Obnovitelné zdroje energie a vytápění

Ing. Martin Lisý, PhD.
lisy@fme.vutbr.cz
Energetický ústav
VUT v Brně
Fakulta strojního inženýrství

Praha – 13.9.2018

Obsah

- Rozdělení a vlastnosti biomasy
- Alternativní paliva, komposty
- Spalování a spoluspalování biomasy
- Zplyňování biomasy
- Suchá a mokrá fermentace

Biomasa

- z hlediska energetiky můžeme pojem biomasy charakterizovat jako zdroj obnovitelné energie, vzniklý fotosyntézou a hmotu živočišného původu
- zahrnuje zejména:
  - dřevní hmotu a její odpad
  - slámu, stébelniny, traviny, popř. jiné zemědělské zbytky
  - exkrementy užitkových zvířat
  - energeticky využitelný organický odpad vznikající lidskou činností

Rozdělení biomasy

- podle typu rostlin dělíme biomasu na
  - stébelniny
  - dřeviny
- podle vlhkosti dělíme biomasu na
  - suchá biomasa – do 50 % vlhkosti
  - mokrá biomasa – nad 50 % vlhkosti
- podle typu rostlin se biomasa rozděluje
  - fytomasa – rostliny
  - dendromasa – dřeviny
  - zoomasa – živočišná biomasa

Rozdělení biomasy

- podle způsobu získávání se biomasa dělí na:
  - záměrně pěstovanou biomasu
  - odpadní biomasu
    - odpady ze zemědělské prvovýroby
    - odpady ze živočišné výroby
    - odpady z lesní těžby
    - odpady z dřevozpracujícího průmyslu
    - komunální odpady

Záměrně pěstovaná biomasa

- jedná se o rychle rostoucí dřeviny a stébelniny rychle zvětšující svůj objem

- dřeviny
  - akát
  - olše
  - pajasan
  - **topol**
  - **vrba**
- stébelniny
  - amarant
  - **pšenice**
  - **řepka**
  - seno
  - **šťovík**
  - triticale

Záměrně pěstovaná biomasa - vhodnost

- faktory pro výběr plodiny
  - produkce sušiny vztažená na ha [$t.ha^{-1}$]
  - náklady na pěstování [$Kč.t^{-1}$]
  - způsob dalšího zpracování
- výhody
  - využití zemědělské půdy
  - podpora regionálního rozvoje
  - snížení závislosti na fosilních zdrojích
- nevýhody
  - vysoké vstupní náklady s nízkou návratností
  - netržní prostředí (dotace)
  - nepřímý dopad: zvyšování ceny potravin

Potenciál záměrně pěstované biomasy

PLODINA	VÝHŘEVNOST [MJ/kg]	VLHKOST	VÝNOS [t/ha]		
Sláma obilovin	14	15	3	4	5
Sláma řepka	13,5	17-18	4	5	6
Energetická fytomasa - orná půda	14,5	18	15	20	25
Rychlerostoucí dřeviny - zem. půda	12	25-30	8	10	12
Energetické seno - zem. půda	12	15	2	5	8
Energetické seno - horské louky	12	15	2	3	4
Jednoleté rostliny - antropogenní půda	14,5	18	15	17,5	20
Energetické rostliny – antrop. půda	15	18	15	20	25

Záměrně pěstovaná biomasa jednoleté plodiny

- obiloviny
  - ozimé žito
    - výnos sušiny 8,6-11,8 [t ha^{-1}]
    - energetická výnosnost 156-215 [GJ ha^{-1}]
  - konopí seté
    - výnos sušiny 9,8-12,6 [t ha^{-1}]
    - energetická výnosnost 178-229 [GJ ha^{-1}]
  - pro přímé spalování (celé rostliny, nebo jen jejich slámu)
- olejniny (řepka olejná, slunečnice)
  - především pro výrobu bioolejů, bionafty
  - mohou být spalovány přímo
- propracovaná mechanizace, ochrana proti chorobám a škůdcům

Záměrně pěstovaná biomasa víceleté a vytrvalé plodiny

- větší ekonomické a energetické výnosnosti
- 1. rok vyšší investice na sadbu než u jednoletých
- v dalších letech odpadají náklady na hnojení, úpravu půdy, chemickou úpravu, setí
- celkové snížení nákladů=větší výnos něž u jednoletých
- na našich půdách
  - Křídlatka
    - výnos sušiny 30-54 [t ha^{-1}]
    - energ. výnosnost 546-983 [GJ ha^{-1}]
  - Šťovík krmný
    - výnos sušiny 6-10 [t ha^{-1}]
- rychle rostoucí dřeviny (vrby, topoly, olše)
  - obmýtná doba 2-8 vegetačních období
  - životnost plantáže je 15-20 let
  - v našich klimatických podmínkách se dosahuje průměrné hodnoty roční výtěžnosti 10 [t ha^{-1}]
  - potřebná mechanizace (vyšší investiční náklady)

RRD

- Reprodukční materiál – sklizeň každý rok
- Štěpka - každý druhý až třetí rok
- Polena – jednou za pět let(kmen mezi 15 a 20 cm, na výšku 12 až 18 m)
- Po uříznutí pařez znovu obrůstá a výtěžnost si udržuje 11 až 25 let,“
- Pro vytápění rodinného domku by měl stačit asi jeden hektar topolové plantáže.
  - Její založení přijde asi na deset tisíc korun,
  - na stejnou částku by mělo vyjít oplocení.
  - Roční přírůstek 10-20 tun/ ha
  - při tříletém cyklu cca 50 tun/ha

Sklizeň

Sklízí se kmeny až 15 cm.

Vyhláška č. 477/2012 Sb. o stanovení druhů a parametrů podporovaných obnovitelných zdrojů pro výrobu elektřiny, tepla nebo biometanu a o stanovení a uchovávání dokumentů

- a) **kategorie pro procesy termické přeměny zahrnující proces spalování a zplynování, a to**
- kategorie 1, která zahrnuje zejména byliny nebo dřeviny cíleně pěstované pro energetické využití a biopaliva z nich vyrobená,
- kategorie 2, která zahrnuje zejména biomasu včetně zbytkové biomasy, kterou nelze materiálově využít,
- kategorie 3, která zahrnuje zejména materiálově využitelnou biomasu a biopaliva z ní vyrobená,
- **b) kategorie pro proces anaerobní fermentace, a to**
- 1. kategorie AF1, která zahrnuje biomasu s původem v cíleně pěstovaných energetických plodinách určenou k výrobě bioplynu, pokud tato biomasa tvoří v daném kalendářním měsíci více než polovinu hmotnostního podílu v sušině vstupní suroviny do bioplynové stanice a zbytek vstupní suroviny tvoří biomasa stanovená v příloze č. 1 k této vyhlášce, tabulce č. 2, skupině č. 2, písmena a) až g),
- 2. kategorie AF2, která zahrnuje veškerou jinou biomasu, než je uvedena v bodu 1

Vyhláška č. 477/2012 Sb. o stanovení druhů a parametrů podporovaných obnovitelných zdrojů pro výrobu elektřiny, tepla nebo biometanu a o stanovení a uchovávání dokumentů

Poznámky k tabulce č. 1:

O1, O2 a O3 – kategorie v procesu spalování nebo zplynování čisté biomasy

S1, S2 a S3 - kategorie v procesu spoluspalování biomasy a neobnovitelného zdroje

P1, P2 a P3 - pro kategorie v procesu paralelního spalování biomasy a neobnovitelného zdroje

DS1, DS2 a DS3 - kategorie v procesu spoluspalování biomasy a druhotného zdroje

DP1, DP2 a DP3 - kategorie v procesu paralelního spalování biomasy a druhotného zdroje

B1, B2 a B3 - kategorie v procesu spalování biokapalin

Vlastnosti biomasy

- Hrubý a prvkový rozbor
- Biochemický rozbor
- Výhřevnost a spalné teplo
- složení popelovin
- Charakteristické teploty popelovin
- přítomnost nežádoucích prvků – S, Cl
- forma, velikost částic, granulometrie

Vzorkování biomasy

- odběr vzorku na analýzu paliva : podle ČSN EN 14778 (838211) - prosinec 2011
  Tuhá biopaliva - Vzorkování
  (dříve ČSN 44 1301 a 44 1424 "Vzorkování tuhých paliv„) se dodržují všeobecné zásady:
  - více odběrů v různých místech skládky paliva,
  - častější odběr z toku paliva během dávkování;
  - ve vzorku musí být zastoupené frakce s rozličnou velikostí.

Platné normy pro biopaliva

- **ČSN EN 14961-1 (838202)**
- **Tuhá biopaliva - Specifikace a třídy paliv - Část 1: Obecné požadavky**
- ČSN EN 14961-2 (838202)
  Tuhá biopaliva - Specifikace a třídy paliv - Část 2: Dřevní pelety pro maloodběratele
- ČSN EN 14961-3 (838202)
  Tuhá biopaliva - Specifikace a třídy paliv - Část 3: Dřevní brikety pro maloodběratele
- ČSN EN 14961-4 (838202)
  Tuhá biopaliva - Specifikace a třídy paliv - Část 4: Dřevní štěpka pro maloodběratele
- ČSN EN 14961-5 (838202)
  Tuhá biopaliva - Specifikace a třídy paliv - Část 5: Palivové dřevo pro maloodběratele

Hrubý rozbor paliva

- hrubým rozborem se stanovuje poměrný obsah vody (W^r), popeloviny (A^r) a hořlaviny (h) a určí se výhřevnost paliva

<table>
<tr><td colspan="5">původní vzorek</td></tr>
<tr><td colspan="2" rowspan="2">celková voda W^r</td><td colspan="3">bezvodý vzorek - sušina</td></tr>
<tr><td colspan="2">popelovina A^r</td><td colspan="2">hořlavina h</td></tr>
<tr><td>volná</td><td>kapilární</td><td>Al_2O_3, SiO_2, Fe_2O_3, CaO, MgO,</td><td rowspan="2">prchavá f</td><td rowspan="2">neprchavá</td></tr>
<tr><td colspan="3">balast - přítěž</td></tr>
<tr><td colspan="2">vodní pára</td><td>tuhé zbytky – škvára, popílek</td><td colspan="2">spaliny</td></tr>
</table>

Zastoupení hořlaviny, vody a popeloviny v biomase

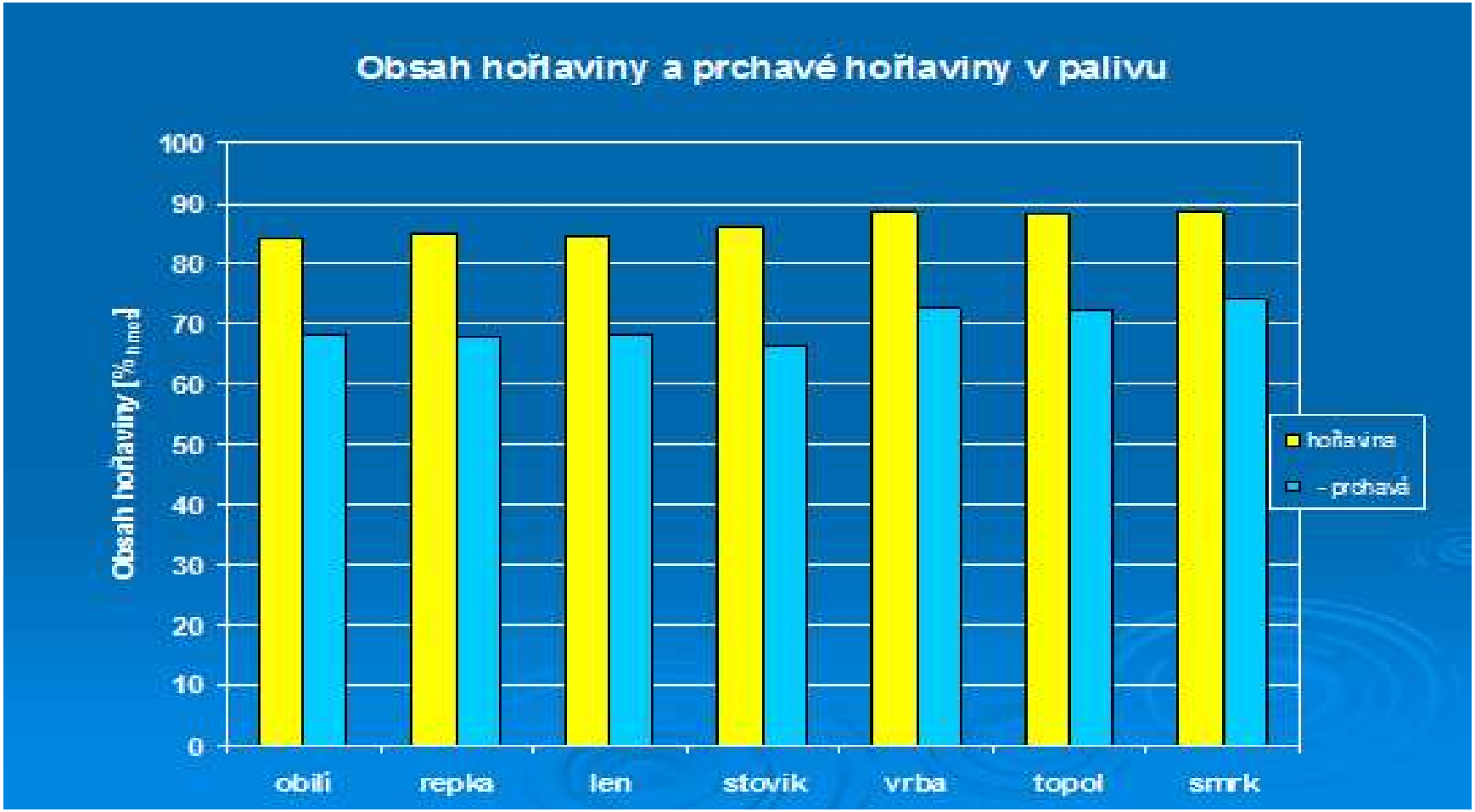
	hořlavina	voda	popelovina
	[%]	[%]	[%]
Dřevo po těžbě	20 ÷ 40	60 ÷ 80	0,1
Dřevo vyschlé ve skladu	79 ÷ 82	17 ÷ 20	0,5
Pelety z dřevěné hmoty	91	8	1

Složení hořlaviny v palivu

- prchavá hořlavina
  - podíl hořlaviny, který se uvolní při zahřátí paliva nad 150 °C
  - napomáhá vzněcování paliva v ohništi
  - stabilizuje spalovací proces
- neprchavá hořlavina – tuhý uhlík

- aktivní prvky
  - uhlík, síra, vodík
  - jejich oxidací vzniká teplo
- pasivní prvky
  - dusík

Obsah hořlaviny v biomase



Charakteristická složení některých druhů paliv

	Jehličnaté dřevo	Listnaté dřevo	Kůra	Obilná sláma	Šťovík
C	51,00	50,00	51,40	40,70	49,40
H	6,20	6,15	6,10	4,89	5,97
O	42,20	43,25	42,20	35,75	43,89
N	0,60	0,60	0,30	0,51	0,52
S	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,09	0,22
Cl	0,03	0,04	< 0,01	0,31	0,11
Popel	0,70	0,70	0,30	5,08	6,86
Obsah vody	30,00	30,00	35,00	13,00	8,80
Výhřevnost	12,00	12,00	11,00	14,66	15,40

Více rozborů dostupných v publikaci: Skála, Ochodek: Energetické parametry biomasy
http://www.eu.fme.vutbr.cz/odbor-energetickeho-inzenyrstvi/ke-stazeni

Obsah síry a chloru - rozdíly

	Cl, chlor		S, Síra	
	%	rozsah	%	rozsah
Dřevo, zbytky po těžbě	0,01	0,01 – 0,04	0,04	0,01 – 0,08
Topol – rychle rostoucí podrost	0,01	0,01 – 0,05	0,03	0,02 – 0,10
Sláma – pšenice, žito, ječmen	0,4	0,1 – 1,2	0,1	0,05 – 0,2
Sláma - řepka olejka	0,5	0,1 – 1,2	0,3	0,05 – 0,8
Chrastice rákosovitá (letní sklizeň)	0,6		0,2	
Seno obecně	0,8		0,2	
Miscanthus – slonní tráva	0,2		0,2	
krmný šťovík – dle analýzy pelet	0,17		0,09	

Sledované hodnoty		řepková sláma	šťovík krmný	makovina	ječná sláma
chlor	% hm	0,14	0,17	0,12	0,81
síra	% hm	0,20	0,09	0,33	0,15

PETŘÍKOVÁ, Vlasta, PUNČOCHÁŘ, Miroslav: Biomasa – alternativní palivo z hlediska chemického složení. *Biom.cz* [online]. 2007-07-16 [cit. 2015-09-12].

Dostupné z WWW: <http://biom.cz/cz/odborne-clanky/biomasa-alternativni-palivo-z-hlediska-chemickeho-slozeni>. ISSN: 1801-2655.

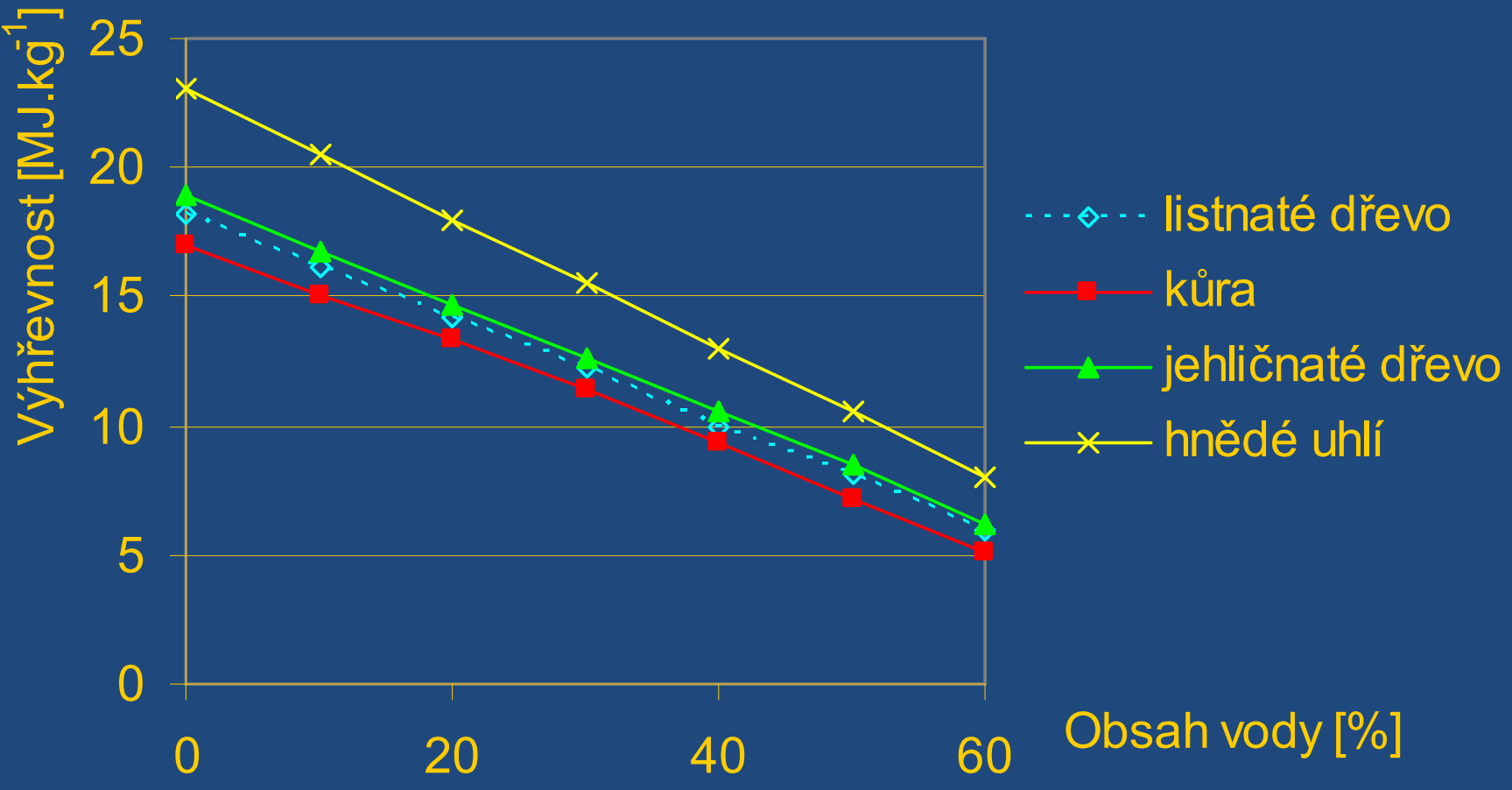
Podíl S/Cl v palivu

		obilná sláma	řepka	len	šťovík	vrba	topol	smrk
S	$\%_{hmot}$	0,12	0,34	0,03	0,09	0,02	0,04	0,01
Cl	$\%_{hmot}$	0,31	0,27	<0,01	0,15	<0,01	<0,01	<0,01
S/Cl		**0,39**	**1,26**	**>3**	**0,6**	**>2**	**>4**	**>1**

Podle švédských zkušeností je měřítkem korozivity poměr síry a chloru - S/Cl:

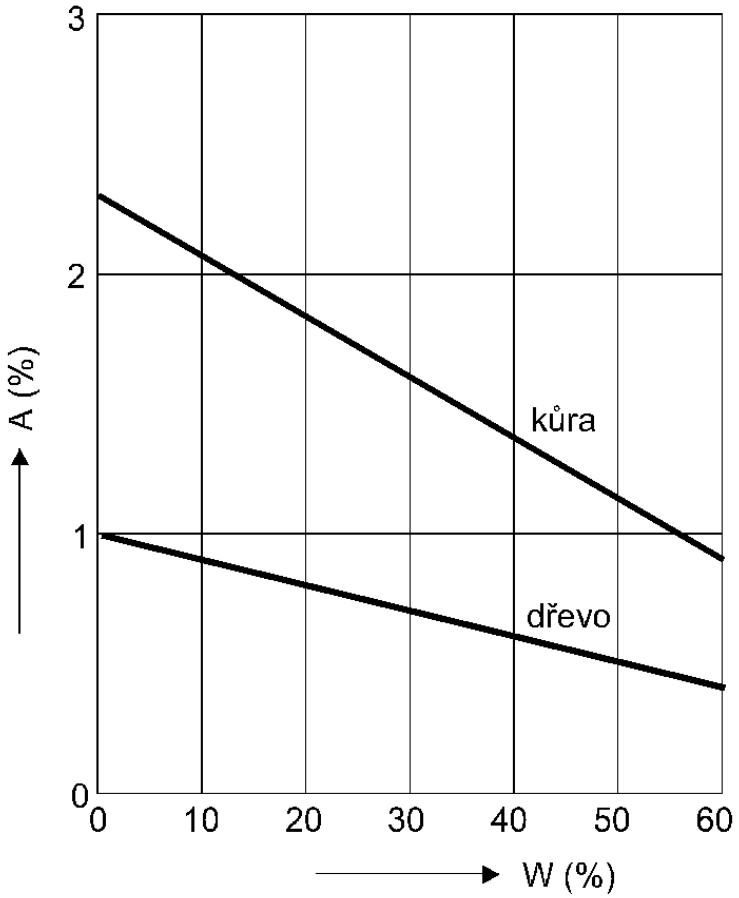
- při poměru S/Cl > 4 se koroze neprojevuje
- v oblasti 4 > S/Cl > 2 záleží vznik koroze na dalších parametrech
- při poměru S/Cl < 2 je koroze nevyhnutelná

Výhřevnost


Výhřevnost [MJ.kg-1]
25
20
15
10
5
0
0
20
40
60
Obsah vody [%]
listnaté dřevo
kůra
jehličnaté dřevo
hnědé uhlí

Obsah popele

- popel vzniká reakcemi minerálních látek v palivu
- u dřeva 0,1÷1 %
- u stébelnin až 8 %
- popeloviny jsou tvořeny zejména CaO, K_2O, Na_2O, MgO, SiO_2, Fe_2O_3, P_2O_5, SO_3, Cl
- složení popele má vliv na charakteristické teploty



Výsledky kotel Verner A251.1

	NO $[mg/m^3]$	CO $[mg/m^3]$	O_2 [%]	NO_{ref} $[mg/m^3]$	CO_{ref} $[mg/m^3]$	TZL $[mg/m^3]$	Teplota spalin [°C]
Seno	628,35	842,86	11,00	697,85	930,04	491	227,58
Řepka	586,43	740,07	10,41	613,17	754,60	631	244,93
Pšenice	492,19	436,41	9,15	465,92	369,71	259	232,93
Směs semínek	741,35	72,42	10,25	761,93	73,78	193	244,17

SPALOVACÍ ZKOUŠKA

- Palivo:
  - 50 % káva / 50 % dřevo
  - 75 % káva / 25 % dřevo
  - 100 % káva
  - (dřevo)

- Nastavení:
  - pro 6 % O_2
  - (pro 8 % O_2)
  - pro 10 % O_2
  - pro 12 %O_2

VYHODNOCENÍ

- Shrnující výsledná tabulka:

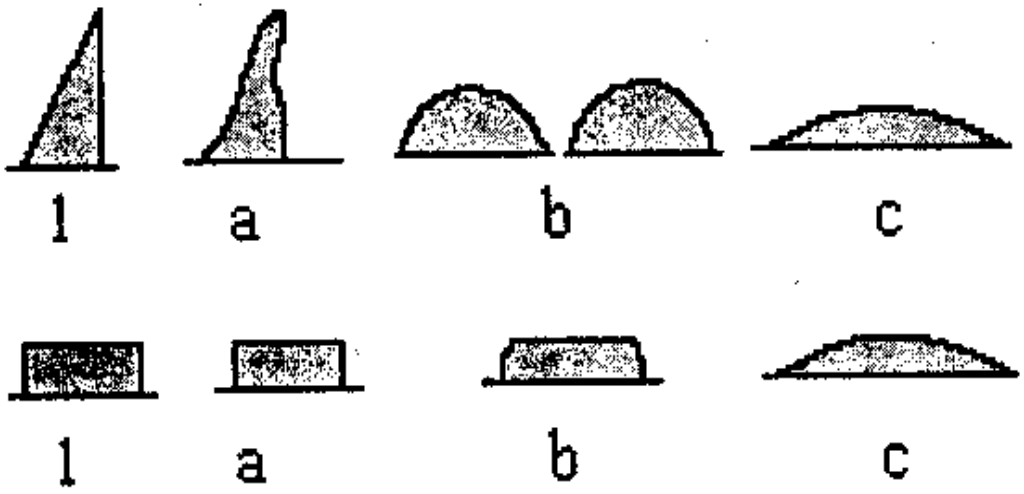
Palivo	Obsah kyslíku O_2 [%]	$NO_{referenční}$ [mg/m_N^3]	$CO_{referenční}$ [mg/m_N^3]	Teplota spalin [°C]	TZL, referenční podm. C_{RSN} [mg/m_N^3]
50/50	6,43	392,86	1635,5	209,72	19,05
	7,71	455,11	691,95	214,39	23,3
	10,89	876,08	299,66	246,57	21,6
	13,03	1039,58	733,72	258,99	28,1
75/25	6,43	387,82	1146,57	241,73	29,6
	9,2	611,73	695,81	222,59	33,9
	10,55	814,56	693,31	274,94	36,65
	12,96	997,96	594,98	273,57	29,2
káva	6,3	335,53	839,32	252,03	33,35
	8,03	530,89	952,04	245,8	23,8
	11,34	800,67	264,87	266,64	37,35
	12,49	1052,9	580,01	297,63	37,95

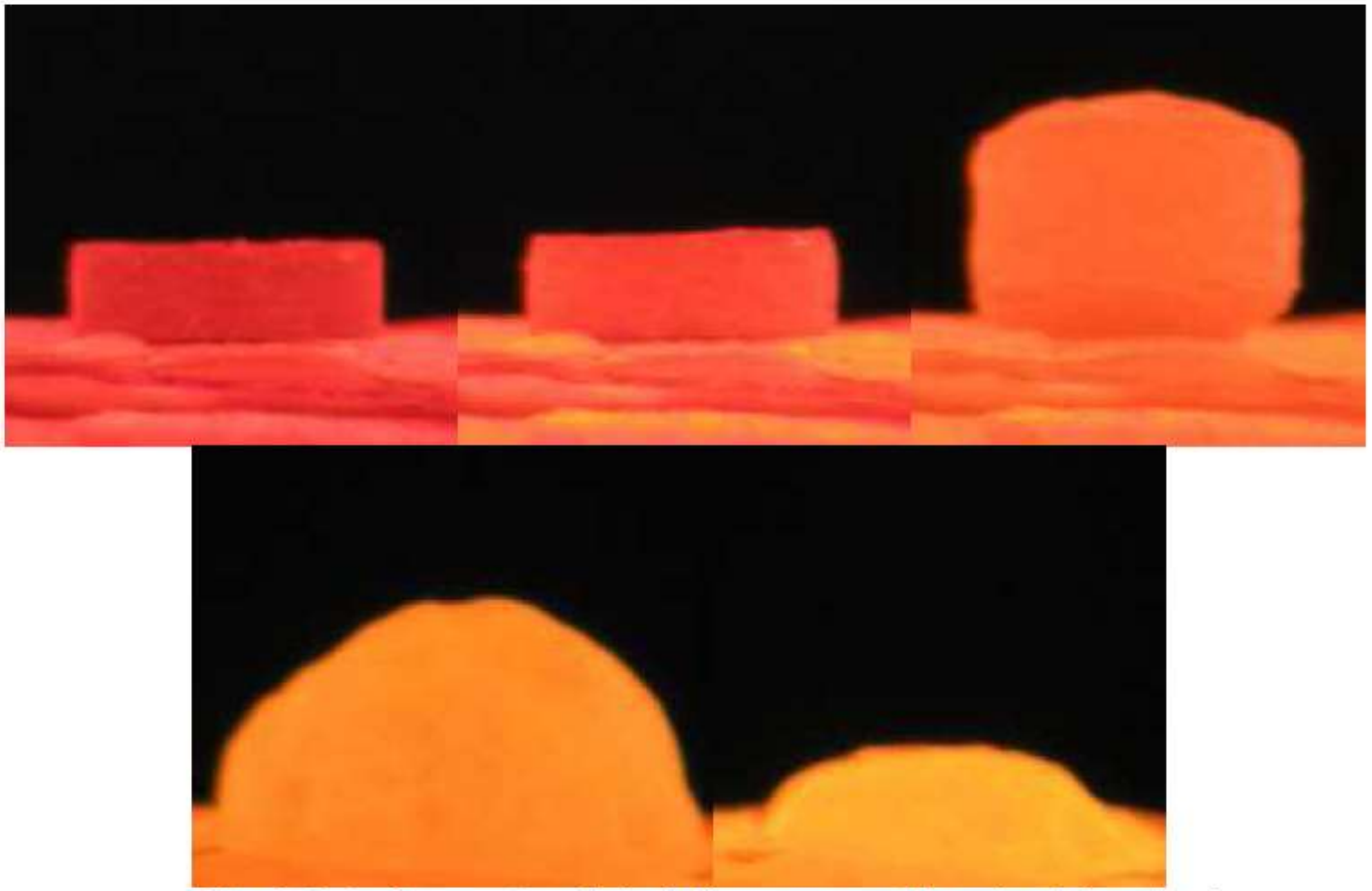
Bakalářská práce: Andrea Kurečková: Spalování pelet z kávy
Dostupné z digitální knihovny VUT v Brně

Charakteristické teploty popele

- ČSN ISO 540 (441359) – Uhlí a koks - Stanovení tavitelnosti popela
- ČSN P CEN/TS 15370-1 - norma: Tuhá biopaliva-metoda pro stanovení teploty tání popela-Část 1: Metoda stanovení charakteristických teplot

- teplota měknutí T_A
  - určuje minimální teplotu nalepování popela na výhřevné plochy
- teplota tavení T_B
- teplota tečení T_c
  - teplota roztavení popele





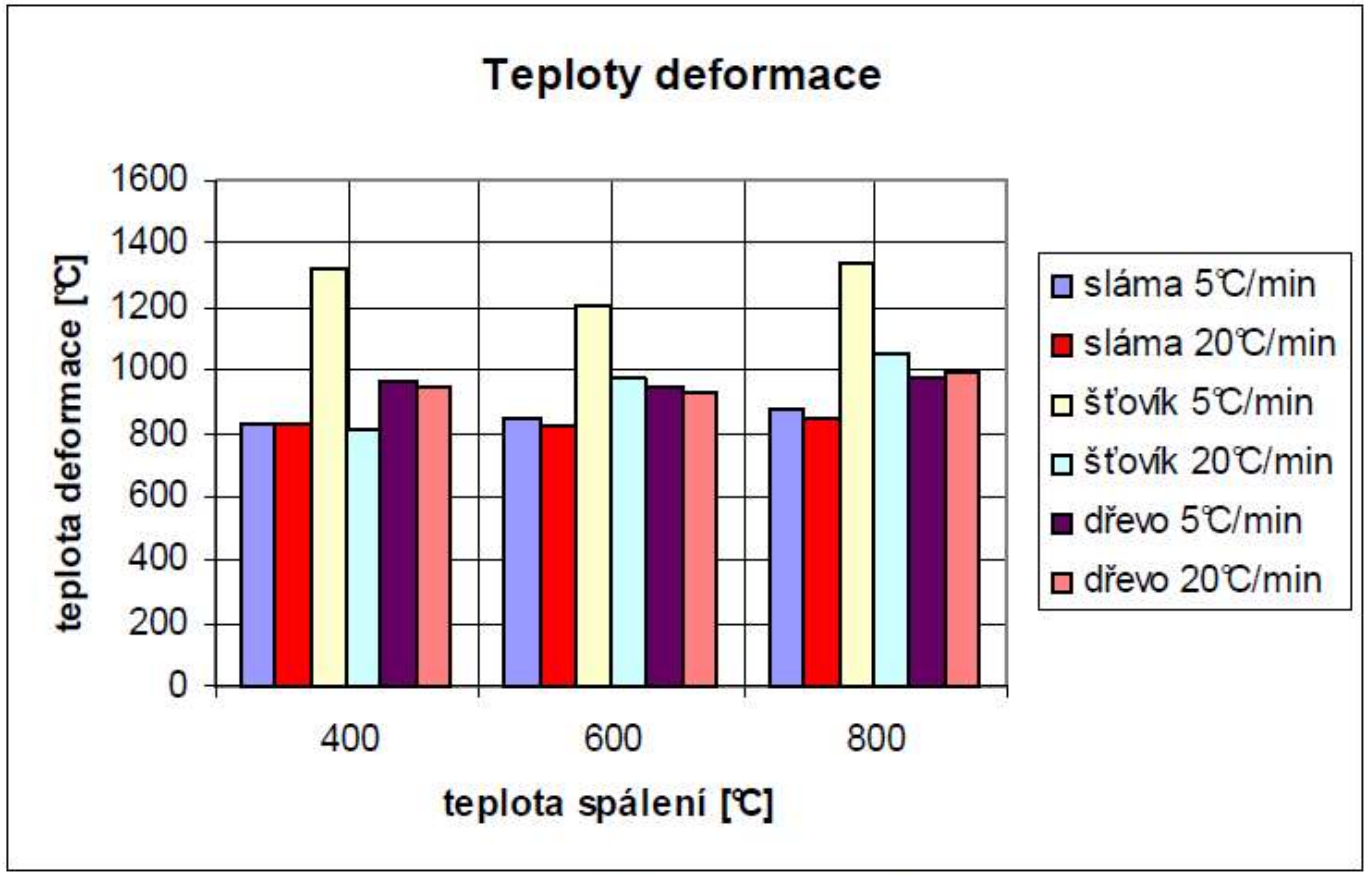
Obr.15 Teploty: původní, deformace, měknutí, tání, tečení

Složení popele

zvyšují charakteristické teploty popele			
oxid křemičitý	SiO_2	oxid hlinitý	Al_2O_3
snižují charakteristické teploty popele			
oxid železitý	Fe_2O_3	oxid hořečnatý	MgO
oxid titaničitý	TiO_2	oxid vápenatý	CaO
oxid fosforečný	P_2O_5	oxid sírový	SO_3
oxid mangangato-manganitý	Mn_3O_4	oxid sodný a draselný	Na_2O K_2O

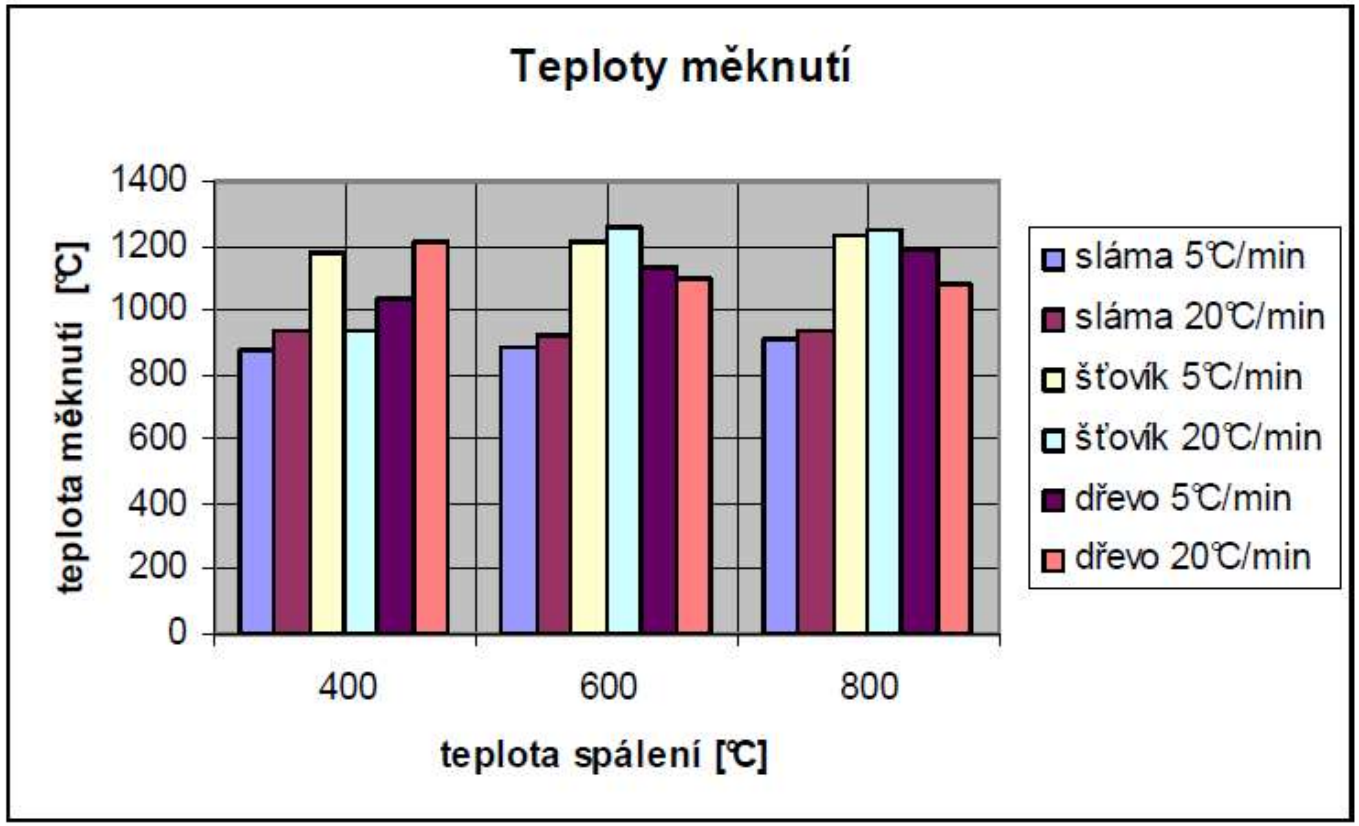
Spečený popel

5.8.1 Porovnání teplot deformace při rychlostech ohřevu 5 a 20°C/min



Graf 4: Teploty deformace popela

5.8.2 Porovnání teplot měknutí při rychlostech ohřevu 5 a 20°C/min

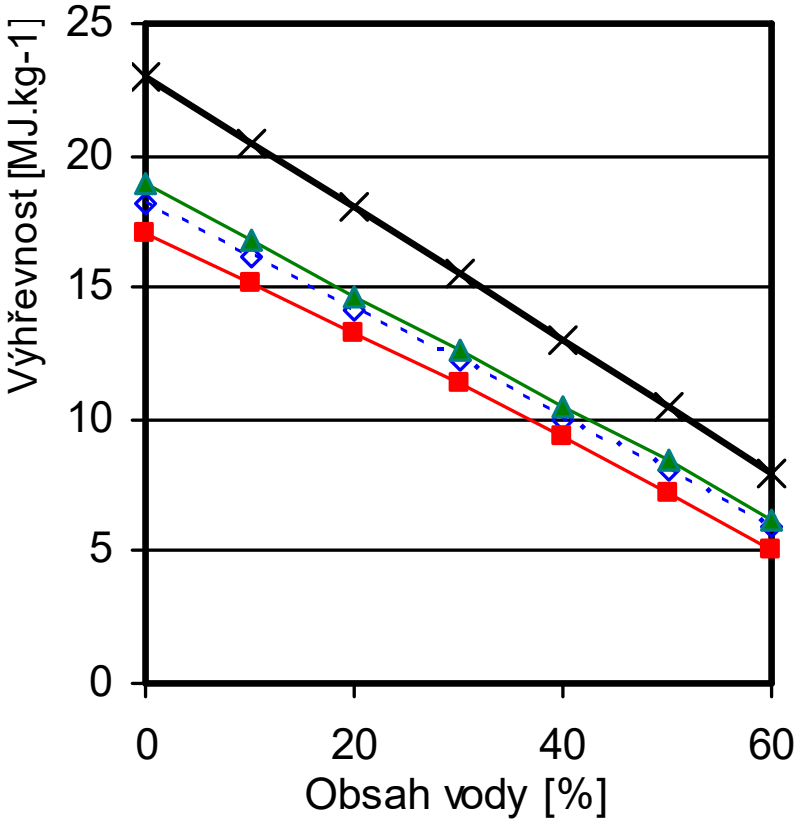


Graf 5: Teploty měknutí popela

Nápeky popele na prvním stupni přehříváků

Nežádoucí účinky vody v palivu

- snižuje výhřevnost paliva
- způsobuje problémy s dopravou
- zvyšuje objem spalin
- ovlivňuje korozi
- skladování
- vliv na koncepci kotle



Biologicky rozložitelný odpad

Druhy odpadů podle Katalogu odpadů tvořící BRKO

Katalogové číslo	Název druhu	Podíl biologicky rozložitelné složky (% hmotnostní)
20 01 01	Papír a/nebo lepenka	100
20 01 07	Dřevo	100
20 01 08	Organický kompostovatelný odpad	100
20 01 10	Oděv	75
20 01 11	Textilní materiál	75
20 02 01	Kompostovatelný odpad z údržby zeleně	100
20 03 01	Směsný komunální odpad	40[2]
20 03 02	Odpad z tržišť	75

- požadavky směrnice Rady 1999/31/EC
- na snížení množství BRO putujícího na skládky na 75% celkové hmotnosti v roce 1995 do roku 2010,
- na 50% do roku 2013
- a 35% do roku 2020.

Kompostování

- aerobní proces kdy se za pomoci mikroorganizmů biologicky rozložitelný odpad přemění na kompost
- předpoklad
  - dobré provzdušnění
  - optimální vlhkosti
- možnost využití odpadního tepla
- Fermentor EWA

Obr. 7: Aerobní fermentor EWA, výrobce AGRO-EKO

Energetické komposty

Tab. – Vlastnosti kompostů z energetického hlediska

Vzorek	Obsah vody (% hm.)	Spalné teplo (MJ/kg)	Výhřevnost (MJ/kg)	Popel (% hm.)
1	40,12	10,590	4,273	31,49
2	41,10	12,177	5,077	28,31
3	40,44	15,321	7,046	29,39
4	56,51	16,397	4,653	25,35

Fermentor EWA: (Agro-Eko)

Parametry výrobku jsou následující:

vlhkost	20 – 45 % m/m
obsah popele	max. 20 % m/m
poměr C : N	min. 20 – 40
výhřevnost	min. 9 MJ/kg
pH	6 – 8,5
sypná hmotnost	170 – 250 kg/m^3

		původní stav	bezvodý stav
obsah vody	% m/m	29,0	-
obsah popele	% m/m	11,39	16,05
výhřevnost	MJ/kg	10,95	16,42
prchavá hořlavina	% m/m	46,86	65,98
neprchavá hořlavina	% m/m	12,76	17,97
pH	%	7	

Citováno z: Jevič, Hutla, Šedivá: MOŽNOSTI ENERGETICKÉHO VYUŽITÍ KOMPOSTŮ A SEPARÁTŮ Z ANAEROBNÍHO ZPRACOVÁNÍ BIOMASY
http://www.vuzt.cz/svt/vuzt/publ/P2014/081.pdf

Energetické komposty

Tab. 4: Palivo-energetické rozbory separátu z BPS (v % m/m)

	Žlutice		Jevíčko		Krásná Hora	
	původní stav	bezvodý stav	původní stav	bezvodý stav	původní stav	bezvodý stav
voda	67,7	-	28,43	-	74,2	-
prchavá hořlavina	21,58	66,82	49,30	68,86	18,73	72,61
neprchavá hořlavina	6,47	20,02	14,68	20,51	4,87	18,86
popel	4,25	13,16	7,59	10,6	2,20	8,53
N	0,97	2,99	1,49	2,08	0,73	2,82

		Žlutice	Jevíčko	Krásná Hora
teplota měknutí	°C	1066	1140	1110
teplota tání	°C	1110	1170	1160
teplota tečení	°C	1150	1210	1190

Separát z BPS Žlutice byl následně podroben řízenému kompostovacímu procesu. V tab. 5 jsou uvedeny změny vybraných palivo-energetických parametrů.

Tab. 5: Změny palivo-energetických vlastností kompostovaného separátu z BPS (v % m/m)

	Doba kompostování - dny											
	0		10		20		28		35		42	
voda	67,7	-	45,66	-	48,58	-	63,86	-	52,45	-	53,24	-
prchavá hořlavina	21,58	66,82	32,75	60,27	29,97	58,25	20,40	56,45	27,01	56,81	15,21	41,39
neprchavá hořlavina	6,47	20,02	11,02	20,28	10,67	20,76	8,04	22,25	7,28	15,32	8,18	22,26
popel	4,25	13,16	10,57	19,45	10,77	20,95	7,69	21,29	13,25	27,87	13,36	36,35
N	0,91	2,81	1,62	2,99	1,55	3,02	1,17	3,23	1,60	3,37	1,66	3,56

	Zkompostovaná štěpka	Kompost + piliny 1:1	Separát Jevíčko
O_2 [%]	19,5	19,6	7,3
CO [mg*m^3_n]	215	166	101
NO_x [mg*m^3_n]	1807	1630	280
ETA [%]	21	21	93,8

Zkouška 3 na jiném kotli !!!!

Citováno z: Jevič, Hutla, Šedivá: MOŽNOSTI ENERGETICKÉHO VYUŽITÍ KOMPOSTŮ A SEPARÁTŮ Z ANAEROBNÍHO ZPRACOVÁNÍ BIOMASY
http://www.vuzt.cz/svt/vuzt/publ/P2014/081.pdf

Fermentační zbytek po suché fermentaci

Popis vzorku	W_t^r [%]	A^r [%]	h^r [%]	V^r [%]	Q_s^r [MJ/kg]	Q_i^r [MJ/kg]
	Voda veškerá	Popel	Hořlavina	Prchavá hořlavina	Spalné teplo	Výhřevnost
	(původní vzorek)	(původní vzorek)	(původní vzorek)	(původní vzorek)	(původní vzorek)	(původní vzorek)
zbytek po fermentaci	70,46	13,41	16,13	12,39	3,37	1,42

Popis vzorku	C^r [%]	H^r [%]	N^r [%]	O^r [%]	S^r[%]
	Uhlík	Vodík	Dusík	Kyslík	Síra
	(původní vzorek)	(původní vzorek)	(původní vzorek)	(původní vzorek)	(původní vzorek)
zbytek po fermentaci	8,99	1,02	0,69	5,32	0,10

Další vlastnosti

- zrnitost paliva
- měrná hmotnost
- sypná hmotnost
- obsah síry
  - obsah síry je nežádoucí
  - způsobuje:
    - SO_2 ve spalinách
    - snížení charakteristických teplot popele
    - zvýšení rosného bodu spalin -> koroze
  - síra se v palivu vyskytuje ve formě
    - organické – sirník, pyrit – spaluje se
    - síranové – nespalitelná složka

- Nežádoucí látky v biomase
  - alkálie v popelovinách (Na, K)
    - snižují charakteristické teploty popele
  - přítomnost chloru
    - vysokoteplotní koroze výhřevných ploch teploty povrchu do 400 °C
    - nízkoteplotní koroze (společně s S, F, Cl) - zvyšují rosný bod spalin
  - popeloviny - abraze

technologie	produkt	využití
termochemické přeměny – suché procesy		
spalování	teplo	vytápění, výroba elen
zplyňování	plyn	chemický prům., vytápění, výroba elen
rychlá pyrolýza	olej, dehet, plyn	vytápění, výroba elen, pohon vozidel, chemický prům.
chemické přeměny v kapalném prostředí		
zkapalňování	olej	pohon vozidel
esterifikace	bionafta – MEŘO	pohon vozidel
biochemické procesy – mokré procesy		
anaerobní digesce	bioplyn	chemický prům., vytápění, výroba elen, pohon vozidel
alkoholové kvašení	etanol, butanol	pohon vozidel
kompostování	hnojivo	hnojivo
mechanické přeměny		
lisování	olej	pohon vozidel
mechanická úprava	štěpka, pelety, drť...	vytápění…

Rychlá pyrolýza

- pyrolýza je jednoduchá a zřejmě i nejstarší způsob úpravy paliva na palivo kvalitnější (výroba dřevěného uhlí)
- je definována jako rychlý proces rozkladu při zvýšených teplotách (450÷550 °C) bez přítomnosti kyslíku
- teplo potřebné pro termochemickou přeměnu musí být dodáváno z cizího zdroje
- vzhledem k 85 % podílu prchavé hořlaviny je pyrolýza biomasy poměrně jednoduchá

Rychlá pyrolýza

- Výsledný produkt - bioolej (dřevní bioolej)
  - hnědá kapalina o hustotě 1,2 kg m^{-3}
  - výhřevnost 16-19 MJ kg^{-1}
  - možno využít jako palivo pro dieslové motory, mikroturbíny, kogenerační jednotky
  - výtěžnost

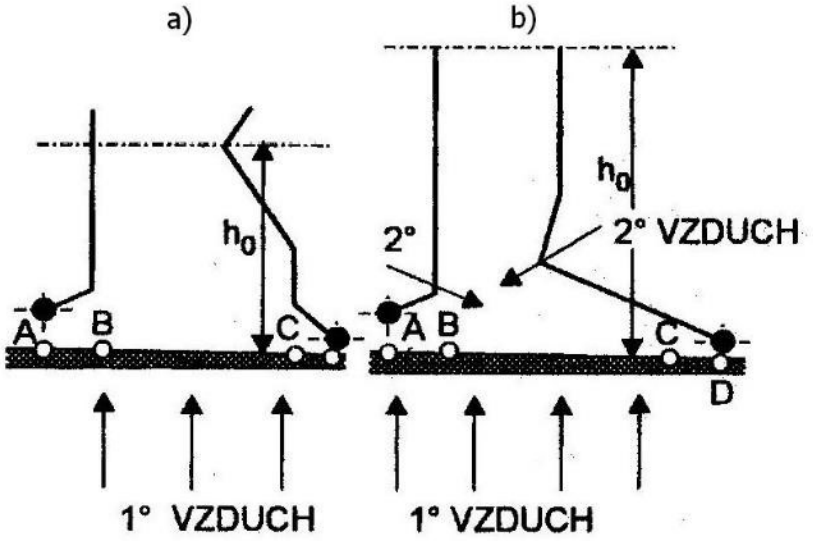
Spalování biomasy

Spalování biomasy

- Biomasa má vysoký podíl prchavé hořlaviny 75-85%
- Prchavá hořlavina se z paliva uvolňuje při teplotách přes 150 °C,intenzivně při teplotách 200-250 °C.
- Při dalším nárůstu teplot dochází k hoření prvních složek paliva.
- Při překročení hranice 450 °C se zapalují vodík a uhlovodíky a teplota plamene prudce narůstá na hodnotu 900 –1400 °C (podle vlhkosti paliva a přebytku spalovacího vzduchu).
- Při teplotách okolo 600 °C dochází k zapálení pevného podílu hořlaviny v dřevěném uhlí. Aby došlo k dokonalému vyhoření prchavé hořlaviny, je nutné udržet plamen v teplotách nad 900 °C a přivést do něj dostatečné množství kyslíku

Odlišnosti při spalování biomasy oproti spalování fosilních paliv

- vysoký podíl prchavé hořlaviny
- velká délka plamene
- nutné dělení přiváděného vzduchu na primární, sekundární, příp. terciární
- malý obsah popele
- charakteristické teploty popele
- úskalí energetického využití biomasy
  - velké skladovací prostory
  - proměnlivost vlastností paliv
  - nízký bod měknutí, tání a tečení popele



ALKALICKÁ KOROZE VYZDÍVEK

SPALOVÁNÍ BIOMASY - **Dopady na vyzdívky při jejím spoluspalování :**

- Napadení povrchové vrstvy vyzdívky v závislosti na spoluspalovaném množství biomasy
- Zvýšení množství nálepků

- **Alternativní paliva :**
- **zejména tříděný komunální odpad TAP**
- **Dopady na vyzdívky při jejich spoluspalování :**

- Hloubkové napadení vyzdívky
- Alkalická koroze kotevních prvků
- Napadení ocelové konstrukce pláště zařízení
- Tvorba nálepků

KOROZE VYZDÍVEK

- **Alkalické kovy z pohledu Periodické tabulky prvků : Li, Na, K, RB, Cs, Fr**

- **Na alkalické korozi se podílejí i další prvky, například chlór, nebo prvky**
- **skupiny fluoridů a dále Ti02, Al2O3, SiO2, FE2O3, MgO, Na2O, K2O, CaO.**

- **Princip vlastní koroze je podobný jako při korozi kovů.**

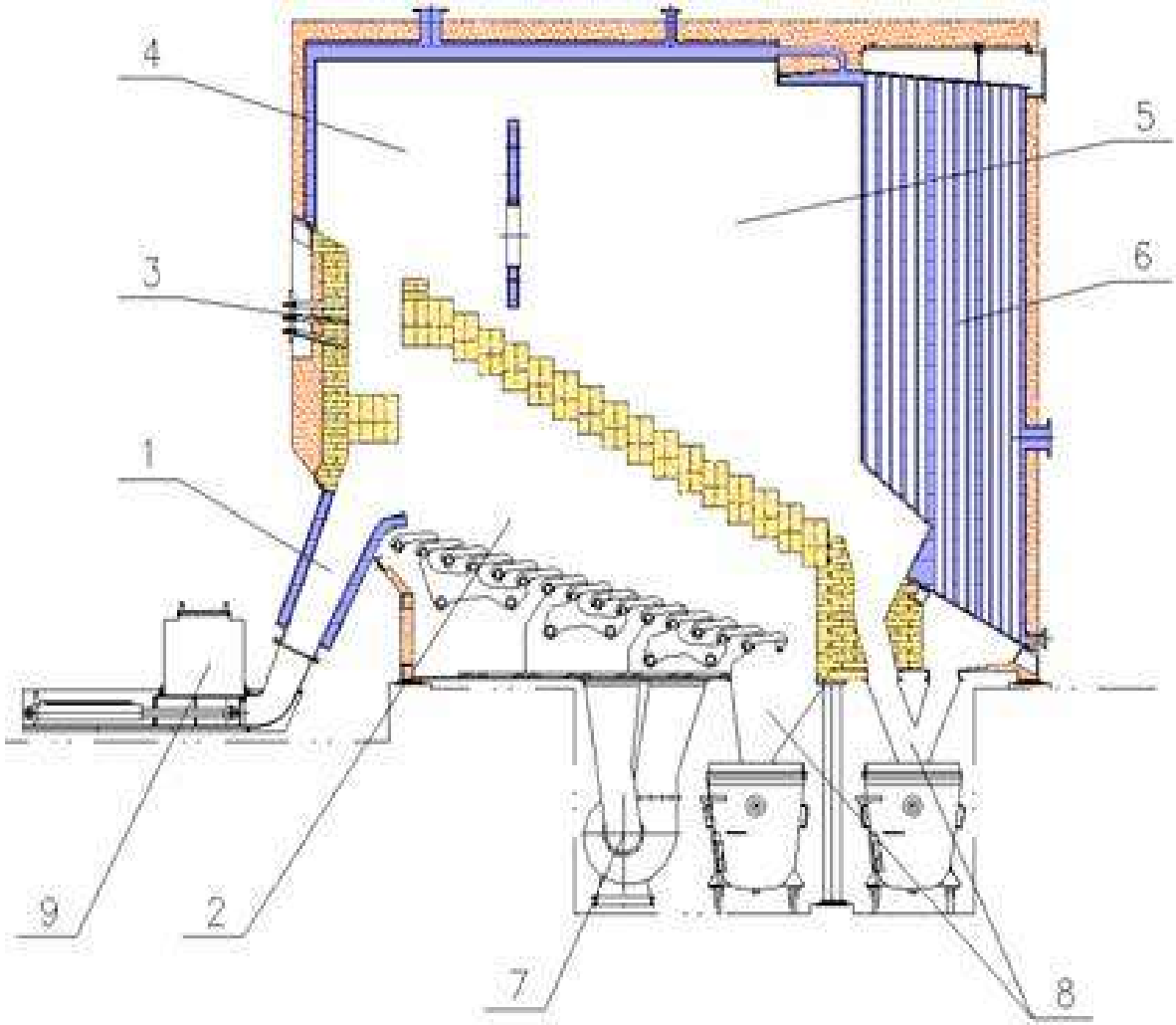
- Vedle vysokých teplot je žárovzdorná vyzdívka vystavena abrazi a koroznímu
- působení pevných částic v podobě nálepků a plynných zplodin. Důsledkem je postupné opadávání napadených vrstev vyzdívky.Tento proces se neustále opakuje.
- Intenzita koroze je dána koncentrací alkalických látek, provozní teplotou a
- použitým žáruvzdorným materiálem.

VŠEOBECNÉ ZÁVĚRY A DOPORUČENÍ

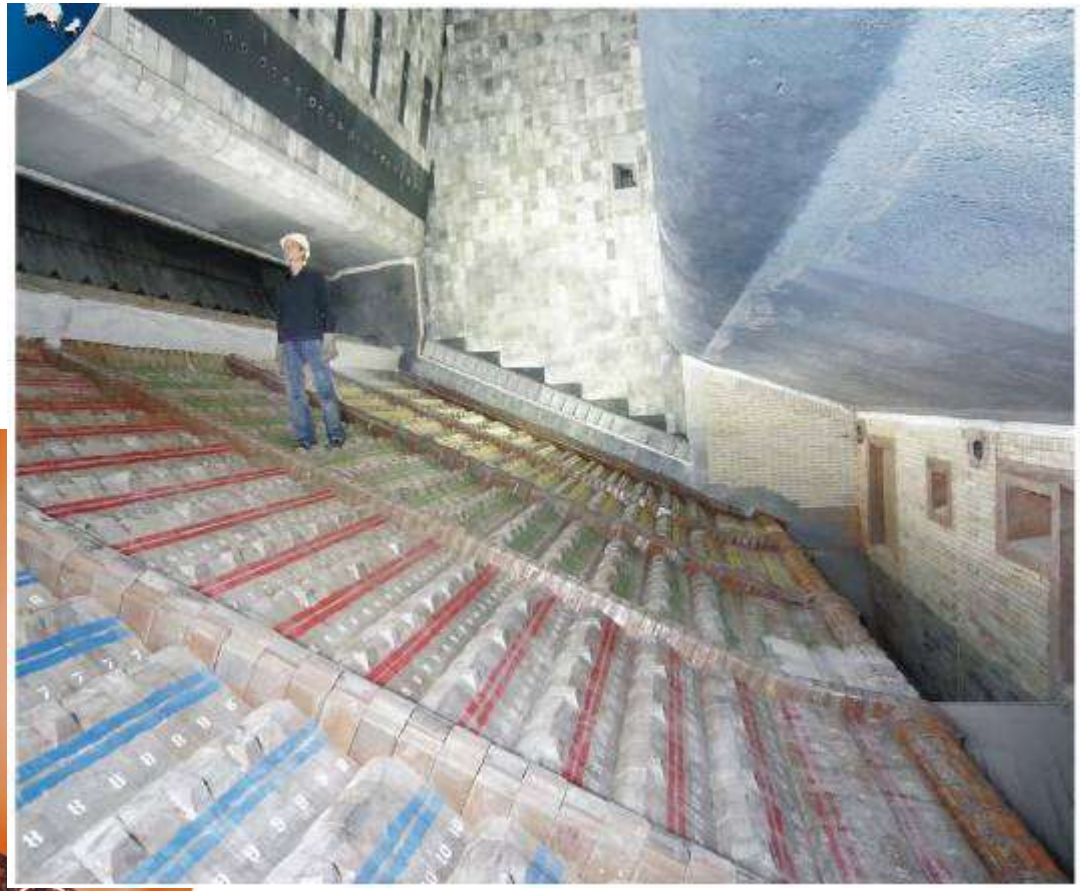
- V současné době existuje celá řada funkčních nových aplikací vyzdívek,
- konstruovaných odlišnými postupy a materiály.
- **Rozhodující vlastnosti pro použití v alkalickém prostředí:**
- - Pórovitost materiálu
- - Hodnoty lineárních změn
- - Únosnost v žáru
- - Tlaková pevnost
- - Obsah CaO a chemické složení žárovzdorného materiálu

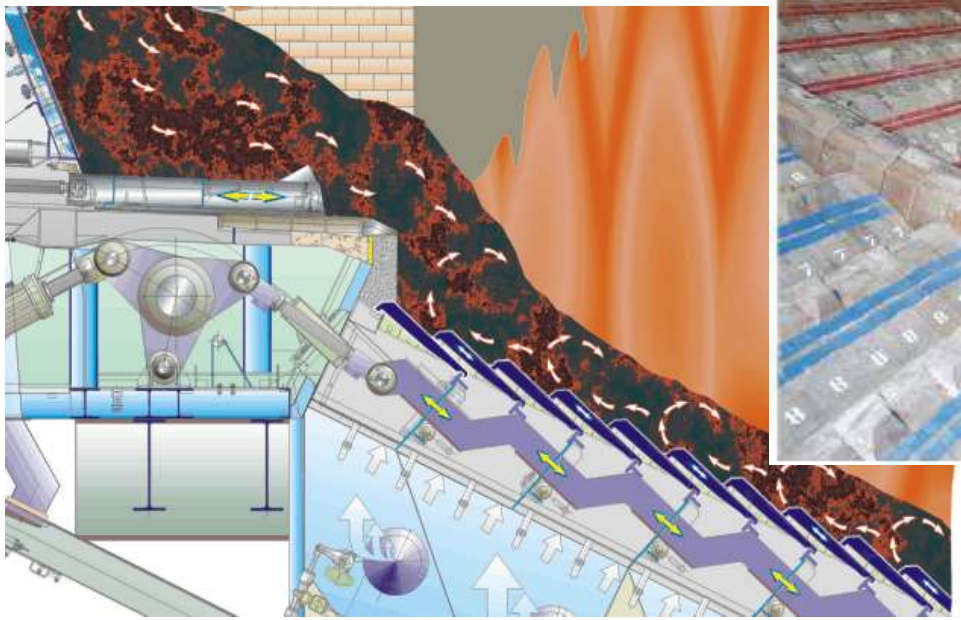
- **Doporučení, vyplývající z experimentálního zkoumání :**
- - Používat žáromateriály s vysokou chemickou čistotou a nízkou pórovitostí.
- - Doporučujeme používat materiály, u kterých s růstem provozní teploty dochází k
- mírnému nárůstu objemové hmotnosti, což je zárukou snižující se pórovitosti, nesmí
- docházet k poklesu pevnosti v tlaku a také kolísání lineárních délkových změn.
- - Moderní metodou je používání prefabrikovaných žárobetonových tvarovek, které
- spojují výše popsané zásady.
- - Vždy je však nutno navrhovat vyzdívku pro každý kotel samostatně a zohlednit
- odlišnosti vyplývající z jeho provozování a konstrukční členitosti.
- - Volba vhodného materiálu pro konstrukci kotvení vyzdívek (AISI 330, M 253 MA).

Kotel s přesuvným roštem

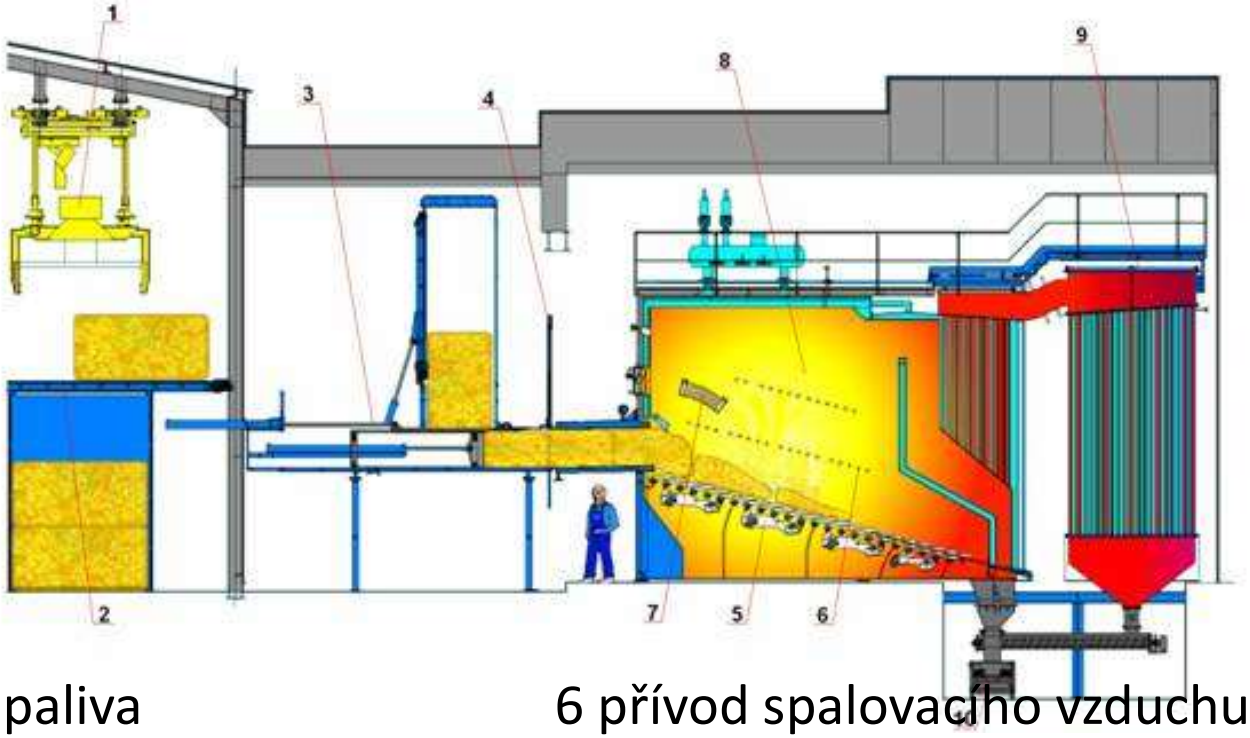


Kotel s vratisuvným roštem





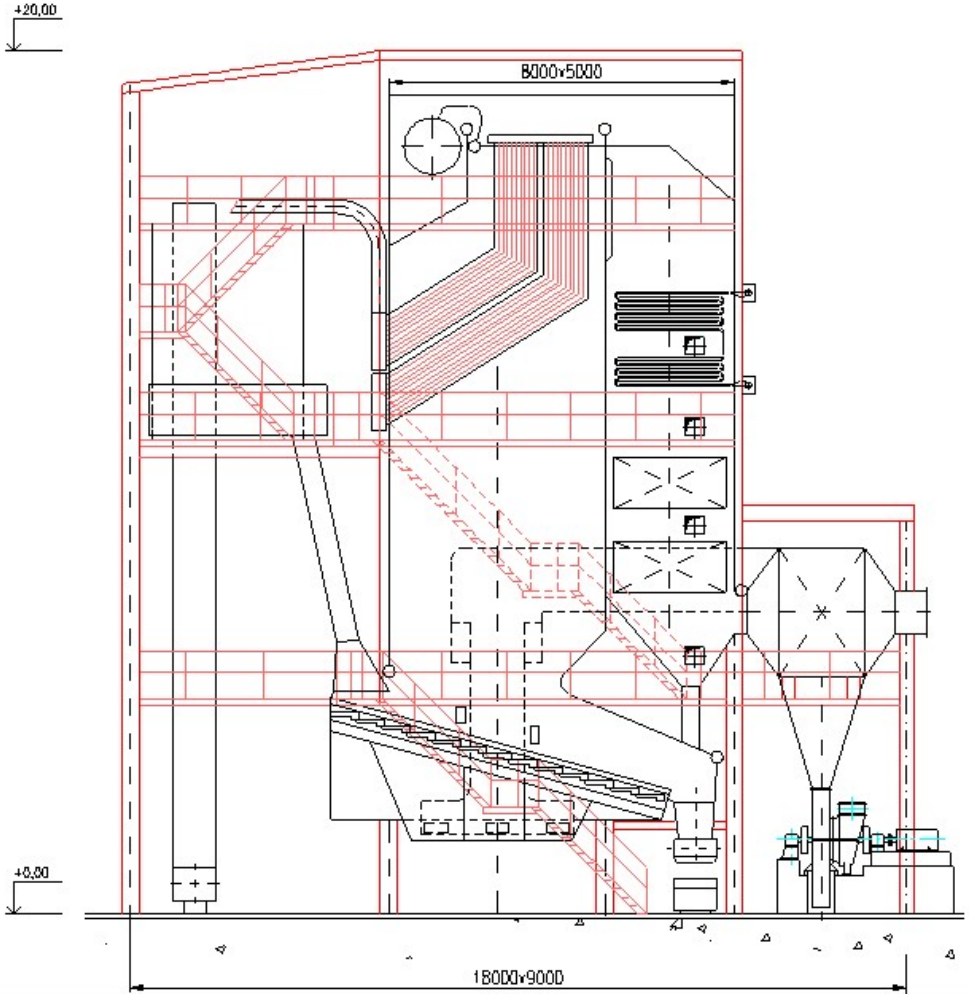
Kotle na balíkovou slámu



1 zakladač paliva
2 dopravník slámy
3 stříhací mechanismus
4 branka
5 šikmý sesuvný rošt
6 přívod spalovacího vzduchu
7 zapalovací klenba
8 spalovací komora
9 oddělený výměník
10 dopravník popele

Kotle na pevná biopaliva

- pára 25 t/h, 460 °C, 46 bar
- vratisuvný rošt s roštnicemi chlazenými primárním spalovacím vzduchem
- spalování přizpůsobené pro dlouhoplamenné hoření biomasy s obsahem prchavé hořlaviny 70-85 %
- automatické přenastavení spalovacího režimu podle druhu spalované biomasy
- velký regulační rozsah výkonu kotle
- celomembránové provedení stěn kotle



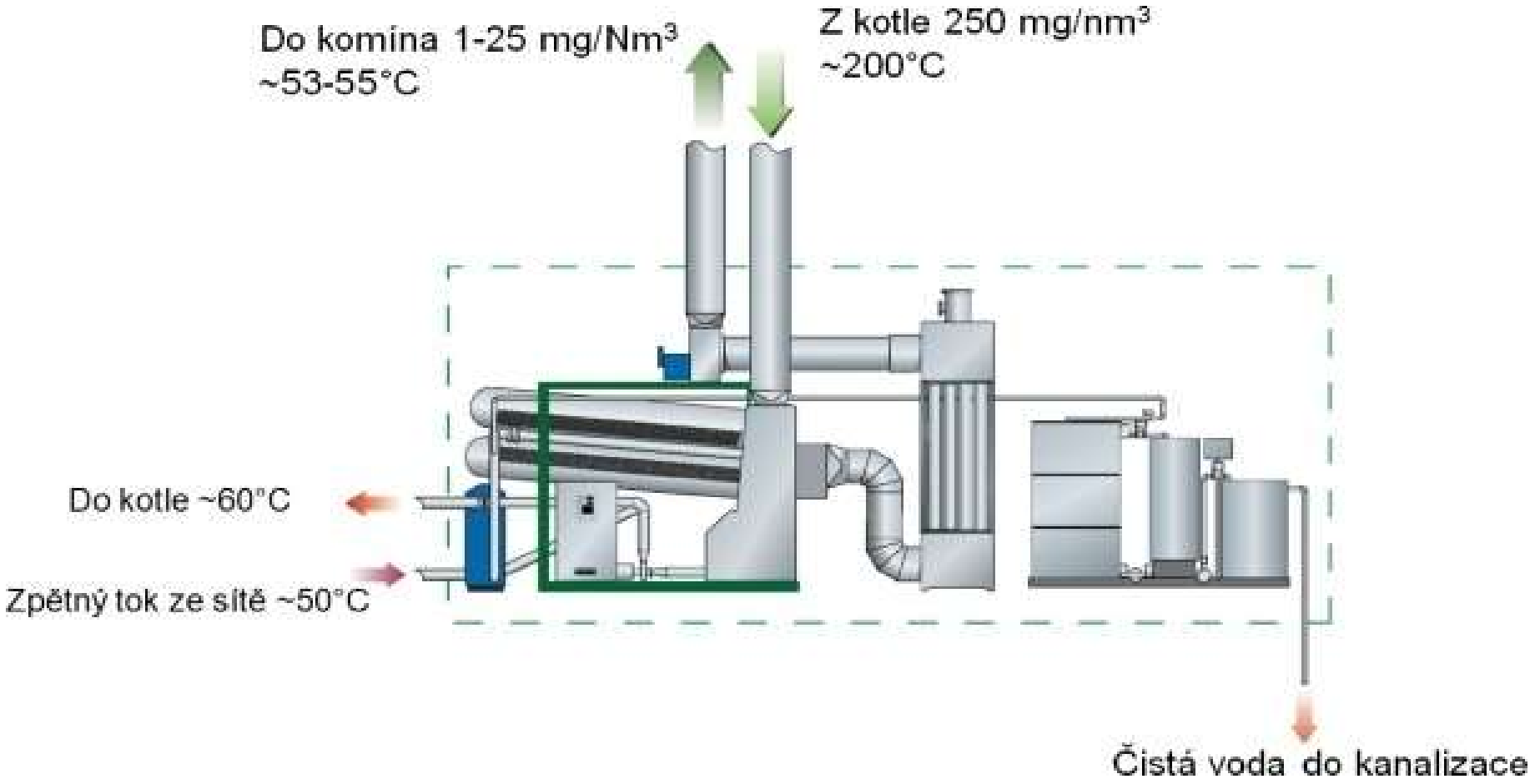
Spalinový kondenzátor

- Základem zařízení je přímý výměník tepla a hmoty. Vlhké spaliny jsou vedeny šikmým potrubím, kde jsou intenzivně sprchovány procesní vodou. Následně jsou spaliny zchlazeny na teplotu rosného bodu a takto vzniklá pára je kondenzována. Zároveň jsou procesní vodou zachycovány prachové částice. Energie odebraná spalinám (snížením teploty spalin, kondenzací páry) je ze systému odváděna do topného systému kotle.

- **Čištění spalin - mokrý elektrofiltr**
- Samotný sprchový kondenzátor odloučí ze spalin pouze hrubé prachové částice. Pro odloučení jemných prachových částic je namontován mokrý elektrofiltr. Ten je zapojen za sprchový kondenzační výměník, má velice malé rozměry a 100% funkčnost, protože spaliny zchlazené na rosný bod mají malý objem a zároveň jsou zcela nasycené.

- **Energetický přínos**
- Podmínkou efektivního provozu systému je dostatečná vlhkost spalovaného paliva (50 až 60%) a dostatečně nízká teplota vratné vody ze systému (max. 55°C). Při optimálních provozních parametrech lze instalací kondenzačního výměníku zvýšit účinnost kotle vhledem k energii v palivu až na 95%.

Spalinový kondenzátor



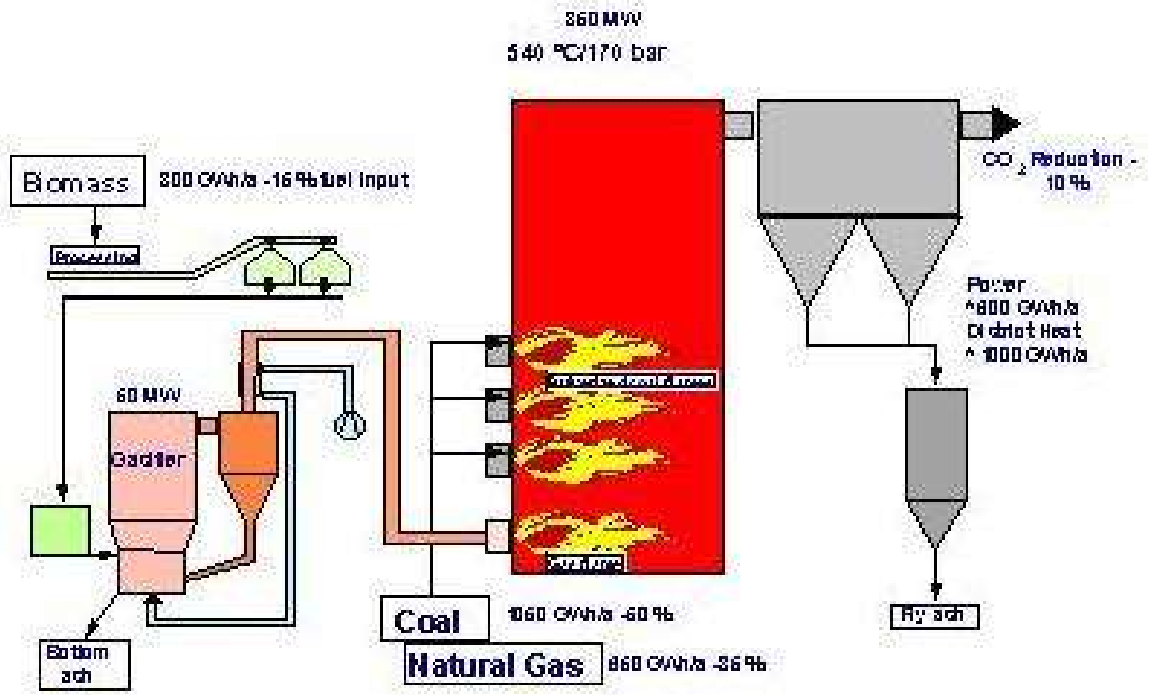
Zdroj: TTS Třebíč

Spoluspalování biomasy

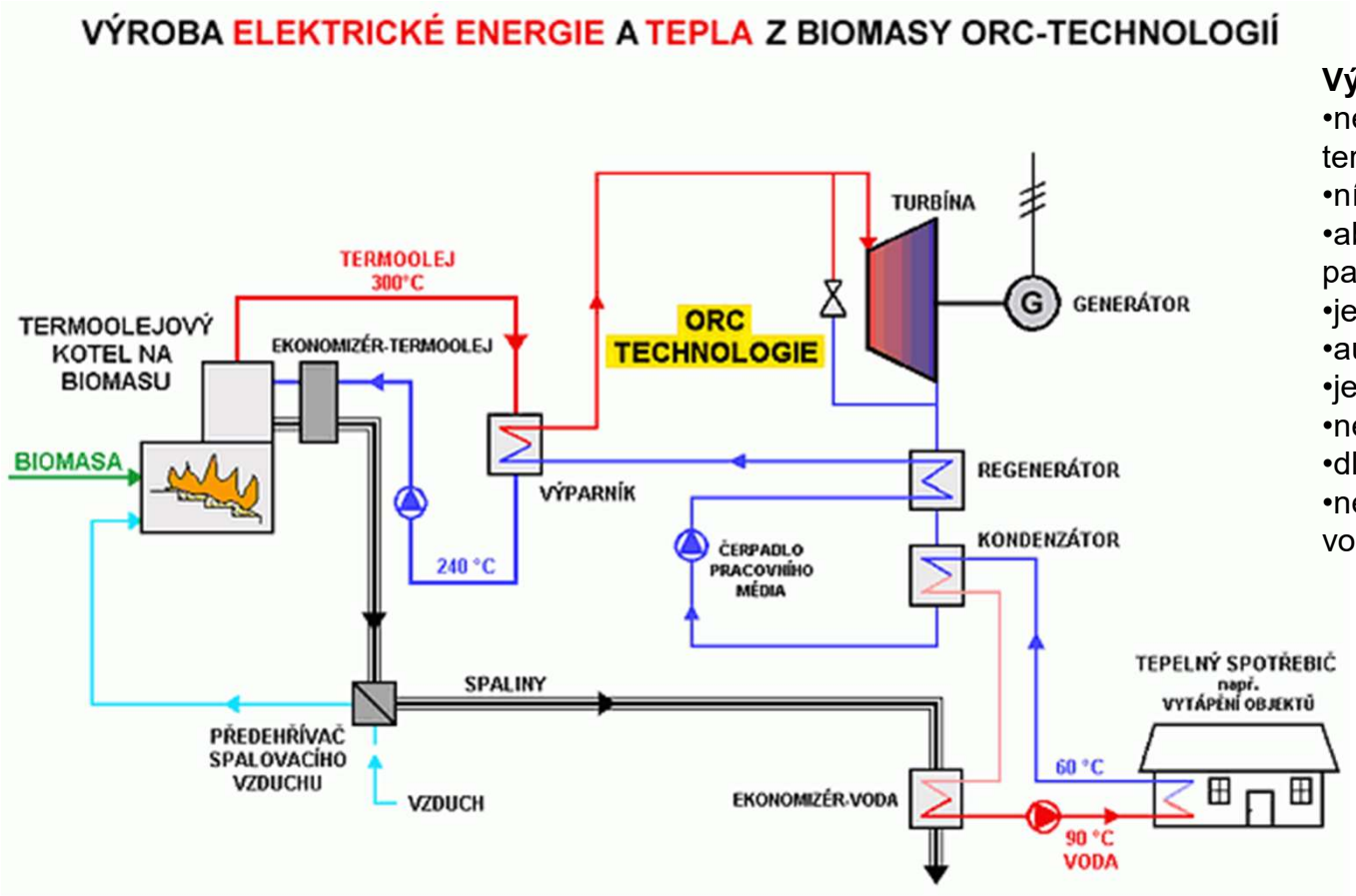
- Přímé x nepřímé
- Roštové kotle x fluidní kotle
- Nepříznivá legislativa
- Výhody x nevýhody

Lahti, Finsko

Fig. 2 Lahti Gasifier and PC Boiler Systems



ORC Technologie



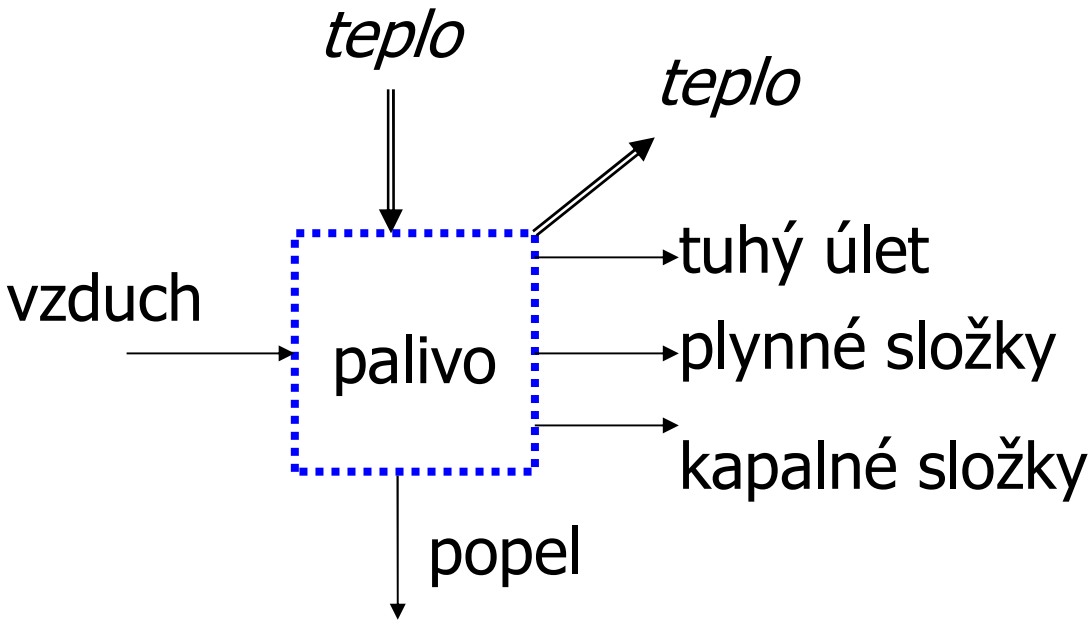
Výhody ORC:

- nejvyšší účinnost turbíny / termodynamického cyklu
- nízké mechanické namáhání turbíny
- absence vlhkosti během expanze par, která způsobuje erozi lopatek
- jednoduché spouštěcí postupy
- automatický a nepřetržitý provoz
- jednoduché údržbové postupy
- nevyžaduje účast provozovatele
- dlouhá životnost provozu (> 20 let)
- není vyžadována demineralizace vody

Zdroj:http://www.tzb-info.cz/1247-nova-technologie-pro-vyrobu-elektricke-energie-a-tepla-z-biomasy

Zplyňování

- termochemická přeměna pevného nebo kapalného paliva na plyn s podstechiometrickým množstvím přistupujícího kyslíku



Produkty zplyňování

- plyn, popel, pevný úlet, nečistoty, příměsi
  - složení plynu

CH_4	3÷5 %
H_2	8÷12 %
CO	12÷18 %
CO_2	15÷20 %
N_2	48÷60 %
Q_i^d	3,5÷5,5 $MJ.m_n^{-3}$
ρ	1,22 $kg.m_n^{-3}$

  - nečistoty
    - dehet (fenol a vyšší)
    - pevné částice (popeloviny, nedopal)
    - vyšší uhlovodíky (benzen, toluen, xylen)
    - sloučeniny síry (H_2S, SO_x)
    - sloučeniny dusíku (HCN, NH_3, NO_x)
    - sloučeniny chloru
    - sloučeniny alkalických kovů

Termodynamika zplyňování

- faktory ovlivňující chemické reakce
  - velikost palivových částic a rozsah rozměru
  - obsah vody v palivu
  - způsob kontaktu částice s plynem
  - míra ohřívání
  - teplotní profil generátoru
  - tlak v generátorů

$$CO + H_2O \leftrightarrow CO_2 + H_2 - 41{,}1kJ$$

$$C + H_2O \rightarrow H_2 + CO + 131{,}3kJ$$

$$C + O_2 \rightarrow CO_2 - 393{,}5kJ$$

$$C + 2H_2O \rightarrow CO_2 + H_2 + 90{,}2kJ$$

$$C + 0{,}5O_2 \rightarrow CO - 110{,}5kJ$$

$$C + 2H_2 \leftrightarrow CH_4 - 74{,}8kJ$$

$$2CO + 2H_2 \leftrightarrow CH_4 + CO_2 - 247{,}3kJ$$

$$CO + 3H_2 \leftrightarrow CH_4 + H_2O - 206{,}1kJ$$

$$CO_2 + 4H_2 \leftrightarrow CH_4 + \mathrm{H_2}O - 165{,}0kJ$$

Fáze při zplyňování

- fáze spalování
  - ohřev, odpaření vody, oxidace
  - produkty: plynné složky, popel
- fáze pyrolýzy
  - ohřev, odpaření vody, uvolňování plynných látek
  - produkty: plynné složky, polokoks
- fáze vytváření chemické rovnováhy
  - promíchání plynných produktů a jejich vzájemné reakce
  - získáme konečné složení plynu

Kriteria zplyňování

- výhody zplyňování
  - možnost kogenerace vedoucí k úspoře primárních energetických zdrojů
  - možnost smíšení s jinými palivy
  - teplota procesu není omezena nízkými teplotami měknutí popele
  - snadná kontrola spalovacího režimu
- nevýhody zplyňování
  - vznik složitých aromatických uhlovodíků – dehet
  - vysoké požadavky na kvalitu a čistotu plyn
  - složitější technologie
  - vyšší investiční náklady

Využití dřevoplynu

- chemický průmysl pro separaci metanu, vodíku, čpavku atp.
- spalování v kotli v parním RC

  e=0,1-0,2
- spalování v tepelných motorech

  e=0,5-0,6 pro spalovací motory,

  e= 0,6-0,9 pro paroplynové cykly

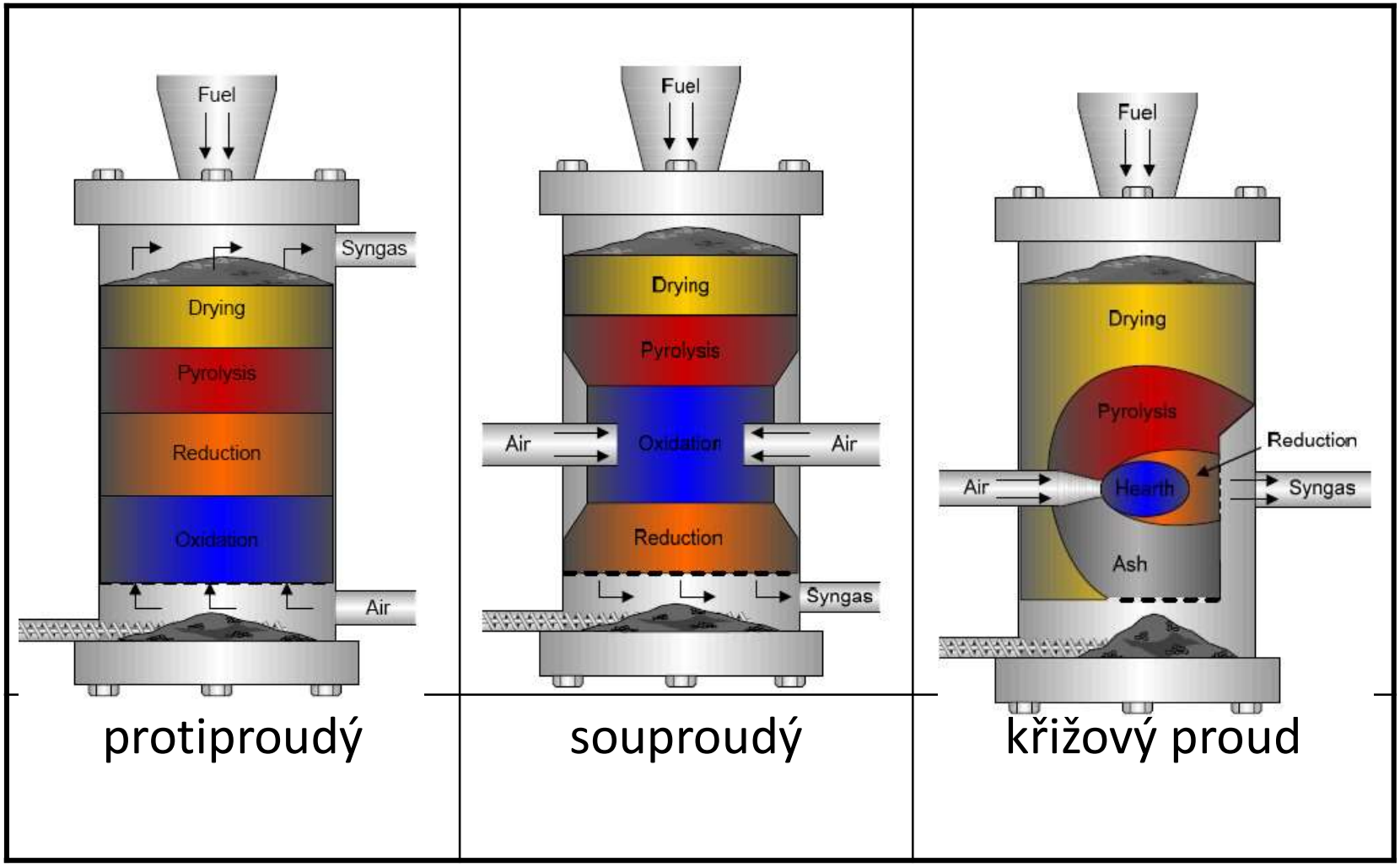
Zařízení pro zplyňování

- pevné (sesuvné) lože
  - souproudé
  - protiproudé
  - s křížovým prouděním
- fluidní lože
  - se stacionární fluidní vrstvou
  - s cirkulující fluidní vrstvou
- podle provozního tlaku
  - atmosférické
  - tlakové

Troška historie

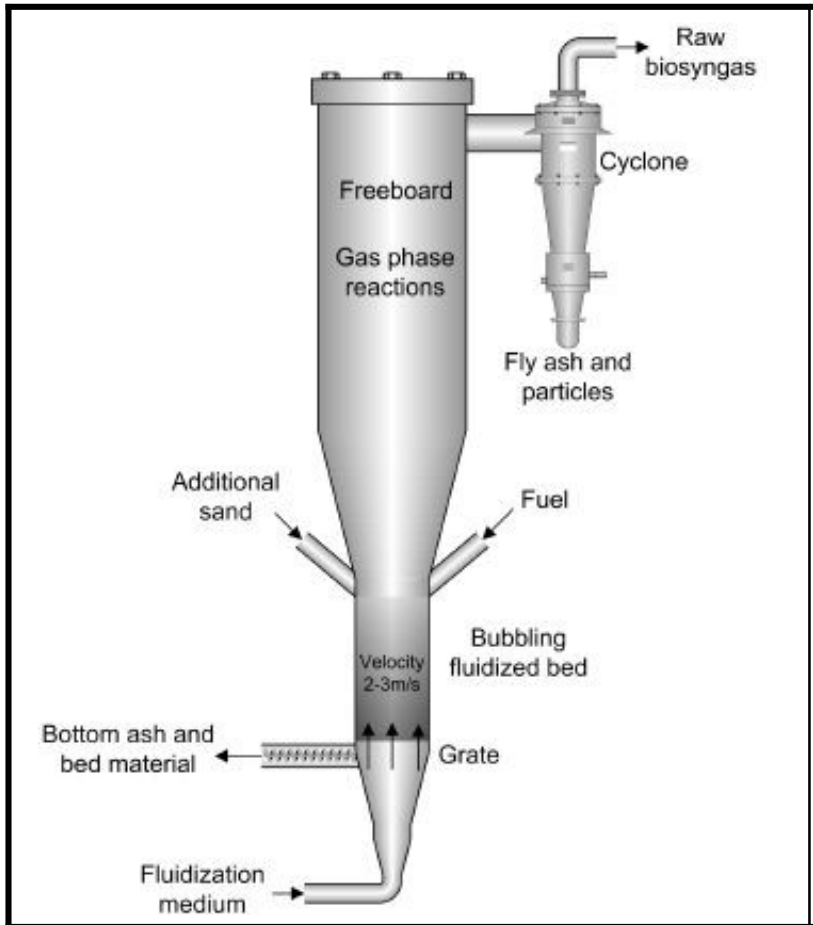
Škoda Superba r. 1942 model
s generátorem na dřevoplyn

Typy zplyňovacích zařízení – pevné lože

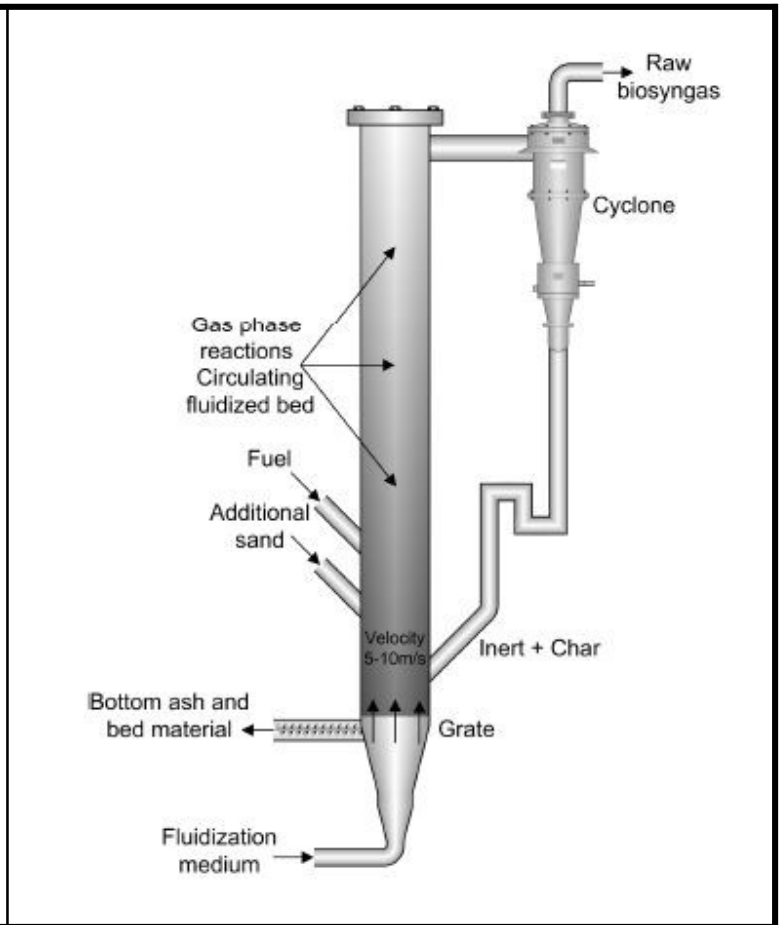


protiproudý souproudý křižový proud

Typy zplyňovacích zařízení – fluidní lože

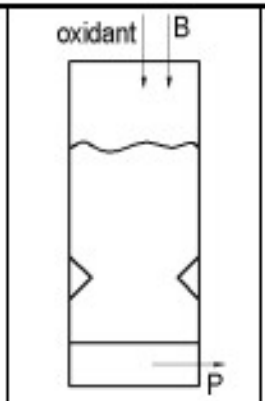
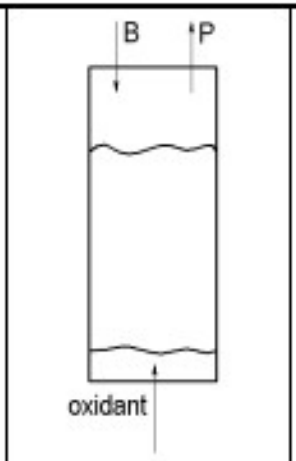
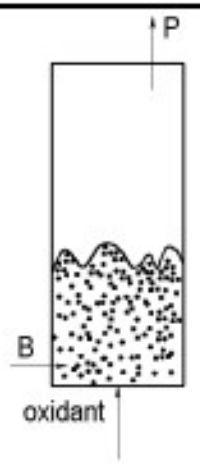
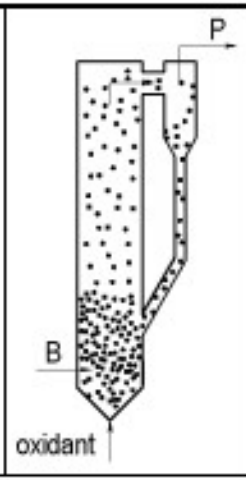
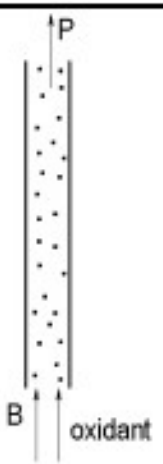


s bublinkujícím ložem

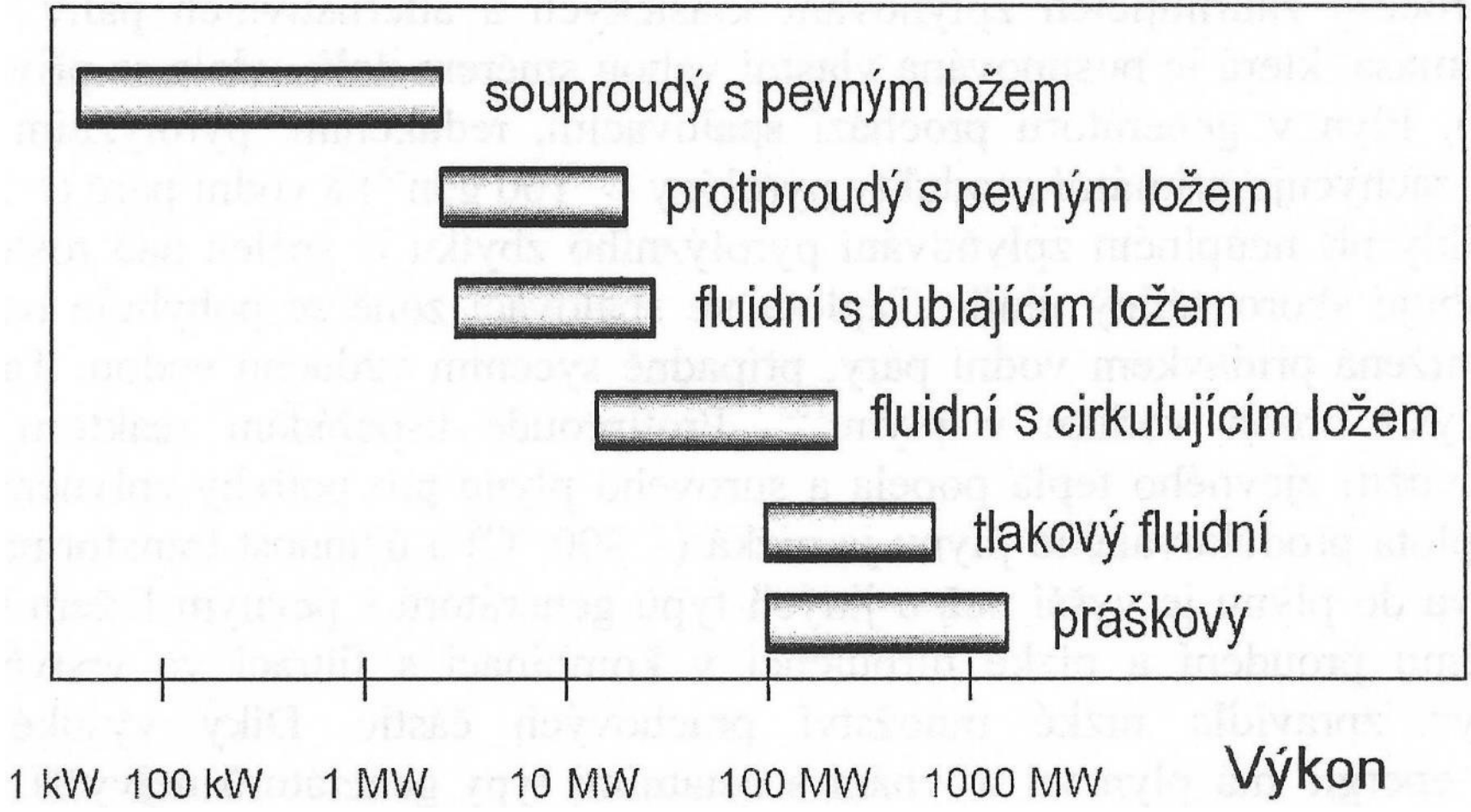


s cirkulujícím ložem

Porovnání typů zplyňovačů

					
skupina	pevná vrstva pohybující se dolů		fluidní vrstva		unášená vrstva
typ	souproudý	protiproudý	hustá	cirkulující	
t_{max} (°C)	700 – 1200	700 – 900	< 900	< 900	< 1500
$t_{p,out}$ (°C)	750 – 850	150 – 300	600 – 750	600 – 750	< 1500
řízení	jednoduché	velmi jednoduché	střední	střední	velmi komplexní
vlastnosti paliva	velmi rozhodující	rozhodující	méně rozhodující	méně rozhodující	velmi jemné částice
obsah dehtu	nízký	velmi vysoký	střední	střední	prakticky žádný

Porovnání typů zplyňovačů



Druhy zplyňovacích medií

- vzduch – levný, nízká výhřevnost plynu
- O_2 – vyšší výhřevnost
- vodní pára – zvyšování obsahu vodíku
- směs vzduchu (nebo O_2) a vodní páry
- CO_2 – zvyšování obsahu metanu
- H_2 – zvyšování obsahu vodíku

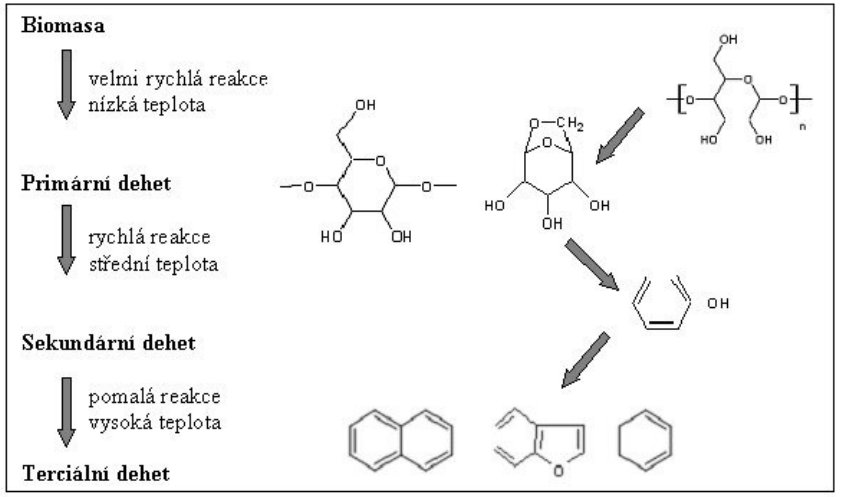
Dehet:

„Přítomnost dehtu je jedním z hlavních problémů při energetickém využívání energoplynu….“

Definice dehtu

- Tar Protocol…..*“jedná se o veškeré organické látky s bodem varu vyšším než má benzen (80,1°C)“*

- Tvorba dehtu:



Rozdělení dehtu:

- Podle vzniku dehtu:
  - primární dehet – bezprostřední produkty pyrolýzy, aldehydy, alkoholy, furany, apod.
  - sekundární dehet – stabilnější fenoly a olefiny
  - terciální dehet – stabilní látky: alkylaromáty(styren, xylen, toluen,...), PAHy (inden, naftalen, pyren, atd...)
- Klasifikace podle schopnosti kondenzace a rozpustnosti ve vodě:

1. nedetekovatelné pomocí plynové chromatografie
2. heterocyklické sloučeniny
3. aromatické uhlovodíky (jednokruhové)
4. lehké polyaromatické uhlovodíky (2-3 kruhové PAH)
5. těžké polyaromatické uhlovodíky (5-6 kruhové PAH)
6. neidentifikovatelné při plynové chromatografii

Primární metody eliminace dehtu:

- výhodou je jejich přímá aplikace v generátoru, není však možno dosáhnout úplného odstranění dehtů

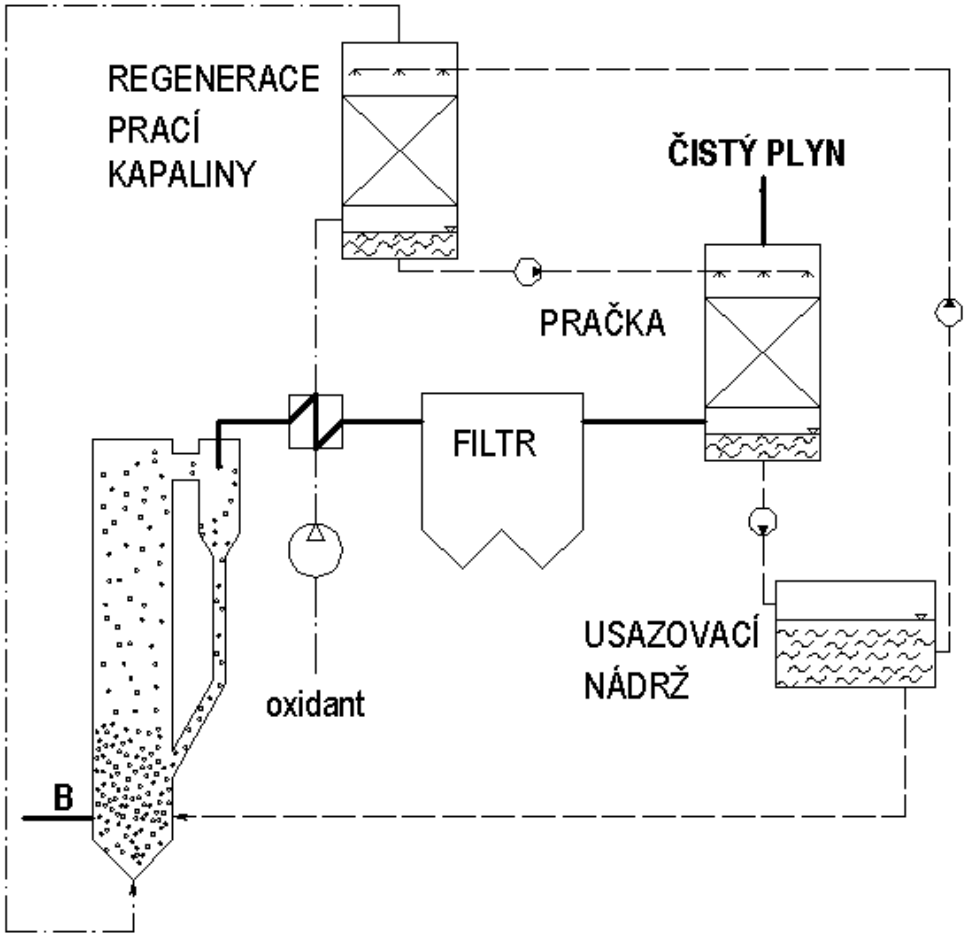
  - Tepelné krakování
    - teploty 950 –1200°C podle typu dehtu
    - dehty z biomasy jsou teplotně stabilnější
    - kontakt s otápěným povrchem
    - přívod vzduchu – ochlazení, ztráta výhřevnosti
  - Parciální oxidace
  - Katalytické krakování
    - dehet z biomasy obsahuje vysoce stabilní PAHy
    - pro jejich odstranění je nutná přítomnost katalyzátorů
    - vápenaté materiály, zejména olivín a dolomit
    - dosaženo až 20-ti násobné snížení dehtu
    - 0,5 – 2 g/Nm^3

Sekundární způsoby odstraňování prachu a dehtu

- odstraňování prachu
  - horký cyklon
  - mokré elektrostatické odlučovače
  - bariérové filtry
  - mokré metody
- odstraňování dehtu
  - termický rozklad
  - mokré metody
  - použití aktivního uhlí
  - katalytické metody

Mokrá vypírka

- nevýhody praček
  - maření tepla
  - spotřeba prací kapaliny
  - nízká účinnost vypírky
  - produkce znečištěné kapaliny



Sekundární metody eliminace dehtu:

- výhoda: vysoký stupeň čistoty plynu
- nevýhodou je nutnost instalace dalších zařízení
- Katalytické štěpení dehtů
  - vlastnosti katalyzátorů: levné, pevné, odolné proti otěru, odolné proti deaktivaci, spékání, regenerovatelné
  - redukce dehtu je podmíněna přítomností vodní páry nebo CO_2

$C_nH_m + n\ H_2O \rightarrow n\ CO + (n + m/2)\ H_2$ ...parní reforming

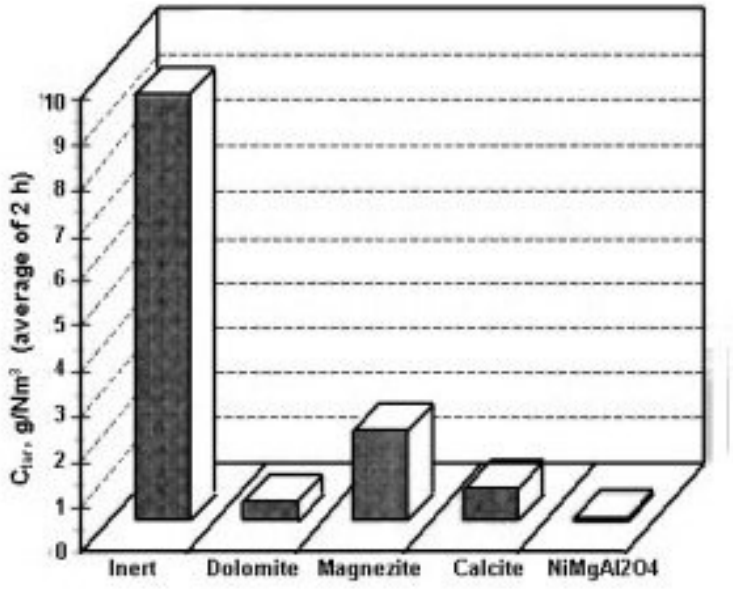
$C_nH_m + n\ CO_2 \rightarrow 2n\ CO + (\ m/2)\ H_2$...suchý reforming

Dále: hydrokrakování, hydrogenace, kat. pyrolýzy, polymerace

- Průmyslové katalyzátory (na bázi kovů, např. Ni)
- Přírodní katalyzátory (vápence)

Katalyzátory na bázi kovů:

- Výhody:
  - jsou účinnější než přírodní katalyzátory
  - pracují za nižších provozních teplot
- Nevýhody:
  - jsou náchylné k otravě sírou, popř. deaktivaci látkami, jež blokují jejich mikrostrukturu (alkálie, SiO_2)
  - jsou podstatně dražší



Přírodní katalyzátory:

- Výhody:
  - jsou dostupné a levné
  - dosahují vysoké účinnosti štěpení dehtů
  - nižší náchylnost k deaktivaci sírou při vysokých teplotách
- Nevýhody:
  - vyšší provozní teploty
  - náchylnost k tvorbě „zakoksování“

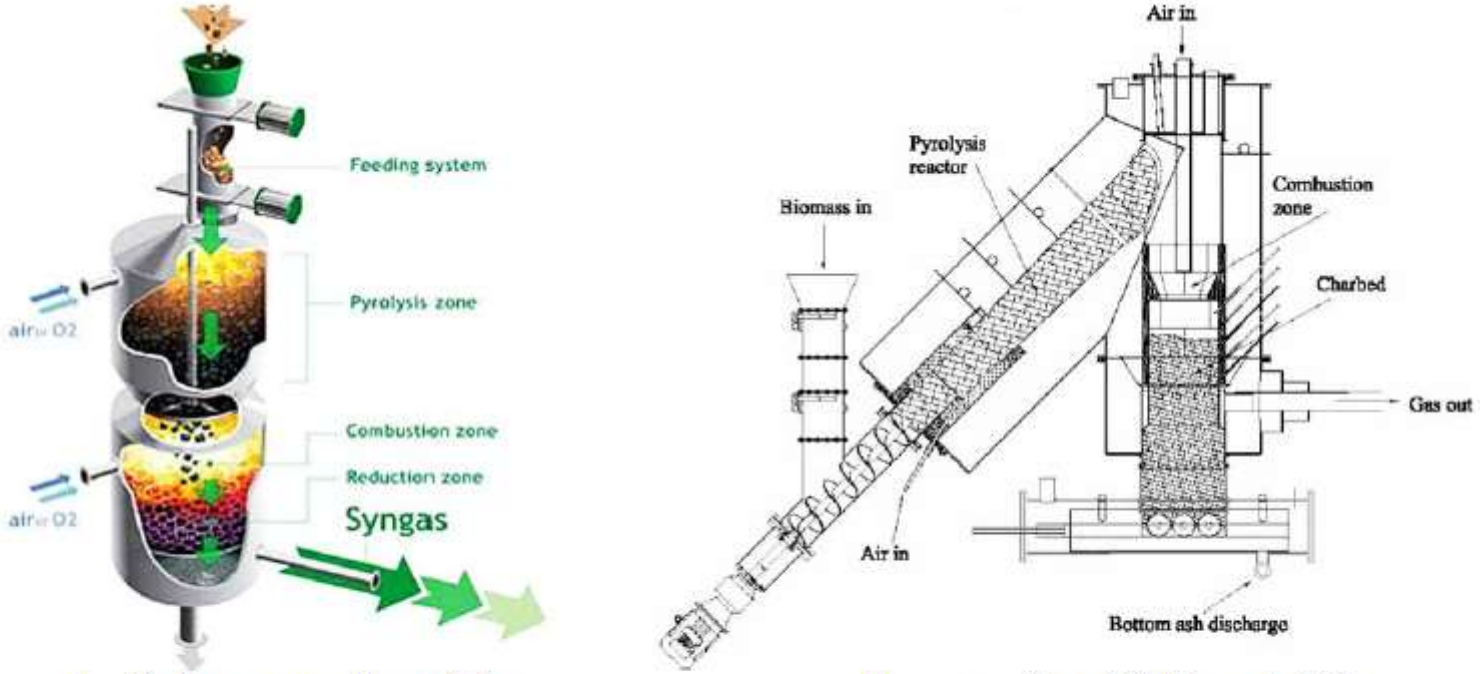
    - suchý reforming →

    „dehet“ - parní reforming → CO +CO_2+ H_2 +CH_4 +....+ „koks“

    - termické štěpení →

    - nejedná se o nevratný proces
    - T >840°C, d< 1,9mm, m> 0,17 kg.h.m^{-3}
- olivín, **dolomit**, zeolit, kalcit, vápenec

Vícestupnové generátory

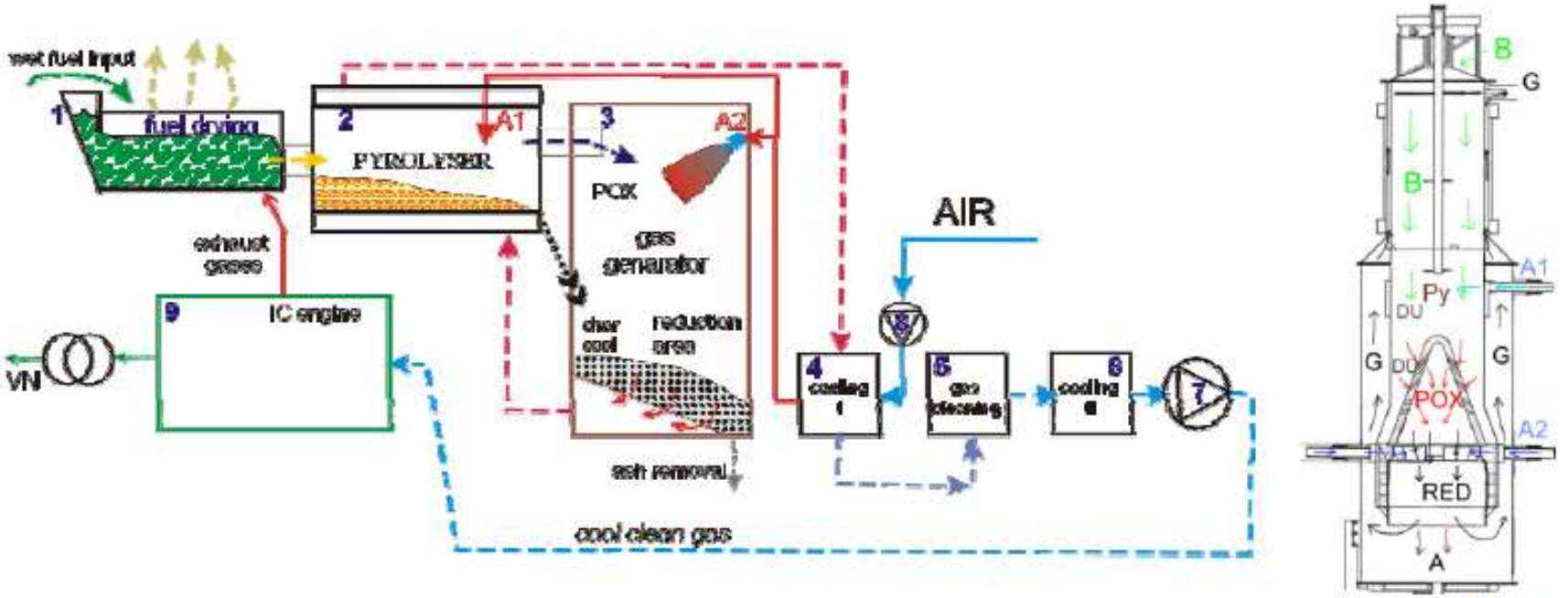


a) NoTar generátor od firmy XyloWatt [4][8]

b) generátor TK Energi A/S

Obr. 4 Vícestupňové generátory s autotermní pyrolýzní jednotkou

Vícestupnové generátory TARPO



a) schéma výrobní technologie *b) GP200*

1- sušárna na odpadní teplo, 2- pyrolýzní část vícestupňového generátoru, 3- parciálně-oxidační část vícestupňového generátoru, 4- chlazení plynu zplyňovacím vzduchem, 5- čištění plynu (horké rukávové filtry), 6- chlazení plynu, 7- plynové dmychadlo, 8- vzduchové dmychadlo, 9- spalovací motor

Obr. 5 Vícestupňový generátor Tarpo GP200 [9]

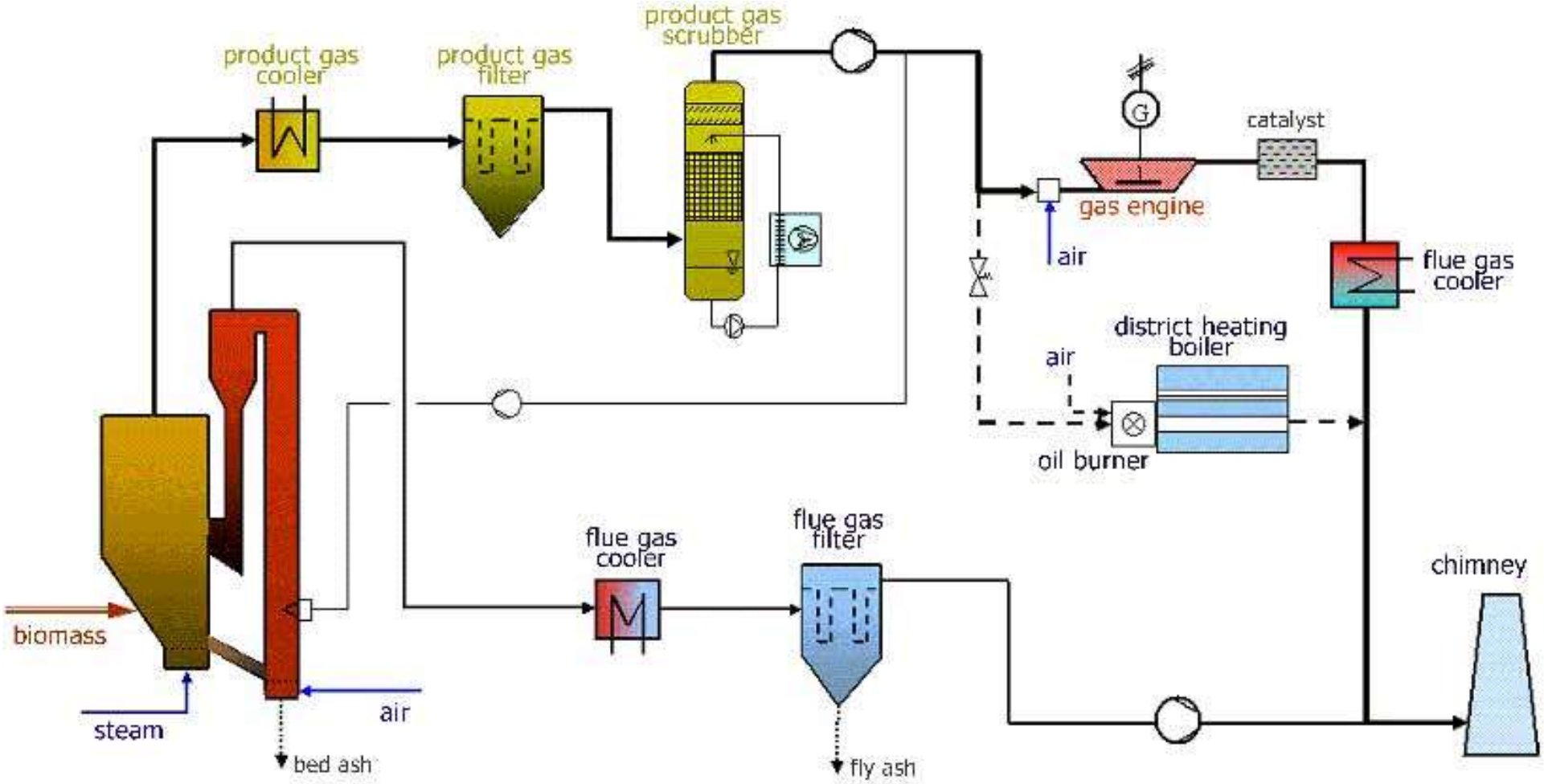
Vícestupnové generátory TARPO

Tab. 1. Přehled vícestupňových generátorů využívajících design TARPO

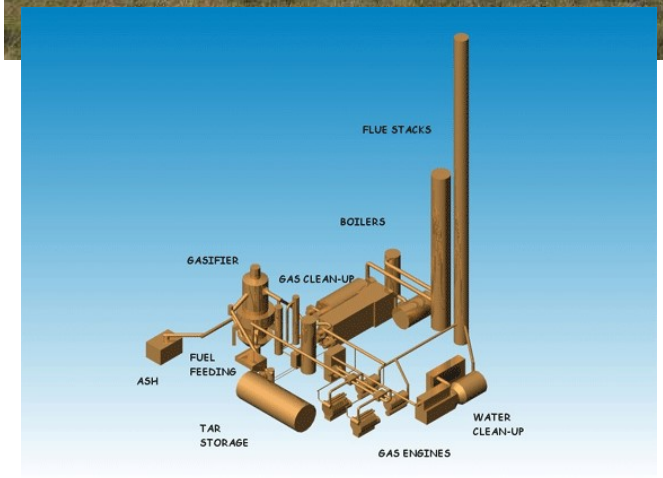
Lokalita	Zahájení provozu. Typ generátoru	Způsob čištění plynu	Typ motoru	Projekční elektrický výkon/účinnost
1. Kněževes (CZ)	2012, GP200	Keramické filtry (450-500°C)	ČKD, 2x6S160, 27l, R6	200 kW/27 %
2. Odry (CZ)	2012/2013, 2xGP500	Keramické filtry (500-550°C)	Jenbacher 2xJ316, 48l, V16	2x500 kW/32 %
3. Olešnice (CZ)	2013/2014, GP200XL	Rukávové filtry (100-110°C)	ČKD, 2x6S160, 27l, R6	200 kW/27 %
4. Handlová (SK)	2014/2015, 2xGP750	Keramické/rukávové filtry (120/500°C)	Guascor FBLD560, 56l Guascor FBLD480, 48l	570+430 kW/32%
5. Dobříš (CZ)	2015, 1xGP750	Rukávové filtry (110-160°C)	Guascor, FBLD560, (56l),	650 kW/32%
6. Kozomín (CZ)	2014/2015, 5xGP750	Keramické filtry (550-650°C)	Jenbacher, 3xJ320, (60l, V20)	3x710kW/32% 5,1 MWt

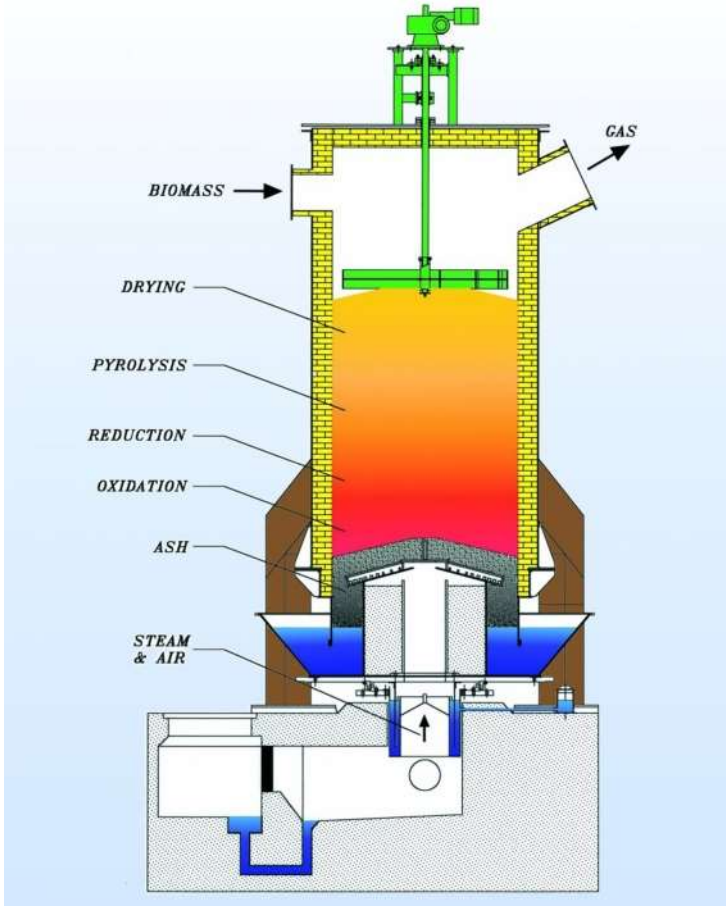
Güessing, Rakousko

Güssing, Rakousko

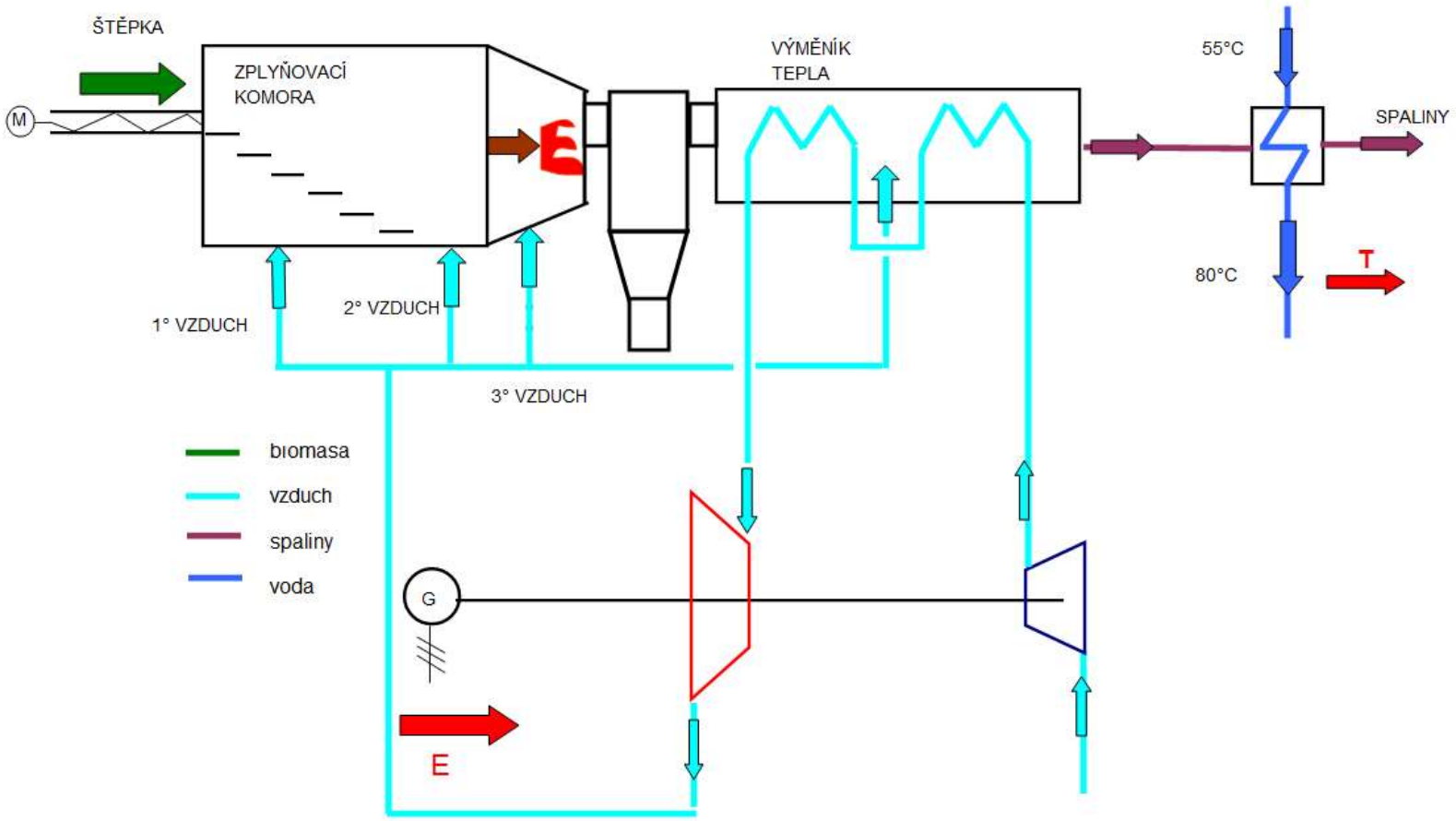


Harboøre, Dánsko





Pilotní jednotka EZOB



Pilotní jednotka EZOB

Realizace staveb
Centrum pro zhodnocování odpadů Žiar nad Hronom – PS01 Zplyňování

Technologie EZOB

- sušení odpadu z bioplynové stanice
- zplyňování/spalování
- výroba elektrické energie pomocí turbosoustrojí

Suchá fermentace

- zpracovává substráty o sušině 30 až 35%. Zpravidla jde o aplikace mezofilního anaerobního procesu, rozsah používaných reakčních teplot 32-38°C. Optimální pH se pohybuje mezi 6,5 - 7,5. V zásadě lze rozdělit technologie na diskontinuální (vsázkové) a kontinuální.
- Diskontinuální technologie suché fermentace sestává z několika reakčních komor (kovový kontejner nebo zděná komora s Anaerobní proces je řízen dávkováním procesní tekutiny. Proces je diskontinuální - vyprázdnění a nové naplnění komory + start reakce 3 dny, vlastní reakce a produkce BP 24-27 dnů.
- Pro potřeby inokulace/očkování je využíváno jednak pravidelné vstřikování tzv. perkolátu (látka s obsahem vhodných kultur anaerobních mikroorganismů) a přídavků části fermentačního zbytku z předchozího cyklu do čerstvé dávky substrátu. Podrobnější popis překračuje rámec a přehlednost těchto webových stránek.

  Kontinuální technologie jsou doprovázeny vysokou investiční a provozní náročností a jsou využívány zpravidla pro zpracování komunálních a tříděných domovních odpadů. Reakční objem bývá rozdělen na několik fermentorů. Běžně jsou využívány ležaté fermentory (válcové i komorové) s 1 pomaloběžným míchacím zařízením, uloženým napříč celým fermentorem.

Anaerobní vyhnívání (metanové kvašení)

- Anaerobní fermentace je biologický proces rozkladu organické hmoty, probíhající za nepřístupu vzduchu.
- Při tomto procesu směsná kultura mikroorganismů postupně v několika stupních rozkládá organickou hmotu. Produkt jedné skupiny mikroorganismů se stává substrátem pro další skupinu.
- Proces můžeme rozdělit do 4 hlavních fází:
  - Hydrolýza: působením extracelulárních enzymů dochází mimo buňky ke hydrolytickému **štěpení makromolekulárních látek na jednodušší sloučeniny, především mastné kyseliny a alkoholy**,
  - Produkty hydrolýzy jsou během druhé fáze - acidogeneze - rozkládány dále na jednodušší organické látky (těkavé organické kyseliny, alkoholy, CO_2, H_2). Fermentací těchto látek se tvoří řada konečných redukovaných produktů. Při nízkém parciálním tlaku vodíku jsou produkovány kyselina octová, H_2 a CO_2, při vyšším jsou tvořeny vyšší organické kyseliny, mléčná kyselina, valerová, etanol apod.).

Anaerobní vyhnívání (metanové kvašení)

- Acetogeneze: dochází k dalšímu rozkladu kyselin a alkoholů za produkce kyseliny octové, H_2 a CO_2.
- Methanogeneze: závěrečný krok anaerobního rozkladu, kdy z kyseliny octové, H_2 a CO_2 vzniká methan - CH_4, tento krok provádějí methanogenní bakterie, což jsou striktně anaerobní organismy, podobné nejstarším organismům na Zemi. Tyto bakterie jsou citlivé především na náhlé změny teplot, pH, oxidačního potenciálu a další inhibiční vlivy.

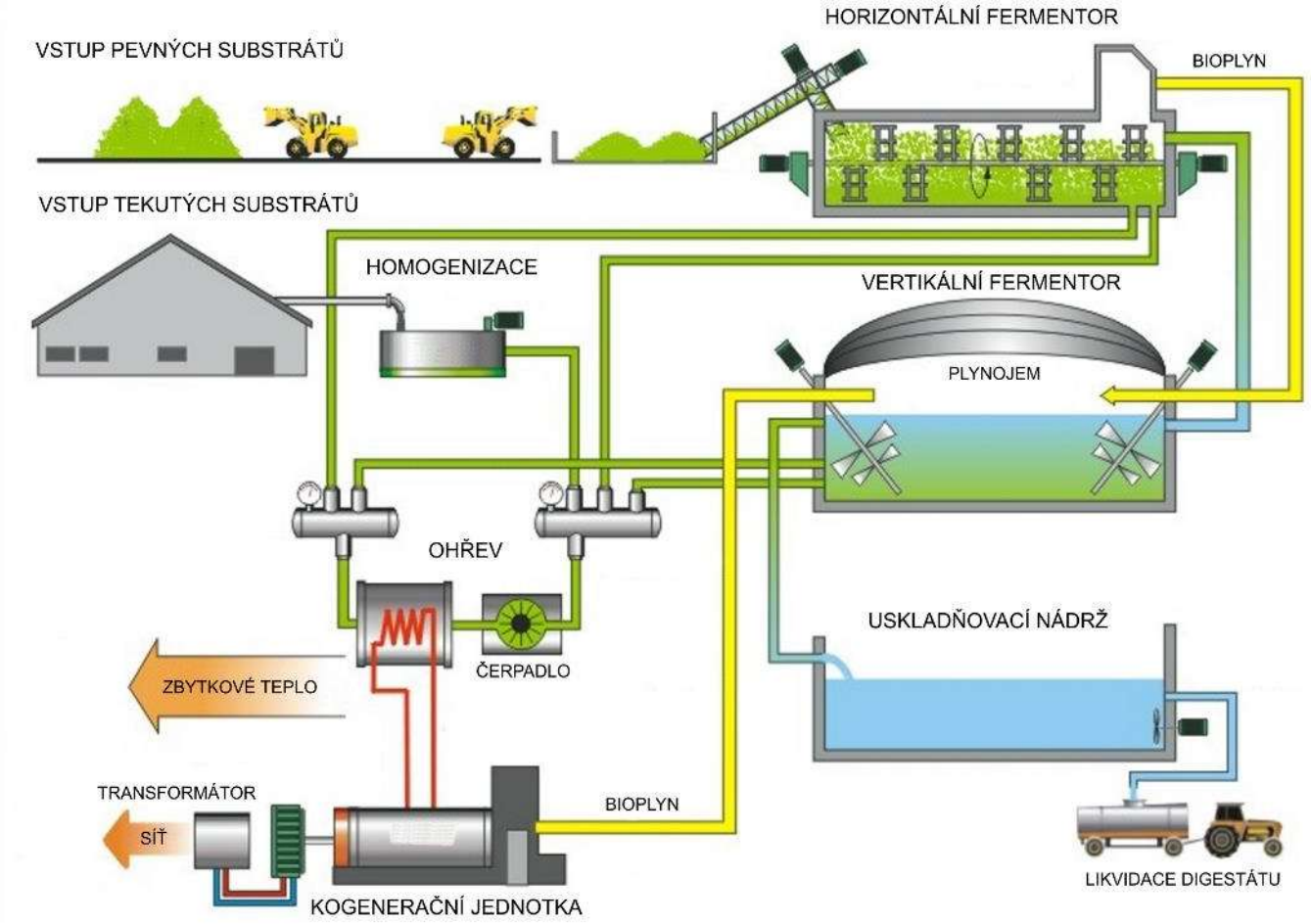
- Z hlediska reakčních teplot rozdělujeme anaerobní procesy, podle optimální teploty pro mikroorganismy:

  - na psychrofilní (5-30°C),
  - mezofilní (30-40°C),
  - termofilní (45-60°C)
  - a extrémně termofilní (nad 60°C).

Mokrá fermentace

- Fermentace je obvykle prováděna ve velkých vyhřívaných a míchaných nádržích – fermentorech.
- Jedná se o kontinuální nebo semikontinuální proces.
- Pracovní sušina suspenze se dle materiálu a použitého míchacího systému pohybuje mezi 4 – 12%.
- Ve fermentorech dochází k odbourání cca 50 – 70% organické sušiny materiálu.
- Hlavním produktem anaerobní fermentace organické hmoty je bioplyn.
- Bioplyn je bezbarvý plyn skládající se hlavně z methanu (cca 60%) a oxidu uhličitého (cca 40%).
- Bioplyn může ovšem obsahovat ještě malá množství N_2, H_2S, NH_3, H_2O, ethanu a nižších uhlovodíků.

Mokrá fermentace



Složení bioplynu

Parametr	Skládkový plyn	Bioplyn (ČOV)	Bioplyn (prasečí kejda)
[1)]Výhřevnost (MJ/m^3)	16,9	21,1	24,0
H_2 (%)	1	1	-
CO (%)	1	-	-
O_2 (%)	3	-	-
N_2 (%)	-	-	-
Cl^-, F^- (mg/m^3)	-	-	-
NH_3 (mg/m^3)	-	-	40
CO_2 (%)	46	38	31
CH_4 (%)	49	61	69
H_2S (mg/m^3)	350	1 000	[2)]2 300
[1)] vztaženo na 15°C, 101 325 Pa.		*[2)] na vstupu do odsiřovacího zařízení.*	

- Vedlejším produktem je stabilizovaný anaerobní materiál (fermentační zbytek, digestát, fermentát), který je v současné době asi nejvíce využíván jako hnojivo.

Základní dokumenty

- **Zákon č. 201/2012 Sb. - o ochraně ovzduší a související předpisy**
- Sbírka zákonů č. 415/2012 VYHLÁŠKA ze dne 21. listopadu 2012 o přípustné úrovni znečišťování a jejím zjišťování a o provedení některých dalších ustanovení zákona o ochraně ovzduší

Jednorázové měření emisí se provádí:

- po prvním uvedení stacionárního zdroje do provozu,
- po každé změně paliva, suroviny nebo tepelně zpracovávaného odpadu v povolení provozu, nebo
- po každém zásahu do konstrukce nebo vybavení stacionárního zdroje, který by mohl vést ke změně emisí, a to nejpozději do 3 měsíců od vzniku některé z těchto skutečností nebo ve lhůtě stanovené v povolení provozu.

Zásadní změny

- Kontinuální měření i pro jednotlivé kotle o jmenovitém tepelném příkonu 50 MW a vyšším (i když celkový příkon nepřekročí 100 MW) –viz část B přílohy č. 4 zákona
- Zrušením některých emisních limitů odpadne povinnost provádět měření emisí daných znečišťujících látek tam, kde to není podstatné nebo je regulováno jinak
- U spalovacích zdrojů na pevná paliva 1-5 MW se četnost jednorázového měření emisí zvyšuje na 1x za rok
- U spalovacích zdrojů na plynná a kapalná paliva do 5 MW bude četnost jednorázového měření emisí 1x za 3 roky, také v případě pevných paliv 0,3-1 MW

Změny v emisích

- Pokud stanoví KÚ specifický emisní limit nad rámec právních předpisů, stanoví v povolení rovněž požadavky na zjišťování emisí
- U spalovacího stacionárního zdroje, u něhož nelze z důvodů uvedených v
- § 3 odst. 7 emisní vyhlášky splnit v intervalu stanovené četnosti měření emisí ohlašovací lhůtu 5 pracovních dní před autorizovaným měřením, se měření provede vždy při první příležitosti, kdy bude možné tuto podmínku splnit(aby se záložní zdroje nenajížděly jen kvůli měření)
- Autorizovaná osoba by neměla provést autorizované měření (ani vystavit protokol), pokud nebylo měření 5 pracovních dní předem ohlášeno ČIŽP
- **Kontroly technického stavu, provozu a instalace u spalovacích zdrojů o jmenovitém tepelném příkonu 10-300 kW 1x za 2 roky (odborně způsobilé osoby)**

Emisní limity

CSN EN 303-5

- Kotle pro ústřední vytápění -Čast 5: Kotle pro ústřední vytápění na pevná paliva, s ruční nebo samočinnou dodávkou, o jmenovitém tepelném výkonu nejvýše 300 kW - Terminologie,požadavky, zkoušení a značení
- ČSN EN 13229 Vestavné spotřebiče k vytápění a krbové vložky na pevná paliva - Požadavky a zkušební metody

Hodnoty emisí dle CSN EN 303-5

Tabulka 6 – Mezní hodnoty emisí

Dodávka paliva	Palivo	Jmenovitý tepelný výkon	Mezní hodnoty emisí								
			CO			OGC			prach		
			mg/m^3 při 10% O_2[a]								
		kW	třída	třída	třída	třída	třída	třída	třída	třída	třída
			3	4	5	3	4	5	3[b]	4	5
ruční	biopaliva	≤ 50	5 000	1 200	700	150	50	30	150	75	60
		> 50 ≤ 150	2 500			100			150		
		> 150 ≤ 500	1 200			100			150		
	fosilní paliva	≤ 50	5 000			150			125		
		> 50 ≤ 150	2 500			100			125		
		> 150 ≤ 500	1 200			100			125		
samočinná	biopaliva	≤ 50	3 000	1 000	500	100	30	20	150	60	40
		> 50 ≤ 150	2 500			80			150		
		> 150 ≤ 500	1 200			80			150		
	fosilní paliva	≤ 50	3 000			100			125		
		> 50 ≤ 150	2 500			80			125		
		> 150 ≤ 500	1 200			80			125		

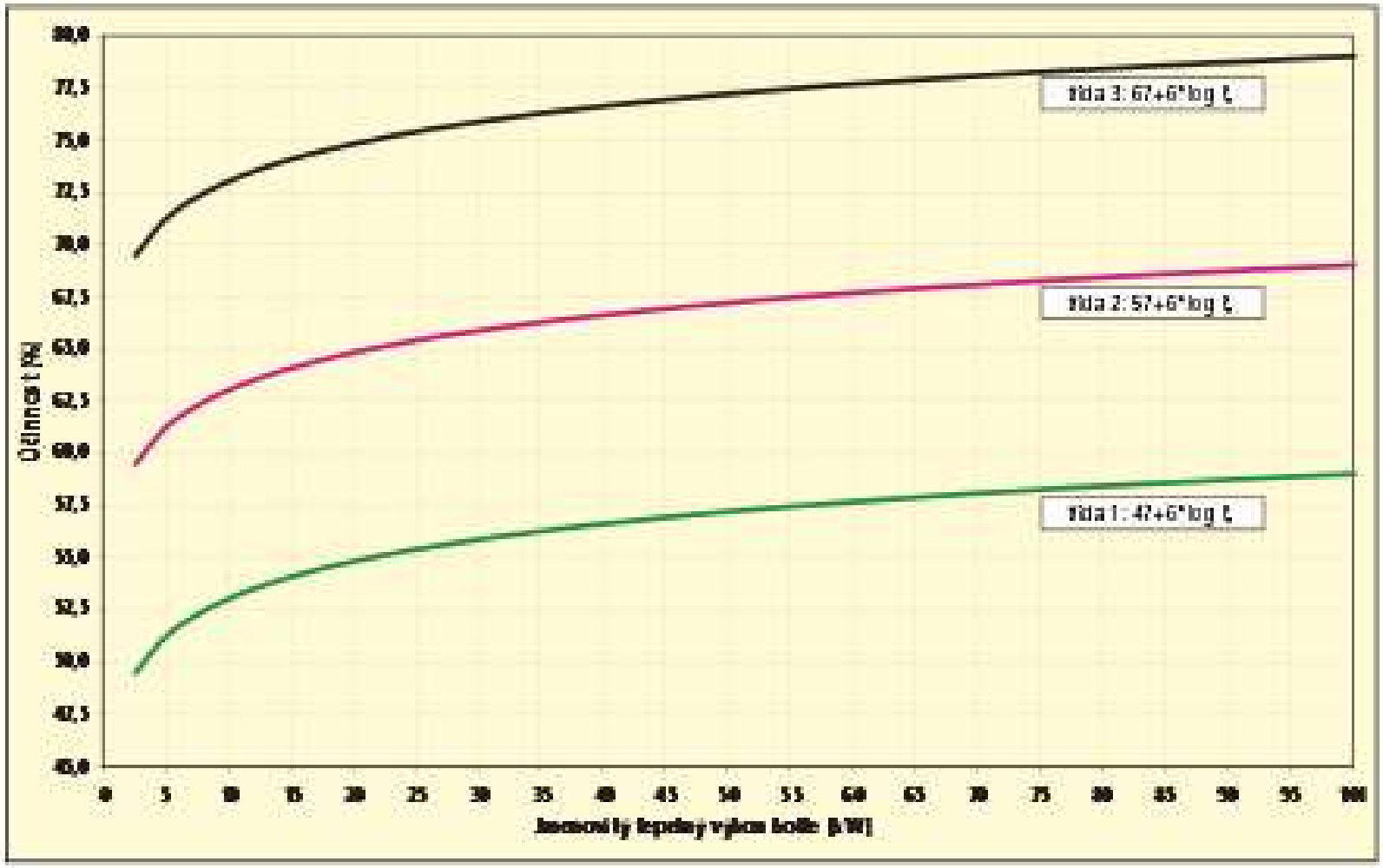
POZNÁMKA 1 ...

Původní hodnoty

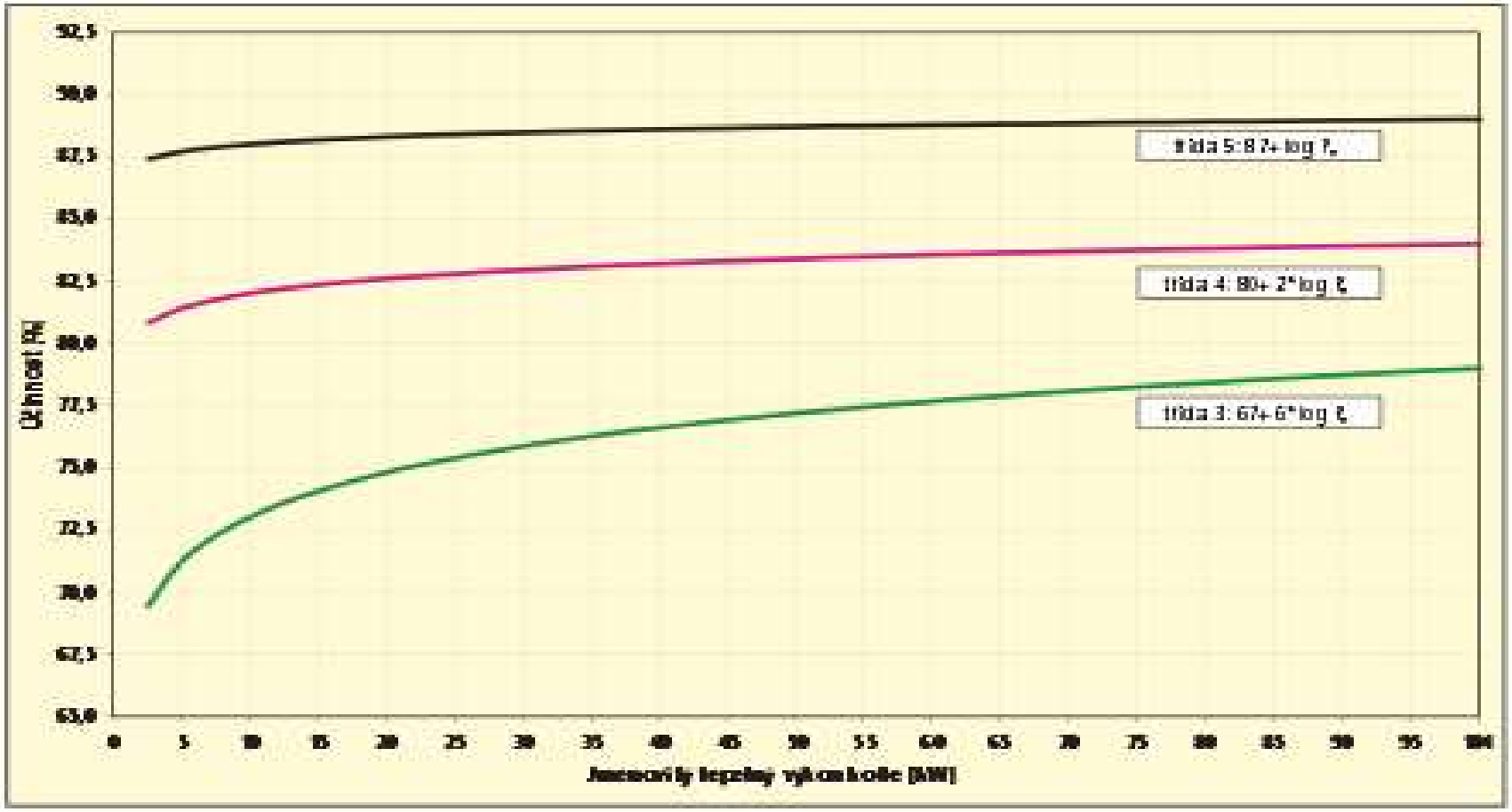
Tab. 1 Emisní limity, EN 303-5 (OG C = TOC … celkový organický uhlík)

Dávka paliva	Palivo	Jmenovitý tepelný výkon [kW]	Mezní hodnoty emisí								
			CO			OGC			prach		
			mg/m³n při 10 % O_2								
			třída 1	třída 2	třída 3	třída 1	třída 2	třída 3	třída 1	třída 2	třída 3
ruční	biologické	≤ 50	25 000	8 000	5 000	2 000	300	150	200	180	150
		> 50 až 150	12 500	5 000	2 500	1 500	200	100	200	180	150
		> 150 až 300	12 500	2 000	1 200	1 500	200	100	200	180	150
	fosilní	≤ 50	25 000	8 000	5 000	2 000	300	150	180	150	125
		> 50 až 150	12 500	5 000	2 500	1 500	200	100	180	150	125
		> 150 až 300	12 500	2 000	1 200	1 500	200	100	180	150	125
samo-činná	biologické	≤ 50	15 000	5 000	3 000	1 750	200	100	200	180	150
		> 50 až 150	12 500	4 500	2 500	1 250	150	80	200	180	150
		> 150 až 300	12 500	2 000	1 200	1 250	150	80	200	180	150
	fosilní	≤ 50	15 000	5 000	3 000	1 750	200	100	180	150	125
		> 50 až 150	12 500	4 500	2 500	1 250	150	80	180	150	125
		> 150 až 300	12 500	2 000	1 200	1 250	150	80	180	150	125

Graf minim. účinnosti – stará verze



Graf minim. účinnosti – nová verze



Dopady zákona 201/2012 na domácnosti

- Od 1.1.2014 začne platit zákaz prodeje kotlů 1. a 2. emisní třídy
- Od 1.1.2018 začne platit zákaz prodeje kotlů 3.emisní třídy
- Do 31.12.2016 povinnost provést revizi kotlů
- Od 1.9.2022 zákaz provozování kotlů 1.a2. emisní třídy
- Omezení kotlů s ručním přikládáním

NETME Centre

ENERGETICKÝ ÚSTAV
Odbor energetického inženýrství

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

Expertní měření v energetice

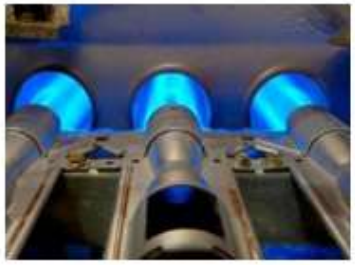
NETME Centre je koncipováno jako regionální výzkumné a vývojové centrum, založené na kvalitní vědecké a výzkumné základně Fakulty strojního inženýrství Vysokého učení technického v Brně. Divize energetiky, procesů a ekologie je zaměřena na aplikovaný výzkum a vývoj v oblasti ochrany životního prostředí, energetických zařízení a procesních technologií. Kromě vlastních projektů je předpokládána aktivní spolupráce s klíčovými průmyslovými partnery v podobě realizace nových a inovovaných technologií a zařízení, zakázkových činností a expertíz a společných projektů.

Zplyňování biomasy a odpadů

Případná spolupráce je možná v širokém záběru výzkumu, od pouhého testování určitých paliv až po komplexní výzkum technologií k čištění a využívání energoplynu, včetně použití zplyňování při kogeneraci.

Laboratoř plynových spotřebičů

V Laboratoři plynových zařízení jsou instalovány tři kotle na zemní plyn, jež mohou být využity pro testování regulace a řízení plynových kotlů. Do laboratoře je možno osadit i další zařízení pro případné testování.



Přístrojové vybavení laboratoří umožňuje online měření základních emisních parametrů v běžných provozech, měření teplot, tlaků a průtoků. Dále nabízíme off-line analýzu plynných a kapalných vzorků.

Měření emisí, analýza plynů a kapalin

Slouží pro vyhodnocování úbytku hmotnosti vzorku v závislosti na zvyšující se teplotě zkoušeného materiálu (termogravimetrická analýza). Zařízení tvoří přesná horizontální váha s možností záznamu průběhu měření.

Termogravimetrické analýzy

Spalování biomasy a odpadů

K dispozici je peletový kotel VERNER A 251 a dvoukomorový kotel o výkonu 110 kW. Stendy umožňují nadstandartní regulaci a měření. Nabízíme testování různých druhů paliv, odlučov. zařízení nebo materiálů pro výměníky. Zapojení umožňuje regulovat teplotu vratné vody a teplotu spalovacího vzduchu.

Laboratoř spalování/zplyňování je kromě výše uvedených kotlů a zplyňovacího stendu vybavena také zdrojem na kontinuální produkci kyslíku, který umožňuje výzkum a vývoj v oblasti spalování nebo zplyňování s pomocí obohaceného vzduchu, popř. se směsí spalin a kyslíku, eventuálně i s přídavkem páry.

Spalování a zplyňování v oxické atmosféře

Laboratoř tuhých a kapalných paliv

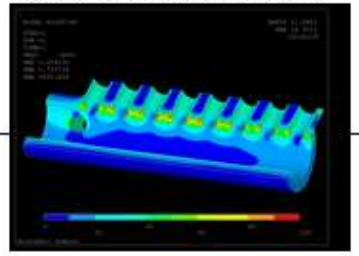
Laboratoř paliv provádí základní prvkové rozbory tuhých a kapalných paliv a stanovení jejich výhřevnosti. Pomocí pozorovací žárové pece je možné určovat teploty sintrace popelovin. Dále je možno stanovovat např. zápalné teploty kapalin nebo meze výbušnosti prachových směsí.

Kromě měření emisí je možné realizovat také specializovaná měření např. pomocí termovize či endoskopu. K dispozici je měření prachových částic nebo energetický monitoring pro komplexní sledování otopné soustavy a zdroje vytápění v časového úseku pro optimalizaci nákladů na vytápění.

Expertní měření Energetický monitoring

Počítačové modelování a výpočty

Nabízíme řešení pevnostních výpočtů, zejména pevnostní úlohy, dynamické výpočty vlastních frekvencí a úlohy z oblasti vedení tepla. Dále řešení úloh v oblasti modelování proudění tekutin například v oblastech zvidítelnění proudění, přenosu tepla nebo silového působení proudících kapalin.



Na základě zkušeností nabízíme termodynamické návrhy různých tepelných motorů s návazností na samotnou konstrukci stroje, včetně výrobní dokumentace a zajištění výroby prototypu. V moderní zkušebně tepelných motorů bude možné provádět měření tepelných motorů a jejich optimalizaci.

Návrh a zkoušení tepelných motorů

Zkušebna kamen malých výkonů

Zkušebna je určena pro zkoušky krbů, krbových kamen a malých kotlů. Umožňuje měření účinnosti a emisí v souladu s platnými evropskými normami s možností akreditace zkušebny pro certifikaci topidel. Je vybavena velmi přesnou váhou pro měření úbytku paliva a měřením oteplení přilehlých částí.

V této oblasti lze nabídnout studie uplatnění absorpčního chlazení a trigeneračních jednotek, ale také návrh a konstrukční řešení těchto zařízení. Dlouhodobě se také zabýváme výzkumem zkrápěných výměníku a nyní i testováním jejich termodynamických vlastností v nové zkušebně.

Absorpční oběhy a trigenerace

kontaktní osoba: **doc. Ing. Jiří Pospíšil, Ph. D.**, vedoucí pracovní skupiny OEI divize PPE,
e-mail: pospisil.j@fme.vutbr.cz | tel.: + 420 514 142 581
NETME Centre – Divize energetiky, procesů a ekologie (PPE) | www.netme.cz
Fakulta strojního inženýrství VUT v Brně, Technická 2896/2, 616 69 Brno

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

EVROPSKÁ UNIE
EVROPSKÝ FOND PRO REGIONÁLNÍ ROZVOJ
INVESTICE DO VAŠÍ BUDOUCNOSTI

2007-13
OP Výzkum a vývoj pro inovace

Děkuji za pozornost.

Martin Lisý

lisy@fme.vutbr.cz