

Environmentální aspekty průmyslových činností

(09)

Destrukce POPs/I

Ivan Holoubek, Kare Karstensen, Hans-Ulrich Hartenstein

RECETOX, Masaryk University, Brno, CR

holoubek@recetox.muni.cz; <http://recetox.muni.cz>



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Reducing releases: “...promote available, feasible, practical measures...” (1)

- ↪ Low-waste technologies
- ↪ Less hazardous raw materials
- ↪ Recovery and recycling of wastes
- ↪ Good housekeeping
- ↪ Improved waste management
- ↪ Improved product quality
- ↪ Avoiding Cl bleaching

Reducing releases: “...promote available, feasible, practical measures...” (2)

- ↪ Improved flue-gas cleaning
- ↪ Treatment of residuals and wastes
- ↪ Process changes – e.g. closed systems
- ↪ Process modification – e.g. to improve combustion

All these approaches are set out as valid in the Convention.

The Stockholm Convention and the Corporate Strategy

↪ The Stockholm Convention requires fundamental changes in industry

- Industry that doesn't change will be marginalised

↪ The Corporate Strategy assists those changes by emphasising:

- productivity & market access as routes towards the Millennium Development Goals

- the role of technology transfer and capacity building towards these objectives

The objective of SC

The objective of the Stockholm Convention is to protect human health and the environment from persistent organic pollutants. It differentiates between three categories of POPs:

- ↙ Intentionally produced POPs that are slated for elimination;
- ↙ Intentionally produced POPs are to be reduced and ultimately eliminated, except where there is a specified “acceptable purpose,” such as disease vector control, or exempted usage, in which case the production and/or use of the substance is restricted; and
- ↙ POPs that are unintentionally produced as the result of human activity and which are slated for continued minimization and, where feasible, ultimate elimination of total releases derived from anthropogenic sources.

Waste related provisions

Waste related provisions of the Stockholm Convention are found in Article 6 of this Convention: “Measures to reduce or eliminate releases from stockpiles and wastes” which is the central article pertaining to wastes. The article describes and applies to three categories of POPs wastes:

- ↪ POPs wastes per se or POPs-containing mixtures/formulations. Examples include POPs that were intentionally manufactured, such as PCBs or a POPs pesticide, but which are now prohibited, deregistered, or, if covered by a use exemption in the Stockholm Convention, have expired or been taken out of use;
- ↪ Waste products and articles consisting of, containing or contaminated with a chemical listed in Annex A, B or C; and
- ↪ Stockpiles consisting of or containing chemicals listed in Annex A or Annex once they are deemed to be waste.

Waste handling and disposal

The provisions for waste handling and disposal stipulates that each Party shall:
Take appropriate measures such that wastes, including products and articles upon becoming wastes, are:

- ↪ Handled, collected, transported and stored in an environmentally sound manner;
- ↪ Disposed of in such a way that the persistent organic pollutant content is destroyed or irreversibly transformed so that they do not exhibit the characteristics of persistent organic pollutants or otherwise disposed of in an environmentally sound manner when destruction or irreversible transformation does not represent the environmentally preferable option or the persistent organic pollutant content is low, taking into account international rules, standards, and guidelines, including those that may be developed pursuant to paragraph 2, and relevant global and regional regimes governing the management of hazardous wastes;
- ↪ Not permitted to be subjected to disposal operations that may lead to recovery, recycling, reclamation, direct reuse or alternative uses of persistent organic pollutants.
- ↪ Not transported across international boundaries without taking into account relevant international rules, standards and guidelines;

Transboundary movement of HWs

The Conference of the Parties of Stockholm Convention shall cooperate closely with the appropriate bodies of the Basel Convention on the Control of Transboundary Movements of Hazardous Wastes and Their Disposal to, inter alia:

- ↪ Establish levels of destruction and irreversible transformation necessary to ensure that the characteristics of persistent organic pollutants are not exhibited;
- ↪ Determine methods that constitute environmentally sound disposal for stockpiles and for other POPs wastes;
- ↪ Work to establish, as appropriate, the concentration levels of the chemicals listed in Annexes A, B and C in order to define the low persistent organic pollutant content.

Stockholm Convention

- ↪ **POP stockpiles, POP-containing waste and equipment** should be disposed of in such a way that the **POP** content is destroyed or irreversibly transformed so that they do not exhibit the characteristics of **POPs**.
- ↪ **Materials and equipment containing POPs** are not permitted to be subjected to disposal operations that may lead to recovery, recycling, reclamation, direct reuse or alternative uses of **POPs**.
- ↪ **To favour disposal technologies with lower POPs releases (BAT & BEP)**

Disposal of PCBs waste

Wastes and stockpiles have to be disposed of in such a way that the persistent organic pollutant content is destroyed or irreversibly transformed so that they do not exhibit the characteristics of persistent organic pollutants or otherwise disposed of in an environmentally sound manner when destruction or irreversible transformation does not represent the environmentally preferable option.

RBA PTS Projekt

↪ **Prioritní problémy pokud jde o zdroje:**

◆ **Sklady nespotřebovaných pesticidů**



- **Region 3 ~ 80 000 tun**
- **Region 5 ~ 120 000 tun**
- **Další regions ~ 50 000 tun**
- **Celkově ~ 250 000 tun**



Nezahrnuje kontaminovaná místa – 500 000 (Eu)

RBA PTS Projekt

➤ **Prioritní problémy pokud jde o zdroje:**

◆ **Sklady/použití PCBs**

Kolem 1.7 milionů tun bylo vyrobeno



⊕ **Transformátory, kondenzátory, hydraulické kapaliny, skladování v barelech...topné oleje !?**

RBA PTS Projekt

↪ **Prioritní problémy pokud jde o zdroje: nové typy polutantů**

◆ **Záměrně vyráběné látky**



❖ **PBDEs, PFOS, SCCPs, ftaláty, alkylfenoly, HxBB**

Nejhorší případ POPs odpadového hospodářství – ukládání na skládkách



Best environmental practise – best storage practise





Best environmental practise – best storage practise



- ↪ **Dočasné řešení problémů s POPs odpady do doby než bude dostupná vhodná destrukční metoda nebo dostupná kapacita pro zneškodnění**
- ↪ **Ekonomicky v současné době přijatelnější a reálnější než výstavba nových zařízení pro likvidaci (spalovacích či nespalovacích)**

Požadavky na akceptovatelné způsoby likvidace POPs

Destrukce a/nebo nevratná transformace POPs odpadů musí
dosahovat destrukční účinnosti (DE)/ destrukční a
odstraňovací účinnosti (DRE) 99.9999%

UNITED NATIONS		EP
	United Nations Environment Programme	Distr. GENERAL
		UNEP/CHW/OEWG/1/INF/6 25 March 2003
		ENGLISH ONLY
<hr/>		
OPEN-ENDED WORKING GROUP OF THE BASEL CONVENTION ON THE CONTROL OF TRANSBOUNDARY MOVEMENTS OF HAZARDOUS WASTES AND THEIR DISPOSAL		
First session Geneva, 28 April to 2 May 2003		
Item 5 (d) of the provisional agenda*		
DRAFT TECHNICAL GUIDELINES ON THE ENVIRONMENTALLY SOUND MANAGEMENT OF PERSISTENT ORGANIC POLLUTANTS AS WASTES		

$$DRE = \frac{W_{in} - W_{out}}{W_{in}} 100$$

W_{in} je hmotnostní rychlost POHC
(POHC Principle Organic
Hazardous Constituent) ve
vstupujícím odpadu, W_{out}
hmotnostní rychlost emisí
POHC v proudu spalin
jdoucích ze zařízení.

Destrukční a odstraňovací účinnost (DRE)

Destrukční a odstraňovací účinnost (DRE)

$DRE = 100 \times [1 - (\text{celkové množství polutantů v komínových emisích}) \div (\text{celkové množství polutantů vstupující do reaktoru})]$

↪ DRE ignoruje polutanty vystupující jako tuhé nebo kapalné zbytky (e.g. škvára, odpadní vody)

Destrukční účinnost (DE)

$DE = 100 \times [1 - (\text{celkové množství polutantu ve všech typech výstupů}) \div (\text{celkové množství polutantů vstupujících do reaktoru})]$

Procesy akceptovatelné Basilejskou úmluvou pro destrukci a nevratnou transformaci odpadů s obsahem POPs (Annex IVA and IVB of the Basel Convention)

Proces	DE/DRE (%)	Cena
Alkalická redukce	Ne	
Bazicky katalyzovaný rozklad	99.99-99.9999	↑
Spolu-spalování v cementárenských pecích	99.99-99.9999	←
Chemická redukce v plynné fázi	99.99-99.9999	↑
Spalování nebezpečných odpadů	99.99-99.9999	↑
Elektrochemická oxidace	99.995	
Oxidace stříbrem	Ne	
Plasma arcs	99.99-99.9999	↑
Oxidace superkritickou vodou	Ne	

Destrukční technologie pro POPs

Oxidativní procesy:

- ↪ Vysoko-teplotní spalování
- ↪ Cementářenské pece
- ↪ Super-kritická vodní oxidace
- ↪ Oxidace roztavenými solemi
- ↪ Elektrochemická oxidace
- ↪ Pokročilé oxidační procesy

Destrukční technologie pro POPs

Redukční procesy:

- ↪ Katalytická hydrogenace
- ↪ Technologie solvatovaných elektronů
- ↪ Redukce sodíkem
- ↪ Dehalogenační procesy
 - Bazicky katalyzovaná dechlorace
 - Alkalický polyethylen glykolátový (APEG) proces
- ↪ Chemická redukce v plynné fázi
- ↪ Pyrolýza roztavenými kovy

Destrukční technologie pro POPs

Další procesy:

↪ Plasma arc

↪ Fotochemická degradace

Vysokoteplotní spalovací procesy

A chemical reaction in which a substance reacts rapidly with oxygen with the production of heat and light.

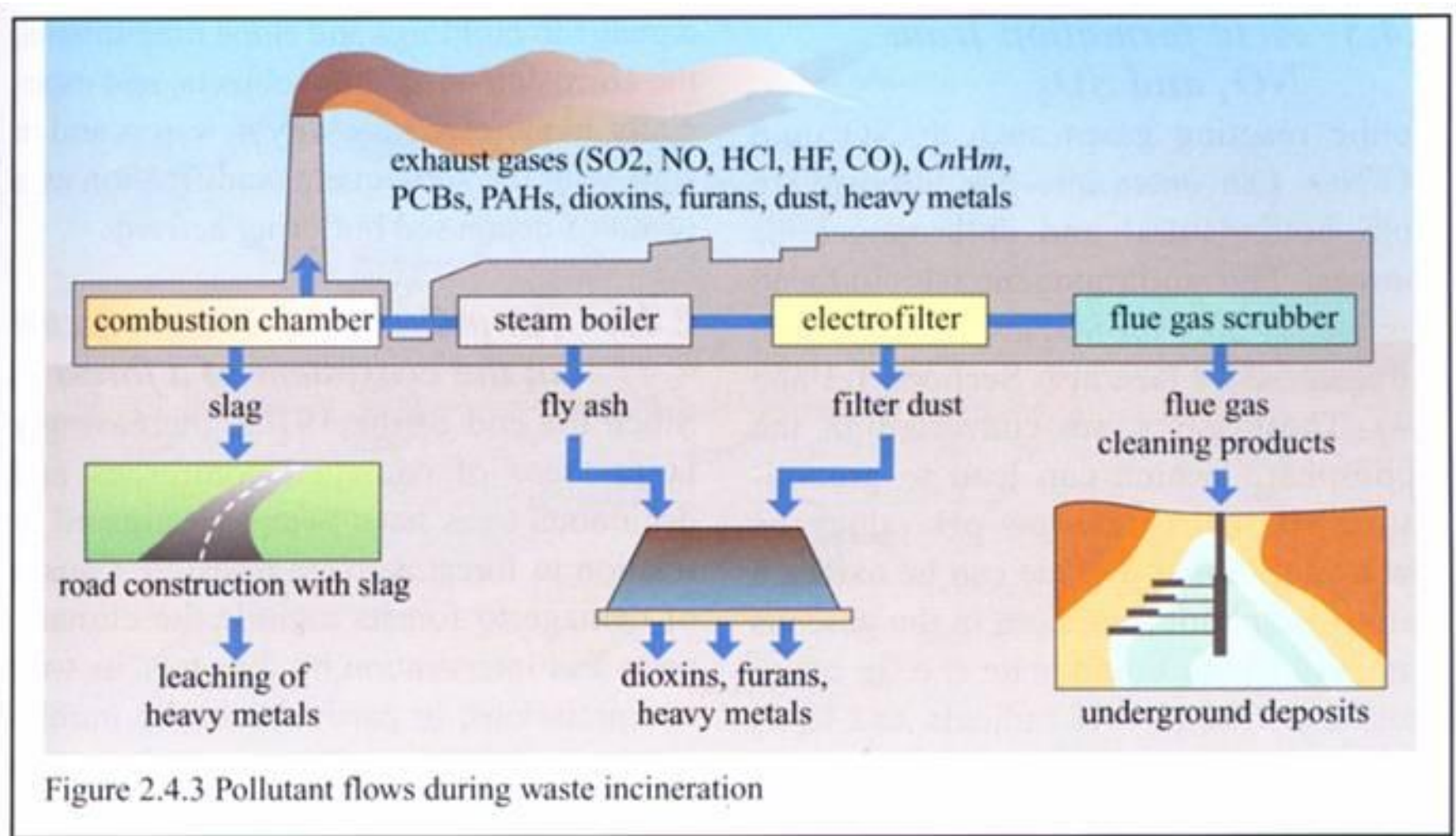
Such reactions are often free-radical chain reactions, which can usually be summarized as the oxidation of carbon to form its oxides and the oxidation of hydrogen to form water.

A Dictionary of Science (Oxford University Press, © Market House Books Ltd 1999)

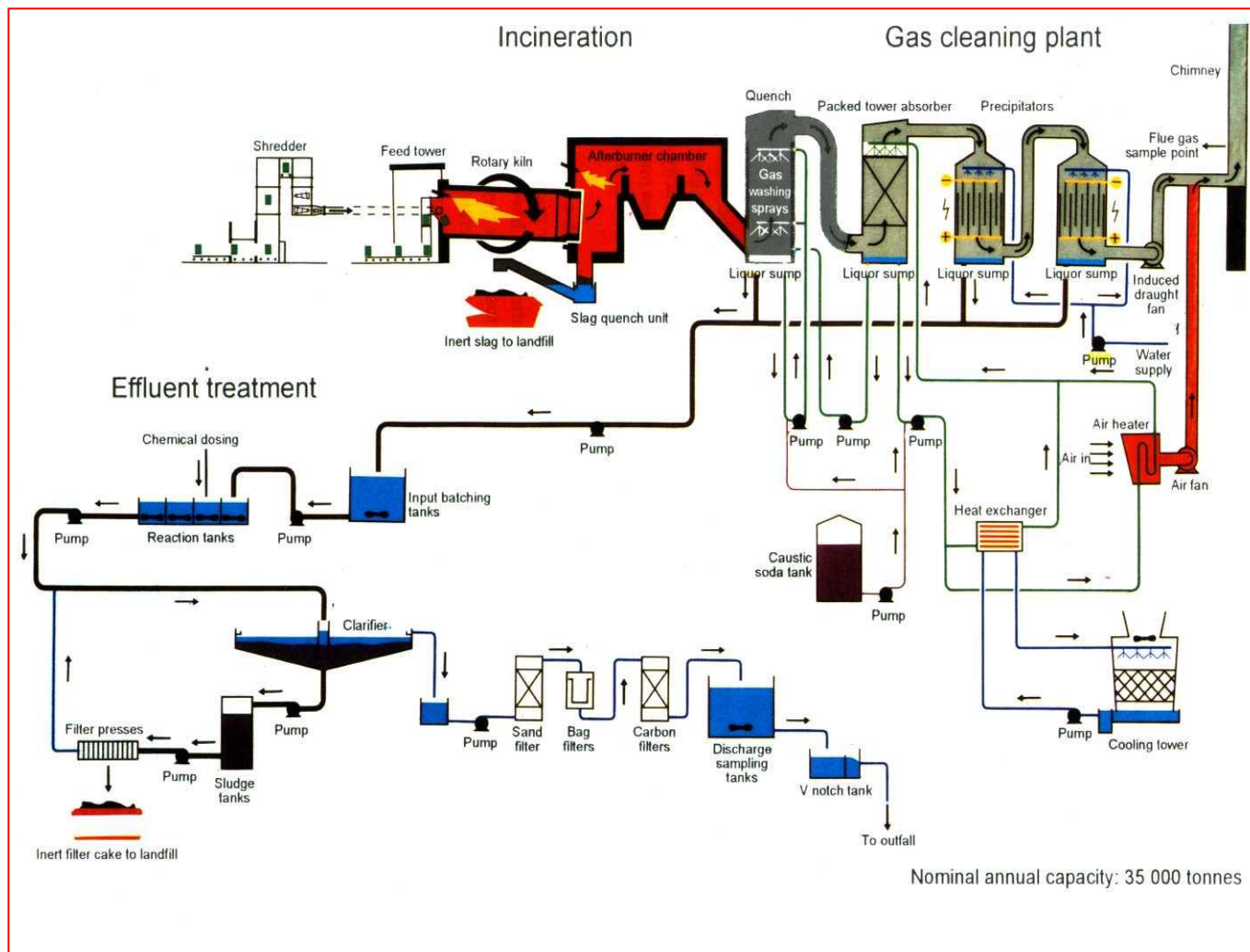
Vysokoteplotní spalovací procesy

- ↪ **Větší část odpadů s PCBs a OCPs je v současnosti likvidována spalováním. Hlavním důvodem je fakt, že tyto technologie jsou v současnosti technicky dobře vyvinuté a snadno dostupné v řadě průmyslových zemí.**
- ↪ **Většina těchto zařízení se nachází v Evropě a Severní Americe.**
- ↪ **Spalovny NO jsou v některých zemích zakázány (Japonsko (PCBs) a Australia).**

Spalovací technologie – spalovny



Spalovací technologie – spalovna NO



Vysokoteplotní spalovací procesy

Spalování odpadů je metoda dostupná v průmyslovém měřítku, o jejím provozování je dostatek znalostí a informací, jenž je schopna snižovat škodlivost řady chemických látek.

Základní charakteristika:

- ↪ Likvidace tuhých, kapalných a polokapalných odpadů, jenž nemohou být skládkovány nebo zpracovány chemiky či fyzikálně bez škodlivých vlivů na prostředí, vzhledem k jejich složení a obsahu nerozložitelných látek,
- ↪ Minimalizace potenciálního nebezpečí a obsahu škodlivých látek v odpadech, zvláště rozkladem organických látek,
- ↪ Podstatná redukce objemu a váhy,
- ↪ Využití energetického obsahu odpadů.

Vysokoteplotní spalovací procesy

Figure 4-1
Aldrin Destruction Criteria

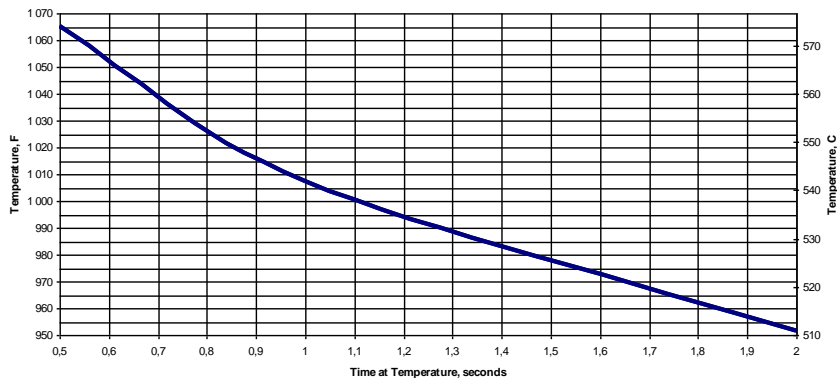


Figure 4-3
DDT Destruction Criteria

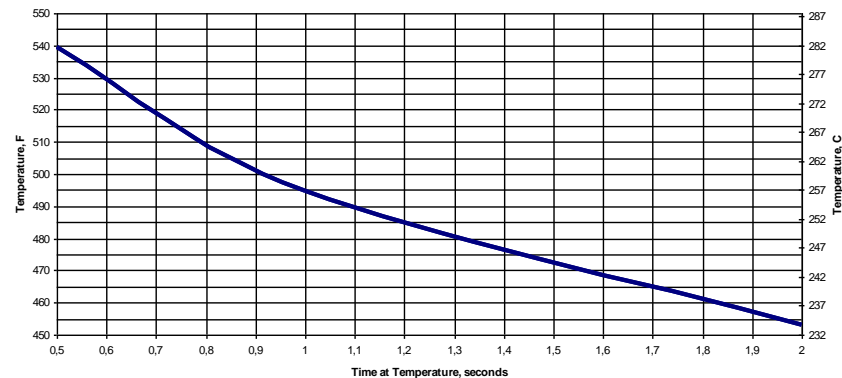


Figure 4-5
Dioxin Destruction Criteria

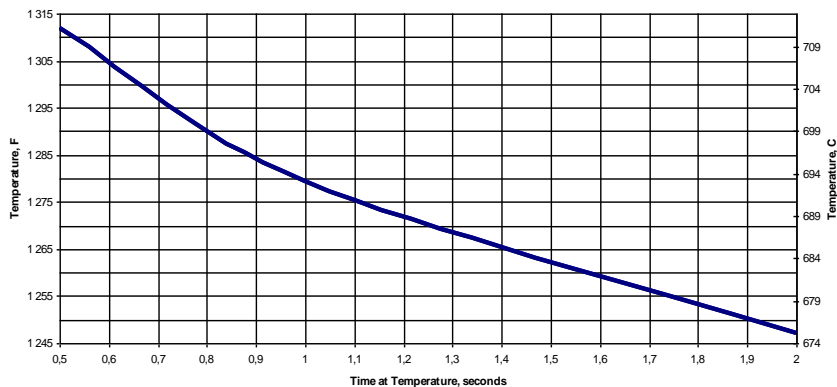
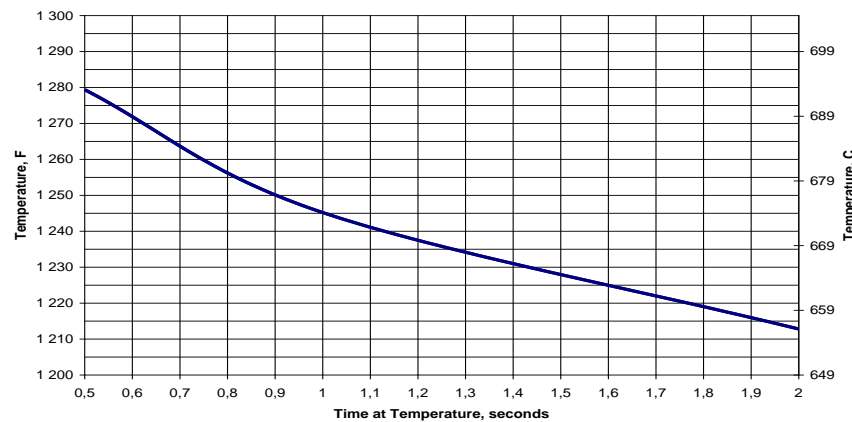


Figure 4-11
PCBs Destruction Criteria

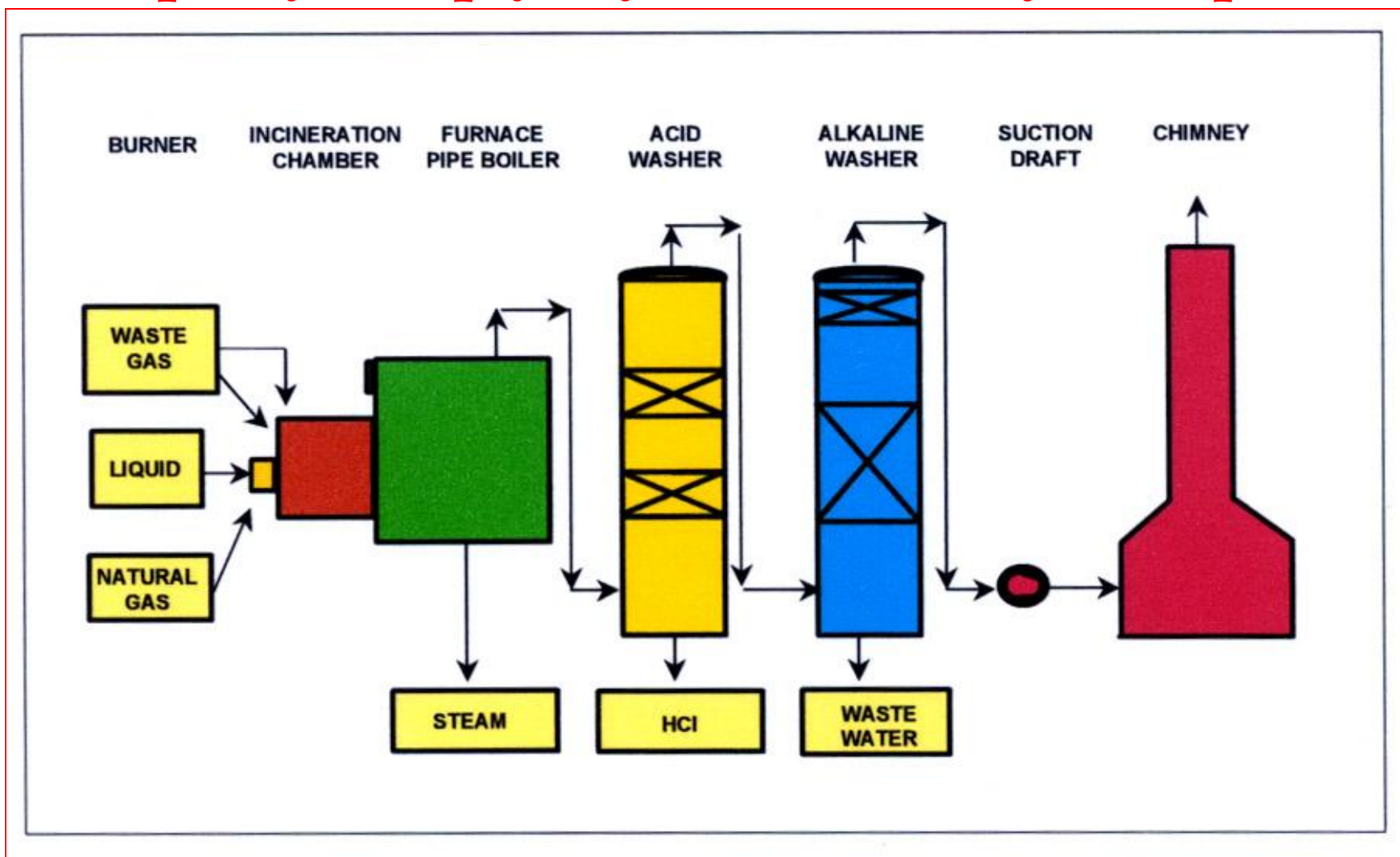


US EPA Toxic Substances Control Act (TSCA) PCB Incineration Criteria

“...more complex organic halogens such as PCBs requires 1 200 °C and 2 seconds residence time ”

A DRE of 99.9999% is required by TSCA for the incineration of PCB's

Spalovna nebezpečných odpadů pro zpracování kapalných a plyných chlorovaných odpadů



Spalovací technologie – spalovna NO



Research Centre for Toxic Compounds in the Environment

<http://recetox.muni.cz>

Spalovací technologie – spalovna NO



Spalovací technologie – spalovna NO



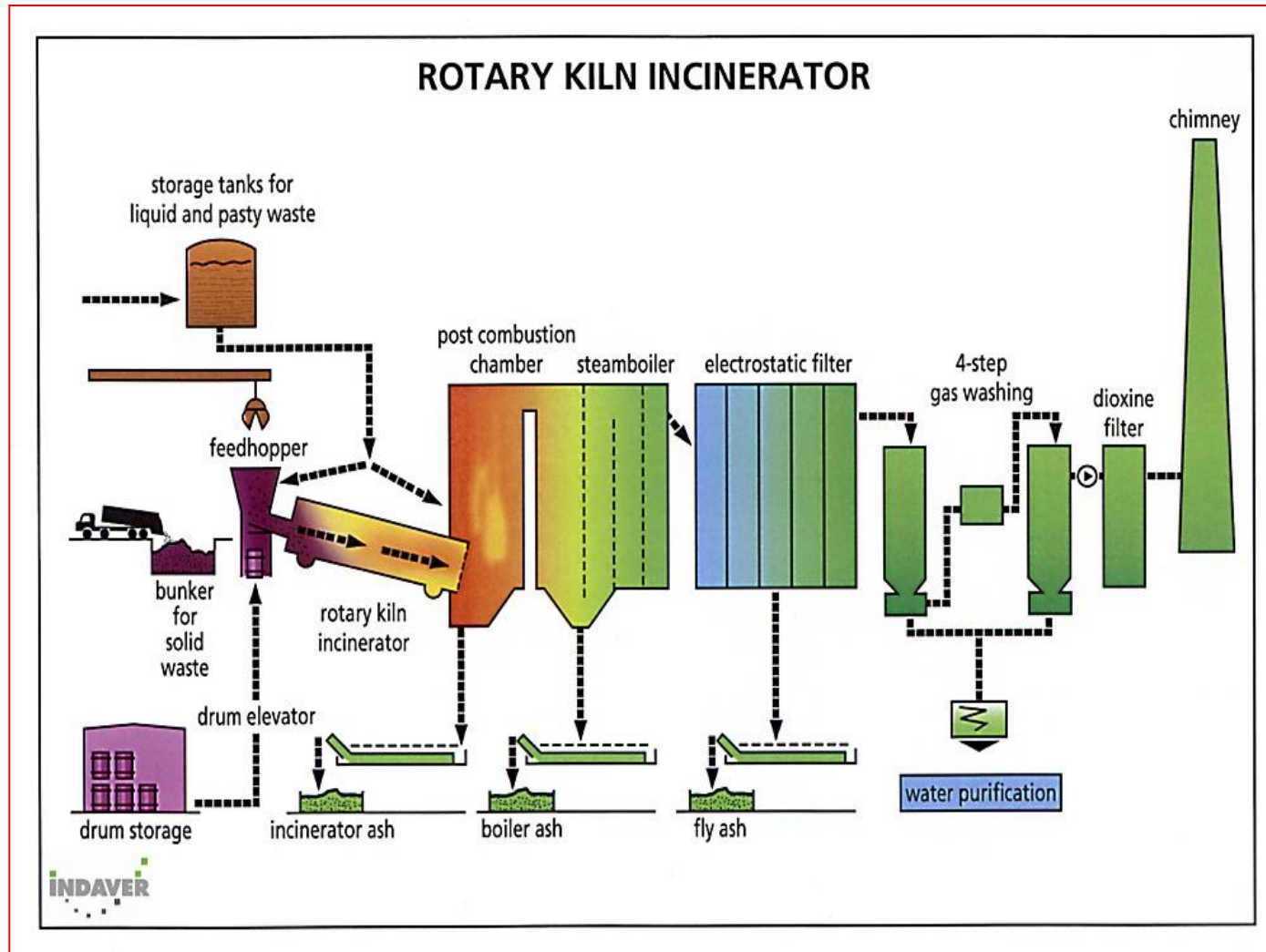
Spalovací technologie – spalovna NO



Research Centre for Toxic Compounds in the Environment

<http://recetox.muni.cz>

Příklad zařízení na čištění spalin



Příklady doporučených technologií pro prevenci či redukci nežádoucích emisí POPs

- ↪ **Cyklony a multi-cyklony**
- ↪ **Elektrostatické odlučovače – mokré, suché nebo kondenzační**
- ↪ **Rukávové filtry – včetně katalytických rukávových filtrů**
- ↪ **Filtry se statickým ložem**
- ↪ **Pračkové zkrápěcí systémy - mokré, rozprašovací suché nebo ionizační**
- ↪ **Selektivní katalytická redukce (SCR)**
- ↪ **Systémy rychlého zchlazení**
- ↪ **Adsorpce uhlíkem**

Srovnání systémů na snížení emisí PCDDs/Fs

Control option	PCDDs/Fs removal efficiency	Co-benefits
Cyclones	Low efficiency	Coarse dust removal
Electrostatic filters	Low efficiency	Designed for dust removal
Bag filters	Medium efficiency	Designed for dust removal
Wet scrubbers	Medium efficiency	Designed for dust or acid gas removal
Quenching and subsequent high efficiency wet scrubber	Medium to high efficiency	Simultaneous reduction of dust, aerosols, HCl, HF, heavy metals and SO ₂
Afterburners	High efficiency	No residues, but quenching of flue gases required

Srovnání systémů na snížení emisí PCDDs/Fs

Control option	PCDDs/Fs removal efficiency	Co-benefits
Catalytic oxidation (SCR)	High efficiency; destruction of PCDDs/Fs and other organics	No residues, simultaneous reduction of NO _x
Catalytic bag filters	High efficiency	Simultaneous dust removal and NO _x reduction
Dry absorption in resins (carbon particles dispersed in a polymer matrix)	Depends on the amount of installed material	Selective for PCDDs/Fs; Material can be incinerated after use

Srovnání systémů na snížení emisí PCDDs/Fs

Control option	PCDDs/Fs removal efficiency	Co-benefits
Entrained flow reactor with added activated carbon or coke/lime or limestone solutions and subsequent fabric filter.	Medium to high efficiency	Simultaneous reduction of various trace pollutants. Material can be incinerated after use ¹⁾
Fixed bed or circulating fluidized bed reactor, adsorption with activated carbon or open-hearth coke	High efficiency	Simultaneous reduction of various trace pollutants. Material can be incinerated after use ¹⁾

BAT – všeobecně pro spalovací technologie

- ↪ Design pece závisí na charakteru spalovaného odpadu.
- ↪ Teplota je udržovaná v plynné fázi spalovací zóny v optimálním rozmezí pro kompletní oxidaci odpadů.
- ↪ Poskytnout dostatečnou dobu zdržení (např. 2 s) a turbulentní mísení ve spalovací komoře pro úplné spalování.
- ↪ Předehřátý primární a sekundární vzduch napomáhá spalování.

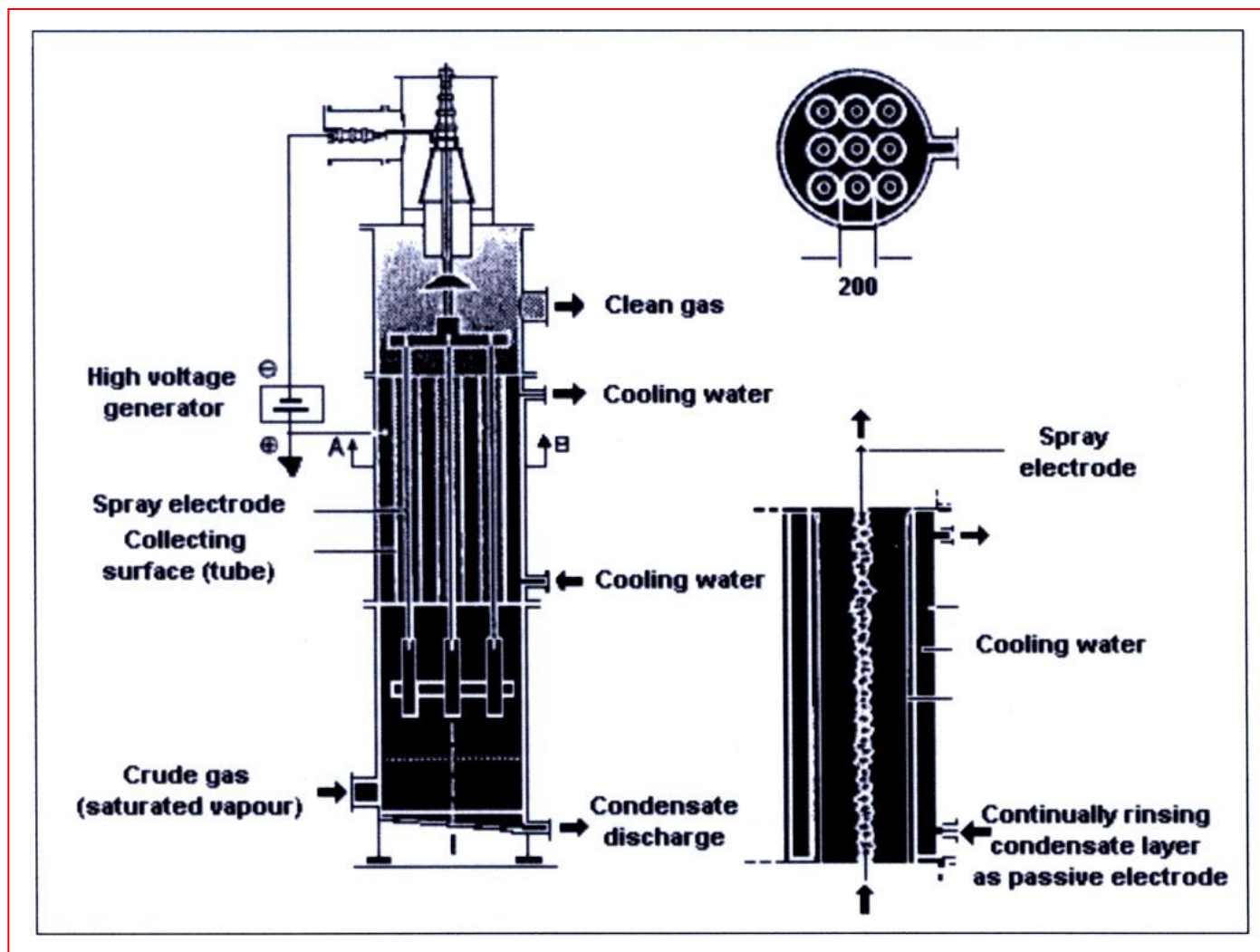
BAT – všeobecně pro spalovací technologie

- ↪ Použití **kontinuálních systémů** spíše než **vsádkový systém** ve kterých se snáze minimalizuje vliv najížděcích a odstavovacích dob.
- ↪ Využití systému pro **monitoring kritických parametrů spalování** včetně rychlosti roštu a teploty, tlaku kapek a množství CO , CO_2 , O_2 .
- ↪ Provádění **kontrol adjustace přívodu odpadů**, rychlosti roštu, teploty, objemu a distribuce primárního a sekundárního vzduchu.
- ↪ Instalace **automatických pomocných hořáků** pro udržení optimálních teplot ve spalovací komoře(ách).

BAT – pro spalovny NO

- ↪ Rotační pece jsou velmi dobře odzkoušeny pro spalování nebezpečných odpadů mohou být využity pro zpracování tuhých, pastovitých i kapalných odpadů.
- ↪ Vodou chlazené pece mohou být provozovány za vysokých teplot a využity pro odpady s vysokým energetickým obsahem.
- ↪ Konsistence odpadů (a spalování) může být zlepšena rozřezáním barelů a další zabaleného odpadního materiálu.
- ↪ Systém pro pravidelný přísun odpadů, např. šroubový (šnekový) dopravník drtí odpad a zajišťuje přísun konstantního množství tuhého NO do pece.

Kondenzační elektrostatický odlučovač



BAT – čištění spalin

Typ a rozsah použitých procesů použitých pro čištění spalin poté co opustí spalovací komoru je důležitý pro optimální provozování odlučovacích zařízení, stejně jako pro výběr ekonomicky přijatelného zařízení.

Parametry důležité pro spalování odpadů, jenž ovlivňují výběr typu odlučovací technologie:

- ↪ Typ, složení a proměnlivost odpadů
- ↪ Typ spalovacího procesu
- ↪ Rychlost průtoku spalin a jejich teplota
- ↪ Dostupnost systému pro čištění odpadních vod

BAT – čištění spalin – rukávový filtr

Rukávové filtry jsou využívány pro záchyt **tuhých částic, prachu, popílku apod.** Tato zařízení na záchyt tuhých částic mohou účinně odstraňovat ze spalin POPs vznikající jako vedlejší produkty spalovacích procesů a vázané na povrch těchto částic unášených proudem spalin.

Filtry mají obvykle 16 až 20 cm průměr rukávu, 10 m délky, jsou zhotoveny z tkaných skleněných vláken a zařazeny do série.

Rukávové filtry jsou citlivé vůči kyselinám; proto jsou obvykle kombinovány s rozprašovacím vysoušecím adsorpčním systémem pro odstranění kyselin z proudu spalin.



Charakteristiky materiálů pro rukávové filtry

Fabric	Maximum temperature (°C)	Resistance		
		Acid	Alkali	Physical flexibility
Cotton	80	Poor	Good	Very good
Polypropylene	95	Excellent	Excellent	Very good
Wool	100	Fair	Poor	Very good
Polyester	135	Good	Good	Very good
Nylon	205	Poor to fair	Excellent	Excellent
PTFE	235	Excellent	Excellent	Fair
Polyamide	260	Good	Good	Very good
Fibreglass	260	Fair to good	Fair to good	Fair

Elektrostatický odlučovač

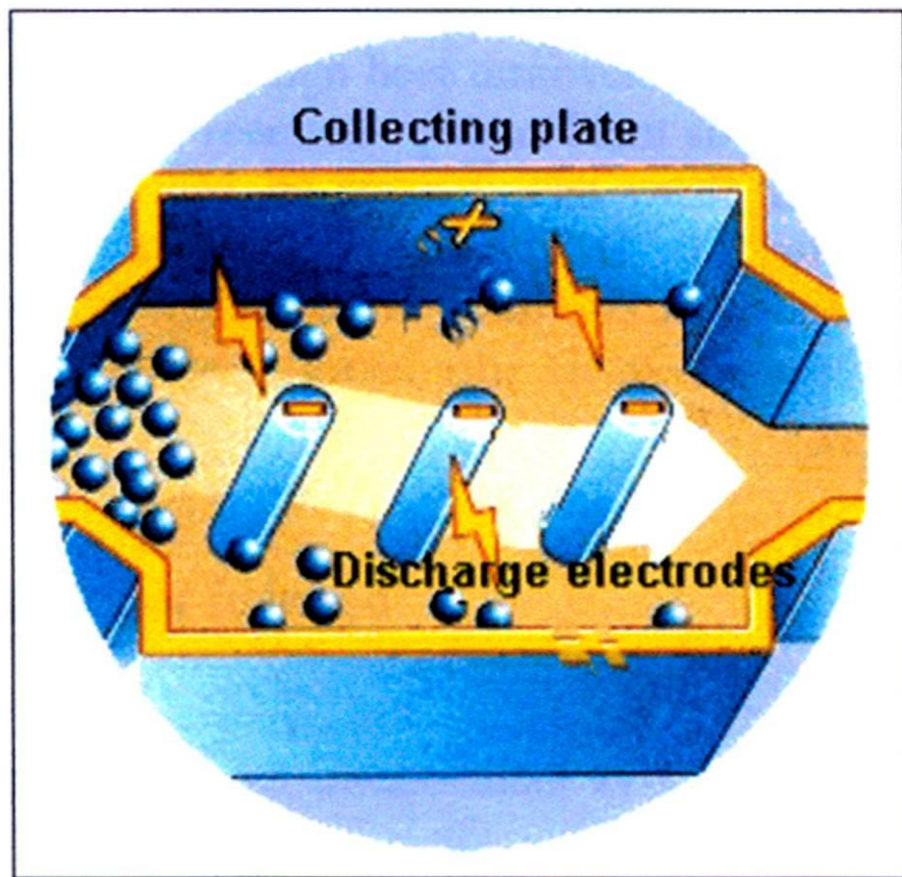


Figure 4.1 Electrostatic Precipitator Principle [source: EU BREF, 2004]

K nežádoucímu vzniku POPs může docházet v ESP při teplotách v rozmezí 200 °C až 450 °C.

Provozování ESP v tomto teplotním rozmezí může vést ke vzniku nežádoucích POPs ve spalovacích plynech vycházejících z komína.

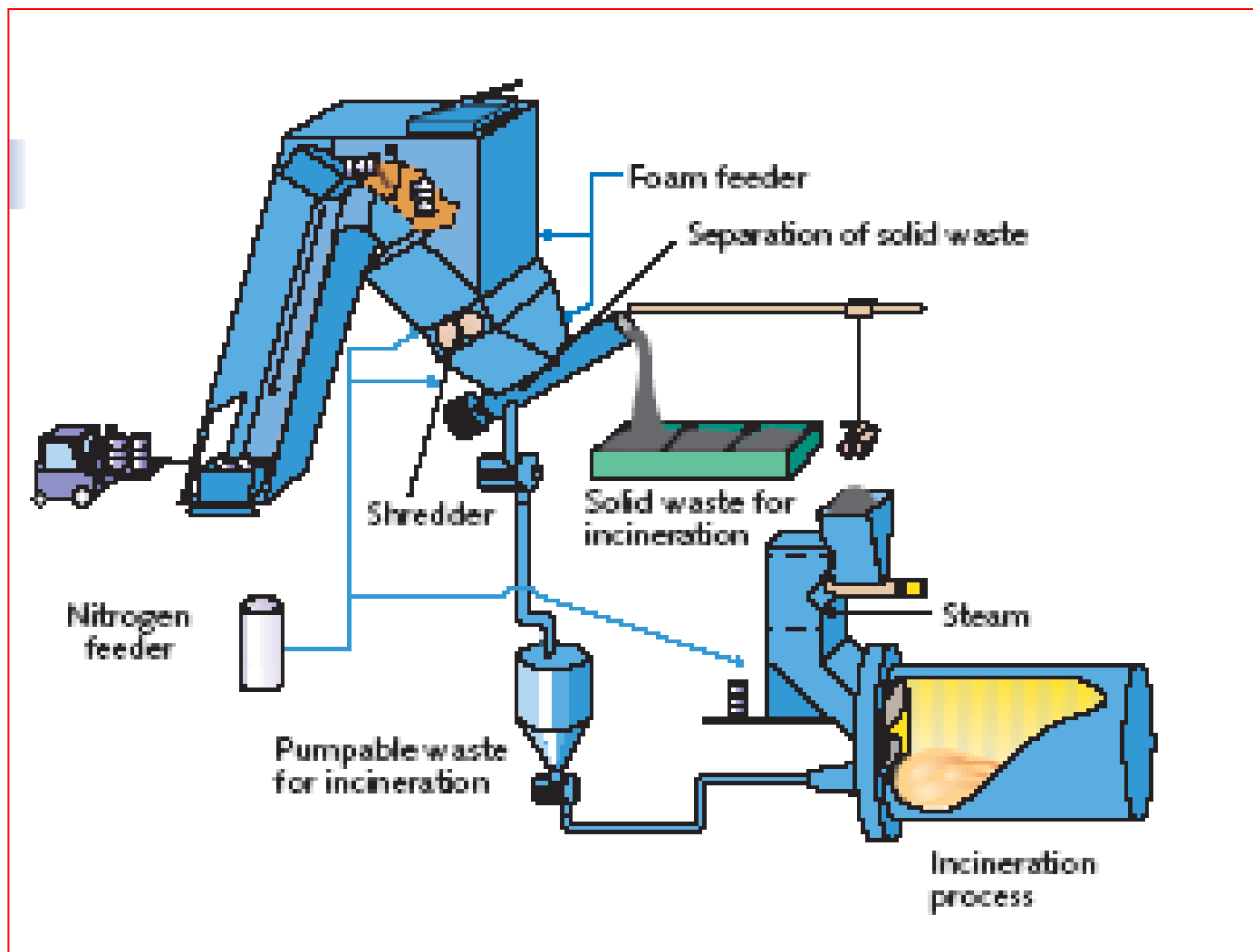
Srovnání odlučovačů prachu

Dust removal system	Typical dust emission concentrations	Advantages	Disadvantages
Cyclone and multicyclone	Cyclones: 200–300 mg/m ³ Multicyclones: 100–150 mg/m ³	Robust, relatively simple and reliable Applied in waste incineration	Only for pre-dedusting Relatively high energy consumption (compared to electrostatic precipitator)
Electrostatic precipitator, dry	< 5–25 mg/m ³	Relatively low power requirements Can use gas temperatures in the range of 150°–350 °C but effectively limited to 200 °C by PCDD/PCDF issue (see right)	Formation of PCDD/ PCDF if used in range 450°–200° C
Electrostatic precipitator, wet	< 5-20 mg/m ³	Able to reach low pollutant concentrations	Mainly applied for post-dedusting Generation of process waste water Increase of plume visibility
Bag filter	< 5 mg/m ³	Layer of residue acts as an additional filter and as an adsorption reactor	Relatively high energy consumption (compared to electrostatic precipitator) Sensitive to condensation of water and to corrosion

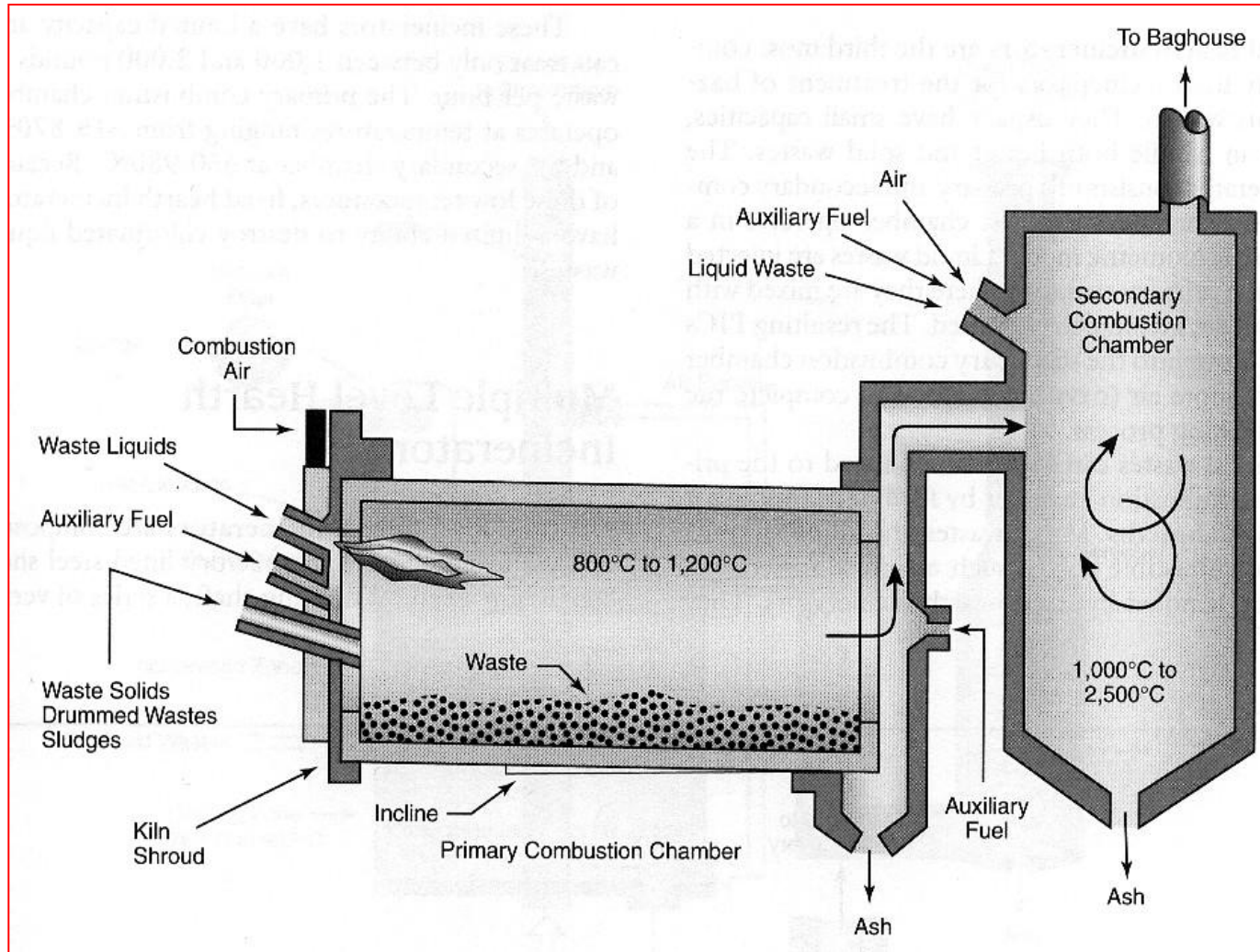
Kontrola odpadů

Waste type	Techniques	Comments
Mixed municipal wastes	<ul style="list-style-type: none"> • visual inspection in bunker • spot checking of individual deliveries by separate off loading • weighing the waste as delivered • radioactive detection 	Industrial and commercial loads may have elevated risks
Pre-treated municipal wastes and RDF	<ul style="list-style-type: none"> • visual inspection • periodic sampling and analysis for key properties/substances 	
Hazardous wastes	<ul style="list-style-type: none"> • visual inspection • sampling/analysis of all bulk tankers • random checking of drummed loads • unpacking and checking of packaged loads • assessment of combustion parameters • blending tests on liquid wastes prior to storage • control of flash-point for wastes in the bunker • screening of waste input for elemental composition e.g. by EDXRF 	Extensive and effective procedures are particularly important for this sector. Plants receiving mono-streams may be able to adopt more simplified procedures
Sewage sludges	<ul style="list-style-type: none"> • periodic sampling and analysis for key properties and substances • checking for stones/metal prior to drying stages • process control to adapt to sludge variation 	

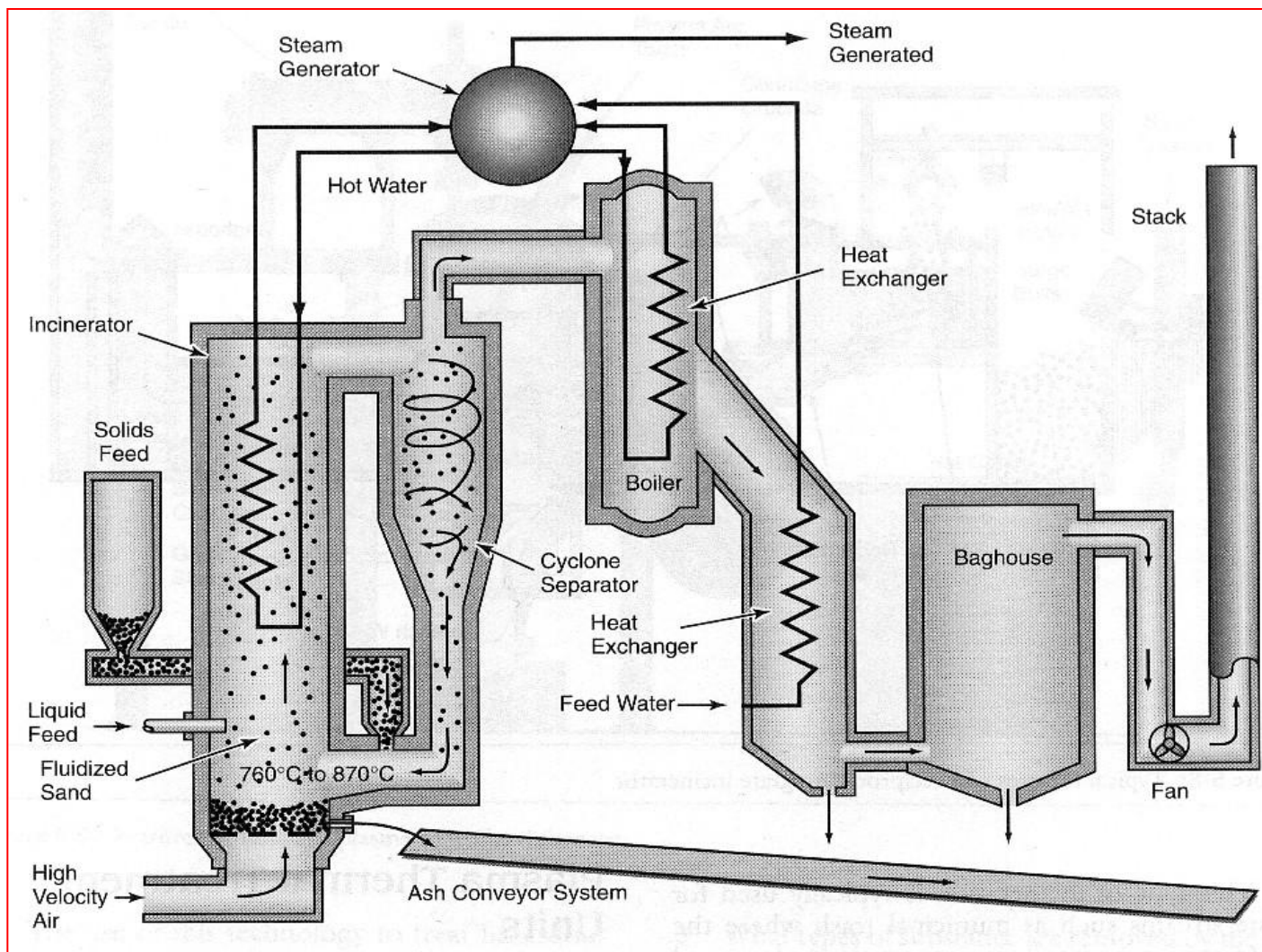
Podávání odpadů



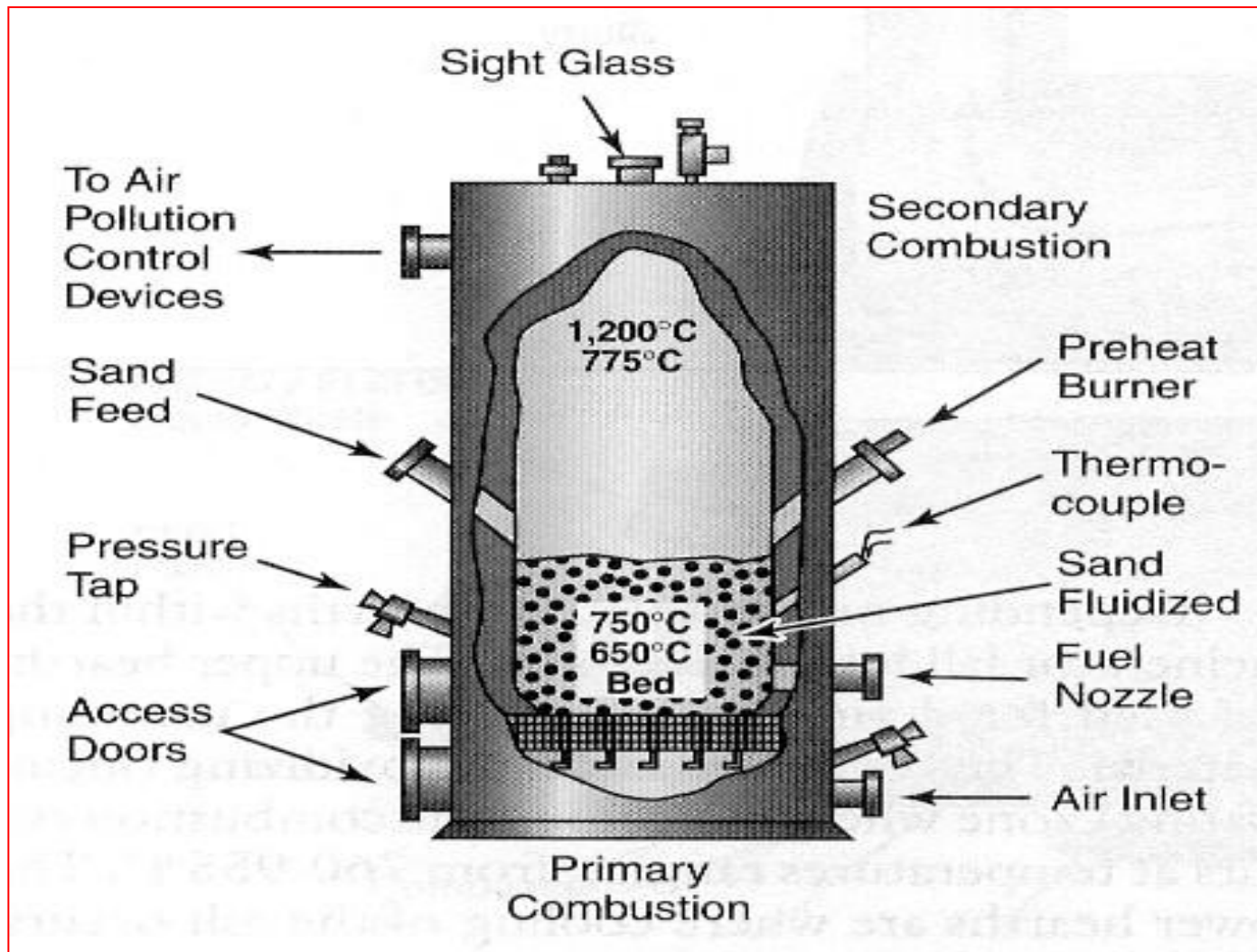
Rotační pec spalovny NO

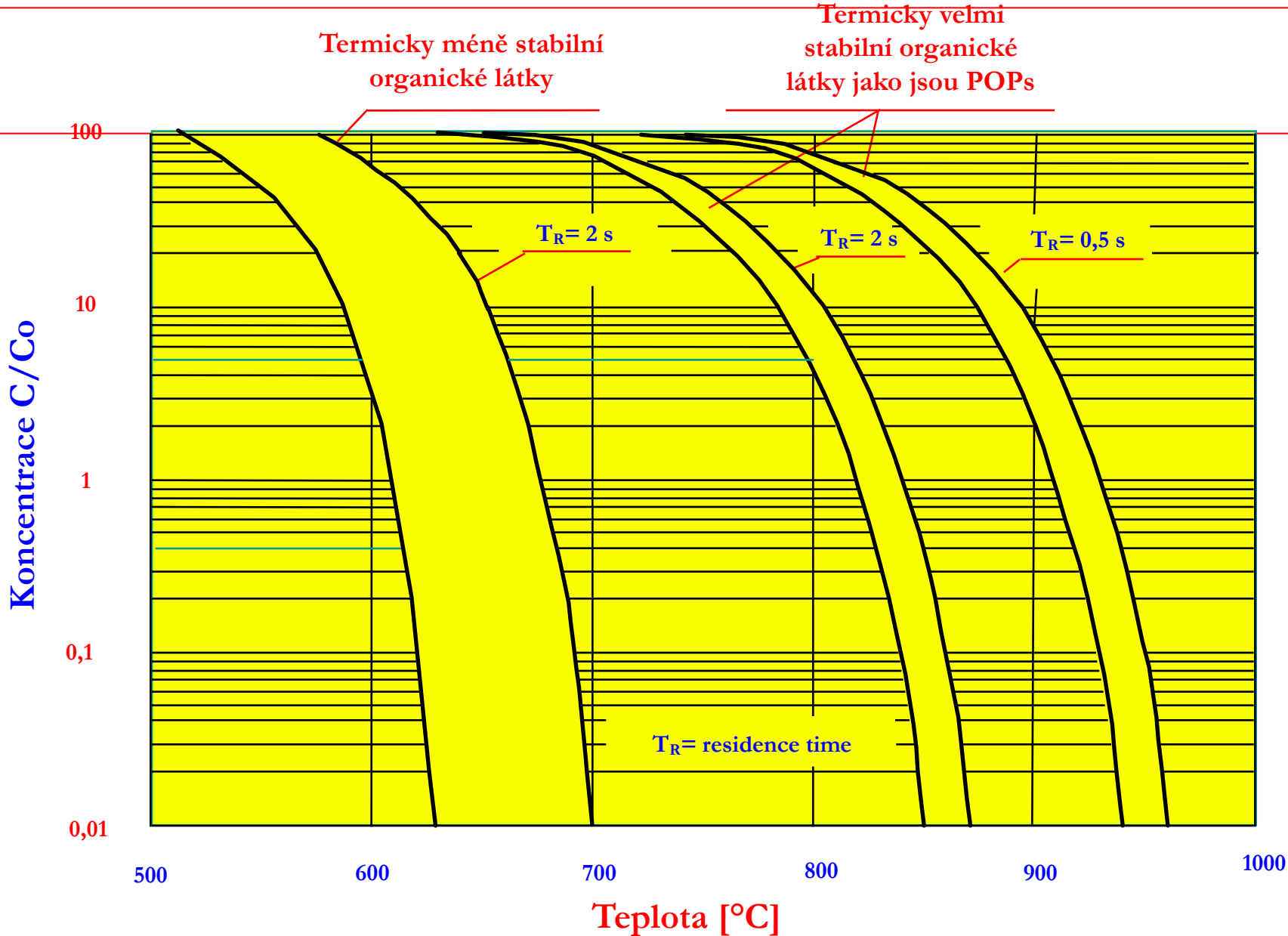


Cirkulující fluidní lože



Probublávané fluidní lože

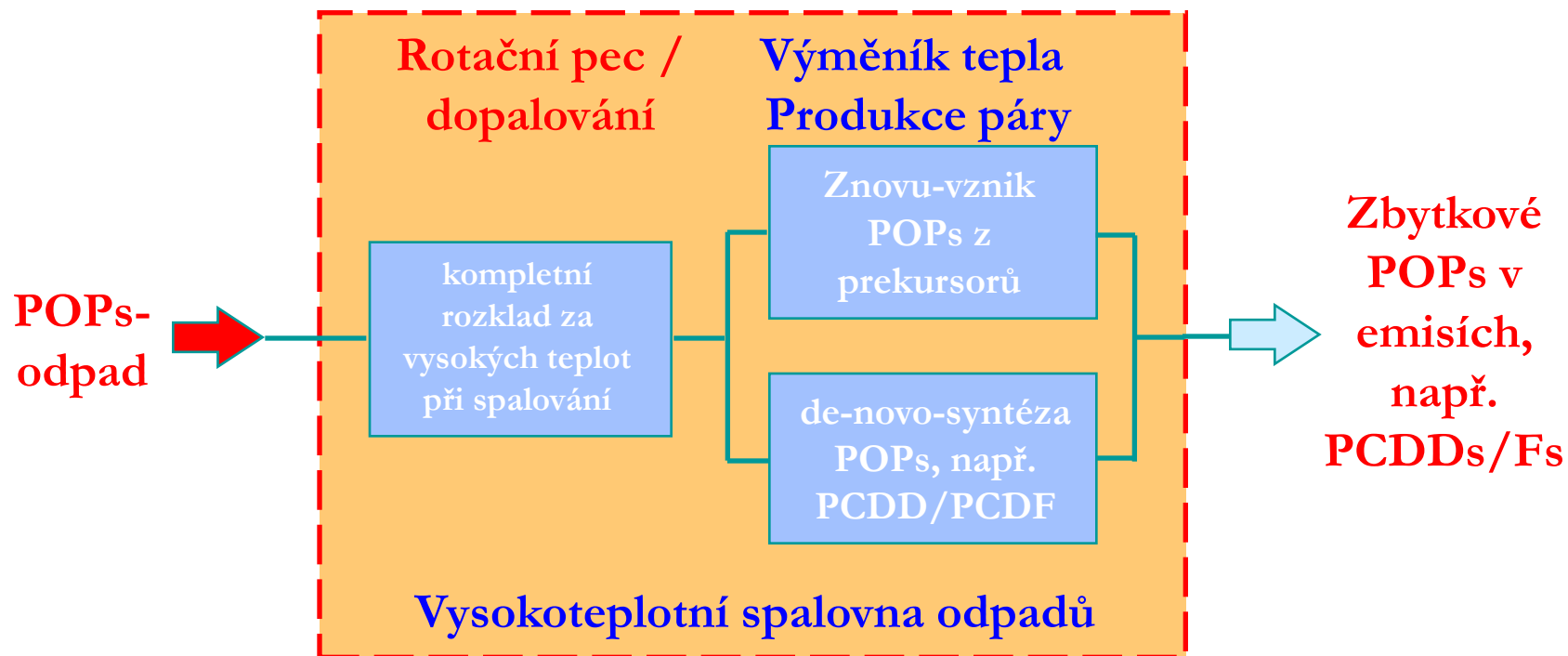




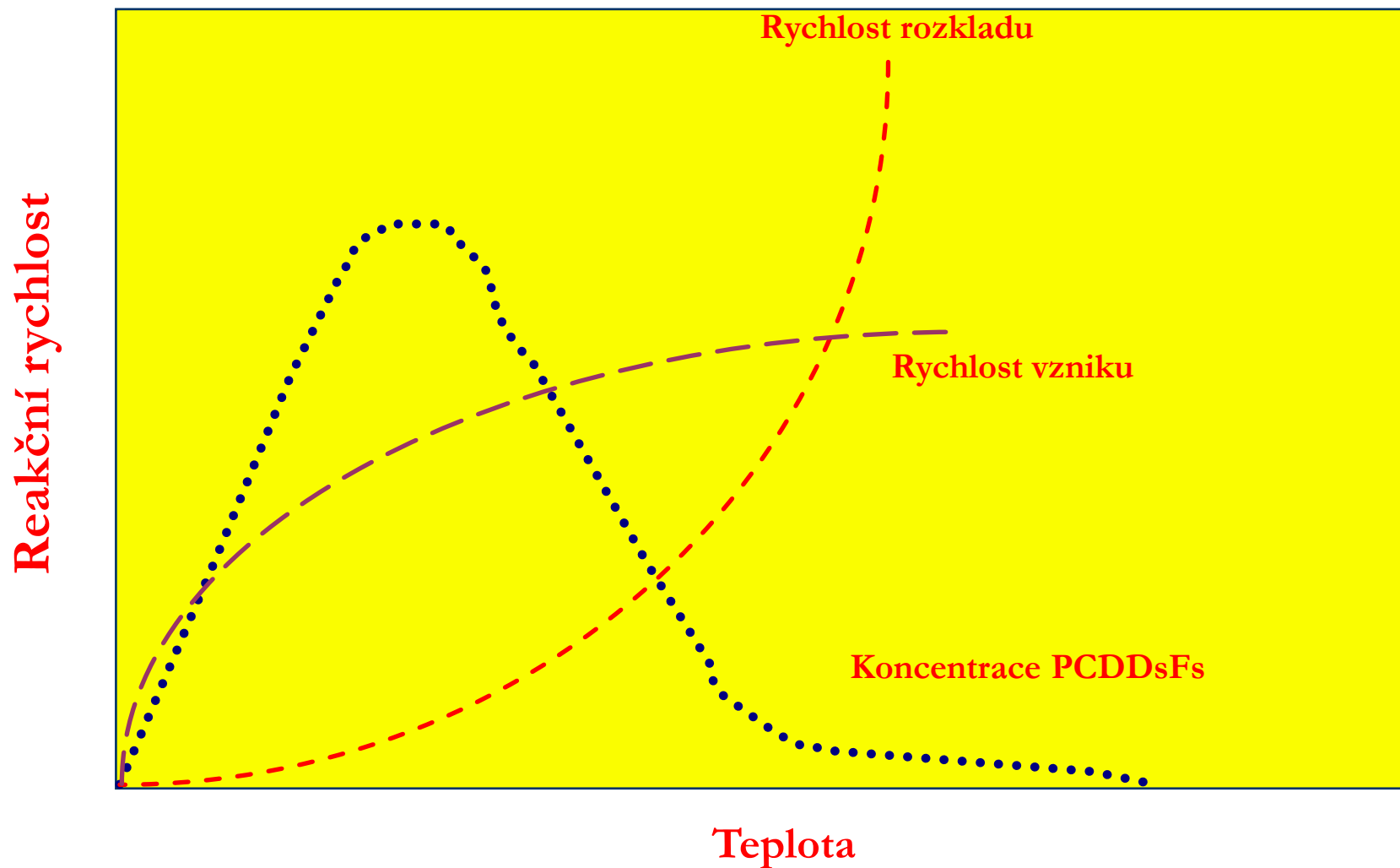
Termická destrukce organických látek

<http://recetox.muni.cz>

POPs destrukce a znovuvytváření ve spalovně



Vznik a rozklad PCDDs/Fs



Komerčně dostupné spalovací technologie

Vysokoteplotní spalovací technologie pro likvidaci POPs

1. Rotační pece ve spalovnách

- ↙ Pece pro spalování nebezpečných odpadů
- ↙ Spalování v cementárenských pecích
- ↙ Spalování v pecích vápenek

2. Zplyňování

- ↙ Zplyňování s pevným ložem
- ↙ BGL zplyňování
- ↙ Vsázkové průtočné zplyňování

3. Vstřikování kapalin

- ↙ Vstřikování
- ↙ Ko-vstřikování

Komerčně dostupné spalovací technologie

Typ spalovny		Spalovací teplota		Typy POPs odpadů				
		Primární komora	Sekundární komora	L	S _{pu}	S _{np}	S _{ut}	S _{pt}
Typ rotační pece	Pec pro spalování NO	1000 - 1200 °C	1100 - 1400 °C	x	x	x	x	x
	Cementárenská pec*	1600 - 2000 °C	-	x	x	x	-	x
	Vápenky*	1600 - 2000 °C	-					
Typ zplyňování	Zplyňovač s fixním ložem	800 - 1300 °C	-	-	x	x	x	x
	BGL zplyňovač	1400 - 1600 °C	-	-	x	x	-	x
	Vsázkový průtočný zplyňovač	1600 - 1800 °C	-	x	x	-	-	-
Typ vstřikování kapaliny	Přímý nástřik	1500 - 1900 °C	-	x	-	-	-	-
	Spolu-vstřikování	1400 - 1800 °C	-	x	x	-	-	-
L: kapaliny s obsahem tuhé fáze ≤ 5% wt.								
S _{pu} : kal, pumpovatelný za atmosférické teploty								
S _{np} : pumpovatelný za atmosférické teploty								
S _{ut} : tuhé, netříděný, směsný typ								
S _{pt} : tuhé, předtříděný, granulový typ								
* typicky limitované ve vstupu Cl								

Tank pro kapaln \acute{e} odpady

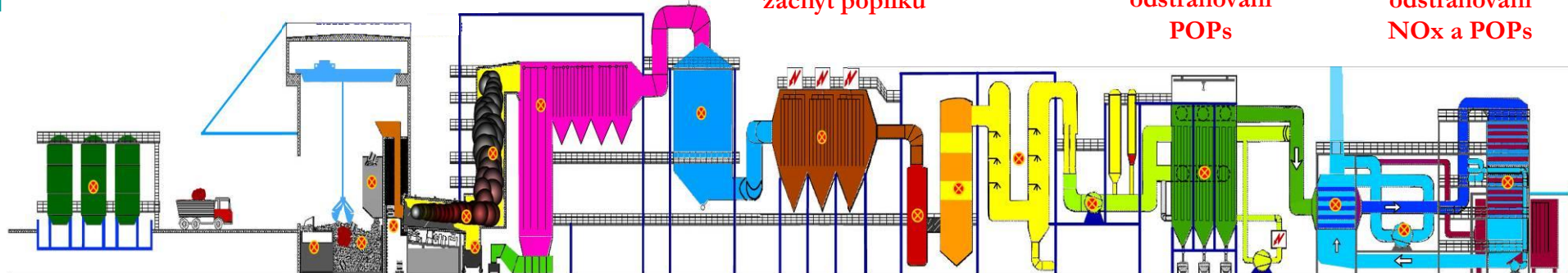
Bunkr na tuh \acute{e} a kalov \acute{e} odpady

V \acute{y} m \acute{e} n \acute{i} k tepla
V \acute{y} roba p \acute{a} ry

Elektrostatick \acute{y}
odlu \acute{c} ova \acute{c} pro
z \acute{a} chyt pop \acute{r} lku

Ruk \acute{a} vov \acute{y} filtr
pro
odstra \acute{n} ov \acute{a} n \acute{i}
POP s

SCR Syst \acute{e} m
pro
odstra \acute{n} ov \acute{a} n \acute{i}
NO $_x$ a POP s



Dod \acute{a} vka tuh \acute{y} ch
nebezpe \acute{c} n \acute{y} ch
odpad \acute{u}

Rota \acute{c} n \acute{i} pec a
dop \acute{a} l \acute{a} v \acute{a} c \acute{i}
kom \acute{o} ra

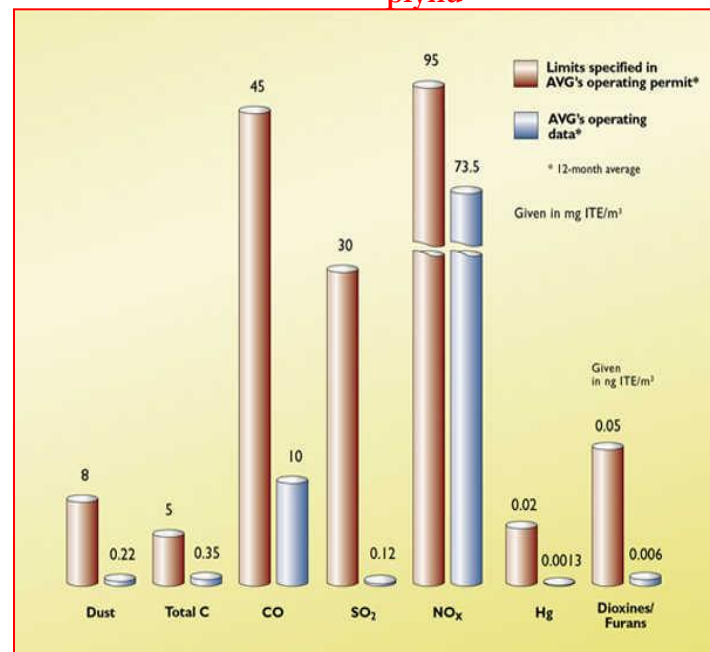
Rozpra \acute{s} ov \acute{a} c \acute{i}
vysou \acute{s} ec \acute{i} kom \acute{o} ra
pro odpa \acute{r} ov \acute{a} n \acute{i}
odpadn \acute{i} vody

Mok \acute{r} e pra \acute{c} ky pro
z \acute{a} chyt kysl \acute{y} ch
plyn \acute{u}

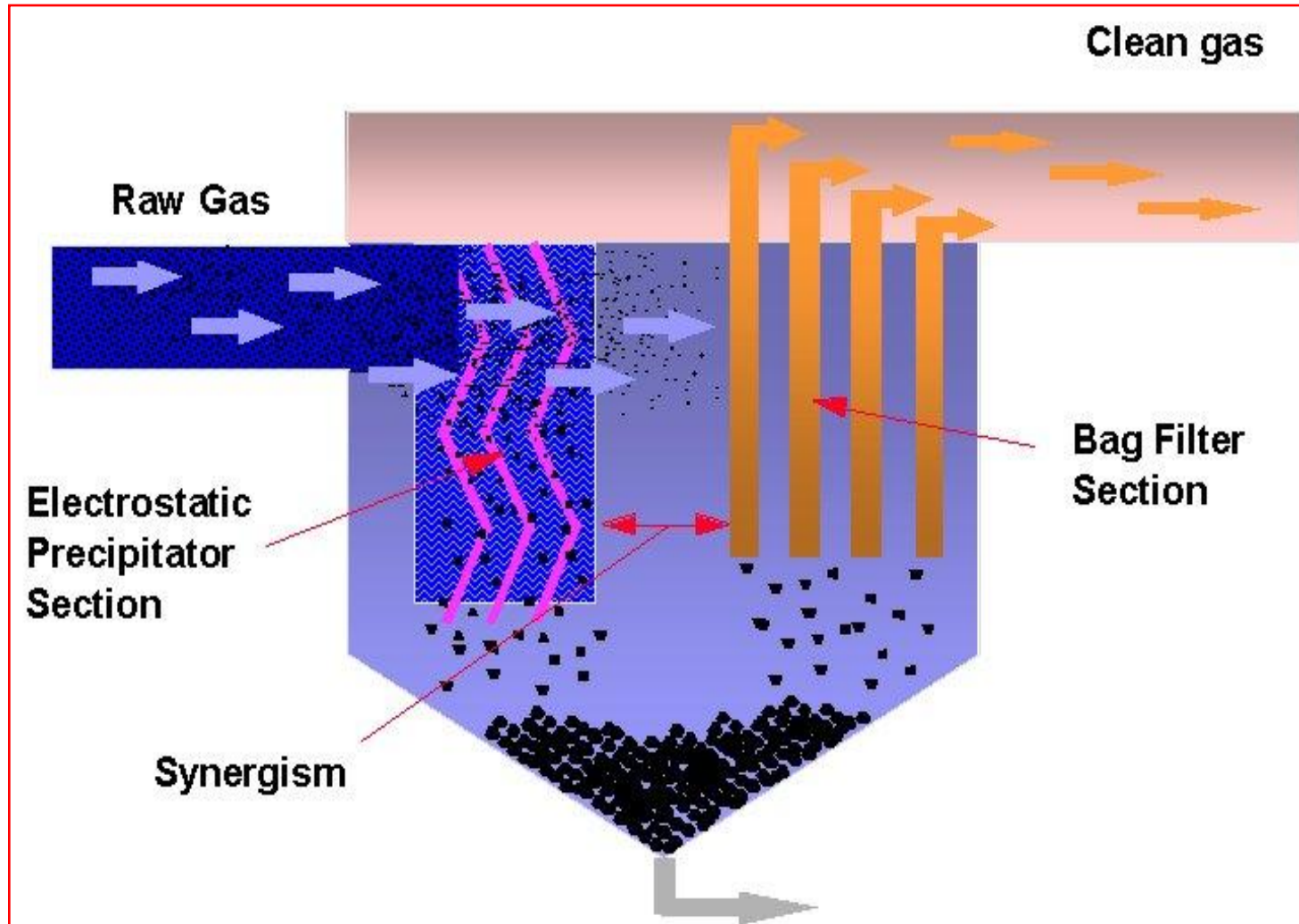
Rekupa \acute{r} a \acute{c} n \acute{i}
v \acute{y} m \acute{e} n \acute{i} k tepla pro
z \acute{n} ovu-oh \acute{r} iv \acute{a} n \acute{i}
plyn \acute{u}

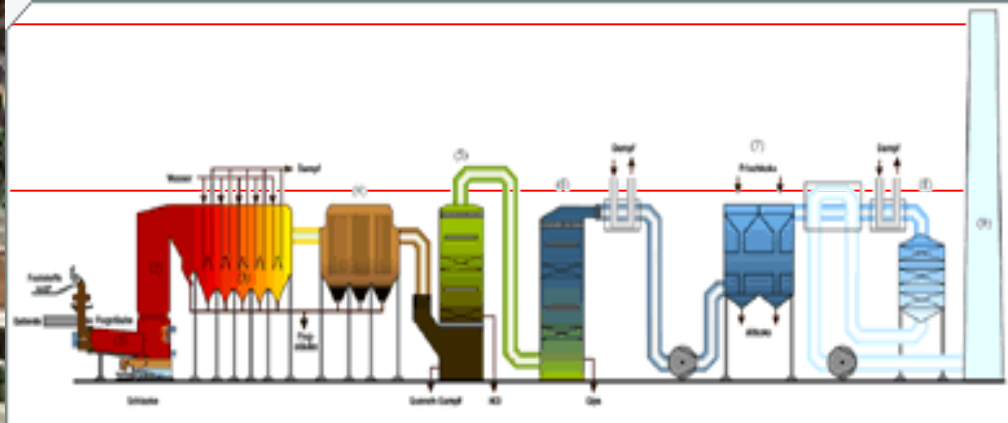
POP s destruk \acute{c} n \acute{i} \acute{u} cin \acute{n} ost spaloven využívaj \acute{i} c \acute{i} rota \acute{c} n \acute{i} pece z \acute{a} vis \acute{i} na:

- ↪ Teplota spalov \acute{a} n \acute{i} v rota \acute{c} n \acute{i} peci ≥ 1000 $^{\circ}$ C
- ↪ Teplota v sekund \acute{a} r $\acute{n$ i spalovac \acute{i} kom \acute{o} re ≥ 1200 $^{\circ}$ C
- ↪ Obsah O $_2$ ≥ 6 % obj. (typicky ~ 10 %vol.)
- ↪ V \acute{i} cestup \acute{n} ov \acute{y} \acute{c} ist \acute{i} c \acute{i} syst \acute{e} m v \acute{c} etn \acute{e} vysoc \acute{e} \acute{u} cin \acute{n} o \acute{s} ho stupn \acute{e} pro z \acute{a} chyt POP s



Procesy v čistících stupních





Rotary Kiln Units:	2
Capacity Per Unit:	6 t/h
Afterburner Temperature:	1100 – 1200 °C
Final Product:	Electricity, Steam
Residue:	Vitrified Slag
Start of Operation:	1993
Waste-POPs Type Accepted:	Liquid, Sludge and Solid Waste-POPs
Pretreatment Requirements:	none
Input Limitation:	no explosives

AVG Hamburg – Hazardous Waste Rotary Kiln

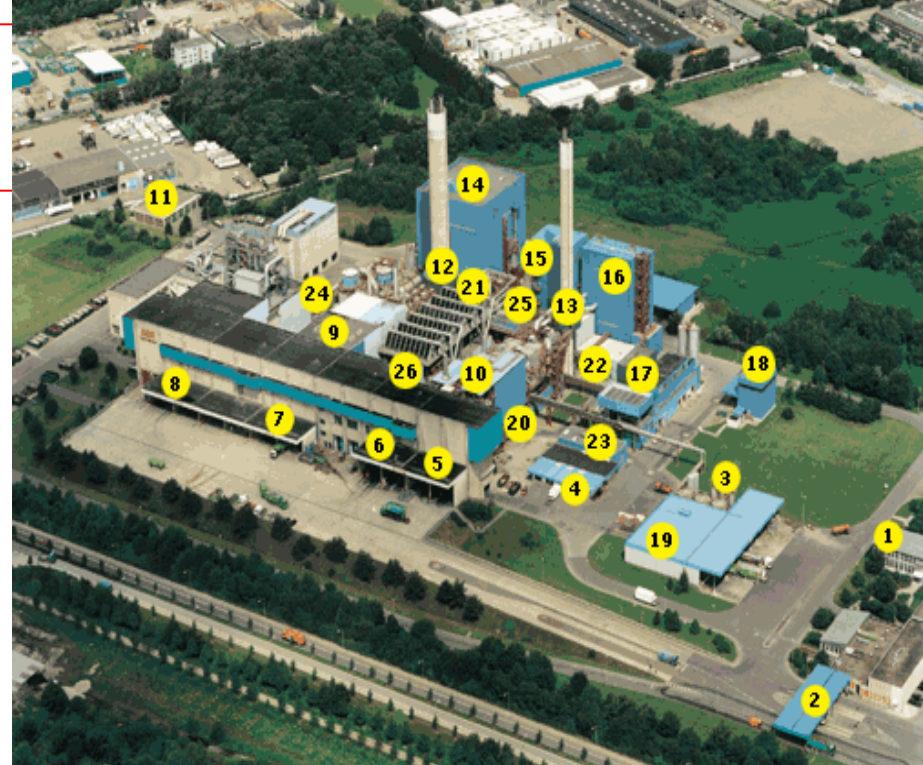


Rotary Kiln Units:	2
Capacity Per Unit:	6 t/h
Afterburner Temperature:	1100 – 1200 °C
Final Product:	Electricity, Steam
Residue:	Vitrified Slag
Start of Operation:	1989
Waste-POPs Type Accepted:	Liquid, Sludge and Solid Waste- POPs
Pretreatment Requirements:	none
Input Limitation:	no explosives



HIM Biebesheim – Hazardous Waste Rotary Kiln

Rotary Kiln Units:	1
Capacity Per Unit:	6 t/h
Afterburner Temperature:	1100 – 1200 °C
Final Product:	Electricity, Steam
Residue:	Vitrified Slag
Start of Operation:	1981
Waste-POPs Type Accepted:	Liquid, Sludge and Solid Waste- POPs
Pretreatment Requirements:	none



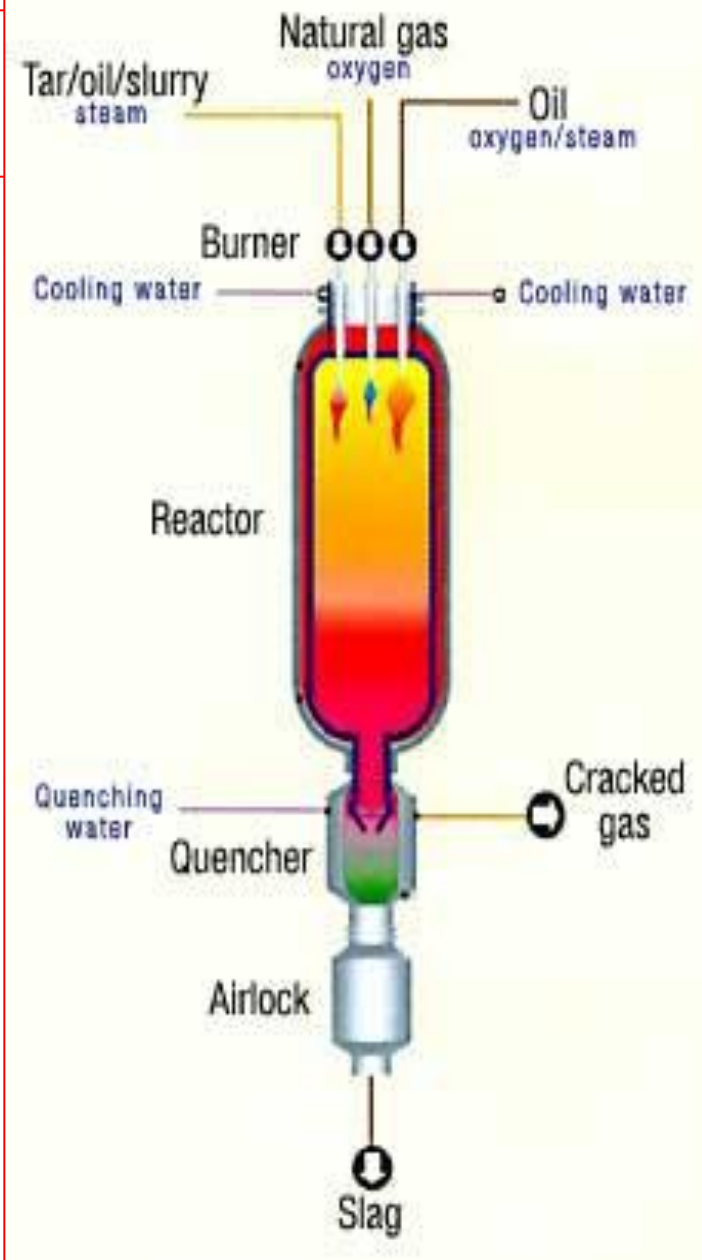
RZR Herten – Hazardous Waste Rotary Kiln



Rotary Kiln Units:	1
Capacity Per Unit:	6 t/h
Afterburner Temperature:	1100 – 1200 °C
Final Product:	Electricity, Steam
Residue:	Vitrified Slag
Start of Operation:	1996
Waste-POPs Type Accepted:	Liquid, Sludge and Solid Waste-POPs
Pretreatment Requirements:	none
Input Limitation:	no explosives

SAVA Brunsbüttel – Hazardous Waste Rotary Kiln

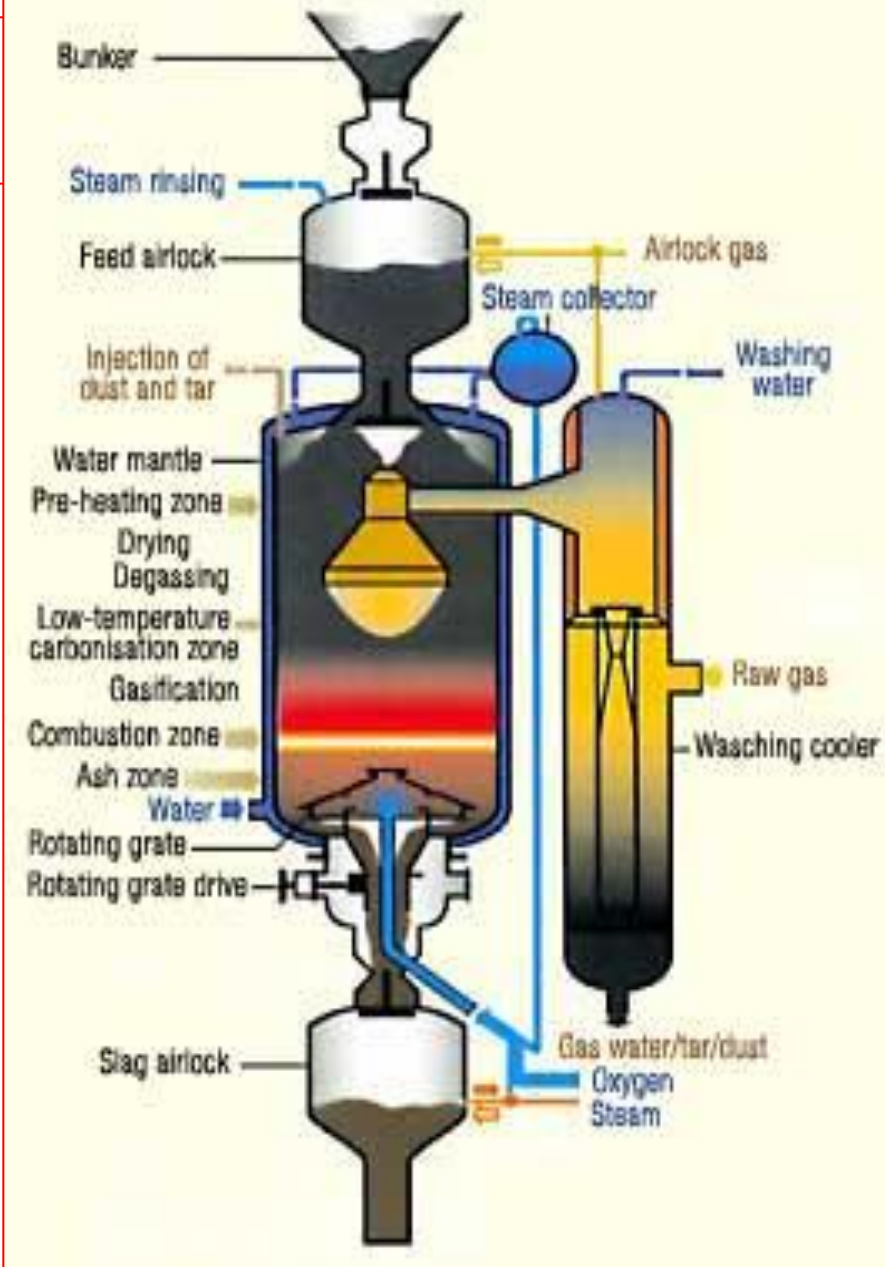
Entrained Flow Gasifiers:	2
Capacity Per Unit:	5 t/h
Gasifier Reactor Pressure:	atmospheric
Gasification Reagents:	O ₂ , Steam
Reducing Agent:	Natural Gas, Light Fuel Oil
Gasifier Temperature:	1600 – 1800 °C
Final Product:	Methanol (CH ₃ OH)
Residue:	Vitrified Slag
Start of Operation:	1995
Waste-POPs Type Accepted:	Liquid & Sludge Waste- POPs
Pretreatment Requirements:	Pumpable
Input Limitation:	PCB: ≤ 5 %wt. PCDD/PCDF: ≤ 200 µgTEQ/kg Halogens: ≤ 6 %wt. Solid Content: ≤ 5 %wt.



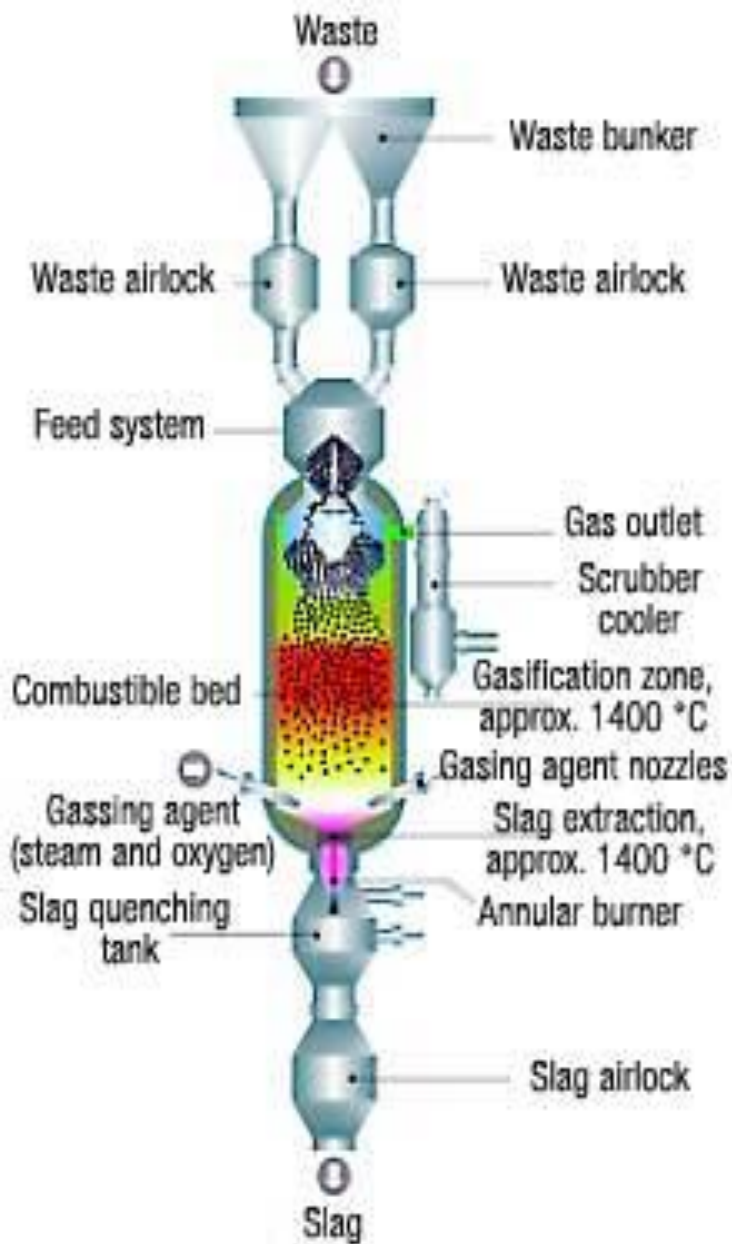
SVZ Schwarze Pumpe – Entrained Flow Gasification

Fixed Bed Gasification Units: 7

Capacity Per Unit:	15 t/h
Gasifier Reactor Pressure:	25 bar
Gasification Reagents:	O ₂ and Steam
Reducing Agent:	Coal
Gasifier Temperature:	800 – 1300 °C
Final Product:	Methanol (CH ₃ OH)
Residue:	Solid Slag
Start of Operation:	1995
Waste-POPs Type Accepted:	Solid Waste-POPs
Pretreatment Requirements:	None
Input Limitation:	PCB: ≤ 0.5 g/kg PCDD/PCDF: none Halogens: none



SVZ Schwarze Pumpe – Fixed Bed Gasification



BGL-Gasification Units:	1
Capacity Per Unit:	30 t/h
Gasifier Reactor Pressure:	25 bar
Gasification Reagents:	O ₂ , Steam
Reducing Agent:	Coal
Gasifier Temperature:	1400 – 1600 °C
Final Product:	Methanol (CH ₃ OH)
Residue:	Vitrified Slag
Start of Operation:	2003
Waste-POPs Type Accepted:	Solid Waste-POPs
Pretreatment Requirements:	Granular
Input Limitation:	PCB: ≤ 0.5 g/kg
	PCDD/PCDF: none
	Halogens: none

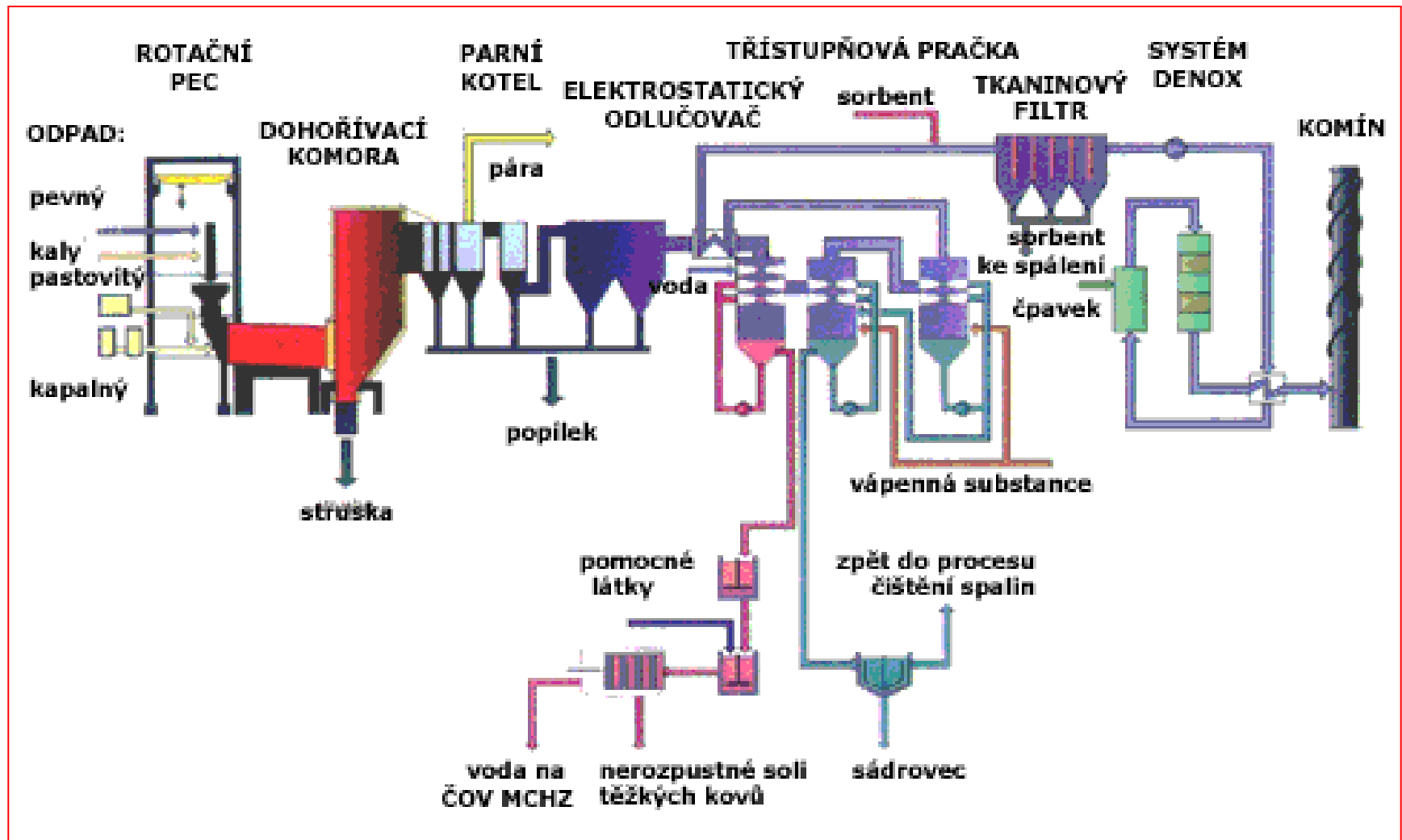


SVZ Schwarze Pumpe – Fixed Bed Gasification

SPOVO Ostrava



SPOVO Ostrava



SPOVO Ostrava

Příjem odpadů - odpady lze přijímat v autocisternách, kontejnerech i sudech. Součástí vybavení spalovny je i drtič, který umožňuje úpravu odpadů o větších rozměrech.

Laboratoř spalovny zajišťuje analytické rozbory všech dodaných odpadů.

Spalovací část - tvoří rotační pec a sekundární dospalovací komora, kde se odpady odstraňují při 1100 - 1200 °C. Nespalitelný zbytek odchází ve formě strusky.

Zajištění potřebné teploty spalování při najíždění, během provozu i odstavování je dosahováno přidavnými plynovými hořáky.

Sekundární dospalovací komora s dobou zdržení cca 2 s zajišťuje úplnou destrukci nebezpečných vysoce stabilních látek (např. PCB, freonů).

SPOVO Ostrava

Parní kotel - využívá tepla spalin k výrobě páry, která je využívána jednak na spalovně a jednak ke komerčním účelům.

Čištění spalin - soubor několika technologií, umožňujících odstraňovat škodliviny ze spalin.

Dvoustupňové mokré praní - v pračce prvního stupně jsou spaliny skrápěny vodou a dochází zde k odstranění HCl, HF, částečně i SO₂ a také k odstranění zbývajících těžkých kovů.

Odpadní vody jsou čištěny v systému čištění odpadních vod.

Druhý stupeň praní pomocí vápenného mléka slouží k odstranění SO₂.

Z důvodu vysokého podílu SO₂ je tento stupeň praní rozdělen na dvě prací jednotky.

SPOVO Ostrava

První prací jednotka slouží hlavně pro výrobu sádrovce a druhá pro dosažení požadovaných hodnot emisí.

Mokrý sádrovec je zbaven přebytečné vody v odstředivce.

Odpadní voda se používá na ostřík demistrů (odlučovačů kapek).

Dioxinový filtr - částice dioxinů a těžkých kovů jsou adsorbovány aktivním koksem, který se vstříkuje do proudu spalin před tkaninovým filtrem.

Částice znečištěného aktivního koku se pak zachytí na tkaninovém filtru.

DENO_x katalyzátor - z důvodu snížení obsahu NO_x pod limitní hodnotu jsou spaliny vedeny do oblasti vstřikování čpavku a katalyzátoru SCR (selektivní katalytický reaktor DENO_x) zařízení, kde dochází k odstranění NO_x.

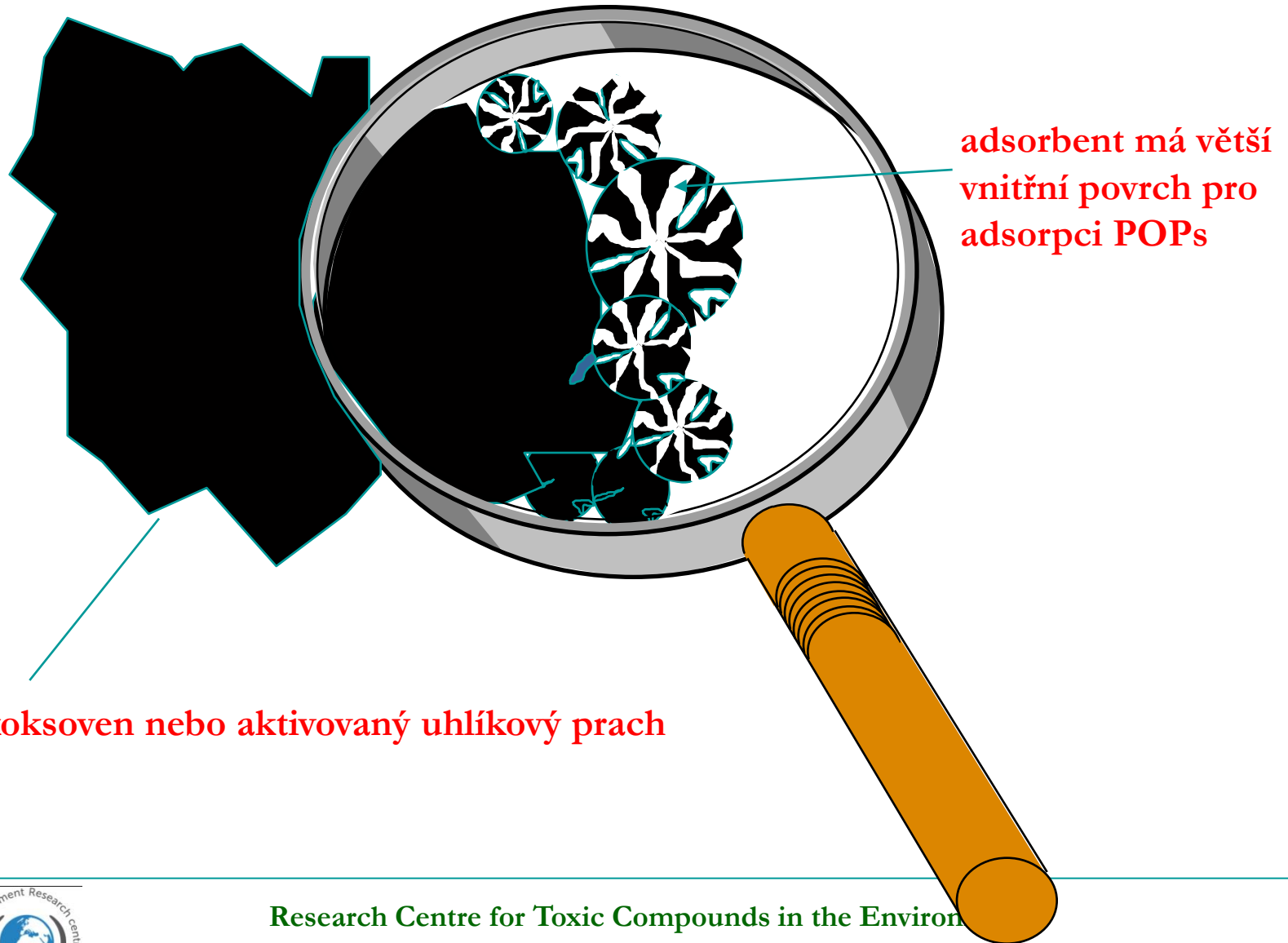
SPOVO Ostrava

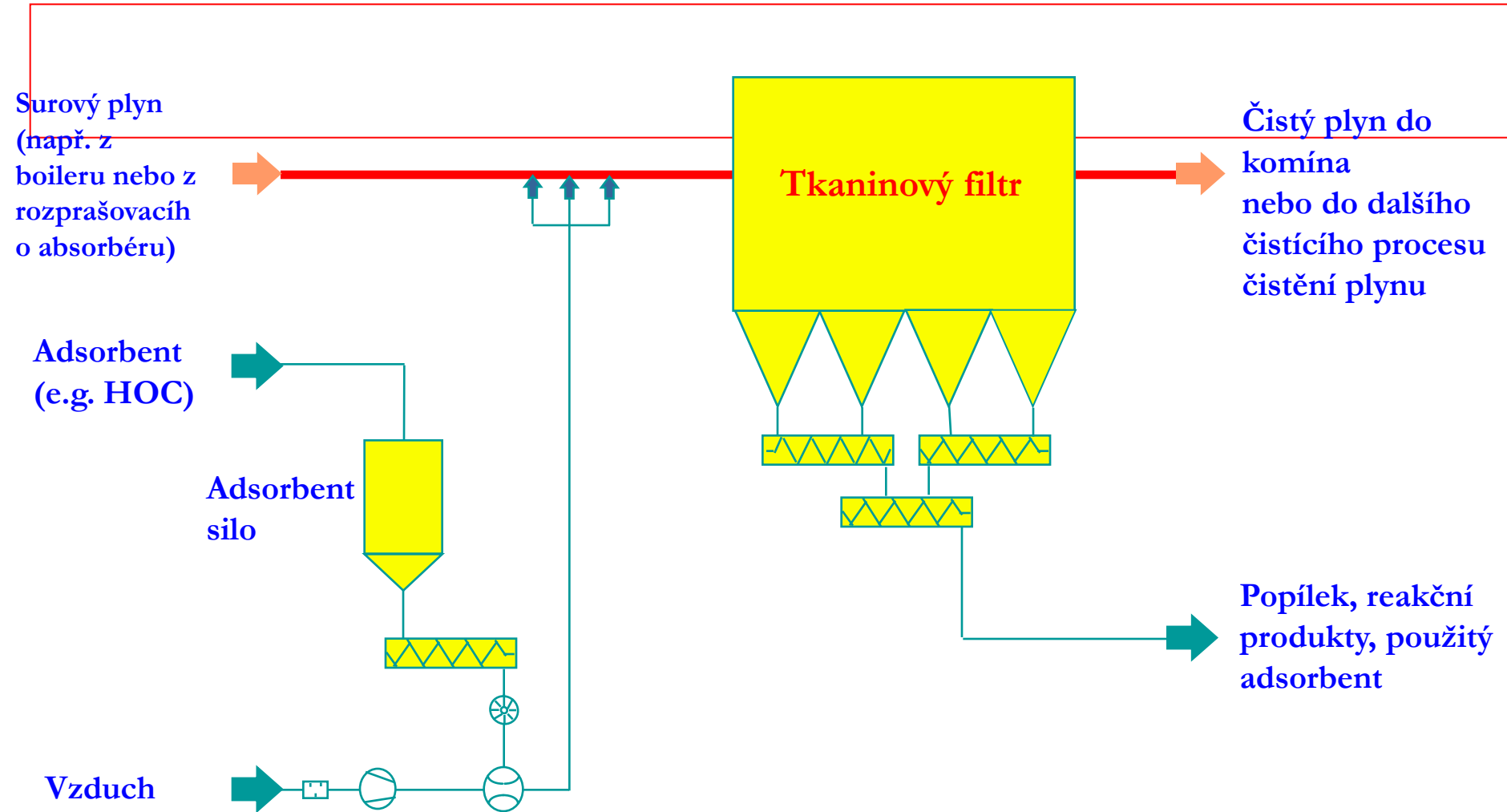
Před SCR zařízením je instalován **tepelný výměník typu spaliny/spaliny** a hořák na zemní plyn pro zajištění provozní teploty v SCR zařízen.

Po odstranění škodlivých látek ze spalin, spaliny vycházejí komínem do ovzduší.

Ještě před vstupem spalin do komína, analyzuje kontinuálně automaticky monitorovací systém obsah polutantů (HCl, CO, SO₂, NO_x, TOC, prach) ve spalinách.

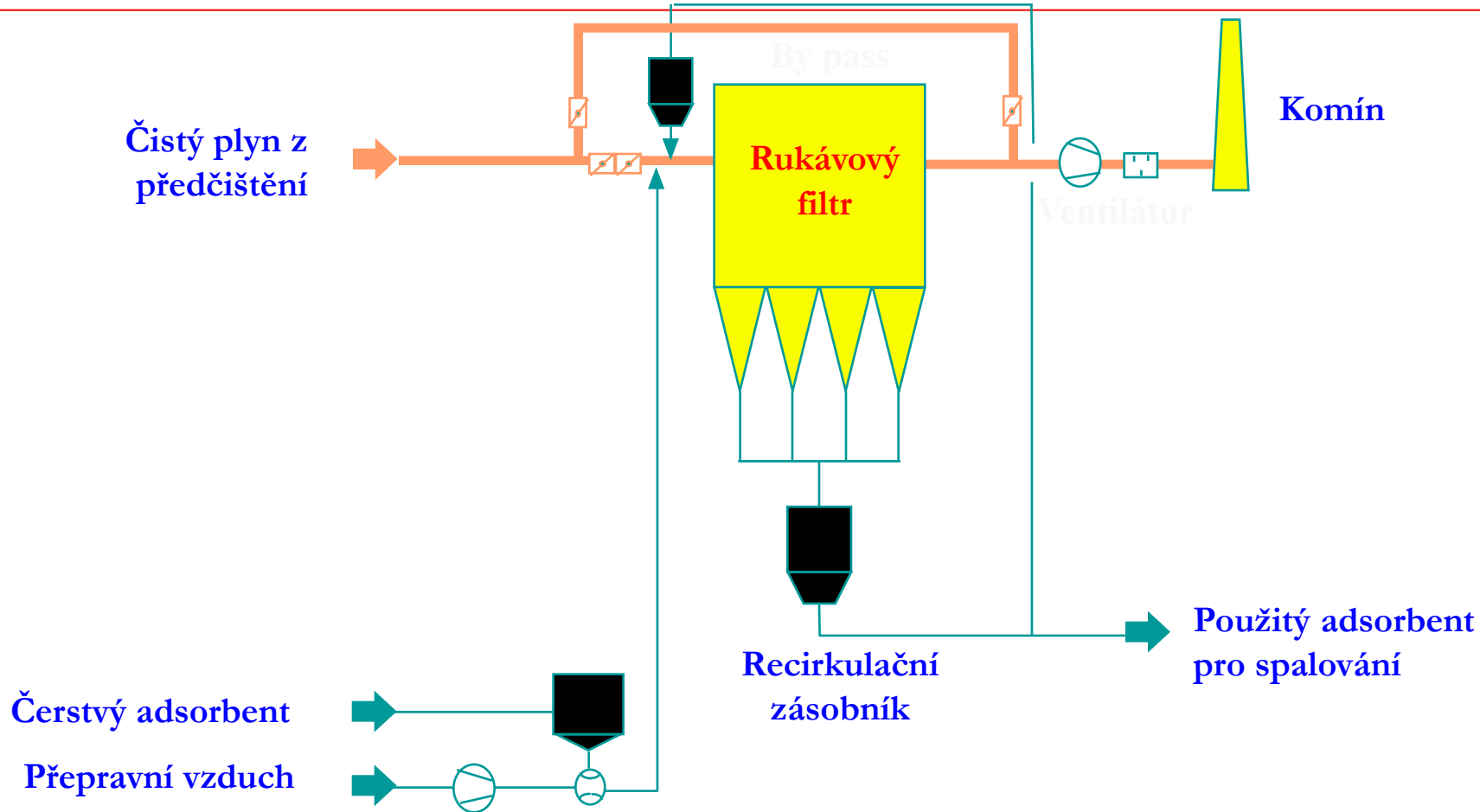
Odstraňování POPs adsorpcí – aktivovaný uhlík

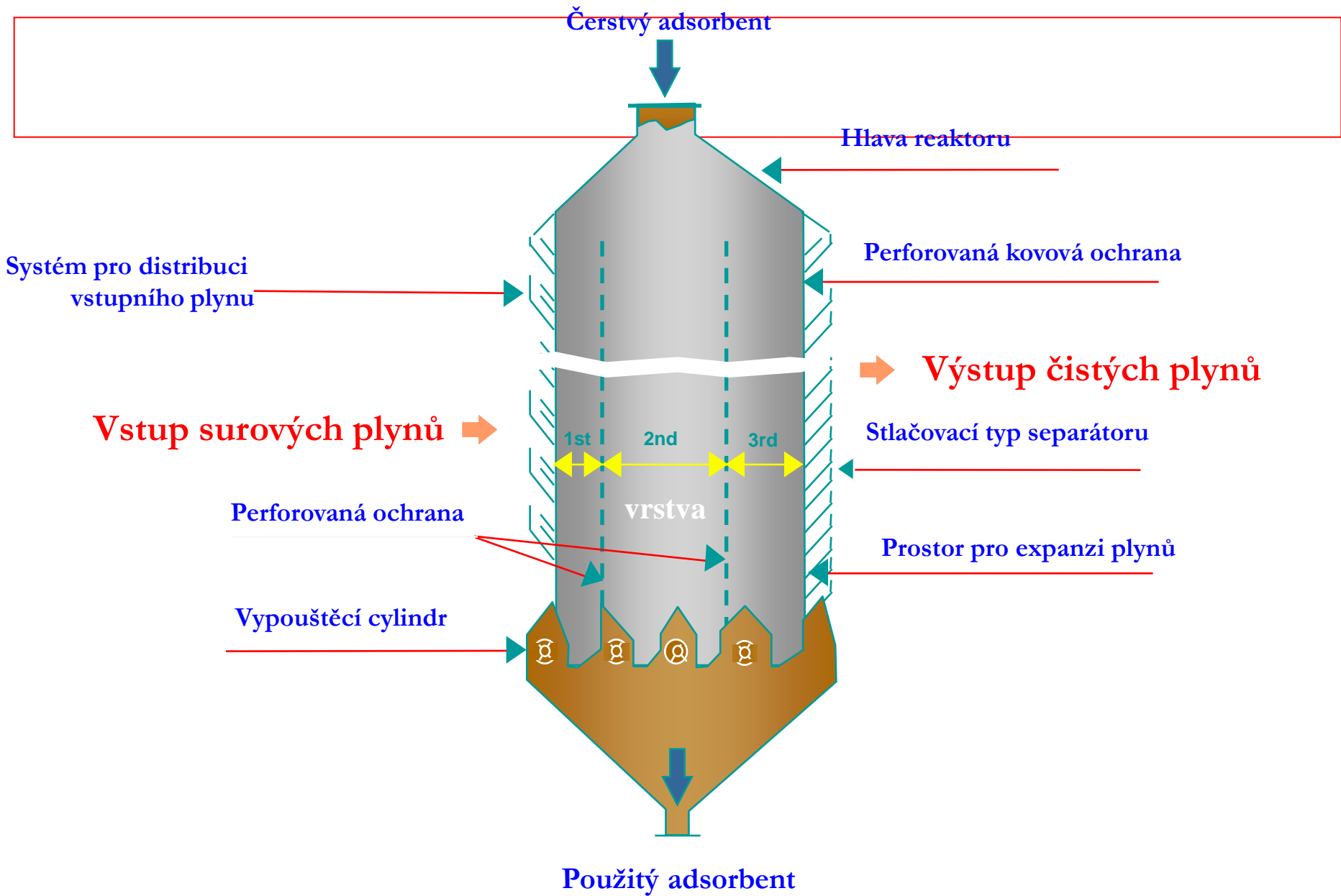




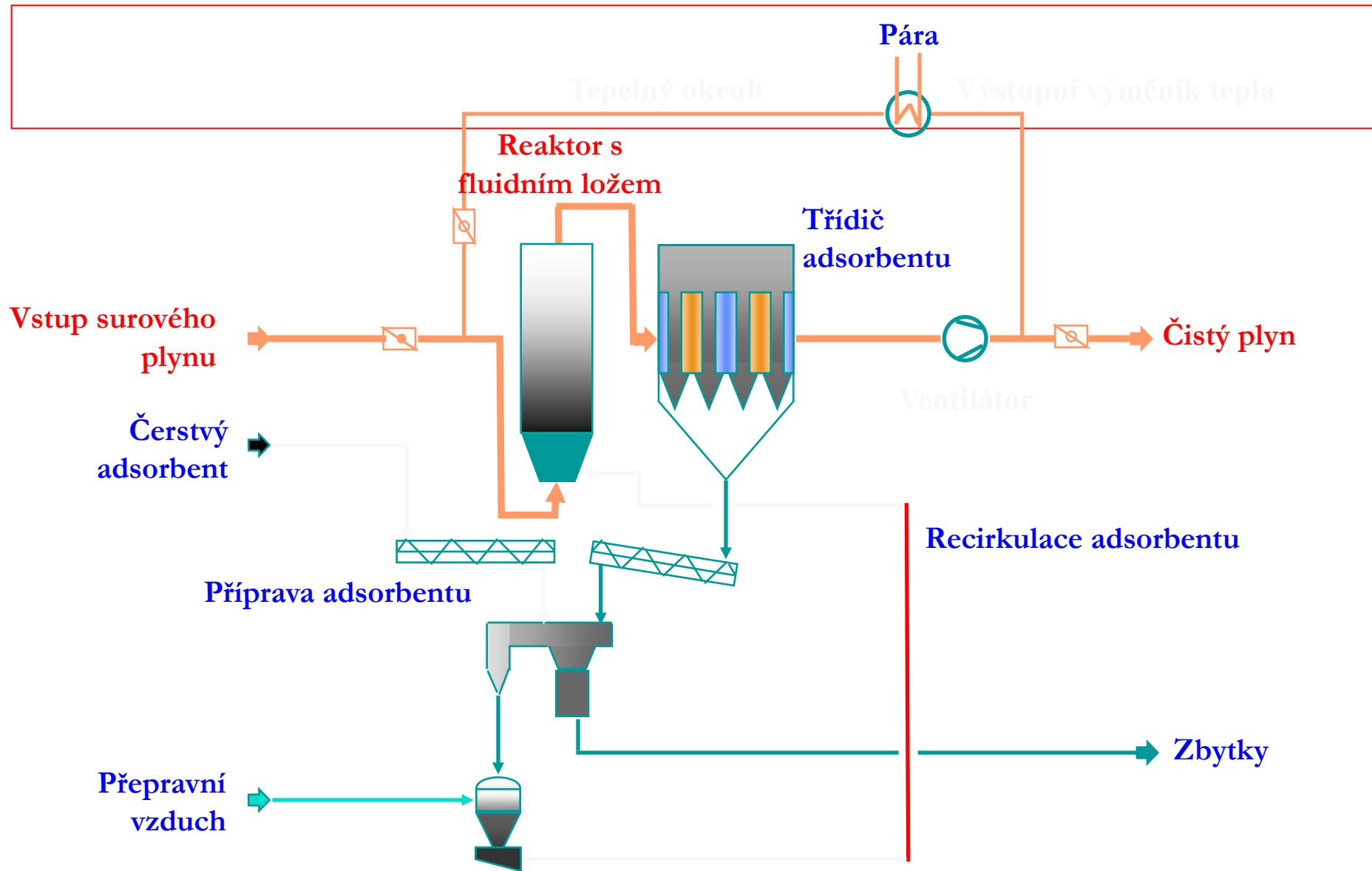
POPs adsorpce – vstřikování práškového adsorbentu

POPs adsorpce – adsorbér



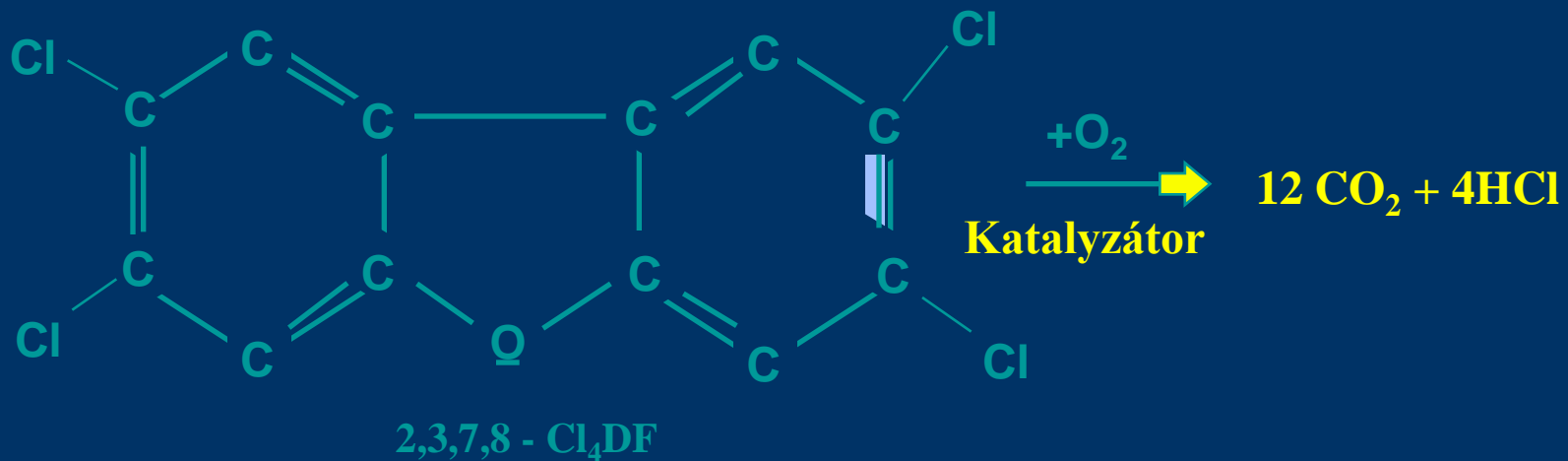
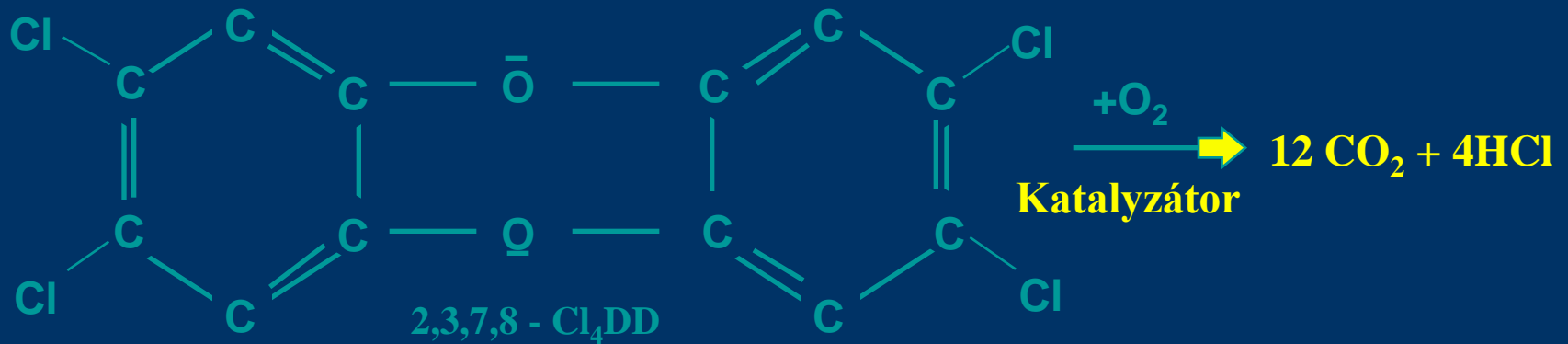


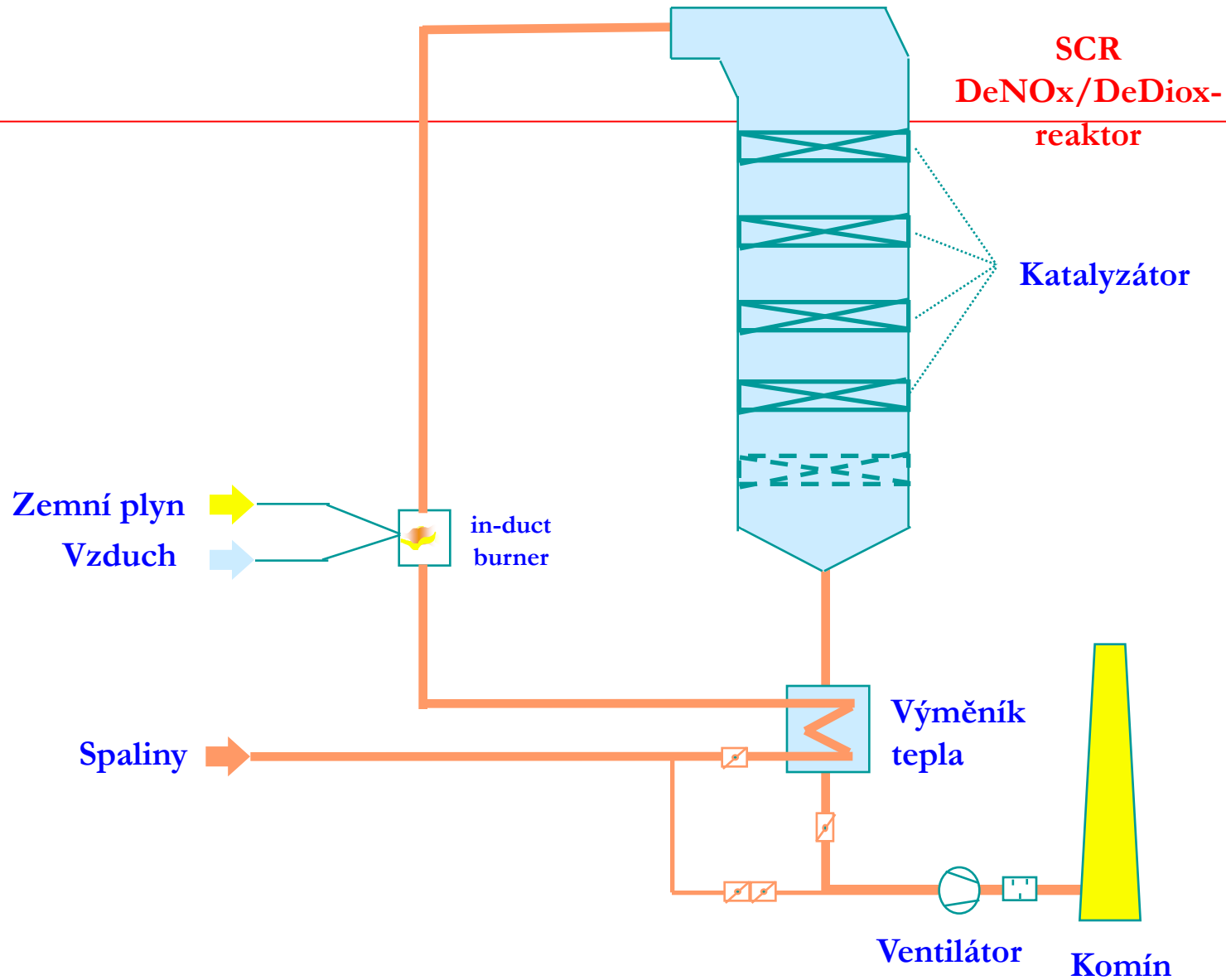
POPs adsorpce – reaktor s aktivovaným uhlíkem (ACR)



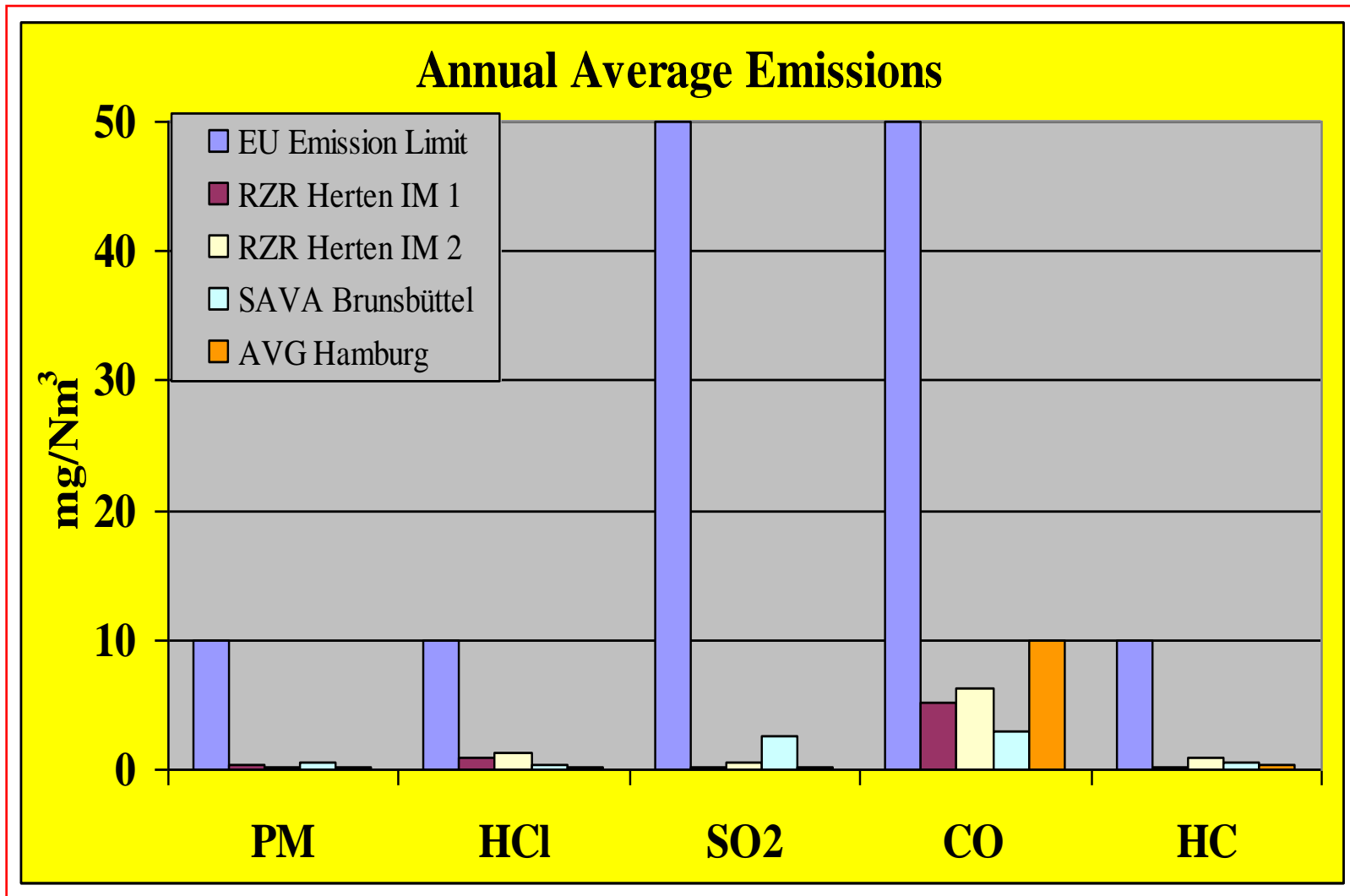
POPs adsorpce – adsorbér s fluidním ložem

Rozklad POPs – katalytická oxidace

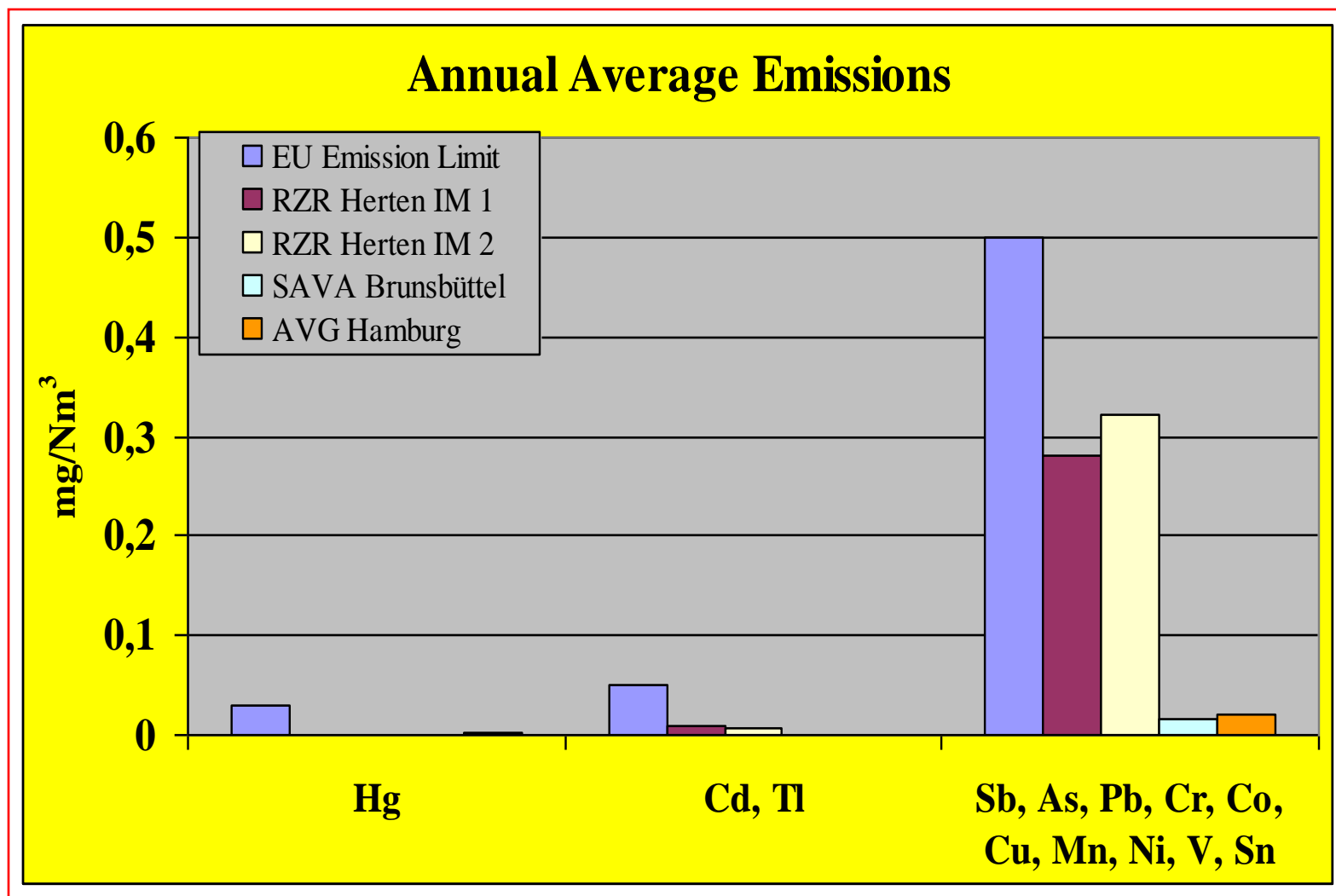




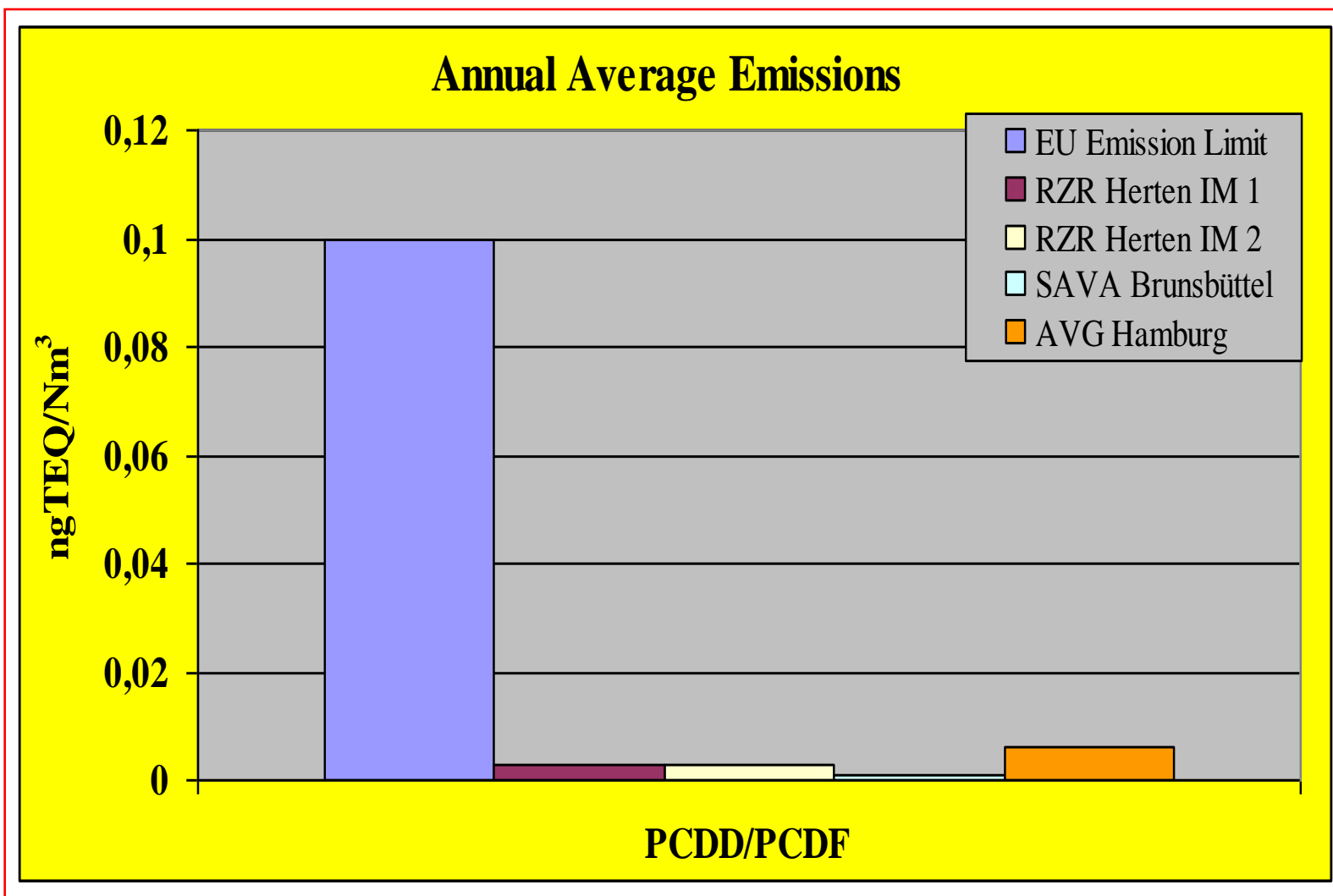
Účinnost spalovacích technologií



Účinnost spalovacích technologií



Účinnost spalovacích technologií





INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

**Inovace tohoto předmětu je spolufinancována
Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem
České republiky**