

T A
Č R

Tento projekt je spolufinancován se státní podporou Technologické agentury ČR v rámci Programu Národní Centra kompetence

www.tacr.cz
Výzkum užitečný pro společnost

BIOCIRKL

Národní centrum kompetence
„Biorafinace a cirkulární ekonomika pro udržitelnost“



Funded by the
European Union
NextGenerationEU

EKOLOGICKÁ LIKVIDACE ELEKTROTECHNICKÝCH ODPADŮ

M. Čárský¹, M. Jadlovec², K. Soukup¹, O. Šolcová¹, T. Pešek³

¹Ústav chemických procesů AVČR, v.v.i., Praha

²VŠB-Technická Univerzita Ostrava

³REMA Systém, a.s., Praha.



Ústav chemických procesů AV ČR, v. v. i.
Rozvojová 1/135
165 00 Praha 6-Suchbát

VŠB TECHNICKÁ
UNIVERZITA
OSTRAVA

REMA
Systém

T A
Č R

Tento projekt je spolufinancován se státní podporou Technologické agentury ČR v rámci Programu Národního Centra kompetence

www.tacr.cz
Výzkum užitečný pro společnost

BIOCIRKL

Národní centrum kompetence
„Biorafinace a cirkulární ekonomika pro udržitelnost“



Funded by the
European Union
NextGenerationEU

- ❖ Každoroční světový růst elektronického odpadu - v našem případě odpadního tonerového prášku z tiskáren a kopírek. 135 milionů kazet se prodá v Evropě každý rok.
- ❖ V ČR se ročně prodá kolem **3,5 milionu** originálních tonerových kazet, **kompatibilních je 2 až 3x více** a toto číslo za posledních **5 let se zdvojnásobilo**.
- ❖ Odpadní tonerový prášek se nejčastěji deponuje **na skládce**.
- ❖ Jako **levný** alternativní zdroj do malt, a betonů a **asfaltů**.
- ❖ Tonery **nejsou zatím jednoznačně klasifikovány jako nebezpečné odpady**, i když obsahují chemické složky, které jsou zdravotně závadné.
- ❖ Na trhu jsou 2 druhy tonerových kazet:
 - Originální** tonerová kazeta označená stejnou obchodní značkou, jako je obchodní značka samotného tiskového nebo kopírovacího zařízení. Výrobci by měli tyto kazety renovovat.
 - Kompatibilní** tonerové kazety. Vlastní design. Nelze renovovat, recyklovat.
- ❖ **Vyčerpání prášku v kazetě není nikdy úplné, značná množství tonerů jsou nevyužitá.**
- ❖ Možná metoda likvidace tonerového prášku je jeho **spalování v kombinaci** s jinými palivy nebo odpady.
- ❖ **Fluidní technologie** je vhodný způsob spalování nízko-výhřevných paliv z důvodu relativně nízké a stejnoměrné teploty spalování (přídavek vápence a čpavku do fluidní vrstvy snižuje tvorbu SO₂ a NO_x).

Černý toner z tiskáren a kopírek

- Složení: 4 hlavní složky

Termoplastická pryskyřice 75-90% (styren-akrylát, styren-butadien, polyester)

Látky kontrolující elektrický náboj

Barvivo 5-10% (černý toner – oxid železitý, uhlík,)

Příměsi 0,5 – 2% (SiO₂, Fe, Cr a oxid zinečnatý, vosk, Pb, Cd, Co, Ni, Hg)

Charakteristické pro složení tonerů od jednotlivých výrobců je jejich velká variabilita v poměrném zastoupení jednotlivých složek.

- Výhřevnost: 32-36 MJ/kg

- Velikost částic: 90% 13,6-16,9 μm

- Bezpečnost: Možnost exploze, TLV TWA : 15 mg/m³, LD₅₀: 5g/kg, LC₅₀: 5 mg/l



C	H	N	O	S	Popel	Místo
22	4	3,4	17,5	0,5	52,6	Čína
26,7	3,3	4	22,1	1,2	42,7	Čína
28,8	4,2	4,2	18,4	1,1	43,3	Česká Republika
20,4	3,8	4,4	26,2	3,2	42	Texas, USA
37,2	5,2	3,7	21,1	0,9	31,9	Česká Republika tato práce

Výhřevnost: 9,62 MJ/kg, hustota 1440 kg/m³

Příprava:

- Sušení na slunci
- Sušení v rotační sušárně při 140°C (původní vlhkost 80%, konečná vlhkost 20%, sterilizace, přidání tonerového prachu v poměru 1:10)

Peletizace:

Střední délka pelet 12,5 mm, Střední průměr pelet 6 mm

T A
Č R

Tento projekt je spolufinancován se státní podporou Technologické agentury ČR v rámci Programu Národního Centra kompetence

www.tacr.cz
Výzkum užitečný pro společnost

BIOCIRKL

Národní centrum kompetence
„Biorafinace a cirkulární ekonomika pro udržitelnost“



Funded by the
European Union
NextGenerationEU



T A
Č R

Tento projekt je spolufinancován se státní podporou Technologické agentury ČR v rámci Programu Národní Centra kompetence

www.tacr.cz
Výzkum užitečný pro společnost

BIOCIRKL

Národní centrum kompetence
„Biorafinace a cirkulární ekonomika pro udržitelnost“



Funded by the
European Union
NextGenerationEU



Peletizace:

Střední délka pelet:
12,5 mm

Střední průměr pelet:
6 mm



Mechanické vlastnosti pelet

- **Mechanická odolnost PDI (Pellet Durability Index):** 100 g pelet v pneumatické buňce s perforovanými stěnami po dobu 60 vteřin. PDI faktor se vyjádří v % částic větších než 3.15 mm.
- **Pevnost pelet:** Váha v kg, kterou pelety vydrží bez porušení.
- **Odolnost proti vlhkosti:** Množství destilované vody absorbované peletami za 30 s.
- **Mechanické vlastnosti pelet nenaznačují žádné problémy se skladováním, dopravou, ani se spalováním tohoto paliva.**

Fluidní spalování

Spalování v inertní vrstvě písku

Frakce [mm]	Střední velikost [mm]	Hustota [kg/m ³]	Minimální rychlost fluidace [m/s]
0,9-2	1,44	2600	0,764

T A
Č R

Tento projekt je spolufinancován se státní podporou Technologické agentury ČR v rámci Programu Národního Centra kompetence

www.tacr.cz
Výzkum udržitelný pro společnost

BIOCIRKL

Národní centrum kompetence
„Biorafinace a cirkulární ekonomika pro udržitelnost“



Funded by the
European Union
NextGenerationEU



T A
Č R

Tento projekt je spolufinancován se státní podporou Technologické agentury ČR v rámci Programu Národní Centra kompetence

www.tacr.cz
Výzkum užitečný pro společnost

BIOCIRKL

Národní centrum kompetence
„Biorafinace a cirkulární ekonomika pro udržitelnost“



Funded by the
European Union
NextGenerationEU



- Tonerový prach smíchaný s čistírenskými kaly v poměru 1:10.
- Spalování ve fluidní vrstvě v inertní vrstvě písku na poloprovozním zařízení o průměru 140 mm.
- Rychlost dávkování paliva 2-6 kg/h
- Analýza spalin na výstupu ze zařízení.
- Teplota ve fluidní vrstvě 850-900°C
- Po dosažení ustáleného stavu se po dobu 60 minut jsou zaznamenávány teploty v různých vertikálních pozicích v reaktoru.

T A
Č R

Tento projekt je spolufinancován se státní podporou Technologické agentury ČR v rámci Programu Národního Centra kompetence

www.tacr.cz
Výzkum užitečný pro společnost

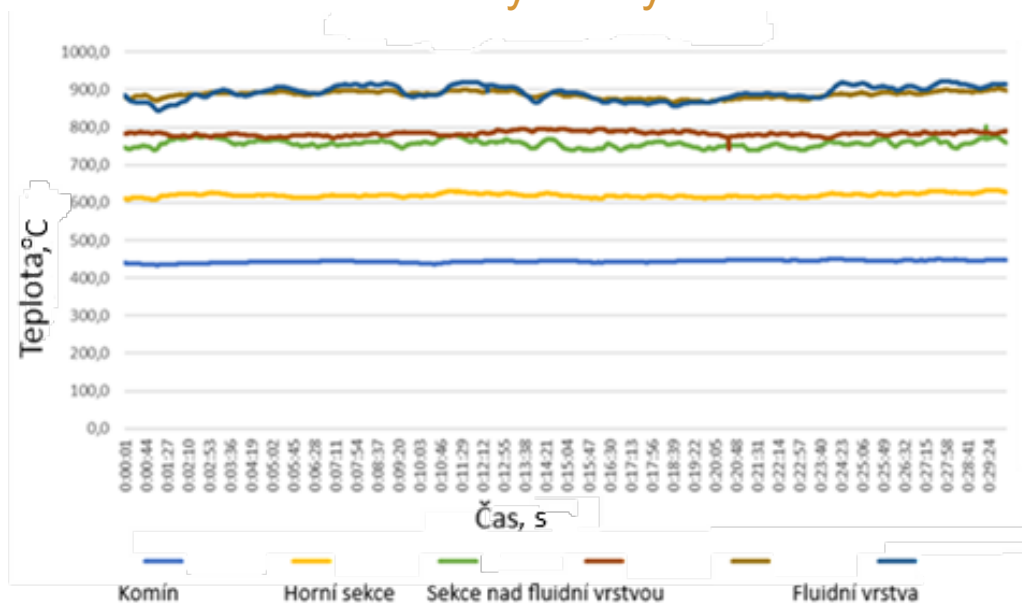
BIOCIRKL

Národní centrum kompetence
„Biorafinace a cirkulární ekonomika pro udržitelnost“



Funded by the
European Union
NextGenerationEU

Výsledky



Emise z fluidního spalování směsných pelet čistírenského kalu a tonerového prachu

Analýza:

PCDD/PCDF, PCB, PAH

CO₂, NO+NO₂, CO, N₂O, NH₃, HCl, SO₂, CH₄, HF

Hg, As, Cd, Tl, Sb, Pb, Cr, Co, Cu, Mn, Ni, V, Se, Zn

Použité analytické metody:

- High-resolution gas chromatography-High resolution mass spectroscopy
- Graphite furnace atomic absorption spectrometry
- Atomic absorption spectrometry
- Inductive coupled plasma mass spectrometry, Inductive coupled plasma emission spectra
- Fourier transform infrared spectroscopy

T A
Č R

Tento projekt je spolufinancován se státní podporou Technologické agentury ČR v rámci Programu Národní Centra kompetence

www.tacr.cz
Výzkum užitečný pro společnost

BIOCIRKL

Národní centrum kompetence
„Biorafinace a cirkulární ekonomika pro udržitelnost“



Funded by the
European Union
NextGenerationEU

Odkazy

Článek:

Thermal treatment of waste toner powder by fluidised bed combustion with sewage sludge
M. Carsky, D. Lokhat, M. Jadlovec, K. Soukup, K. Borovec, B.C. Meikap, O. Solcova, S. Honus
[Applications in Energy and Combustion Science](#)

Industrial Emissions Directive (IED) for waste incineration/co-incineration
(Chapter IV; Articles 48–50), within the constraints of a pilot-scale research facility.

[EU legislation governing emissions from Waste incineration/co-incineration and industrial installations \(including Directive 2010/75/EU and related provisions\)](#)

EU Commission Implementing Decision (EU) 2019/2010 of 12 November 2019, establishing the best available techniques (BAT) conclusions, under Directive 2010/75/EU of the European Parliament and of the Council, for waste incineration (notified under document C (2019) 7987)

T A
Č R

Tento projekt je spolufinancován se státní podporou Technologické agentury ČR v rámci Programu Národní Centra kompetence

www.tacr.cz
Výzkum užitečný pro společnost

BIOCIRKL

Národní centrum kompetence

„Biorafinace a cirkulární ekonomika pro udržitelnost“



Funded by the
European Union

NextGenerationEU

Závěr

- Emise Hg, As Cu, Pb, a Sb je nutné snížit (před i po spalování, např. elektrostatické odlučovače, filtry, injektovaný uhlík a bikarbonát sodný nebo hydratovaný oxid vápenatý zachytí kovy, zvláště rtuť.
- I v případě Cr, Ni, a V je stále možné snížit jejich emise před vlastním spalováním (loužením nebo selektivním srážením).
- Koncentraci oxidu siřičitého je možné snížit konvenčními metodami (např. mokřým odsiřováním suspenzí CaCO_3 , nebo Ca(OH)_2 . Účinnost této metody je 90–99%.
- CO a NO_x emise mohou být sníženy dodržením optimální kontroly poměru dávkovaného paliva a vzduchu. V případě emisí NO_x se rovněž doporučuje použití Selektivní katalytické redukce s účinností až 95%.
- Snížení emisí PCCD/PCDF, PCB, a PAH ve spalinách vyžaduje kombinaci optimalizace spalovacího procesu a pokročilých technologií. Teplota spalování musí být nad 850–1100°C s dobou prodlení nejméně 2 vteřin. Je rovněž důležité zamezit ochlazení spalin na 250–450°C s následnou tvorbou dioxinů a furanů. Injekce aktivního uhlí má za následek adsorpci PCDD/PCDF, PCB, a PAH.
- Emise HCl a HF mohou být sníženy suchou, polosuchou a mokrou vypírkou pro neutralizaci kyselých ložek spalin.

T A
Č R

Tento projekt je spolufinancován se státní podporou Technologické agentury ČR v rámci Programu Národní Centra kompetence

www.tacr.cz
Výzkum užitečný pro společnost.

BIOCIRKL

Národní centrum kompetence
„Biorafinace a cirkulární ekonomika pro udržitelnost“



Funded by the
European Union
NextGenerationEU



ÚSTAV
CHEMICKÝCH
PROCESŮ
AV ČR

Děkuji za pozornost

