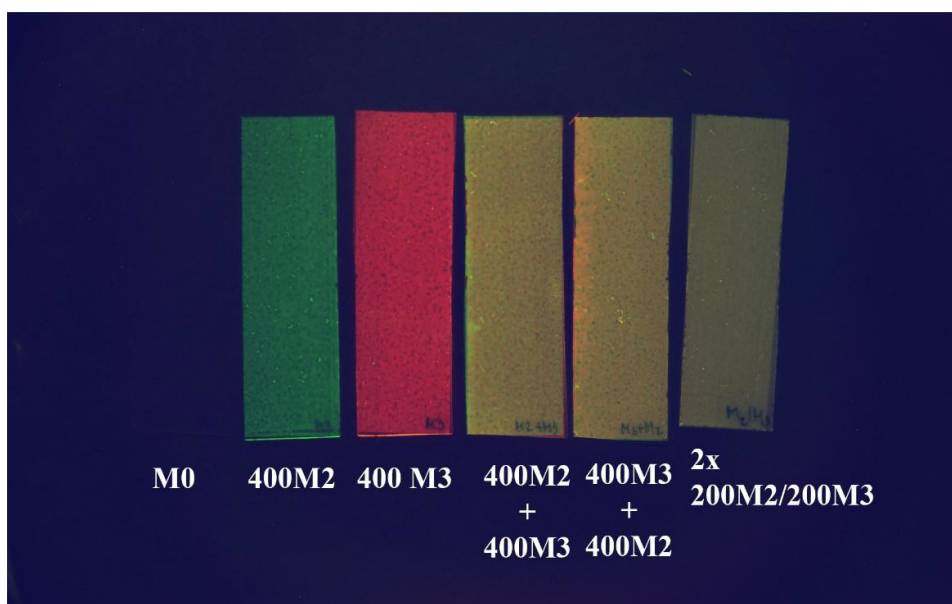


Obr. 4 Markování PES materiálů, vlevo netkaná textilie, vpravo bavlněná textilie se značenou PES přízí

Pomocí sítotisku byly natištěny oba výše zmíněné markery samostatně nebo v definované kombinaci a podrobeny měření fluorescence při 700 resp. 750 nm. Tímto způsobem lze docílit různé míry fluorescence a je tak možno zvolenými kombinacemi provést definované značení vybraných výrobků. V současné době je koncept rozšiřován o markery pro fluorescenci při 650 nm a 800 nm.

Excitační zdroj LED 630 nm	Excitační zdroj LED 685 nm
Expoziční čas 7 999 993 μ s	Expoziční čas 1 750 000 μ s
Interferenční filtr 690 nm	Interferenční filtr 730 nm

Obr. 5 Potisky markery pro fluorescenci pro 700 a 750 nm a jejich kombinace pro detekci při dvou vlnových délkách.



Obr. 6 Vizualizace markerů pro převedení do barevného kódu

ZÁVĚR

Byly navrženy a ověřeny způsoby značení polymerních materiálů organickými sloučeninami generujícími fluorescenci v blízké infračervené oblasti 700 až 800 nm. Markery lze aplikovat do hmoty recyklátu nebo tiskem na vybrané obalové materiály a lze je aplikovat i v oblasti textilií. Cílem je zefektivnit systém třídění a opětovného využití recyklovaných termoplastů. Výsledky budou realizovány v návaznosti na paralelní aktivitu směřovanou na měření čistoty recyklovaných polymerů.

PODĚKOVÁNÍ

Tato práce byla podpořena TA ČR v rámci programu Národní centra kompetence II a Národního plánu obnovy v projektu TN02000051-001.

FUNKČNÍ VRSTVY A DESIGN V TECHNOLOGII EXTRUDOVANÝCH A LITÝCH DESEK

Marek Babol

Polycasa Slovakia s.r.o., M.R. Štefánika 71, 010 39 Žilina, Slovak Republic

Korespondenční e-mail: Marek.Babol@3acomposites.com

DUROLEN®

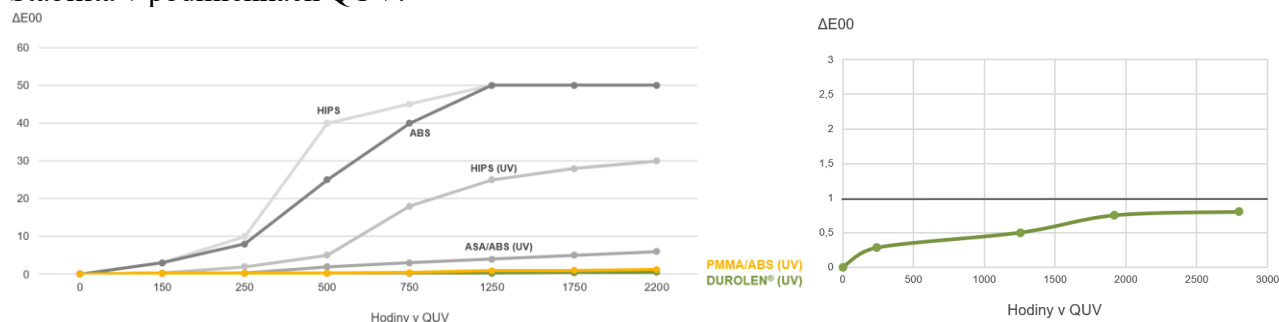


Uvádzame na trh výnimočný materiál DUROLEN.

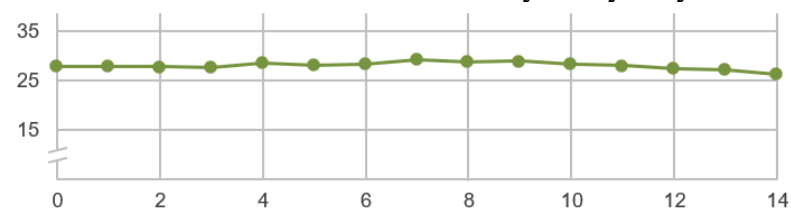
Vysoko výkonné termo-formovateľné modifikované PP dosky s výnimočnými vlastnosťami:

- Vysoký les
- Excelentná UV odolnosť
- Výborná chemická odolnosť voči naftu, benzínu, hydraulickému oleju atď.
- Výnimočnosť odolnosť až do -40°C
- Recyklovateľný monomateriál
- Možnosť výberu akejkoľvek farby
- Nepredlžuje výrobný cyklus pri vákuovom lisovaní
- Možnosť zníženie hrúbky materiálu v porovnaní so štandardnými ABS materiálmi
- Európska výroba – Athlone Extrusion Írsko

Stabilita v podmienkach QUV:



Pevnosť v ťahu /MPa v závislosti na recyklačných cykloch:



Vhodné využitie:
Vysoko namáhané komponenty



	Method	Unit	PMMA/ABS	DUROLEN®	DUROLEN® LT
Hustota	ISO 1183	g/cm ³	1.10	1.06	1.06
Mechanické vlastnosti					
Modul pružnosti v ťahu	ISO 527-2	MPa	1900	2400	2400
Charpy Impact s vrubom (23°C)	ISO 179 / 1eA	kJ / m ²	13	41	41
Charpy Impact bez vrubu (23°C)	ISO 179 / 1eU	kJ / m ²	17	100	100
Charpy Impact bez vrubu (-35°C)	ISO 179 / 1eU	kJ / m ²	7.5	16.5	35
Optické vlastnosti					
Lesk / Matnosť Level (pod uhlom 60°)	ISO 2813	Units	> 80	> 80	> 80
Tepelné vlastnosti					
Doporučený teplotní rozsah použiti		°C	+10°C to +90°C	-10°C to +115°C	-40°C to +110°C
Ostatné vlastnosti					
Horľavosť	UL94	Rating	HB	HB	HB
Zmrštenie formy	ISO 294-4	%	0.5 – 0.8	0.8 – 1.2	1.1 – 1.5

Viac informácií:
www.3acomposites.com
www.durolen.com

Ing. Marek Babol
Sales Manager
M: +421 918 891 663
marek.babol@3acomposites.com



ATMOSFÉRICKÁ PLASMA JAKO ALTERNATIVA PRIMERŮ

Petr Tichý

Plasmatreat Austria GmbH, Pražská třída 901/145

Hradec Králové 50004, Česká republika

Korespondenční e-mail: petr.tichy@plasmatreat.com

ABSTRAKT

Atmosférická nízkoteplotní plasma představuje progresivní a environmentálně šetrnou alternativu ke konvenčním chemickým primerům v oblasti povrchových úprav materiálů. Technologie typu Openair® plasma, vyvinutá společností Plasmatreat, umožňuje efektivní čištění, aktivaci a funkcionalizaci povrchů při atmosférickém tlaku bez nutnosti použití rozpouštědel nebo jiných chemických látek.

Princip procesu spočívá v interakci reaktivních částic plasmy (iontů, radikálů, excitovaných molekul a UV záření) s povrchem materiálu, což vede k odstranění organických kontaminantů a současně k tvorbě polárních funkčních skupin (např. –OH, –COOH). Tím dochází ke zvýšení povrchové energie a zlepšení smáčivosti, což lze dokázat například měřením kontaktního úhlu. Výsledkem je výrazně vyšší adheze lepidel, laků či tiskových barev, a to i u obtížně lepitelných polymerů, jako jsou PP nebo PE.

Na rozdíl od primerů je proces suchý, bezkontaktní a snadno integrovatelný do kontinuálních výrobních linek. Odpadá potřeba skladování a aplikace chemických látek, čímž se snižují provozní náklady i environmentální a zdravotní zátěž. Další výhodou je možnost selektivní úpravy pouze definovaných oblastí bez ovlivnění objemových vlastností materiálu.

Díky těmto vlastnostem nachází atmosférická plasma široké uplatnění v automobilovém, elektrotechnickém i obalovém průmyslu. Představuje tak klíčovou technologii pro moderní, udržitelnou výrobu a efektivní náhradu tradičních primerových systémů

BIO-EPOXIDOVÉ SVĚTLEM VYTVRZOVANÉ FORMULACE PRO POKROČILÉ LAMINÁTY A KOMPOZITY

Vítězslav Zima^{1*}, Kateřina Zetková¹, Martin Paškan²

¹SYNPO akciová společnost

S. K. Neumanna 1316, 532 07, Pardubice, Česká republika

²Katchem spol. s r.o.

Minická 635, 278 01, Kralupy nad Vltavou

* Korespondenční e-mail: vitezslav.zima@synpo.cz

ABSTRAKT

Byly připraveny nové iontové systémy založené na boranových sloučeninách nesoucích záporný náboj na molekulárním skeletu, který je kompenzován kationty jodoniových, sulfoniových nebo fosfoniových solí. Tyto materiály byly studovány jako potenciální fotoiniciátory pro kationtovou polymeraci epoxidových pryskyřic. Jako modelový systém byla použita směs epoxidové pryskyřice na bázi bisfenolu A a bioepoxidu.

Byla hodnocena schopnost těchto systémů iniciovat vytvrzování při ozáření LED zdroji o vlnových délkách 365 a 405 nm. Experimentálně bylo prokázáno, že nejvyšší účinnost vykazují systémy obsahující jodoniový kationt, a to zejména v přítomnosti vhodného fotosenzitizéru, který významně zvyšuje iniciační aktivitu při delších vlnových délkách. Výsledky potvrzují, že kombinace boranového aniontu s jodoniovým kationtem představuje perspektivní přístup k návrhu nových fotoiniciačních systémů pro kationtové polymerace.

Současně byly formulovány nové kompozice obsahující bioepoxidy, které vykazují velmi dobré vlastnosti z hlediska světlem indukovaného vytvrzování. Tyto materiály nacházejí potenciální uplatnění jako nátěrové hmoty, tmely a adheziva. Přítomnost fotosenzitizérů navíc umožňuje jejich vytvrzování i za podmínek denního osvětlení bez nutnosti použití intenzivních UV zdrojů, což představuje významný krok směrem k energeticky úsporným a environmentálně šetrným technologiím v oblasti polymerních materiálů.

PODĚKOVÁNÍ

Tato práce byla podpořena Technologickou Agenturou České republiky v rámci programu Trend (projekt číslo FW12010109).

KOMPLETNÍ METROLOGIE PLASTOVÝCH VÝLISKŮ S VYUŽITÍM VÝPOČETNÍ TOMOGRAFIE (CT)

Rostislav Kadlčík

Akreditovaná Zkušební Laboratoř (AZL) č.1731
PRIMA BILAVČÍK, s.r.o., 688 01, Uherský Brod, Česká republika

* Korespondenční e-mail: kadlcik@primab.cz

ABSTRAKT

Článek se zabývá porovnáním dvou metrologických metod – průmyslové výpočetní tomografie (CT) a kontaktní souřadnicové měřicí techniky (CMM) – při kontrole plastových výlisků z 8-kavitové vstřikovací formy. Hodnocena je především časová náročnost měření a efektivita vyhodnocení 169 rozměrů na každém výlisku. Výsledky ukazují, že CT technologie umožňuje výrazně rychlejší komplexní kontrolu více dílů současně, zatímco CMM je časově výrazně náročnější zejména ve fázi přípravy měřicího programu. Studie potvrzuje vhodnost CT metody pro sériovou kontrolu a SPC analýzu v moderní průmyslové praxi.

ÚVOD

Rentgenová výpočetní tomografie umožňuje úplné zachycení součástí nezávisle na jejich komplexnosti. Zachytí se jak vnější, tak i vnitřní geometrie. Pro rentgenovou tomografii se využívá schopnost rentgenového záření pronikat objekty. Na cestě skrz objekt se část záření absorbuje. Čím větší je délka prozařování v objektu, tím méně záření vystupuje za objektem. Mimo to závisí pohlcování i na materiálu. Rentgenový detektor (senzor) zachycuje procházející rentgenové záření jako dvourozměrný rentgenogram metodou procházejících paprsků. Při velikosti detektorů od asi 50 do 400 mm lze zachytit velkou část měřeného objektu v jednom obraze. Aby se mohla provést tomografie objektu, snímá se postupně několik set takových dvourozměrných rentgenogramů metodou procházejících paprsků v různých polohách otočení měřeného objektu. Objekt se k tomu umístí na otočném stole, který se postupně otáčí. Trojrozměrná informace o měřeném objektu obsažená v této posloupnosti obrazů se vhodnou matematickou metodou extrahuje a dá se k dispozici jako tzv. voxelový obraz. Každý voxel představuje pro jedno definované místo v rozsahu měření absorpci rentgenového záření měřeným objektem. Podobně jako při dvourozměrném zpracování obrazu se z voxelových dat vhodnou metodou prahových hodnot nebo jinou metodou vypočítají vlastní měřicí body. Použité senzory mají v současnosti až 16 milionů

obrazových bodů. V rozsahu měření z toho vznikne typicky několik set tisíc až několik milionů měřicích bodů, které jsou rovnoměrně rozděleny na povrchu měřeného dílce. Zachytí se i geometrie uvnitř měřených objektů, jako duté prostory. [1]

EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST

Předmětem experimentu bylo porovnání dvou metrologických metod – průmyslové výpočetní tomografie (CT) a kontaktní souřadnicové měřicí techniky (CMM) – při kontrole plastových výlisků vyrobených z 8-kavitové vstřikovací formy. Každý výlisek obsahoval celkem 169 sledovaných rozměrů, které byly vyhodnocovány s využitím nominálních CAD dat.

V případě průmyslové CT tomografie byl využit princip nedestruktivního rentgenového snímání, na jehož základě byl vytvořen objemový model dílů. Následně došlo k rekonstrukci dat a vytvoření polygonálního modelu ve formátu STL. Tento model představuje mračno bodů a povrchovou síť, která slouží jako základ pro další analýzu (viz Obr. 1).

Porovnáním STL modelu s nominálním CAD modelem byly generovány barevně kódované mapy odchylek (viz Obr. 2), které umožňují rychlou identifikaci tvarových nepřesností v celém objemu dílu. Na základě těchto dat bylo následně provedeno automatizované vyhodnocení všech 169 rozměrů pro každý výlisek (viz Obr. 3).

Celý proces CT měření zahrnoval skenování všech osmi výlisků současně, následnou rekonstrukci dat a přípravu STL modelů. Skenování včetně rekonstrukce a separování jednotlivých objektů trvalo přibližně 15 minut. Příprava vyhodnocení jednotlivých rozměrů byla realizována automatizovaně s časovou náročností přibližně 0,5 minuty na jeden rozměr, což odpovídá celkovému času 84,5 minuty. Samotné vyhodnocení probíhalo plně automaticky a trvalo přibližně 5 minut na jeden díl, tedy celkem 40 minut pro všech osm výlisků. Součástí procesu bylo také automatické generování numerických reportů a dat pro statistickou regulaci procesu (SPC).

Kontaktní měření bylo realizováno pomocí souřadnicového měřicího stroje (CMM) vybaveného dotykovou sondou. Na rozdíl od CT metody probíhá měření sekvenčně, kdy je každý geometrický prvek měřen samostatně. Nejprve bylo nutné vytvořit měřicí program, přičemž příprava jednoho rozměru trvala přibližně 5 minut. Pro všech 169 rozměrů tak celkový čas programování dosahoval přibližně 845 minut.

Po vytvoření programu bylo provedeno automatické měření jednotlivých rozměrů, přičemž samotné měření jednoho rozměru trvalo přibližně 5 minut. Celková doba měření jednoho dílu tak činila 845 minut. Následné vyhodnocení bylo realizováno automatizovaně s časovou náročností přibližně 2 minuty na jeden rozměr a díl. Pro osm výlisků tak celkový čas vyhodnocení dosahoval 2704 minut. Stejně jako u CT metody bylo i zde generování výstupních reportů a SPC dat realizováno automaticky.

VÝSLEDKY A DISKUZE

Na základě provedeného experimentu byla porovnána časová náročnost průmyslové CT tomografie a kontaktní souřadnicové měřicí techniky (CMM) při kontrole plastových výlisků z 8-kavitové formy. Souhrn dosažených výsledků je uveden v **Tabulce 1**.

Z výsledků je patrné, že mezi oběma metodami existuje zásadní rozdíl v celkovém čase potřebném pro kompletní kontrolu všech 169 rozměrů na osmi výliscích. Celkový čas CT měření činí přibližně **139,5 minuty (≈ 2,3 hodiny)**, zatímco u metody CMM dosahuje celková časová náročnost přibližně **4394 minut (≈ 73,2 hodiny)**, jak je uvedeno v Tabulce 1.

Hlavním faktorem tohoto rozdílu je odlišný princip získávání dat. CT tomografie umožňuje **paralelní akvizici kompletní geometrie** všech dílů v jednom skenovacím cyklu. Veškeré rozměrové informace jsou tak k dispozici již po rekonstrukci dat, což umožňuje jejich následné rychlé a automatizované vyhodnocení. Naopak metoda CMM je založena na **sekvenčním bodovém měření**, kde je každý rozměr snímán samostatně, což vede k lineární závislosti celkového času na počtu měřených znaků.

Významný podíl na celkové časové náročnosti CMM má rovněž příprava upínacího příslušenství, kalibrace vhodných dotekových sond a samotná fáze programování, která při 169 rozměrech dosahuje přibližně 14 hodin. Další výraznou položkou je samotné vyhodnocení, které při měření osmi dílů představuje více než 2700 minut. I přes automatizaci jednotlivých kroků tak zůstává metoda CMM z hlediska času výrazně méně efektivní.

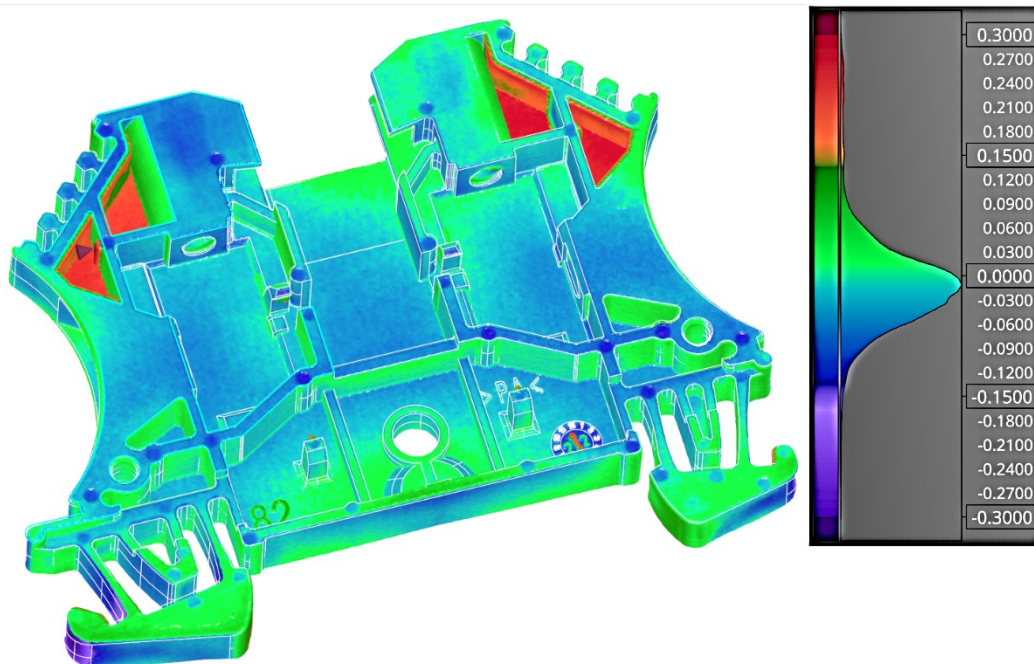
Naopak u CT metody je časová náročnost rozložena rovnoměrněji mezi jednotlivé fáze procesu, přičemž dominantní část představuje příprava vyhodnocení. Jakmile je však tato fáze dokončena, je možné rychle analyzovat další díly bez nutnosti zásadních úprav programu. Tato vlastnost činí CT metodu velmi vhodnou pro sériovou výrobu a opakovanou kontrolu.

Z praktického hlediska představuje CT tomografie přibližně **30násobné zrychlení** oproti metodě CMM při zachování plného rozsahu kontroly všech rozměrů. Tento rozdíl má zásadní dopad na efektivitu výrobního procesu, zejména v kontextu rychlé zpětné vazby a implementace statistické regulace procesu (SPC).

Na základě získaných výsledků lze konstatovat, že průmyslová CT tomografie je výrazně efektivnější metodou pro komplexní kontrolu plastových vylisků s vysokým počtem sledovaných rozměrů, zatímco metoda CMM je vhodnější pro detailní měření omezeného počtu kritických parametrů.

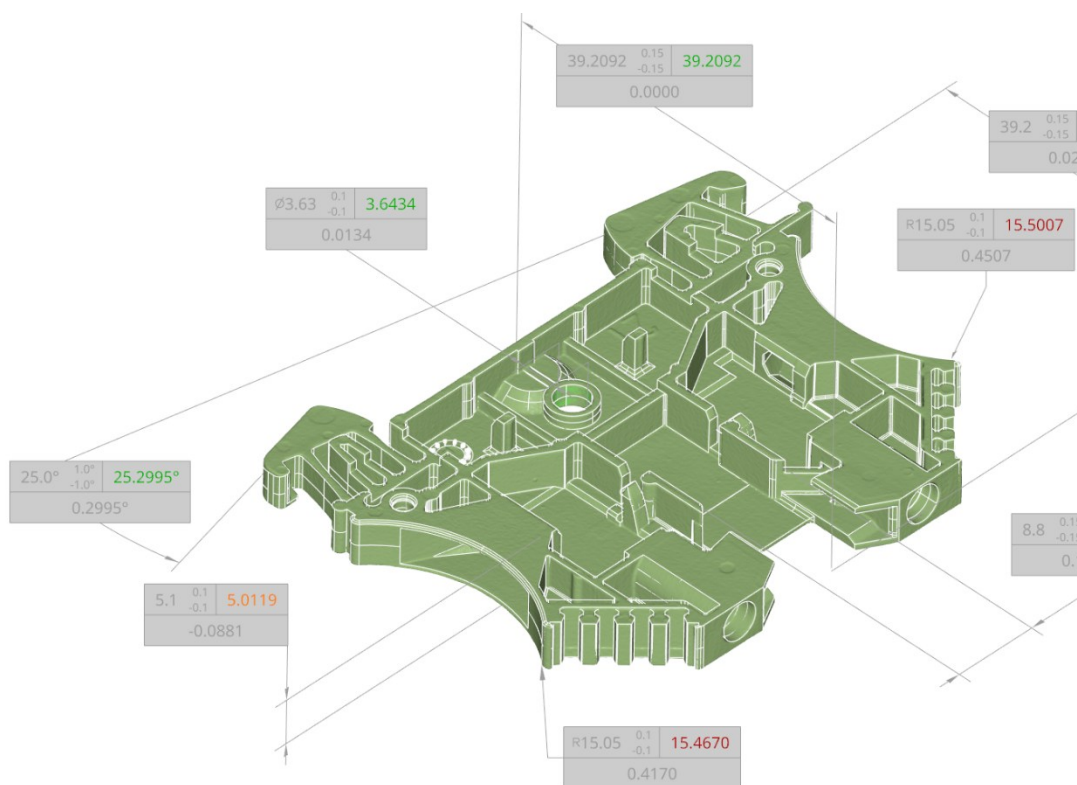


Obr. 1 Povrchová síť STL ze skenování více vzorků současně



5 mm

Obr. 2 Barevně kódovaná mapa odchylek



Obr. 3 Příklad vyhodnocení několika rozměrů

Tab. 1.

TABULKA POROVNÁNÍ ČASOVÉ NÁROČNOSTI

Parametr	CT tomografie	CMM měření (automatické)
Počet měřených dílů	8 současně	1 (sekvenčně)
Počet rozměrů na díl	169	169
Skenování / měření	15 min	845 min (5 min × 169)
Programování	84,5 min (0,5 min × 169)	845 min (5 min × 169)
Vyhodnocení / měření	40 min (5 min × 8 dílů)	2704 min (2 min × 169 × 8 dílů)
Generování reportu + SPC	automaticky	automaticky
Celkový čas (8 dílů)	139,5 min (~2,3 h)	4394 min (~73,2 h / ~9 směn)

ZÁVĚR

Na základě provedeného porovnání lze konstatovat, že průmyslová CT tomografie je výrazně efektivnější metodou pro komplexní kontrolu plastových výlisků než kontaktní CMM měření. Celkový čas CT analýzy osmi dílů činí přibližně 139,5 minuty, zatímco u CMM dosahuje přibližně 4394 minut.

Hlavním důvodem tohoto rozdílu je princip měření – CT umožňuje paralelní získání kompletních dat v jednom kroku, zatímco CMM pracuje sekvenčně po jednotlivých rozměrech. Tento rozdíl vede k výrazně vyšší časové náročnosti zejména při velkém počtu kontrolovaných rozměrů.

CT metoda je proto vhodná především pro sériovou výrobu a komplexní geometrie, zatímco CMM nachází uplatnění při přesném měření omezeného počtu kritických rozměrů.

PODĚKOVÁNÍ

Děkuji společnosti Prima Bilavčík, s.r.o. za umožnění realizace měření v CT laboratoři v sídle společnosti. Zvláštní poděkování náleží za zpřístupnění výpočetního tomografu Werth TomoScope XL s rentgenkou o urychlovacím napětí 300 kV a detektorem s rozlišením 4 MPx.

REFERENCE

- [1] CHRISTOPH, Ralf, NEUMANN, Hans Joachim. *X-ray Tomography in Industrial Metrology*. Munich : SZ Scala GmbH, 2018. 94 s.

OD VÝZKUMU K PRAXI: NANOTECHNOLOGICKÁ ŘEŠENÍ PRO ŠETRNĚJŠÍ A ODPOVĚDNÝ PRŮMYSL

Lucie Ligasová^{1*}, Luboš Komárek¹, Tomáš Janoušek^{1,2}, Karel Havlíček¹

¹ NANOPROGRESS, z.s., Nová 306, 530 09 Pardubice, Česká republika

² Nanotech dynamics, s.r.o., Liščí 234, 463 12 Jeřmanice, Česká republika

* Korespondenční e-mail: * ligasova@nanoprogress.eu

ABSTRAKT

Příspěvek se zaměřuje na vývoj a implementaci pokročilých nanovlákných materiálů, připravovaných technologií AC elektrostatického zvlákňování, s cílem jejich efektivního uplatnění v průmyslové praxi. Klastrová organizace Nanoprogress systematicky propojuje výzkum, vývoj i konstrukci zařízení pro přípravu nanovlákných struktur tak, aby bylo možné cíleně řídit výsledné morfologické a funkční vlastnosti materiálů v závislosti na konkrétní aplikaci. Klíčovými vlastnostmi nanovlákných struktur je především jejich vysoký měrný povrch, vysoká pórovitost, schopnosti reagovat i s vysoce stabilními látkami, či možnost chemické i fyzikální funkcionalizace. Tyto vlastnosti je předurčují k využití v širokém spektru aplikací. Patří mezi ně zejména nanovlákné membrány pro filtraci kapalin a plynů s vysokou účinností zachytu submikronových částic při zachování nízké tlakové ztráty, systémy pro úpravu a čištění vod schopné odstraňovat mikrobiální kontaminanty i mikropolutanty, či aplikace v oblasti filtrace technologických kapalin (např. olejů, nápojů). Nanovlákné nosiče biomasy umožňují imobilizaci mikroorganismů a zvýšení účinnosti biodegradačních procesů bez nutnosti intenzivního chemického zásahu.

Důležitou součástí vývoje nových pokročilých řešení je transfer těchto technologií do průmyslové praxe s cílem snižování energetické a materiálové náročnosti procesů, a zvyšování přidané hodnoty výrobků. Přístup „od výzkumu k praxi“ tak přispívá nejen ke zvýšení konkurenceschopnosti, ale také k naplňování principů odpovědného a šetrného průmyslu v reakci na aktuální environmentální výzvy.

3D PROJEKTY NA MÍRU - CIRKULÁRNÍ ŘEŠENÍ

Kateřina Sýsová, Magdaléna Nováková

Plastenco design s.r.o., Oblouková 1316/7, 25219 Rudná, Česká republika

Korespondenční e-mail: katka@plastenco.cz



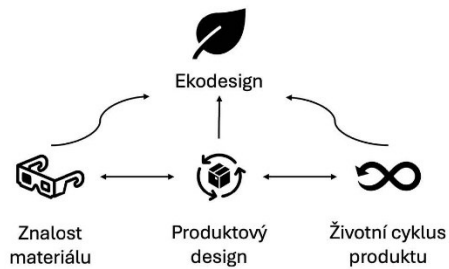


80%

PROČ?

Designem můžeme ovlivnit až 80 % environmentálních dopadů souvisejících s životním cyklem produktu.

Design je pro udržitelnost zásadní.

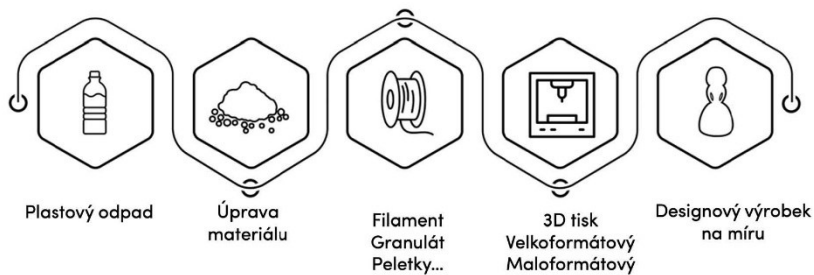


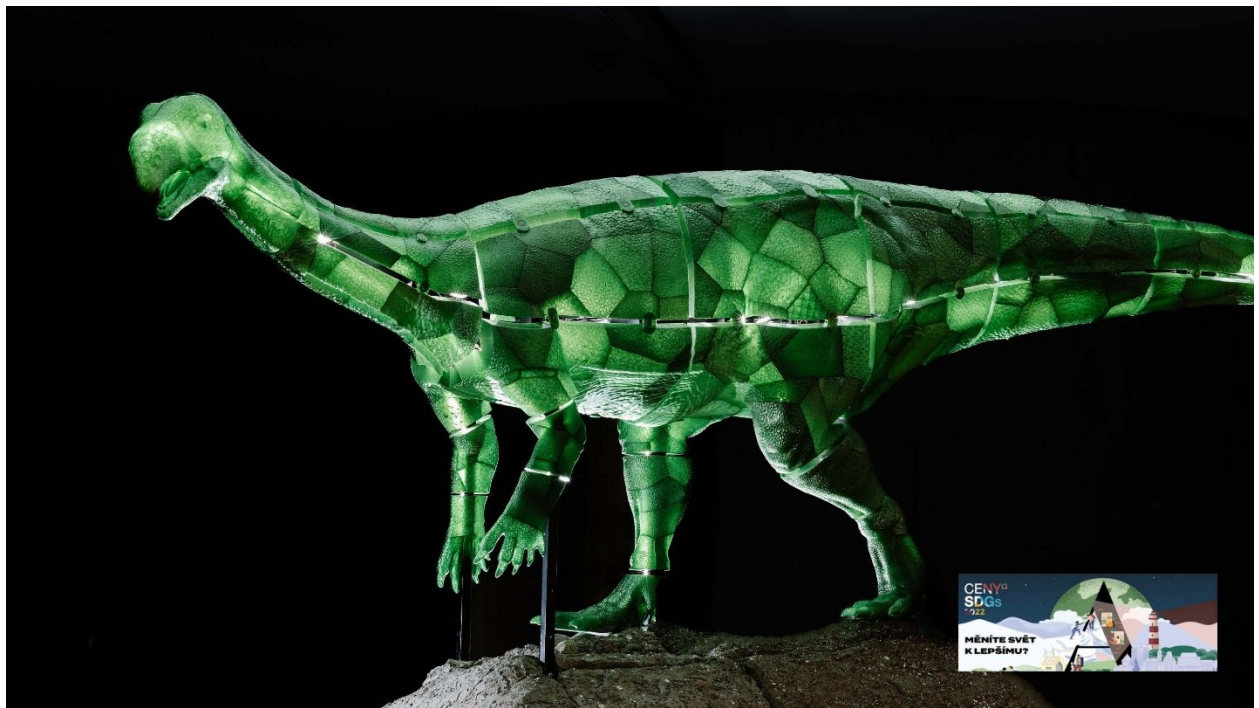
JAK?

Plastenco je studio / platforma pro **ekodesign, materiálové experimenty a cirkulární aplikace**,

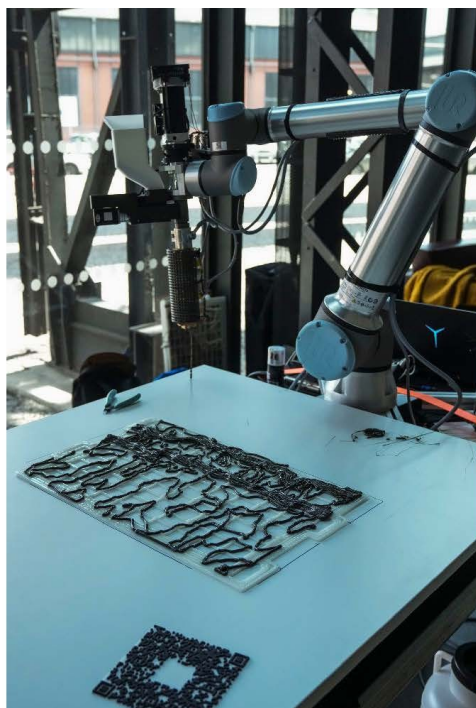
propojujeme odpadní nebo zbytkové **plasty & 3D tisk**,

=> výzkum, univerzity, firmy = pilotní realizace





VÝVOJ TECHNOLOGIE



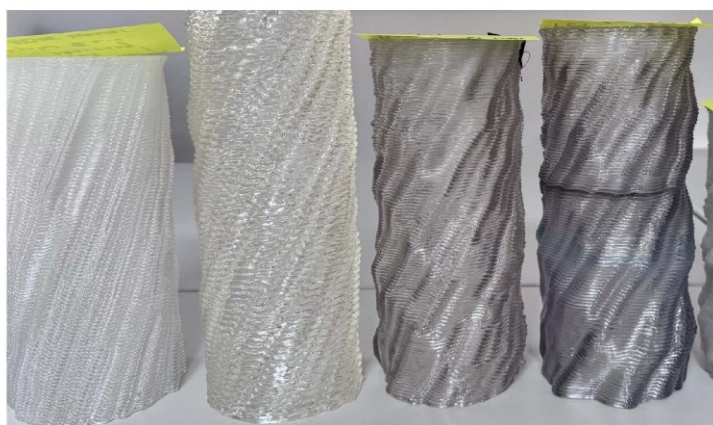
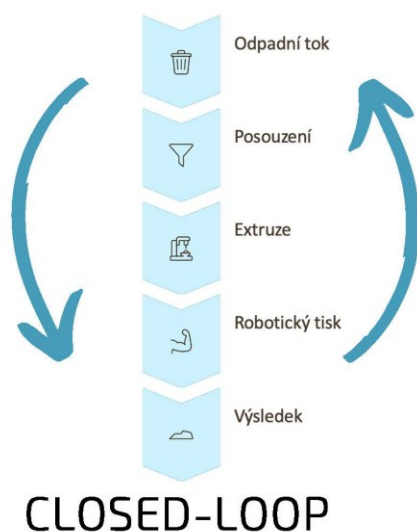
plastenco



FAKULTA
ARCHITEKTURY
ČVUT V PRAZE

UMPRUM Vysoká škola
umělecko-průmyslová
v Praze

VÝVOJ DESIGNU => CÍRKULÁRNÍ MIKROVÝROBA



Nestačí mít zajímavý materiál.
Musíte kolem něj vytvořit produkt, proces a důvod,
proč ho někdo opravdu chce.

VÝZKUM MATERIÁLU



PET



PETG



PET



PC

Nadrčená směs polymerů: špulky od filamentů, obaly a zbytkové filamenty



Magdaléna Nováková, FA ČVUT

DIY analytické metody pro práci s velkoformátovým 3D tiskem transparentních materiálů

1. Korekce odstínu granulátu

Modrofialové líhové barvivo + IPA neutralizuje žlutý tón PLA bez regranulace.

2. DIY polariskop

Dvě polarizační fólie nebo filtr na mobil odhalí vnitřní pnutí a jeho vliv na transparentnost.

3. DIY hazemetr

Laserová nebo luxmetrová metoda pro vizuální i numerické stanovení mléčnosti výtisků.

4. DIY kolorimetrie

Adobe Photoshop v režimu Lab Color umožňuje rychlé a levné porovnání barevného tónu vzorků.



Všechny čtyři metody jsou **nízkonákladové, rychlé a reprodukovatelné** — vhodné pro designérskou praxi i výzkum v oblasti velkoformátového 3D tisku.

Made with GRAMMA

METODA 1

Kontrola barevného odstínu granulátu



Virgin granulát PLA/recykláty vykazují nežádoucí žlutý tón.

Průmyslové rozjasňovače jsou špatně dostupné a finančně náročné

Řešením je **modré a fialové lihové barvivo** (cca 50 Kč/ks) naředěné IPA a aplikované přímo na povrch granulátu.

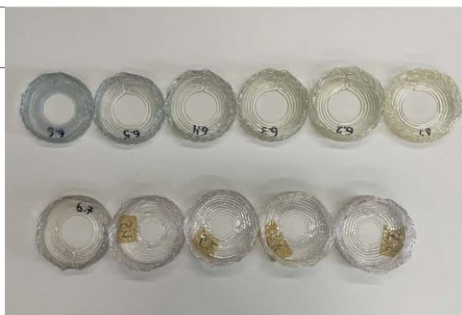
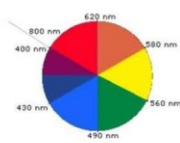
Výhody

Levná, rychlá a reprodukovatelná metoda — bez nutnosti regenerace nebo drahého masterbatche.

Made with **GAMMA**

METODA 1

Princip komplementace barev



Modrofialová barviva absorbují žluto-oranžovou část spektra (~ 570–600 nm).



Made with **GAMMA**

METODA 2

DIY polariskop — analýza vnitřního pnutí

Zbytkové vnitřní napětí v plastech vzniká při nerovnoměrném chlazení a může vést k prasklinám, deformacím nebo snížení transparentnosti.

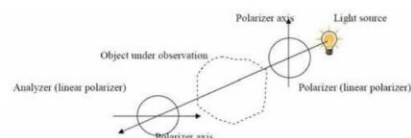


Varianta A

Dvě polarizační fólie (~30 Kč/ks) + LED panel jako zdroj rozptýleného světla

Varianta B

Klipsový polarizační filtr pro mobil (~50 Kč) + obrazovka notebooku s bílým pozadím



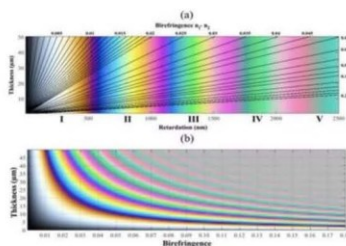
Made with **GRAMMA**

METODA 2

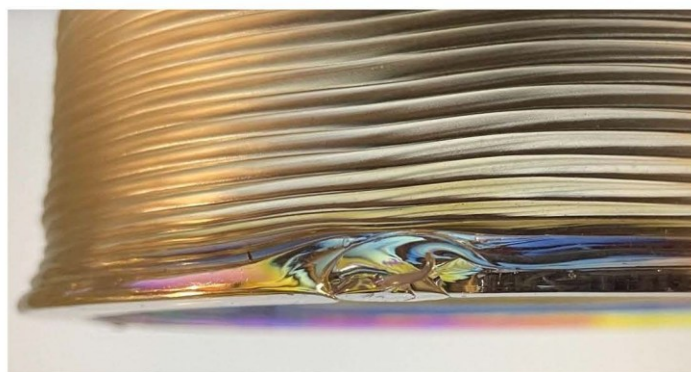
Princip fotoelasticity

Při vnitřním napětí vzniká **dvojlom (birefringence)** — polarizované světlo se rozdělí na dvě složky s fázovým posunem a po průchodu analyzátozem vznikají izochromatické obrazce.

Nízké vnitřní pnutí = beze změny barvy, Lokální koncentrace napětí = intenzivní barevné přechody.



Největší napětí — rychlejší odvod tepla do podložky; zároveň transparentnější oblast



Made with **GRAMMA**

FUCKUPY A TVRDÉ LEKCE

...a jak z toho ven?

KDYŽ JE TO ODPAD,
MUSÍ TO BÝT
LEVNĚJŠÍ

PROTOTYP NENÍ
ŠKÁLOVATELNÁ VÝROBA

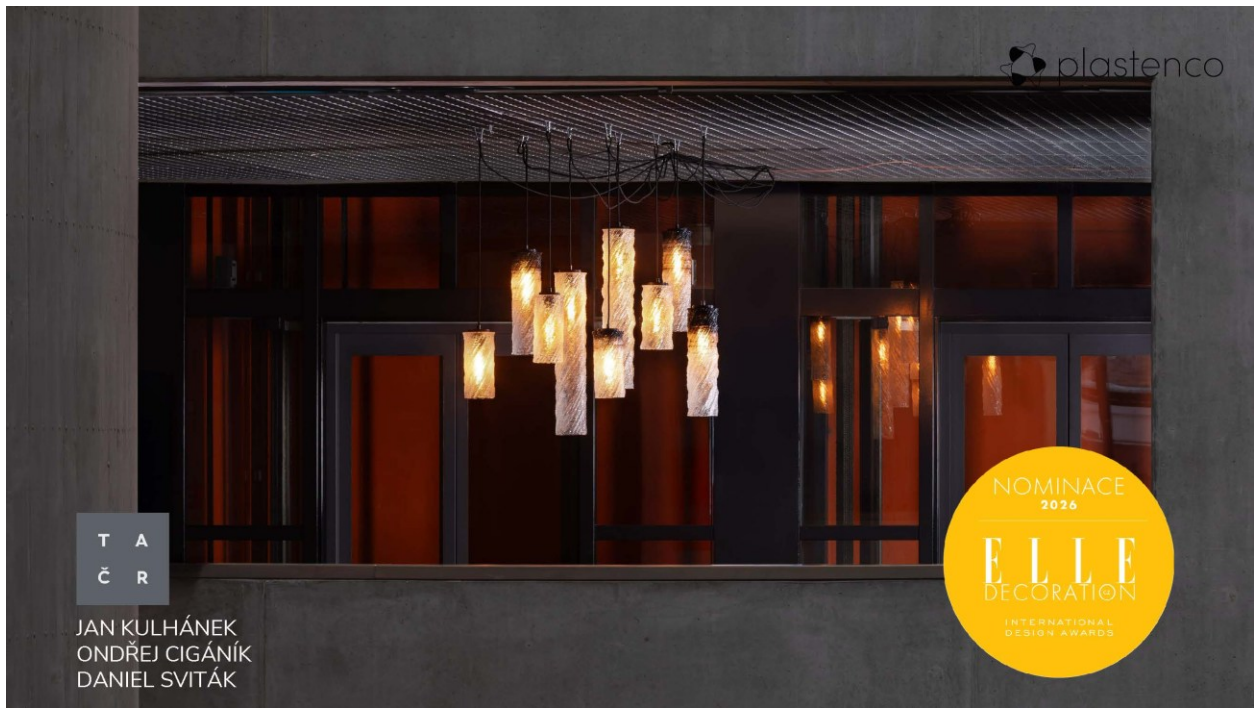
FINANCOVANÝ PROJEKT NENÍ
AUTOMATICKY DOBRÝ
PROJEKT

GALATICKÝ NÁVRH
BEZ TRHU

STUDENT => DESIGN-PRENEUR
VÝZKUMNÍK => SCIENCE-
PRENEUR

ŠKÁLOVATELNÉ REALIZACE





plastenco

T A
Č R

JAN KULHÁNEK
ONDŘEJ CIGÁNÍK
DANIEL SVITÁK

NOMINACE
2024
ELLE
DECORATION
INTERNATIONAL
DESIGN AWARDS



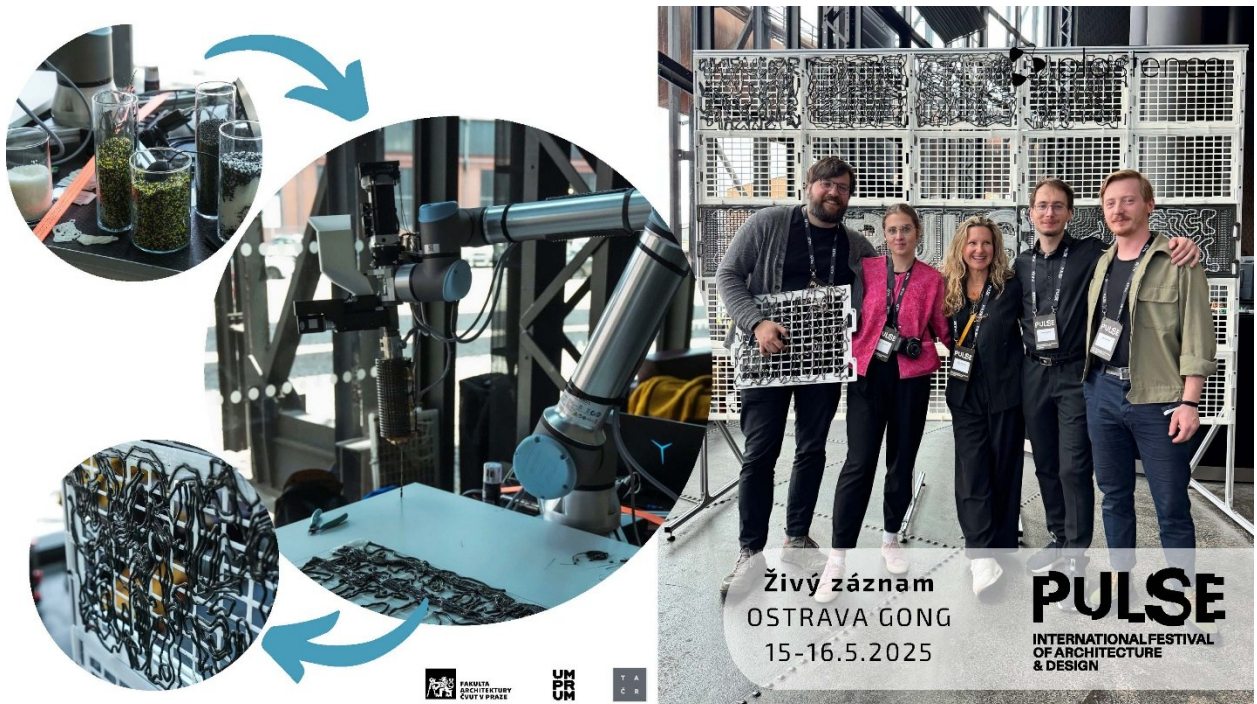
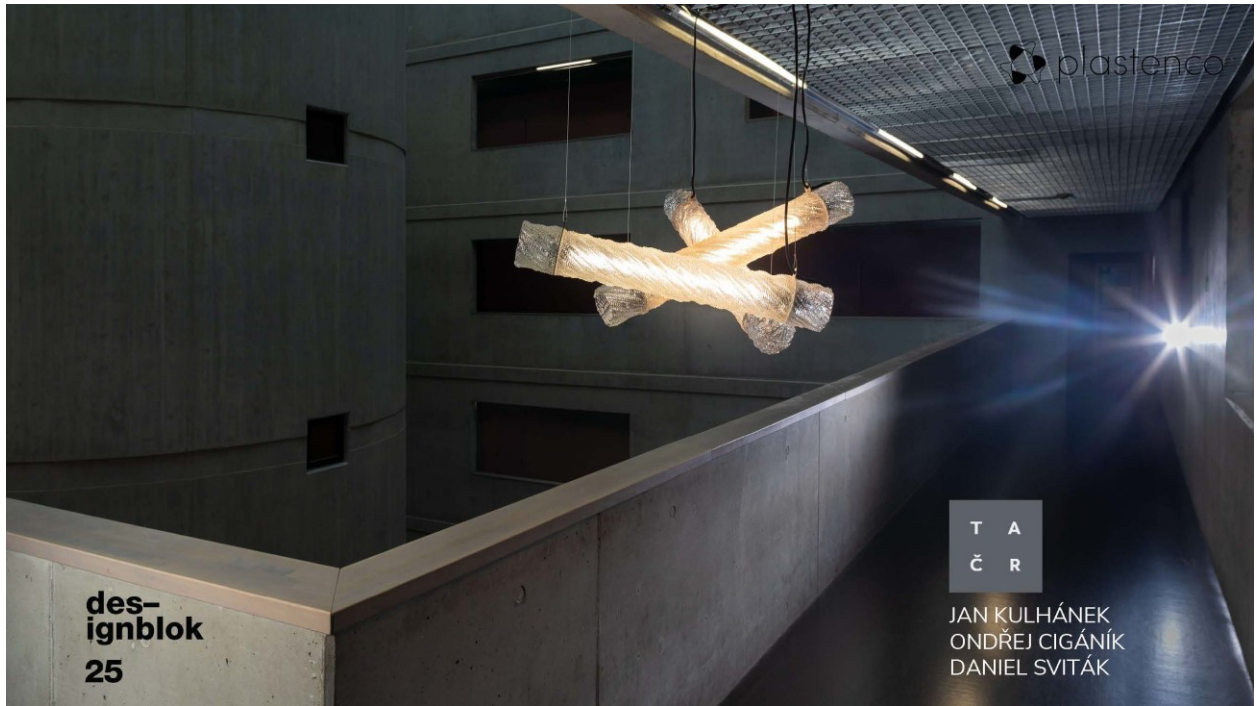
plastenco

des-
ignblok
25

T A
Č R

JAN KULHÁNEK
ONDŘEJ CIGÁNÍK
DANIEL SVITÁK

PRUSA
RESEARCH
by JOSEF PRUSA



PROČ SPOLUPRACOVAT?

Plastenco jako partner pro výzkum, inovace a praxi

Pro studenty

- Práce s reálnými materiály a výzvami
- Mentoring od profesionálů z oboru
- Portfolio + šance na uplatnění

Pro univerzity

- Propojení akademie s průmyslem
- Výzkumné příležitosti v oblasti R&D
- Viditelnost & partnerství

Pro firmy

- Pilotní projekty od nápadu k prototypu
- Testování nových materiálů & procesů
- Cirkulární ekonomika v praxi

Pro kraj & region

- Podpora lokálního ekosystému
- Vzorová iniciativa udržitelnosti
- Přenositelný model do dalších odvětví

Nejrychlejší změna nevzniká z velkých deklamací, ale z malých, dobře uchopených **pilotů**, které propojí materiál, partnera a konkrétní použití.



plastkø 26



Jitka Hvězdová



 plastenco
www.plastenco.cz

MODERNÍ POVRCHOVÉ ÚPRAVY PRO POLYMERNÍ SUBSTRÁTY

Mgr. Jan Kolařík, Ph.D.

HVM PLASMA, spol. s r.o., Na Hutmance 347/2, Jinonice, 15800 Praha 5, Česká republika

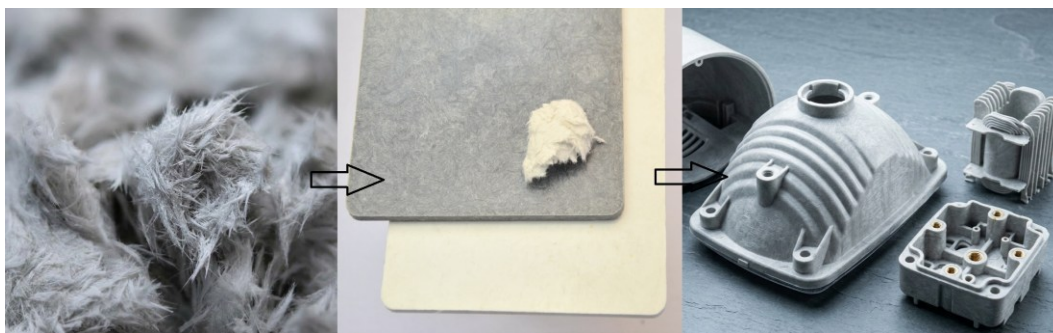
Korespondenční e-mail: jan.kolarik@hvm.cz

ÚVOD

Společnost **HVM PLASMA, spol. s r.o.** byla založena v roce 1992 v Praze. V současnosti vykonává svou činnost na třech specializovaných pobočkách v Praze, Brně a Olomouci. Mezi klíčové aktivity firmy patří: **Průmyslové povlakování a lakování, inženýring a konstrukce, výzkum a vývoj** včetně oblasti **polymerních materiálů**. Technologie povrchové úpravy je možné aplikovat na široké spektrum substrátů – od kovů a slitin přes keramiku a sklo až po polymery a kompozitní materiály. Tyto aplikace nacházejí uplatnění v automotive, elektrotechnice, obrábění i u dekorativních a funkčních povrchů.

VÝVOJ A VÝZKUM V OBLASTI POLYMERNÍCH KOMPOZITŮ

Část výzkumných aktivit tvoří vývoj a optimalizace termosetových kompozitů typu **BMC (Bulk Molding Compound)**. Díky vysoké specifické pevnosti, termické stabilitě, dielektrickým vlastnostem a chemické odolnosti jsou tyto materiály určeny pro náročné aplikace ve stavebnictví, elektrotechnice, medicíně či letectví. Hlavními směry našeho výzkumu jsou vývoj materiálů s definovanými vlastnostmi, řízení povrchové topografie a drsnosti, vývoj odlehčených konstrukcí a materiálů s vysokou tepelnou vodivostí. Součástí environmentální strategie firmy je také vývoj technologií pro zpracování odpadu, zejména procesem plazmového zplyňování syntetických materiálů. Tato technologie umožňuje transformaci plastů na syntetický plyn s vysokým obsahem vodíku a stabilizovanou skelnou struktu. Pro precizní charakterizaci vyvíjených materiálů využívá společnost vlastní moderně vybavenou analytickou laboratoř. Naše laboratoře se specializují na výzkum, vývoj a kontrolu kvality **tenkých vrstev, povlaků, polymerů a laků**. Díky špičkové technice provádíme komplexní hodnocení mechanických, optických i chemických vlastností materiálů. Mezi klíčové oblasti analýzy patří: **povrchové vlastnosti a tribologie, struktura a morfologie, chemická a prvková analýza, optické vlastnosti, materiálová diagnostika a specializované testování**.



Obr. 1. proces přípravy BMC kompozitu, testování a výroba produktů.

PLASTY, LAKY, LAKOVACÍ A POVLA KOVACÍ LINKA

Zajišťujeme špičkovou **povrchovou úpravu plastových dílů** (termoplastů i termosetů) na plně automatizované lince. Naše technologie kombinuje bezrozpuštědlové lakování a PVD/PACVD povlakování, čímž vytváříme moderní a ekologickou alternativu k tradičnímu galvanickému pokovování. Tato synergie procesů je ideální jak pro vysoce estetické dekorativní účely, tak pro náročné funkční vrstvy. Dle požadavků realizujeme procesy samostatně i v kombinaci. Technologické vybavení robotické linky:

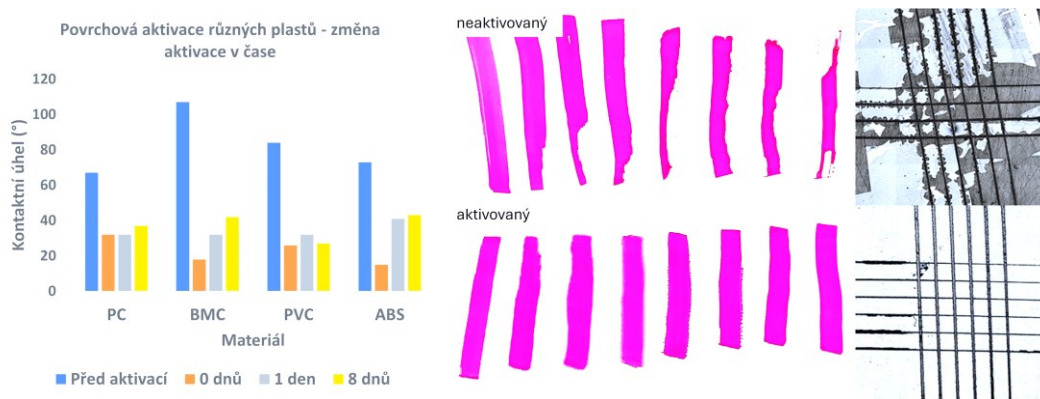
Čištění suchým ledem → Aktivace povrchu → Lakování → Vytvrzování → PVD povlakování
 Zpracováváme díly až do rozměru 1200 × 1500 mm (výška 230 mm) a širokou škálu materiálů včetně PC, ABS, PP, PET, PE, PMMA a PVC, ale také skla či keramiky.



Obr. 2. automatizovaná lakovací a povlakovací linka v Olomouci HVM PLASMA.

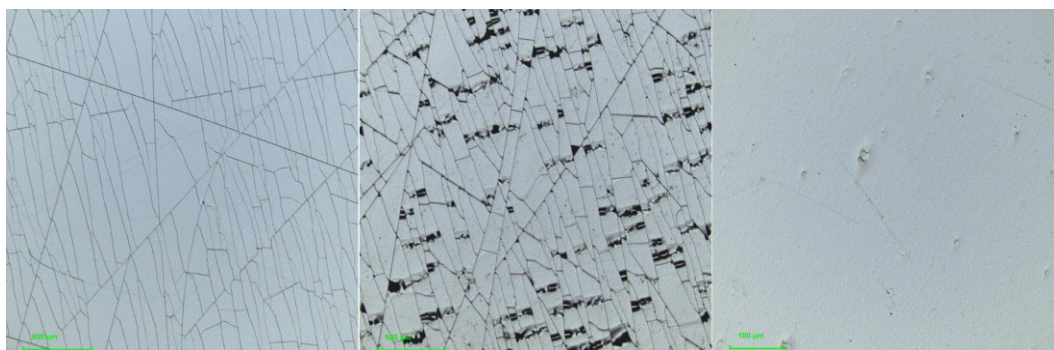
Technologie lakování a PVD povlakování polymerních substrátů s sebou přináší specifické technologické výzvy. Naším cílem je umožnit povrchovou úpravu co nejširšího spektra polymerů, což vyžaduje precizní optimalizaci adhezních sil UV laku či PVD vrstvy k povrchu materiálu. Klíčovým předpokladem pro vysokou přídržnost je optimální aktivace povrchu před samotným procesem. K tomuto účelu využíváme hlubokého UV záření generované výkonnými excimerovými zdroji. Tyto zdroje v kombinaci s vhodnou atmosférou vytvoří v tenké povrchové

vrstvě reaktivní chemické vazby. Na takto upravený povrch se nanáší vrstva laku o tloušťce 15-30 μm . Proces klade vysoké nároky na homogenitu vrstvy i pro komplikovaně prostorové díly a rychlost efektivního vytvrzení výkonnými LED UV zdroji.



Obr. 3. Vliv aktivace povrchu na smáčivost a adhezi vrstev.

Technologie magnetronového naprašování tenkých vrstev (PVD) představuje vysoce efektivní metodu depozice funkčních povrchů s definovanými fyzikálně-mechanickými vlastnostmi. V aplikacích zaměřených na povrchovou úpravu polymerních substrátů tvoří progresivní alternativu ke konvenčním galvanickým procesům. Technologie pracující ve vakuu při tepelném zatížení výrobků ovšem přináší specifické technologické výzvy. Procesní cyklus začíná nezbytnou aktivací povrchu substrátu, která je realizována prostřednictvím plazmového výboje ve vakuu. Následuje depozice funkční vrstvy (kovy, oxidy či nitridy) o tloušťce zpravidla nepřesahující 300 nm. Finální krok volitelně zahrnuje nanášení tenké krycí vrstvy (<math><100\text{ nm}</math>). Klíčovým aspektem těchto procesů je minimalizace tepelné zátěže polymerních substrátů; prevence přehřátí je kritická pro eliminaci vzniku mikrotrhlin, které negativně ovlivňují adhezi a celkovou životnost deponovaných vrstev.



Obr. 4. Vznik mikroprasklin pro PVD povlakování na polymerní substráty.

POKROČILÉ 3D TECHNOLOGIE SIEMENS PRO ADITIVNÍ TECHNOLOGIE

Jiří Samek

SinuCraft s.r.o., Semtín 105, 53002 Pardubice, Česká republika

Korespondenční e-mail: jiri.samek@sinucraft.com



SinuCraft
CNC BY ROBOT

Hybridní výroba s robotem

Co je důležité vědět

RICAIP Workshop 2026

Co řešíme <ul style="list-style-type: none">• 3D tisk pomocí robota• Robotické obrábění• Jak robot pracuje v praxi	Co si odnesete <ul style="list-style-type: none">• Kde má robot omezení• Jak je řešíme• Výhody řízení Siemens
---	--

Made with **GAMMA**

Kinematické charakteristiky 6osých sériových robotů

Co je důležité vědět

- **Blížkost krajních poloh:** v okolí singularit a limitních poloh klesá plynulost, mění se citlivost řízení a roste nárok na interpolaci i zpětnou vazbu
- **Různá tuhost:** dynamika soustavy se mění podle konfigurace os, takže robot je v některých polohách tužší a jinde poddajnější
- **Změny v chování:** síly v procesu, tření, zatížení nástrojem i teplotní drift ovlivňují přesnost, stabilitu dráhy a opakovatelnost

Prakticky

- Vhodný pro velký pracovní prostor
- Dobře zvládá složité tvary
- Vyžaduje pečlivé nastavení pro přesnou práci

Made with GAMMA

Klíčová omezení: co je důležité vědět

Tuhost a pružnost

- Robot není tak pevný jako obráběcí centrum.
- Při větší síle se může nepatrně ohýbat.
- Každý kloub je jinak pevný.

Poloha vs. vedení pohybu

- Robot umí opakovat stejný bod velmi dobře. 0.05 – 0.1mm
- Plynulá dráha ale může být méně přesná. 0.3 -0.8mm
- U citlivých procesů je důležitý **celý pohyb**, ne jen cílový bod.

Vůle a zpoždění

- V převodech může být malá vůle.
- Při změně směru vznikají drobné odchylky.
- Tyto chyby se hůř kompenzují bez přesnější zpětné vazby.

Teplo a vibrace

- Ohřev během provozu mění přesnost robota.
- Po delší práci se může trajektorie mírně posunout.
- Při vyšším zatížení se mohou objevit vibrace a chvění.

Dopad nástroje

Dlouhý nástroj zvětšuje i malé chyby robota. Na konci nástroje se pak odchylka projeví výrazněji.

Stabilita procesu

Nižší tuhost může způsobit rozkmitání nástroje nebo trysky. To zhoršuje kvalitu povrchu i přesnost výsledku.

Made with GAMMA

MABI: Přesný robot s přímým odměřováním

SinuCraft
CNC BY ROBOT

MABI je speciálně navržený robot pro přesné aplikace. Má integrované senzory přímo na kloubech, které měří skutečnou polohu bez chyb.


- Sekundární enkodéry: Měří skutečný pohyb každého kloubu nezávisle
- **CNC řízení SINUMERIK**: Robot se programuje a řídí jako CNC stroj
- Vysoká opakovatelnost **na dráze**: Dosahuje přesnosti $\pm 0,1$ mm a lepší
- Kompenzace vůlí: Systém automaticky vyrovnává vůle v převodech

Klíčové technologie:

Key technologies of the MABI precision robot


Challenges Robotic

- Non-rigid structure
- Complex kinematic chain
- Limited (absolute) accuracy



MABI Robot Core Technologies

- 1 Secondary encoder (gearbox output side)**
Higher rigidity and repeatability ($<0.02\text{mm}$)
- 2 CNC control SINUMERIK One**
Constant feed with high path accuracy
- 3 ISIOS absolute calibration (optional)***
High absolute accuracy bidirectional in the entire workspace (0.11mm mean)



- Přímé měření eliminuje chyby z vůlí a deformací
- Funguje s běžným CNC softwarem a programy
- Ideální pro hybridní výrobu a přesné obrábění
- Nevyžaduje externí měřicí systémy (laser tracker)

Made with **GAMMA**

SINUMERIK Direct Control: Řízení robotů na bázi CNC

SinuCraft
CNC BY ROBOT

Robot v prostředí, které CNC už běžně umí

SINUMERIK Direct Control přináší do robotiky funkce, které jsou v CNC světě naprostý standard. Výsledek je praktičtější provoz, méně ručního zásahu a stabilnější kvalita.

- **Koordinované řízení os RA1–RA6**: Všechny rotační osy ramene pracují synchronně v rámci jednoho kinematického modelu.
- **Lineární interpolace, kruhové pohyby a spline trajektorie**: Pohybové dráhy lze vést plynule podle požadované geometrie a kvality povrchu.
- **Řízení posuvu F a otáček S**: Parametry F (mm/min) a S (ot/min) se nastavují stejně přehledně jako u klasického CNC procesu.
- **Zpětná vazba ze senzorů**: Enkodéry, snímače sil a teplotní senzory poskytují průběžná data pro korekce a stabilizaci chování robota.

Praktické výhody v reálném čase

- **Feed Override**: Změna posuvu za chodu, bez zastavení a bez úpravy programu.
- **Spindle Override**: Okamžité doladění otáček podle kvality povrchu nebo vibrací.
- **Bez zásahu do kódu**: Obsluha reaguje na podmínky v reálném čase.
- **Stabilní kvalita**: Jemné doladění procesu bez složitých změn v programu.
- **Vyšší efektivita**: Méně prostojů a rychlejší reakce na změny materiálu i podmínek.
- Safety integrovaná v jednom systému pro celý stroj

Made with **GAMMA**

Kalibrace a optimalizace robota: ROCCO a ISIOS

CC ROCCO: Dynamická kompenzace (HOW)

CC ROCCO zlepšuje pohyb po dráze – jde o to, **JAK** se robot dostane do požadovaného bodu.

Funkce:

- Pose based torque feedforward: Udržuje robota blíže k příkazované dráze při vyšších rychlostech
- Pose based Nodding Compensation: Snižuje kmitání při změně směru pohybu
- Process force compensation: Kompenzace procesních sil během obrábění nebo manipulace
- Pose based acceleration and jerk limits: Robot se pohybuje rychleji v 'snadných' polohách a pomaleji v 'těžkých' polohách

Výsledek: Plynulejší trajektorie, stabilnější pohyb, lepší kvalita povrchu.

Praktické dopady:

CC ROCCO: Dynamická kompenzace → lepší kvalita dráhy, vyšší rychlosti bez ztráty stability

ISIOS: Statická kompenzace → vyšší přesnost v klidu, lepší opakovatelnost

Kombinace: Plynulá dráha (ROCCO) + přesná poloha (ISIOS) = optimální výroba

Made with **GAMMA**

ISIOS: Statická kompenzace (WHERE)

ISIOS zlepšuje statickou přesnost – jde o to, **KDE** se robot zastaví v požadovaném bodě.

Funkce:

- Minimalizuje statickou chybu polohy robota, když je zastaven v požadovaném bodě
- TCP position gravity compensation: Kompenzace gravitačního vlivu na koncový bod nástroje
- Integration of parameters based on mounting scenarios: Integruje parametry podle způsobu montáže (kolejnice, otočné stoly atd.)

Výsledek: Vyšší přesnost v klidu, lepší opakovatelnost, stabilní poloha bez driftu.

NC osy v SINUMERIK: Řízení všech pohybů

Sinucraft
CNC BY ROBOT

Všechny osy jako NC osy

- V SINUMERIK Direct Control jsou rotační osy ramene **RA1, RA2, RA3, RA4, RA5 a RA6** řízeny jako standardní NC osy.
- Každá osa používá stejné principy jako CNC stroj: přesné polohování, definovaný **posuv F (mm/min)**, řízení **rychlosti pohybu** a přesnou interpolaci.
- Systém podporuje **lineární interpolaci, kruhové pohyby** i **spline trajektorie** pro hladký a přesný průběh dráhy.
- Řízení probíhá se **zpětnou vazbou** z enkodérů a s průběžnou **kompenzací** odchylek v reálném čase.

Rozšíření o další NC osy

- **Lineární osy:** Lze přidat vnější lineární osy (kolejnice, posuvný stůl) jako další NC osy pro lepší pozici robota během obrábění
- **Zvýšení tuhosti:** Vnější osy umožňují pracovat v stabilnějších polohách, což zvyšuje přesnost a kvalitu
- **Servo extruder:** Tryska 3D tisku je řízena jako NC osa – přesné řízení průtoku materiálu
- **Další periférie:** Otáčky vřetene, výkon laseru, tlak – všechno lze řídit jako NC osy
- **Synchronizace:** Všechny osy pracují koordinovaně v jednom programu bez dodatečné logiky

Výhoda pro operátory: Znamé CNC prostředí

- CNC řízení je pro většinu operátorů ve výrobě přirozené prostředí. Znají G-code, znají ovládání, znají postupy.
- Robotické panely jsou naopak u každého výrobce zcela jiné. Panely od ABB, KUKA, Fanuc – všechny mají jiné menu, jiné funkce, jiné logiky.
- Učení se novému robotickému panelu trvá dlouhou dobu. Operátor musí znovu začínat, i když má 20 let zkušeností s CNC.
- S SINUMERIK Direct Control se operátor vrací do známého prostředí. Nemusí se učit nový systém, nemusí si pamatovat jiné příkazy.
- Výsledek: Rychlejší nasazení, méně chyb, vyšší produktivita. Zkušený CNC operátor je hned produktivní i s robotem.

Made with **GAMMA**

Editace G-code přímo u stroje: Bez návratu do CAM software

Tradiční přístup (pomalý)

Problém: Když chcete změnit posuv, otáčky nebo trajektorii, musíte:

- Vrátit se do CAM software
- Upravit program
- Znovu vygenerovat G code
- Nahrát do stroje
- Testovat znovu

To trvá dlouho a blokuje výrobu

Praktické příklady:

- Posuv je příliš vysoký → zpomalíte přímo u panelu
- Nástroj se chvěje → upravíte otáčky za chodu
- Bez čekání na CAM, bez nových souborů, bez složitých procesů

Výhody:

- Méně prostojů
- Rychlejší optimalizace
- Obsluha má kontrolu bez závislosti na CAM specialistech

Nový přístup s SINUMERIK (rychlý)

- Editace přímo u stroje: Operátor může upravit G-code přímo v operatorském panelu
- Bez CAM software: Není potřeba vracet se do počítače
- Okamžité testování: Změny se hned vidí a testují
- Rychlé iterace: Během minut se optimalizuje proces místo hodin
- Jednoduché úpravy: Změna posuvu, otáček, kompenzací – vše bez programátora



Děkuji za pozornost

Jiří Samek, CEO
Mob: +420 733 133 220
Sinucraft s.r.o.

Made with **GAMMA**

MATERIÁL POD KONTROLOU: ZÁKLAD ÚSPĚCHU VE VSTŘIKOVÁNÍ PLASTŮ

Pavel Faltejsek

PMES Technologies s.r.o., Sokolnická 278, 66451 Kobylnice

Korespondenční e-mail: faltejsek.pavel@gmail.com





Kvalitní káva lahodná chuť a aroma

- Kvalitní surovina
- Profesionální zařízení
- Dodržení postupů při přípravě
- pražení kávy (teplota, čas, chlazení)
- uskladnění (vakuově uzavřít, chránit proti vlhkosti)
- mletí (nastavení hrubosti)
- extrakce kávy (množství, teplota, čas, tlak)
- kvalita vody (filtrovaná, změkčená)

Matsui : Material Handling Key of Success



Pravé espresso:

- ✦ 7-20-95-9-25
- ✦ 7 – množství kávy
- ✦ 20 – temper tlak 20 kg
- ✦ 95 – stupňů teplota vody
- ✦ 9 – tlak vody v barech
- ✦ 25 – sekund extrakce (až 30)

Výsledek - prvotřídní, kvalitní, lahodný a zdravotně nezávadný šálek kávy.



Vstřikování plastů



CÍL

- vytvořit co nejlepší produkt
- v tom nejlepším možném čase
- za co nejnižší cenu



PROBLÉMY

- zaměření se na parametry lisů a forem na úkor nakládání s materiálem
- nedostatek znalostí a zájem o periferie



GLOBÁLNÍ POHLED

- je třeba myslet na „nakládání s materiály“ z globálního pohledu
- přeprava + recyklace + sušení + dávkování/míchání

Matsui : Material Handling Key of Success

Nakládání s materiálem

- Dávkování a míchání
- Sušení
- Doprava materiálu
- Recyklace
- Centrální systémy
- Lokální řešení
- Porovnání centrálního systému a lokálních nasavačů vzhledem ke kvalitě materiálu

Matsui : Material Handling Key of Success



Dávkování a míchání

Přesnost poměru materiálu (MB / recyklát / aditiva / virgin) podle reologické studie

1. **Rovnováha mezi viskozitou a tekutostí**
(Nedotečení / Přetečení / Propadliny (Void))
2. **Technické vlastnosti dílu**
(Praskliny/ Delaminace / Křehkost)
3. **Barevné vady**
(Skvrnitost / Stříbření)

Matsui : Material Handling Key of Success



Sušení

Znamé problémy

- Hydrolýza: křehkost / praskliny
- Vzhled : mléčnění / bubliny

Sušička: jediné zařízení ovlivňující plyn (neznámý obsah přísad) a vlhkost

- Problémy způsobené plynem (diesel effect / ucpání trysek / nedotečení - short shot / bubliny / usazeniny
- Přesušení – zvyšuje možnost nedotečení short shot / bubliny

Vakuové sušení / Sušička na dusík je alternativa (rychlost / nízká teplota → ideální pro citlivé materiály)

Matsui : Material Handling Key of Success



Recyklace

Vysokorychlostní ≠ Pomaluběžné

- Rychlost vs Kroutící moment
- Lopatky vs Rotační nože
- Síto vs Zuby
- Měkké vs Tvrdé

Problémy

- Prach / Jemné částice / Dlouhé části
- Statická elektřina
- Degradace materiálu (molekulární struktura)
- Příměsi

Uzavřená smyčka

Matsui : Material Handling Key of Success



Doprava materiálů

Jediný okamžik, kdy můžeme kontrolovat a eliminovat kontaminaci

- Prach / Jemné částice (cyklon / filtr)
- Kovové příměsi (magnet)
- Statická elektřina
- Absorpce vlhkosti
- Hadice odolné otěru
- Skladování → první místo možné kontaminace

Matsui : Material Handling Key of Success



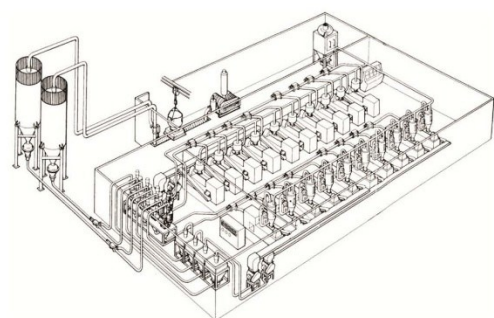
Centrální systém / lokální

Centrální systém

Výhody:

- Zvýšení efektivity a úspora práce
- Čistota a bezpečnost na pracovišti
- **Úspora energie a nákladů!**
- **Správa materiálu a kontrola kvality!**
- **Zrůta kontroly**

Matsui : Material Handling Key of Success



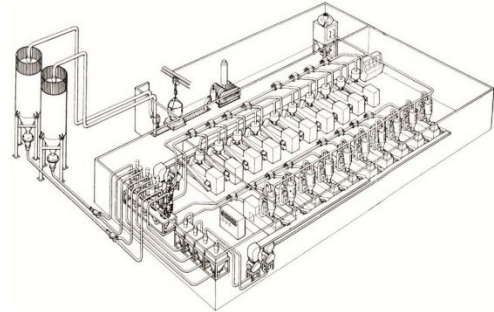
Centrální systém / lokální

Centrální systém

Nevýhody:

- Vysoké investiční náklady (CAPEX)
- Riziko jediného bodu selhání (Single Point of Failure)
- Náročnější čištění při změně materiálu
- Opořebení abrazivními materiály
- Nižší flexibilita při stěhování strojů

Matsui : Material Handling Key of Success



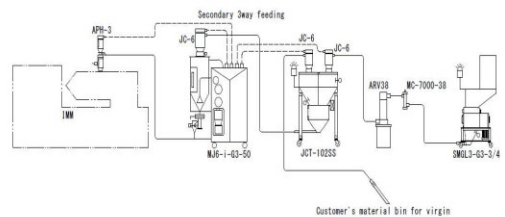
Centrální systém / lokální

Lokální řešení

Výhody:

- Extrémní flexibilita a mobilita
- Eliminace "totálního výpadku" (Redundance)
- Ideální pro časté změny materiálů a barev
- Nižší počáteční investice (CAPEX)
- Lepší manipulace s abrazivními a speciálními materiály

Matsui : Material Handling Key of Success

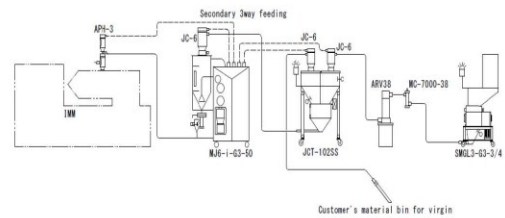


Centrální systém / lokální

Lokální řešení

Nevýhody:

- Hlučnost a tepelná zátěž
- **Prašnost?**
- Nároky na údržbu
- Materiál v uličkách
- **Vyšší spotřeba energie?**



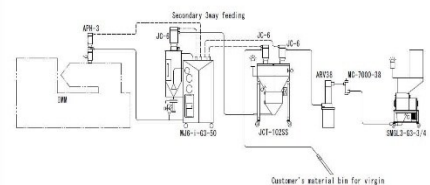
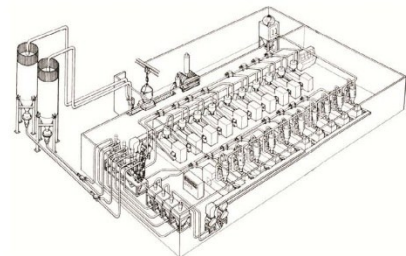
Matsui : Material Handling Key of Success

Centrální systém / lokální

Shrnutí

Situace	Lokální nasavače	Centrální systém
Velikost lisovny	Malá až střední (do 10 strojů)	Velká (nad 10–15 strojů)
Typ výroby	Časté změny barev, malé série	Dlouhé série, jeden typ materiálu
Materiály	Abrazivní, citlivé na ořez, Hydrokopické (PA, PEEK, PC..)	Standardní granuláty (PP, PE, ABS)
Závislost	Stroje jsou na sobě nezávislé	Výpadek centrály zastaví vše
Údržba	Jednoduchá, zvládne seřizovač	Vyžaduje odborný servis

Matsui : Material Handling Key of Success



V případě dalších dotazů jsme vám k dispozici.

MÁME PRO VÁS ŘEŠENÍ.

Děkujeme za pozornost.

Přejeme vám hezký zbytek dne.



Pavel Faltejsek
Stanislav Odehnal

PODPORA FIREMNÍHO SEKTORU

Lukáš Trčka

Technologické inovační centrum s.r.o., Vavrečkova 5262, 76001 Zlín, Česká republika

Korespondenční e-mail: trcka@ticzlin.cz

ABSTRAKT

Cílem příspěvku je představit programy podpory Technologického inovačního centra, které jsou aktuálně dostupné v území Zlínského kraje pro cílové skupiny inovačních podniků a dalších stakeholderů.

Služby jsou rozděleny do tří sekcí: TALENT (např. programy talent managementu a kariérového poradenství), INOVACE (např. sdílené expertizy na procesy, automatizaci nebo průmyslový a produktový design) a REGION (např. datová analytika pro efektivní rozhodování o lokalizaci inovačních projektů v odvětvových doménách specializace Regionální inovační strategie Zlínského kraje).

Nový program TECHINN nabízí od roku 2026 zápůjčky kolaborativních robotů pro zkušební provoz automatizace v malých a středních podnicích. Součástí prezentace je v neposlední řadě i výhled činnosti v letech 2027 a 2029.

DOPADY NOVÉ OBALOVÉ LEGISLATIVY NA EPR SYSTÉMY A SPOTŘEBITELSKÉ CHOVÁNÍ

David Lukáč

EKO-KOM, a.s., Na Pankráci 1685/17, 140 21 Praha 4, Česká republika

Korespondenční e-mail: David.Lukac@ekokom.cz



Evropská Směrnice o obalech a obalových odpadech (Packaging & Packaging Waste Directive, PPWD)



Evropské Nařízení o obalech a obalových odpadech (Packaging & Packaging Waste Regulation, PPWR)

- vešlo v platnost 12.2.2025,
- účinnosti nabyde 12.8.2026
- obsahuje velké množství zcela nových povinností pro výrobce i dovozce obalů
- nové povinnosti dopadnou také na uživatele obalů i subjekty nakládající s odpady z obalů
- česká legislativa se musí přizpůsobit => revize zákona o obalech a souvisejících předpisů očekávána v průběhu 2026

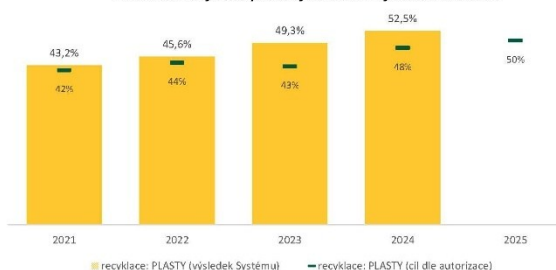
[Eur-lex](#)

ekokom.cz



- předepsány cíle pro recyklaci obalových materiálů pro rok 2025 a 2030
 - plasty: 50 % (2025) → 55 % (2030)
- recyklace ve velkém měřítku
 - od roku 2035
 - každá z kategorií musí splnit recyklaci 55 %, aby nebyla penalizována v možnostech uvádění na trh
 - splnění cíle recyklace je vyhodnocováno za celou EU dohromady
- reportovat recyklaci bude pravděpodobně nutné dvěma různými způsoby podle dvou různých principů
- každý členský stát má povinně do 1.1.2029 stanovit vlastní cíle pro míru tříděného sběru obalů

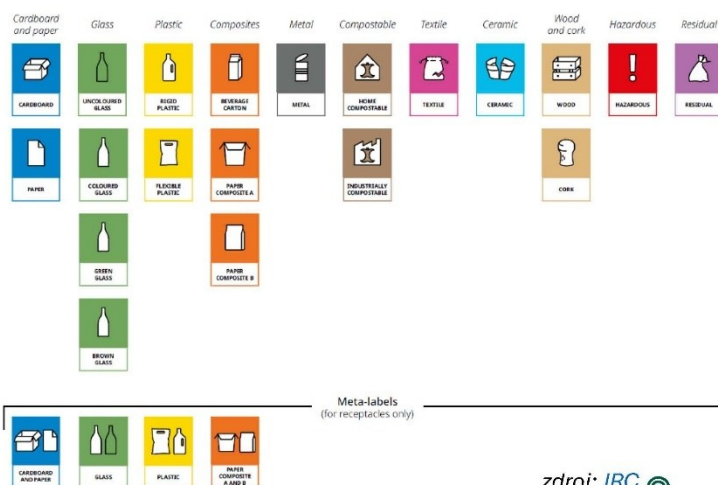
Plnění cílů recyklace plastových obalů v Systému EKO-KOM



Materials	Categories	Link to Table 1, Annex II
Plastic	PET rigid	categories 7, 8
	PE rigid, PP rigid, HDPE and PP rigid	categories 10, 12, 14
	Films/flexible	categories 9, 11, 13, 18
	PS, XPS, EPS	categories 15, 16
	Other rigid plastics	category 17
	Biodegradable (rigid and flexible)	category 19
Paper/cardboard	Paper/cardboard (except liquid packaging board)	categories 2, 3
	Liquid packaging board	category 3
Metal	Aluminium	categories 5, 6
	Steel	category 4
Glass	Glass	category 1
Wood	Wood, cork	category 20
Others	Textile, ceramics/porcelain and others	categories 21, 22

- všechny obaly uváděné na trh budou muset být povinně označené řadou údajů
- jeden z povinných údajů je piktogram značící materiál daného obalu
- stejně piktogramy budou muset být umístěné na všech sběrných prostředcích na odpady z obalů
- omezeno využití marketingových výroků
- vlastnostmi obalu je možné se chlubit, pouze pokud přesahují stanovené minimální požadavky
 - např. obsah recyklátu je možné propagovat, pouze pokud přesahuje minimální požadovaný podíl

Figure ES 1. Final label proposal (colour and text)



zdroj: JRC

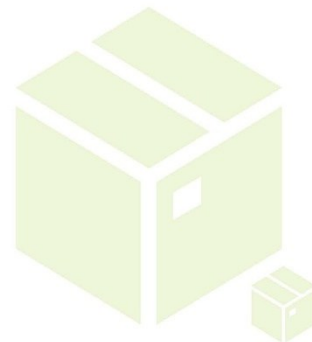
- každý členský stát musí snížit množství obalových odpadů (≈ obalů uvedených na trh) **na obyvatele oproti produkci v roce 2018**
 - o 5 % do roku 2030
 - o 10 % do roku 2035
 - o 15 % do roku 2040

Snížení o 5 % oproti roku 2018 představuje snížení o cca 12 % oproti roku 2025.

- obaly bude nutné odlehčit, případně přejít na lehčí materiály
- některé zbytné obaly nemají být používány
- navýšení využívání opakovaně plnitelných obalů
- výslovně uváděné požadavky, aby státy měly systémy podpory nabídky kohoutkové vody v HOREKA



- výrobci/dovozci obalů zajistí, že obaly nejsou nadměrně velké
- v technické dokumentaci musí být zdůvodněno, proč obal není menší, než je
- výslovně zakázáno je používání dvojitých stěn, falešného dna nebo jiných způsobů, které vytváří dojem, že výrobek je větší než ve skutečnosti



- řada dílčích povinností v oblasti používání opětovně použitelných obalů
- přepravní obaly: 40 % z obalů od r. 2030 (výjimka: strečové fólie)
- skupinové obaly: 10 % z obalů od r. 2030
- nápoje: 10 % z výrobků od r. 2030
- od r. 2040 se cíle zvyšují (ale subjekty se „mají vynasnažit“, aby je plnily)
- přesný způsob výpočtu plnění cílů bude teprve upřesněn prováděcím aktem



- každý obal, který je uváděn na trh, musí být recyklovatelný
- jsou hotové/v přípravě normy pod CEN/CENELEC, které stanoví, jak má být recyklovatelnost hodnocena
- normy se ale musí promítnout do evropské legislativy a jejich systém hodnocení musí být převeden na procentuální výsledek
- obaly, které nedosáhnou požadované míry recyklovatelnosti, nesmí být uváděné na trh
- od r. 2035 další hodnotící kritérium: recyklovatelnost ve velkém měřítku
 - recyklace dané skupiny obalů musí být celé EU minimálně 55 % (30 % u dřeva)



2030		2035			2038		
Třída recyklovatelnosti	Design pro recyklaci Posouzení recyklovatelnosti jednotky z hlediska hmotnosti	Třída recyklovatelnosti (s ohledem na design pro recyklaci)	Design pro recyklaci Posouzení recyklovatelnosti jednotky z hlediska hmotnosti	Třída recyklovatelnosti (s ohledem na posouzení recyklovatelnosti ve velkém měřítku)	Třída recyklovatelnosti	Design pro recyklaci Posouzení recyklovatelnosti jednotky z hlediska hmotnosti	Třída recyklovatelnosti (s ohledem na posouzení recyklovatelnosti ve velkém měřítku)
Třída A	95 % nebo více	Třída A	95 % nebo více	Třída A recyklace ve velkém měřítku	Třída A	95 % nebo více	Třída A recyklace ve velkém měřítku
Třída B	80 % nebo více	Třída B	80 % nebo více	Třída B recyklace ve velkém měřítku	Třída B	80 % nebo více	Třída B recyklace ve velkém měřítku
Třída C	70 % nebo více	Třída C	70 % nebo více	Třída C recyklace ve velkém měřítku	Třída C NELZE UVÉST NA TRH	70 % nebo více	Třída C recyklace ve velkém měřítku
TECHNICKY NERECYKLOVATELNÉ	méně než 70 %	TECHNICKY NERECYKLOVATELNÉ	méně než 70 %	NERECYKLOVÁNO VE VELKÉM MĚŘÍTKU (pod prahovými hodnotami podle čl. 3 odst. 1 bodu 39).	TECHNICKY NERECYKLOVATELNÉ	méně než 70 %	NERECYKLOVÁNO VE VELKÉM MĚŘÍTKU (pod prahovými hodnotami podle čl. 3 odst. 1 bodu 39).

- řada dílčích povinností ohledně obsahu post-consumer recyklátu v plastových obalech

- první cíle od r. 2030:

- contact-sensitive PET: 30 %
- contact-sensitive ostatní: 10 %
- jednorázové nápojové lahve: 30 %
- ostatní plastové obaly: 35 %

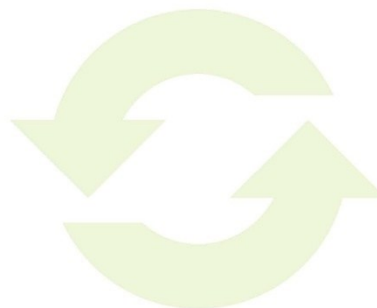
post-consumer = post-market

Nejedná se o obaly/výrobky, které byly určeny koncovým spotřebitelům (tj. prodejní obaly). Vyjadřuje se tím, že se nesmí jednat o recyklát z výrobních odpadů, tedy odpadů z výrobků, které nikdy nebyly uvedené na trh.

- navýšení cílů od r. 2040
- cíl je sledován na úrovni výrobního závodu
- precedent nastavuje SUPD (obsah recyklátu v nápojových lahvích)
- výpočet obsahu recyklátu a jeho prokázání předmětem dlouhých jednání – zejména v případě chemické recyklace
- Komise je oprávněna cíle revidovat, pokud se ukáže, že nejsou splnitelné



- do 1.1.2029 přijmou všechny členské státy opatření, aby zajistily každoročně 90% míru tříděného sběru plastových nápojových lahví a kovových nádob na nápoje (plechovek)
- všechny členské státy musí pro plnění těchto cílů zavést povinně zálohovaný sběr
- členskými státy může být udělena **výjimka** z povinnosti zavedení záloh, pokud
 - v roce 2026 dosáhnou míry tříděného sběru daného obalového formátu 80 %
 - předloží Komisi žádost o výjimku společně s plánem, jak dosáhnou 90% míry tříděného sběru do r. 2029



Děkuji za pozornost.

Ing. David Lukáč

ředitel odd. rozvoje systému

lukac@ekokom.cz

POSTERY

PP AND PB-1 BLENDS WITH/WITHOUT NUCLEATING AGENT

Jana Navrátilová^{1,*}, Daniela Rumpová¹, Lenka Gajzlerová¹, Tereza Mlýnková¹, Martina Polášková^{1,2}

¹ Department of Polymer Engineering, Faculty of Technology, Tomas Bata University in Zlín, Vavrečkova 5669, 760 01 Zlín, Czech Republic

² The Centre of Polymer Systems, Tomas Bata University in Zlín, třída Tomáše Bati 5678, 760 01 Zlín, Czech Republic

* Corresponding e-mail: j1navratilova@utb.cz

ABSTRACT

This work deals with the influence of the amount of polybut-1-ene (PB-1) added to polypropylene (PP) on the crystallization, mechanical, processing and optical properties of the blends. Furthermore, the effect of a sorbitol-based nucleating agent, commonly used for PP, is investigated. Polymer blending represents one of the simplest, most economical, and most effective methods for obtaining a product with the desired complex properties. In addition, both the final properties and the crystallization process can be easily controlled using nucleating agents. The combination of these two approaches provides a wide range of possibilities for controlling both the entire manufacturing process and the final properties.

Here, a total of twelve blends (with and without nucleating agent) including pure polymers, were examined. The composition was selected so that PB-1 was present as the minor component, specifically: 5, 10, 20, and 40 wt.%. The nucleating agent used was commercial clarifying agent Millad 3988 (1,2,3,4-bis(3,4-dimethylbenzylidene sorbitol) commonly applied in PP in concentration of 0.2 wt. % [1]. The prepared blends were characterized using differential scanning calorimetry and wide-angle X-ray diffraction, flow properties via a capillary rheometer, optical properties using a spectrophotometer, and mechanical testing by tensile and impact tests. It was found that the crystallization behaviour of PB-1 is strongly influenced by the blend composition, which also significantly affects the mechanical properties. The effect of the added nucleating agent has an impact mainly on the optical properties of all samples and the impact strength of pure PB-1. In contrast to PP, it does not act as a clarifying agent in PB-1, but rather exhibits the opposite effect. The nucleating agent intended for PP also plays a significant role in the crystallization of PB-1 and noticeably affects the transformation process from form II to form I [2]. The addition of

PB-1 to PP reduced viscosity, thus, PB-1 apparently acts as an internal lubricant in PP improving its flow properties and thus its processability.

REFERENCES

- [1] HORVATH, Z., GYARMATI, B., MENYHARD, A., DOSHEV, P., GAHLEITNER, M., VARGA, J., PUKANSZKY, B. The Role of Solubility and Critical Temperatures for the Efficiency of Sorbitol Clarifiers in Polypropylene. *RSC Advances*, 2014, vol.4, no. 38, pp. 19737–19745.
- [2] NAVRATILOVA, J., GAJZLEROVA, L., CERMAK, R., POLASKOVA, M. Fast-Track Crystallization of PB-1 with Sorbitol-Based Nucleating Agent. *ACS Omega*, 2025, vol. 10, no. 42, pp. 50521–50529.

ENHANCING THE UV STABILITY OF LINEAR POLYPROPYLENE THROUGH THE INCORPORATION OF LONG-CHAIN BRANCHED POLYPROPYLENE

Tereza Mlýnková^{1*}, Vendula Machů¹, Lenka Gajzlerová¹, Jana Navrátilová¹

¹Department of Polymer Engineering, Faculty of Technology, Tomas Bata University in Zlin,
Vavrečkova 5669, 760 01 Zlín

* Corresponding e-mail: t1_mlynkova@utb.cz

ABSTRACT

This study deals with the photodegradation of linear and long-chain branched polypropylene (L-PP and LCB-PP, respectively) and their blends of various compositions. Both commercial materials contain only a standard blend of phenol-phosphite heat stabilizers (differing only slightly in type and concentration) and no UV stabilizers. The main objective of this study was to observe how the UV degradation process changes with different blend compositions; in other words, how the ratio of branched to linear structures affects the extent of degradation. In the polymer processing industry, LCB-PP is used because of its higher melt strength compared to L-PP, and also for its enhanced melt stability during complex processing techniques, e.g., foaming, blow molding, or coating. However, adding LCB-PP to L-PP can also serve to accelerate crystallization and modify the morphology, which has a significant impact on the UV degradation process.

In this work, blends of L-PP with 1, 5, and 10 wt.% of LCB-PP were prepared via film extrusion. The samples were then exposed to accelerated UV aging for 0 to 444 hours in a Xenotest. Subsequently, the properties of pristine and UV-degraded samples were investigated by Fourier-transform infrared spectroscopy (FTIR), differential scanning calorimetry (DSC), wide-angle X-ray diffraction (WAXD), and colorimetry.

LCB-PP exhibited superior photo-oxidative stability compared to L-PP, as evidenced by a lower carbonyl index (CI). This difference could be attributed to the distinct morphology of the polymers. The CI values at the beginning of degradation were lower for the blends in comparison with the pure polymers, which indicates that blending may enhance degradation resistance in the early stages of degradation. The results of colorimetry correlate with these findings; L-PP exhibited the highest haze value and LCB-PP the lowest. This trend is caused by the morphology of the polymers; L-PP has larger spherulites than LCB-PP, resulting in intensified light scattering and consequently higher haze values. During degradation, the haze of the samples showed an increasing trend due to an increase in crystallinity and the development of surface microcracks in the later stages of degradation. No significant change in morphology was observed during UV exposure, but the crystallinity of the

samples slightly increased, which can be attributed to chemi-crystallization. According to the DSC study, the most significant decrease in melting temperature (approximately 15 °C) after degradation was exhibited by L-PP, suggesting the potential occurrence of chain scission. The addition of LCB-PP resulted in a significant increase in crystallization temperature as this polymer shows a self-nucleating effect. During degradation, a substantial decline in the crystallization temperature of LCB-PP and its blends was observed. This phenomenon suggests that after prolonged UV exposure the polymer undergoes a loss of its self-nucleation capacity.

In conclusion, the incorporation of LCB-PP into linear PP matrices significantly enhances UV stability. While L-PP suffers from substantial chain scission and surface cracking, the LCB-PP/L-PP blends maintain superior structural integrity. Furthermore, although the self-nucleation effect of LCB-PP diminishes with prolonged exposure, the overall degradation resistance remains improved compared to neat L-PP.

ACKNOWLEDGEMENT

This work was supported by the Internal Grant Agency under Grant No. IGA/FT/2026/004.

ENHANCING THE UV STABILITY OF LINEAR POLYPROPYLENE THROUGH THE INCORPORATION OF LONG-CHAIN BRANCHED POLYPROPYLENE

T. Mlynkova, V. Machu, L. Gajzlerova, J. Navratilova

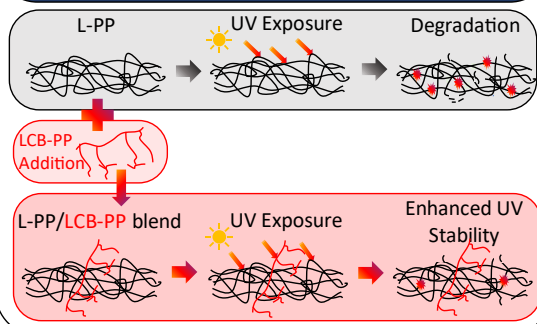
Tomas Bata University in Zlín
Faculty of Technology

t1_mlynkova@utb.cz



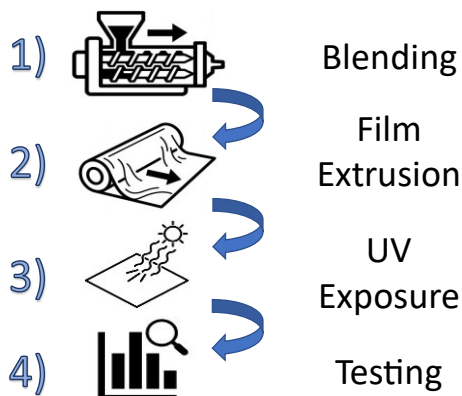
DEPARTMENT
OF POLYMER ENGINEERING

MOTIVATION



EXPERIMENTAL

Materials: linear polypropylene (L-PP)
Borclean HC310BF; long-chain branched polypropylene (LCB-PP) **Deploy WB140HMS**
Blends: L-PP with 1, 5, and 10 wt.% of LCB-PP (BL1, BL5, and BL10)



CONCLUSION

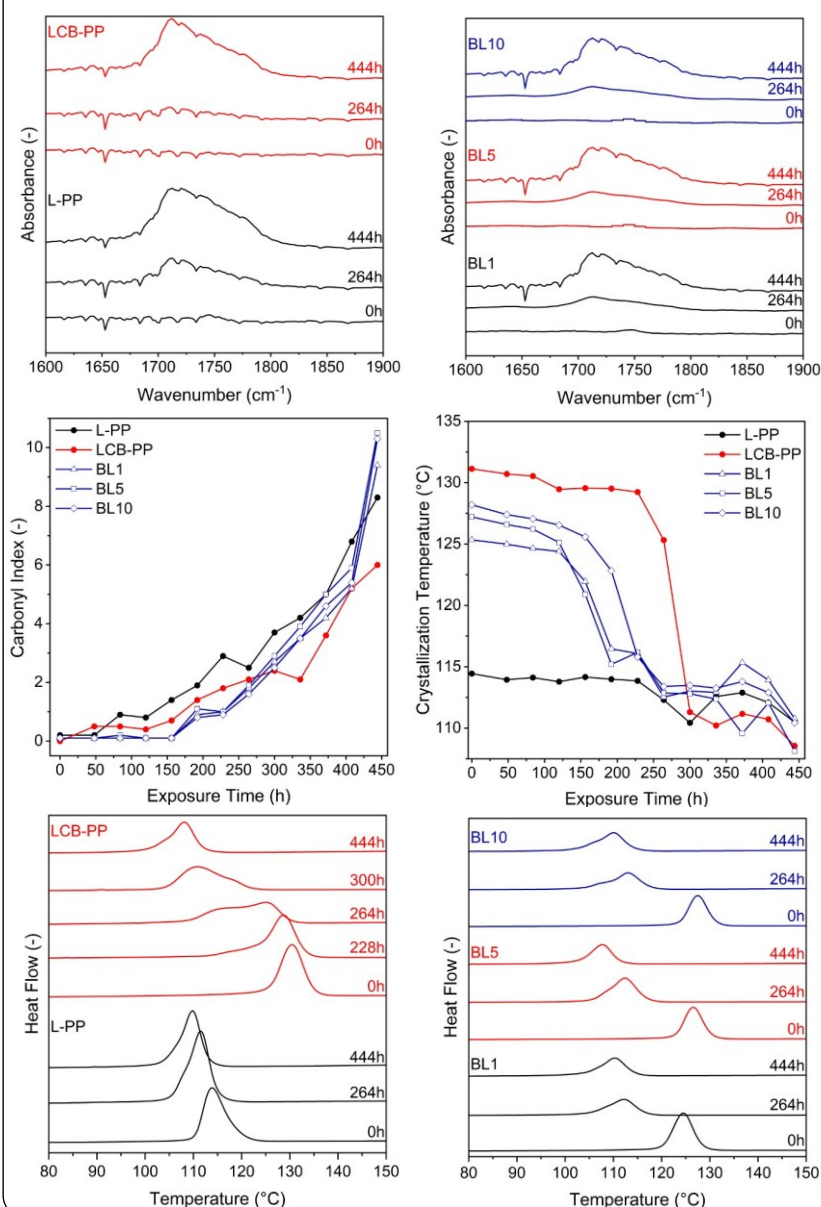
- **Enhanced UV Stability:** Adding LCB-PP to L-PP matrix significantly improves photo-oxidative resistance and lowers the carbonyl index.
- **Morphology & Haze:** LCB-PP creates a finer spherulitic structure, resulting in lower haze and reduced surface microcracking.
- **Structural Integrity:** Blends maintain better integrity and higher melting stability than neat L-PP throughout the aging process.

ACKNOWLEDGEMENT

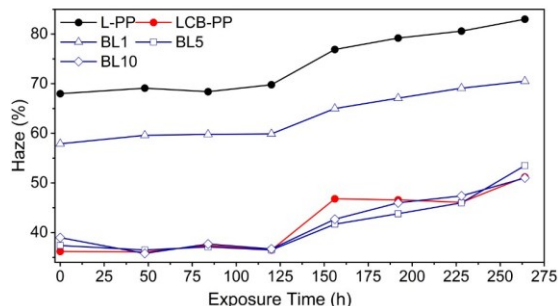
This work was supported by Internal Grant Agency under Grant No. IGA/FT/2026/004

RESULTS

FTIR & DSC



OPTICAL PROPERTIES



POKROČILÉ STRATEGIE CHEMICKÉ VALORIZACE BIOPOLYMERŮ

Eva Dominová Bergerová^{1*}, Monika Strašáková¹, Klaudia Chmelová¹, Dagmar Foldynová¹,
Vladimír Sedlařík¹

¹ Centrum polymerních systémů, Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, třída T. Bati
5678, 760 01 Zlín, Česká republika

* Korespondenční e-mail: domincova_bergerova@utb.cz

ABSTRAKT

Naše studie se zaměřuje na vývoj pokročilých strategií chemické valorizace biopolymerů, které představují moderní a environmentálně šetrnou alternativu ke konvenčním metodám recyklace, s důrazem na přeměnu polymerního odpadu na produkty s vyšší přidanou hodnotou. V kontextu rostoucí potřeby udržitelných materiálových toků a cirkulární ekonomiky je efektivní zpracování biopolymerů klíčovou výzvou současného výzkumu.

Pozornost je věnována polymerům PHB a PBS, jejichž efektivní a řízený rozklad je stále technologicky náročný. Testované přístupy zahrnují solvolýzu za environmentálně příznivých podmínek s využitím různých katalyzátorů a rozpouštědlových systémů, enzymatickou degradaci inspirovanou trávicími procesy a mikrovlnně asistovaný rozklad, který umožňuje zkrácení reakčních časů a zvýšení účinnosti procesu.

Získané produkty byly detailně charakterizovány chromatografickými (GC, HPLC), spektroskopickými (FTIR) a termoanalytickými (TGA, DSC) metodami, což umožnilo komplexní posouzení efektivity degračních procesů i potenciálu dalšího využití vzniklých produktů.

Výsledky ukazují, že navržené strategie představují perspektivní cestu k efektivnímu a udržitelnému využití biopolymerních odpadů, podporují principy cirkulární ekonomiky a otevírají nové možnosti pro jejich průmyslové uplatnění.

PODĚKOVÁNÍ

Tato práce byla podpořena **Ministerstvem životního prostředí České republiky** prostřednictvím **Evropského fondu pro spravedlivou transformaci** v rámci **Operačního programu Spravedlivá transformace**, projekt **CirkArena**

(CZ.10.03.01/00/22_003/0000045) a Ministerstvem školství, mládeže a tělovýchovy České republiky, projekt DKRVO (RP/CPS/2024-28/002) a v rámci Operačního programu OP JAK „Rozvoj aplikačního potenciálu v oblasti polymerních materiálů v kontextu udržování oběhového hospodářství (POCEK)“, č. CZ.02.01.01/00/23_021/0009004.

STUDIUM VLIVU OPAKOVANÉHO ZPRACOVÁNÍ TERMOPLASTICKÉHO POLYURETANU NA VZNIK DEGRADAČNÍCH PRODUKTŮ

Andrea Poláchová^{1*}, Jaroslav Císař¹, Martin Novák¹, Milan Masař¹, Vladimír Sedlařík¹

¹ Centrum polymerních systémů, Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, třída T. Bati
5678, 760 01 Zlín, Česká republika

* Korespondenční e-mail: apolachova@utb.cz

ABSTRAKT

Opakované zpracování polymerních materiálů představuje významný faktor ovlivňující jejich dlouhodobou stabilitu a možnosti recyklace. V této práci je pozornost věnována termoplastickému polyuretanu (TPU) a změnám jeho vlastností v důsledku opakovaného mechanického přepracování, se zaměřením na vznik nízkomolekulárních látek a těkavých organických sloučenin (VOC).

Experimentální část zahrnovala přípravu vzorků vystavených jednomu a dvěma cyklům zpracování. Pro komplexní charakterizaci materiálu byla využita kombinace analytických metod, včetně gelové permeační chromatografie (GPC), diferenční skenovací kalorimetrie (DSC), pyrolýzní plynové chromatografie s hmotnostní spektrometrií (Py-GC-MS), rentgenové difrakční analýzy (XRD), reologických měření, migračních testů a mikroextrakce na pevné fázi v headspace (HS-SPME) v kombinaci s GC-MS.

Získaná data ukazují na výraznou degradaci polymerního řetězce, která se projevuje poklesem molekulové hmotnosti až o 80 % a současným snížením polydisperzity i viskozity. Tyto změny jsou doprovázeny mírnou modifikací tepelných vlastností, konkrétně snížením teploty tání a změnou krystalizačního chování. Použité analytické metody identifikovaly řadu degradačních produktů, zejména 1,4-butanediol, methyldifenyl-diisokyanát (MDI) a butylovaný hydroxytoluen (BHT). Jako potenciální marker opakovaného přepracování byl navíc stanoven 1-hexadekanol.

Prezentované výsledky poskytují ucelený pohled na degradační procesy probíhající v TPU během opakovaného tepelně-mechanického zatížení a zdůrazňují jejich význam při hodnocení recyklačního potenciálu těchto materiálů v kontextu cirkulární ekonomiky.

PODĚKOVÁNÍ

Tato práce byla realizována za podpory Evropského fondu pro spravedlivou transformaci v rámci operačního programu Spravedlivá transformace pod záštitou MŽP ČR (projekt CirkArena, CZ.10.03.01/00/22_003/0000045) a Operačního programu Jan Amos Komenský (OP JAK), projekt „Rozvoj aplikačního potenciálu v oblasti polymerních materiálů v kontextu naplňování principů cirkulární ekonomiky (POCEK)“, CZ.02.01.01/00/23_021/0009004. Další podpora byla poskytnuta v rámci rozvoje Centra polymerních systémů Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně v rámci programu DKRVO (RP/CPS/2024–28/002) financovaného MŠMT ČR.

KARBONIZÉR – POKROČILÉ VYUŽITÍ BIOCHARU Z KARBONIZACE

Tomáš Šopík*, Dagmar Foldynová, Jitka Dostálková, Pavol Šuly, Vladimír Sedlařík

Centrum polymerních systémů, Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, třída T. Bati
5678, 760 01 Zlín, Česká republika

*Korespondenční e-mail: sopik@utb.cz

ABSTRAKT

Tato studie navazuje na předchozí experimentální ověřování zařízení pro nízkoteplotní karbonizaci biomasy a rozšiřuje je o nové poznatky zaměřené nejen na optimalizaci provozních parametrů, ale také na aplikační potenciál vzniklého materiálu. Karbonizér byl testován při teplotách 620–680 °C a dávkování biomasy v rozmezí 30–40 kg·hod⁻¹ s cílem posoudit vliv provozních podmínek na kvalitu výstupních produktů.

Získaný biochar vykazuje stabilní obsah uhlíku (>50 %), nízký podíl anorganických příměsí a strukturální vlastnosti indikující jeho využitelnost pro pokročilé filtrační aplikace. Aktuálně probíhá experimentální ověřování jeho sorpčních schopností se zaměřením na záchyt endokrinních disruptorů, per- a polyfluorovaných látek (PFAS) a těžkých kovů. Tyto výsledky jsou současně porovnávány se standardně používanými filtračními materiály s cílem objektivně posoudit účinnost biocharu. Výsledky potvrzují, že karbonizační proces umožňuje nejen efektivní přeměnu biomasy na hodnotný uhlíkatý materiál, ale současně otevírá nové možnosti jeho využití v oblasti environmentálních technologií, zejména při čištění vod.

Tyto strategie přeměny biomasy představují perspektivní cestu k udržitelnému využití biopolymerních odpadů, podporují principy cirkulární ekonomiky a otevírají nové možnosti pro jejich průmyslové uplatnění.

Klíčová slova: karbonizace, biochar, biomasa, adsorpce, endokrinní disruptory, úprava vody, udržitelnost

PODĚKOVÁNÍ

Tato práce byla podpořena **Ministerstvem životního prostředí České republiky** prostřednictvím **Evropského fondu pro spravedlivou transformaci** v rámci **Operačního programu Spravedlivá transformace**, projekt **CirkArena (CZ.10.03.01/00/22_003/0000045)** a Ministerstvem školství, mládeže a tělovýchovy České

republiky, projekt DKRVO (RP/CPS/2024-28/002) a v rámci Operačního programu OP JAK „Rozvoj aplikačního potenciálu v oblasti polymerních materiálů v kontextu udržování oběhového hospodářství (POCEK)“, č. CZ.02.01.01/00/23_021/0009004.

ZLEPŠENÍ VLASTNOSTÍ BIOKOMPOZITŮ NA BÁZI POLYLAKTIDU PRO ROZŠÍŘENÍ JEJICH APLIKAČNÍ OBLASTI

Jaroslav Císař¹, Petra Dröhsler¹, Martina Pummerová¹, David Škoda¹, Vladimír Sedlařík¹

¹ Centrum polymerních systémů, Univerzita Tomáše Bati v Zlíně, třída T. Bati 5678, 760 01 Zlín, Česká republika

Korespondenční e-mail: jcisar@utb.cz

ABSTRAKT

Tato práce se zabývá modifikací fyzikálně-mechanických vlastností polylaktidu PLA 2003D se zřetelem na zlepšení jeho tvarové stability při zvýšených teplotách. Za tímto účelem byl připraven kompozitní materiál založený na matici PLA, anorganickém plnivu uhličitanu vápenatého (CaCO₃) a polyesterovém změkčovadle typu PLA/PEG. Následně byly hodnoceny jeho strukturální a užité vlastnosti.

Morfologie výsledného kompozitu, zejména podíl krystalických a amorfních oblastí, výrazně ovlivňuje jeho fyzikálně-mechanické vlastnosti. Přídavek CaCO₃ působí jako heterogenní nukleační činidlo a zvyšuje hustotu krystalizačních center, zatímco inkorporace změkčovadla PLA/PEG zvyšuje mobilitu polymerních řetězců, což vede k urychlení procesu studené krystalizace. Obě modifikace tak podporují tvorbu krystalické fáze v polymerní matici.

S ohledem na plánované aplikace, při nichž materiál je vystaven podmínkám nad teplotou skelného přechodu (T_g), je nezbytné temperování extrudovaných fólií PLA a jejich kompozitů v rozmezí 95–130 °C po dostatečně dlouhou dobu. Tento postup umožňuje dosažení optimálního stupně krystalinity, který zajišťuje požadovanou pevnost, rozměrovou stabilitu a teplotní odolnost finálních tvarovaných výrobků. Výsledné tvarované termoplastické produkty proto vykazují stabilní tvar i při provozních podmínkách za zvýšené teploty.

Klíčová slova: biopolymery, kyselina polymléčná, polylaktid, biodegradabilní polymer

PODĚKOVÁNÍ

Vypracování studie bylo finančně podpořeno rozvojovým projektem Centra Polymerních Systémů Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, program RP/CPS/2022-24/002 podporovaném Ministerstvem školství a sportu České republiky.

REFERENCE

[1] CÍSAŘ Jaroslav, DRÖHSLER Petra, PUMMEROVÁ Martina, ŠKODA David, SEDLAŘÍK Vladimír. Composite based on PLA with improved shape stability under high-temperature conditions. *Polymer* 276 (2023) 125943.

Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.polymer.2023.125943>.

ANALÝZA VLIVU HYDROLYTICKÉ DEGRADACE A TEPLOTNÍCH PODMÍNEK NA STRUKTURU PLA A PLA KOMPOZITŮ PŘI DLOUHODOBÉ EXPOZICI VE VODNÍM PROSTŘEDÍ

Jaroslav Císař¹, Martina Pummerová¹, Petra Dröhsler¹, Milan Masař¹, Vladimír Sedlařík¹

¹ Centrum polymerních systémů, Univerzita Tomáše Bati v Zlíně, třída T. Bati 5678, 760 01 Zlín, Česká republika

Korespondenční e-mail: jcisar@utb.cz

ABSTRAKT

V předkládané práci byla provedena analýza dlouhodobé hydrolytické degradace polymeru PLA 2003D a jeho kompozitních systémů při třech teplotách (50 °C, 55 °C a 60 °C). Cílem studie bylo získat detailní informace o rychlosti a mechanismech biologického rozkladu těchto materiálů a experimentálně stanovit dobu potřebnou k jejich úplné degradaci po ukončení životního cyklu. Experimentální výsledky prokázaly, že kinetika hydrolytické degradace PLA i jeho kompozitů je silně ovlivněna několika materiálovými a environmentálními faktory. Nejvýznamnějšími faktory se ukázaly být míra krystalinity polymeru, přítomnost plniv a aditiv, teplota vodního prostředí a rychlost difuze vody do polymerní matrice. Na konci experimentu byla rovněž detekována tvorba mikroplastů, což potvrzuje postupnou disintegraci materiálu na jemné fragmenty během degradace.

Získané poznatky rozšiřují současné porozumění procesu kompostovatelnosti polylaktidu a poskytují nové informace o jeho dlouhodobém chování ve vodním prostředí, které mohou být využity při vývoji a optimalizaci ekologicky šetrných biopolymerních systémů.

Klíčová slova: *biopolymery, kyselina polyléčná, polylaktid, biodegradabilní polymer, hydrolytická degradace*

PODĚKOVÁNÍ

Vypracování studie bylo finančně podpořeno rozvojovým projektem Centra Polymerních Systémů Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, program RP/CPS/2022-24/002 podporovaném Ministerstvem školství a sportu České republiky.

REFERENCE

- [1] CÍSAŘ Jaroslav, PUMMEROVÁ Martina, DRÖHSLER Petra, MASAŘ Milan, SEDLAŘÍK Vladimír. Changes in the Thermal and structural properties of PLA and its composites during a long-term degradation process. *Polymers* 17. 10 (2025) 1326. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/polym17101326>.

NATURAL BIOPOLYMERS IN 2G FEEDSTOCKS FOR HYDROGEN PRODUCTION

Hana Pištěková^{1*}, Miroslava Dušánková¹, Tomáš Šopík¹, Klaudia Chmelová¹

¹ Centrum polymerních systémů, Univerzita Tomáše Bati v Zlíně,
třída T. Bati 5678,760 01 Zlín, Česká republika

* Korespondenční e-mail: pistekova@utb.cz

ABSTRAKT

Hydrogen is widely regarded as a clean and carbon-free energy carrier with strong potential to support the transition toward more sustainable energy systems. Among biological routes for hydrogen generation, dark fermentation has attracted considerable attention because it does not require light input, can be operated in relatively simple reactor systems, and enables the conversion of renewable organic residues into valuable gaseous products. In this context, second-generation (2G) feedstocks are of particular interest, as they represent non-food biomass resources rich in natural biopolymers such as cellulose, hemicellulose, starch-derived fractions, and other biodegradable organic components.

The key role in the fermentation of 2G raw materials is pre-treatment because the lignin–hemicellulose matrix shields crystalline cellulose and limits microbial and enzymatic access. Pre-treatment can be physical, when the biomass is crushed and ground, chemical, which is divided into alkaline or acid hydrolysis. Physicochemical methods such as steam explosion disrupt the fibrous structure through high-pressure steam followed by rapid decompression, markedly improving digestibility. Enzymatic saccharification then converts exposed polysaccharides into fermentable sugars, although severe thermochemical treatment may also generate furfural, 5-hydroxymethylfurfural, and phenolics that inhibit fermentation. Consequently, combined pretreatment strategies are often preferred to maximize sugar release while limiting inhibitor formation.

Natural biopolymers present in 2G feedstocks can serve as suitable substrates for hydrogen production, with the highest yields observed under dark fermentation conditions. Further improvements in hydrogen yield were achieved through the addition of oxygen scavengers such as ascorbic acid and L-cysteine. Overall, 2G biopolymers appear to be promising renewable substrates for dark fermentative hydrogen production, while low-cost bioactive additives such as

ascorbic acid represent an effective strategy for improving process performance and enhancing energy recovery from waste biomass. [1].

PODĚKOVÁNÍ

This work was supported from the European Just Transition Fund within the Operational Programme: Just Transition under the aegis of the Ministry of the Environment of the Czech Republic, project CirkArena number CZ.10.03.01/00/22_003/0000045. Authors are further grateful for co-funding from the development process of Centre of Polymer Systems, Tomas Bata University in Zlín, program DKRVO (RP/CPS/2024-28/002) supported by the Ministry of Education Youth and Sports of the Czech Republic.

REFERENCE

[1] PISTEKOVA, Hana, Miroslava DUSANKOVA, Tomas SOPIK, Jakub KLABAN, Jitka DOSTALKOVA, Robert MOUCKA a Vladimir SEDLARIK. Optimization of the Dark Fermentation Technique for Hydrogen Production through Supplementation with Ascorbic Acid and/or L-Cysteine by *Clostridium butyricum* CCDBC 11. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* [online]. 2025. ISSN 0021-8561. Dostupné z: doi:10.1021/acs.jafc.5c03194

RECYKLACE PRŮMYSLOVÉHO ODPADU PVB NA FUNKČNÍ KERAMICKÉ KOMPONENTY POMOCÍ NÍZKONÁKLADOVÉHO FFF 3D TISKU

Daniel Sanétrník^{1,2*}, Josef Osíčka¹, Berenika Hausnerová^{1,2}, Tomáš Sedláček¹

¹ Centrum Polymerních Systémů, Univerzitní Institut, Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně,
Třída T. Bati 5678, 760 01 Zlín, Česká Republika

² Ústav výrobního inženýrství, Fakulta Technologická, Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně,
nám. T.G. Masaryka 5555, 760 01 Zlín, Česká Republika

* Korespondenční e-mail: dsanetrnik@utb.cz

ABSTRAKT

Recyklace průmyslových polymerních odpadů na funkční inženýrské materiály představuje významný směr udržitelné výroby. Jedním z významných zdrojů takového odpadu je polyvinylbutyral (PVB) pocházející z laminovaného bezpečnostního skla, jehož potenciál pro pokročilé výrobní technologie zatím není plně využit. Tato práce se proto zabývá využitím průmyslového odpadu PVB jako hlavní složky pojivového systému pro vysoce plněné alumina (Al_2O_3) feedstocky zpracovávané metodou Fused Filament Fabrication (FFF). Hlavním cílem bylo posoudit tisknutelnost, reologické chování a následné zpracování PVB-based feedstocků při použití neupravené, nízkonákladové spotřebitelské 3D tiskárny.

Bylo připraveno celkem patnáct formulací na bázi PVB obsahujících různá množství a molekulovou hmotnost polyethylenglykolu (PEG) jako plasticizující složku. Předběžný screening tisknutelnosti ukázal, že pouze tři formulace vykazovaly dostatečnou flexibilitu filamentu a stabilní extruzi tryskou o průměru 0,4 mm. Tyto směsi byly dále podrobeny reologické charakterizaci a použity pro tisk zkušebních těles s jednoduchou i složitější geometrií. Následně byl proveden solventní a termální debinding a finální sintrace pro získání homogenních keramických dílů.

Výsledky ukazují, že jak obsah, tak molekulová hmotnost PEG zásadně ovlivňují stabilitu taveniny během extruze i zachování tvaru během tisku. Směsi s PEG o vyšší molekulové hmotnosti vykazovaly lepší kvalitu výtisku a rozměrovou přesnost. Úspěšná výroba Al_2O_3 komponent potvrzuje, že průmyslový odpad PVB může sloužit jako perspektivní a udržitelný pojivový systém pro keramický FFF tisk.

PODĚKOVÁNÍ

Tato publikace vznikla za podpory Ministerstva školství, mládeže a tělovýchovy – DKRVO (RP/CPS/2024-28/003) a za podpory projektu Testovací laboratoř pro implementaci udržitelných a odolných technologií, reg. číslo CZ.02.01.01/00/23_021/0010411, spolufinancovaného Evropskou unií v rámci OP Jan Amos Komenský.

ENHANCED ACIDOLYSIS OF POLYURETHANE FOAMS USING A HYDROXYL-FUNCTIONAL ADDITIVES

Aleksi Modebadze*, Riyadh Abdekadir Khellouf, Dušan Kimmer, Eva Domincová Bergerová,
Vladimír Sedlařík
Centre of Polymer Systems, Tomas Bata University in Zlín, třída T. Bati 5678,760 01 Zlín,
Czech Republic

* Correspondence e-mail: a_modebadze@utb.cz

ABSTRACT

Polyurethane (PU) foams are widely used in industrial applications, particularly as thermal and acoustic insulation materials in the automotive sector. However, the large volume of post-consumer PU foam waste presents a significant environmental challenge due to its limited recyclability. The aim of this work was to develop a sufficiently fast and cost-effective chemical recycling method for flexible PU foams using succinic acid as a depolymerization agent. The acidolysis reactions were performed in hydroxyl-containing solvents, polypropylene glycol (PPG-500) and glycerol, to enhance hydroxyl functionality in the recycled products. The resulting recycled polyols were characterized by hydroxyl value (OH number), acid value, viscosity measurements, gel permeation chromatography (GPC), and Fourier transform infrared spectroscopy (FTIR). The results indicated that reactions performed in glycerol produced recycled polyols with a broader hydroxyl number distribution, suggesting the potential for increased crosslinking in subsequent polyurethane formulations. GPC analysis confirmed the formation of lower molecular weight species after depolymerization, while FTIR spectra showed a reduction in residual isocyanate (NCO) groups, indicating successful chemical recycling. These findings demonstrate that succinic acid-based acidolysis in hydroxyl-rich solvents represents an effective approach for producing recycled polyols suitable for further polyurethane applications.

Keywords: Polyurethane foam recycling; Acidolysis; Succinic acid; Chemical recycling; Recycled polyols.

ACKNOWLEDGEMENT

This work was supported by the BioPackMan project (No. 101178576). The authors also acknowledge the CirkArena project (Reg. No. CZ.10.03.01/00/22_003/0000045), funded by the Ministry of the Environment of the Czech Republic under the Operational Program Just Transition (OP ST).

**PROCESSABILITY OF HIGHLY FILLED COMPOUNDS:
UTILIZATION OF VIRGIN AND RECYCLED POLYMER BINDERS
IN MATERIAL EXTRUSION AND POWDER INJECTION MOLDING**

Dagmar Endlerová^{1*}, Berenika Hausnerová^{1,2} Milena, Kubišová¹, and Martin Novák^{1,2}

¹Department of Production Engineering, Faculty of Technology, Tomas Bata University in Zlin,
Vavreckova 5669, 760 01 Zlin, Czech Republic

²Centre of Polymer Systems, University Institute, Tomas Bata University in Zlin, Tr. T. Bati
5678, 760 01 Zlin, Czech Republic

* Correspondence e-mail: d_endlerova@utb.cz

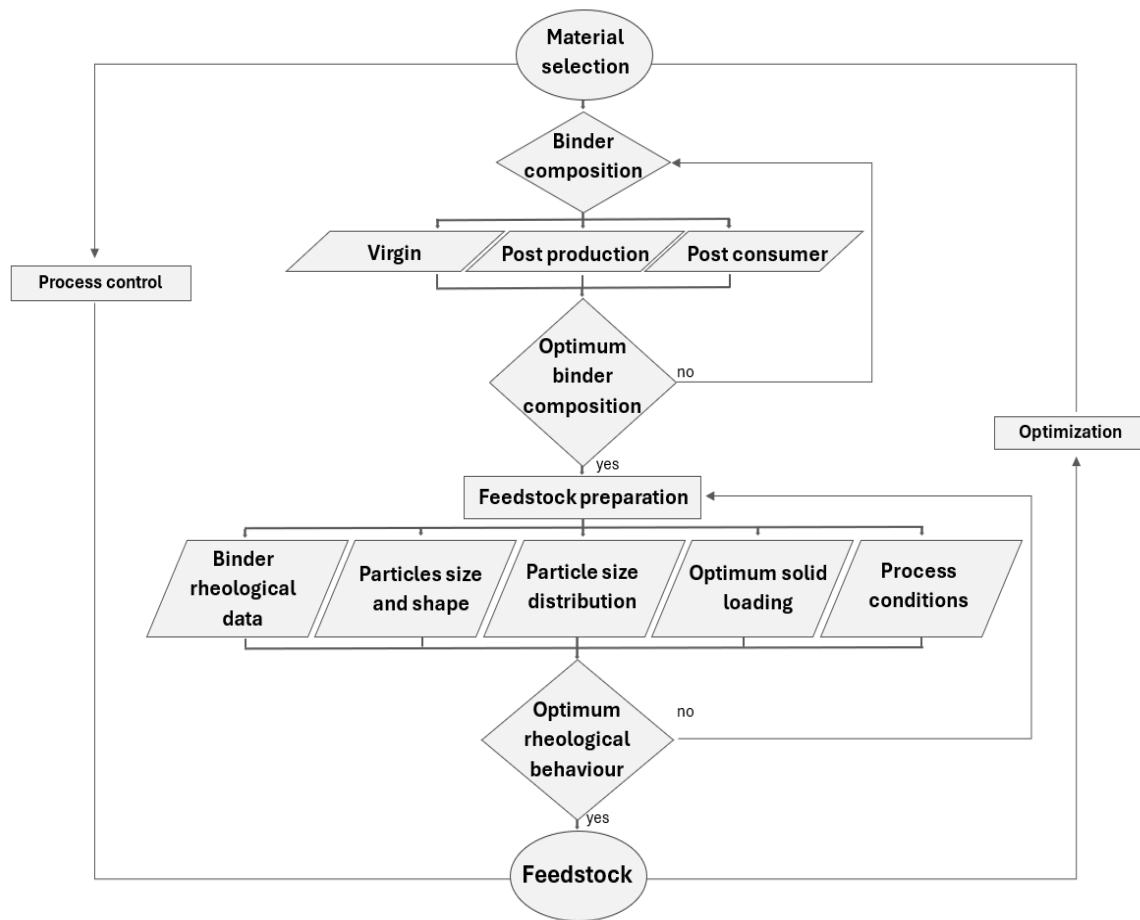
EXTENDED ABSTRACT

This study focuses on the utilization of various polymer binder systems for feedstocks applicable in material extrusion (MEX) and powder injection molding (PIM) of highly filled metal-particle compounds. Particular attention is paid to interactions between individual binder components and between the binder and metal particles, as these play a key role in optimizing processing conditions and the quality of manufactured parts. We also address how particle size, shape and size-distribution characteristics influence flow behaviour and the resulting homogeneity and defect level of the feedstock.

The main goal of the study is to compare different binders composed of various polymer components, with special emphasis on the incorporation of recycled materials. In this context, we analyse the difference between recyclates originating from controlled (post-production) industrial streams, which are obtained from minimum contaminated materials, and post-consumer recyclates that may contain pigments, additives and other impurities. These factors have a direct impact on the physical and chemical properties of polymer binders and, consequently, on feedstock stability and part quality.

Another important aspect of the work is the analysis of how these recycled binders affect processability. Since flow behaviour is one of the most critical parameters governing both PIM and MEX, we conduct systematic rheological testing of representative feedstocks. These experiments include measurements of viscosity and other rheological properties that

are crucial for defining suitable processing windows and ensuring the quality of the final products. Based on the collected data, we propose recommendations for optimizing polymer binder formulations and their use in metal-based composites according to Scheme 1. The results provide



Scheme 1. Polymer binder optimization process for the highly filled compounds

practical guidance for industrial implementation and support the further development of MEX and PIM technologies that make effective use of recycled materials.

This publication was created as part of the implementation of the project **Testing laboratory for the implementation of sustainable and resilient technologies, reg. number CZ.02.01.01/00/23_021/0010411**, co-financed by the European Union under the OP Jan Amos Comenius.

POLYURETANOVÁ DRŤ JAKO FUNKČNÍ PLNIVO PRO PRYŽOVÉ KOMPOZITY

Monika Strašáková^{1*}, Marek Pöschl¹, Ondřej Kratina¹, Jaroslav Císař¹, Eva Dominová Bergerová¹, Vladimír Sedlařík¹

¹ Centrum polymerních systémů, Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, třída T. Bati
5678, 760 01 Zlín, Česká republika

* Korespondenční e-mail: strasakova@utb.cz

ABSTRAKT

Polyuretanové (PU) pěny představují významnou skupinu polymerních materiálů běžně využívaných zejména v automobilovém a stavebním sektoru, kde slouží především jako izolační a konstrukční prvky. Vzhledem k jejich rozsáhlému používání vzniká značné množství odpadního materiálu, jehož další zpracování je komplikováno technologickou i ekonomickou náročností recyklace. Z tohoto důvodu je v současnosti věnována zvýšená pozornost možnostem jejího druhotného využití v souladu s principy cirkulární ekonomiky.

Cílem této práce bylo ověřit možnost využití odpadní polyuretanové pěny ve formě drtě jako plniva pro syntetický kaučuk S-SBR (styren-butadienový kaučuk) a posoudit vliv jejího obsahu na vlastnosti výsledných pryžových kompozitů. Připraveny byly směsi s různým množstvím PU drtě a následně byly hodnoceny jejich morfologické, mechanické a dynamicko-mechanické vlastnosti. K charakterizaci materiálů byly využity zkoušky tvrdosti Shore A, odrazové pružnosti, tahové vlastnosti, měření trvalé deformace a dynamicko-mechanická analýza (DMA).

Výsledky ukázaly, že se zvyšujícím se obsahem PU plniva dochází k nárůstu tvrdosti kompozitů. Hodnota tvrdosti Shore A vzrostla z 40,5 u referenčního vzorku bez plniva na 74 při obsahu 40 hm. % PU drtě. Současně byl zaznamenán pokles odrazové pružnosti. Tahové zkoušky prokázaly zvýšení tažnosti u kompozitů obsahujících 20 a 30 hm. % PU, zatímco při 40 hm. % došlo ke snížení pevnosti a materiál vykazoval chování bližší plastům. DMA analýza potvrdila posun teploty skelného přechodu k vyšším hodnotám u vzorků s 10 a 20 hm. % PU, což lze přičíst ztužujícímu efektu plniva. Výraznější zvýšení trvalé deformace bylo pozorováno až při obsahu PU

převyšujícím 20 hm. %. Přídavek polyuretanové drtě rovněž vedl ke zvýšení odolnosti kompozitů proti šíření trhlin, a to zejména do koncentrace 30 hm. %.

Na základě získaných výsledků lze konstatovat, že recyklovaná PU pěna představuje vhodné plnivo pro modifikaci kaučuku S-SBR. Optimální vlastnosti vykazovaly kompozity s obsahem PU do 30 hm. %, u nichž bylo dosaženo zvýšení tvrdosti a odolnosti proti šíření trhlin bez výrazného zhoršení mechanických vlastností. Navržený způsob využití odpadní PU pěny tak představuje perspektivní cestu materiálového zhodnocení polymerních odpadů a podporuje principy udržitelnosti a cirkulární ekonomiky.

PODĚKOVÁNÍ

Tato práce byla podpořena **Ministerstvem životního prostředí České republiky** prostřednictvím **Evropského fondu pro spravedlivou transformaci** v rámci **Operačního programu Spravedlivá transformace** a projektu **CirkArena (CZ.10.03.01/00/22_003/0000045)**.

DSC-DRIVEN PREDICTION OF RECYCLED POLYMER CONTENT USING AN OPTIMIZED HYBRID MACHINE LEARNING FRAMEWORK

Ahmed Nasr^{1,*}, Muhammad Yasir¹, Jaroslav Cisar¹, Martin Novak¹, Vladimír Sedlařík¹

¹Centre of Polymer Systems, University Institute, Tomas Bata University in Zlín, Třída Tomáše Bati 5678, 76001 Zlín, Czech Republic

* *Correspondence e-mail:* a_nasr@utb.cz

ABSTRACT

The escalating accumulation of plastic waste demands more reliable and automated methods for quantifying recycled content in polymer blends. Accurate identification of recycled polypropylene (Rec-PP%) in mixed polymer systems remains analytically challenging, as conventional thermal characterisation methods are constrained by overlapping thermogram features and interpretive complexity. This study aims to develop and validate a hybrid machine learning framework that uses differential scanning calorimetry thermal signatures — including melting temperature, crystallisation temperature, mass-normalised enthalpy, sample weight, and cooling rate — to predict recycled polypropylene content across a wide range of blend compositions. Four supervised learning algorithms, namely Ensemble Trees, Decision Trees, Support Vector Machines, and Gaussian Process Regression, will be optimized through Genetic Algorithm and Particle Swarm Optimization for simultaneous feature selection and hyperparameter tuning. Model interpretability will be established through Shapley and Sobol analyses, with uncertainty quantified via Monte Carlo simulation. A complementary life-cycle assessment will evaluate the environmental implications of mechanical recycling across varying blend ratios. The hybrid framework is expected to deliver superior predictive accuracy over individual algorithms, identify the dominant thermal and mass-transfer process drivers, and provide an operationalizable graphical user interface for routine laboratory deployment in support of circular economy objectives.

Keywords: Recycling; polymer; polypropylene; differential scanning calorimetry; machine learning; genetic algorithm; Gaussian process regression; life cycle assessment; circular economy

ACKNOWLEDGEMENT

The authors gratefully acknowledge the support from the European Just Transition Fund within the Operational Programme: Just Transition under the aegis of the Ministry of the Environment of the Czech Republic, project CirkArena number CZ.10.03.01/00/22_003/0000045 and the Ministry of Education Youth and Sports of the Czech Republic, Operational Programme Johannes Amos Comenius OP JAC "Application potential development in the field of polymer materials in the context of circular economy compliance (POCEK)", number CZ.02.01.01/00/23_021/0009004. The authors are further grateful for co-funding from the development process of the Centre of Polymer Systems, Tomas Bata University in Zlin, program DKRVO (RP/CPS/2024-28/002), supported by the Ministry of Education Youth and Sports of the Czech Republic. A. N and M. Y also expresses his gratitude for support within the "Creativity, Intelligence & Talent for the Zlin Region" (CIT - ZK) program.

BIODEGRADABILNÍ POLYMERY PRO ZEMĚDĚLSKÉ APLIKACE

Dagmar Foldynová¹, Martin Novák¹, Jitka Dostálková¹, Petra Dröhsler¹, Eva Domincová Bergerová¹ a Vladimír Sedlařík¹

¹Centrum polymerních systémů, Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, třída T. Bati
5678, 760 01 Zlín, Česká republika

* Korespondenční e-mail: d_sasinkova@utb.cz

ABSTRAKT

Biodegradabilní polymery, jako polybutylen sukcinát (PBS) a polyhydroxybutyrát (PHB), představují perspektivní materiály pro zemědělské aplikace. Oba polyestery však vykazují specifické nevýhody: PHB má úzké zpracovatelské okno a je křehký, zatímco PBS nabízí lepší zpracovatelnost a vyšší tepelnou stabilitu, ale pomaleji degraduje v půdě. Cílem práce byla příprava směsi PBS/PHB metodou extruze a hodnocení vlivu jejich poměru na termální a mechanické vlastnosti i rychlost biodegradace. Směsi byly charakterizovány pomocí diferenční skenovací kalorimetrie, mechanických testů a biodegradačních zkoušek založených na produkci oxidu uhličitého a skenovací elektronové mikroskopii. Nejnižší krystalinita (57,91 %) byla zaznamenána u směsi s 50 % PHB, což souvisí s narušenou krystalizací obou složek a potvrzuje jejich omezenou kompatibilitu. Tato směs zároveň degradovala srovnatelně rychle jako čistý PHB díky vyššímu podílu amorfních oblastí a současně vykazovala lepší mechanické vlastnosti než samotný PHB. Výsledky ukazují, že poměr PBS/PHB zásadně ovlivňuje mikrostrukturu i biodegradaci, což umožňuje cíleně řídit životnost materiálu pro konkrétní zemědělské aplikace.

Klíčová slova: biodegradace, polybutylen sukcinát, polyhydroxybutyrát, krystalinita, zemědělské aplikace

PODĚKOVÁNÍ

Tento příspěvek vznikl za finanční podpory Technologické agentury České republiky v rámci programu Prostředí pro život, projekt č. SS07020443.

KOMPARATIVNÍ STUDIE VLIVU TYPU VÍCESYTNÉ KARBOXYLOVÉ KYSELINY NA STRUKTURU, VLASTNOSTI A BIOLOGICKÉ ÚČINKY HYDROGELŮ

Jitka Dostálková¹, Dominika Hanušová¹, Dagmar Foldynová¹, Klaudia Chmelová¹, Miroslava Dušánková¹, Daniel Sanétrník¹, Vladimír Sedlařík¹

¹ Centrum polymerních systémů, Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, třída T. Bati 5678, 760 01 Zlín, Česká republika

* Korespondenční e-mail: dostalkova@utb.cz

ABSTRAKT

Práce byla zaměřena na výzkum vztahu mezi strukturou síťovacího činidla (vícesytné karboxylové kyseliny) a výslednými vlastnostmi hydrogelů. Připravené hydrogely byly charakterizovány z hlediska fyzikálně-chemických a termických parametrů, materiálových vlastností, biodegradability v půdním prostředí a jejich vlivu na klíčení a růst modelové rostliny *Raphanus sativus*. Výsledky ukazují, že hlavním mechanismem zesíťování je esterifikace, přičemž rozdíly ve struktuře použitých kyselin se promítly do hustoty vzniklé sítě. Termická analýza ukázala zvýšení tepelné stability se zvyšujícím se obsahem síťovací složky, zatímco nižší stabilita byla zaznamenána u hydrogelů zesíťovaných kyselinou maleinovou a jablečnou. Výrazné rozdíly byly zjištěny také v sorpční kapacitě, kdy hydrogely zesíťované kyselinou jantarovou a maleinovou vykazovaly velmi vysoký stupeň bobtnání (přes 2000 %), zatímco u hydrogelů s kyselinou citronovou a vinnou byly hodnoty podstatně nižší (nad 300 %). Testy klíčivosti a růstu *Raphanus sativus* naznačují, že hydrogely s nižším až středním stupněm bobtnání mohou pozitivně ovlivňovat klíčivost a růst rostlin (zvýšení až o 90 %), zatímco materiály s extrémně vysokou schopností bobtnání mohou působit inhibičně.

Klíčová slova: hydrogely; vícesytné karboxylové kyseliny; zesíťování; biologická rozložitelnost

PODĚKOVÁNÍ

Tento příspěvek vznikl za finanční podpory z Operačního programu Jan Amos Komenský, projekt „Rozvoj aplikačního potenciálu v oblasti polymerních materiálů v kontextu naplňování principů cirkulární ekonomiky (POCEK)“ CZ.02.01.01/00/23_021/0009004.

MODELY VALUACE BIOODPADŮ A ANALÝZA MATERIÁLOVÝCH TOKŮ

Lucie Macurová^{1*}, David Tuček¹, Miroslava Kovářová², Vladimír Sedlařík²

¹ Fakulta managementu a ekonomiky, Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, Mostní 5139, 760 01
Zlín, Česká republika

² Centrum polymerních systémů, Univerzita Tomáše Bati v Zlíně, třída T. Bati 5678, 760 01
Zlín, Česká republika

* Korespondenční e-mail: macurova@utb.cz

ABSTRAKT

Bioodpad nelze vnímat pouze jako problematickou složku komunálních a výrobních odpadů, ale jako významný zdroj surovin, energie, živin a dalších hodnot, které lze využít v rámci cirkulární bioekonomiky. Hlavním cílem našeho výzkumu, je navrhnout a popsat modely valuace bioodpadů, které umožní hodnotit jejich přínos z materiální, ekonomické, environmentální a sociální perspektivy, a současně vytvořit aplikační rámec využitelný pro strategické rozhodování veřejné správy, podnikové sféry i výzkumných institucí. Studie současně usiluje o propojení teoreticko-metodologického rámce s praktickou využitelností v podmínkách České republiky a Evropské unie.

Význam zvoleného tématu vychází z aktuální situace v Evropě i v České republice, kde bioodpady tvoří významný podíl komunálních odpadů a jejich množství dlouhodobě narůstá v důsledku urbanizace, změn spotřebního chování a intenzifikace výroby. Evropská i národní politika přitom směřují k omezení skládkování, k posílení odděleného sběru a k vyššímu materiálovému i energetickému využití biologicky rozložitelných odpadů. Studie proto zasazuje problematiku bioodpadů do širšího rámce cirkulární ekonomiky a bioekonomiky a zdůrazňuje jejich potenciál při snižování závislosti na fosilních zdrojích, rozvoji regionální soběstačnosti, podpoře zelených technologií a zlepšování environmentální bilance podniků i veřejných systémů.

Metodologicky je studie koncipována jako smíšený výzkumný design kombinující teoretickou rešerši, kvantitativní analýzu dat, konstrukci hmotnostních bilancí MFA a navazující evaluaci prostřednictvím environmentálních, ekonomických a sociálních indikátorů. Klíčovým analytickým nástrojem je metoda MFA, která na základě principu hmotnostní bilance umožňuje sledovat vstupy, výstupy, zásoby a ztráty v systému nakládání s bioodpady na makroúrovni

států a regionů, na mezoúrovni měst a krajů i na mikroúrovni konkrétních podniků a technologických zařízení. Tento přístup je dále rozšířen o ekonometrické modelování, které umožňuje analyzovat vztahy mezi množstvím a kvalitou bioodpadu, náklady na jeho zpracování, volbou technologie a ekonomickou hodnotou výstupů. Součástí návrhu je rovněž integrovaný rámec, jenž propojuje MFA, hodnocení životního cyklu, nákladově-přínosovou analýzu a sociální dimenzi hodnocení do jednotného rozhodovacího modelu.

V rámci realizovaných výzkumných šetření analyzujeme současný stav nakládání s bioodpady v EU a ČR a výsledky potvrzují, že v českých podmínkách zůstává významná část biologicky rozložitelného komunálního odpadu nadále skládkována, přestože evropský i národní legislativní rámec směřují k jeho vyššímu materiálovému a energetickému využití. Studie identifikuje klíčové ukazatele pro hodnocení systému, zejména míru odděleného sběru, kvalitu vstupního materiálu, podíl nečistot, náklady na sběr, výnosy produktů a emisní bilanci. Zároveň navrhuje ekonometrické modely zachycující míru separace bioodpadu, kvalitu vstupů, volbu technologie zpracování i hodnotu vstupního materiálu, čímž vytváří základ pro budoucí scénářové a prognostické analýzy.

Významným přínosem studie je rovněž systematické zhodnocení technologických možností valorizace bioodpadů. Vedle tradičních postupů, jako jsou kompostování a anaerobní digesce, jsou diskutovány i pokročilé fermentační a termochemické procesy, zejména pyrolýza a hydrotermální karbonizace. Tyto technologie rozšiřují možnosti využití bioodpadů směrem k produkci látek a materiálů s vyšší přidanou hodnotou, jako jsou organické kyseliny, biopolymery, biochar, pyrolýzní oleje či energeticky využitelné plyny. Studie zdůrazňuje, že kombinace biologických a termochemických metod může významně zvýšit ekonomickou i environmentální efektivitu systému, avšak její úspěšná implementace závisí na kvalitě vstupních surovin, regionální infrastruktuře, logistických podmínkách a možnostech konečného uplatnění výstupních produktů.

Studie uzavírá, že analýza materiálových toků představuje vhodný základ pro komplexní hodnocení systémů nakládání s bioodpady a že její propojení s ekonometrickými, environmentálními a sociálními metodami vytváří robustní rámec pro vícerozměrnou valuaci bioodpadů. Praktický přínos spočívá zejména ve vytvoření podkladu pro strategické plánování, podporu investičního rozhodování a formulaci politik v oblasti oběhového hospodářství na regionální i národní úrovni. Studie tak představuje důležitý metodický i aplikační základ pro další rozvoj projektu CirkArena a pro systematické hodnocení bioodpadů jako významného zdroje v podmínkách České republiky i Evropské unie.

Připravené holistické schéma valuace bioodpadů umožní objektivní srovnání scénářů zpracování, dimenzování kapacit a stanovení priorit investic do konkrétních technologií zpracování biologického odpadu a poskytne praktický metodický rámec pro rozhodování na úrovni veřejné správy i podniků.

PODĚKOVÁNÍ

Tato práce byla podpořena Ministerstvem životního prostředí České republiky v rámci programu Operační program Spravedlivá transformace a projektu CirkArena (CZ.10.03.01/00/22_003/0000045).

ZELENÉ NANOVLÁKNITÉ MATERIÁLY PRO FILTRACI VZDUCHU

Lenka Lovecká*, Miroslava Kovářová, Dominika Hanušová, Vladimír Sedlařík

Centrum polymerních systémů, Univerzita Tomáše Bati v Zlíně, třída T. Bati 5678,760 01
Zlín, Česká republika

* Korespondenční e-mail: lovecka@utb.cz

ABSTRAKT

Velkým problémem současnosti je znečištění ovzduší částicovými polutanty, které představuje vážné zdravotní riziko. Prachové částice mohou způsobovat řadu akutních i chronických onemocnění počínaje onemocněním dýchacích cest přes kardiovaskulární onemocnění až po infekční onemocnění způsobená viry a bakteriemi nesenými submikronovými částicemi. Onemocnění pak mohou být dále zhoršována toxiny, které na sebe jemné částice váží. Pro osobní ochranu dýchacích cest, ale i pro zajištění čistých prostor či kolektivní ochranu obyvatelstva, jsou používány filtrační materiály, které mají ve své struktuře nanovláknitou vrstvu napomáhající vyšší filtrační účinnosti vzduchových filtrů při zachování nízkých tlakových ztrát.

Nanovláknité materiály jsou obvykle připravovány pomocí zvlákňování polymerních roztoků v elektrostatickém poli. Obvyklá koncentrace polymeru ve zvlákňovacím roztoku se pohybuje mezi 5 a 30 %. Je tedy zřejmé, že většinu polymerního roztoku tvoří rozpouštědlový systém, jenž je nejčastěji tvořen směsí organických rozpouštědel nebezpečných pro lidské zdraví i životní prostředí, jako jsou dimethylformamid (DMF), dimethylacetamid, N-methylpyrrolidon, dichlormethan, tetrahydrofuran atd.

Právě náhrada toxických rozpouštědel rozpouštědly naplňujícími principy zelené chemie, která by zároveň dokázala splnit procesní omezení daná zpracovatelskou technologií je velkou výzvou poslední doby. Ideálním stavem je pak nalezení vhodné kombinace zeleného rozpouštědlového systému a polymeru na přírodní bázi, což dodává připravenému produktu rozměr udržitelnosti.

Na základě postupných optimalizačních kroků byl nalezen systém, který umožňuje přípravu polylaktidových (PLA) nanovláken zvlákňováním v elektrostatickém poli z roztoku využívajícího rozpouštědlový systém na bázi ethyl nebo methyl laktátu (EL, ML) a cyklopentanonu (CPO). Připravené nanovláknité vrstvy lze využít v kompozicích pro filtraci

vzduchu a jejich vlastnosti jsou obdobné, jako u materiálů připravených s použitím toxických rozpouštědel.

PODĚKOVÁNÍ

Tato práce byla podpořena z Evropského fondu pro spravedlivou transformaci v rámci operačního programu: Spravedlivá transformace pod záštitou MŽP ČR, projekt CirkArena CZ.10.03.01/00/22_003/0000045 a Operačního programu Jan Amos Komenský, projekt „Rozvoj aplikačního potenciálu v oblasti polymerních materiálů v kontextu naplňování principů cirkulární ekonomiky (POCEK)“ CZ.02.01.01/00/23_021/0009004. Autoři dále děkují za spolufinancování z projektu rozvoje Centra polymerních systémů Univerzity Tomáše Baty ve Zlíně, programu DKRVO (RP/CPS/2024-28/002) podporovaného MŠMT ČR.

REFERENCE

- [1] LOVECKÁ L., KOVÁŘOVÁ M., HANUŠOVÁ D. a kol., Application of green solvents as a replacement of toxic dimethylformamide in the polylactic acid electrospinning process. SM&T, 2025, vol. 44, e01405, <https://doi.org/10.1016/j.susmat.2025.e01405>.
- [2] Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně (CZ). Zvlákňovací polymerní roztok a nanovláknitá netkaná textilie na jeho bázi. 2024. Zapsán 23.04.2024. 37840 U1 Užitiný vzor. Dostupné také z: <https://isdv.upv.gov.cz/doc/FullFiles/UtilityModels/FullDocuments/FDUM0037/uv037840.pdf>.

FUNKČNÍ FILTRAČNÍ MATERIÁLY S NANOVLÁKNITOU VRSTVOU

Miroslava Kovářová*, Lenka Lovecká, Dominika Hanušová, Muhamad Yasir, Dušan Kimmer

¹Centrum polymerních systémů, Univerzita Tomáše Bati v Zlíně, třída T. Bati 5678,760 01
Zlín, Česká republika

* Korespondenční e-mail: kovarova@utb.cz

ABSTRAKT

Znečištění životního prostředí polutanty je prohlubující se problém současnosti. K ochraně životního prostředí i lidského zdraví před jejich působením lze využít filtrační materiály na bázi polymerních nanovláken, jejichž nespornou výhodou je možnost jejich funkcionalizace aditivou cíleně zaměřenými na záchyt a případně i degradaci specifických polutantů.

Nanovláknité materiály pro filtraci vzduchu a vody, případně jiných kapalin, lze připravit různými technikami, z nichž nejpropracovanější a komerčně nejvyužívanější je technologie zvlákňování v elektrostatickém poli. Největší výzvou současnosti je pak využití této techniky pro přípravu nanovláknitých vrstev na bázi biopolymerů a tzv. zelených rozpouštědlových systémů pro přípravu polymerních roztoků. Také volba aditiv, ať již procesních či funkčních, by měla odpovídat principům zelené chemie. Polymerní roztoky nebo disperze pro přípravu nanovláken by měly tedy být toxikologicky a environmentálně bezpečné, stejně jako nanovláknité materiály z nich produkované.

Proces postupné optimalizace materiálového složení a procesních podmínek je možno dovést k úspěšnému cíli díky průběžné kontrole strukturních vlastností připravovaných nanovláknitých vrstev a kontrole funkčních vlastností filtračních materiálů. Tak lze připravit mikrofiltrační kompozice vhodné pro záchyt submikronových částicových polutantů včetně virových částic ze vzduchu, filtry vhodné pro záchyt mikroplastů z vodního prostředí, modifikované materiály se specifickým záchytem nebezpečných organických molekul jako jsou zbytky léčiv, hormony, endokrinní disruptory, pesticidy apod. nebo materiály vhodné pro záchyt perzistentních látek jako jsou per- a polyfluorované alkyly (PFAS), které se dostávají do životního prostředí antropogenní cestou.

POLY(3-HYDROXYBUTYRATE)-BASED BIODEGRADABLE POLYMER COMPOSITIONS ENRICHED WITH UREA

Beata Krzykowska^{1*}, Michał Longosz¹, Wiesław Frącz², Iwona Zarzyka¹, Miroslava Kovářová³

¹Department of Organic Chemistry, Faculty of Chemistry, Rzeszów University of Technology, Powstańców Warszawy 6, 35-959 Rzeszów

²Department of Materials Forming and Processing, Faculty of Mechanical Engineering and Aeronautics, Rzeszów University of Technology, Powstańców Warszawy 8, 35-959 Rzeszów, Poland

³Centre of Polymer Systems, University Institute, Tomas Bata University in Zlin, Tr. T. Bati 5678, 76001 Zlin, Czech Republic

*Corresponding e-mail: b.krzykowska@prz.edu.pl

ABSTRACT

Biodegradable plastics are a popular material for a wide range of industries and products. Different application areas have different requirements regarding the decomposition time of plastic products. Horticulture and agriculture are among the areas where biodegradable materials are frequently used. This study presents materials suitable for seedling pots with controllable decomposition times.

In this study, biodegradable polymer blends were developed using poly(3-hydroxybutyrate) (P3HB) combined with an aliphatic polyurethane modified with the addition of urea. The polyurethane component was synthesized from polyethylene glycol with a molar mass of 400 g/mol and 1,6-hexamethylene diisocyanate, resulting in a flexible segment structure intended to improve the overall performance of the material. Prior to processing, a masterbatch was prepared to ensure uniform dispersion of all components. The final compositions were then produced in the molten state using a single-screw extrusion process, which enabled effective mixing and shaping of the materials.

The obtained polymer blends were subjected to a series of mechanical tests to evaluate their performance. These included tensile strength measurements under static conditions, flexural (bending) tests, and hardness assessments, providing a comprehensive understanding of their mechanical behavior. In addition, the biodegradability of the materials was investigated in

accordance with the EN 13432 standard. The degradation process was conducted under aerobic composting conditions at a controlled temperature of 50°C, simulating an industrial composting environment.

The results demonstrated that the newly developed materials exhibited improved mechanical properties compared to unmodified, biodegradable P3HB. At the same time, they showed enhanced susceptibility to biodegradation, indicating that the incorporation of polyurethane and urea not only strengthened the material but also supported its environmental performance. Overall, the study confirms the potential of these polymer compositions as more durable yet still environmentally friendly alternatives to native P3HB.

Ninety-days biodegradability tests have shown that the polymers, especially those with urea added, can be fully biodegraded within 6 months, meeting the criteria for biodegradable polymers. The obtained polyether-polyurethane-urea polymer compositions could be used to produce biodegradable articles for horticulture and agriculture with a short period of use, such as seedling pots.

ACKNOWLEDGMENTS

This research was funded by the Ministry of Science and Higher Education of the Republic of Poland within the programme "Regional Excellence Initiative" grant number RID/SP/0032/2024/01.

SNIŽOVÁNÍ ZASTOUPENÍ KRITICKÝCH SUROVIN V PRŮMYSLOVÝCH ODPADECH

Miroslava Kovářová*, Vladimír Sedlařík

Centrum polymerních systémů, Univerzita Tomáše Bati v Zlíně, třída T. Bati 5678,760 01
Zlín, Česká republika

* Korespondenční e-mail: kovarova@utb.cz

ABSTRAKT

Sílicí trend odklonu EU od využívání fosilních paliv a přechodu na čisté energie s sebou nese vyšší poptávku po nerostných surovinách. Zajistit bezpečný, odolný a udržitelný přístup k těmto materiálům má pro hospodářství Evropské unie vysoký význam. Lze očekávat, že se poptávka po surovinách potřebných pro zelenou energetickou transformaci, digitalizaci, ale i rozvoj strategického průmyslu včetně sektoru obrany v nadcházejících letech skokově zvýší. Proto v březnu 2024 přijala Rada Evropské unie Akt o kritických surovinách (Critical Raw Materials Act). Tento akt se vztahuje se na celý hodnotový řetězec surovin, od průzkumu výskytu nerostných surovin, přes těžbu a zpracování až po recyklaci, tedy získávání druhotných surovin z průmyslového či postkonzumního odpadu, ale u z odpadu po těžbě.

Kritické suroviny jsou takové suroviny, které mají pro EU mimořádný hospodářský význam a u nichž existuje velké riziko narušení dodávek v důsledku koncentrace zdrojů a nedostatku kvalitních, cenově dostupných náhrad. EU je už nyní silně závislá na dovozu těchto surovin, často od téměř monopolních dodavatelů z třetích zemí, jako je Čína (prakticky veškeré dodávky prvků vzácných zemin), Turecko (99 % dodávek boru) nebo JAR (71 % dodávek platiny).

EU si je vědoma, že v oblasti kritických surovin nemůže být soběstačná, proto je jejím cílem zahrnutým v CRMA diverzifikovat dodávky kritických surovin, posílit oběhovost včetně recyklace, podpořit výzkum a inovace v oblasti účinného využívání zdrojů a vývoje náhrad kritických surovin a celkově posílit strategickou autonomii Evropy. Aby EU snížila závislost na třetích zemích, stanovila si strategické cíle. Do roku 2030 chce vlastní těžbou pokrýt alespoň 10 % roční spotřeby, alespoň 40 % roční spotřeby kritických surovin chce zpracovávat na území EU a alespoň 25 % roční spotřeby chce pokrýt recyklací. Pokud jde o diverzifikaci, stanovila, že z jedné třetí země nesmí pocházet více než 65 % roční spotřeby jednotlivých strategických surovin v EU v kterémkoli stupni zpracování.

Na seznamu kritických surovin, který je pravidelně aktualizován, je dnes 34 nerostných surovin, z nichž 17 je označeno jako suroviny strategické. Strategické suroviny (SRM) jsou podskupinou kritických surovin a jsou klíčové pro technologie zelené a digitální transformace. Lze předpokládat exponenciální růst poptávky po těchto surovinách, jejichž produkci je obtížné rychle navýšit.

I z tohoto důvodu je kladen velký důraz na vytěžování těchto surovin z odpadů pomocí pokročilých separačních a recyklačních metod, jako je hydrometalurgie, šetrné bio-loužení nebo robotická demontáž výrobků na konci jejich životního cyklu řízená AI. Významný potenciál lze spatřovat také v technikách „urban mining“ („městské hornictví“), které jsou zaměřeny na recyklaci CRM/SRM z elektroodpadu a popílků. Nelze však opomenout ani úsilí o náhradu kritických surovin jinými materiály.

Klíčem k uzavřeným cyklům oběhu kritických surovin a udržitelnosti hospodaření s nimi jsou rovněž systémová opatření, jako ekodesign (design pro demontovatelnost a cirkularitu) nebo zavádění digitálních pasů výrobků, které má od roku 2026 umožnit recyklátorům přesně identifikovat obsah surovin.

Splnění vytčených cílů mají pomoci strategické projekty vybrané Evropskou komisí. Těch je v současnosti 47, přičemž Česká republika je zastoupena 2 projekty vztahujícími se k těžbě a zpracování lithia v Cínovci a získávání a zpracování manganu z vytěžené hlušiny po těžbě pyritu v Chvaleticích.

Výzkumná aktivita projektu CirkArena zaměřená na kritické suroviny v odpadech má za cíl nalézat a podporovat způsoby, jak z kritických surovin vytvářet „obíhající bohatství“ namísto položek na skládkách. Usiluje o podporu recyklace CRM/SRM a vytvoření metodiky pro efektivní nastavení a modifikaci kapacit recyklačních technologií sekundárních zdrojů, jako jsou jíly, odpady z těžebních deponií, popílků a strusky, elektroodpad nebo baterie po skončení životnosti. Zaměřuje se na mapování výrobců a zpracovatelů s cílem vytvořit databázový přehled produkovaných odpadů vzhledem k povaze a obsahu CRM/SRM. Zastřešující aktivitou je pak environmentální a materiálové hodnocení vyvíjených technologií v kontextu systémových opatření vyplývajících z Aktu o kritických surovinách.

PODĚKOVÁNÍ

Tato práce byla podpořena Ministerstvem životního prostředí České republiky v rámci programu Operační program Spravedlivá transformace a projektu CirkArena (CZ.10.03.01/00/22_003/0000045).

VALORIZACE TEXTILNÍHO ODPADU

Petra Dróhsler¹, Dominika Hanušová¹, Daniel Sanétrník¹, Martina Pummerová¹, Dagmar Foldynová¹, Vladimír Sedlařík¹

¹Centrum polymerních systémů, Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, třída T. Bati
5678, 760 01 Zlín, Česká republika

* Korespondenční e-mail: drohsler@utb.cz

ABSTRAKT

Problematika plastů zasahuje do celé řady průmyslových odvětví, přičemž textilní sektor představuje její významnou část. V této souvislosti jsou intenzivně hledány metody zpracování umožňující efektivní využití těchto odpadních materiálových zdrojů a jejich návrat do oběhu. Na globální úrovni však míra jejich využití zůstává stále nízká, zejména v důsledku technologických omezení spojených s recyklací. Ta je často provázána změnami vlastností materiálů, například v oblasti reologického, mechanického a tepelného chování, což může negativně ovlivnit jejich další aplikační potenciál.

Centrum polymerních systémů se touto problematikou systematicky zabývá, a to s důrazem na její praktický dopad v každodenním životě. Výzkum je primárně zaměřen na komplexní charakterizaci vstupních polyesterových a polyamidových materiálů. Ta zahrnuje hodnocení mechanických, reologických a tepelných vlastností, dále analýzu elementárního složení a také identifikaci těkavých látek uvolňovaných z recyklátů a finálních produktů (tzv. off-gassing).

Na základě získaných poznatků jsme schopni navrhnout a optimalizovat vhodné postupy zahrnující modifikaci recyklované polymerní matrice nebo přípravu kompozitních materiálů pro efektivní technologické zpracování. Cílem je jejich opětovné využití v textilním průmyslu s důrazem na udržitelnost, a to jak ve formě textilních vláken, tak i nanovlákněných struktur připravovaných metodou elektrospinningu.

Nedílnou součástí tohoto výzkumu je rovněž hodnocení dopadů na životní prostředí, zejména z hlediska uhlíkové stopy, která je kvantifikována prostřednictvím LCA analýzy.

Klíčová slova: textilní odpad, polyester, polyamid, recyklace, udržitelnost.



Obr. 1. Schéma recyklačního cyklu textilního odpadu na textilní vlákna a nanovlákná z polyesterového a polyamidového materiálu

PODĚKOVÁNÍ

Tato práce byla podpořena Ministerstvem životního prostředí České republiky prostřednictvím Evropského fondu pro spravedlivou transformaci v rámci Operačního programu Spravedlivá transformace, projekt CirkArena (CZ.10.03.01/00/22_003/0000045) a Ministerstvem školství, mládeže a tělovýchovy České republiky, projekt DKRVO (RP/CPS/2024-28/002) a v rámci Operačního programu OP JAC „Rozvoj aplikačního potenciálu v oblasti polymerních materiálů v kontextu udržování oběhového hospodářství (POCEK)“, č. CZ.02.01.01/00/23_021/0009004.

BIOLOGICKY ROZLOŽITELNÉ OBALOVÉ MATERIÁLY PODPORUJÍCÍ CIRKULARITU, UDRŽITELNOST A EKOLOGICKÉ INOVACE

Petra Dróhslér*, Tomáš Šopík, Martina Pummerová, Vladimír Sedlařík

Centrum polymerních systémů, Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, třída T. Bati
5678, 760 01 Zlín, Česká republika

*Korespondenční e-mail: drohsler@utb.cz

ABSTRAKT

Náhrada syntetických látek přírodními alternativami, zejména z odpadních rostlinných surovin, představuje klíčový směr ve vývoji udržitelných materiálů.

Tato práce v rámci projektu BioPackMan se zaměřuje na využití bioaktivních látek – pinosylvinu a betaninu. Pinosylvin, získávaný z odpadního dřeva borovice lesní (*Pinus sylvestris*), vykazuje antibakteriální účinky, zatímco betanin izolovaný ze zbytkové biomasy vznikající při zpracování červené řepy (*Beta vulgaris* var. *vulgaris*) je známý svou antioxidační aktivitou. Přestože jsou tyto látky dobře prozkoumány v potravinářství a medicíně, jejich využití v obalových materiálech je omezené, zejména v důsledku jejich nižší stability při termomechanickém zpracování.

Cílem práce bylo optimalizovat podmínky extrakce (Soxhletova extrakce a extrakce vhodným rozpouštědlem) za účelem maximalizace výtěžnosti a následně charakterizovat získané extrakty pomocí HPLC, stanovení antioxidační aktivity, obsahu celkových fenolů a teplotních vlastností. Výsledky poukazují na nutnost modifikace přírodních aditiv, přičemž jako vhodný přístup se jeví inkorporace extraktů na anorganické nosiče (bentonit a halloysit), které byly charakterizovány z hlediska struktury a adsorpčních vlastností. Takto upravená aditiva byla následně termomechanicky zapracována do biodegradabilního polymeru – polylaktidu. Měření provedená na zařízení HAAKE MicroLab II naznačují, že tato kombinace příznivě ovlivňuje viskozitní vlastnosti materiálu během zpracování.

Klíčová slova: *pinosylvin, betanin, přírodní aditiva, odpadní biomasa, polylaktid, termomechanické zpracování.*

PODĚKOVÁNÍ

Tato práce byla podpořena projektem BioPackMan (č. projektu 101178576 – *Biodegradable Packaging Materials Advancing Circularity, Sustainability & Eco-Innovation*). Tato práce byla umožněna díky financování v rámci výzvy HORIZON-CL4-2024-RESILIENCE-01-TWO-STAGE (téma: HORIZON-CL4-2024-RESILIENCE-01-35) v rámci programu HORIZON Innovation Actions.

VPLYV VYBRANÝCH PRÍRODNÝCH FENOLICKÝCH ZLÚČENÍN NA VLASTNOSTI CELULÓZOVÝCH AGROHYDROGELOV PRE POĽNOHOSPODÁRSKE ÚČELY

Klaudia Chmelová ^{1*}, Jitka Dostálková ¹, Dagmar Foldynová ¹, Vladimír Sedlařík ¹

¹Centrum polymerních systémů, Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, třída T. Bati 5678, 760 01
Zlín, Česká republika

* Korešpondenčný e-mail: kchmelova@utb.cz

ABSTRAKT

Zmeny klimatických podmienok a čoraz častejší výskyt sucha predstavujú významnú výzvu pre udržateľnú poľnohospodársku produkciu. Jednou z možností, ako zlepšiť hospodárenie s vodou v pôde, je využitie polymérnych hydrogelov schopných zadržiavať a postupne uvoľňovať vodu.

S cieľom zlepšiť funkčné vlastnosti celulózových agrohydrogelov boli v tejto práci do ich zloženia pridané vybrané prírodné fenolické látky – kyselina galová a vanilín, známe svojimi antioxidantnými a antimikrobiálnymi účinkami. Predpokladalo sa, že prídavky týchto zlúčenín spomalia mikrobiálnu degradáciu hydrogelov v pôde a tým predĺžia ich účinnosti.

Pripravili sa vzorky v dvoch variantoch (s kyselinou galovou a vanilínom) v troch rôznych koncentráciách prídavku fenolických aditív (0,01 %, 0,1 % a 0,5 %). Následne sa podrobne charakterizovali ich fyzikálno-chemické a funkčné vlastnosti, a to: zastúpenie gelovej frakcie, reabsorpčnú kapacitu, schopnosť zadržiavať vodu v pôde a rýchlosť degradácie pôdnymi mikroorganizmami. Pomocou skenovacej elektrónovej mikroskopie sa vizualizovali ich morfológické vlastnosti. Okrem toho sa skúmal vplyv prítomnosti hydrogelov na rast modelovej rastliny – reďkovky (*Raphanus sativus*).

Výsledky naznačujú, že fenolické látky modulujú fyzikálno-chemické vlastnosti a stabilitu hydrogelov vo vode aj v pôde. Hoci nebola zaznamenaná očakávaná zvýšená antimikrobiálna účinnosť, prítomnosť hydrogelov významne zlepšila klíčivosť, rast a celkovú vitalitu rastlín, čím sa predišlo prejavom v dôsledku sucha.

Získané poznatky poukazujú na potenciál celulózových agrohydrogelov ako udržateľného riešenia pre moderné poľnohospodárske aplikácie.

Kľúčové slová: hydrogely na báze celulózy, kyselina galová, vanilín, klíčivosť rastlín, biodegradácia, stabilita hydrogelov

POĎAKOVANIE

Táto práca vznikla za finančnej podpory Operačného programu Jan Amos Komenský, projekt „Rozvoj aplikačného potenciálu v oblasti polymerných materiáľů v kontextu naplňování principů cirkulární ekonomiky (POCEK)“ CZ.02.01.01/00/23_021/0009004.

ECO-FRIENDLY POLYMER ELECTROLYTES BASED ON SODIUM CARBOXYMETHYL CELLULOSE AND PECTIN FOR SUSTAINABLE ENERGY STORAGE IN EDLC APPLICATIONS

Khellouf Riyadh Abdekadir¹, Eva Domincova Bergerova¹, Aleksii Modebadze¹, Dušan Kimmer¹, Sedlarik Vladimir¹

¹ Centre of Polymer Systems, University Institute, Tomas Bata University in Zlin, Tr. T. Bati 5678, 760 01 Zlin, Czech Republic

Korespondenční e-mail: khellouf@utb.cz

ABSTRACT

In this work, a biodegradable and plasticized polymer electrolyte system was developed using a blend of pectin and sodium carboxymethyl cellulose (NaCMC), incorporating lithium perchlorate as the ionic dopant. The resulting biopolymer electrolyte films were systematically characterized to investigate their structural, physicochemical, and electrochemical properties, with particular emphasis on ionic transport behavior and stability.

The composition containing 25 wt.% lithium perchlorate exhibited the highest ionic conductivity, reaching $3.55 \times 10^{-4} \text{ S cm}^{-1}$, demonstrating its potential suitability for electrochemical energy storage applications. When implemented in an electrical double-layer capacitor configuration, the electrolyte showed favorable electrochemical performance, including stable capacitance behavior, good cycling durability, and high Coulombic efficiency. Overall, the results highlight the potential of NaCMC/pectin-based polymer electrolytes as sustainable and environmentally benign alternatives to conventional materials, particularly for use in flexible and green energy storage devices.

AKNOWLEDGMENT

This work was supported by , the Ministry of Education, Youth and Sports of the Czech Republic- DKRVO (RP/CPS/2022/002).

COMPATIBILIZATION OF BARIUM TITANATE PARTICLES WITH PVDF THROUGH SURFACE GRAFTING WITH PBA POLYMER BRUSHES

Markéta Ilčíková^{1,2*}, Přemysl Fajkus², Josef Osička², Danila Gorgol², Tomáš Plachý²,
Miroslav Mrlík²

¹Department of Physics and Materials Engineering, Faculty of Technology, Tomas Bata University in Zlin, Czech Republic, Vavrečkova 5669, Zlín 76601

²Centre of Polymer Systems, University Institute, Tomas Bata University in Zlin, Trida Tomase Bati 5678, Zlin 76001, Czech Republic

* Correspondence e-mail: ilcikova@utb.cz

ABSTRACT

The piezoelectric particles barium titanate were grafted with poly(*n*-butyl acrylate) polymer brushes by surface initiated atom transfer radical polymerization. The aim was improve dispersion and distribution of particles in poly(vinylidene fluoride) matrix and asses the effect on composite material properties. The molecular parameters of grafted PBA brushes were characterized by gel permeation chromatography. The molecular weight of brushes was correlated to monomer conversion determined by proton spectra of nuclear magnetic resonance. The presence of polymer on particle surface was confirmed by Fourier transfer infrared spectroscopy (FTIR). The effect of particle loading and surface modification of beta phase formation was evaluated by FTIR. The crystallinity was studied by differential scanning calorimetry. The mechanical properties of composites were analysed by tensile tests. The presence such particles significantly affected the crystallinity and formation of piezo active beta phase of PVDF.

ACKNOWLEDGEMENT

This publication was created as part of the implementation of the project Testing laboratory for the implementation of sustainable and resilient technologies, reg. number CZ.02.01.01/00/23_021/0010411, co-financed by the European Union under the OP Jan Amos Comenius.

IMUNOGLOBULIN Y (IGY) – BIOAKTIVNÍ ADITIVUM PRO POLYMERNÍ SYSTÉMY

Veronika Hanuliak^{1*}, Vladimír Sedlařík²

¹ Centrum polymerních systémů, Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, třída T. Bati
5678, 760 01 Zlín, Česká republika

* Korespondenční e-mail: hanuliak@cps.cz

ABSTRAKT

V kontextu současných trendů v oblasti cirkulární ekonomiky plastů a vývoje pokročilých funkčních materiálů roste význam využití bioaktivních látek z obnovitelných zdrojů. Imunoglobulin Y (IgY), získávaný z vaječných žloutků, představuje perspektivní biomolekulu, která může být využita nejen v biomedicíně, ale také jako funkční aditivum v polymerních systémech. Díky své vysoké specifitě, biologické aktivitě a relativně snadné dostupnosti nabízí potenciál pro tvorbu bioaktivních povrchů, antimikrobiálních vrstev či inteligentních obalových materiálů.

Cílem této práce je propojit optimalizaci izolačních a purifikačních procesů IgY s jeho následnou aplikací v polymerních matricích, a to s důrazem na udržitelnost, procesní škálovatelnost a kompatibilitu s technologiemi zpracování plastů (např. extruze či povrchové úpravy). Experimentálně byly porovnány konvenční metody izolace (úprava pH, srážení síranem amonným, organickými kyselinami) s moderními přístupy zahrnujícími membránové separace a ultrafiltraci. Hodnoceny byly parametry jako výtěžnost, čistota, environmentální dopad a vhodnost pro následné začlenění do polymerních systémů.

Výsledky ukazují, že šetrné, nízkorozpouštědlové postupy umožňují získání IgY s dostatečnou čistotou pro materiálové aplikace při zachování jeho bioaktivity. Optimalizované postupy kombinující membránové technologie a mírné srážecí metody vykazují nižší environmentální zátěž a vyšší procesní efektivitu ve srovnání s tradičními přístupy. Zároveň bylo prokázáno, že IgY lze efektivně inkorporovat do polymerních vrstev bez významné degradace jeho funkčních vlastností, což umožňuje jeho využití v bioaktivních, antimikrobiálních a inteligentních materiálech.

Práce potvrzuje, že izolace IgY z vaječných žloutků představuje udržitelnou biotechnologickou platformu s vysokým aplikačním potenciálem v oblasti plastů. Integrace této biomolekuly do

polymerních systémů přispívá k rozvoji cirkulární bioekonomiky a k tvorbě materiálů s vyšší přidanou hodnotou, což je v souladu s aktuálními směry výzkumu a průmyslové praxe v oblasti plastů.

PODĚKOVÁNÍ

Tato práce byla podpořena Ministerstvem životního prostředí České republiky prostřednictvím Evropského fondu pro spravedlivou transformaci v rámci Operačního programu Spravedlivá transformace, projekt CirkArena (CZ.10.03.01/00/22_003/0000045) a Ministerstvem školství, mládeže a tělovýchovy České republiky, projekt DKRVO (RP/CPS/2024-28/002) a v rámci Operačního programu OP JAC „Rozvoj aplikačního potenciálu v oblasti polymerních materiálů v kontextu udržování oběhového hospodářství (POCEK)“, č. CZ.02.01.01/00/23_021/0009004.

REFERENCE

- [1] CAPOTĂ, R., CIAUȘU-SLIWA, D., BOSTANARU-ILIESCU, A.-C. a MAREȘ, M. Latest findings in immunoglobulin Y (IgY) technologies and applications. In: *International Journal of Molecular Sciences*. Basel: MDPI, 2025, roč. 26, s. 6380.
- [2] YAKHKESHI, S., ISAH, M. B., SADEGHI-ABANDANSARI, H., ZHANG, X. Advances in IgY antibody dosage form design and delivery strategies: current status and future perspective. In: *International Journal of Biological Macromolecules*. Amsterdam: Elsevier, 2025, s. —
- [3] ISAH, M. B., et al. A novel and quick egg yolk immunoglobulin Y (IgY) extraction method based on liquid–liquid phase separation. In: *Biotechnology Reports*. Amsterdam: Elsevier, 2025, s. —
- [4] QIU, H., JIN, X., ZHANG, X., HUANG, J. Egg yolk immunoglobulins (IgY): purification, activity enhancement, and potential benefits for human health. In: *Nutrients*. Basel: MDPI, 2025, s. —
- [5] PERIYASAMY, T., PARVEEN ASRAFALI, S., LEE, J. Recent advances in functional biopolymer films with antimicrobial and antioxidant properties for sustainable food packaging. In: *Polymers*. Basel: MDPI, 2025, roč. 17, s. 1257.
- [6] SHEN, Y., SEIDI, F., AHMAD, M., LIU, Y., SAEb, M. R., AKBARI, A., XIAO, H. Recent advances in functional cellulose-based films with antimicrobial properties. In: *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. Washington: ACS, 2023, roč. 71, s. 16469–16487.
- [7] APPENDINI, P., HOTCHKISS, J. H. Review of antimicrobial food packaging. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*. Amsterdam: Elsevier, 2002, roč. 3, s. 113–126.

ŘÍZENÁ ÚPRAVA FUNKČNÍCH VLASTNOSTÍ VNITŘNÍCH STRUKTUR VYTVOŘENÝCH ADITIVNÍMI TECHNOLOGIEMI: VÝROBA, DOKONČOVÁNÍ A CT DIAGNOSTIKA

Jan Hanzlík^{1*}, Martin Bednařík¹, Milan Žaludek¹

¹Ústav výrobního inženýrství, Fakulta technologická, Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně,
Vavrečkova 5669, 760 01 Zlín

* Korespondenční e-mail: j_hanzlik@utb.cz

ABSTRAKT

Zvyšující se nároky na funkční integritu a provozní spolehlivost technických komponent vedou k intenzivnímu rozvoji metod umožňujících výrobu, přesnou kontrolu a optimalizaci jejich vnitřních struktur. Aditivní výroba, která se stále častěji uplatňuje i v oblastech úzce propojených se zpracováním polymerních materiálů (např. výroba forem, chladicích systémů či funkčně integrovaných nástrojů), umožňuje realizaci složitých vnitřních geometrií s vysokou konstrukční volností. Takto vytvořené vnitřní struktury však vykazují povrch se zvýšenou drsností a přítomností defektů, které mohou zásadně ovlivňovat transport tepla, proudění média a interakci zpracovávaného materiálu s povrchem nástroje.

Tato studie se zaměřuje na hodnocení vlivu parametrů dokončovacího procesu Abrasive Flow Machining (AFM) na kvalitu povrchu vnitřních struktur vyrobených technologií Atomic Diffusion Additive Manufacturing (ADAM). Jako hlavní inspekční nástroj, pro nedestruktivní hodnocení povrchových vlastností, byla využita počítačová tomografie (CT). Výsledky potvrzují, že AFM významně redukuje drsnost povrchu a odstraňuje výrobní artefakty i v obtížně přístupných oblastech, což vede ke zlepšení funkčních vlastností tištěných ploch. CT analýza zároveň prokázala konzistentní úběr materiálu po celé délce vnitřního kanálu a zvýšení geometrické shody po dokončovacím procesu. Kombinace aditivní výroby, řízených dokončovacích procesů a pokročilých metod diagnostiky umožňuje připravit vnitřní segmenty s přesně definovanými vlastnostmi, optimalizovanými pro konkrétní aplikační podmínky v různých odvětvích průmyslu.

Získané výsledky poukazují na potřebu dalšího systematického výzkumu této problematiky, a to nejen ve vztahu ke konkrétním aplikačním oblastem, ale i pro široké spektrum komponent s vnitřními strukturami vyráběnými aditivními technologiemi.

PODĚKOVÁNÍ

Tento příspěvek vznikl za podpory projektu Testovací laboratoř pro implementaci udržitelných a odolných technologií, reg. číslo CZ.02.01.01/00/23_021/0010411, spolufinancovaného Evropskou unií v rámci OP Jan Amos Komenský.

ELECTROACTIVE MICRO- AND NANOSTRUCTURED OBJECTS FABRICATED VIA ELECTROHYDRODYNAMIC JETTING AND ELECTROSPINNING

Markéta Kadlečková^{1,2*}, Tereza Mejtská³, Martin Minařík³, Antonín Minařík^{1,2}

¹Tomas Bata University in Zlín, Faculty of Technology, Department of Physics and Materials Engineering, Vavrečkova 5669, 760 01 Zlín, Czech Republic

²Tomas Bata University in Zlín, Centre of Polymer Systems, třída Tomáše Bati 5678, 760 01 Zlín, Czech Republic

³FYSCON s.r.o., Vavrečkova 5262, 760 01 Zlín, Czech Republic

* Correspondence e-mail: m1_kadleckova@utb.cz

ABSTRACT

Electroactive polymeric micro- and nanostructured objects have significant application potential in sensor and tissue engineering due to their ability to provide both structural support and dynamic signaling. This study focuses on the fabrication and characterization of hierarchical 3D objects based on the relaxor ferroelectric terpolymer poly(vinylidene fluoride–trifluoroethylene–chlorotrifluoroethylene) (PVDF-TrFE-CTFE). Unlike standard PVDF, this terpolymer exhibits enhanced electrostrictive properties and high dielectric permittivity, making it an attractive candidate for modulating cellular responses via mechanical-to-electrical transduction, as well as for sensitive detection of mechanical stimuli in sensor applications.

The 3D objects were fabricated from dimethyl sulfoxide (DMSO) solutions using a state-of-the-art 3D printing system developed by FYSCON s.r.o., based on electrohydrodynamic jetting (EHDJ). A key advantage of this technology lies in its versatility: it enables high-precision deposition of microfibers with diameters on the order of single micrometers, allowing the fabrication of complex 3D architectures, while also supporting electrospinning for the preparation of ultrathin nanofibrous layers. By combining these two approaches, hybrid three-dimensional structures can be fabricated that bridge the gap between microscale structural guidance and nanoscale biomimicry within a single integrated process, while also enhancing sensitivity and signal transduction in sensor applications due to their hierarchical architecture. The resulting structures were characterized in terms of morphology, surface properties, and electroactive behavior. Morphology was characterized using scanning electron microscopy (SEM). Wettability was evaluated by water contact angle measurements. The piezoresponse of

the structures was assessed by Fourier-transform infrared spectroscopy (FTIR) to determine the β -phase content and by piezoresponse force microscopy (PFM).

The prepared hybrid 3D objects exhibit a synergistic combination of structural guidance and electroactive functionality, which may significantly influence cell behavior. In particular, the designed architecture, for example, may enable contact guidance of cells, while the intrinsic electroactivity of the material could induce mechanotransduction effects, where mechanical interactions between cells and the scaffold may lead to localized electrical stimulation.

These findings highlight the potential of PVDF-TrFE-CTFE-based hybrid three-dimensional structures fabricated via electrohydrodynamic techniques for advanced applications in advanced sensors and regenerative medicine.

Acknowledgement: This publication was created as part of the implementation of the project *Testing laboratory for the implementation of sustainable and resilient technologies*, reg. number CZ.02.01.01/00/23_021/0010411, co-financed by the European Union under the OP Jan Amos Comenius.

3D-PRINTED FIBER-REINFORCED POLYMERS: INFLUENCE OF FIBER REINFORCEMENT ON RESONANCE AND SOUND REFLECTION PROPERTIES

Tomas Zvoníček 1, Martin Vašina 1 and Petr Smolka 1,2,*

1 Department of Physics and Materials Engineering, Faculty of Technology, Tomas Bata University in Zlín, Vavrečkova 5669, 760 01 Zlín, Czech Republic

2 Centre of Polymer Systems, Tomas Bata University in Zlín, Třída Tomáše Bati 5678, 760 01 Zlín, Czech Republic

* Correspondence e-mail: smolka@utb.cz

ABSTRACT

The acoustic behavior of materials represents a key factor in a wide range of engineering applications, including noise control, mitigation of structural vibrations, and optimization of sound transmission. Recent advances in additive manufacturing have enabled the fabrication of polymer materials with tailorable acoustic properties. This research area has a significant practical impact on the design of components and devices with optimized acoustic–mechanical performance.

The present study investigates how different reinforcement strategies affect sound reflection and vibrational response in thermoplastic materials manufactured using fused filament fabrication (FFF). Polymer composites based on PET-G, ASA, ABS, PC, and PA were analyzed in both unreinforced and fiber-reinforced configurations, incorporating either carbon or glass fibers. In addition, composites consisting of a neat polymer matrix combined with an embedded metal reinforcing fabric were examined.

Preliminary results indicate that carbon fiber reinforcement improved the average sound reflection coefficient in PET-G, ASA, ABS, and PA, whereas glass fiber reinforcement resulted in the most stable and highly reflective acoustic behavior, particularly in ABS + GF and PA + GF composites. Fiber reinforcement therefore enhances the acoustic performance of 3D-printed polymers, which can be attributed to reduced damping and increased structural stiffness. However, polymers reinforced with organic or inorganic fibers may pose various environmental and health risks.

Samples reinforced with a metal fabric exhibited inconsistent acoustic behavior, most likely due to insufficient adhesion at the polymer–metal interface. This issue could potentially be mitigated through optimization of 3D printing parameters. Further experimental work could beneficially exploit the potential of X-ray tomography to detect weak interfacial regions and to enable targeted tuning of printing parameters, as well as to support the development of advanced internal architectures within the printing models (3D data).

ACKNOWLEDGEMENT

This publication was created as part of the implementation of the project Testing laboratory for the implementation of sustainable and resilient technologies, reg. number CZ.02.01.01/00/23_021/0010411, co-financed by the European Union under the OP Jan Amos Comenius. The author Petr Smolka thanks the project DKRVO (RP/CPS/2024-2028/003) too. The author Tomáš Zvoniček also thanks the TBU Grant No. IGA/FT/2024/007 and IGA/FT/2025/005.

VLIV OPAKOVANÉ RECYKLACE NA KVALITU PLASTOVÝCH VÝROBKŮ

Martin Novák^{1,2,*}, Jaroslav Císař¹, Andrea Poláčková¹, Ahmed Mostafa Alazab Aly Nasr¹,
Vladimír Sedlařík¹

¹ Centrum polymerních systémů, Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, třída T. Bati 5678, 760 01
Zlín, Česká republika

² Fakulta technologická, Univerzita Tomáše Bati v Zlíně, Vavrečkova 5669, 760 01 Zlín 1,
Česká republika

* Korespondenční e-mail: m8_novak@utb.cz

ABSTRAKT

Mechanická recyklace je zásadním komponentem konceptu cirkulární ekonomiky, jejímž primárním cílem je minimalizace environmentální zátěže prostřednictvím opětovného využívání materiálových zdrojů. V tomto rámci tohoto kontextu se náš současný výzkum zaměřuje na efektivní využití recyklovaných polymerních materiálů v praktických procesních podmínkách. Důraz je tudíž kladen na mechanickou recyklaci, a zvláště na zachování a správné hodnocení kvality výsledných produktů.

Výzkumné aktivity se soustředily na rozšíření doposud nabytých znalostí, zkušeností a databáze fyzikálně-mechanických vlastností recyklovaných materiálů na patřičnou úroveň, nutnou pro vybudování teoretického podkladu pro praktické aspekty procesu. Jedná se především o poslední kroky recyklačního procesu, jmenovitě o regranulaci a optimalizaci technologických parametrů.

Klíčovými faktory úspěšné recyklace jsou zde eliminace negativních vlivů a defektů, které ovlivňují mechanicko-fyzikální vlastnosti vzniklého recyklátu.

Na základě předchozí práce byly vybrané polymery (PP, PLA, PBS, P3HB apod.) několikrát přepracovány a kvalita produktů z nich vyrobených byla posouzena pomocí tahových a rázových zkoušek, DSC, vizuální kontroly povrchových defektů a dalších metod.

Získané výsledky potvrzují, že kvalita recyklovaných výrobků je významně ovlivněna čistotou vstupního materiálu, správnou volbou procesních parametrů a specifickým chováním testovaného polymeru.

Klíčová slova: opakovaná recyklace, mechanická recyklace, kvalita výrobků, hodnocení mechanicko-fyzikálních vlastností

PODĚKOVÁNÍ

Tato práce byla realizována za podpory Evropského fondu pro spravedlivou transformaci v rámci operačního programu Spravedlivá transformace pod záštitou MŽP ČR (projekt CirkArena, CZ.10.03.01/00/22_003/0000045) Další podpora byla poskytnuta v rámci rozvoje

Centra polymerních systémů Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně v rámci programu DKRVO (RP/CPS/2024–28/002) financovaného MŠMT ČR.

PLASMA-INDUCED METFORMIN FUNCTIONALIZATION OF POLYETHYLENE FOR BIOMEDICAL APPLICATIONS

Štěpán Žídek^{1*}, Kateřina Štěánková¹, Hana Pištěková¹, Monika Stupavská², Pavel Sťahel²,
David Trunec², Miran Mozetič³ and Marian Lehocký¹

¹Centre of Polymer Systems, Tomas Bata University in Zlín, Zlín, Czech Republic

²Department of Plasma Physics and Technology, Faculty of Science, Masaryk University,
Brno, Czech Republic

³Department of Surface Engineering, Jozef Stefan Institute, Ljubljana, Slovenia

* Korespondenční e-mail: s_zidek@utb.cz

ABSTRAKT

The repurposing of established pharmaceuticals has recently attracted significant attention, particularly in the context of multifunctional biomaterials. Metformin, a widely prescribed antidiabetic agent, has been reported to exhibit additional biological effects, including antibacterial activity. In this study, we present a surface engineering strategy aimed at immobilizing metformin onto low-density polyethylene (LDPE) films to generate functionalized surfaces with potential biomedical relevance.

The modification process involves a sequential physico-chemical approach. Initially, LDPE substrates were activated using air plasma treatment to generate reactive surface species. This was followed by graft polymerization of acrylic acid (AA), introducing surface-bound carboxyl functional groups. Subsequently, metformin was covalently attached through carbodiimide chemistry using N-(3-dimethylaminopropyl)-N'-ethylcarbodiimide hydrochloride (EDC) and N-hydroxysuccinimide (NHS) as coupling agents.

Comprehensive surface characterization was performed using Fourier transform infrared spectroscopy (FTIR), X-ray photoelectron spectroscopy (XPS), and contact angle measurements. These analyses confirmed the successful incorporation of metformin and revealed increased surface wettability, while morphological assessment indicated the formation of a relatively uniform coating.

Biological evaluation included antibacterial testing against *Staphylococcus aureus* and *Escherichia coli*, which did not demonstrate significant inhibitory effects at the investigated concentrations. In parallel, cytocompatibility was assessed using pluripotent mesenchymal

cells. The results indicated good biocompatibility at lower metformin loadings, whereas higher concentrations induced a dose-dependent decrease in cell viability, suggesting cytotoxic effects. Overall, the presented approach demonstrates the feasibility of plasma-assisted immobilization of metformin onto polymer substrates. While the antibacterial performance remains limited under current conditions, the system shows promise for biomedical applications, provided that further optimization is conducted to achieve an appropriate balance between bioactivity and cytocompatibility.

This work was supported by the Internal Grant Agency of TBU in Zlin (IGA/CPS/2026/007) and the Ministry of Education, Youth and Sports of the Czech Republic – DKRVO (RP/CPS/2024-28/005).

VPLYV TYPU A OBSAHU DISPERGÁTORA NA SPRACOVATEĽNOSŤ PE/FR KOMPAUNDOV A ŠTÚDIUM ICH VLASTNOSTÍ

Zita Tomčíková^{1*}, Martina Bednarčíková²

^{1,2}Výskumný ústav chemických vlákien, a.s., Štúrova 2, 05921 Svit, Slovenská Republika

* Korešpondenčný e-mail: tomcikova@vuchv.sk

ABSTRAKT

Polyetylén sa vyznačuje vysokou horľavosťou, ktorú je možné znížiť prídavkom retardérov horenia a synergických aditív. V prezentovanej práci bol použitý polyetylén LDPE BRALEN+ FB 2-16 (PE) ako matrica, ktorá bola aditivovaná bezhalogénovým retardérom horenia Flamestab® NOR116F (FR). V prvej časti sa skúmal vplyv dvoch dispergátorov GENIOPLAST PE50S08 (D1) a Licowax PE190P (D2) na technológiu prípravy, tokové a spracovateľské vlastnosti PE kompaundov. Obsah FR bol konštantný 2 hm% vo všetkých vzorkách, bez aj s dispergátormi. Dispergátory boli pridávané v množstve 0,5 hm%; 1,0 hm% a 2,0 hm%. Výskumom technológie prípravy kompaundov sa zistilo, že dispergátor D1 má pozitívny vplyv na výrobný proces – zmes je sypkejšia a struny vychádzajúce z extrúdera sú rovnomerné počas celej výroby. Pri dispergátore D2 bol zistený pozitívny vplyv na filtrovateľnosť kompaundov. Obidva dispergátory mierne zvyšujú index toku. Rozdiely v spracovateľských vlastnostiach medzi jednotlivými kompaundmi sa významne nelíšia. Druhá časť výskumu bola zameraná na štúdium horľavosti plastových výliskov z PE kompaundov metódou stanovenia kyslíkového čísla LOI (Limiting Oxygen Index) podľa normy EN ISO 4589-1 a 2. Plastové výlisky kompaundu bez dispergátora PE/2 %FR dosiahli najvyššie LOI 27,5 %. Pri dispergátore D1 sa nepotvrdil synergický účinok s retardérom horenia, pokles na 26 %. Najnižšie LOI sa podľa očakávania nameralo u PE kompaundov s dispergátorom D2, kde v plastových výliskoch PE kompaundov so zvyšujúcim sa obsahom D2 kyslíkové číslo úmerne klesá až na 24,5 %.

ÚVOD

Polyetylén (PE) je termoplastický polymér získaný polymerizáciou monoméru etylénu. Má dobrú odolnosť proti chladu, dobrú mechanickú pevnosť a dielektrické vlastnosti. Je nepolárny,

preto sa všeobecne používa ako izolačný materiál vysokonapäťových vodičov a káblov. Tiež je široko používaný vo fóliách, potrubiach, obaloch, nádobách, zdravotníckych pomôckach atď. Polyetylén je horľavejší v porovnaní s inými polymérmi, kyslíkové číslo má len 17,4 % = horľavý materiál. Pri horení PE sa uvoľňuje veľké množstvo tepla a dymu, rýchlo sa taví a pri horení odkvapkáva. To predstavuje veľké nebezpečenstvo ohrozenia života a majetku a obmedzuje jeho použitie. Jedným zo spôsobov ako tomu predísť, je vykonať modifikáciu polyetylénu spomaľovačmi (retardérmi) horenia [1-3].

Retardéry horenia sú látky, ktoré oddiaľujú vznietenie, pretože majú vysoké body vzplanutia, a preto sú prakticky nehorľavé. Účinné retardéry horenia pre PE by mali obmedziť alebo eliminovať odkvapkávanie, aby sa zabránilo šíreniu plameňov [4]. Na zlepšenie odolnosti voči ohňu sa používajú hlavne halogénové spomaľovače horenia (HFR), ako napríklad rôzne brómované FR (dekabromdifenyloéter, tetrabrombisfenol A, tris(tribromneopentyl)fosfát), v kombinácii s oxidom antimónu [5, 6]. HFR predstavujú značné nevýhody, a to koróziu zariadenia počas spracovania, tvorbu toxických plynov a dymu v prípade požiaru ako aj environmentálne problémy. Najmä polybrómované difenyloétery (PBDE), vďaka svojim lipofilným vlastnostiam a perzistencii, sa stali všadeprítomnými kontaminantmi životného prostredia [7-9]. Preto v súčasnosti sa retardéry horenia vyvíjajú smerom k bezhalogénovej, nízkej toxicite a nízkej dymivosti. Bezhalogénové retardéry môžu byť na báze dusíka, kedy pri horení uvoľňujú nehorľavé plyny, ktoré riedia koncentráciu kyslíka a ochladzujú povrch, alebo na báze fosforu, vtedy vytvárajú na povrchu ochrannú zuhoľnatú vrstvu, ktorá bráni prístupu tepla a kyslíka k materiálu alebo to môžu byť anorganické plnivá napríklad hydroxid hlinitý alebo horečnatý, ktoré pri vysokých teplotách uvoľňujú vodnú paru, čím materiál ochladzujú [10, 11]. Dnes, v 21. storočí, priemysel retardérov horenia tvoria vyspelé spoločnosti, ako napríklad Dupont, BASF, Oceanchem Group Limited, Lanxess [12].

PE sa vo všeobecnosti spracováva pri nižších teplotách v porovnaní s niektorými inými polymérmi, preto retardéry horenia musia byť kompatibilné s podmienkami spracovania polyetylénu, aby sa zabezpečila správna dispergácia a fixácia v materiáli [13]. Upravený polyetylén so zníženou horľavosťou sa využíva najmä v elektrotechnike pre izolácie káblov a kryty elektronických zariadení, v stavebníctve ako izolačné fólie, rúry a obkladové panely a tiež v automobilovom priemysle pre vnútorné komponenty vozidiel [14,15].

Článok je zameraný na štúdium vplyvu dvoch typov dispergátorov na technológiu prípravy, tokové a spracovateľské vlastnosti PE kompaundov, ako aj na retardáciu horenia plastových výliskov z nich pripravených. Obsah dispergátorov v PE kompaunde je 0,5 hm%, 1 hm%

a 2 hm%. Vzorka kompaundu pozostávajúca z polyetylénovej matrice a retardéra horenia bez dispergátora bola použitá ako štandard.

EXPERIMENTÁLNA ČASŤ

Materiál

Polyetylén LDPE BRALEN+ FB 2-16 (PE) – výrobca Slovnaft, a.s.; bezhalogénový retardér horenia Flamestab® NOR116FF (FR) – výrobca BASF, dispergátory: GENIOPLAST PE50S08 (D1) od firmy Wacker Chemie AG a Licowax PE190P (D2) od firmy Clariant International Ltd.

Príprava PE kompaundov

Experimentálne výskumné práce prípravy PE kompaundov sa uskutočnili na laboratórnom dvojzávitkovom extrúderi Werner-Pfleider ZDSK Ø=28 mm s vákuovou zónou a príslušenstvom pre premixový postup prípravy vstupných surovín.

Príprava PE plastových výliskov

Z PE kompaundov boli pripravené plastové výlisky pozdĺžneho tvaru na zariadení HoliPress za podmienok: teplota tavenia 230 °C-240 °C, zádržný čas materiálu v násypke 3-8 min. a teplota formy 70-80 °C.

Metódy merania

Hodnotenie spracovateľských vlastností PE kompaundov

EN ISO 1133-1 Plasty. Stanovenie hmotnostného indexu toku taveniny (MFR) a objemového indexu toku taveniny (MVR) termoplastov. Časť 1: Normalizovaná metóda; PPS 1/24 Prachové častice, PPS 3/24 Stanovenie prchavých podielov, PPS 4/24 Objemová hmotnosť a PPS 7/24 Stanovenie filtrovateľnosti koncentrátu.

Stanovenie horľavosti metódou kyslíkového čísla (LOI)

EN ISO 4589-1 Plasty. Stanovenie horľavosti metódou kyslíkového čísla. Časť 1: Všeobecné požiadavky a EN ISO 4589-2 Plasty. Stanovenie horľavosti metódou kyslíkového čísla. Časť 2: Skúška pri teplote okolia. Norma EN ISO 4589-2 bola modifikovaná pre plastové výlisky pozdĺžneho tvaru, čo znamená, že skúška merania nezodpovedá presným podmienkam normy, ale je postačujúca pre porovnanie šírenia plameňa na vzorkách.

VÝSLEDKY A DISKUSIA

V prvej časti prác bol uskutočnený výskum technológie prípravy, tokových a spracovateľských vlastností PE kompaundov s obsahom 2% bezhalogénového FR. Študoval sa vplyv dvoch typov

dispergátora: 1) dispergátora D1 s obsahom siloxánového polyméru s ultravysokou molekulovou hmotnosťou, od ktorého sa očakávala podpora retardácie horenia a 2) dispergátora D2 bez retardačného účinku, ktorým bol polyetylénový vosk s vysokou hustotou a nízkou molekulovou hmotnosťou. Zloženie PE kompaundov s rôznym obsahom skúmaných dispergátorov a sledované technologické parametre ich prípravy sú uvedené v tabuľke 1.

Tab. 1. Zloženie a technologické parametre prípravy PE kompaundov

Kompaund	Zaťaž. pohonu [%]	Teplota taveniny [°C]	Tlak [bar]	Dávkovanie premixu [min ⁻¹]	Rýchlosť rezania [m/min]	Výkon linky [kg/h]
PE/2 %FR	62-63	188	10	500-700	16-14	3,0
PE/2 %FR/0,5 %D1	65-67	186	10	700	13	4,0
PE/2 %FR/1,0 %D1	72-73	187	9	700	22	5,5
PE/2 %FR/2,0 %D1	75-78	184	10	550	22	6,8
PE/2 %FR/0,5 %D2	65	185	10	550-730	20-17	2,6
PE/2 %FR/1,0 %D2	66-67	185	10	700	15	3,5
PE/2 %FR/2,0 %D2	65-66	185	10	700	9	3,6

Poznámka: otáčky vretien extrúdera boli konštantné 270 min⁻¹

Pri príprave kompaundu PE/2 %FR dochádzalo pri teplote 170 °C k prehrievaniu materiálu napriek intenzívnemu chladeniu teplotných zón extrúdera. Prehrievanie zón pravdepodobne súvisí s vysokou viskozitou samotného polyetylénu, kde v dôsledku trenia materiálu pri nízkych teplotách, dochádza k významnému zvýšeniu teploty taveniny. Premix vstupujúci do extrúdera sa počas procesu prípravy kompaundu nalepoval na steny násypky, vplyvom čoho sa stenčovala struna vstupujúca do rezačky, preto bolo nutné znížiť odťah struny zo 16 m/min na 14 m/min a zvýšiť dávkovanie z 500 min⁻¹ na 700 min⁻¹. Po pridaní dispergátora D1, pri všetkých jeho obsahoch 0,5 hm%; 1,0 hm% a 2,0 hm%, bol premix sypkejší a struny boli rovnomerné počas celej prípravy PE kompaundu. Napriek zlepšeniu spracovateľnosti premixov, prídavkom dispergátora D1 sa neznížilo prehrievanie zón extrúdera. Premix kompaundu PE/2 %FR/0,5 %D2 opäť zanechal tenký povlak na stenách miešačky a rovnako dochádzalo k prehrievaniu materiálu v taviacich zónach extrúdera. V polovici prípravy predmetného kompaundu sa začala stenčovať struna, preto sa znížili otáčky rezačky z 20 m/min na 17 m/min a dávkovanie sa zvýšilo z 550 min⁻¹ až na 730 min⁻¹. Zvýšenie obsahu dispergátora D2 v PE kompaunde

na 1 hm% a 2 hm%, už významnejšie neovplyvnilo proces prípravy strún. Z pripravených PE kompaundov boli stanovené tokové a spracovateľské vlastnosti, vid' tabuľka 2.

Tab. 2. Tokové a spracovateľské vlastnosti PE kompaundov

Kompaund	IT _v * [cm ³ / 10 min]	V _{kIT} [%]	Viskozita [Pas]	V _{kV} [%]	FI [MPa/ kg]	Prchavé podieľy [%]	Objemová hmotnosť [g/100 cm ³]	Prachové častice [hm%]
PE/2 %FR	2,58	2,5	4 100	2,5	65	0,037	62,68	0,0017
PE/2 %FR/0,5 %D1	2,71	1,3	3 904	1,3	33	0,039	57,39	0,0005
PE/2 %FR/1,0 %D1	2,73	2,1	3 878	2,1	68	0,043	57,80	0,0013
PE/2 %FR/2,0 %D1	2,70	2,1	3 912	2,1	80	0,049	59,32	0,0010
PE/2 %FR/0,5 %D2	2,74	3,5	3 866	6,5	29	0,031	55,12	0,0013
PE/2 %FR/1,0 %D2	2,74	2,3	3 859	2,3	24	0,033	55,93	0,0033
PE/2 %FR/2,0 %D2	3,03	4,6	3 180	9,2	23	0,053	55,97	0,0017

*190 °C/2,16 kg

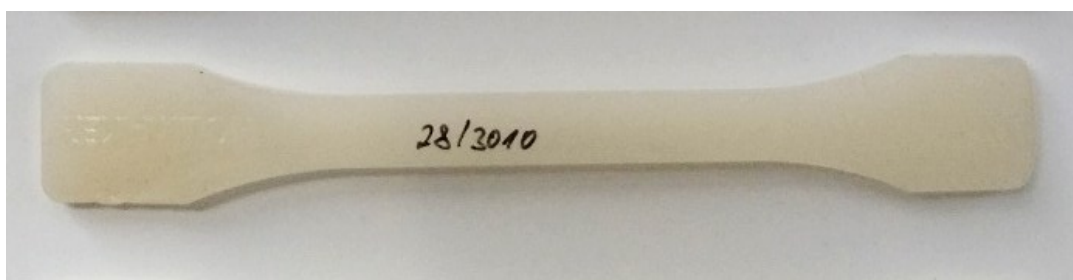
Porovnaním tokových vlastností PE kompaundov, sa zistilo, že obidva dispergátory D1 a D2 mierne zvýšili index toku z 2,58 cm³/10 min – vzorka bez dispergátora, na max. 2,73 cm³/10 min – použitím dispergátora D1 a na max. 3,03 cm³/10 min – použitím dispergátora D2. Recipročne k tomu sa znížila viskozita kompaundov, zo 4100 Pa.s na 3 878 Pa.s pri D1 a 3180 Pa.s pri D2, vid' tabuľka 2.

Dobrá filtrovateľnosť je požadovanou vlastnosťou pri spracovateľnosti kompaundov. Filtrovaťnosť sa vyjadruje cez Filter index (FI), čím je FI vyšší tým je spracovateľnosť kompaundu horšia. Filter index PE kompaundu bez dispergátora je 65 MPa/kg. Pri nízkom obsahu dispergátora D1 0,5 hm% sa FI znížil na 33 MPa/kg, ale už prídavok vyššieho množstva 1 hm% a 2 hm% spôsobil zvýšenie FI na 68 MPa/kg až 80 MPa/kg. Je to pravdepodobne spôsobené vznikom aglomerátov počas extrúzie v dôsledku vyššieho obsahu dispergátora D1. Prídavok dispergátora D2 mal naopak pozitívny účinok na filtrovateľnosť kompaundov, čo sa prejavilo v znížení FI o viac ako polovicu v porovnaní so štandardom, t.j. so vzorkou PE/2 %FR bez dispergátora, vid' tabuľka 2.

Spracovateľské vlastnosti popisujú kvalitu granulátu PE kompaundov. Ako vidieť z tabuľky 2 rozdiely v spracovateľských vlastnostiach medzi jednotlivými kompaundmi sa významne nelíšia. V porovnaní s kompaundom bez obsahu dispergátora, majú kompaundy obsahujúce

dispergátor D1 mierne vyšší obsah prchavých podielov, nižší obsah prachových častíc a nižšiu objemovú hmotnosť, tabuľka 2. Kompaundy obsahujúce dispergátor D2 majú najnižšiu objemovú hmotnosť, v priemere 55,67 g/cm³.

Druhá časť výskumu bola zameraná na štúdium horľavosti plastových výliskov PE kompaundov pomocou stanovenia kyslíkového čísla LOI. Ukážka plastového výlisku je na obrázku 1.



Obr. 1. Plastový výlisk kompaundu PE/2 %FR/0,5 %D2

Kyslíkové číslo LOI udáva minimálnu koncentráciu kyslíka, v definovanej zmesi dusíka a kyslíka, pri ktorej vzorka ešte horí. V tabuľke 3 sú uvedené výsledky nameraného LOI.

Tab. 3. LOI PE plastových výliskov

Zloženie kompaundu (nosič/FR/dispergátor)	LOI pl.výliskov [%]
PE/2 %FR	27,5
PE/2 %FR/0,5 %D1	27,0
PE/2 %FR/1,0 %D1	26,0
PE/2 %FR/2,0 %D1	26,0
PE/2 %FR/0,5 %D2	26,5
PE/2 %FR/1,0 %D2	25,5
PE/2 %FR/2,0 %D2	24,5

LOI plastových výliskov PE/2 %FR (bez dispergátora) je 27,5 %. Prídavkom 0,5 hm% dispergátora D1 pokleslo LOI na 27 %. Jeho zvýšenie na obsah 1 hm% a 2 hm% malo za následok pokles LOI na 26 %, čo znamená, že zvýšenie retardácie horenia vplyvom dispergátora D1 sa nepotvrdilo. So zvyšujúcim sa obsahom dispergátora D2 v plastových výliskoch PE kompaundov úmerne klesá LOI o jedno percento, tabuľka 3.

ZÁVER

Štúdiom základných vzťahov medzi materiálovým zložením, podmienkami prípravy a sledovanými vlastnosťami PE kompaundov s obsahom retardéra horenia, bez a s obsahom dispergátorov D1 a D2 vyplynuli nasledujúce zistenia:

Výskumom technológie prípravy PE kompaundov bolo zistené, že dispergátor D1 má pozitívny vplyv na výrobný proces, zatiaľ čo dispergátor D2 ani pri vyšších obsahoch nemá významnejší vplyv na spracovateľnosť premixov.

Z pohľadu tokových vlastností obidva dispergátory D1 a D2 mierne zvyšujú index toku PE kompaundov a recipročne znižujú viskozitu taveniny.

Filtrovateľnosť PE kompaundov sa vplyvom vyššieho obsahu dispergátora D1 – nad 1hm% zhoršila v porovnaní s kompaundom bez dispergátora. Dispergátor D2 zlepšil filtrovateľnosť kompaundu PE/ 2 hm% FR viac ako o polovicu už pri jeho najnižšom 0,5 hm% obsahu.

Spracovateľské vlastnosti PE kompaundov bez a s dispergátormi D1 a D2 sa navzájom významne nelíšia. Ani zvyšujúci sa obsah dispergátorov nemal jednoznačný vplyv na prchavé podiely, obsah prachových častíc a objemovú hmotnosť PE kompaundov.

Stanovením horľavosti plastových výliskov PE kompaundov sa nepotvrdilo očakávané zvýšenie retardácie horenia vplyvom dispergátora D1. Zvyšujúci sa obsah dispergátora D2 v plastových výliskoch PE kompaundov spôsobil pokles LOI úmerne k jeho rastúcemu obsahu. Najvyššie LOI a tým najlepší retardačný účinok pri horení dosiahla vzorka PE/2 %FR, bez dispergátora.

POĎAKOVANIE

Tento výskum bol podporovaný Agentúrou na podporu výskumu a vývoja na základe Zmlúv č. APVV-23-0025 a č. APVV-23-0366.

REFERENCE

- [1] BIRON, M.: Thermoplastics and thermoplastic composites. William Andrew, 2018, p. 1164, ISBN: 978-0-08-102502-4
- [2] We love chemistry: Pokrok vo výskume polyetylénu spomaľujúceho horenie bez halogénov, Hangzhou Mei Wang Chemical Co., Ltd. (mflam.com): Dostupné online: <http://sk.mflam.com/info/halogen-free-flame-retardant-polyethylene-70574463.html>, Prístup: 2026-03-18
- [3] HONGXIANG, O., JIACHENG, X., BEN, L., HONGLAI, X., YUNXUAN, W., JUNCHENG, J., GUOGUANG, X.: Study on synergistic expansion and flame retardancy of

modified kaolin to low density polyethylene. *Polymer*, 2021, Vol. 221(3), pp. 123586. DOI: 10.1016/j.polymer.2021.123586

[4] LIU, S., LAN, T., ZU, L. *et al.*, Synthesis and application of new polyethylene flame retardants. *J Mater Sci*, 2025, vol. 60, p. 19593–19614. <https://doi.org/10.1007/s10853-025-11561-7>

[5] AUBERT, M.; TIRRI, M.; WILEN, C.-E.; FRANCOIS-HEUDE, A.; PFAENDNER, R.; HOPPE, H.; ROTH, M.: Versatile bis(1-alkoxy-2,2,6,6-tetramethylpiperidin-4-yl) diazenes (AZONORs) and related structures and their utilization as flame retardants in polypropylene, low density polyethylene and high impact polystyrene. *Polym. Degrad. Stab*, 2012, Vol. 97, pp. 1438–1446

[6] PFAENDNER, R.: Flame retardants for polyethylene. In *Handbook of Industrial Polyethylene and Technology*; Spalding, M.A., Chatterjee, A.M., Eds.; Scrivener Publishing LLC.: Beverly, MA, USA, 2017

[7] REZVANI GHOMI, E., KHOSRAVI, F., MOSSAYEBI, Z., SAEDI ARDAHAEI, A., MORSHEDI DEHAGHI, F., KHORASANI, M., NEISIANY, R. E., DAS, O., MARANI, A., MENSAH, R. A., *et al.*, The Flame Retardancy of Polyethylene Composites: From Fundamental Concepts to Nanocomposites. *Molecules*, 2020, vol. 25, p. 5157. <https://doi.org/10.3390/molecules25215157>

[8] GÓRALCZYK K, STRUCIŃSKI P, CZAJA K, HERNIK A, LUDWICKI J. K., Spomaľovače horenia – použitie a nebezpečenstvo pre ľuďí. *Annals of the National Institute of Hygiene*, 2002; vol 53, p. 295–305

[9] LYCHE, J. L., ROSSELAND, C., BERGE, G., & POLDER, A., Human health risk associated with brominated flame-retardants. *Environment International*, 2015, vol. 74, p. 170-180, <https://doi.org/10.1016/j.envint.2014.09.006>

[10] OCEANCHEM: Aké sú účinky spomaľovačov horenia na vlastnosti bežne používaných plastov v interiéroch automobilov, 2024, Dostupné online: <http://m.sk.oceanchemgroup.com/news/what-are-the-effects-of-flame-retardants-on-th-74812015.html>

[11] MIZROPOVA, M., LUTFULLAEV, S.: Reducing the flammability of recycled polyethylene. *Conference of Modern Science & Pedagogy*, 2026, Washington, The USA, Vol. 2(1), pp. 365-368

[12] Dostupné online: Výrobcovia, dodávatelia polymérových/polypropylénových retardérov horenia (mwchemical.com)

- [13].HONGSHENG, X., HANKUN, L., WENBIN, Y., YANBEI, H., FUKAI, Ch., EIZHAO, H., LEI, S., YUAN, H.: Sub-atmospheric pressure environment enabled flame-retardant MXene-Al₂O₃ nanohybrid for polyethylene composites. *Polymer Degradation and Stability*, 2025, Vol. 241, pp. 111623, ISSN 0141-3910
- [14] VERBICH, O., OVČIARIK, M., SULOVÁ, J.: Materiálové a konštrukčné riešenie káblov pre elektrické vyhrievanie. *Elektro*, 2021, Vol.12, ISSN 1210-0889
- [15] Výskumný ústav káblov a izolantov. Dostupné online: <https://www.vuki.sk/standardne-kable>

VLIV MORFOLOGIE NANOSTRUKTUR NA FILTRACI VZDUCHU A MIKROFILTRACI VODY

Dušan Kimmer*, Simona Uhercová, Miroslava Kovářová, Lenka Lovecká a Vladimír
Sedlařík

Centrum polymerních systémů, Univerzita Tomáše Bati v Zlíně, třída T. Bati 5678,760 01
Zlín, Česká republika

* Korespondenční e-mail: kimmer@utb.cz

ABSTRAKT

Alternativou k fosilním surovinám se stále častěji stávají polymery připravené z obnovitelných zdrojů. Polyurethany, připravené z bio polyether-polyolů vyrobených z biomasy jsou srovnávány s PU na bázi fosilních polyetherových polyolů. Porovnávány jsou jak vybrané fyzikálně-mechanické vlastnosti syntetizovaných PU, tak užité vlastnosti elektrospinningem připravených nanostruktur pro separaci ultrajemných částic ze vzduchu [1]. Vliv morfologie nanostruktur na rychlost průtoku modelové vody znečištěné oxidy a solemi železa (0,23 hm. %) byl studován na různých konstrukcích nanovláknitých membrán [2]. Nanostruktura z PU s měkkým segmentem z PPD 2000 bio-polyetheru s tlakovým odporem 118 Pa měla v bodě MPPS (maximum penetrating particle size) filtrační účinnost větší než 92 %. Šestivrstvá mikrofiltrační membrána tvořená vrstvami z tenkých (~180 nm) a tlustých (~500 nm) nanovláken se střední velikostí pórů 0,67 μm vykazuje několikanásobně vyšší průtok vody než membrána připravená pouze z tenkých nanovláken, přičemž filtrační účinnosti pro separaci submikronových částic jsou téměř stejné a vysoce účinné. Práce potvrzuje skutečnost, že průměry nanovláken a velikosti pórů nanostruktur ovlivňují jejich filtrační vlastnosti jak pro filtraci vzduchu (dominance Brownova pohybu separovaných částic), tak při mikrofiltraci vody.

PODĚKOVÁNÍ

Vypracování studie bylo finančně podpořeno rozvojovým projektem Centra Polymerních Systémů Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, program DK RVO (RP/CPS/2024-28/002) podporovaném Ministerstvem školství a sportu České republiky. Tato práce byla rovněž

podpořena Ministerstvem životního prostředí České republiky prostřednictvím Evropského fondu pro spravedlivou transformaci v rámci Operačního programu Spravedlivá transformace a projektu CirkArena (CZ.10.03.01/00/22_003/0000045).

REFERENCE

- [1] UHERCOVA, Simona KIMMER, Dusan, YASIR, Muhammad, LOVECKA, Lenka, KOVAROVA, Miroslava, PLACHY, Tomas, SEDLARIK, Vladimir, Effect of the morphology of hard segment domains in bio-based polyurethanes on the filtration properties of nanostructured filters, *Polymer Testing* 150(2025)108926, <https://doi.org/10.1016/j.polymertesting.2025.108926>
- [2] KIMMER, Dusan, YASIR, Muhammad, LOVECKA, Lenka, CISAR, Jaroslav, MUSILOVA, Lenka, OSICKA, Josef, SEDLARIK, Vladimir, Reinforced Fluorinated Copolymer and Polyurethane Electrospun Layered Nanofiber-Based Membranes for Effective Model Water Dead-End Microfiltration, *Polymers for Advanced Technologies*, 2025; 36:e70203, <https://doi.org/10.1002/pat.70203>

ATMOSPHERIC PLASMA POLYMERIZATION OF ALKANE PRECURSORS FOR ANTIBACTERIAL THIN COATINGS

Štěpánková, K.^{*a}, St'ahel P.^b, and Lehocky M.^a

^a Centre of Polymer Systems, University Institute, Tomas Bata University in Zlín, Zlín, Czech Republic

^b Department of Plasma Physics and Technology, Faculty of Science, Masaryk University, Kotlářská 2, 611 37 Brno, Czech Republic

* Korespondenční e-mail: stepankova@utb.cz

ABSTRAKT

Antimicrobial resistance is an increasing global concern, creating demand for advanced surface modifications that can prevent bacterial attachment. In polymer-based medical devices, biofilm formation remains a major issue, particularly with multidrug-resistant strains. Plasma surface engineering offers an effective way to tailor surface properties while preserving the bulk characteristics of the polymer.

In this study, hydrophilic antibacterial coatings were deposited on PET using atmospheric-pressure plasma polymerization of *n*-pentane and *n*-hexane in a nitrogen DBD system. The resulting ultrathin films showed greatly increased surface energy and superhydrophilic behavior, with water contact angles below 10°. XPS and FTIR confirmed the introduction of polar oxygen- and nitrogen-containing functionalities, while ellipsometry demonstrated that film thickness increased with monomer flow rate. The modified PET surfaces significantly reduced adhesion of *Staphylococcus aureus* and *Escherichia coli*, mainly through anti-adhesive physicochemical effects. These results demonstrate the strong potential of plasma-polymerized alkane coatings as scalable antibacterial surfaces for biomedical applications.

Keywords: antibacterial thin films, plasma polymer, plasma polymerization, superhydrophilic

ACKNOWLEDGEMENT

The work was supported by the Ministry of Education, Youth and Sports of the Czech Republic (RP/CPS/2024-28/005).

PLASTKO 2026

Sborník příspěvků z konference

Editoři: Ivana Bartoníková, Přemysl Strážnický, Jarmila Strážnická, Petr Večeře

Vydavatel: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Rok vydání: 2026

Pořadí vydání: první

ISBN 978-80-7678-394-2

Vydáno elektronicky