

Energetické využití obnovitelných a alternativních zdrojů z hlediska celkových emisí

Doc. Ing. Jaromír Lederer, CSc.

VUANCH, a.s., Unipetrol/UniCRE



Obsah

- Co jsou obnovitelné a alternativní zdroje
- Principy energetického využití
- Typy emisí
- Příklady energetického využití a emise
 - Biomasa
 - Odpadní plasty
 - Spalovny odpadů
 - Cementárny
 - Motorová biopaliva a emise
 - Vodík
- „Bezemisní“ zdroje energií



Co jsou obnovitelné a alternativní zdroje ?

- **BIOMASA**

- DŘEVO, SLÁMA, ŘEPKOVÝ ŠROT

- **VYUŽITELNÉ ODPADY**

- KOMUNÁLNÍ ODPAD, ODPADNÍ PLASTY

- **BIOPALIVA 1. A 2. GENERACE**

- **VODÍK**

- **SOLÁRNÍ/ VĚTRNÉ ZDROJE**



Principy využití - Zplyňovací procesy

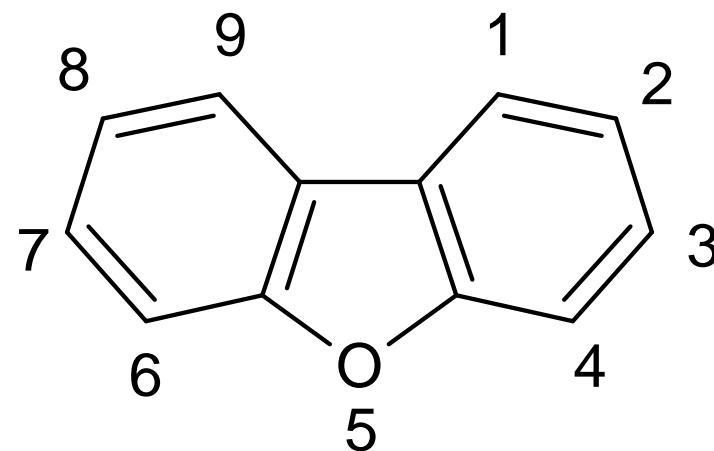
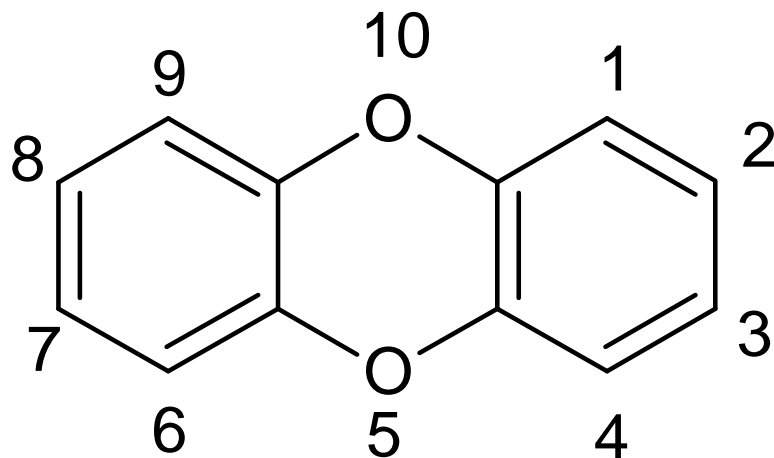
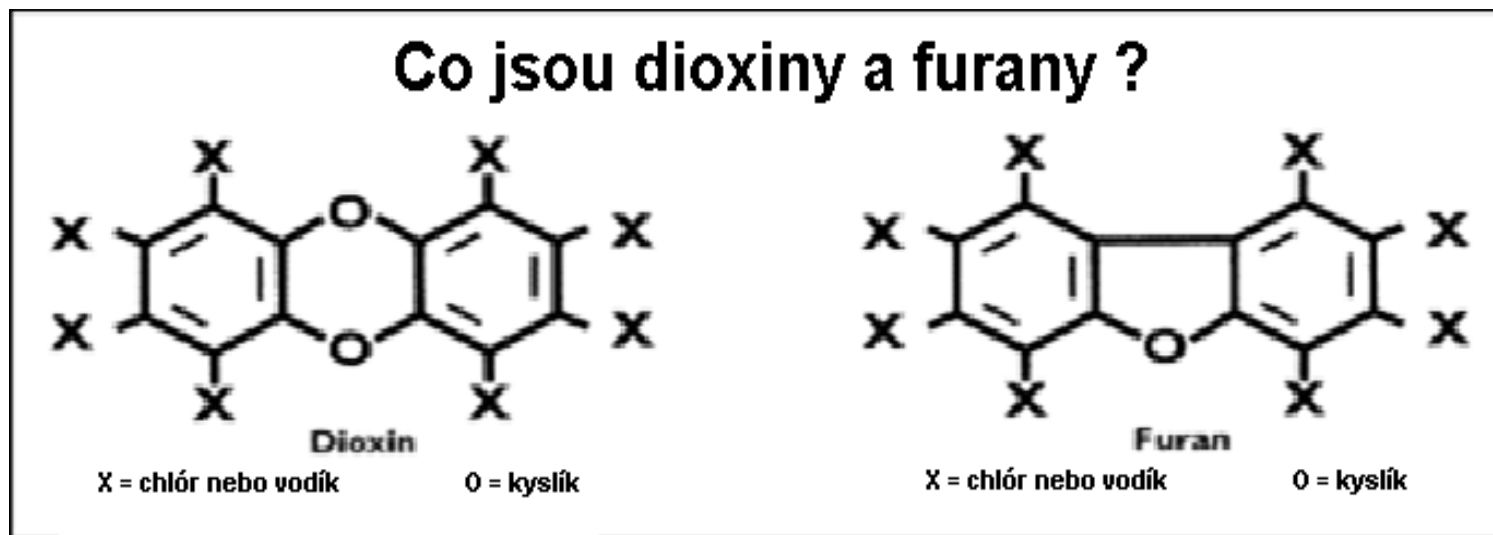
- **Spalování** je chemický proces, při kterém probíhá reakce s molekulárním kyslíkem a dochází při něm k produkci tepla.
- **Parní reforming** je katalytická reakce uhlovodíků s vodní parou za vzniku oxidu uhelnatého a vody.
- **Parciální oxidace** je reakce uhlovodíkové suroviny s kyslíko-parní směsí s množstvím kyslíku nedostatečným pro úplné spálení a hlavními produkty jsou oxid uhelnatý a vodík.
- **Zplyňování** je tepelný proces, při kterém se organické sloučeniny rozkládají na hořlavé plyny působením vysoké teploty (v přítomnosti vody a kyslíku).
- **Pyrolýza** je nekatalytický radikálový proces štěpení uhlovodíků na nižší olefiny probíhající při teplotách 700–900 °C.



Emise

- OXID UHLIČITÝ, OXIDY DUSÍKU
- ORGANICKÉ LÁTKY A TOXICKÉ LÁTKY
 - (PCDD, PCDF, PAU, TOC)
- PEVNÉ EMISE – KOVY,
PRACH.ČÁSTICE

PCDD a PCDF



ANALYTIKA PCDD/F



Analýza vzorků

- Sorpční roztoky
 - přidání extrakčních standardů ^{13}C značených dioxinů,
 - extrakce toluenem (hexanem)
 - čištění extraktu (kolonka s aktivovaným silikagelem, SPE patronka)
 - zahuštění extraktu na 200 – 500 μl
- **I. část získaného extraktu** - analýza (GC-ECD)
Výsledek → suma píků eluujících v retenčním okně standardů dioxinů

- Vzorky (standardy)
- Stanovení složek

Dibenzodioxiny		Chlorované bifenylly	
2, 3, 7, 8 TeCDD	1.0		
1, 2, 3, 7, 8 PeCDD	0.5	Nonorto subst.	
1, 2, 3, 4, 7, 8 HxCDD	0.1	PCB 77	0.0005
1, 2, 3, 6, 7, 8 HxCDD	0.1	PCB 126	0.1
1, 2, 3, 7, 8, 9 HxCDD	0.1	PCB 169	0.01
1, 2, 3, 4, 6, 7, 8 HpCDD	0.01		
OCDD	0.001	Monoorto subst.	
Dibenzofurany		PCB 105	0.0001
2, 3, 7, 8 TeCDF	0.1	PCB 114	0.0005
1, 2, 3, 7, 8 PeCDF	0.05	PCB 118+123	0.0001
2, 3, 4, 7, 8 PeCDF	0.5	PCB 156	0.0005
1, 2, 3, 4, 7, 8 HxCDF	0.1	PCB 157	0.0005
1, 2, 3, 6, 7, 8 HxCDF	0.1	PCB 167	0.00001
1, 2, 3, 7, 8, 9 HxCDF	0.1	PCB 189	0.0001
2, 3, 4, 6, 7, 8 HxCDF	0.1		
1, 2, 3, 4, 6, 7, 8 HpCDF	0.01	Diororto subst.	
1, 2, 3, 4, 7, 8, 9 HpCDF	0.01	PCB 170	0.0001
OCDF	0.001	PCB 180	0.00001



Biomasa

- DŘEVO
- SLÁMA
- ŘEPKOVÝ ŠROT
- ČISTÍRENSKÉ KALY

Složení biomasy

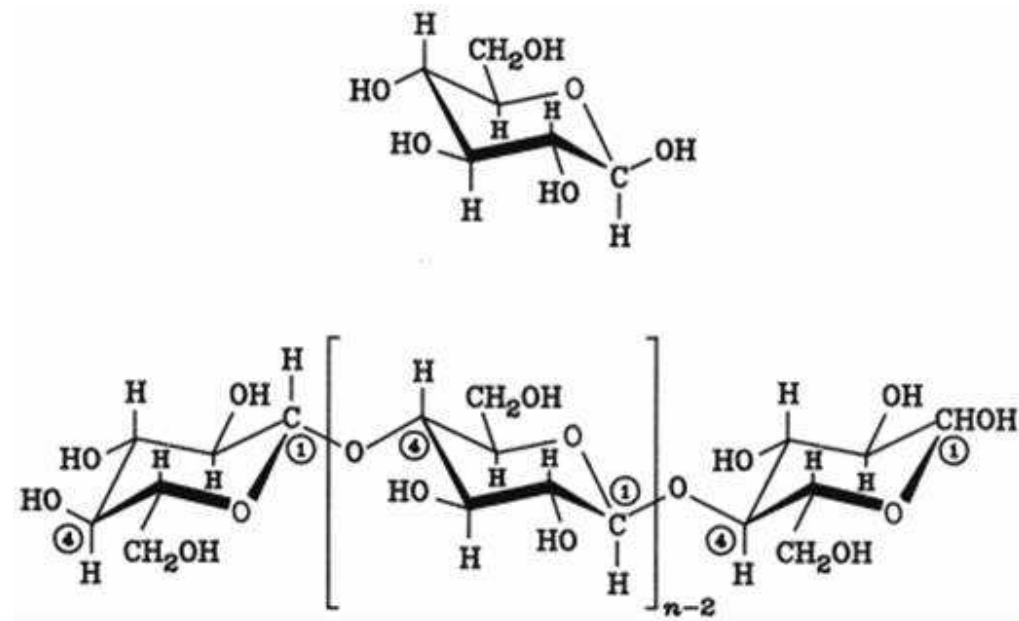
- TRIGLYCERIDY

- CELULOZA

- HEMICELULOZA

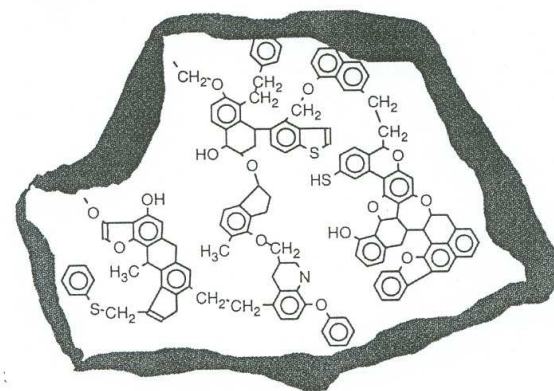
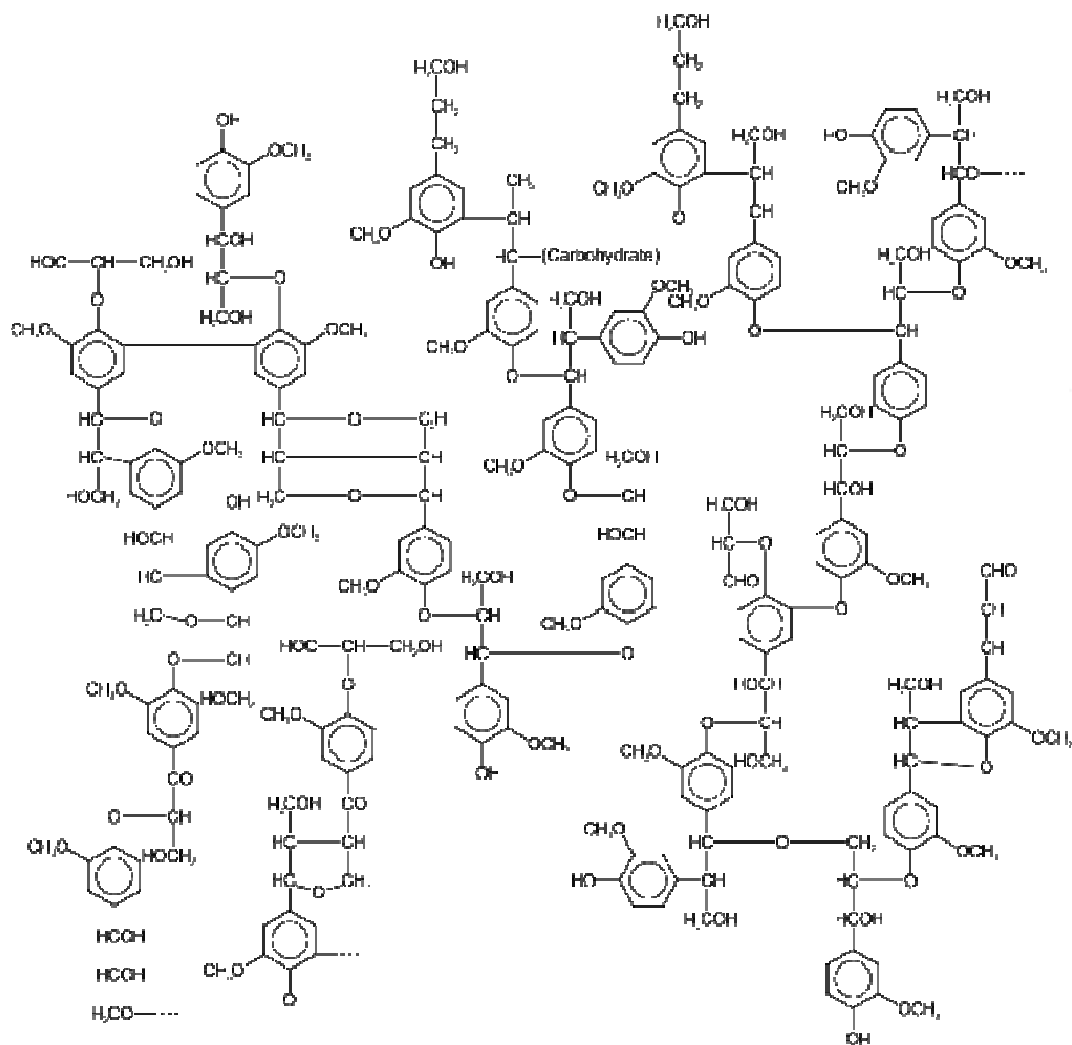
- LIGNIN

Biomass	Cellulose [%]	Hemicellulose [%]	Lignin [%]
Apricot stone	22.4	20.8	51.4
Breech wood	44.2	33.5	21.8
Birchwood	40.0	25.7	15.7
Hazelnut shell	25.2	28.2	42.1
Legume straw	28.1	34.1	34.0
Spruce wood	43.0	29.4	27.6
Tobacco stalk	21.3	32.9	30.2

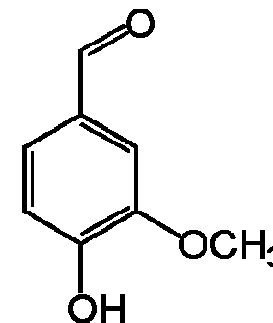


O, OH..... MINIMÁLNÍ ENERGETICKÝ OBSAH PŘI SPALOVÁNÍ
VZNIKÁ VODA, KTEROU JE TŘEBA VYPAŘIT

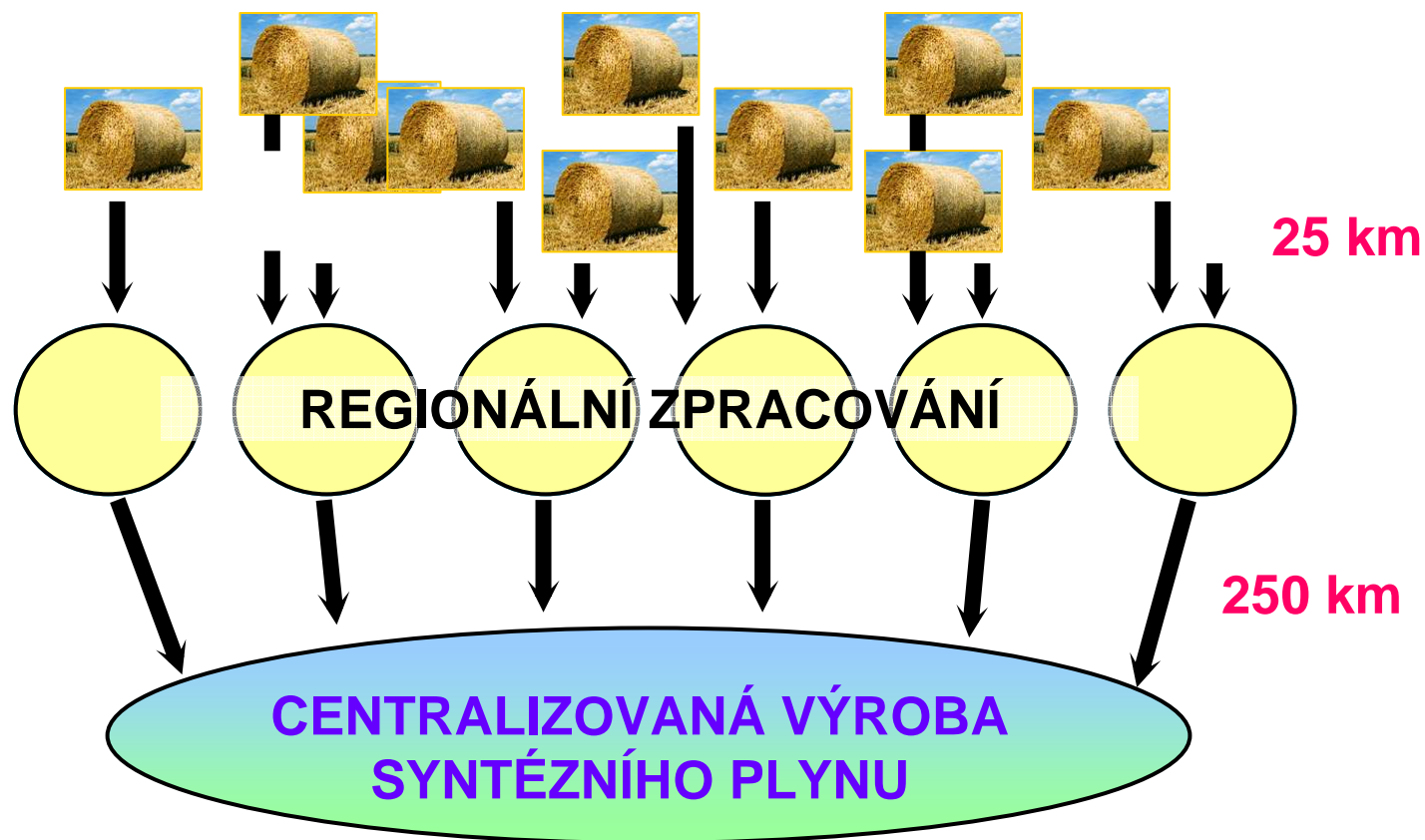
Příklad složení ligninu a uhlí



**EMISE
PŘI
SPALOVÁNÍ ?!**



Kdy je využití biomasy ekonomické a ekologické?





Využití biomasy

- **SPALOVÁNÍ**

- **BIOPLYN**

- FERMENTAČNÍ PROCESY
- BEŽNĚ ZAVÁDĚNO
- NÍZKÁ PRODUKČNÍ EFEKTIVITA

- **ZPLYŇOVÁNÍ NA SYNTÉZNÍ PLYN**

- JEN POKUSNÉ PROVOZY
- PYROLÝZA A NÁSLEDNÁ PARCIÁLNÍ OXIDACE

- **ZPLYŇOVÁNÍ NA METHAN**

- SNG (Substitute Natural Gas)

Spalování a emise

Zdroj	Palivo (původ)	Měrné emise (kg/MWh)					
		CO	SO ₂	NO ₂	TOC	CH ₄	TZL
Násypná šachtová kamna (Výkon 6,3 kW)	Dřevěné brikety	40,9	< 0,1	0,9	23,1	8,2	1,0
	Černé uhlí	16,4	2,2	0,7	7,8	2,7	2,2
Ručně ovládaný teplovodní DAKON (Výkon 24 kW)	Dřevěné brikety	10,7	0,1	0,4	0,8	0,6	0,2
	Hnědouhelné brikety	26,5	0,8	1,0	8,7	5,6	1,4
Elektrárenský parní kotel s fluidním ohništěm a „suchým“ odsířením (Výkon bloku 135 MW)	Hnědé uhlí	0,49	1,32	0,89	0,004	0,004	0,072

Zplyňování uhlí + BIOMASY ve fluidním loži

BIOMASA

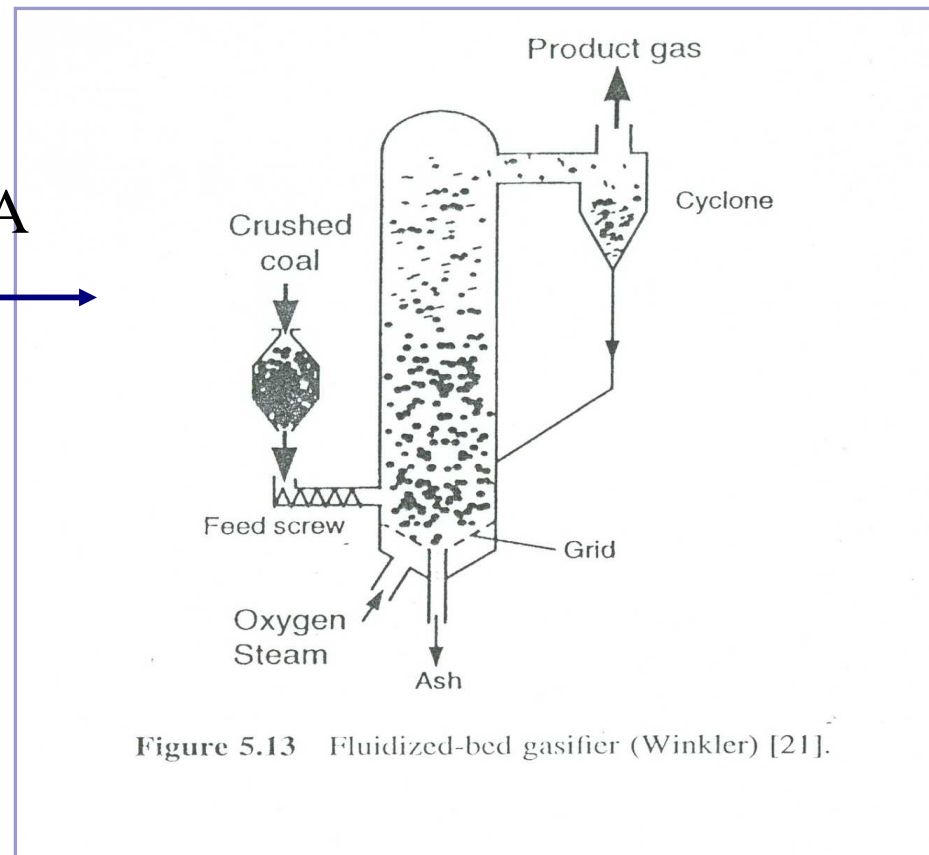
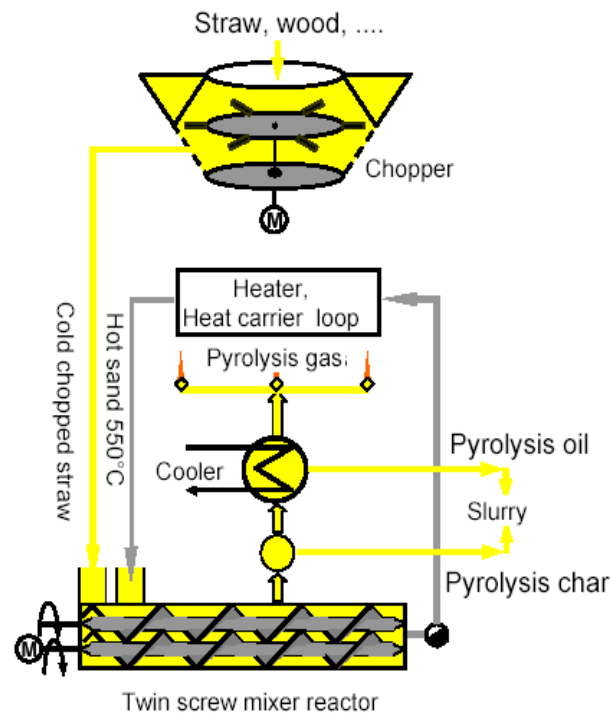
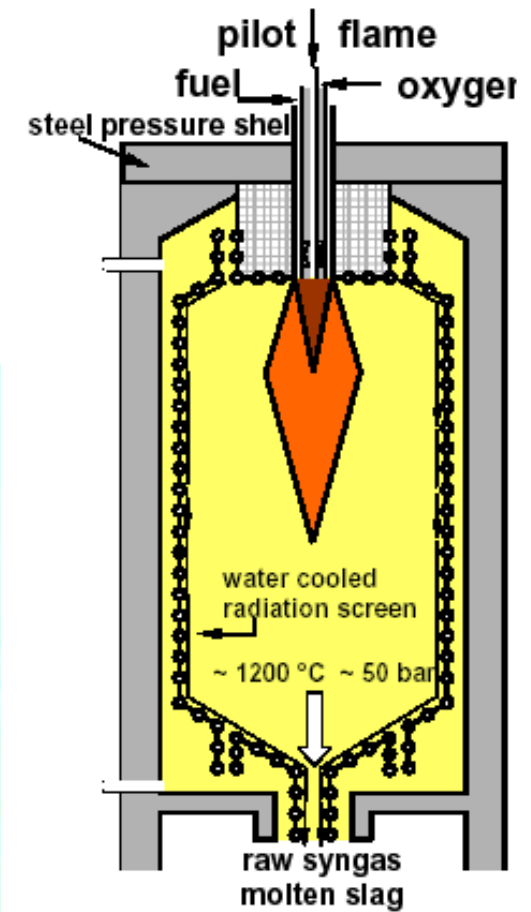


Figure 5.13 Fluidized-bed gasifier (Winkler) [21].

Zplyňování biomasy - pyrolýza

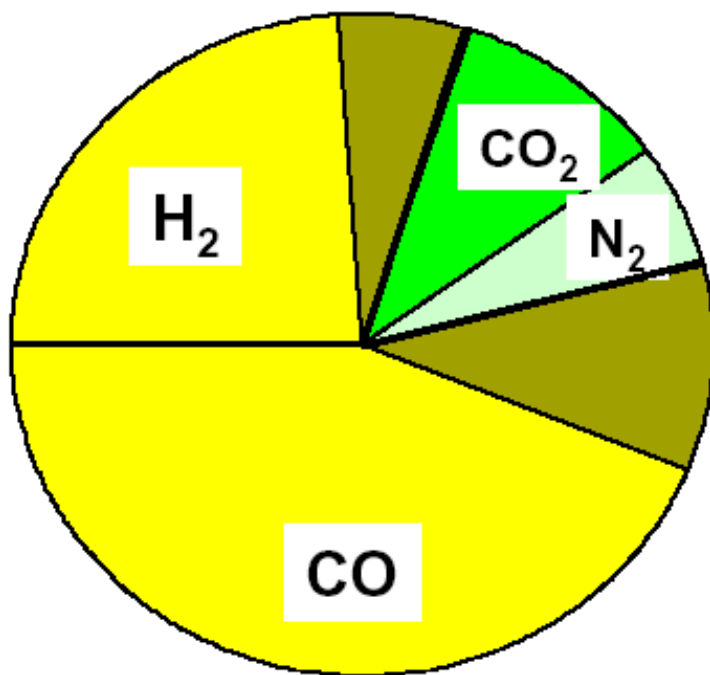


PYROLÝZA NA
OLEJ A KOKS



SYNPLYN

Zplyňování biomasy - výtěžnost



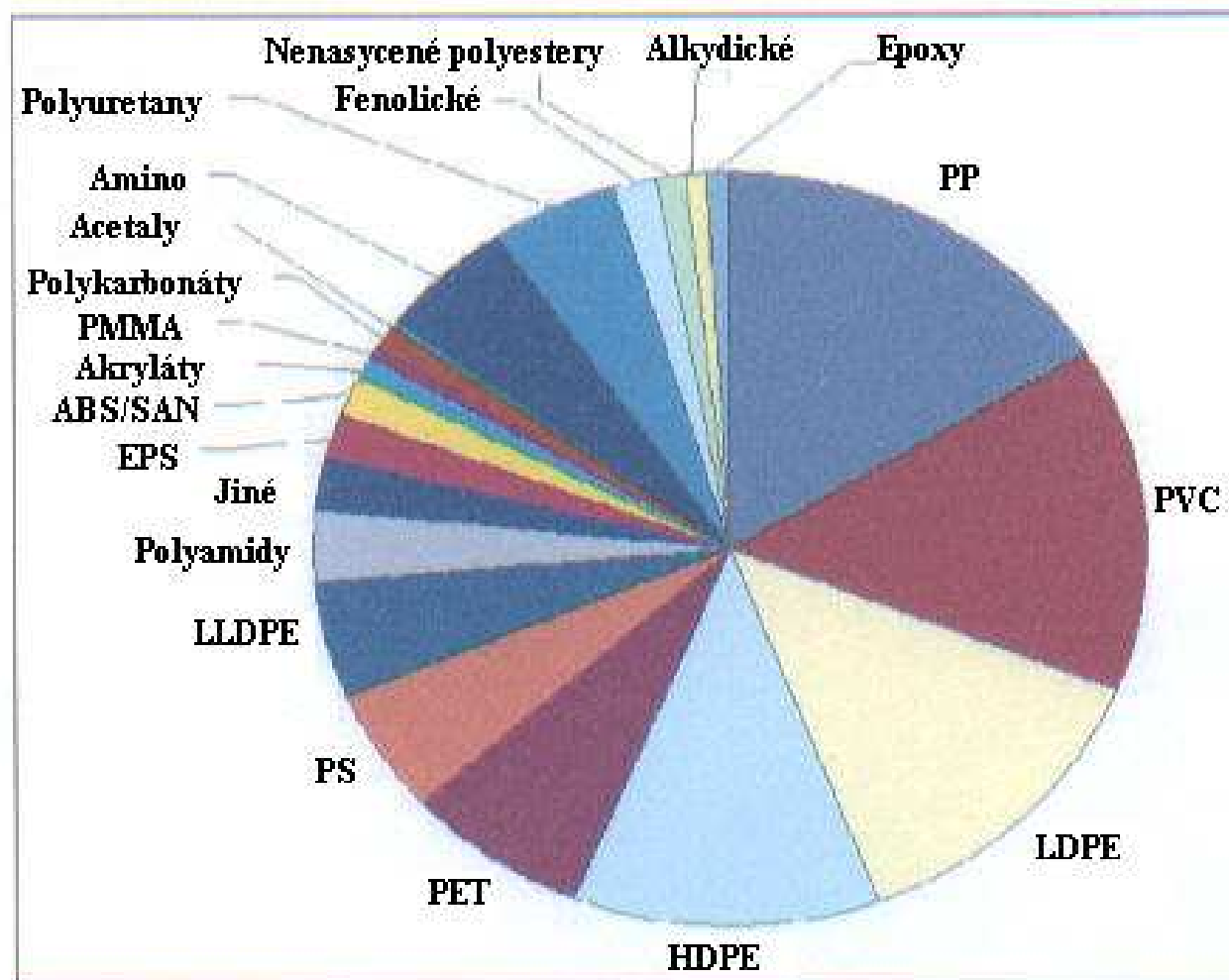
7.5 t Wood or Straw with 15 wt.% H₂O

5.4 t Condensate/char - slurry
plus ~ 1,8 t O₂

1.2 t FTS-raw products

1 t Synthetic fuel

ODPADNÍ PLASTY



Co s odpadními plasty ?

- Necht' nevzniknou
- Opětovné použití (na méně náročné výrobky)
- Surovinová recyklace

(Ozmotech: Waste to Diesel, PET)

- Energetické využití
- Skládování



WASTE TO ENERGY

Odpadní plasty

– energetické využití



V ČR výroba
1 mil. tun plastů/rok

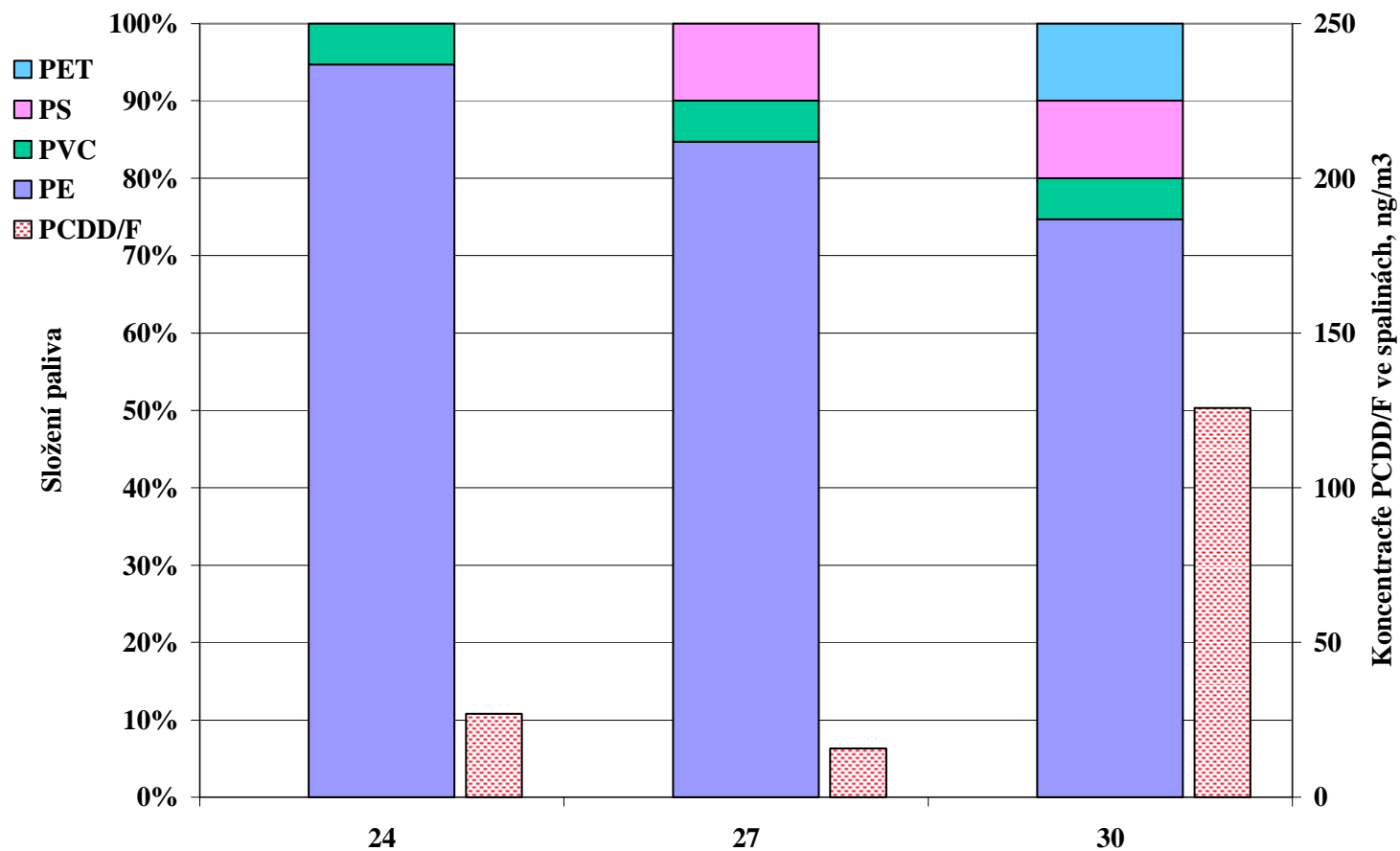
Palivo	Spalné teplo (kJ/kg)
PE	46500
PP	46500
PS	41500
PET	22200
PVC	18000
Hnědé uhlí	29300
Dřevo	21300
Těžký topný olej	40200

Pilotní spalovací pec – 3T

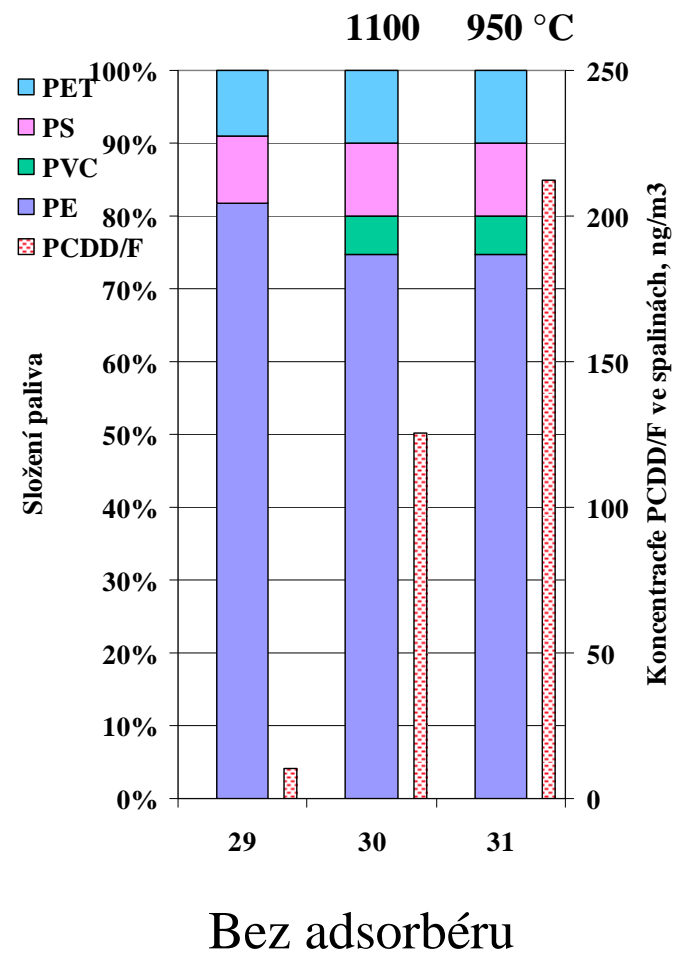
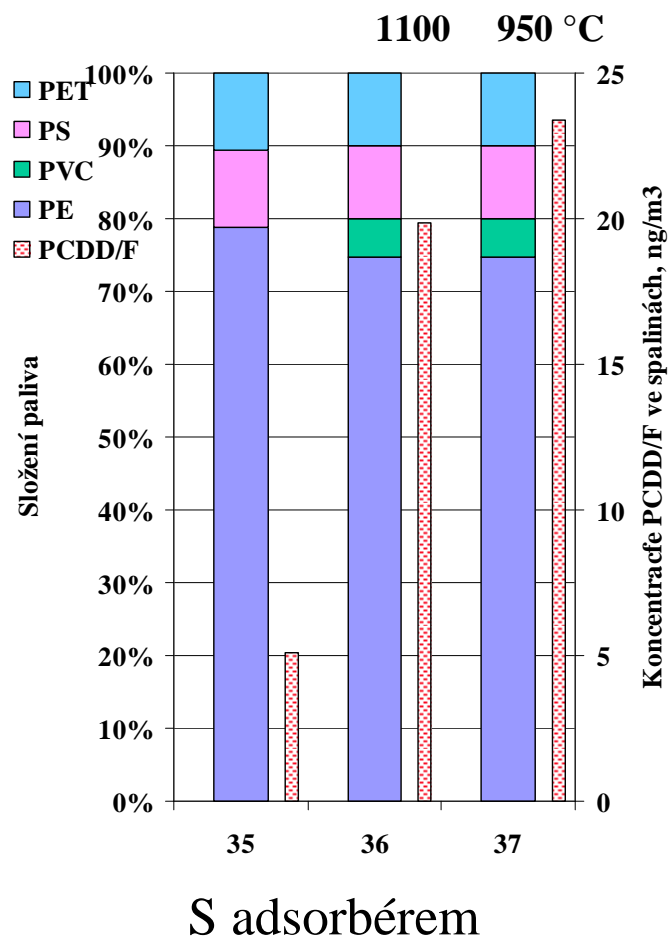


- Temperature
- Time
- Turbulence

Vliv složení substrátu na koncentraci PCDD/F ve spalinách; teplota 1100°C



Efekt vysokoteplotního adsorbéru - CaO

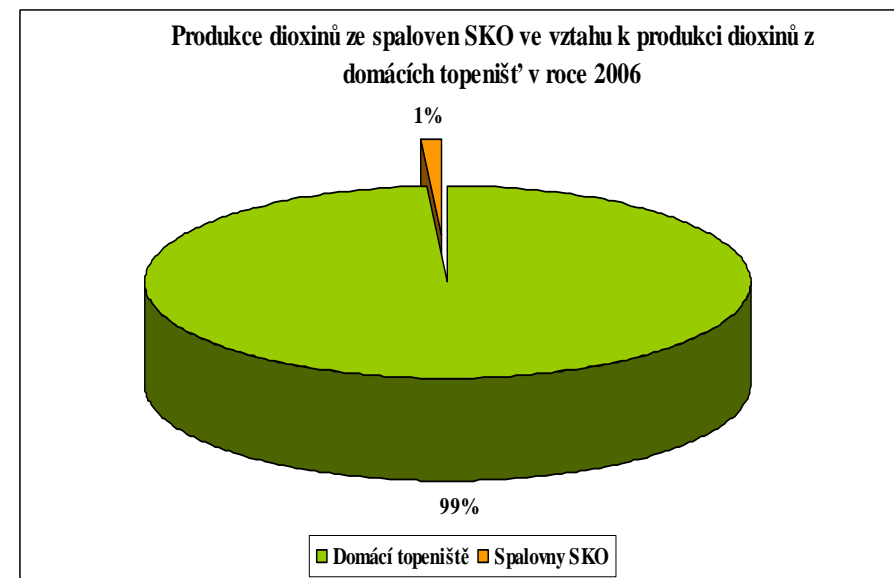
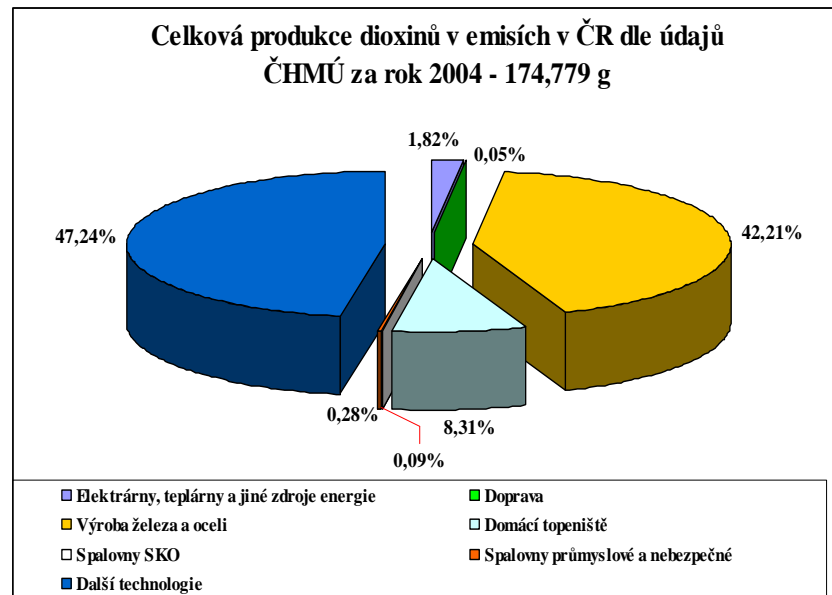


SPALOVNY KOMUNÁLNÍHO ODPADU

	MW	mg/m ³				
	<i>Instalovaný tepelný výkon</i>	<i>tuhé látky</i>	<i>SO₂</i>	<i>NO_x</i>	<i>CO</i>	<i>org. uhlík</i>
Fluidní kotel spalující tuhá paliva	5-50	100	800	400	250	nestanoven
Spalovna komunálního odpadu	nestanoven	30	300	350	100	max. 20

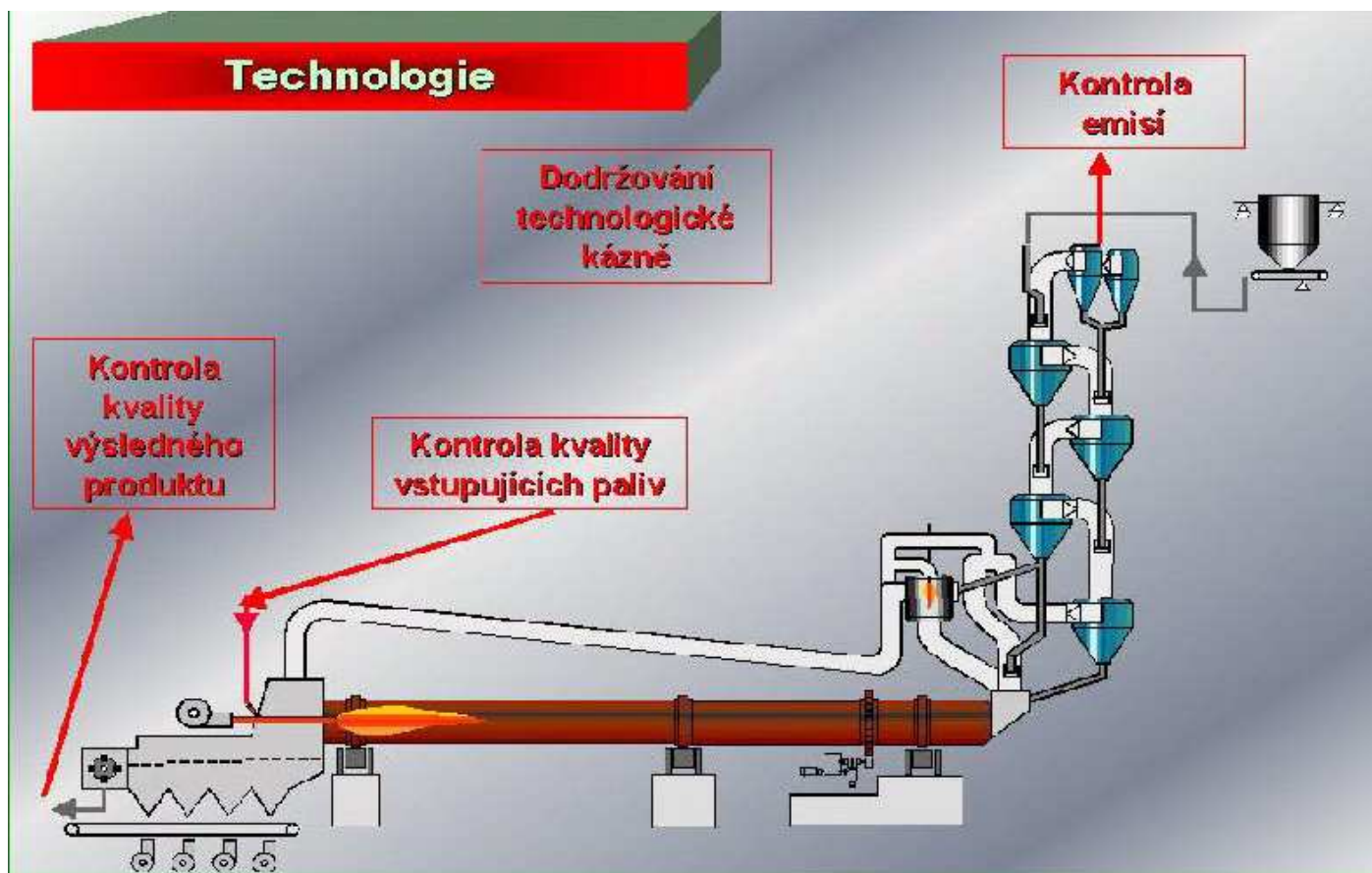
Celkové množství KO v ČR (2009)	4 795 kt
Celkové množství SKO v ČR (2009)	3 236 kt
Kapacita spaloven KO	620 kt
Kapacita připravovaných zařízení na en.využívání KO	300 kt
Kapacita plánovaných zařízení MBÚ	300 kt
Odstranit SKO v roce 2020 jinak než skládkováním	2 148 kt

Podíl dioxinů v emisích za ČR ze sledovaných zdrojů



Cementárny

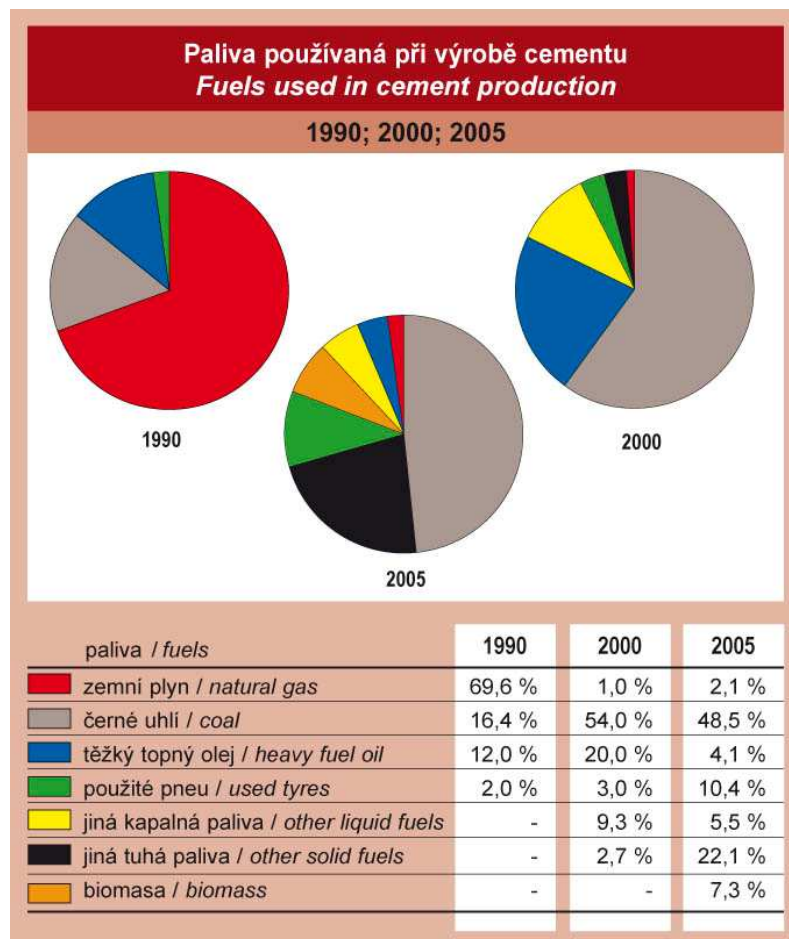
ČR 2008 4,7 mil. t



TEPLOTA... 1450 - 2100 °C
REAKTIVNÍ PROSTŘEDÍ

DOBA ZDRŽENÍ..... DESÍTKY SEKUND

Cementárny



Hodnoty celkových emisních limitů - C

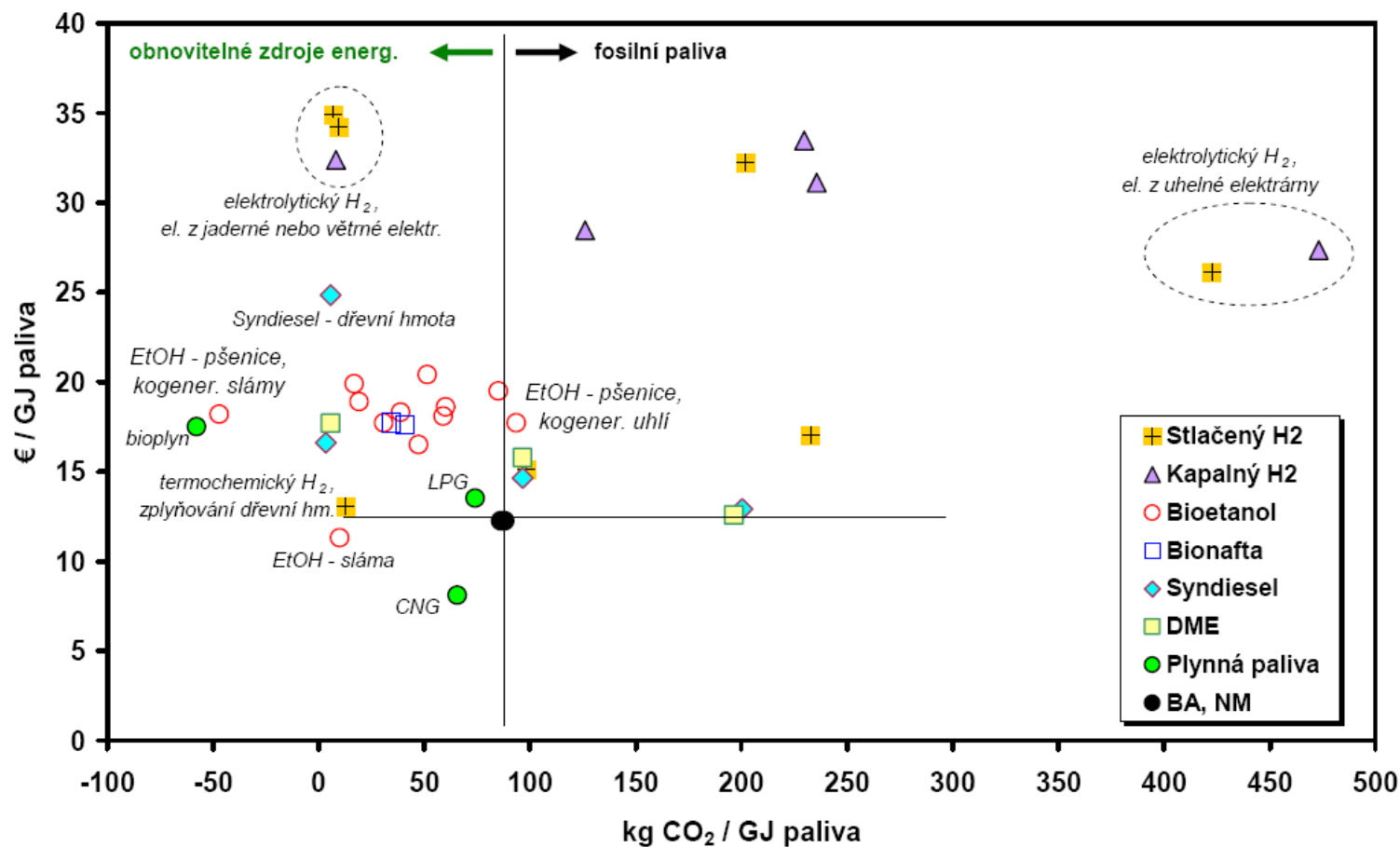
Znečišťující látka	C
TZL celkem	30 mg/m ³
HCl	10 mg/m ³
HF	1 mg/m ³
NO _x (stávající zařízení)	800 mg/m ³
NO _x (nová zařízení)	500 mg/m ³ ⁽¹⁾
Cd + Tl	0,05 mg/m ³
Hg	0,05 mg/m ³
Sb + As + Pb + Cr + Co + Cu + Mn + Ni + V	0,5 mg/m ³
Dioxiny a furany	0,1 ng/m ³
SO ₂	50 mg/m ³
TOC (celkový organický uhlík)	10 mg/m ³

⁽¹⁾ Cementářské pece, které jsou v provozu a mají povolení podle právních předpisů platných do dne nabytí účinnosti tohoto nařízení, a které by zahájily spalování odpadu i po 28. prosinci 2004, nejsou pokládány za nová spalovací zařízení.

Motorová biopaliva

- BIOPALIVA 1. GENERACE (FAME, BIOETHANOL)
- BIOPALIVA 2. GENERACE (FTS)

Porovnání výrobní ceny alternativních paliv a emisí GHG plynů



Čtyřdobý motor

– termodynamika

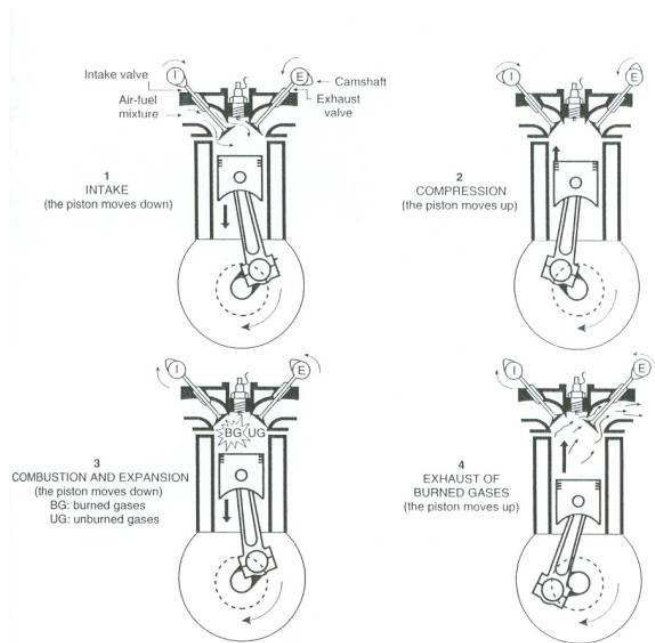


Figure 3.2 The operating principle of a spark-ignition four-stroke engine.

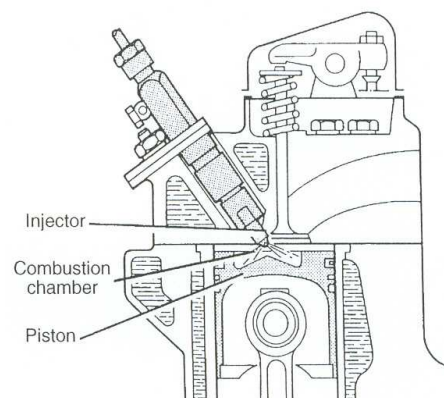


Figure 4.22 Direct-injection diesel.
(Source: Cédra 1990)

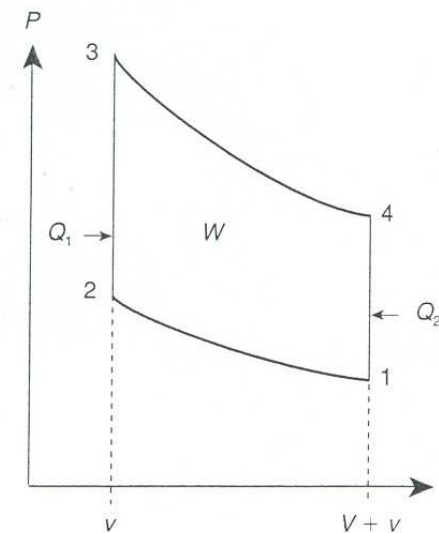


Figure 3.16
Thermodynamic representation
of a 4-stroke cycle.

**EMISE VS.
KOMPRESNÍ
POMĚR**

Biopaliva – ochrana před CO₂ ?

PLÁN:

ROK	BIOPALIVA	ZEMNÍ PLYN	VODÍK	CELKEM
2005	2	-	-	2
2010	6	2	-	8
2015	(7)	5	2	14
2020	(8)	10	5	(23)

SKUTEČNOST:

rychlost (km/h)	spotřeba paliva (lt/100km)	produkce CO ₂ (g/km)
60	3,7	84
90	5,1	116
120	6,8	154
150	9,1	205



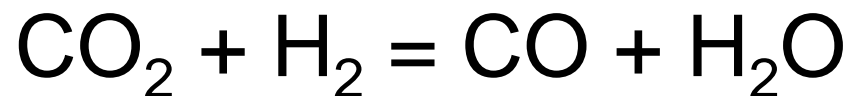
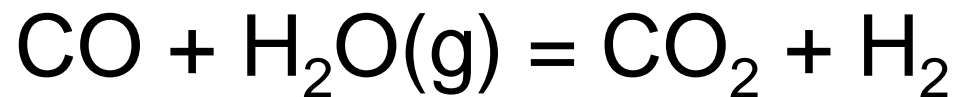
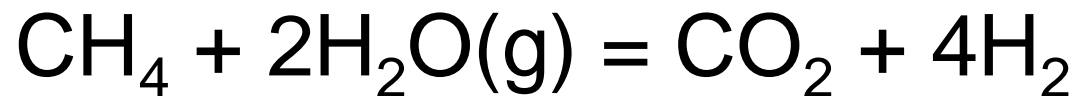
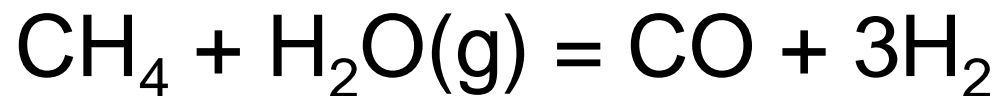
Vodík

- VÝROBA
- SPALOVÁNÍ
- PŘÍMÉ
- PALIVOVÉ ČLÁNKY

Parní reforming

Katalytický rozklad uhlovodíků vodní parou

Při této výrobě probíhají reakce:



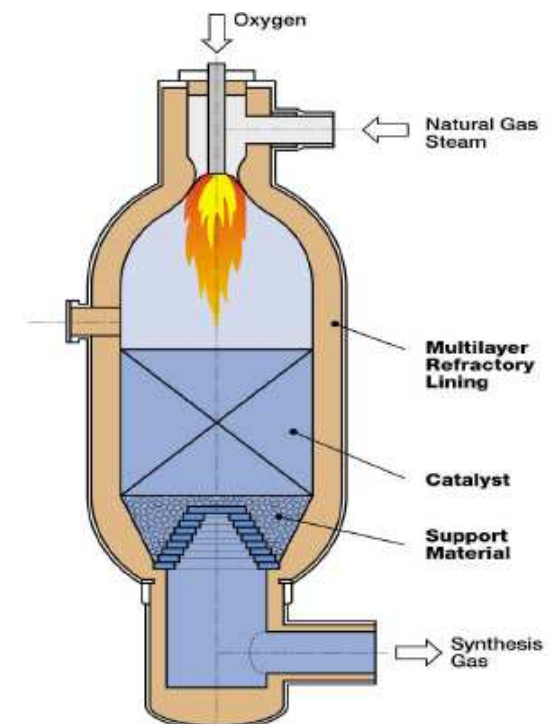
Celkově endotermní

Teplo dodáváme spalováním methanu mimo reaktor

$\text{H}_2 : \text{CO}_2 = 1 : 1$ ZNAMENÁ..1g H_2 + 22 g CO_2

POX - princip

Parciální oxidace uhlovodíků (1400 °C)



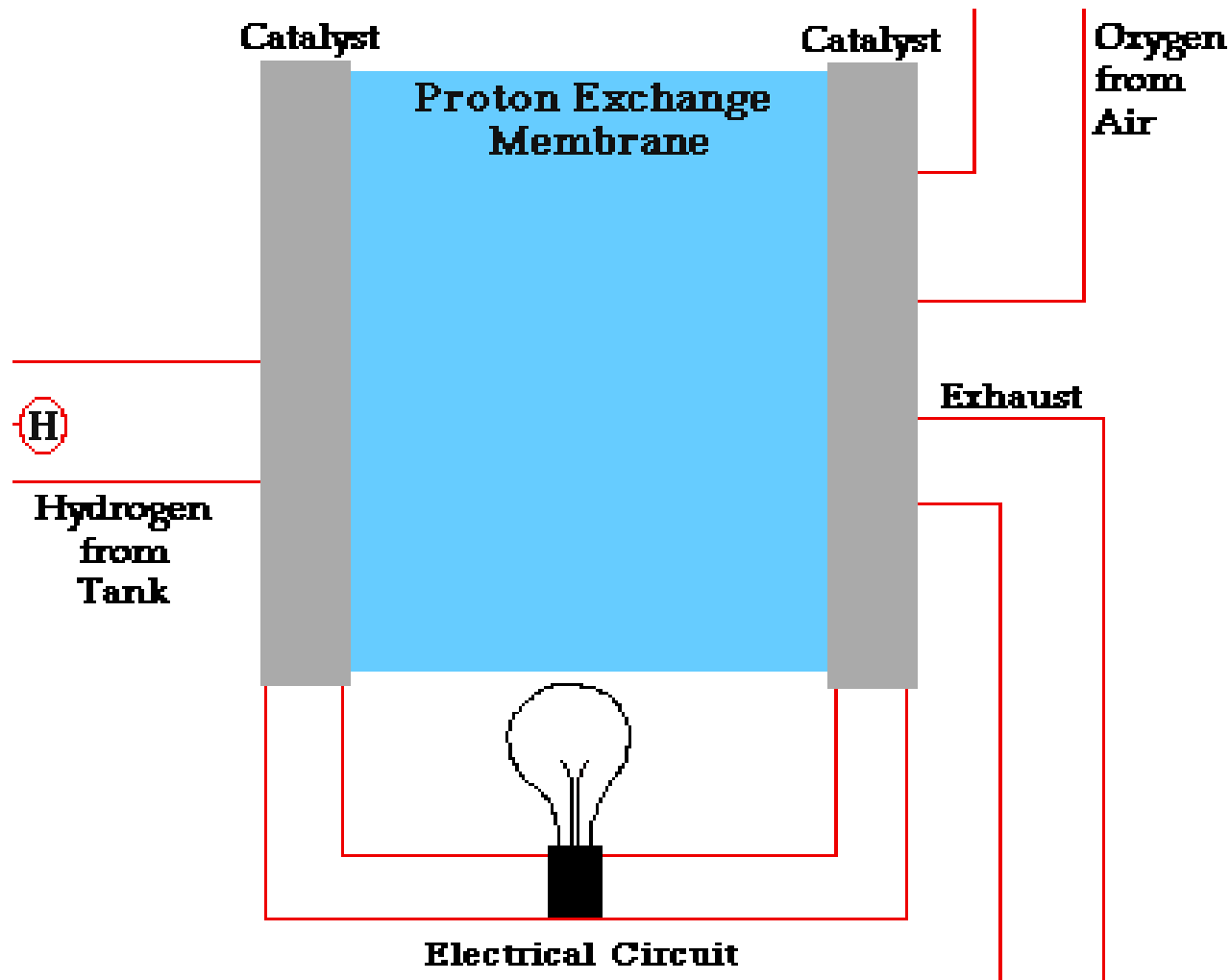
Guvernér Arnold Schwarzenegger tankuje vodík do nádrže Hummeru



Table 1 – List of hydrogen production technologies and costs [6].

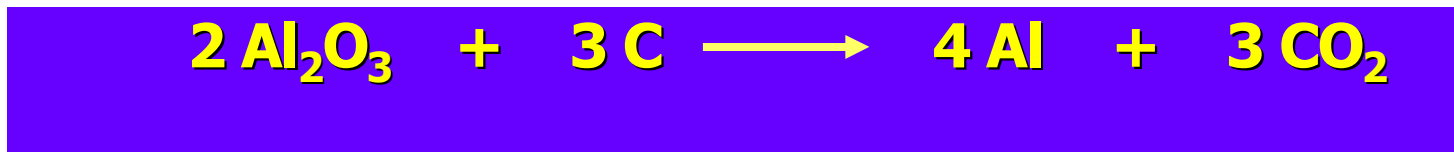
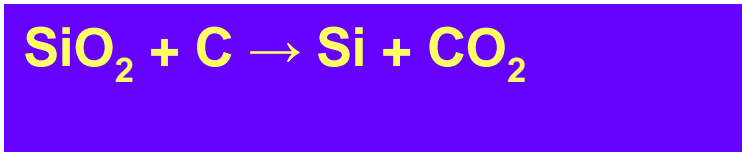
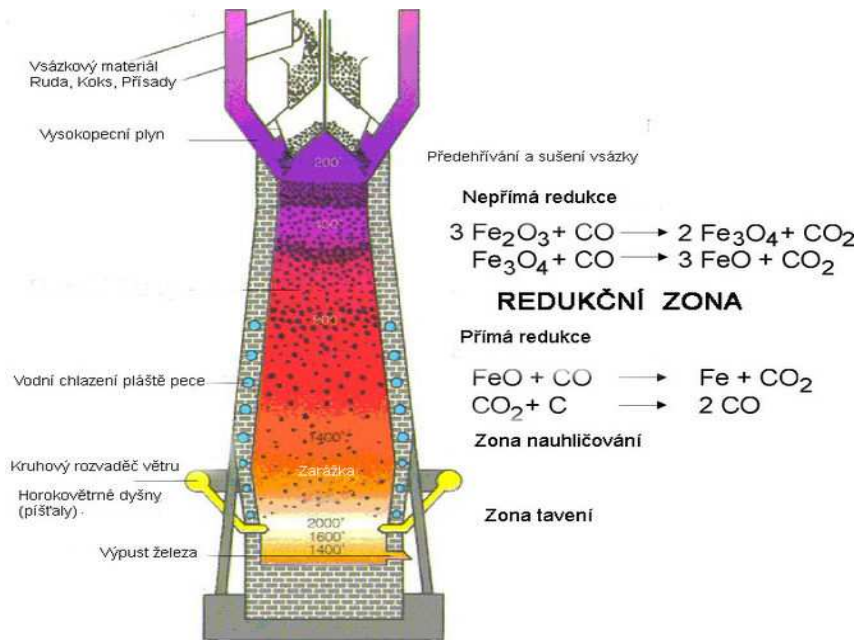
Production technology	Energy efficiency ^a	Hydrogen selling price ^b (\$/MMBtu)	Hydrogen selling price (\$/kg)
SMR	83%	5.54	0.75
Partial oxidation of methane	70–80%	7.32	0.98
Autothermal reforming	71–74%	16.88	1.93
Coal gasification	63%	6.83	0.92
Direct biomass gasification	40–50%	9–18	1.21–2.42
Electrolysis (nuclear fission-powered)	45–55%	14.5	1.95
Photocatalytic water splitting	10–14%	37	4.98

Palivový článek vs. přímé spalování - účinnost ?

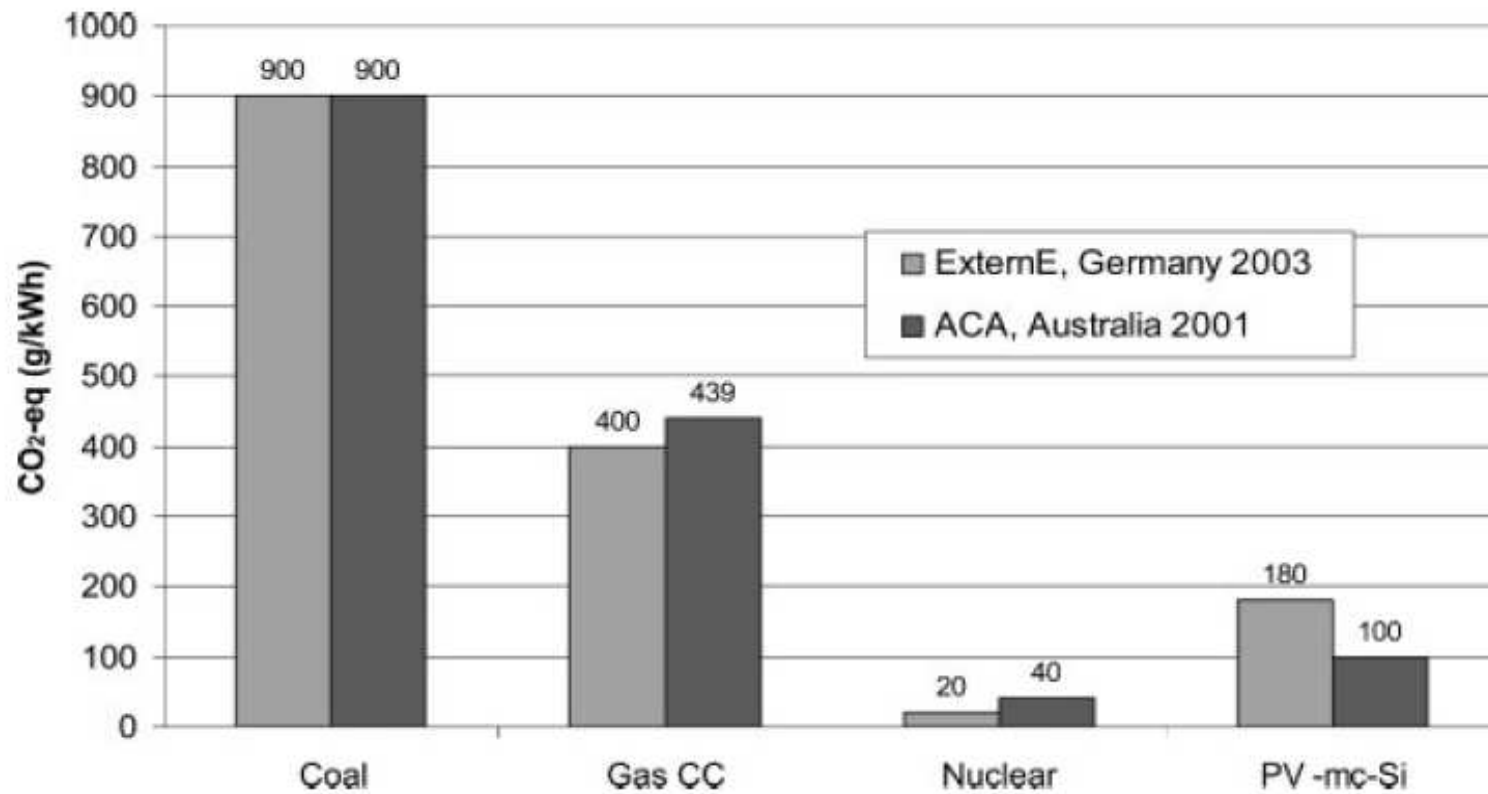


Fotovoltaické panely

KŘEMÍK, HLINÍK, OCEL



EMISE CO₂





ZÁVĚR

- **FESTINA LENTE**
- **QUIDQUID AGIS, PRUDENTER AGAS
ET RESPICE FINEM**