

Možnosti pyrolýzní technologie v rámci energetického využití odpadů

Prof. Ing. Vladimír LAPČÍK, CSc.

VŠB-Technická univerzita Ostrava

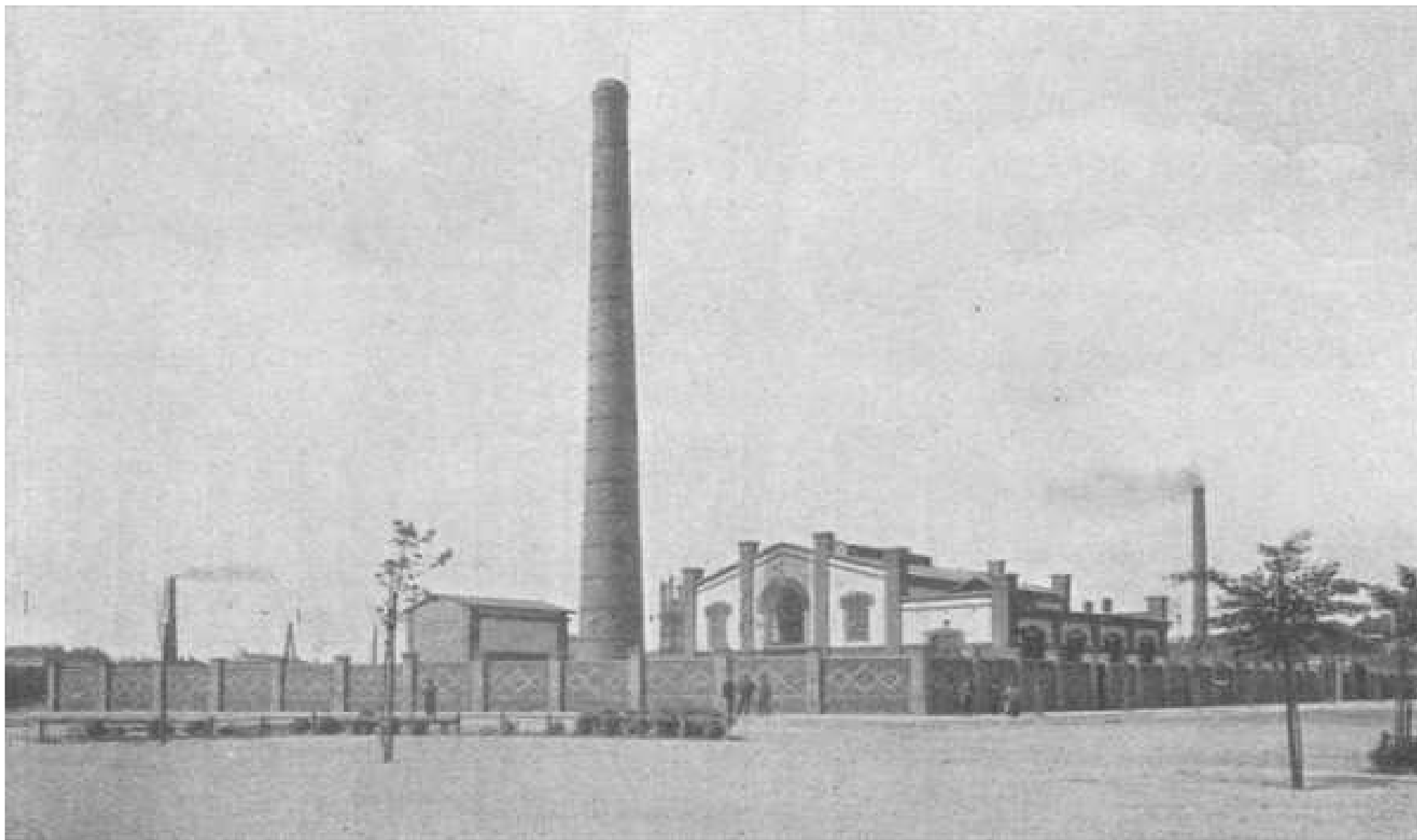
HGF, Institut environmentálního inženýrství

vladimir.lapcik@vsb.cz

Zařízení pro energetické využití odpadů v Československu a v České republice

Historie spalování odpadu

První spalovna komunálního odpadu s využitím energie byla na území dnešní České republiky vybudována v **Brně** v letech 1904 – 1905 (viz obr. 1). V plném provozu spalovalo zařízení **27,5** tuny odpadu za den. Vyrobenou párou byla poháněna turbína o výkonu 300 kW napojená na třífázový generátor střídavého proudu o výkonu **220** kW. Ve 30. letech byla spalovna rozšířena, svému účelu sloužila až do roku 1941, kdy byla při spojeneckém náletu na Brno zničena.



Obr. 1 Spalovna komunálního odpadu v Brně (začátek 20. století)

Druhá spalovna komunálních odpadů byla postavena v **Praze - Vysočanech** v letech 1930 – 1933 (viz obr. 2). Pražská spalovací stanice pevných odpadů, teplárna a elektrárna byla uvedena do provozu v roce 1934. Spalovna byla osazena spalovacími bateriemi se dvěma kotli o kapacitě **200 tun za den**. Pára byla dodávána okolním podnikům i vlastní elektrárně s dvěma turbogenerátory po 5 MW. Později byla spalovna modernizována a rozšířena. Celková rekonstrukce spalovny probíhala v letech 1959 – 1982, na konci 80. let 20. století byla spalovna znovu zrekonstruována. Po rekonstrukci mohla likvidovat až **45 t** odpadu za hodinu. Provoz spalovny ve Vysočanech byl ukončen v roce **1997**.



Obr. 2 Spalovna komunálního odpadu v Praze - Vysočanech

Poválečná historie

V poválečné historii byla jako první uvedena do provozu v býv. Československu nová velká spalovna komunálního odpadu v Brně (dnes **SAKO Brno, a.s.**). Spalovna byla vybudována v letech 1984 – 1989. Původně měla spalovna tři kotle ČKD Dukla s válcovými rošty. Celková kapacita spalovny byla **240 tis. tun** odpadu ročně.

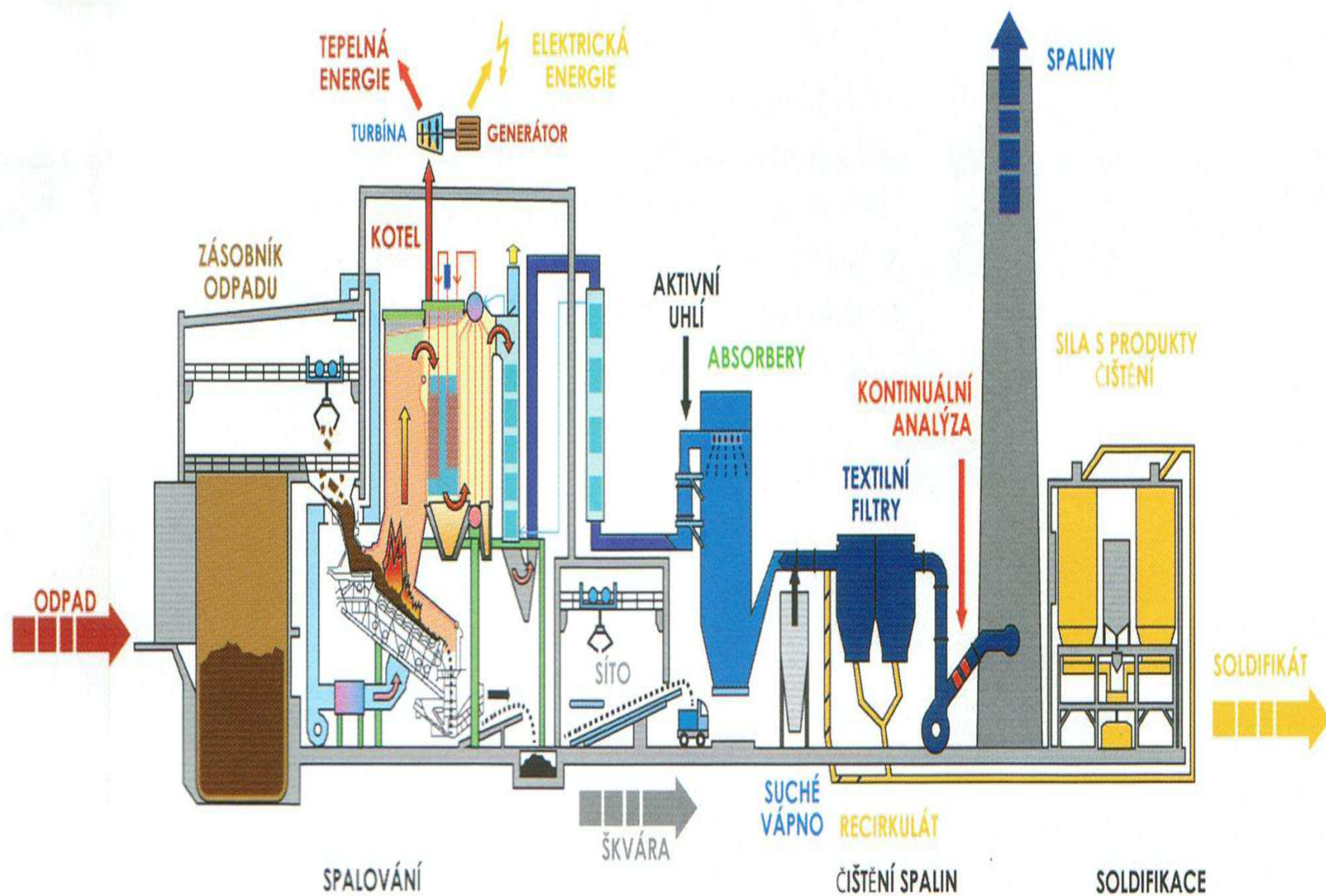
V letech 2008 až 2011 prošla spalovna velkou rekonstrukcí a modernizací (za cca 72 mil. eur), kdy byly vybudovány dvě nové linky na spalování odpadů. Každá linka zahrnuje parní kotel o jmenovitém výkonu 45 t/h páry. Maximální spalovací výkon roštu každého kotle je 16 t/hod., minimální pak 8 t/hod. Celková kapacita spalovny činí **248 000 tun** odpadu za rok při výhřevnosti odpadu 8 – 9,6 MJ/kg. Spalovna komunálního odpadu SAKO Brno, a.s. byla slavnostně znovu otevřena 7. září 2011. Zrekonstruované zařízení brněnské spalovny (viz obr. 3) může uspokojit až **30 %** spotřeby páry ve městě Brně.

Každý kotel je vybaven spalovacím vrativým (reverzním) roštem Martin GmbH, vyvinutým speciálně pro spalování tuhých komunálních odpadů. Moderní provoz brněnské spalovny splňuje přísnější emisní limity, než jsou požadovány platnou legislativou o oblasti ochrany ovzduší.

Čištění spalin vznikajících při spalování odpadu má následující postup:

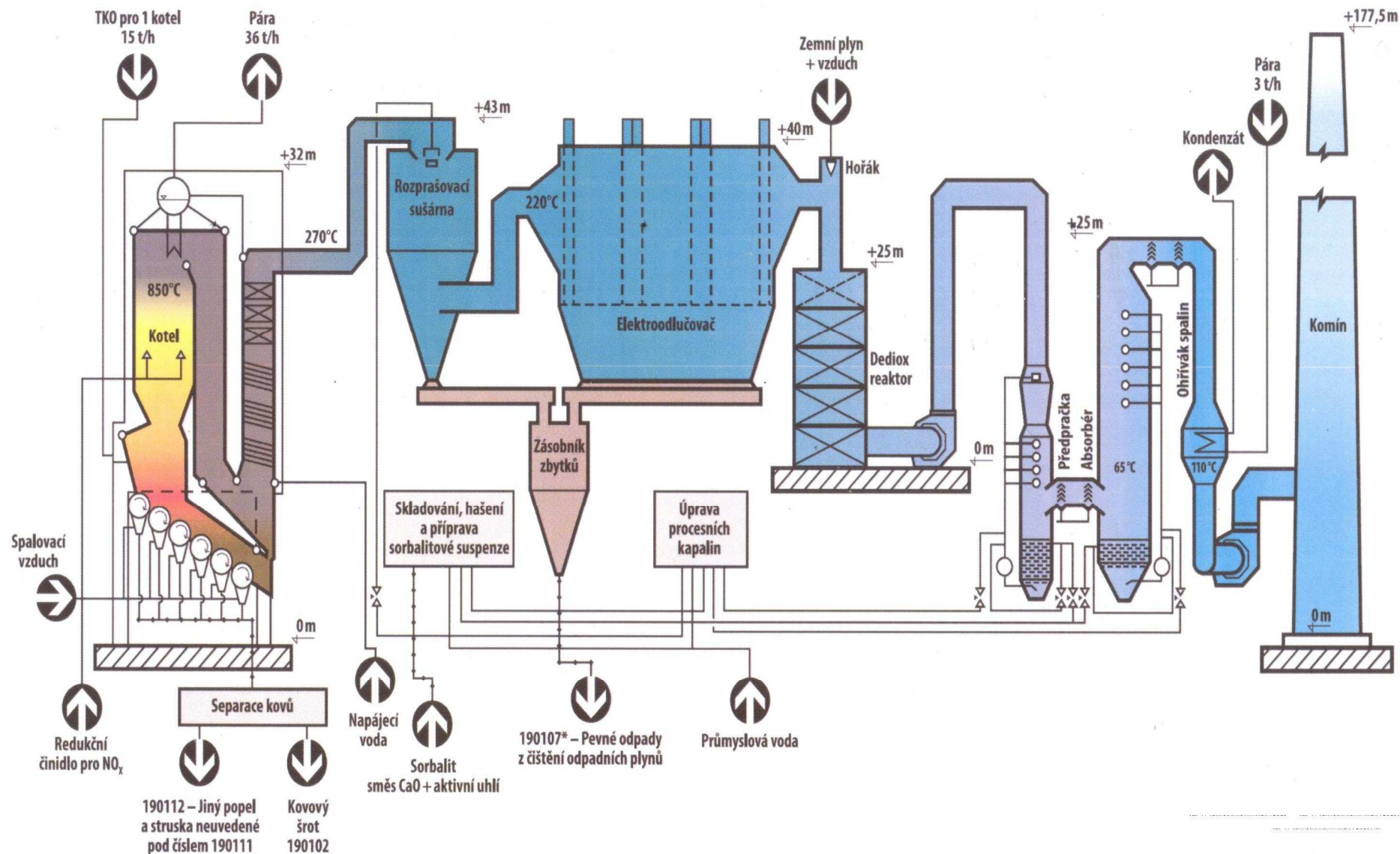
Spaliny vznikající při spalování odpadů jsou na výstupu z kotle o teplotě 195 °C přiváděny kouřovodem do horní části absorberu. Systém čištění spalin je založen na polosuché vápenné metodě a spolu s technickými a provozními opatřeními řeší i problematiku **těžkých kovů, dioxinů a jiných persistentních organických polutantů**. Do kouřovodu každé linky před absorbéry se tlakově **vhání aktivní uhlí**, na jehož povrch se vážou především **těžké kovy a dioxiny**, které nebyly předchozími reakcemi odstraněny.

Spaliny včetně popílku, reakčních produktů neutralizace a zbytků nezreagovaných činidel jsou vedeny kouřovodem na tkaninový filtr. Vyčištěné spaliny jsou před vstupem do komínu o výšce 125 metrů podrobeny kontinuální analýze.



Obr. 3 Schéma spalovny komunálního odpadu SAKO Brno, a.s.

Výstavba nové spalovny na likvidaci tuhého komunálního odpadu v **Praze** byla zvažována již koncem 70. let. Výstavba byla zahájena v září 1988. **Zařízení na energetické využívání odpadů (ZEVO) Malešice** bylo uvedeno do provozu na podzim roku 1998. Ve spalovně byly čtyři parní kotle ČKD DUKLA, kdy každý měl kapacitu 15 tun odpadu za hodinu. Celková kapacita spalovny je **310 tisíc tun odpadu ročně**. Tato kapacita je však využívána pouze ze dvou třetin. V roce 2010 byla do provozu uvedena nová kogenerační jednotka, díky níž se zvýšila výroba energie z odpadu. Spalovna dodává cca 1 000 TJ tepelné energie ročně Pražské teplárenské, a.s. a vyrobí cca 90 000 MWh elektřiny ročně. Výkon instalované turbíny je **17,6 MW_e**.



Obr. 4 Schéma spalovny komunálního odpadu ZEVO Malešice

Před cca 3 lety bylo v ZEVO Malešice rekonstruováno čištění spalin. Nyní závod disponuje **špičkovým několika-stupňovým čištěním spalin**. Spaliny jsou nejprve vedeny do **rozprašovací sušárny** na předčištění *prachových částic, kyselých složek a těžkých kovů* (viz obr. 4). Efektem prvního stupně je také skutečnost, že z prací suspenze se odpaří voda, takže ven ze zařízení odcházejí **odpady pouze v pevné fázi**. Spaliny pokračují dále do **elektroodlučovače**, kde jsou odprášeny (**druhý** stupeň čištění). Za elektroodlučovačem je zařazen nový **kombinovaný katalyzátor (SCR)**, kde dochází k odbourávání oxidů dusíku a k oxidačnímu rozkladu dioxinů a furanů (katalytický reaktor DeNO_x a DeDiox). Spaliny jsou tak zbaveny *oxidů dusíku, dioxinů a furanů* a jsou předčištěny, co se týče kyselých složek, a jsou odprášeny.

Dále pokračují do **dvoustupňového mokrého čištění spalin**.

Zde je umístěna tzv. **předpračka**, kde se odloučí chloridy, jodidy, bromidy a fluoridy a v **dalším stupni** absorpce také SO_2 a SO_3 . Jde tedy vlastně o **pětistupňové čištění spalin**.

Stran dosahovaných emisních hodnot je nutno konstatovat, že veškeré emisní hodnoty jsou **pod deseti procenty** povolených limitů, jen CO dosahuje 30 %, HF 42 % a NO_x 70 % úrovně emisních limitů .

Jednorázově měřené emise [mg.m ⁻³]				
	naměřeno		limit	% z limitu
HF	0,4200	}	1	42
PCDD/F	0,0022	}	0,1	2
Cd	0,0003	}	0,05	1
Tl	0,0011			
Hg	0,0047	}	0,05	9
Sb	0,0017	}	0,5	7
As	0,0005			
Pb	0,0051			
Cr	0,0049			
Co	0,0003			
Cu	0,0142			
Mn	0,0015			
Ni	0,0039			
V	0,0012			

Obr. 5 ZEVO Malešice – jednorázově měřené emise

Kontinuálně měřené emise [mg.m ⁻³]			
	naměřeno	limit	% z limitu
TZL (prach)	1,13	10	11
SO ₂	3,66	50	7
NO _x	152,09	200	76
CO	20,06	50	40
HCl	0,70	10	7
TOC	0,78	10	8

Obr. 6 ZEVO Malešice – kontinuálně měřené emise

Poslední moderní spalovna komunálního odpadu v České republice byla uvedena do provozu v **Liberci (TERMIZO a.s.)**. Stavba byla zahájena v roce 1997, zkušební provoz začal v roce 1999 a byl ukončen kolaudací roku 2000. Spalovna má kapacitu **96 tisíc tun odpadu** za rok, má jednu spalovací linku s přesuvným roštem systému von Roll o kapacitě 12 t/h. Vyrobená přehřátá vodní pára je dodávána do místní teplárenské soustavy.

**Nově navrhovaná zařízení
pro energetické využití komunálního
odpadu v České republice**

Nejvíce byly rozpracovány projekty v Moravskoslezském (**KIC Odpady**) a Plzeňském kraji (**ZEVO Chotíkov**).

Příprava projektu spalovny KIC Odpady, a.s. (**Krajské integrované centrum nakládání s odpady**) je v pokročilém stadiu. Projekt prošel posuzováním vlivů stavby na životní prostředí, územním a stavebním řízením. Spalovna měla být původně uvedena do provozu v roce 2015.

V současné době je realizace pozastavena **žalobou proti platnosti stavebního povolení**, podanou občanským sdružením. Projektované parametry spalovny jsou **192 000 tun využívaného komunálního odpadu**, výkon turbíny **15 MW_e**.

Připravovaný **Závod na energetické využití komunálního odpadu (ZEVO) v Chotíkově u Plzně** by měl pracovat také v kogeneračním režimu. Energeticky by mělo být využito až **100 000 tun komunálního odpadu** za rok. Uvedení do provozu je plánováno na rok 2015. V současnosti prošel záměr posuzováním vlivů na životní prostředí, územním řízením a stavebním povolením.

Odpad bude skladován v obestavěném odsávaném bunkru a likvidován spalováním v ohništi vybaveném **přesuvným roštem**. Prostory, ve kterých se skladuje nebo nakládá se SKO (vykládací hala a bunkr), budou vybaveny odsáváním vzduchu.

Energie vzniklá v ohništi bude využívána v přiřazeném parním kotli o výkonu **38,7 tun páry/hod.** pro výrobu páry (4,1 MPa a 400 °C). Pára bude využívána v kondenzačním turbogenerátoru (TG) s regulovaným odběrem pro výrobu elektrické energie (**7,3 MW_e**). Pára z regulovaného odběru bude použita pro **výrobu horké vody**, která bude dodávána do sítě CZT Plzeňské teplárenské (140/70 °C).

Pro *čištění spalin* je předpokládáno použití **kombinované metody**, sestávající z následujících základních stupňů: **rozprašovací sušicí reaktor, tkaninový filtr, třístupňová pračka spalin a metoda SCR – katalytický reaktor DeNO_x a DeDiox.**



Obr. 7 Pohled na potenciální staveniště ZEVO Chotíkov

Kraj Vysočina připravuje záměr **Integrovaný systém nakládání s odpady v kraji Vysočina**, jehož součástí je také spalovna komunálního odpadu.

Další připravované záměry:

- Společnost United Energy, a.s. připravuje výstavbu zařízení EVO v areálu **teplárny Komořany** s roční kapacitou 100 – 150 tisíc tun odpadu. Zahájení provozu je rovněž plánováno na rok 2015.
- Další uvažovaná stavba spalovny TKO je situována v areálu **elektrárny Opatovice**. Měla by mít kapacitu asi 100 tisíc tun spalovaného odpadu a využití tepla v pardubické a královéhradecké aglomeraci.

Možnosti pyrolýzní technologie v rámci energetického využití odpadů

Prof. Ing. Vladimír LAPČÍK, CSc.

VŠB-Technická univerzita Ostrava

HGF, Institut environmentálního inženýrství

vladimir.lapcik@vsb.cz

Okruhy problémů při posuzování vlivů zařízení pro energetické využití komunálního odpadu na životní prostředí (dle zákona č. 100/2001 Sb., ve znění pozdějších předpisů) jsou ve velké většině případů následující:

- Ze strany **občanů a občanských sdružení** je velmi často při posuzování vlivů zařízení pro energetické využití komunálního odpadu (ZEVO) v roštovém uspořádání uváděn požadavek variantního řešení porovnávající varianty technologie zařízení - **roštová spalovna vs. jednotka pro zplynování odpadů, pyrolýza odpadů, plazmová technologie**, příp. jednotka pro mechanicko-biologickou úpravu (MBÚ) odpadů.

- Porovnání využití vyrobené energie v navrhovaném zařízení (ZEVO) ve srovnání s jinými technologiemi zpracování odpadu (zvýšení procenta materiálové recyklace, kompostování biologicky rozložitelných odpadů, výroba derivovaného paliva v MBÚ atd.).
- Objem a způsob ukládání pevných odpadů ze spalování - hodnocení popílků odloučeného ze spalin (obsah toxických látek v těchto odpadech).
- Z připomínek často zaznívá obava, zda spaliny budou čištěny na odpovídající úrovni a emise zařízení budou skutečně minimální, byť emise spaloven jsou nižší, než při výrobě stejného množství energie v klasických spalovacích zdrojích.

- Mnohdy je v souvislosti s posuzováním zařízení ZEVO zpracovatelům oznámení, dokumentací či posudků vytýkáno, že je porušována hierarchie nakládání s odpady (primárním je předcházení jejich vzniku a materiálové využití) ve smyslu § 9a odst. 1 zákona č. 185/2001 Sb., o odpadech, ve znění pozdějších předpisů, když s kladným výstupem posoudí zařízení pro energetické využití komunálního odpadu.
- Další místní výhrady – např. měření imisí není reprezentativní atd.

Právní aspekty energetického využití odpadu

Odpadová politika v České republice neumožňuje přispívat na výstavbu spaloven, zatímco příslušná evropská směrnice (Směrnice Evropského parlamentu a Rady (ES) 98/2008 o odpadech) dává již poměrně dlouhou dobu **přednost energetickému využití odpadů před skládkováním**. Implementace uvedené evropské směrnice povede s největší pravděpodobností ke změně přístupu k problematice spalování odpadů a energetickému využití jejich tepelného obsahu i v České republice (viz návrh nového zákona o odpadech).

Na tomto místě je nutno uvést, že § 9a odst. 1 zákona č. 185/2001 Sb., o odpadech, ve znění pozdějších předpisů, uvádí:

„V rámci odpadového hospodářství musí být dodržována tato hierarchie způsobů nakládání s odpady:

- předcházení vzniku odpadů.
- příprava k opětovnému použití.
- recyklace odpadů.
- jiné využití odpadů, například energetické využití.“

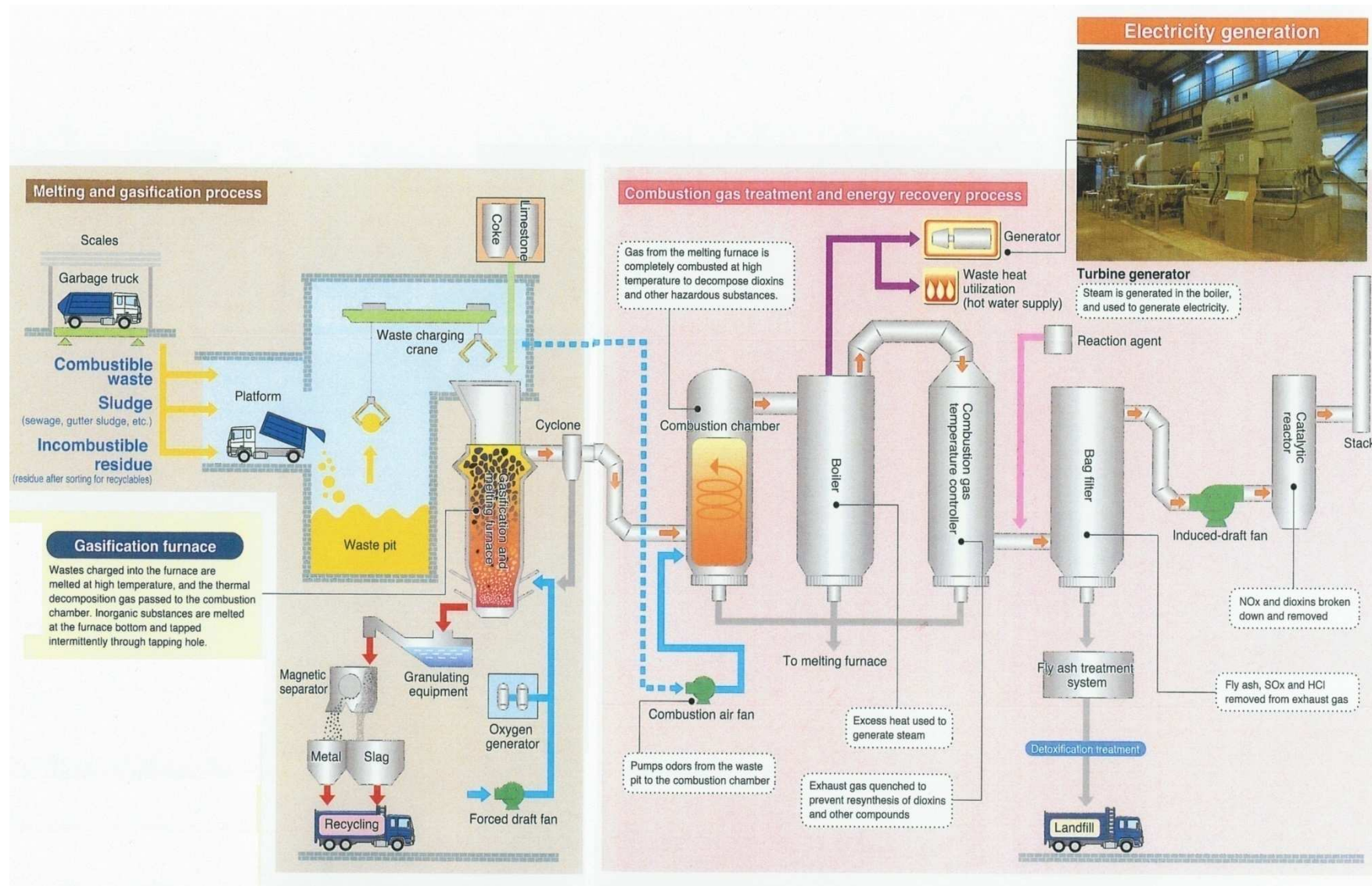
*Dále § 9a odst. 2 zákona č. 185/2001 Sb., o odpadech, ve znění pozdějších předpisů, uvádí: „**Od hierarchie způsobů nakládání s odpady je možno se odchýlit, pokud se na základě posuzování životního cyklu celkových dopadů zahrnujícího vznik odpadu a nakládání s ním prokáže, že je to vhodné.**“* Tolik tedy de lege lata.

Zplyňování a pyrolýza

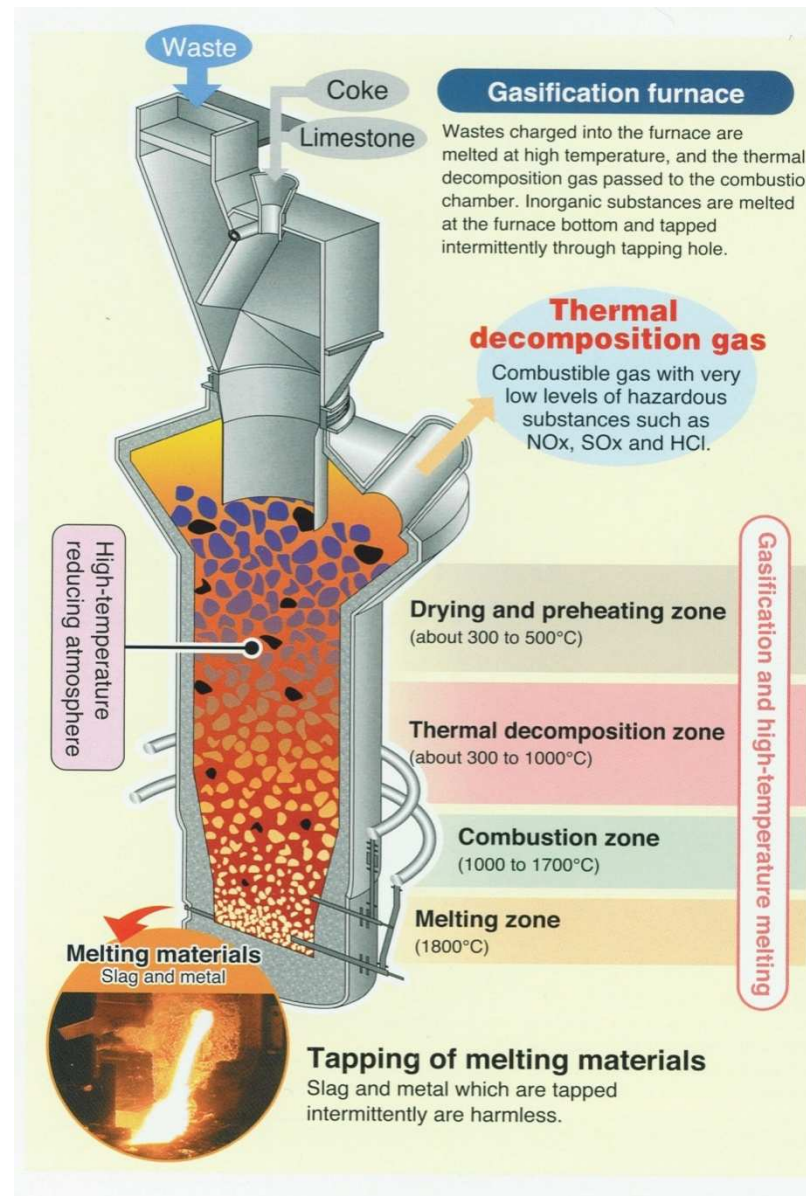
Zplyňování odpadu

Podstatou zplyňování je přeměna uhlíkatých materiálů za vyšších teplot (nad 800 °C) na hořlavé plynné látky **za přívodu podstechiometrického množství vzduchu** nebo jiného oxidovadla. Zplyňování je silně endotermický proces. **Výhodou** je, že díky vysokým teplotám odpadají problémy s tvorbou **toxických dioxinů**, furanů a polycyklických aromatických uhlovodíků. Redukční prostředí brání vzniku **oxidů dusíku**.

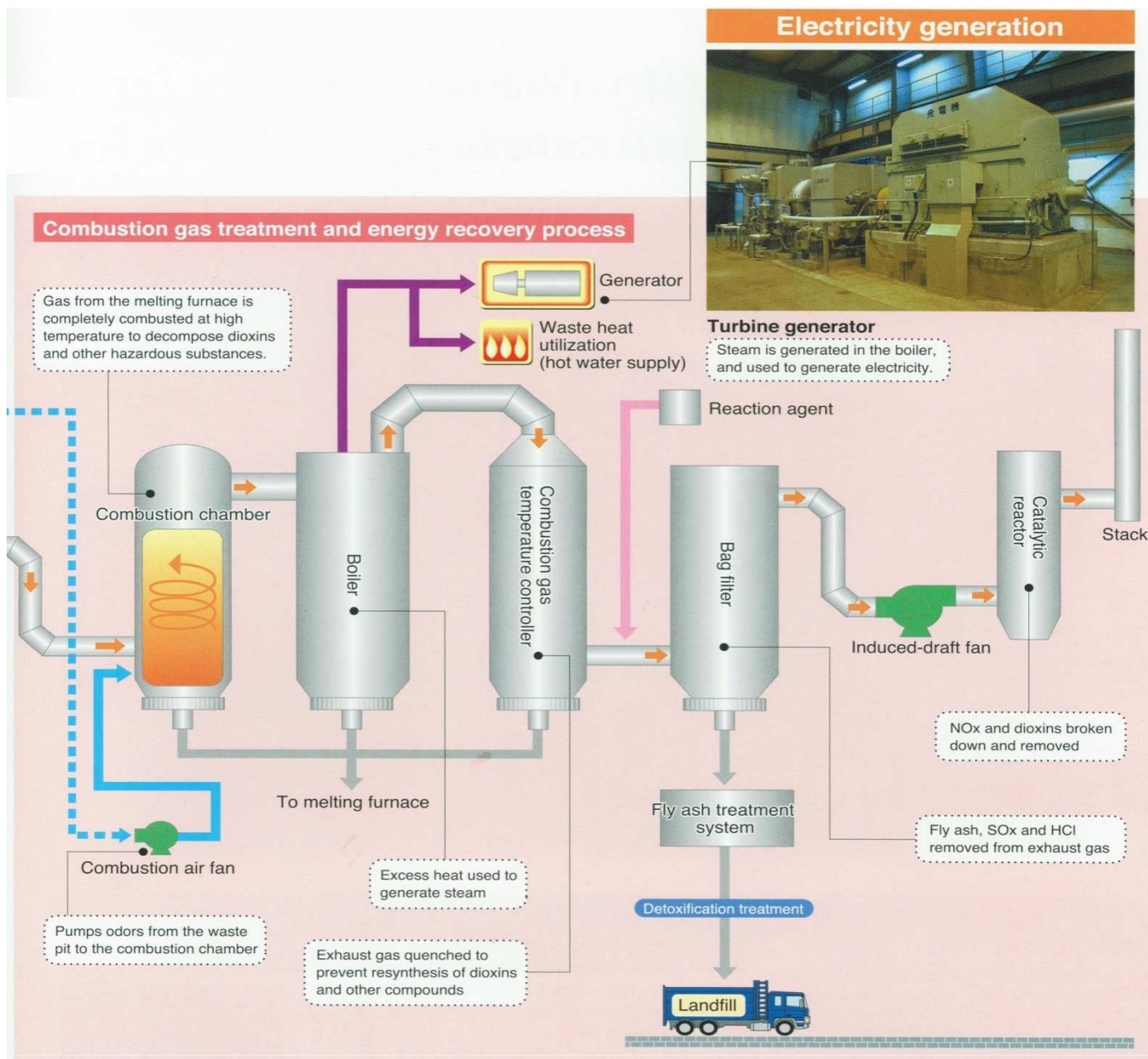
Zplyňování je částečné spalování organických látek za vzniku plynů, které lze použít jako surovinu (pomocí reformních procesů) nebo jako palivo. Zplyňovací procesy jsou vhodné k úpravě komunálních odpadů, některých nebezpečných odpadů a sušených čistírenských kalů.



Obr. 1 Kazusa Clean System – zařízení na odstraňování odpadu



Obr. 2 Kazusa Clean System – zplyňovací a tavicí pec



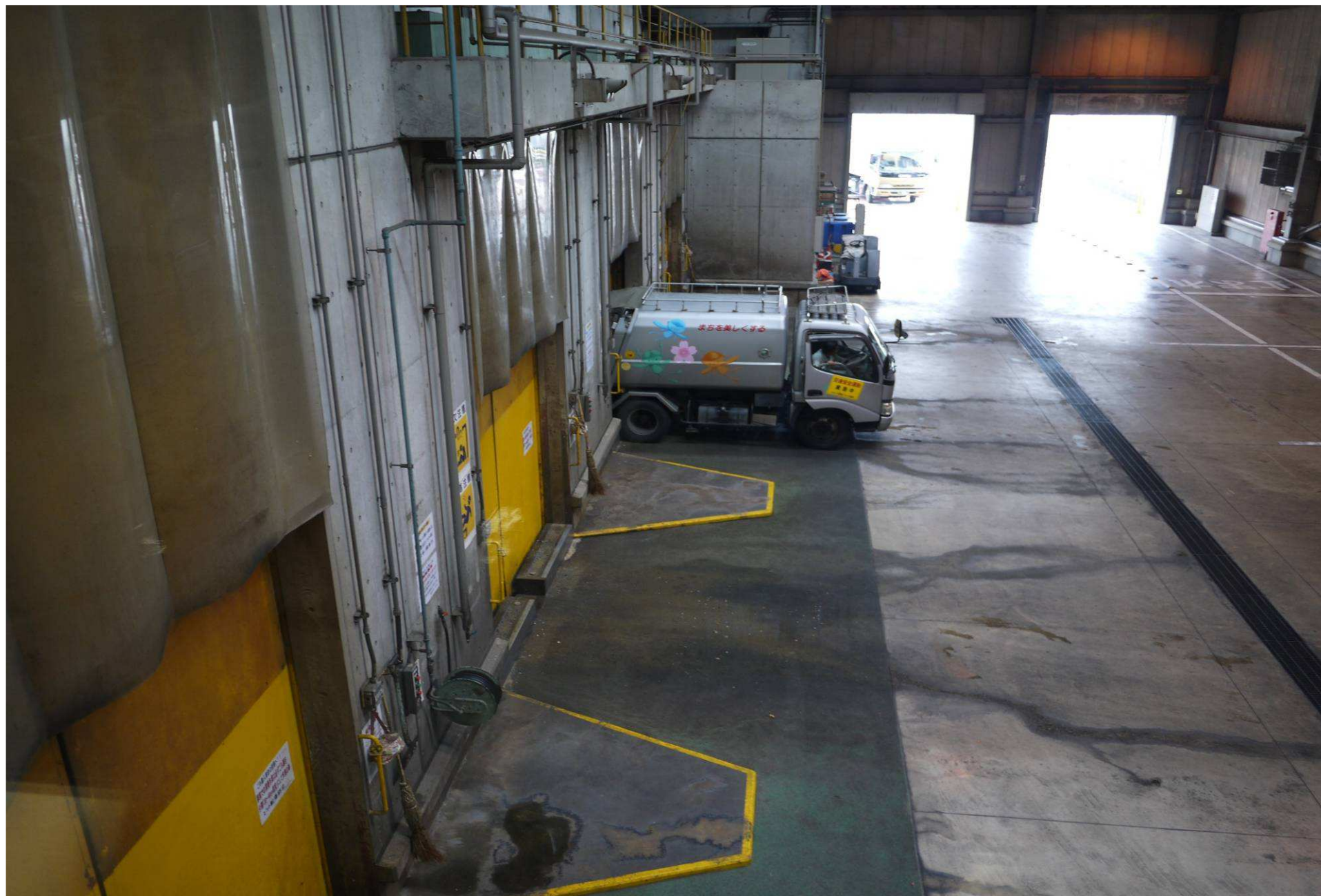
Obr. 3 Kazusa Clean System – spalování plynu a čištění spalin



Obr. 4 Kazusa Clean System – objekty spalovny



Obr. 5 Kazusa Clean System – zplyňovací a tavicí pec



Obr. 6 Kazusa Clean System – přejímka odpadů

Pyrolýza

Pyrolýza je termický rozklad organických materiálů za nepřístupu medií obsahujících kyslík (vzduch, oxid uhličitý, vodní pára), který vede ke vzniku plyných, kapalných a pevných frakcí. Tento proces je alternativou spalování.

Podstatou této metody je, že za vyšších teplot jsou organické sloučeniny méně stabilní. Vysocemolekulární látky se rozkládají na nízkomolekulární, což vede k jejich rozpadu na těkavé produkty a koks. Pyrolýza probíhá v rozmezí 150 °C až 1 000 °C. Podle teplot rozlišujeme:

- **Nízkoteplotní pyrolýzu** (reakční teplota do 500 °C),
- **Středněteplotní pyrolýza** (reakční teplota 500 °C až 800 °C),
- **Vysokoteplotní pyrolýza** (reakční teplota nad 800 °C).

Výhody pyrolýzních procesů:

- Jednodušší a investičně méně náročné zařízení,
- Produkovaná paliva jsou snadněji prodejná, než teplo a pára,
- Vzniká jen zlomek plynných produktů oproti spalování stejného množství paliva.

Nevýhody pyrolýzních procesů:

- Nákladnější provoz,
- Problém s odstraněním pyrolýzního zbytku (pyrolýzního koksu), kapalných uhlovodíků, obsahující zvýšený obsah těžkých kovů.

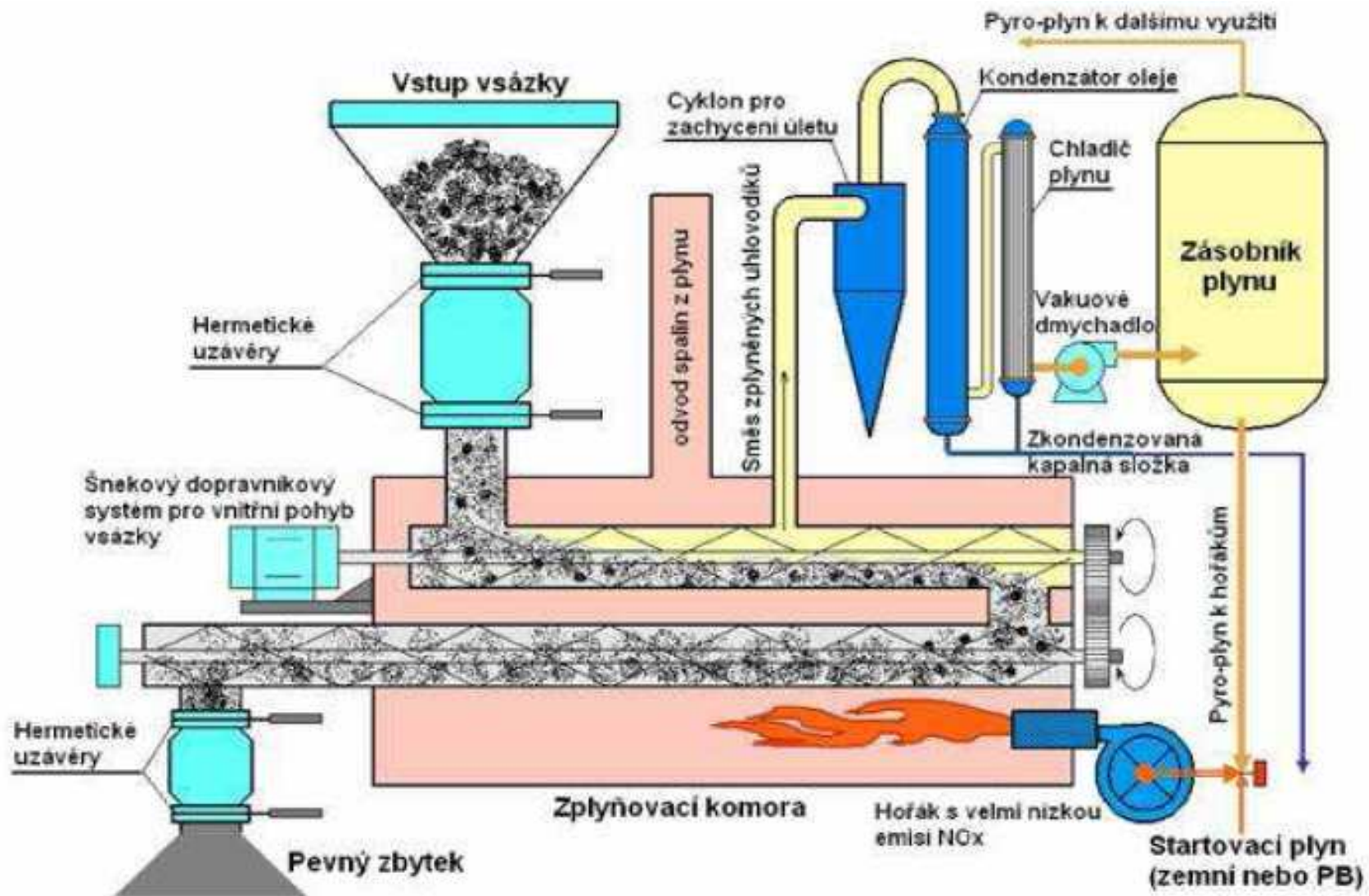
Pyrolýzu lze využít kromě tepelného zpracování komunálních odpadů a čistírenských kalů také k:

- Dekontaminaci půd,
- Úpravě plastových odpadů a použitých pneumatik,
- Úpravě pro látkové využití kabelových odpadů, kovových a plastických materiálů.

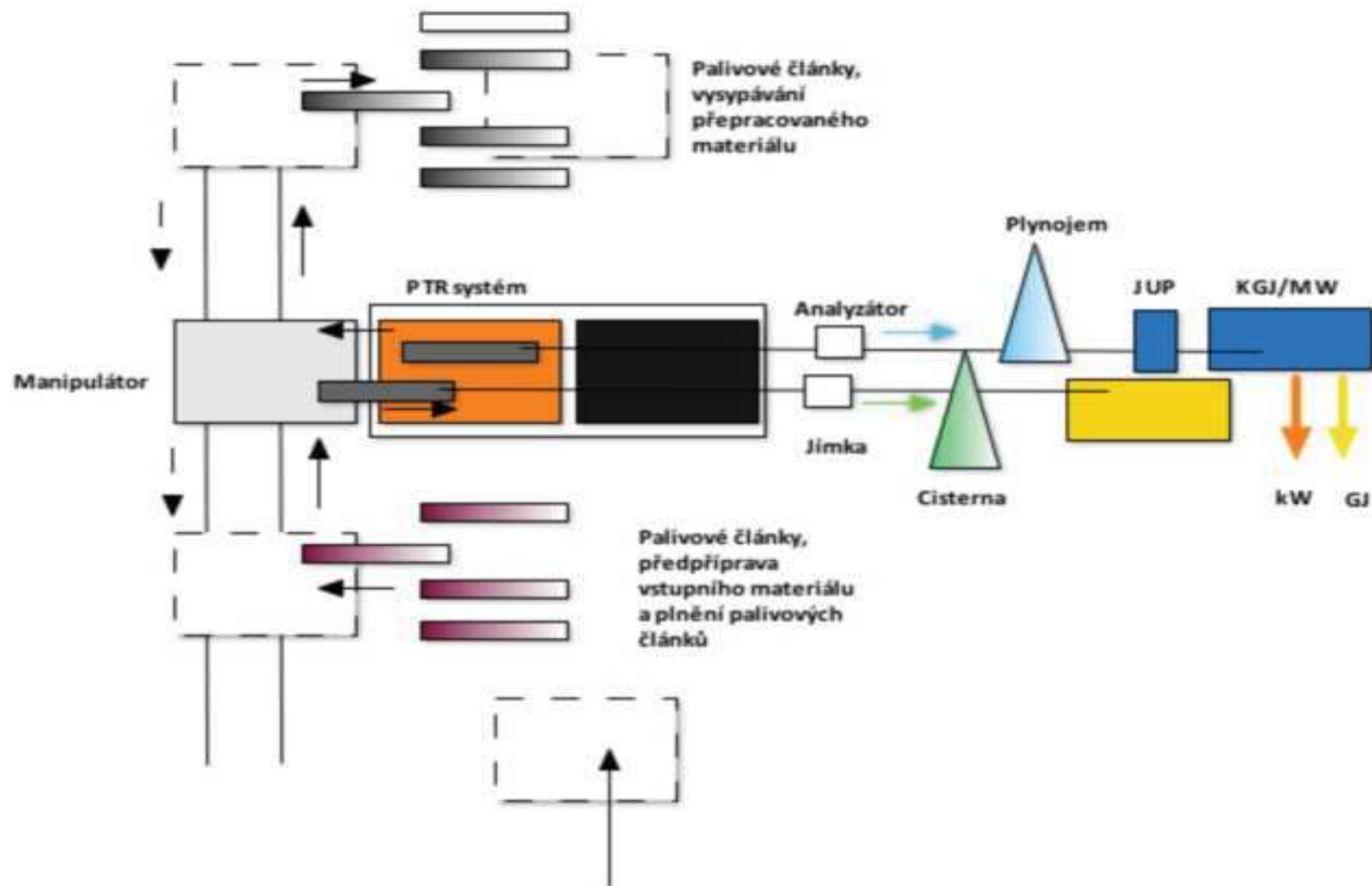
Již delší dobu jsou zplyňování i pyrolýza uhlí považovány za velice perspektivní i v oblasti energetického využití odpadů. Přestože výzkum v této oblasti je dosti široký a technologický vývoj značně pokročil, ani jedna z těchto technologií zatím stále není zavedená v oblasti odpadů tak, aby ji budoucí provozovatel dostal hotovou, tak říkajíc „na klíč“. To je v současnosti velký problém, protože řada podnikatelů v této oblasti v České republice nemá čím osadit zamýšlené provozy pro zpracování odpadů (komunální odpad, pneumatiky), které by chtěli provozovat jako zařízení pro energetické využití odpadů.

Jedním ze zařízení, které je nicméně nabízeno i u nás pro zpracování pneumatik (je možno využít i pro další druhy odpadů), je pyrolytická linka **M3RP** dodavatele AmbientEnergy LLC (USA), výrobce **SCOGEN** (Indie). Lze také jmenovat zařízení italské firmy **Pyros**.

Domácím zařízením je zařízení firmy **Hedviga**, spol. s r.o. s obchodním názvem **PTR**, které je schopno energeticky využít jak odpadní pryžové materiály, pneumatiky a komunální odpad, tak celou škálu ostatních odpadů (čistírenské kaly, ropné odpady, plasty, biomasu).



Obr. 7 Zařízení (jednotka SCOGEN M3RP) k pyrolýze pneumatik z osobních aut



Obr. 8 Schéma procesu se zařízením PTR a kogenerační jednotkou (HEDVIGA BIOENERGY, a.s.)



Obr. 9 Pyrolýzní jednotka firmy SIMUL trust a.s.



Obr. 10 Pyrolýzní jednotka firmy SIMUL trust a.s.
– palivový článek



Obr. 11 Kogenerační jednotka TEDOM Cento T 180

Spalování syntetického plynu s doprovodnou výrobou elektrické energie (kogenerační jednotka KGJ) je zařazeno dle přílohy č. 2 k zákonu č. 201/2012 Sb., o ochraně ovzduší, jako následující vyjmenovaný stacionární zdroj:

- *1.2. Spalování paliv v pístových spalovacích motorech o celkovém jmenovitém tepelném příkonu od 0,3 do 5 MW včetně (pozn.: je vyžadováno zpracování rozptylové studie podle § 11 odst. 9 zákona č. 201/2012 Sb., o ochraně ovzduší).*

KGJ – platí emisní limity pro pístové spalovací motory (viz příloha č. 2 k vyhlášce č. 415/2012 Sb.).

Pro tepelný výkon > 5 MW:

NO_x - 500 mg/m³

CO - 650 mg/m³

TZL - 130 mg/m³

Znečišťující látka	Střední hmotnostní koncentrace ZL	Emisní limit	Poznámka
NO _x	424 mg/Nm ³	500 mg/Nm ³	EL pro kogenerační jednotky (plynové spalovací motory)
CO	104 mg/Nm ³	650 ÷ 1300 mg/Nm ³	detto
TZL	0,55 mg/Nm ³	10 mg/Nm ³	Emisní limity pro spalování odpadu
HF	0,09 mg/Nm ³	1 mg/Nm ³	detto
HCl	1,85 mg/Nm ³	10 mg/Nm ³	detto
PCDD/F (Σ TEQ)	0,0307 ng/Nm ³	0,1 ng/Nm ³	detto
Hg	0,01600 mg/Nm ³	0,05 mg/Nm ³	detto
Cd	0,00088 mg/Nm ³	0,05 mg/Nm ³	detto
PAU	0,813 mg/m ³	1 mg/Nm ³	Emisní limity EU

Závěrečné shrnutí

V současné době při průměrné výhřevnosti směsného komunálního odpadu (SKO) asi 10 MJ/kg a **skutečném ročním spálení asi 360 tis. tun SKO**, získáváme pouze asi **3,6 mil. GJ energie**. Podle známých bilancí a přehledů o současném nakládání s odpady a v návaznosti na strategii vývoje odpadového hospodářství se konstatuje, že v roce **2020** u nás bude nutno provozovat zařízení k energetickému využívání odpadů o celkové roční zpracovatelské kapacitě **2,0 mil. tun SKO**. Při průměrné výhřevnosti směsného komunálního odpadu, získáme energetickým využitím tohoto množství odpadu minimálně **20 mil. GJ energie** (energetického potenciálu) za rok.

Kapacita tří spaloven komunálního odpadu u nás je asi **600 tis. tun** odpadu ročně. Využití vybraných a upravených komunálních odpadů v cementárnách, zplyňováním a v bioplynových stanicích je asi **350 tis. tun ročně**.

Z **2 mil. tun** se ve stávajících spalovnách tedy dá zpracovat až **600 tis. tun**, ve **třech chystaných spalovnách dalších 400 tis. tun** a v ostatních zařízením EVO **350 tis. tun** komunálního odpadu. K roku 2020 zbývá tedy ještě asi **650 tis. tun** směsného komunálního odpadu, který nebudeme moci uložit na skládky odpadů.

**Obecně lze energetické využívání odpadů považovat za
vysoce aktuální a potřebné z následujících důvodů:**

- Odpad je ideální náhradou přírodních neobnovitelných zdrojů. Například směsný komunální odpad dosahuje výhřevnosti hnědého uhlí.
- České republice hrozí v příštích letech reálné sankce za to, že nesnižuje množství skládkovaných biologicky rozložitelných odpadů.
- Česká republika významně zaostává za vyspělými evropskými státy ve využívání odpadů jako zdroje energie.
- V době odbytové krize surovin je energetické využívání odpadů ideálním řešením pro odpady, které momentálně nelze jinak uplatnit na trhu. Odbyt energií není v podstatě omezován.

Děkuji za pozornost

Plazmové technologie

Plazmová zařízení vyžadují teploty kolem 5 000 až 15 000 °C. Tyto vysoké teploty doprovázejí konverzi elektrické energie na teplo za vzniku plazmy. Plazma je směs elektronů, iontů a neutrálních částic (atomů a molekul). Tento ionizovaný, vodivý plyn o vysoké teplotě vzniká interakcí plynu a elektrického nebo magnetického pole. Rychlé chemické reakce jsou podporovány vysokými teplotami. Plazma je zdrojem reaktivity. Horké plazma lze vytvořit průchodem stejnosměrného nebo střídavého elektrického proudu plynem mezi elektrodami, pomocí radiomagnetického pole bez elektrod nebo pomocí mikrovln.

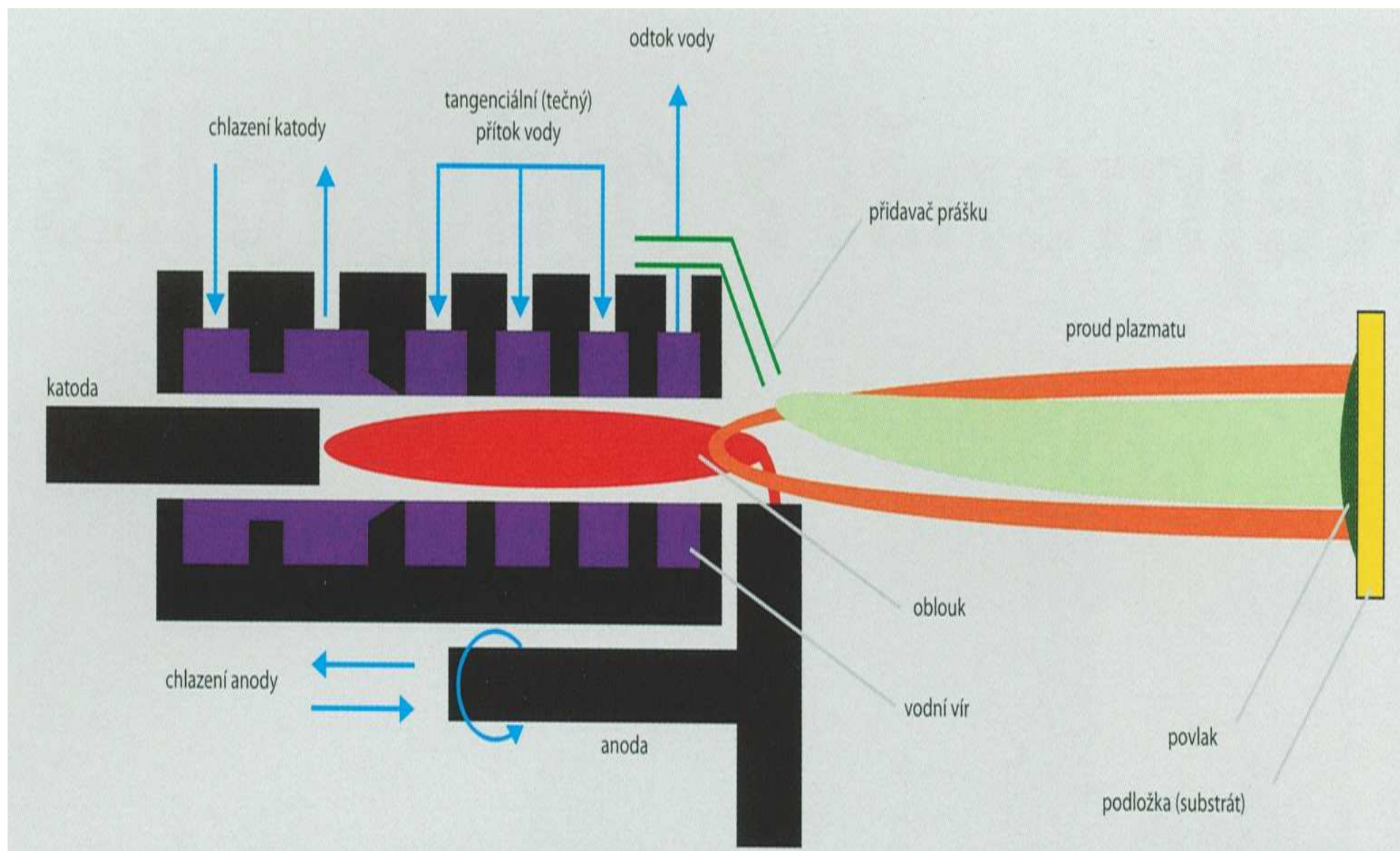
Při vstřikování nebezpečných látek jako např. PCB, furanů, pesticidů atd. do plazmy se tyto látky rozbíjejí na atomické složky. Proces se používá k úpravě organických látek, PCB a HCB (hexachlorbenzen). Účinnost této technologie je vyšší než 99,99%. Proces plazmových metod je drahý a provozně náročný.

Existují různé druhy plazmových technologií:

- **Plazmový elektrický oblouk v argonu**
- **Indukčně vázané plazma rádiových vln (ICRF)**
- **AC plazma** (alternative current)
- **Plazmový elektrický oblouk v oxidu uhličitém**
- **Mikrovlnné plazma**
- **Plazmový elektrický oblouk v dusíku**
- **Plazmový elektrický oblouk ve vodě**

Podstatnou nevýhodou plazmové technologie je skutečnost, že na tuto technologii jako celek neexistuje referenční jednotka pro využití SKO a zařízení není provozně odzkoušené. Plazmové technologie všeobecně využívají SKO jen výjimečně .

Většinou je v odborné literatuře uváděno zařízení firmy Safina Praha, která využívá plazmový agregát pro zpracování elektroodpadů (patrně 10 kt/rok). Dále jsou uváděna zařízení v Japonsku a dvě v Německu.



Obr. 17 Plazmatron WSP

Děkuji za pozornost