



Spolufinancováno
Evropskou unií



MINISTERSTVO
PRŮMYSLU A OBCHODU



ČESKÁ TECHNOLOGICKÁ
PLATFORMA PLASTY

VYUŽITÍ CHEMICKÉ RECYKLACE V CHEMICKÉ ENERGETICE

„Inovativní přístupy k udržitelné výrobě energie“

R.Pjatkan, ČTP Plasty, konference „Moderní energetika v chemickém průmyslu“, 25.3.2026



Program prezentace

- Úvod do chemické recyklace plastů a jejího možného využití v energetice
- Principy termochemických metod chemické recyklace
- Energetické využití produktů chemické recyklace
- Realizované a pilotní technologie ve světě
- Realizované a pilotní technologie v České republice
- Problémy, rizika a ekonomické aspekty chemické recyklace
- Legislativa a regulace v oblasti chemické recyklace
- Porovnání chemické recyklace a ZEVO, přínosy pro chemický průmysl



ÚVOD DO CHEMICKÉ RECYKLACE PLASTŮ A JEJÍ VÝZNAM V ENERGETICE





Výhody termochemických metod a jejich přínos ke snížování emisí



Globální kontext plastového odpadu

Produkce plastů přesahuje 400 milionů tun ročně, přičemž materiálová recyklace je pouze kolem 14,5 %.

Problémy mechanické recyklace

Směsné a kontaminované plasty degradují mechanické recyklační procesy kvůli opakované degradaci a příměsím.

Termochemické metody recyklace

Přeměna plastů na uhlovodíky s výtěžností 75–90 % nahrazuje ropu v chemickém průmyslu a umožňuje i energetické využití takřka všech výstupních materiálů.

Snížení emisí a dodržení hierarchie odpadů

LCA ukazuje snížení emisí skleníkových plynů o 43–75 % oproti primární výrobě surovin z fosilních zdrojů, chemická recyklace je preferována před konvenčním spalováním.



PRINCIPY TERMOCHEMICKÝCH METOD CHEMICKÉ RECYKLACE





Pyrolýza:

Princip pyrolýzy

Pyrolýza je anaerobní termický rozklad bez kyslíku při 350–800 °C. Při klasickém endotermním procesu je nutné počítat se spotřebou 10–15 % získané energie na pokrytí energetických nároků procesu.

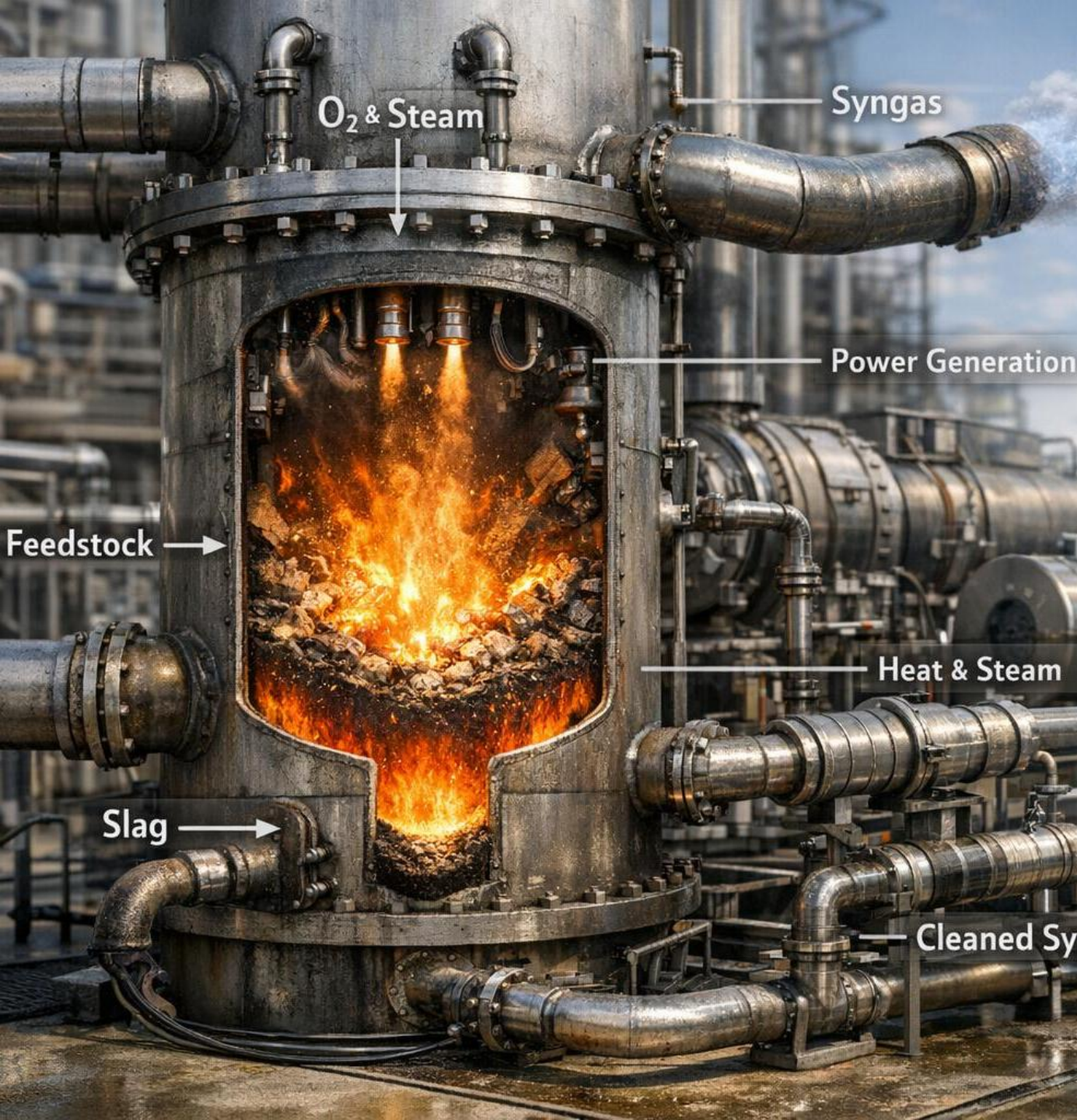
Typické produkty pyrolýzy

Produkty zahrnují 75–85 % pyrolýzního oleje, 10–15 % plynu a 5–10 % uhlíkatého zbytku (zdroj - polyolefiny).

Energetické využití produktů

Olej se používá jako palivo, plyn pro kogeneraci elektřiny a tepla, uhlíkatý zbytek může sloužit i např. k ohřevu reaktoru, s účinností až 70–90 %.





Zplyňování:

Princip zplyňování

Zplyňování využívá vysoké teploty nad 800 °C s částečným přístupem kyslíku popř. jeho kombinaci s vodní párou k výrobě syngasu (syntézního plynu).

Chemické složení syngasu

Syngas obsahuje převážně vodík (40–60 %) a oxid uhelnatý, doplněné o CO₂, metan a dehet (nutné čištění)

Možnosti využití syngasu

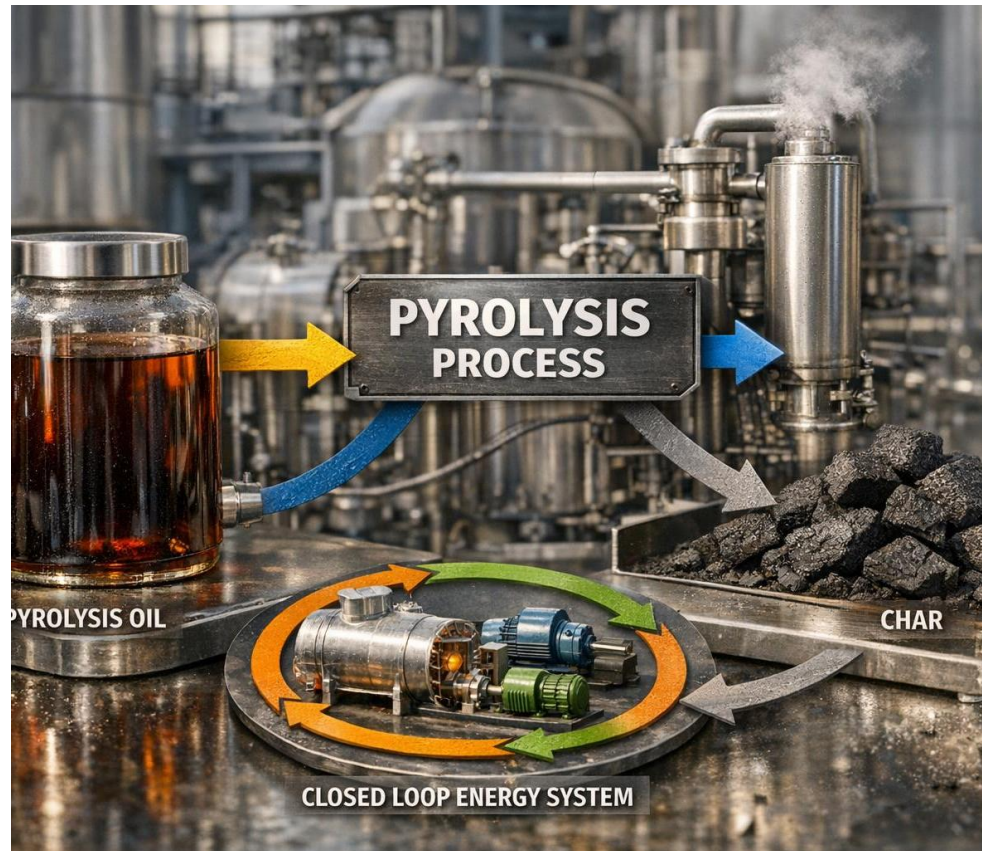
Syngas může být spalován v turbínách pro výrobu elektřiny nebo například použit k výrobě syntetických paliv a zeleného vodíku.

ENERGETICKÉ VYUŽITÍ PRODUKTŮ CHEMICKÉ RECYKLACE





Možnosti využití pyrolýzního oleje, syngasu a uhlíkatého zbytku



Využití pyrolýzního oleje

Pyrolýzní olej má vysokou výhřevnost (42 MJ/kg) a lze jej použít i k přímému spalování v průmyslových kotlích a výrobě tepla či elektřiny. Jeho základní určení je nicméně pro materiálové využití jako náhrada fosilní ropy.

Využití syngasu

Syngas se nejčastěji využívá pro kogeneraci při výrobě el. energie, lze jej ale použít opět materiálově např. jako zdroj vodíku pro chemické hydrogenační procesy nebo pro další syntézy (syntetická paliva, metanol) .

Uhlíkatý zbytek

Uhlíkatý zbytek lze spalovat pro získání procesního tepla nebo se po přečištění a úpravách používá jako surovina v průmyslových procesech (např. náhrada sazí).

Výhody uzavřeného cyklu

Uzavřený cyklus nabízí vyšší energetickou hodnotu využití vstupního materiálu díky lepšímu využití chemické struktury výstupů oproti přímému spalování až přímo na oxid uhličitý.

REALIZOVANÉ A PILOTNÍ TECHNOLOGIE VE SVĚTĚ





Komerční projekty pyrolýzy

BASF (DE) ChemCycling technologie

BASF využívá pyrolýzní olej (75–85 %) jako surovinu pro nové plasty a energetické účely s 50 % nižšími emisemi CO₂.

<https://www.basf.com/.../chemcycling.html>

Agilyx (USA) - specializace na PS

Agilyx zpracovává polystyren na monomerní styren a olej používaný jako palivo a zdroj energie.

<https://www.agilyx.com>

Brightmark (USA)

oleje pro paliva a chemické výrobky, 75–85 % olej

<https://brightmark.com>





Komerční projekty pyrolýzy

ExxonMobil (USA) Pyrolýza

ExxonMobil Baytown : ~113 kt/rok (2026+), plán 454 kt

<https://corporate.exxonmobil.com/.../advanced-recycling>

Mura Technology (UK/DE): - hydrotermální proces (Hydro-PRT)

Mura Technology hydrotermální + Dow

<https://www.murapolymer.com>

Plastic Energy (ES/UK) - Pyrolýza (TAC technologie)

Plastic Energy: TACOIL pyrolýza, spolupráce TotalEnergies

<https://plasticenergy.com>





Zplyňování a hybridní projekty

Význam syngasu

Syngas je klíčový zdroj pro výrobu elektřiny, chemikálií i vodíku, což splňuje podmínky pro podporu udržitelné energetiky

Konvenční a plazmové technologie

Aktuální projekty podporují pilotní i komerční výrobu syngasu a vodíku v energetice s projekty ve vysoké technologické úrovni – úroveň komerčních jednotek.

Enerkem (Kanada)

Využití nerecyklovatelného odpadu (včetně plastů) na syntézní plyn, ze kterého následně vyrábějí methanol. Spolupráce s Shell nebo Repsolem.
<https://enerkem.com/>

Westinghouse Plasma Corporation (UK, USA)

Spolupráce s Shell, výroba čistého vodíku . westinghouse-plasma.com

Fulcrum BioEnergy (USA)

Fulcrum BioEnergy: syngas 70–90 % → energie/chemikálie, především letecká paliva. Spolupráce s Westinghouse plasma energy. <https://www.fulcrum-bioenergy.com>



REALIZOVANÉ A PILOTNÍ TECHNOLOGIE V ČESKÉ REPUBLICE



ORLEN Unipetrol:

Pilotní pyrolýzní jednotka

Pilotní jednotka v UniCRE testuje dechloraci a složení olejů ze zbytkových plastů od roku 2022.

Plánovaná komerční jednotka

Komerční jednotka s kapacitou 15–35 kt/rok plánovaná na spuštění v roce 2028 se zaměřením na PP a HDPE produkty.

Cíl:

Do roku 2035 recyklovat 250 kt plastů kombinovanou mechanickou a chemickou recyklací.



Green Future:



Technologie TDU2000®

Česká technologie termochemické pyrolýzy fy. Enress.

Aktuální status a rozšíření

Funkční jednotka v testovací provozu (Dvorce u Bruntálu) , plánované rozšíření na 16 jednotek do roku 2030 v rámci EU.

<https://www.green-future.tech/technologie>

Kapacita a výstupy

Průmyslová kapacita plánována na desítky tun denně; produkty zahrnují pyrolýzní olej, plyn a uhlíkatý zbytek pro průmyslové a zemědělské využití.

Energetické využití

Pyrolýzní olej a plyn slouží jako zdroje tepla, elektřiny a chemických surovin pro udržitelný rozvoj.





Další pilotní projekty a výzkumné aktivity v ČR

PDI

Technologie dvoustupňového vysokoteplotního zplyňování. Výstup Syngas, teplo ale např. vodík, metanol.

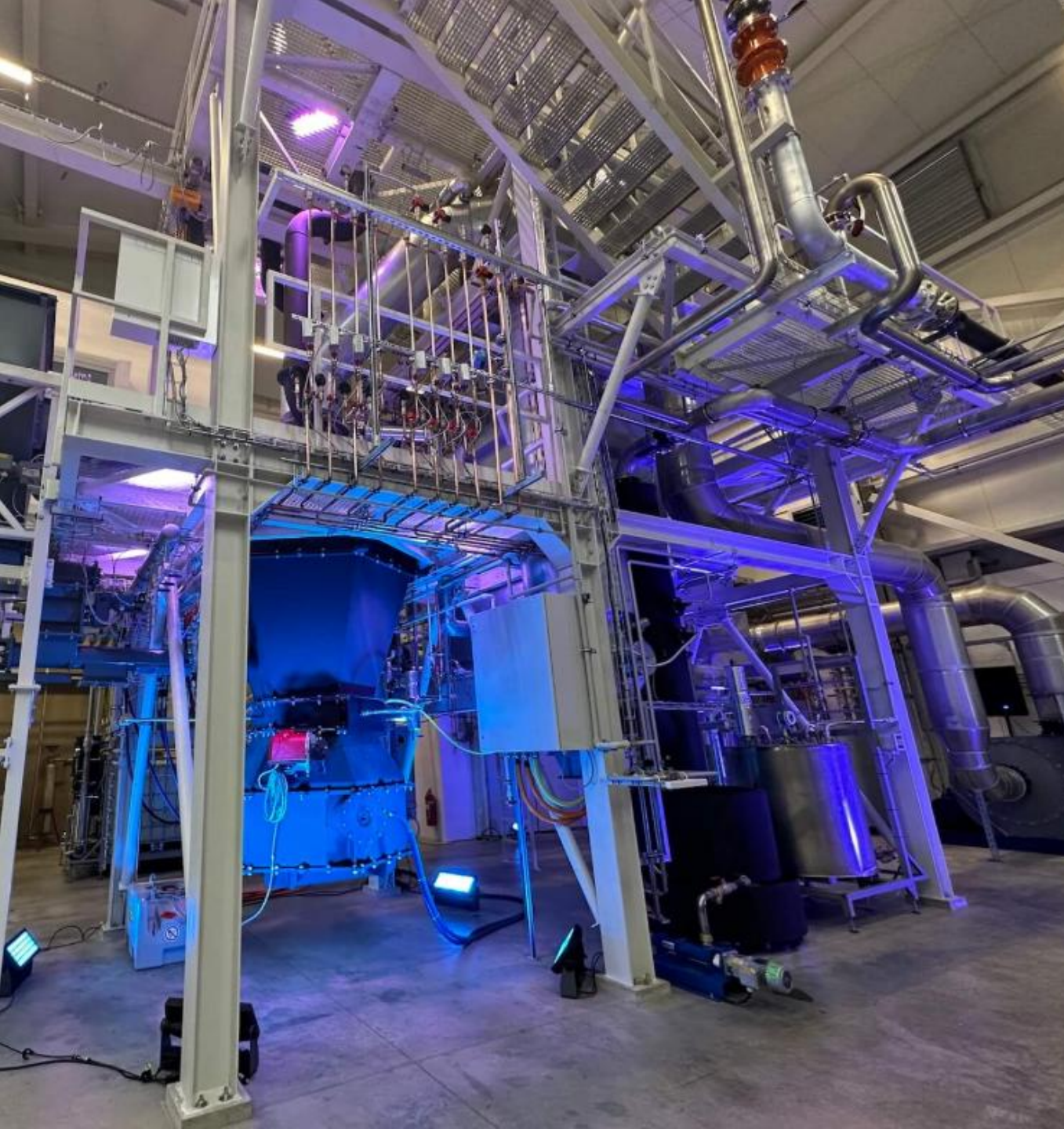
<https://www.pdi.cz>

Výzkumné aktivity

Projekty ÚCHP AV ČR a AV ČR zaměřené na chemickou recyklaci, dechloraci a analýzu životního cyklu.

Podpora z programů TAČR , SFŽP, MPO, IF.





Pilotní projekty plazmového zplyňování

Millenium Technologies

Pilotní reaktor ve VTP Dubá zaměřený na vývoj
plazmového zplyňování pro výrobu syngasu a
následně etanolu.

www.millenium-technologies.cz



PROBLÉMY, RIZIKA A EKONOMICKÉ ASPEKTY CHEMICKÉ RECYKLACE





Technologické, ekonomické a enviromentální výzvy



Energetická náročnost

Endotermní pyrolýza spotřebuje 10–15 % energie ze svého výstupu, což ovlivňuje efektivitu procesu.

Kontaminanty a čištění výstupů

Možnost kontaminantů chloru (z PVC), síry a těžkých kovů zvyšuje náklady a riziko koroze zařízení.

Kvalita produktů

Vyrobený olej vyžaduje další úpravy a čištění, aby byl použitelný jako přímý náhrada za dieselové palivo (min úprava pH, dehydratace, filtrace..)

Emise a ekonomika

Nutnost dodržení emisních limitů je stejná pro všechny dostupné technologie. Oproti chemické recyklaci je ale nutné počítat u ZEMO s vyššími objemy spalin a nutností dostatečné filtrace spalin.

U chemické recyklace je nutné počítat s vyššími investičními náklady, ale produkuje hodnotnější produkty.

LEGISLATIVA A REGULACE V OBLASTI CHEMICKÉ RECYKLACE



Zákon ČR o odpadech :

Hierarchie nakládání s odpady

Hierarchie odpadového hospodářství preferuje recyklaci před energetickým využitím a skládkováním

Definice

Zákon č. 541/2020 Sb., příloha č.1 definuje chemickou recyklaci jako povolený způsob zpracování R3a a energetické využití jako R1a s požadovanou účinností nad 0,65.

<https://www.e-sbirka.cz/sb/2020/541?zalozka=text>.

Metodika pro povolování chemické recyklace

Podrobné rozpracování požadavků na zařazení technologie a souvisejících činností a komplexní informace k obsahu žádosti o povolení / změnu povolení provozu.





Evropská legislativa a transpozice do ČR

Evropské směrnice o odpadech

Směrnice 2008/98/ES o odpadech, SUPD a PPWR se zaměřují na rámcovou úpravu odpadů a recyklovaný obsah včetně chemické recyklace.

Nárůst požadavků na obsah recyklátu v automobilech (ELVR).

Nové požadavky k harmonizaci

Zavedení End-of-Waste kritérií, metodiky výpočtu recyklátu.

Transpozice do ČR

Česká republika implementuje evropské nařízení přímo do své legislativy. Očekává se zvýšená podpora projektů v oblasti materiálového využití odpadu a recyklace.





POROVNÁNÍ CHEMICKÉ RECYKLACE A ZEVO, PŘÍNOSY PRO CHEMICKÝ PRŮMYSL



Srovnání parametrů chemické recyklace a ZEVO

KRITÉRIUM	CHEMICKÁ RECYKLACE (PYROLÝZA/ZPLYŇOVÁNÍ)	ZEVO (PŘÍMÉ SPALOVÁNÍ)
Výstupní produkty	75–90 % olej/syngas (palivo + surovina)	Teplo/elektrina (20–30 % účinnost)
Energetické využití	Olej 42 MJ/kg (krakování/CHP), plyn/syngas 60–85 % účinnost	Pouze R1a (teplo/elektrina)
Zachování hodnoty	70–90 % chemické energie zachováno – materiálové využití (nové plasty)	Destrukce na oxid uhličitý
CO ₂ emise (LCA)	43–75 % méně (BASF 50 % méně než spalování)	Vyšší emise (především objemy)
Vhodnost pro chem. průmysl	Vysoká (nahradí část ropy)	Nízká (jen tepelná/elektrická energie)





Detailní přínosy chemické recyklace pro cirkularitu a energetiku

Zachování materiálové hodnoty

Termochemická recyklace umožňuje výrobu oleje a syngasu pro petrochemii.

Zpracování nevhodných plastů

Chemická recyklace může zpracovat plasty nevhodné pro mechanickou recyklaci ale i spalování v ZEVO (např. PVC, laminované obaly, kompozity)

Vyšší cirkularita a EU cíle

Chemická recyklace podporuje vyšší cirkularitu a napomáhá dosáhnout cílů EU v recyklaci obalů do roku 2030.





Důvody, proč chemická recyklace vítězí v energetickém využití

Nevýhody spalování v ZEVO

ZEVO znamená přímé spalování s nižší celkovou energetickou účinností využití vstupních plastů a vyšším objeme emisí škodlivin do ovzduší.

Výhody chemické recyklace

Chemická recyklace nabízí uzavřený cyklus s energetickou účinností využití vstupních plastů 70–90 %, produkuje druhotné nefosilní suroviny pro rafinérie a chemický průmysl a produkuje i méně emisí.



Chemická recyklace jako klíč k udržitelné energetice

Význam chemické recyklace

Chemická recyklace plastů představuje důležitou metodu pro udržitelné využití odpadů a snížení jejich environmentálních dopadů. Jde o metodu materiálové recyklace vstupních materiálů.

Termochemické metody

Termochemické metody umožňují efektivní přeměnu plastů na užitečné energetické produkty a další materiály určené pro chemické a petrochemické zpracování.

Projekty a legislativa

Reálné projekty a legislativní rámce podporují rozvoj a uplatnění chemické recyklace v České republice i ve světě.

Stále ale ještě chybí shoda na harmonizovaných pravidlech v celé EU.

Udržitelnost a emise

Chemická recyklace přispívá ke snížení emisí a podporuje udržitelný rozvoj i v chemické energetice.

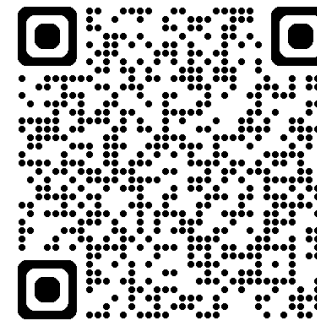


Děkuji za pozornost.

Kontakt:

ČTP Plasty – www.tp-plasty.cz

radek.pjatkan@schpcr.cz



Spolufinancováno
Evropskou unií



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

