

Chemická recyklace jako cesta pro zpracování elektroodpadu

(řešení pro plasty a nebezpečné látky v nich)



R.Pjatkan, SCHP ČR Plasty, TVIP 2025, Hustopeče u Brna, 15.10.2025.

Svaz chemického průmyslu ČR

SCHP ČR:

profesní sdružení podniků a institucí se vztahem k chemickému odvětví.

Založen roku 1992, zastoupení cca 152 průmyslových podniků zaměstnávajících přibližně 30 tisíc pracovníků

Hlavní zaměření :

- SCHP ČR zastupuje chemický průmysl při prosazování a podpoře jeho zájmů v ČR a EU
- Aktivně vystupuje jménem svých členů zejména v oblasti legislativy, ekonomických rozhodnutí, konkurenceschopnosti a inovací.
- Podporuje vzdělávání s cílem připravit kvalitní zaměstnance pro chemický průmysl a jejich vhodné uplatnění a vede sociální dialog k zajištění sociálního smíru v odvětví.
- Své členy vede ke společenské odpovědnosti a udržitelnému rozvoji České republiky, popularizuje chemii, zvyšuje prestiž chemického sektoru v národním hospodářství a zlepšuje image chemie využíváním "dobré praxe" a uplatňováním zásad "Responsible Care".

Více informací na www.schp.cz

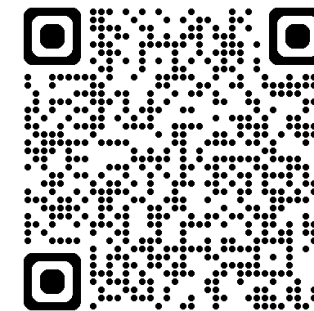
Česká technologická platforma PLASTY

ČTPP :

sdružení právnických osob s cílem podporovat rozvoj plastikářského a souvisejícího zpracovatelského průmyslu v České republice.

Hlavní zaměření aktuálního projektu Plasty V:

- Digitální a zelená transformace.
- Cirkulární ekonomika, chemická recyklace.
- Strategie plastů, SUP, PPWR.
- Marine littering , mikroplasty, ...



Aktuální výstup - **Akční plán digitální a zelené transformace plastikářského průmyslu.**

Více informací na www.tp-plasty.cz



Spolufinancováno
Evropskou unií



Plasty V projekt CZ.01.01.01/07/23_010/0001245 České technologické platformy PLASTY za podpory programu Ministerstva průmyslu a obchodu ČR a je spolufinancován Evropskou unií.

Obsah:

- Úvod do elektřoodpadu
- Mechanická recyklace: principy a limity
- Chemická recyklace: klíčové procesy
- Komplexní přístup k elektřoodpadům
- Příklady aktuálních projektů
- Porovnání mechanické vs. chemické recyklace
- Budoucnost chemické recyklace elektřoodpadu



Co je to elektroodpad?

Definice elektroodpadu (dle směrnice EU 2012/19/EU):

Odpad z elektrických a elektronických zařízení, včetně všech komponent, které vyžadují elektrický proud nebo elektromagnetické pole k funkci (např. mobilní telefony, počítače, lednice, televizory).

Kategorie:

IT a telekomunikace (25 %), domácí spotřebiče (40 %), zdravotnická zařízení (5 %), ostatní (30 %)

Objem:

62 milionů tun v roce 2022, předpoklad růstu na 82 milionů tun do roku 2030
růst 2,6 % ročně kvůli digitalizaci, krátké životnosti zařízení (2–5 let) a rostoucí poptávce po elektronice.

Regionální rozdíly:

Evropa (17,6 kg/obyvatele), Asie (5,6 kg/obyvatele), Afrika (2,5 kg/obyvatele)



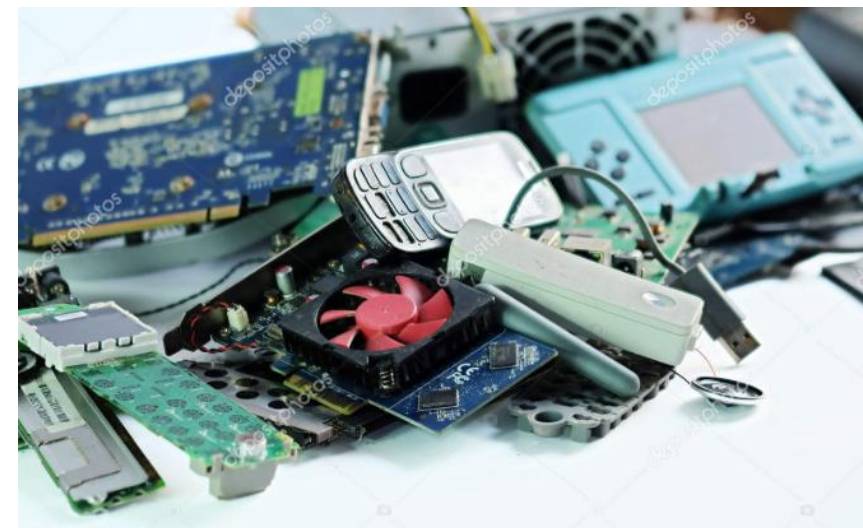
Z čeho se skládá ?

Složení elektroodpadu:

- Plasty: 20–30 % (hlavně ABS, PC, HIPS, PP), často s aditivy (např. bromované retardéry hoření – BFR).
- Kovy: 40–50 % (Fe, Cu, Al, vzácné kovy jako Au, Ag, Pd).
- Ostatní: Keramika, sklo, kompozity (10–20 %).
- Nebezpečné látky: BFR (PBDE, TBBPA), těžké kovy (Pb, Hg, Cd), ftaláty.

Výzvy pro plasty v elektroodpadu:

- Heterogenita: Směs různých polymerů (ABS+PC, HIPS+PP), obtížné třídění.
- Kontaminace: BFR a těžké kovy zhoršují kvalitu recyklátu.
- Nízká recyklační míra: Pouze 17 % elektroodpadu je globálně recyklováno, z plastů <10 %.



Jaké plasty tu jsou?

Typická použití:

Monitory, telefony, kabely, vnitřní komponenty (desky plošných spojů, konektory).

Výzva:

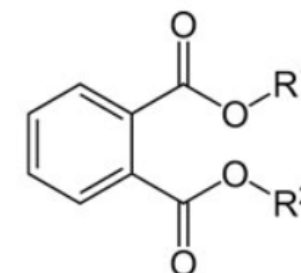
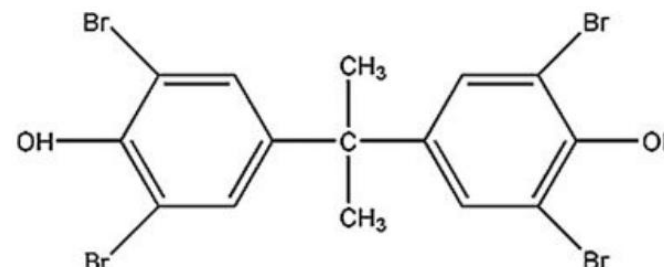
Heterogenita materiálů - směs různých polymerů (např. ABS+PC, HIPS+PP) ztěžuje separaci a přítomnost aditiv a kontaminantů komplikuje recyklaci.

Hlavní typy:

- ABS (Akrylonitril-butadien-styren, 30–35 %)
- PC (Polykarbonát, 15–20 %)
- HIPS (20–25 %)
- Ostatní plasty (PP, PET, PVC, 10–15 %)

Aditiva a nebezpečné látky:

- Bromované plamenné retardanty (BFR - TBBP):
- Těžké kovy - Olovo (Pb) Kadmium (Cd), Rtuť (Hg)
- Ftaláty



Proč lépe recyklovat plasty ?

Produkce elektroodpadu: 62 milionů tun v roce 2022, předpoklad 82 milionů tun do 2030 2,6 % ročně
Plasty v elektroodpadu: 20–30 % (12–18 milionů tun), většinou ABS, PC, HIPS, PVC.

Recyklační realita:

- Méně než **10 % plastů z elektroodpadu** je recyklováno kvůli kontaminaci BFR, těžkými kovy a smíšenými polymery.

Environmentální a zdravotní dopady:

- Toxicita při likvidaci: Až 1000 chemikálií (BFR, Pb, Hg, ftaláty) kontaminuje půdu a vodu při skládkování/spalování. BFR a ftaláty jsou karcinogenní, narušují endokrinní systém. V rozvojových zemích (Afrika, Asie) dochází k nekontrolovanému spalování, uvolňují se dioxiny.

Ekonomické a regulační výzvy:

- Kontaminované plasty z elektroodpadu mají hodnotu pouze 0,2–0,5 EUR/kg (vs. 2 EUR/kg pro virgin plasty).

Regulace:

- Basilejská úmluva (Y49, 2025) omezuje export elektroodpadu, zvyšuje tlak na lokální zpracování.
- ČR: Zákon č. 542/2020 Sb. ukládá povinný sběr, ale zpracování plastů je omezené (ASEKOL, 2025).
- EU cíle: 85 % sběru a recyklace elektroodpadu do 2025 (Směrnice WEEE), ale plasty zaostávají (pouze 30 % efektivní recyklace).

Role chemické recyklace:

- Odstraňuje BFR a těžké kovy s **>95 % účinností**.
- Produkuje monomery nebo suroviny pro nové plasty (např. styren z PS).
- Snižuje skládkování o **30 %** a podporuje EU cíle pro cirkulární ekonomiku.



Mechanická recyklace

Princip mechanické recyklace:

- Proces: Sběr → Drcení → Třídění → Extruze
- Sběr: Zpětný odběr elektroodpadu (např. ASEKOL v ČR, 150 000 tun/rok).
- Drcení: Rozmělnění na frakce (1–10 mm) pro oddělení plastů, kovů a skla.
- Třídění: Magnetické separace (Fe, Cu, Al), optické třídění (FTIR pro ABS/PC).
- Extruze: Tavení plastů a výroba granulátu pro nové produkty.

Výhody:

- Nízké náklady: 0,5–1 EUR/kg (vs. 1,5–3 EUR/kg u chemické recyklace).
- Nízké emise: 20–50 kg CO₂/tunu (ACS Sustainable Chemistry, 2023).
- Rychlost: Vysoká propustnost (10–50 t/den v průmyslových zařízeních).
- Aplikace: Vhodné pro homogenní plasty (např. HIPS z chladniček).

Nevýhody:

- Downcycling: Ztráta mechanických vlastností (např. pevnost HIPS klesá o 20–30 %).
- Kontaminace: BFR (PBDE, TBBPA) a těžké kovy (Pb, Cd) zůstávají v recyklátu.
- Nízká čistota: Smíšené plasty (ABS+PC) snižují kvalitu (hodnota 0,2–0,5 EUR/kg).
- Nevhodné pro toxické plasty: Nelze použít pro PVC s ftaláty nebo plasty s BFR.



Mechanická recyklace - příklady

Konkrétní aplikace:

- HIPS z chladniček: Recyklace na nové díly nebo průmyslové komponenty (např. palety).
- ABS z počítačů: Výroba granulátu pro pouzdra elektroniky nižší kvality.
- PC/ABS směs: Z monitorů na konstrukční díly (např. automotive díly s nižšími nároky).

Efektivita recyklace:

- Účinnost: 60–80 % pro čisté frakce (např. HIPS bez BFR), pouze 20–30 % pro smíšené nebo kontaminované plasty (Recycling Magazine, 2024).
- Výstupní kvalita: Mechanické vlastnosti klesají (např. pevnost ABS o 25 % po recyklaci).
- Hodnota recyklátu: 0,2–0,5 EUR/kg (vs. 2 EUR/kg virgin plasty).

Problémy při aplikaci:

- Bromované retardéry hoření (PBDE, TBBPA) zůstávají v recyklátu, což znemožňuje použití v potravinářství nebo zdravotnictví.
- Směsné polymery: ABS+PC nebo HIPS+PP snižují čistotu, vedou k downcyclingu (použití jen např. na zahradní nábytek).
- Až 50 % ztráty při třídění kvůli nečistotám (těžké kovy, barviva).



Zobrazit na celou obrazovku Kompostér, 480 l | Lidl.cz - Obrázek



Řešení – chemická recyklace

Definice chemické recyklace:

Rozklad polymerů na monomery, oligomery nebo další chemické látky pomocí chemických nebo termochemických reakcí (např. depolymerizace, pyrolýza, zplyňování).

Cíl:

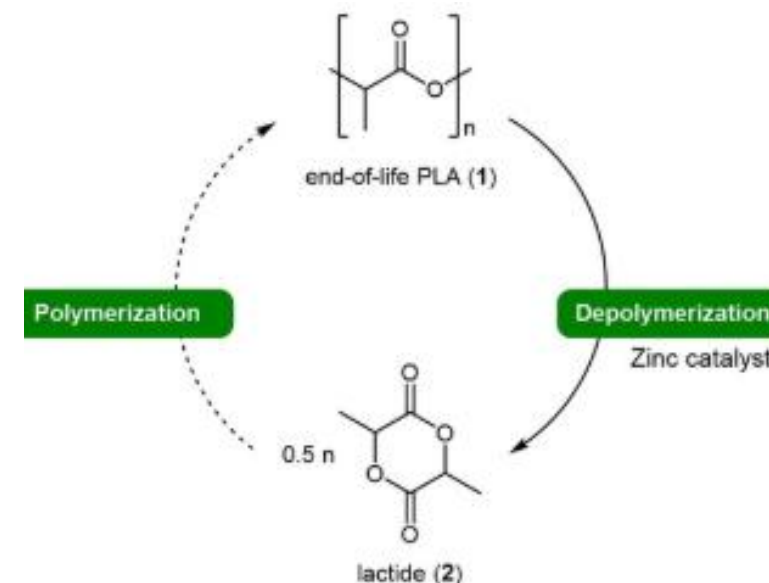
Produkce materiálů srovnatelných s primárními, vhodných pro opětovné použití v elektronice.

Výhody:

- Vysoká kvalita výstupu, primární materiály (např. styren z PS, bisphenol A z PC) s čistotou >95 %.
- Selektivní separace BFR (PBDE, TBBPA) a těžkých kovů (Pb, Cd) s účinností >95 %.
- Vhodné pro heterogenní plasty (ABS+PC, HIPS+PP), kde mechanická recyklace selhává.
- Snižuje skládkování o 30 % a podporuje EU cíle.

Typy procesů:

- Chemické: **Depolymerizace** (hydrolytická, glykolytická), **solventní extrakce** (např. NMP pro ABS).
- Termochemické: **Pyrolýza** (400–600 °C, pyrolýzní oleje pro petrochemii), **gasifikace** (800–1400 °C, syngas pro další syntézu).



Depolymerace

Princip :

Rozklad polymerů na monomery nebo oligomery chemickými reakcemi (např. hydrolýza, glykolýza, methanolýza).



Příklad: Polykarbonát (PC) $\rightarrow$ bisphenol A + CO₂ při 200 °C s katalyzátorem (NaOH).

Aplikace :

- Solvent-based extrakce: Oddělení ABS/PC od kovů a BFR (např. NMP (N-Methyl-2-pyrrolidone) rozpouští ABS selektivně).
- Cílené na plasty: rozklad PC z monitorů, ABS z pouzder, HIPS z TV.
- Výstup: Čisté monomery/polymery pro syntézu nových plastů.

Efektivita:

- účinnost: 85–90 % monomerů
- Čistota: >95 %, vhodné pro náročné aplikace (např. elektronika).
- Emise: 100–150 kg CO₂/t, nižší než spalování (300 kg CO₂/t).



Depolymerace

Výhody:

- Odstraňuje BFR (PBDE, TBBPA) a těžké kovy s >95 % účinností.
- Zpracovává smíšené plasty, kde mechanická recyklace selhává.
- Podporuje cirkulární ekonomiku.
- Hodnota výstupu: 1,5–3 EUR/kg.

Nevýhody:

- Toxicita rozpouštědel (NMP), nutná recyklace (80–90 %).
- Omezené zkušenosti s nasazením ve velkém měřítku (pilotní kapacita 10 t/den).



Termochemické metody - pyrolýza

Termický rozklad plastů bez přítomnosti kyslíku při 400–800 °C, produkující oleje, plyn a uhlíkový zbytek.

- Nekatalytická (vyšší teploty)
- Katalytická (např. zeolit, vyšší selektivita, teploty 400-600°C)

Aplikace:

Zpracování smíšených plastů (ABS, HIPS, PC) z mobilů, TV a počítačů.

Produkty:

Pyrolýzní olej (70–80 % výtěžnost) pro petrochemii, plyn pro energetické využití, uhlík pro průmyslové použití.

Efektivita:

- Účinnost: 70–80 % kapalných produktů, 10–20 % syngas (EERA, 2025).
- Energie: 400–500 kWh/tunu, vyšší než solvolýza (150–300 kWh/tunu).
- Emise: 150–200 kg CO₂/t, nižší než spalování (300 kg CO₂/t).
- Výhody :Zpracovává kontaminované plasty (BFR, těžké kovy) s částečnou dekontaminací.
- Vhodné pro smíšené frakce, kde mechanická recyklace selhává.
- Podporuje energetické využití (plyn → elektřina/teplo).

Výzvy

- Emise toxických plynů (např. HBr z BFR) vyžadují pokročilé čištění (filtry, katalyzátory).
- Nižší selektivita než depolymerizace (méně čistých látek pro monomery).



Termochemické metody - gasifikace

Gasifikace je termochemický proces, při kterém se plasty přeměňují na **syngas** (směs CO, H₂, CO₂, CH₄) částečnou oxidací při vysokých teplotách (**800 – 2000 °C**) za omezeného přísunu kyslíku. Vedlejším produktem bývá uhlíkový zbytek (popř. struska).

- Plazmová gasifikace (vyšší teploty, >2000 °C, vyšší čistota syngazu, vitrifikátu - struska)
- Katalytická gasifikace (např. Ni-katalyzátory pro vyšší výtěžnost H₂).

Vhodné pro heterogenní frakce (ABS, HIPS, PC, PVC) z televizorů, počítačů a mobilů, které obsahují BFR (PBDE, TBBPA) nebo těžké kovy (Pb, Cd).

Výstupy:

Syngas (60–70 %): Použitelný pro výrobu elektřiny, tepla nebo jako surovina pro chemickou syntézu (např. methanol, nové polymery).

Popel/struska (10–20 %): Lze využít jako plnivo v průmyslu (např. cementárny).

Kapalné frakce (<10 %): Oleje pro petrochemické aplikace.

Efektivita:

Konverze: 80–90 % hmotnosti plastů na syngas (EERA, 2025).

Energetická náročnost: 500–700 kWh/tunu, vyšší než pyrolýza (400–500 kWh/tunu) kvůli vyšším teplotám

Emise: 120–180 kg CO₂/t, nižší než spalování (300 kg CO₂/t,

Čistota syngasu: >90 % při plazmové gasifikaci, nižší při standardní (kontaminace HBr z BFR).



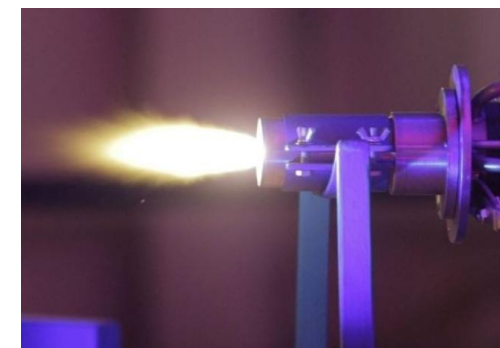
Termochemické metody - gasifikace

Výhody :

- Zpracování kontaminovaných plastů: Schopnost zpracovat plasty s BFR a těžkými kovy, minimalizující uvolňování toxických látek díky uzavřeným systémům.
- Vhodné pro smíšené a nízko hodnotné frakce, kde mechanická recyklace a depolymerizace selhávají.
- Syngas lze přeměnit na elektřinu (efektivita 30–40 %) nebo chemikálie (např. ethanol, hodnota 2–4 EUR/kg).
- Podpora cirkulární ekonomiky, integrace do petrochemického průmyslu, snižuje závislost na fosilních surovinách .

Technologické výzvy:

- Přítomnost BFR vede k tvorbě HBr a dioxinů, vyžaduje pokročilé čištění (např. pračky odplynů, katalytické filtry)
- Investice do zařízení (1–2 mil. EUR/t za plazmovou gasifikaci) a energetická náročnost omezují škálování.
- Standardní gasifikace produkuje směs s nižší čistotou, což ztěžuje chemickou syntézu bez dalšího čištění.
- Popel obsahující těžké kovy (Pb, Cd) vyžaduje bezpečné zneškodnění.



Komplexní přístup je klíč.

Úspěch přinese jen kombinace mechanických, chemických a termochemických procesů pro maximalizaci míry recyklace plastů z elektroodpadu a minimalizaci odpadu.

Cíl:

Efektivní oddělení a zpracování plastů (ABS, HIPS, PC) a nebezpečných látek (BFR, těžké kovy) s vysokou mírou obnovy a kvality výstupu.

Postup:

Mechanická předúprava → Chemická/termochemická recyklace → Finální využití (materiálové nebo energetické).

1 krok - Mechanická předúprava:

Drcení a třídění: Rozmělnění elektroodpadu (1–10 mm) a separace plastů od kovů (magnetická separace, FTIR spektroskopie).

Výstup: Čisté frakce plastů (např. HIPS, ABS) a smíšené kontaminované frakce.

Efektivita: 60–80 % pro čisté plasty, ale pouze 20–30 % pro smíšené

2-krok Chemická recyklace (depolymerizace, solvolýza):

Zpracování čistých frakcí (např. PC → bisphenol A, ABS → styren) s odstraněním BFR (>95 % účinnost).

Výstup: Monomery s čistotou >95 %, vhodné pro výrobu plastů (hodnota 1,5–3 EUR/kg).



Komplexní přístup je klíč.

3 krok - Termochemická recyklace (pyrolýza, gasifikace):

Zpracování smíšených nebo kontaminovaných plastů (např. HIPS+ABS s BFR) na oleje, syngas a uhlík.

Výstupy jsou: Syngas pro energii (30–40 % efektivita) nebo chemickou syntézu (např. methanol), oleje pro petrochemii (70–80 % výtěžnost). Uhlíkový zbytek (10–15%) pro stavebnictví nebo průmysl.

Finální využití:

- Materiálové: Monomery pro nové plasty (elektronika, automotive).
- Energetické: Syngas pro výrobu elektřiny/tepla, uhlík jako plnivo (např. cementárny).

Výhody:

- Kombinace procesů dosahuje 85–95 % účinnosti oproti 60–80 % u mechanické recyklace
- Chemická recyklace (solvolýza) odstraňuje BFR a ftaláty, termochemické procesy (gasifikace) minimalizují emise díky uzavřeným systémům.
- Mechanická předúprava třídí čisté frakce, chemické/termochemické procesy zpracovávají smíšené a kontaminované plasty.
- Zvýšení hodnoty výstupu (1,5–4 EUR/kg pro monomery/syngas vs. směsné materiály 0,2–0,5 EUR/kg u mechanické recyklace).
- Snížení skládkování o 30–40 %, emise CO₂ 100–200 kg/t (vs. 300 kg/t při spalování).



Komplexní přístup je klíč.

Technologické a ekonomické výzvy:

- Energetická náročnost: Kombinace procesů vyžaduje 200–500 kWh/tunu (mechanická: 50–100 kWh/t, termochemická: 400–700 kWh/t).
- Investiční náklady: Integrované systémy (např. plazmová gasifikace + solvolýza) vyžadují 1–3 mil. EUR/t kapacity.
- Správa toxinů: Nutné pokročilé čištění plynů (HBr, dioxiny) a bezpečné zneškodnění popela s těžkými kovy (Pb, Cd).
- Pilotní projekty (např. Kanada Plastics Challenge) zpracovávají 10–50 t/den, průmyslové nasazení zatím omezené.
- Doba návratnosti: <5 let možná až při rozsahu na 100 t/den a vysoké hodnotě monomerů a syngasu (2–4 EUR/kg).

Komplexní přístup řeší heterogenitu a kontaminaci plastů (ABS, HIPS, PC) v elektroodpadu, které mechanická recyklace nezvládá.

Příklad: Mechanická předúprava oddělí HIPS z chladniček, solvolýza zpracuje ABS s BFR, gasifikace přemění smíšené frakce na syngas.



Příklady projektů ...

Projekt: REMADE, Chemical Recycling of Mixed Plastics and Valuable Metals in E-Waste (2021–2025).

Cíl: Solvent-based extrakce plastů (ABS, PC, HIPS) a kovů (Cu, Au) z elektroodpadu, odstranění BFR (PBDE, TBBPA).

Technologie: Mechanická předúprava → Solventní extrakce (NMP) → Destilace → Monomery/kovy.

Výsledky:

Účinnost: 85–95 % plastů, 70–80 % kovů.

Čistota: >95 %, vhodné pro primární plasty.

Snížení emisí: 334 000 MT CO₂/rok, úspora 16 PJ/rok.

Přínosy:

Odstranění >90 % toxinů (BFR, Pb).

Hodnota výstupu: 1,5–2,5 EUR/kg.

ROI: <4 let při upscalingu na 10 t/den pilot

Řeší kontaminované plasty.

Web: remadeinstitute.org



Příklady projektů ...

Projekt: Plastics Challenge: E-waste (2020–2025, Innovative Solutions Canada – ISC).

Cíl: Recyklace plastů a kovů z elektroodpadu (dráty, kabely, laptopy, mobily, baterie) v Kanadě bez exportu; řešení dekontaminace plastů s toxickými látkami (BFR, Pb, Hg, Cd, ftaláty).

Technologie: Non-toxické solventy pro recyklaci PC/ABS; pyrolýza zbytku pyrolýzní oleje; mechanická předúprava + chemická separace.

Výsledky:

Bezpečné odstranění BFR (>95 % účinnost).

80 % reuse v elektronice; pilot: 3 500 kg elektroodpadu.

Kapacita: 10–50 t/den; snížení emisí CO₂ o 20–30 %.

Přínosy:

Splňuje Zero Plastic Waste Agenda; diverze z landfillů bez exportu.

Hodnota výstupu: 1–2 EUR/kg; ROI <5 let.

Compliance: Basilejská úmluva , domácí regulace.

Řeší kontaminované plasty z datových center (uzavírání 2025+)

Web: <https://www.ised-isde.canada.ca/site/innovative-solutions-canada/en/plastics-challenge-e-waste>



Příklady projektů ...

Projekt: Hydrothermal Cracking pro plasty (2023–2025, EU Horizon Europe, spolupráce s Dow).

Cíl: Termochemická depolymerizace smíšených plastů (ABS, PC, HIPS) z elektroodpadu na monomery; integrace s petrochemickými závody, odstranění BFR (PBDE, TBBPA).

Technologie: HydroPRS™ (superkritická voda, 400–600 °C) → olej/plyn; kombinace s mechanickou předúpravou.

Výsledky:

Kapacita: 120 kt/rok (plán Böhlen, DE – zrušen 2025, ale licence v EU); první licence v EU, 60 kt výstup do 2025.

Účinnost: 80–90 %; snížení emisí CO₂ o 20–30 %.

Cíl: 20 % redukce plastového odpadu v EU do 2025.

Přínosy:

Zpracovává kontaminované plasty (BFR, Pb); primární výstup (1,5–3 EUR/kg).

ROI: <5 let; podporuje Circular Economy Action Plan (EU, 2025).

Řeší heterogenní frakce z elektroniky

Web: muratechnology.com

Mechanicka vs. Chemická recyklace

	Mechanická recyklace	Chemická recyklace
Kvalita výstupu	Nízká (downcycling, smíšené polymery)	Vysoká (primární monomery, >95 % čistota)
Náklady (EUR/kg)	0,5–1	1,5–3
Účinnost (%)	60–80 (čisté frakce) 20–30 (kontaminované)	85–95 (smíšené i kontaminované)
Emise CO₂ (kg/t)	20–50	100–200
Vhodnost pro tox. látky	Nízká (BFR, Pb zůstávají)	Vysoká (>95 % odstranění BFR, ftalátů)
Aplikace výst. materiálu	Nízkohodnotné (palety, nábytek)	Vysokohodnotné (elektronika, zdravotnictví)
Energetická náročnost (kWh/t)	50–100	150–500

Budoucnost?

Budoucnost recyklace elektroodpadu:

- Objem elektroodpadu dál poroste - 82 milionů tun do 2030 a z toho plasty (20–30 %)

Technologie budoucnosti:

- Chemická recyklace (solvolýza, pyrolýza, gasifikace) převažuje nad mechanickou díky odstranění BFR (>95 % účinnost) a výstupní kvalitě materiálu.
- Integrace procesů: Kombinace mechanické předúpravy, solventní extrakce a termochemických metod zvyšuje efektivitu na 85–95 %.
- AI a automatizace: Využití FTIR spektroskopie a AI pro efektivní třídění plastů (ABS, HIPS, PC).

Legislativní tlak:

Cirkulární ekonomika: Splnění EU cílů (WEEE, 85 % recyklace do 2025) a Basilejská úmluva (Y49) díky škálování chemických technologií.



Děkuji za pozornost.



Ing. R.Pjatkan
Svaz chemického průmyslu ČR, z.s.
e-mail: radek.pjatkan@schpcr.cz
www: <http://www.schp.cz>, <http://www.tp-plasty.cz>