

**RECYKLACE
TERMOPLASTŮ,
TERMOSETŮ A PRYŽÍ**

TERMICKÝ ROZKLAD

RNDr. Ladislav Pospíšil, CSc.

ČSN 64 0003 Plasty – Zhodnocení plastového odpadu – Názvosloví

Česky	anglicky
Fyzikální recyklace plastů, fyzikální recyklování plastů	Physical recycling
Chemická recyklace plastů, chemické recyklování plastů, rekonstituce plastového odpadu	Reconstitution of plastic waste, <i>Chemical recycling – běžně se používá, ale není v této normě</i>
Surovinové zhodnocení plastů, přeměna plastového odpadu na suroviny surovinové využití plastového odpadu	Transformation of plastic waste into raw materials
Energetické zhodnocení plastů, přeměna plastového odpadu na energii, energetické využití plastového odpadu	Transformation of plastic waste into energy

Základní schéma – chemická X surovinová recyklace

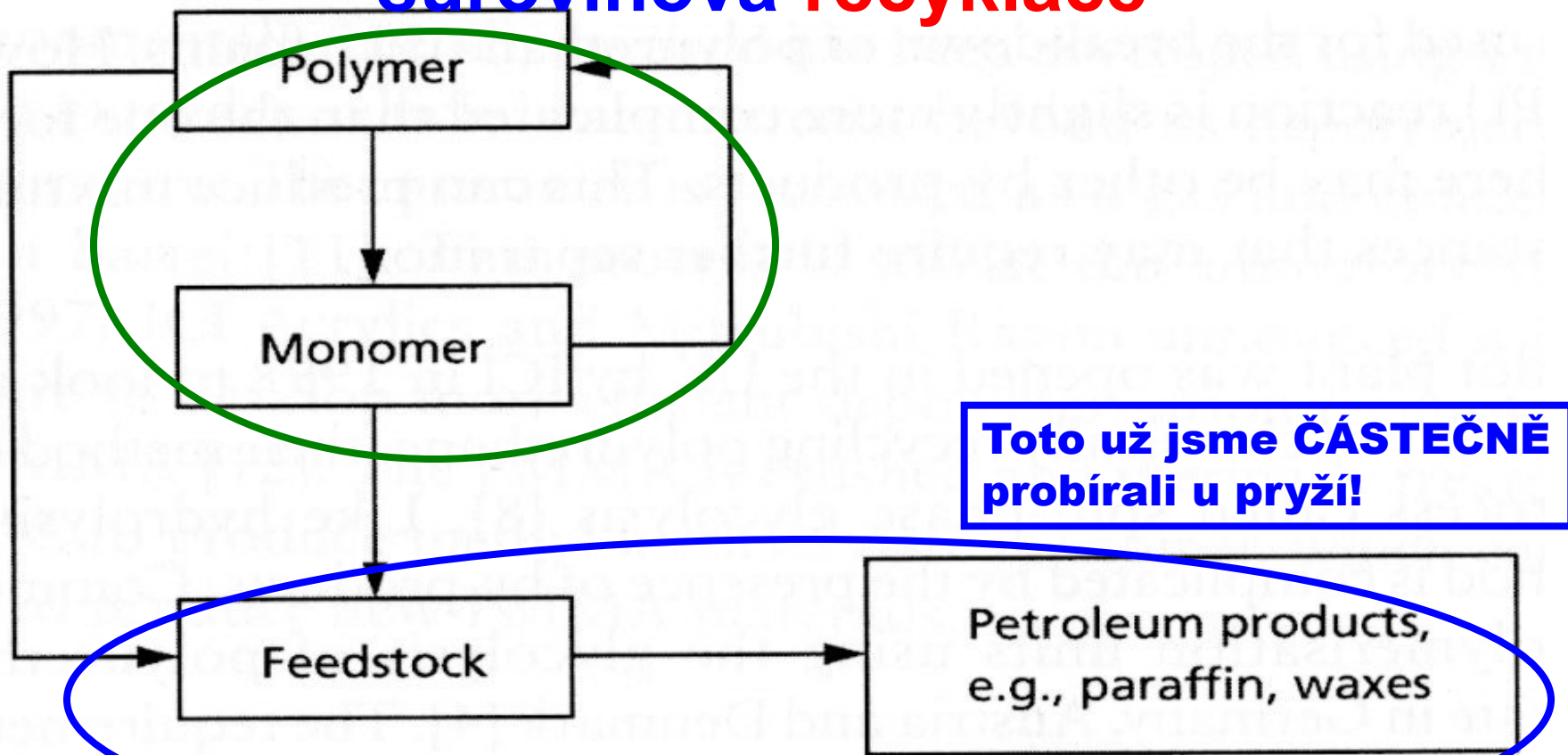


Figure 8.1 Chemical recycling of polymers

Statistika energetického využívání odpadů 1905–2009 MPO ČR

download.mpo.cz/get/41306/46090/555493/priloha001.pdf

Surovinové zhodnocení plastů

Přeměna plastového odpadu, většinou smíšených plastů, na základní suroviny chemického průmyslu nebo na paliva tepelným rozkladem, hydrogenací či podobnými procesy

Příklad – Surovinové zhodnocení plastů

Nízkoteplotní či vysokoteplotní pyrolýza směsných odpadů na kapalné a plynné složky

Příklad – proces **NENÍ** surovinové zhodnocení recyklování plastů

Spalovny komunálního odpadu

Energetické zhodnocení plastů

Spalování plastového odpadu, většinou smíšených plastů, a využití energie obsažené v materiálu pro výrobu tepla nebo elektřiny

Příklad – Energetické zhodnocení plastů

Spalovny komunálního odpadu > nová spalovna v Brně > teplo i elektřina

Příklad – proces NENÍ energetické zhodnocení recyklování plastů

Skládkování komunálního odpadu

Skládek v ČR cca 30 (kapacita $158 \cdot 10^6 \text{m}^3$)
z toho 30 ($5,8 \cdot 10^6 \text{m}^3$) pro N-odpad

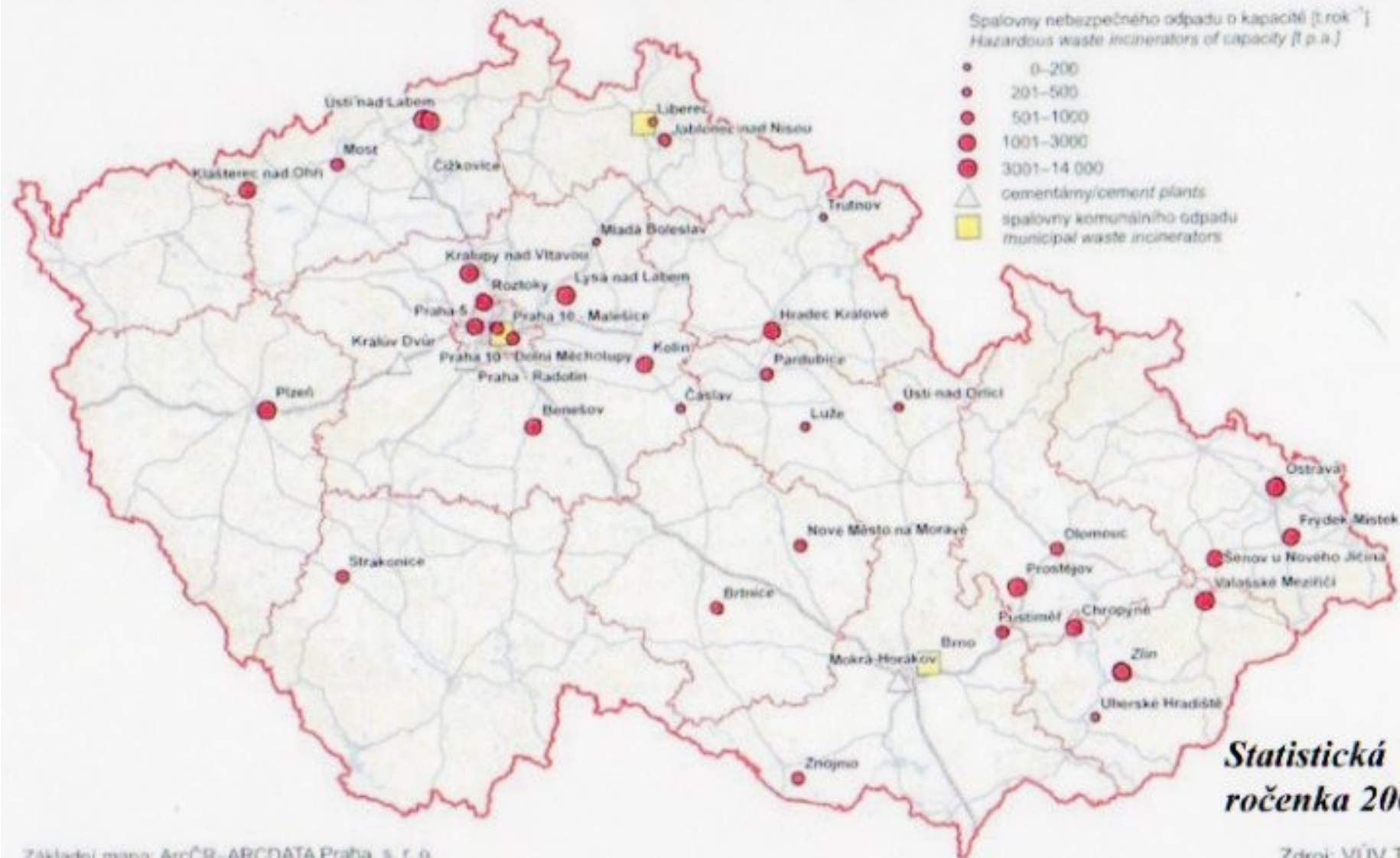
*Statistická
ročenka 2006*



Zařízení pro tepelnou úpravu odpadů

Spalovny nebezpečného odpadu o kapacitě [t.rok⁻¹]
Hazardous waste incinerators of capacity [t p.a.]

- 0–200
- 201–500
- 501–1000
- 1001–3000
- 3001–14 000
- △ cementárny/cement plants
- spalovny komunálního odpadu
municipal waste incinerators



**Statistická
ročenka 2006**

Zdroj: VÚV T.G.M.
Source: VÚV T.G.M.

Zařízení pro tepelnou úpravu odpadů – 3 (kapacita 646 000t/r)
Spalovny NO – 32 (kap. 85 179 t/r) + 4 cementárny

Základní mapa: ArcČR-ARCDATA Praha, s. r. o.
Base map: ArcČR-ARCDATA Prague, Ltd.

Surovinové X Energetické zhodnocení **Obojí je lepší než skládkování!**

Surovinové zhodnocení

- **Pyrolýza**
- **Hydrogenace**
- **Zplyňování**

Energetické zhodnocení

- ***Spalovna komunálního odpadu***
- ***Přeměna odpadu na alternativní pevné palivo***
- ***Spalování určitých druhů odpadu (např. pneumatik)***

Skládkování X energetické využití v Praze cca. 5 km od sebe

Skládkování Dolní Chabry

- Velká plocha, kryto sítěmi pro ti úletům větrem
- Hutnění bez třídění
- Roznášení ptactvem (racci, holubi, v zimě havrani)
- Žádný další výnos ve formě tepla či surovin

Energetické zhodnocení v Malešicích

- *Spalovna komunálního odpadu*
- *Minimální zábor plochy*
- *Výroba tepla*
- *Vytěžování železa ze zbytků po spálení*

Surovinové X Energetické zhodnocení

Surovinové zhodnocení

VÝHODY

- Nižší produkce emisí
- Snížení objemu odpadu a tím snížení nákladů na skládkování zbytků
- Produkt má vyšší měrnou energii (J/kg)
- Produkt je lépe transportovatelný a skladovatelný

Energetické zhodnocení

VÝHODY

- *Investičně méně náročné*
- *Technicky jednodušší*
- *Produkt (energie) lze na trhu lépe uplatnit*
- *Spalování určitých druhů odpadu (např. pneumatik) má stálou poptávku*

Surovinové X Energetické zhodnocení

Surovinové zhodnocení

NEVÝHODY

- Technicky a provozně náročnější
- Dražší produkt , který lze obtížně uplatnit jinak, než na výrobu energie
- *Skládkování či obtížné uplatnění pevných odpadů*

Energetické zhodnocení

NEVÝHODY

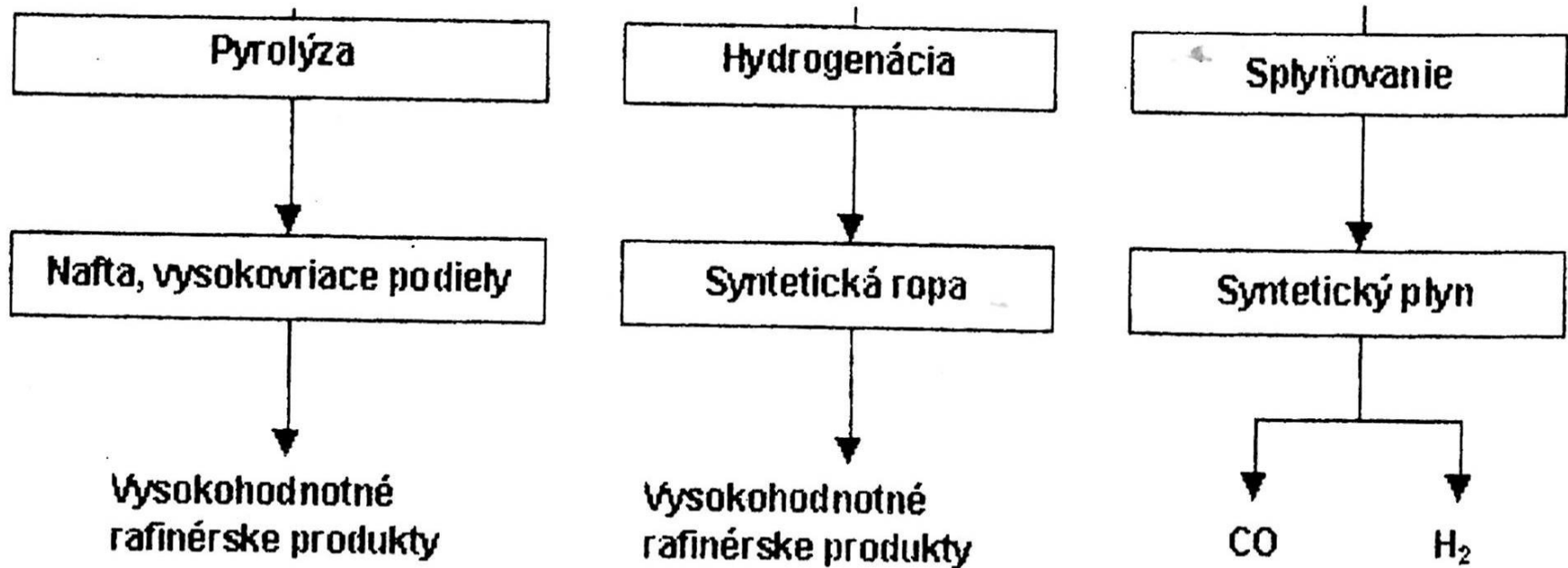
- *Velké množství plyných a pevných odpadů*
- *Obecně odpor veřejnosti k budování v jejich okolí*
- *Skládkování či obtížné uplatnění pevných odpadů*

Surovinové zhodnocení

- **Pyrolýza**
 - Termický proces bez kyslíku
- **Hydrogenace**
 - Pyrolýza, ale v přítomnosti vodíku nebo kyslíčnicku uhelnatého (CO)
- **Zplyňování**
 - Částečné spalování v prostředí s nedostatkem kyslíku

SUROVINOVÁ recyklace plastů

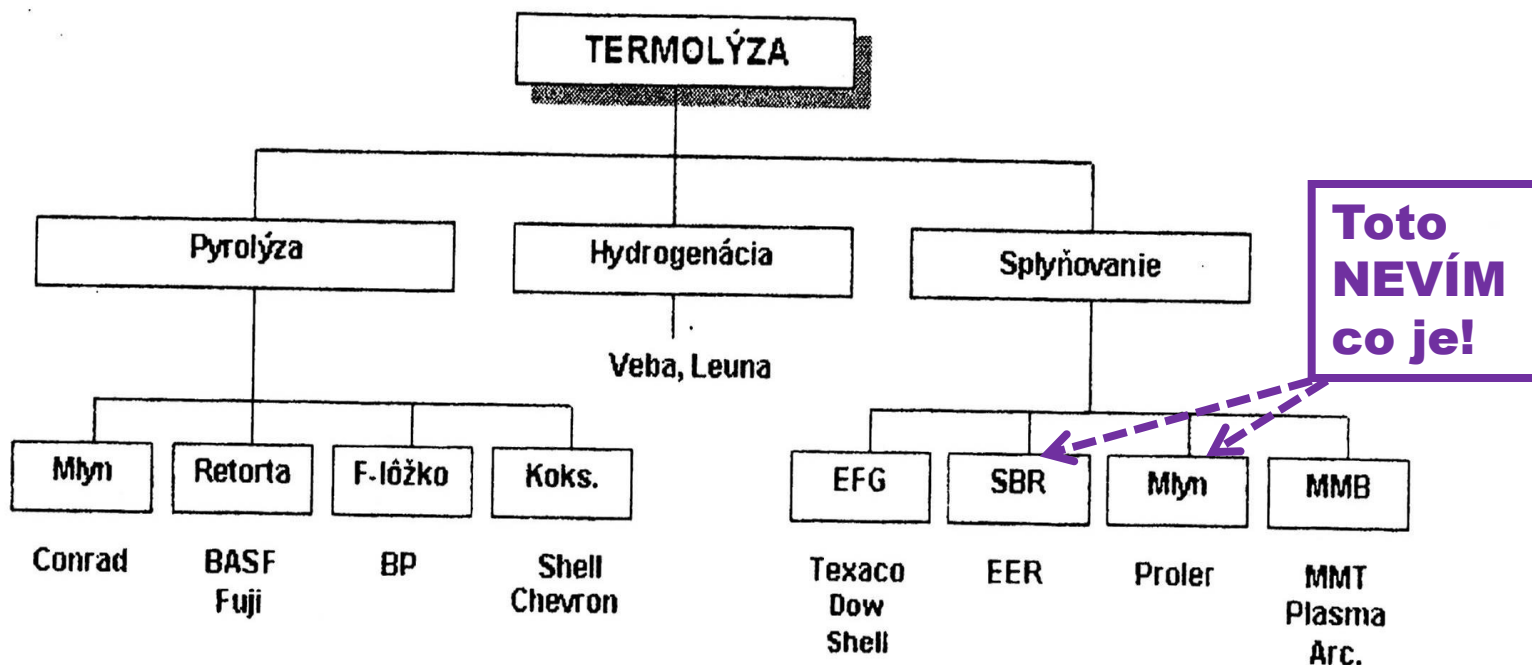
SCHÉMA z SVŠT Bratislava, fakulta chemická



Prehľad termických postupov surovinovej recyklácie.

SUROVINOVÁ recyklace plastů

SCHÉMA z SVŠT Bratislava, fakulta chemická



Obr. č. 3. Prehľad firiem spracovávajúcich zmesný plastový odpad prostredníctvom termických postupov. Pozn: F-lôžko = fluidné lôžko, EFG = splyňovanie v inertnom médiu, MMB = technológia roztavených kovov [4].

Pyrolýza - Termický proces bez kyslíku

Nízkoteplotní pyrolýza = krakování = depolymerační technika

- 450 – 600 °C
- Produkty jsou kapalné a pevné uhlovodíky a jejich deriváty
- Vhodné pro směsi spíše určitého (známého) složení

Vysokoteplotní pyrolýza = termická degradace

- 750 – 950 °C
- Produkty jsou většinou plynné
- Vhodné pro směsi neurčitého složení

Hydrogenace

Pyrolýza, ale v přítomnosti vodíku nebo kyslíčnicku uhelnatého (CO)

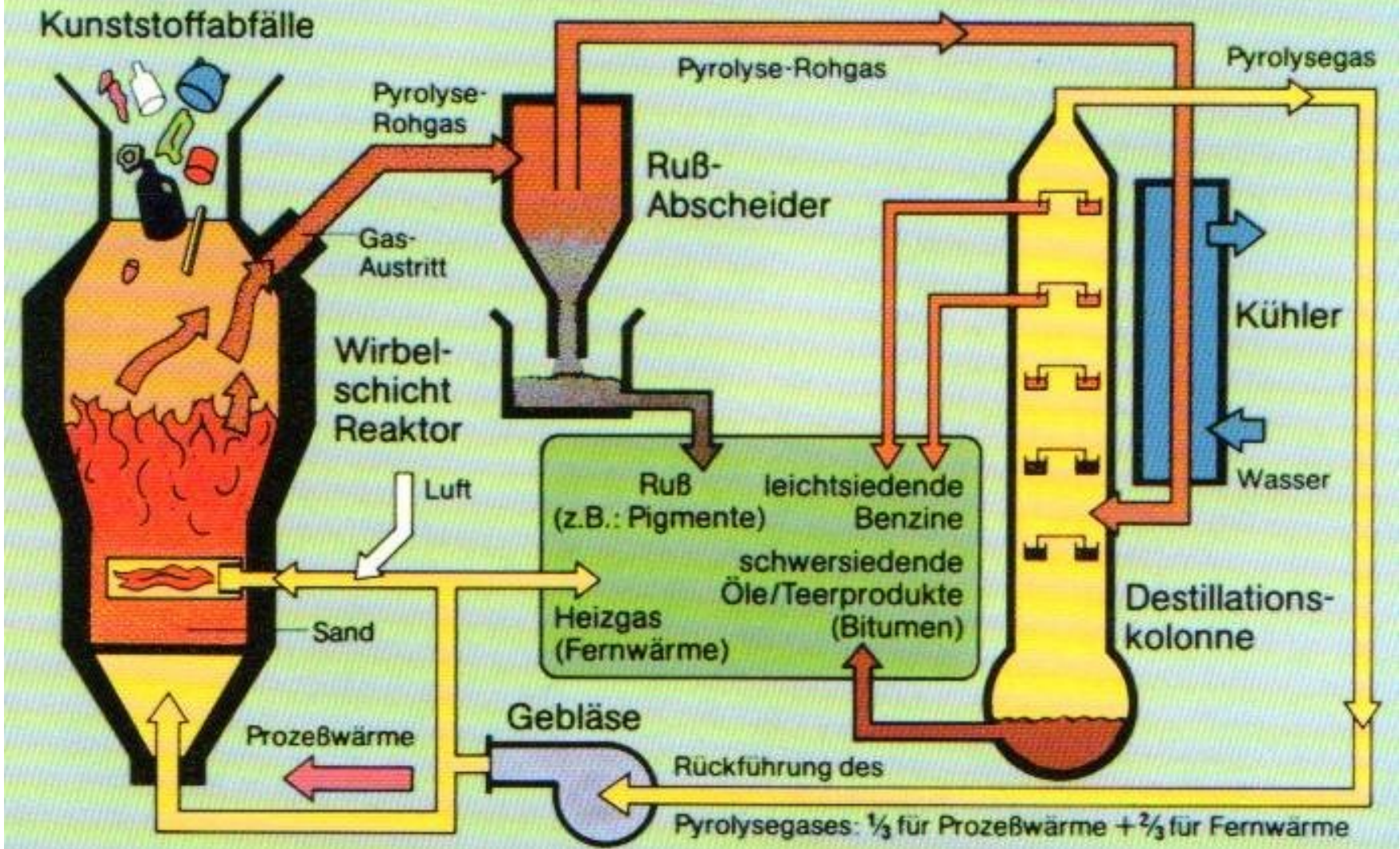
- 450 – 600 °C
- Produkty jsou **NASYCENÉ** kapalné a pevné uhlovodíky a jejich deriváty
- Vhodné pro směsi spíše určitého (známého) složení
- **PRODUKT** je zamýšlen jako topný olej

Zplyňování

Částečné spalování v prostředí s nedostatkem kyslíku

- 800 – 1600 °C
- Zdroje kyslíku:
 - Vzduch
 - Vodní pára
 - Čistý kyslík
 - CO₂
- Produktem je topný plyn, většinou nevyžadující složité čištění

Wirbelschicht-Pyrolyse Recycling von Kunststoffabfällen



Envion Oil Generation process

Skutečný průlom nebo jen další blamáž?



19. 11. 2018

**SUROVINOVÁ RECYKLACE & ENERGETICKÉ VYUŽITÍ PLASTOVÉHO
ODPADU 8/2018**

20

Envion Oil Generation process

A new Solid Waste Transfer Station in Derwood, Maryland can reverse that process to create oil from plastic lying around in garbage dumps. The process costs less than USD\$30 per ton compared to other methods in excess of USD\$200 per ton. The Envion Oil Generator (EOG) is capable of converting plastic into synthetic light to medium oil for less than USD\$10 per barrel. As with crude oil, the synthetic oil can then be processed into commercial fuels or even back into plastic. The reactor converts waste plastic feedstock into oil through low temperature thermal cracking in a vacuum, extracting the hydrocarbons embedded in petroleum-based plastic waste without the use of a catalyst. Roughly around 62 percent of what goes into the unit is successfully converted into oil.

- A proprietary breakthrough technology developed and perfected over the past 17 years, the Envion Oil Generator™ is the first plastic waste to oil conversion platform of its kind. Utilizing **plastic as feedstock**, the unit employs a groundbreaking process that produces light oil, medium oil, and emulsified oil as output.

A single Envion unit is capable of processing up to 12,000 tons of plastic waste annually, **producing four to six barrels (6x156 litrů = 936 litrů) of refined petroleum product per ton of plastic waste**. This technology is scalable through the addition of reactors, which facilitate the conversion of new plastic waste (as well as plastic currently sitting in landfills) into a renewable and invaluable resource.

The key to the Envion Oil Generator™ lies in its proprietary process. Building on this foundation, Envion has created a generator that extracts the hydrocarbons embedded in plastic waste without the use of a catalyst.

The reactor, a vital component of the unit, utilizes a heating system that converts plastic into oil through low temperature thermal cracking in a vacuum. Using this innovative approach, the Envion Oil Generator™ produces oil and power safely, efficiently, and economically through an environmentally sensitive process that produces a net gain in energy recaptured.

High Acceptability of Plastic Feedstock

The Envion Oil Generator™ accepts PET, HDPE, LDPE/LLDPE, PP, PE, PS, PVC, and several other plastic types such as GPPS, EPS, HIPS, and PA. Based on 2007 EPA statistics, Envion's technology would have been able to accept from 60% to more than 80% of total plastic waste generated in the United States in that year.

High Value of Output

The Envion Oil Generator™ yields **low-sulfur oil** which is 99% sediment free – dramatically reducing refining costs. Similar to crude oil extracted from the earth, Envion's oil output **can be converted into commercial fuels** (gasoline, kerosene, jet fuel, and diesel) through additive treatment.

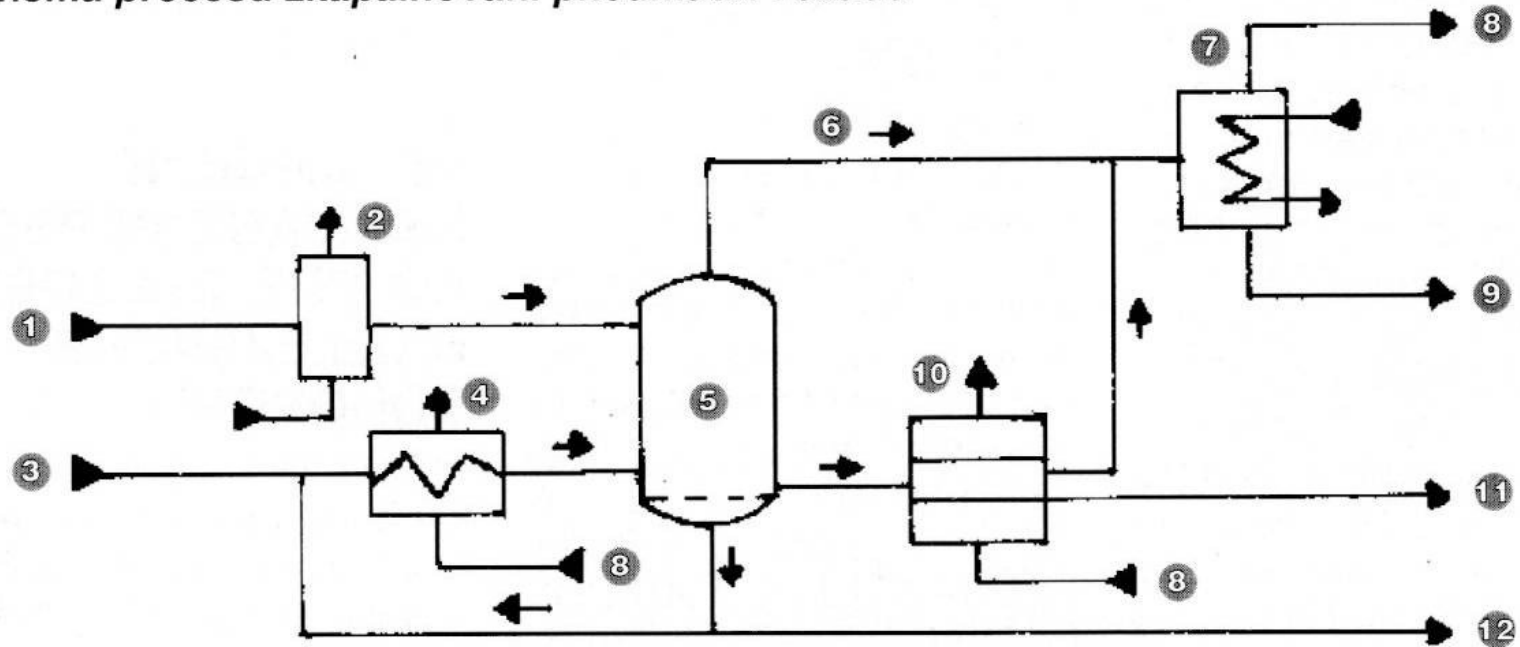
www.envion.com

Stránky jsou stále aktivní, ale poslední vklad do kategorie „Industry News“ jsou z roku 2012

Nelze se dočíst:

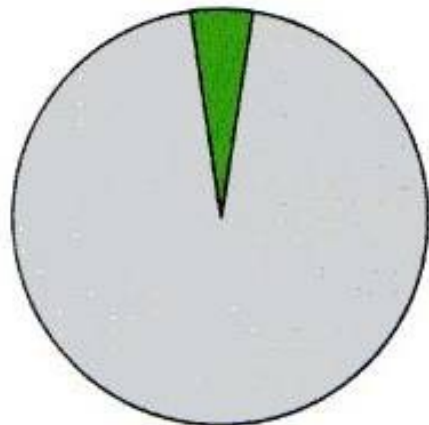
- zda už prodali nějakou licenci
- zda udávaná kapacita 12 000 t plastového odpadu ročně je na jednotce naplněna
- jak vypadá provoz ekonomicky po cca. 5 letech provozu

Schéma procesu zkapalňování pneumatik Texaco

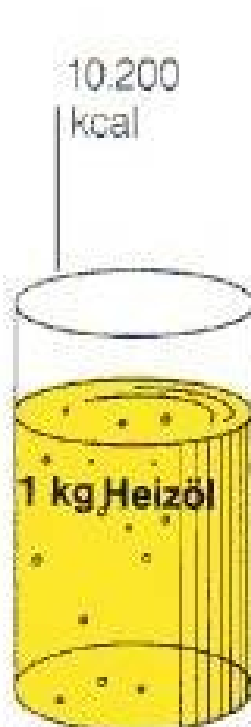
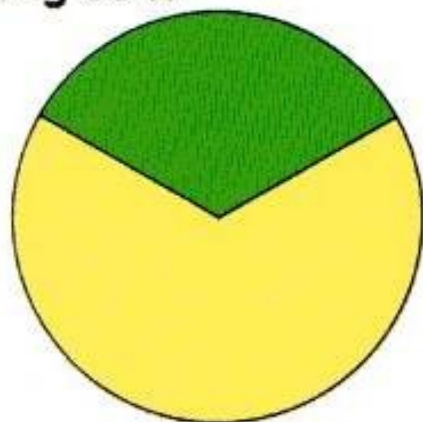


- | | | |
|----------------------------|--|--|
| ① – rozřezané pneumatiky | ⑥ – plynné produkty rozkladu | ⑩ – separace a čištění ocelového drátu |
| ② – „oplach“ dusíkem | ⑦ – chladič | ⑪ – ocel k recyklaci |
| ③ – odvodněný odpadní olej | ⑧ – nezkondenzovaný podíl | ⑫ – těžký olej z pneumatik |
| ④ – ohřev oleje | ⑨ – kondenzát (lehký olej z pneumatik) | |
| ⑤ – reaktor | | |

**Kunststoffanteil im
Kommunalmüll 7 %**



**Anteil am Wärmepoten-
tial in der Müllverbren-
nung 30 %**



Surovinové zhodnocení – MŮJ NÁZOR

- **LABORATORNĚ A POLOPROVOZNĚ OBVYKLE NADĚJNÉ**
- **Neznám žádnou PROVOZNÍ jednotku, která by byla v chodu**
- **Obvykle akce skončí v okamžiku, kdy „vyschne“ zdroj dotací**

DŮVODY (podle mě)

- **Kolísání vstupů a z toho plynoucí kolísání produktu**
- **Produkt není obecně uplatnitelný bez nákladného dočišťování od např. halogenovaných sloučenin**
- **Začnou se hromadit nevyužitelné odpady, jejichž likvidace stojí moc peněz**

Některé postupy zplyňování odpadu plastů a pryže

Postup	Použitý reaktor	Realizovaná jednotka (výkonnost)	Poznámka	Literatura
Destrugas	souproudá šachtová pec	20 kg h ⁻¹ (5 t d ⁻¹)		[72, 90]
Sodeteg	souproudá šachtová pec	12 t d ⁻¹		[19]
Pyrogas	dvojstupňová šachtová pec	100 t d ⁻¹	směs vodní páry a vzduchu pod rošt	[73]
Andco-Torrax	protiproudá šachtová pec	75 t d ⁻¹ (200 t d ⁻¹)	vzniká nerozpustný zbytek	[50]
Nippon Steel	protiproudá šachtová pec	30 t d ⁻¹ (60 t d ⁻¹)	vzniká nerozpustný zbytek	[4]
Purox	protiproudá šachtová pec	5 t d ⁻¹ (200 t d ⁻¹)	vzniká nerozpustný zbytek	[67]
SFW-Funk	šachtový reaktor s otáčivým roštem	1 t h ⁻¹		[40]
Babcock	rotační válcová pec – buben	0,5 t d ⁻¹		[41]
Kiener	pražicí buben	170 kg h ⁻¹	system s využitím energie	[51]
Pyrocal	rotační válcová pec	0,5 t h ⁻¹ (6 t h ⁻¹)		[74]
Landgard	přímo vyhříváná rotační pec	35 t d ⁻¹ (1 000 t d ⁻¹)	protiproud	[94]
Lantz	přímo vyhříváná rotační pec	40 t d ⁻¹		[33]
Virginia	fluidní reaktor	1 t d ⁻¹		[21]

Tabulka 15

Složení topného plynu z procesu Destrugas

Složka	Obsah [obj. %]
vodík	55
methan	10
uhlovodíky	2
oxid uhelnatý	11
oxid uhličitý	18
voda	4

Vodní plyn je látka získávaná zplyňováním koksu, případně uhlí. Slouží buď jako palivo (pro svícení a vytápění v domácnostech i v průmyslu) nebo jako meziprodukt chemické výroby. Připravuje se tak, že se vodní pára vede přes koks rozžhavený na vysokou teplotu. Vodní plyn vzniká endotermickou reakcí



Tabulka 16

Složení topného plynu z procesu Pyrogas

Složka	Obsah [obj. %]
vodík	20
methan	2
oxid uhelnatý	20
oxid uhličitý	8
kyslík	1
dusík	49

Postup PUROX

- **OXIDAČNÍ ŠTĚPENÍ 1700 C**
- **11,7 – 13,8 MJ/m³**
- 23 % vol. H₂
- 38 % vol. CO
- 27 % vol. CO₂
- 10 % vol. CH₄
- 2 % vol. N₂

ZEMNÍ PLYN

- **16 – 34 MJ/m³ (plynný)**

Surovinové zhodnocení v PLAZMATU

Plasma gasification

Process type	Chemical
Industrial sector(s)	Waste management Energy
Main technologies or sub-processes	Plasma arc Plasma electrolysis
Feedstock	Municipal and industrial waste Biomass Solid hydrocarbons
Product(s)	Syngas Slag Separated metal scrap

Process

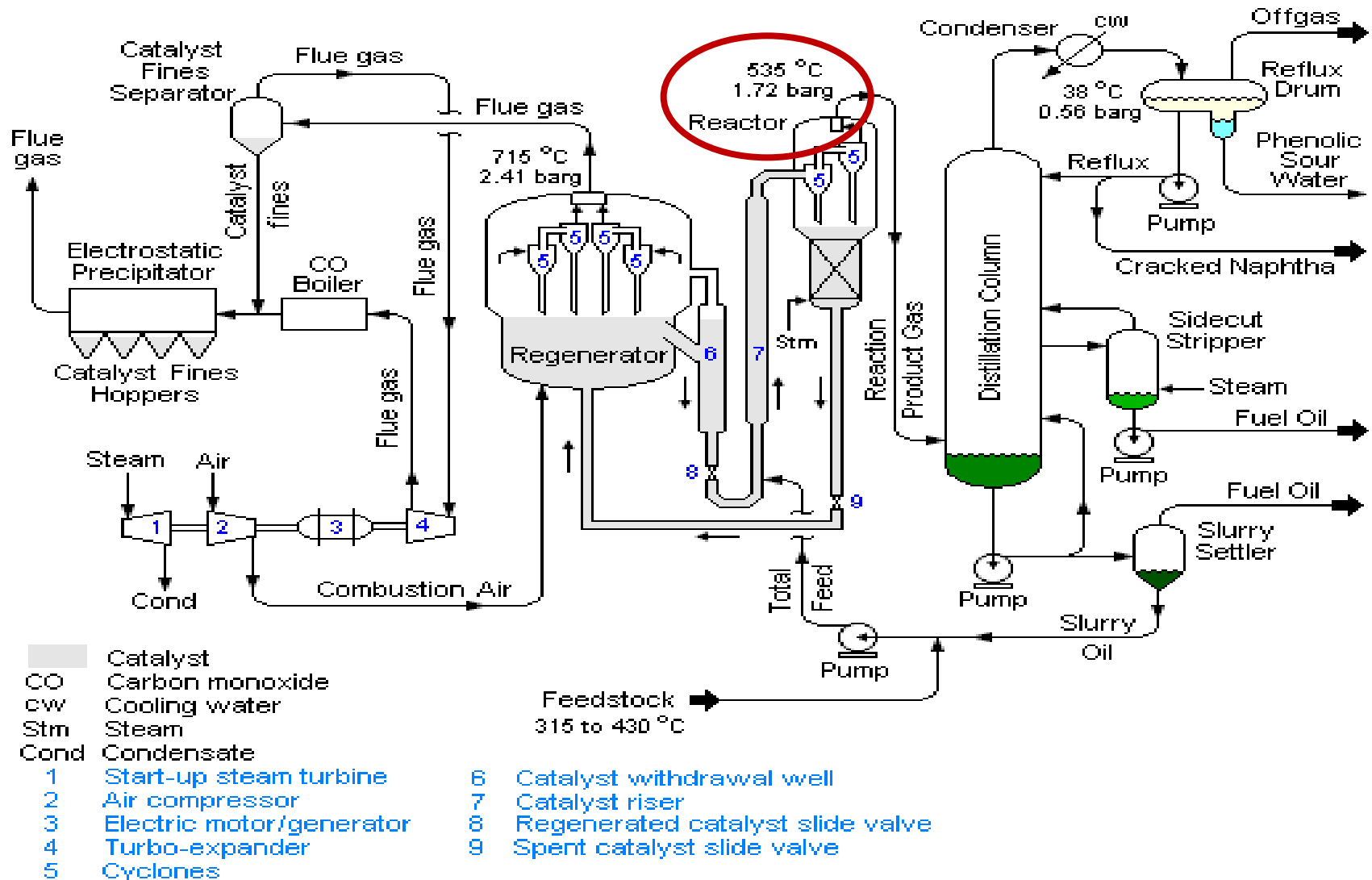
A plasma torch uses an inert gas such as steam. The electrodes vary from copper or tungsten to hafnium or zirconium, along with various other alloys. A strong electric current under high voltage passes between the two electrodes as an electric arc. Pressurized inert gas is ionized passing through the plasma created by the arc. The torch's temperature ranges from 4,000 to 25,000 °F (2,200 to 13,900 °C). The temperature of the plasma reaction determines the structure of the plasma and forming gas. This can be optimized to minimize ballast contents Wikipedia: Please clarify, composed of the byproducts of oxidation: CO_2 , N, H_2O , etc..

At these conditions molecular dissociation can occur by breaking down molecular bonds. The resulting elemental components are in a gaseous phase. Complex molecules are separated into individual atoms. Molecular dissociation using plasma is referred to as "plasma pyrolysis."

Rozdíl mezi zplyňováním a pyrolýzou

- Zplyňování – další reagent (kyslík, voda, ..)
- Pyrolýza – jen zahřívání, pokud možno zachovat vazby C-H
- **HYDROGENAČNÍ ŠTĚPENÍ**
(Hydrocracking) v přítomnosti vodíku - hlavně se zkoušelo u pneumatik

HYDROGENAČNÍ ŠTĚPENÍ (Hydrocracking)



Snahy o ENERGETICKÉ ZHODNOCENÍ plastového odpadu neutuchají!

**Toto je příklad z roku 2018, kdy
POTENCIÁLNÍ realizátor oslovil mě a
prof. J. Příhodu (MU, PŘF, Ústav chemie)
a chce toto použít (postavit) podle
licence firmy HEDVIGA GROUP
(www.hedviga.cz)**

MOŽNÉ VÝHODY PROTI BĚŽNÉMU SPALOVÁNÍ:

- MODULÁRNÍ SYSTÉM,**
- mnohem menší technologie**
- mobilní sestava v ISO kontejnerech**

Snahy o ENERGETICKÉ ZHODNOCENÍ plastového odpadu neutuchají!

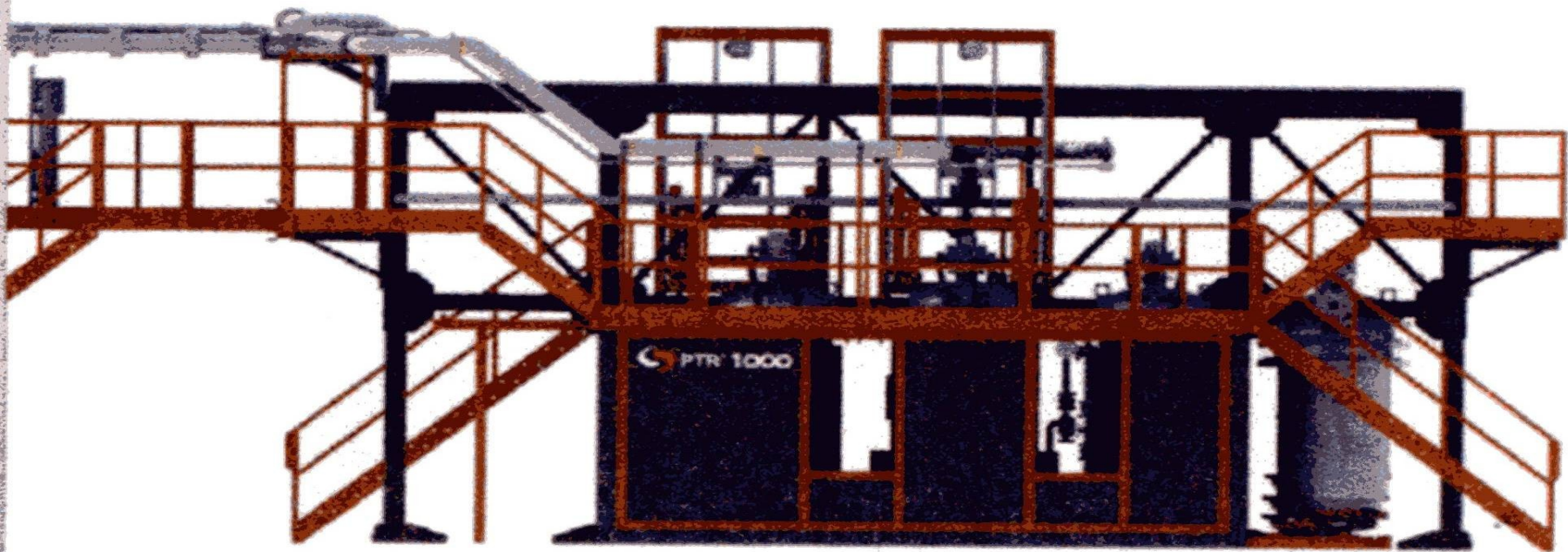
Duální kogenerační jednotka MOMENTA

Druhá generace kogenerační jednotky **MOMENTA** je vybavena legendárním 12 válcovým vznětovým motorem TATRA 913 s kompletním technologickým zařízením k efektivní produkci tepla, které je pomocí teplonosného oleje přeneseno do pasivní i aktivní zóny technologie PTR, rovněž je využíváno k aktivaci primární destilace a stabilizaci parafínových složek vstupních paliv, vyrobených právě technologií PTR. Tímto způsobem je upotřebeno až 20% tepla, zbývajících 80 % je připraveno pro klienta v několika modifikacích.

Snahy o ENERGETICKÉ ZHODNOCENÍ plastového odpadu neutuchají!

VSTUP > TECHNOLOGIE PTR > VÝSLEDNÉ PRODUKTY

- ✓ Pneumatiky a odpadní pryž
- ✓ Zemědělský odpad, biomasa
- ✓ Komunální odpad
- ✓ Plasty
- ✓ Čistírenské kaly
- ✓ Kontaminované zeminy



ELEKTRINA / PALIVA / TEPLA



19. 11. 2018

SUROVINOVA RECYKLACE &
ENERGETICKÉ VYUŽITÍ
PLASTOVÉHO ODPADU 8/2018

36

Ambiciózní mladý chemik a surovinové zhodnocení směsného polymerního odpadu

- **Analýza vstupů a výstupů jednotky**
- **Selektivní odstraňování klíčových nečistot (halogenované sloučeniny, sirné, arzénové,)**
- **Vlastní proces:**
 - **To je věc spíše pro chemické inženýry a strojaře**

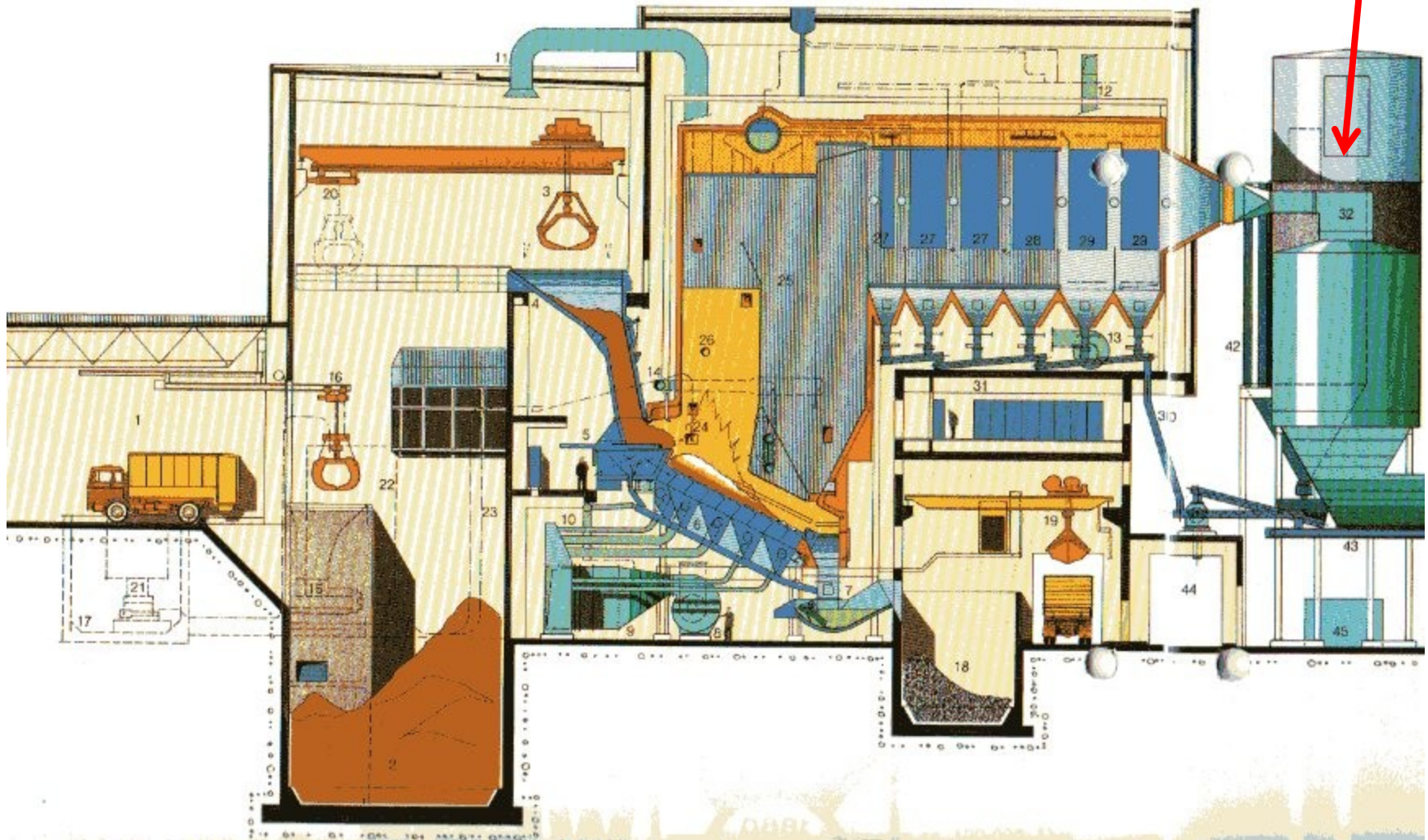
Jak JÁ vidím budoucnost surovinové recyklace plastů?

- **Nedávám těmto postupům v blízké budoucnosti (5 – 10 let) mnoho šancí**

DŮVODY

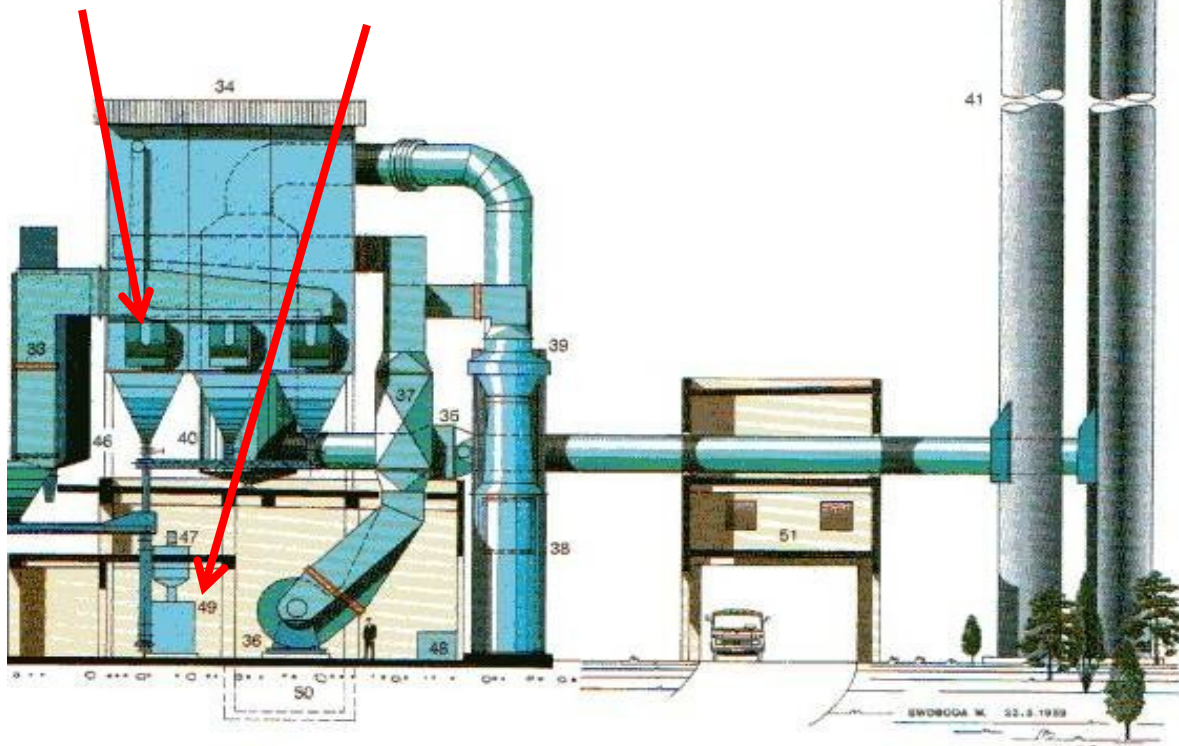
- **Byly vyvíjeny hlavně v USA**
- **Nyní je v USA využívám tzv. břidličný plyn (CH_4 vázaný v břidlicích) a ceny zemního plynu se tam snížily na cca. 1/3 ceny před zahájením těžby břidličného plynu**

Nás CHEMIKY to zajímá až od sekce 32 ABSORBÉR kyselých zplodin hoření



Nás CHEMIKY zajímají sekce
40 & 49

NÁSTŘIK roztoku NaOH před
elektrofiltr na II. stupeň
kyselých zplodin hoření



Spalovna Coburg (Německo) 1990

Technische Daten je Einheit:

Feuerungen	Rückschubrost „System MARTIN“
Rostabmessungen	2-Bahnrost = 3,66 m Rostbreite 15 Stufen
Rostfläche	29,5 m ²
Mülldurchsatzleistung	11,0 Mg/h
Müllheizwert (Auslegung)	7055 KJ/kg
Bruttowärmeleistung max.	84,0 GJ/h
Dampfleistung	24,8 Mg/h
Kesselgenehmigungsdruck	54 bar
Druck am Überhitzer	40 bar
Heißdampf Temperatur	400°C
Speisewassertemperatur	130°C

LEGENDE:

1 Entladehalle	11 Bunkerluftabsaugung
2 Müllbunker	12 Sekundärluft-Ansaugleitung
3 Müllgreiferkran	13 Sekundärluft-Ventilator
4 Beschicktrichter	14 Sekundärluft-Leitungen
5 Beschickereinrichtung	15 Sperrmüll-Brecher
6 MARTIN-Rückschubrost	16 Sperrmüll-Greiferkrananlage
7 MARTIN-Nassentschlacker	17 Sperrmüll-Bunker
8 Unterwindgebläse	18 Schlackenbunker
9 Dampfboiler	19 Schlackenkran
10 Unterwindleitungen	20 Laufkatze für Sperrmüllgreifer
25 Müll-Strahlungskessel	21 Klärschlamm-Anlieferungsbehälter
26 TA-Luftbrenner re. u. li.	22 Klärschlamm-Stapel-Behälter
27 Überhitzer	23 Klärschlamm-Transportleitungen
28 Verdampfer	24 Klärschlamm-Aufstreuapparat
29 Economiser	39 Radialstrom-Wäscher
30 Flugasche-Transporteinrichtung	40 Nass-Elektrofilter
31 Niederspannungsraum für Müllteil	41 Stahlschornstein-Anlage
32 Sprühabsorber	42 Rückstandssilo
33 Rauchgaskanal	43 Flugstaub-Transporteinrichtung
34 Gewebefilter	44 Rückstandsanfeuchtung und Verladung
35 Reingaswiederaufheizung	45 Kompressor-Anlage
36 Saugzug-Gebläse	46 Kalksilo
37 Schalldämpfer	47 Kalkzufuhr
38 Venturi-Wäscher	48 Pumpenraum
	49 NaOH-Behälter
	50 Restentleerungsbecken
	51 Analysenraum

Moderní spalovna u Plzně konečně zahájila provoz

PLZEŇ (ib) – Spalovna komunálního odpadu v Chotíkově u Plzně zahájila v úterý 27. září slavnostně provoz. S více než půlročním zpožděním – komplex za 2,1 miliardy korun měl být hotový už na konci minulého roku, stavbu zahájenou v srpnu roku 2013 ale zdržely úspěšné žaloby ekologických aktivistů.

„Jedná se o jedno z nejmodernějších zařízení svého druhu v Evropě,“ prohlásil Tomáš Drápela, generální ředitel městské firmy Plzeňská teplárenská, která je investorem i provozovatelem spalovny.

Gigantická a svým způsobem elegantní stavba s komínem připomínajícím maják dominuje širokému okolí. Ročně zužitkuje až 95 tisíc tun odpadu, který by jinak



Foto PRÁVO – Ivan Blažek

Zelená vlna a komín připomínající maják, tak vypadá moderní spalovna v Chotíkově u Plzně.

skončil na skládce. Tady se promění v teplo a elektrickou energii. Plzeň, s níž je spalovna spojená novým, šest kilometrů dlouhým horkovodem, pomůže vytápět již

v této topné sezóně. Vložené náklady by se měly investorovi vrátit za patnáct let. „Plánovaná životnost zařízení je minimálně třicet let,“ řekl Právu Drápela.

Spalovna Brno 2013

Odpadová elektrárna a teplárna ohřála v létě vodu v celém Brně

Energie z odpadu ušetří více jak 80 tisíc tun černého uhlí ročně.

Provoz spalovny již několikrát potvrdil svoji nenahraditelnou roli v brněnské energetické soustavě.

„Při letní odstávce teplárenských provozů jsme ohřivali vodu pro všechny odběratele napojené do systému,“ potvrdil ředitel společnosti SAKO Brno, a.s. Ing. Jiří Kratochvíl.

Díky novému zařízení ve spalovně tak může celoročně svítit a točit až 14 tisíc do-

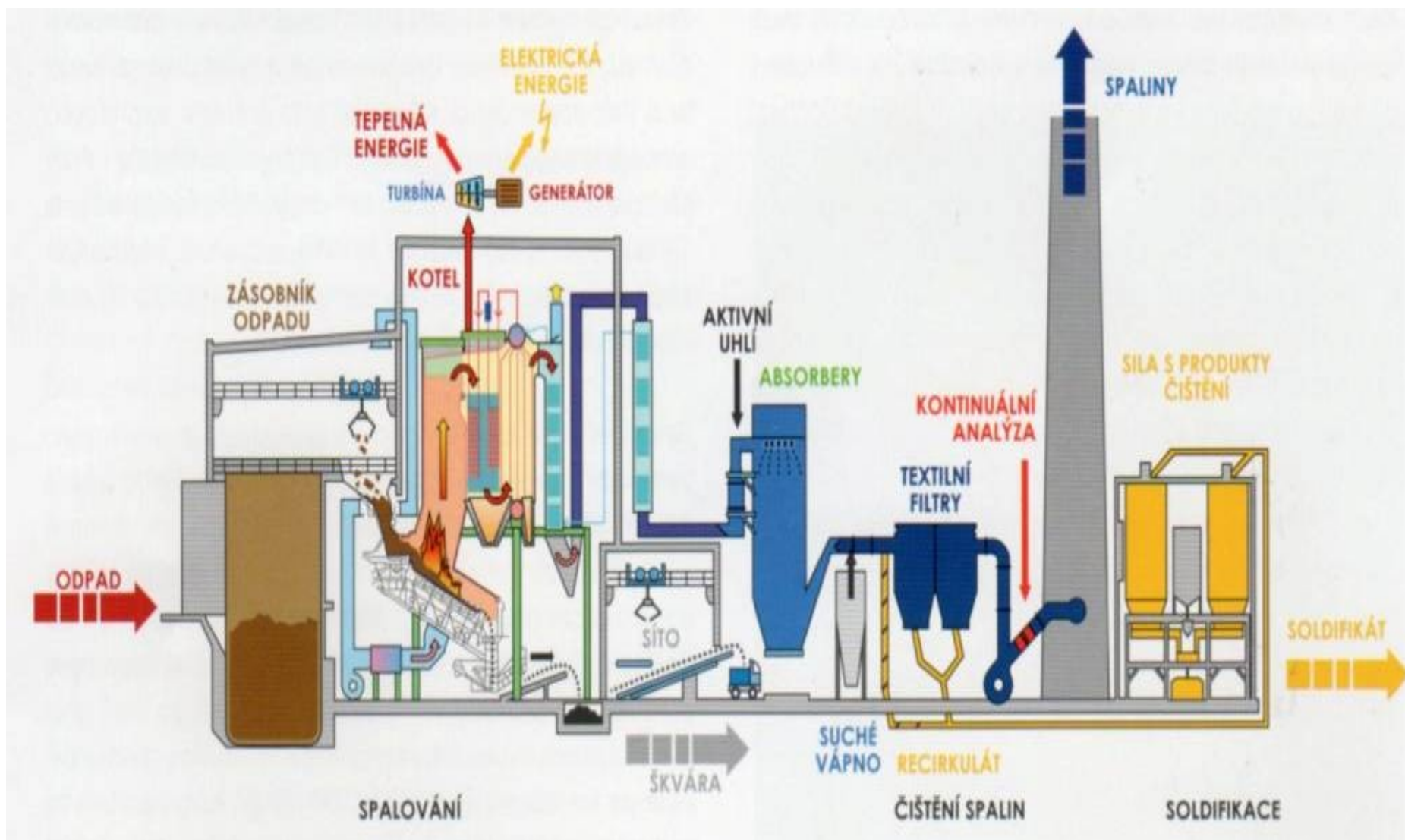
mácností. Spalovna je teplárnou a elektrárnou v jednom a jako palivo jí slouží odpad. Z téměř 240 tisíc tun odpadu, který se ocitne ročně v kotli, vyrobí a dodá až 1 mil. GJ tepla a 50 tisíc MWh elektrické energie. Obsah popelnic tak nahradí přes 80 tisíc tun černého uhlí. Takové množství by bylo možné naložit na 1800 vagonů, což by byl nákladní vlak dlouhý 25 kilometrů.



A ze zbytků po spálení dokážou separátory vytáhnout železný šrot i neželezné kovy. Jen minulý rok díky tomu neskončily v zemi téměř 4 000 tun železa a 250 tun neželezných kovů.

„Brňané nemusí mít obavy z této teplárny a elektrárny. Jsme pod velmi přísnou kontrolou úřadů a státních institucí. Sledované škodliviny účinně odloučíme pětistupňovou technologií čištění spalin. Záleží nám na kvalitě životního prostředí. Vždyť tady také žijeme,“ dodal Ing. Jiří Kratochvíl.

Spalovna Brno 2011

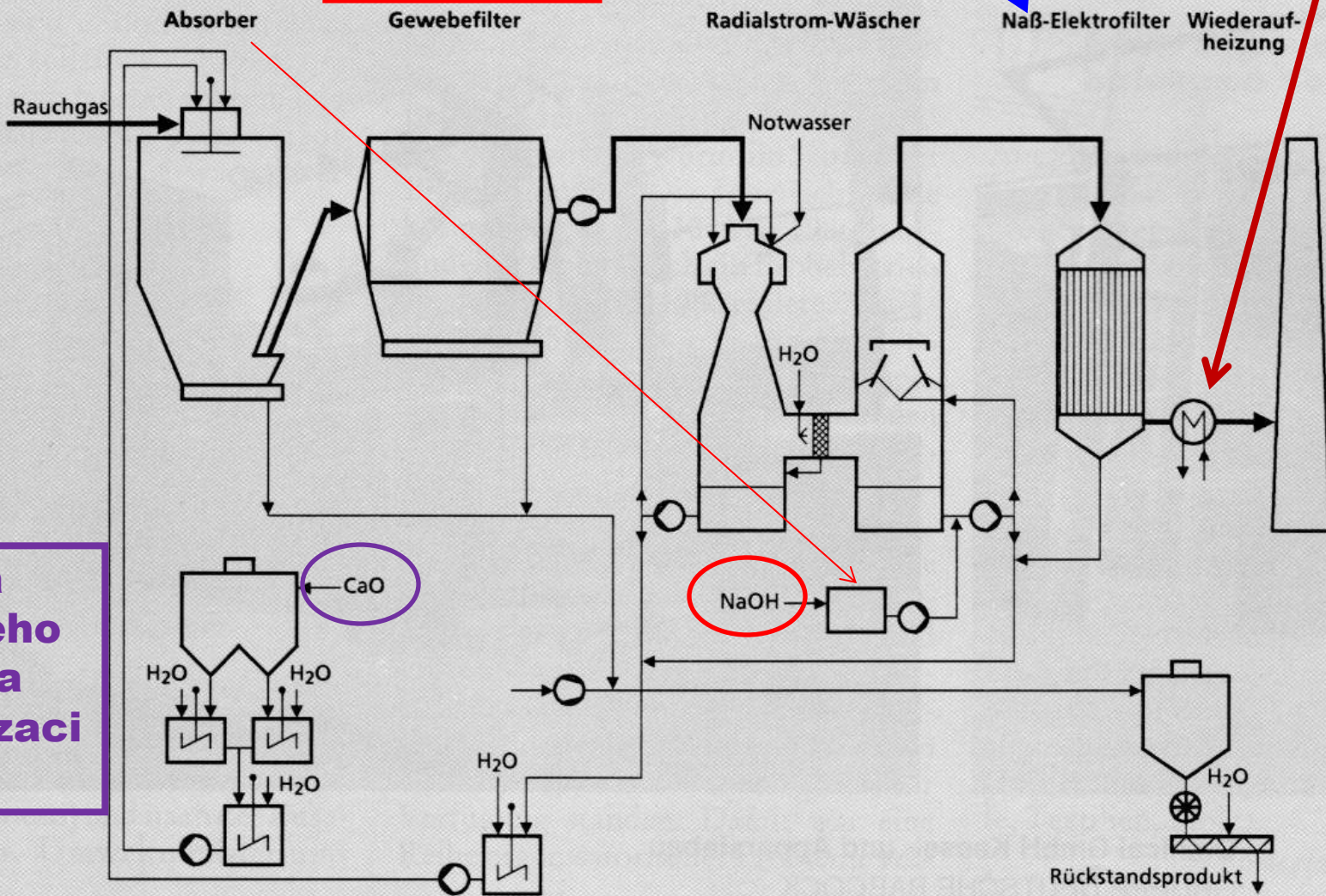


Verfahrensschema (1):

Tkaninový filtr

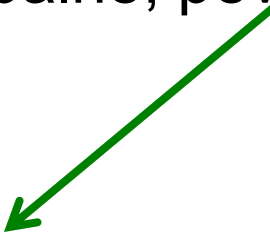
Mokrý elektrofilter

Opětovný ohřev spalin



Příprava vápenného mléka na neutralizaci spalin

A co my chemici?

- **Polosuchá metoda I. odstraňování kyselých zplodin hoření** (suspenze $\text{Ca}(\text{OH})_2$, roztok $\text{Ca}(\text{OH})_2$, suspenze nezreagovaného CaO , CaCO_3
- **Mokrý metoda II. odstraňování kyselých zplodin hoření** (roztok NaOH)
- **Suchá metoda odstraňování organických látek** (aktivní uhlí, impregnované aktivní uhlí,
- **Analýzy zplodin** (plynné, kapalné, pevné)
- **Materiál na rukávové filtry**
- **Využití strusky** 

A co v Brně data z roku 2000?

- Spálené množství komunálního odpadu: 105 000 t
- Vyprodukováná energie (doufám, že po odečtení vstupní energie!): 695 000 GJ
 - To odpovídá zhruba:
 - 23 500 t černého uhlí
 - nebo 20 000 t LTO
 - nebo 24 000 000 m³ zemního plynu

Emissionswerte

Schadstoffe		Garantiedaten	Meßwerte
Staub	mg / m ³	3	< 1
HCl	mg / m ³	15	< 1
HF	mg / m ³	0,3	< 0,1
SO ₂	mg / m ³	35	< 15
NO _x	mg / m ³	400	< 350
Schwermetalle			
Klasse I (Hg fest u. gasf.)	mg / m ³	0,2	< 0,05
Klasse II	mg / m ³	0,3	n. b.
Klasse III	mg / m ³	0,5	n. b.

Basis: m³, trocken, 11 Vol% O₂, 1013 mbar, 0 °C

Příklad starších dat z Německa z roku 1990

V současnosti se sledují hlavně :

- **Polychlorované dibenzo-p-dioxiny (PCDD)**
- **Polychlorované dibenzofurany (PCDF)**

**Spalovny v České republice mají tyto koncentrace cca.
1 – 2 ng/m³**

**Spalovny v České republice mají koncentrace
DIOXINU**

Pod 1 ng/m³, což je limit EU

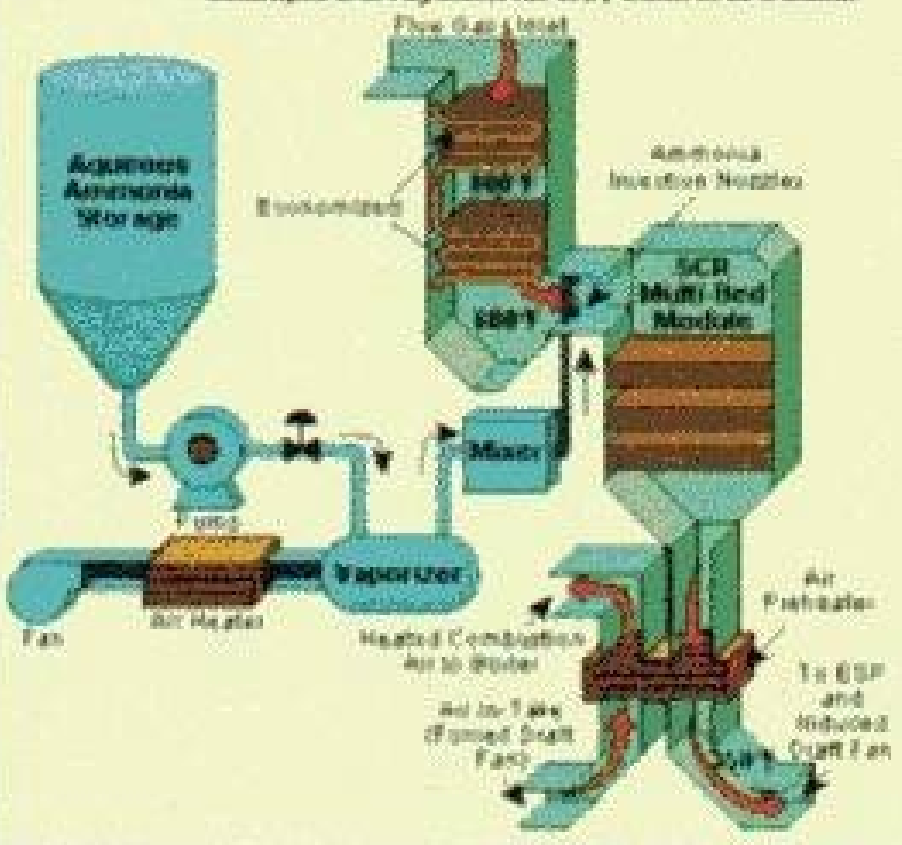
V současnosti se sledují hlavně :

- Polychlorované dibenzo-p-dioxiny (PCDD)**
- Polychlorované dibenzofurany (PCDF)**

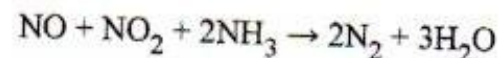
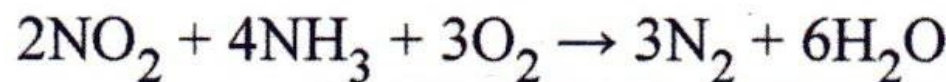
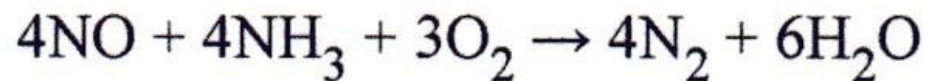
Možnosti redukce NOx ve spalinách I

Katalytická

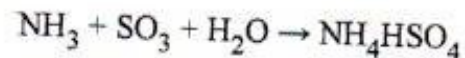
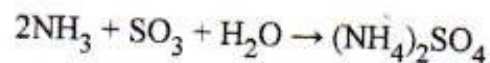
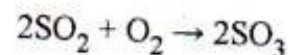
Example SCR System for NO_x Control in a Boiler



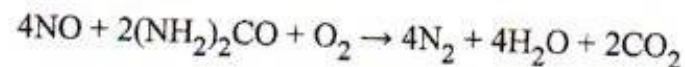
An aqueous ammonia SCR Process Overview; note that a vaporizer would not be necessary when using anhydrous ammonia



With several secondary reactions:

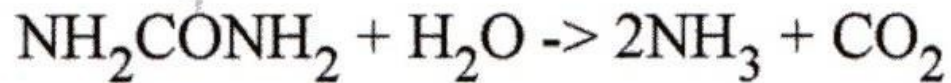


The reaction for urea instead of either anhydrous or aqueous ammonia is:

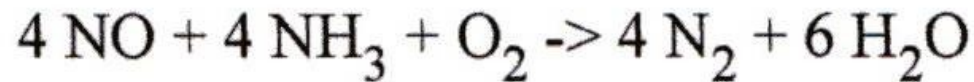


Možnosti redukce NO_x ve spalinách II

Nekatalytická



The reduction happens according to (simplified)^[1]



The reaction requires a certain temperature range to be effective, typically 760 to 1,093 °C (1,400 to 1,999 °F), otherwise the NO and the ammonia don't react. Ammonia that hasn't reacted is called ammonia slip and is undesirable, as the ammonia can react with other combustion species, such as sulfur trioxide (SO₃), to form ammonium salts.^[2]

At temperatures above 1093 °C ammonia decomposes:



1,4-Dioxin

IUPAC name

[show]
1,4-dioxin

Other names

p-dioxin, dioxin

Identifiers

CAS number

290-67-5

Properties

Molecular formula

C₄H₄O₂

Molar mass

84.07 g/mol

Appearance

Colorless liquid

Boiling point

75 °C, 348 K, 167 °F

Hazards

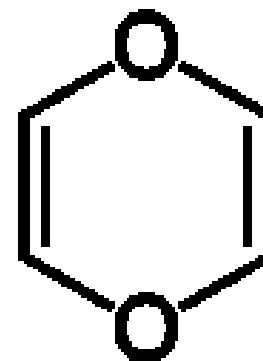
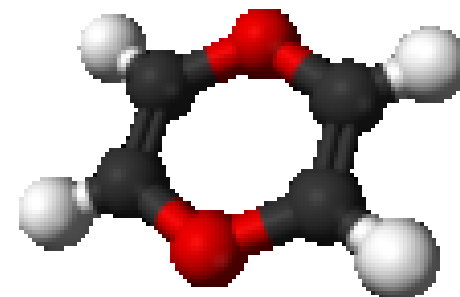
EU classification

Toxic (T)

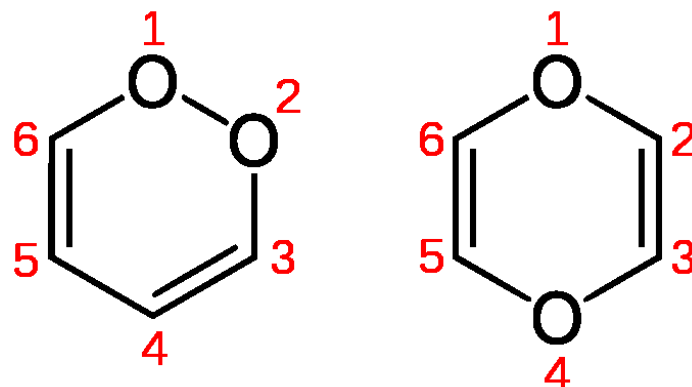
Related compounds

Related compounds

dibenzodioxin



IZOMERY



Dioxin – derivát (1,4 dibenzo
+ 4x chlorovaný)

Systematický
název 2,3,7,8-
tetrachloro-
dibenzo
(b,e)(1,4)dioxin
2,3,7,8-
tetrachlordibenzo
- *p*-dioxin

Triviální název dioxin, TCDD

Sumární vzorec $C_{12}H_4Cl_4O_2$

Vzhled bezbarvá
krystalická látka

Identifikace

Registrační číslo
CAS 1746-01-6

Vlastnosti

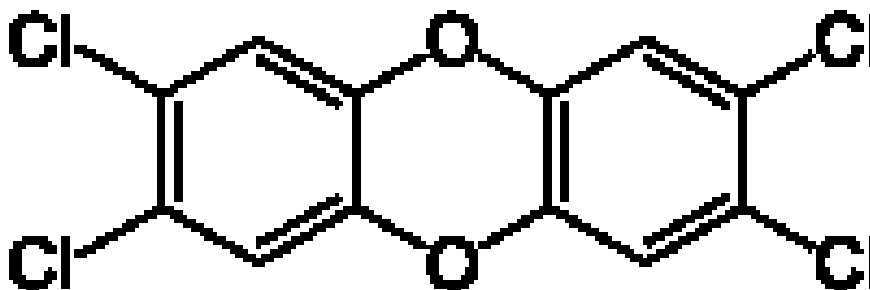
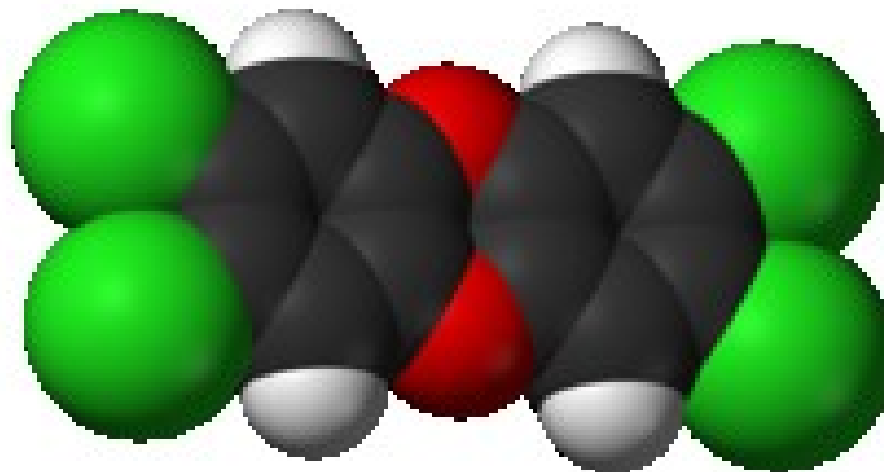
Molární hmotnost 321,98 g/mol

Teplota tání 305 °C

Teplota varu 421 °C

Hustota 1,643 g/cm³

Rozpustnost ve
vodě 2×10^{-4} mg/l (25 °C)



**Smrtelná dávka u krys
LD50 při podání v
potravě je pouhých
20 µg/kg.**

Dibenzofuran

Identifiers

[CAS number](#) [132-64-9](#)^Y

[ChemSpider ID](#) [551](#)

Properties

[Molecular formula](#) C₁₂H₈O

[Molar mass](#) 168.19 g/mol

[Appearance](#) white to pale yellow crystalline powder

[Melting point](#) 81 - 85 °C

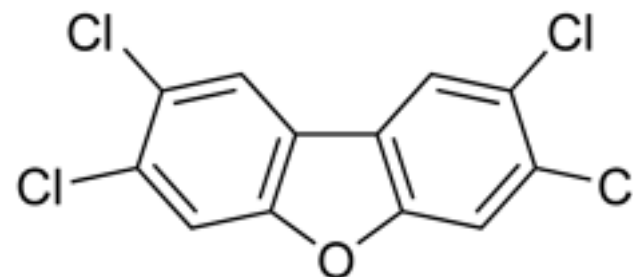
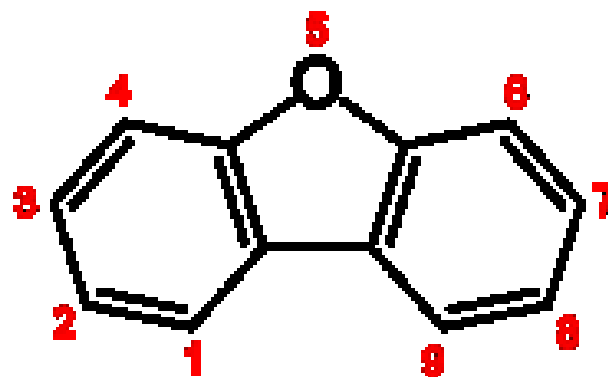
[Boiling point](#) 285 °C

[Solubility in water](#) Insoluble

Hazards

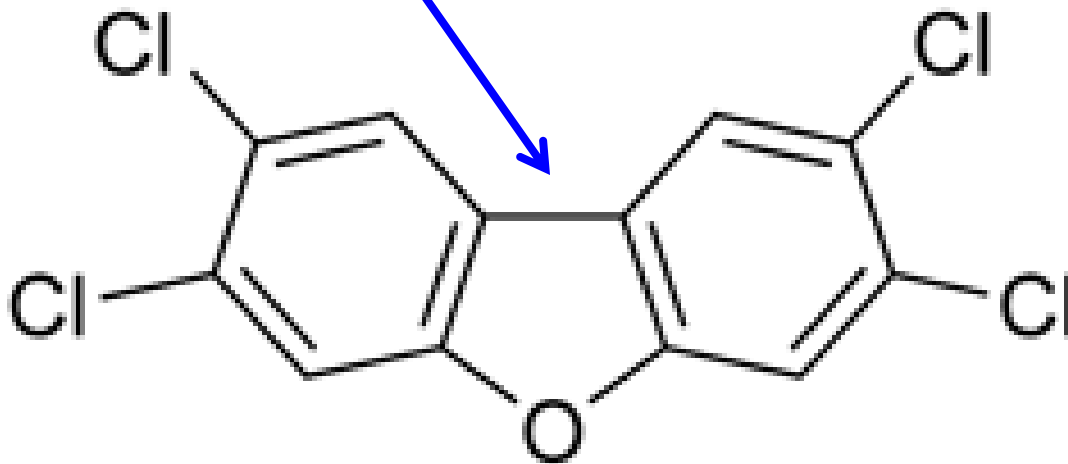
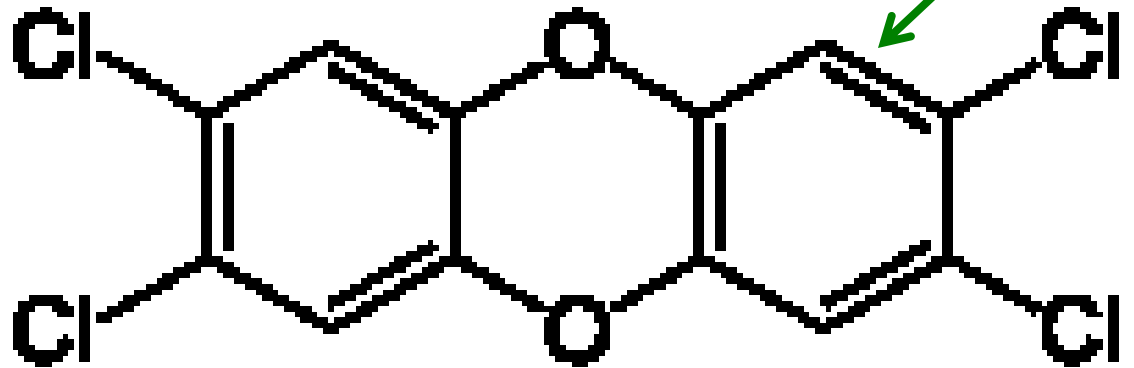
[R-phrases](#) [R51/53](#)

[S-phrases](#) [S24/25](#) [S29](#) [S61](#)



Polychlorované dibenzo-p-dioxiny (PCDD)

Polychlorované dibenzofurany (PCDF)



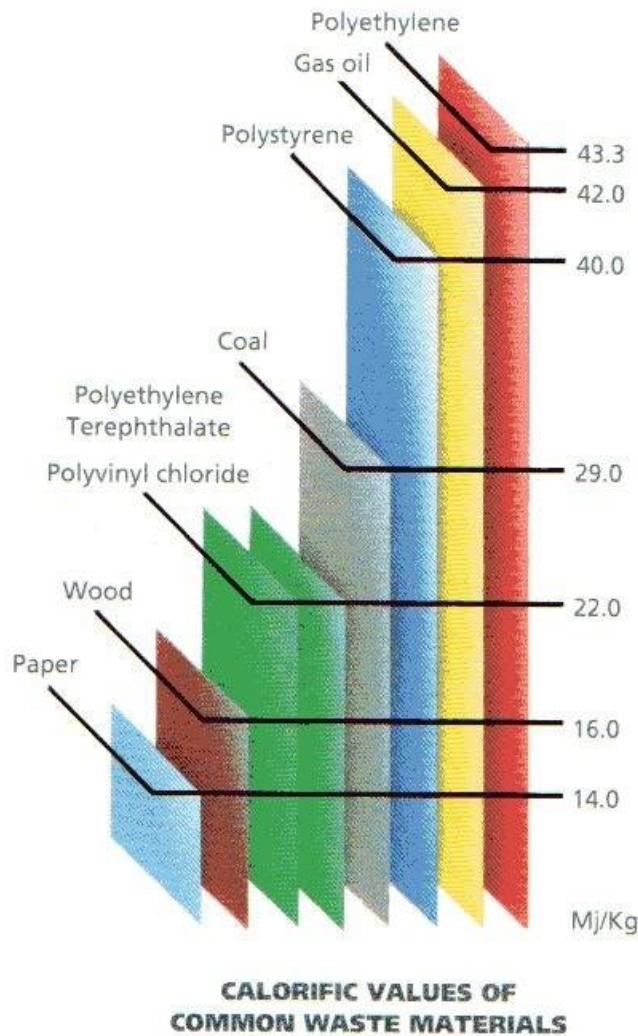
AMOUNTS AND SOURCES OF ACID GASES

Emitted to atmosphere, Western Europe

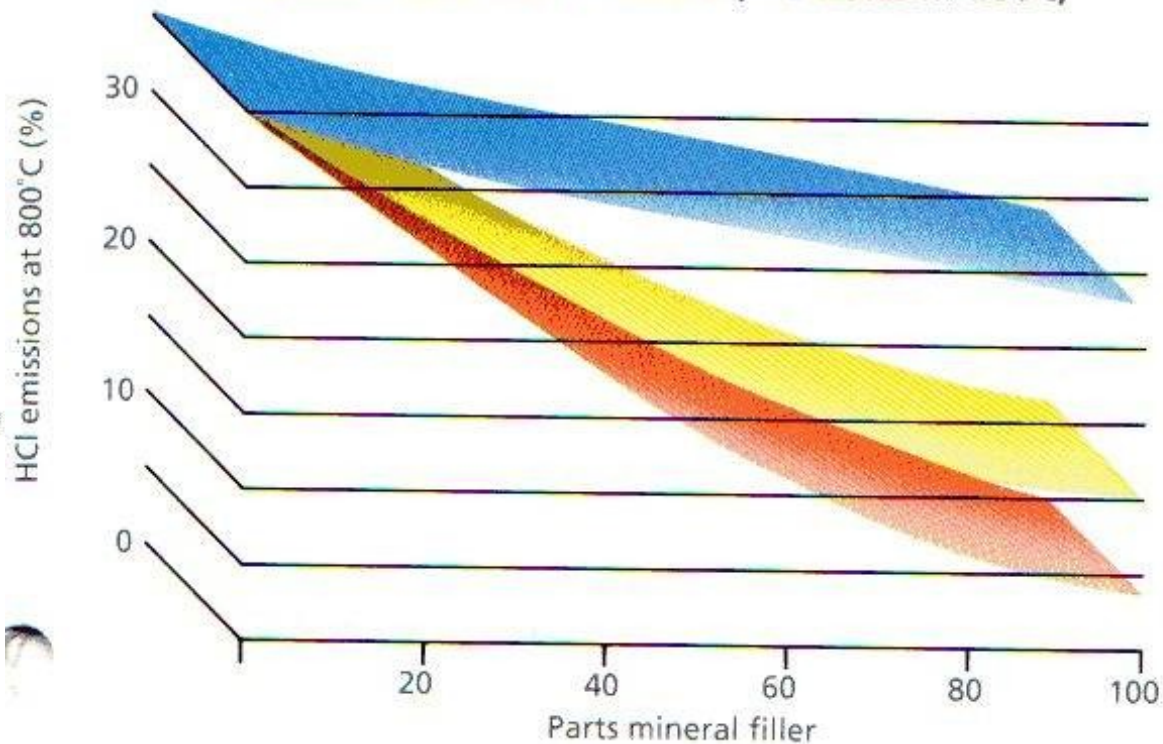
	% of total potential acidity
<i>Sulphur Dioxide (mainly from power stations)</i>	<i>61</i>
<i>Nitrogen Oxides (mainly from power stations)</i>	<i>37</i>
<i>Hydrogen Chloride (of which from MWI) (PVC contribution)</i>	<i>2 (< 0.5) (< 0.25)</i>
Total	100

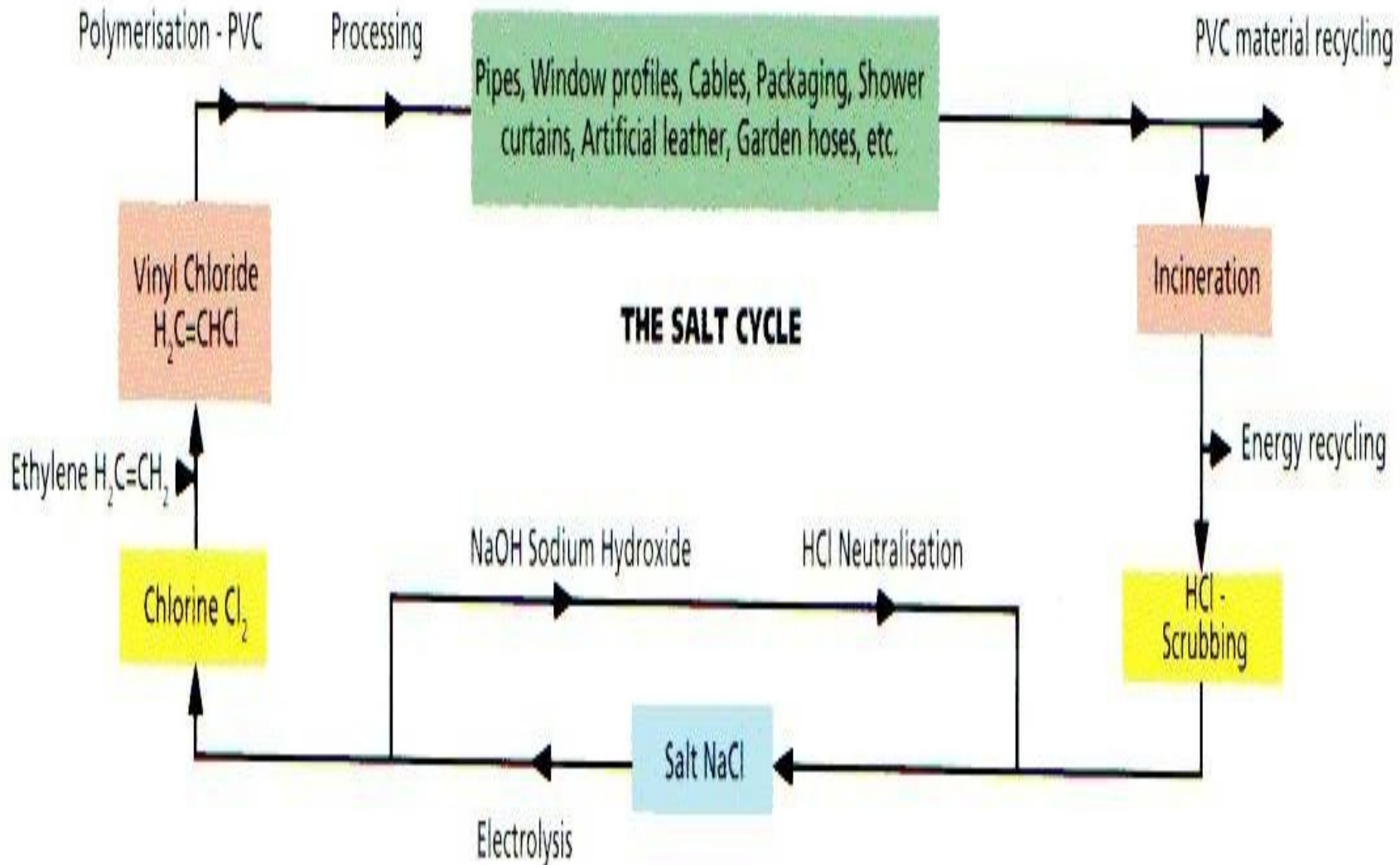
HEAT CONTENT OF PLASTICS AND OTHER MATERIALS

	<i>Heat content Mega Joule / kg</i>
<i>Polyethylene</i>	<i>43.3</i>
<i>Gas, Oil</i>	<i>42.0</i>
<i>Polystyrene</i>	<i>40.0</i>
<i>Coal</i>	<i>29.0</i>
<i>PVC</i>	<i>22.0</i>
<i>Wood</i>	<i>16.0</i>
<i>Paper</i>	<i>14.0</i>



HCl EMISSION FROM ELECTRICAL CABLES MADE FROM FLEXIBLE PVC
THE INFLUENCE OF MINERAL FILLERS (FIRE TESTED AT 800°C)





Cementárny – nyní hlavní energetické využití odpadní polymerů



**Cementárny – nyní hlavní energetické
využití odpadní polymerů**

SOUČASNÁ PALIVA V CEMENTÁŘESKÉM PRŮMYSLU

**Mimořádná příloha časopisu
ODPADOVÉ FÓRUM**

**České ekologické manažerské centrum,
únor 2009**

Energetické zhodnocení – MŮJ NÁZOR

- **PROVOZNĚ OBVYKLE ÚSPĚŠNÉ, HLAVNĚ CEMENTÁRNY**
- **PROVOZNÍ jednotky na spalování komunálního odpadu musejí být nejen likvidační (odpad), ale i produkční (elektrina a pára)**
- **Přesvědčení veřejnosti je stále problémem**
- **Kolísání vstupů je lépe zvládnuto než u surovinové recyklace**
- **Produkt (energie) je obecně uplatnitelný**

Ambiciózní mladý chemik a ENERGETICKÉ zhodnocení směsného polymerního odpadu

- **Analýza vstupů a výstupů jednotky**
- **Selektivní odstraňování klíčových nečistot (PCDD, PCDF,)**
- **Co s pevnými odpady?**

Vlastní proces, včetně alkalické vypírky:

– To je věc spíše pro chemické inženýry a strojaře