

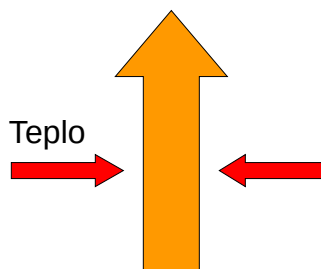


Kombinovaná výroba elektrické energie, tepla a biosorbentu z biomasy

Michael Pohořelý & Siarhei Skoblia

Zplyňování

$\text{H}_2 + \text{CO} + \text{CH}_4 + \text{minoritní sloučeniny} + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} + (\text{N}_2)$
+ nečistoty (dehet, prach, sloučeniny síry, chloru apod.)



Palivo + zplyňovací médium (vzduch, O_2 , pára, CO_2)

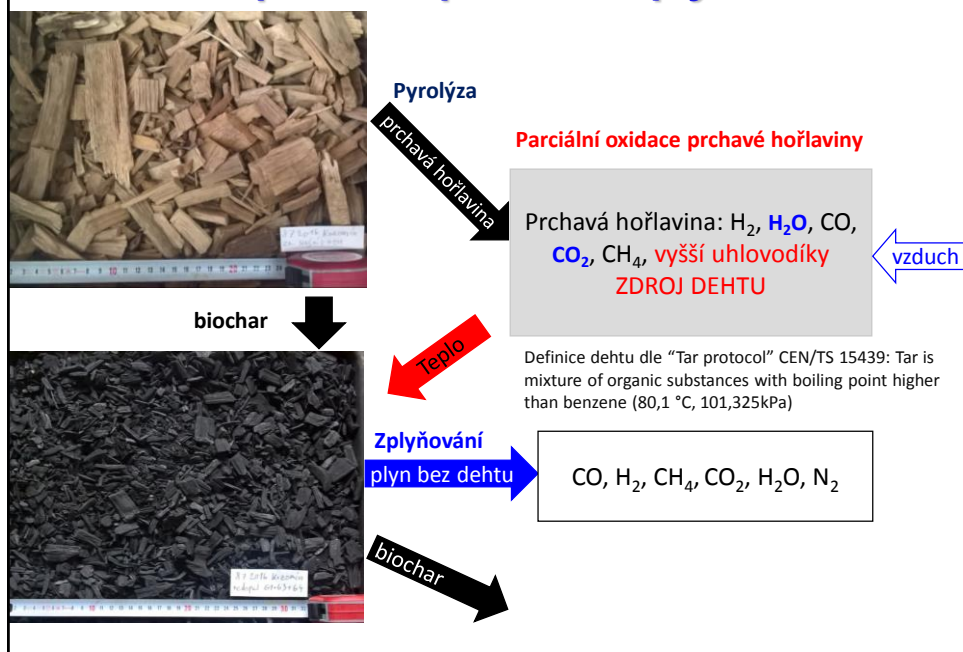
Účinnost výroby elektrické energie

$$\eta = \eta_{pl} * \eta_{kj}$$

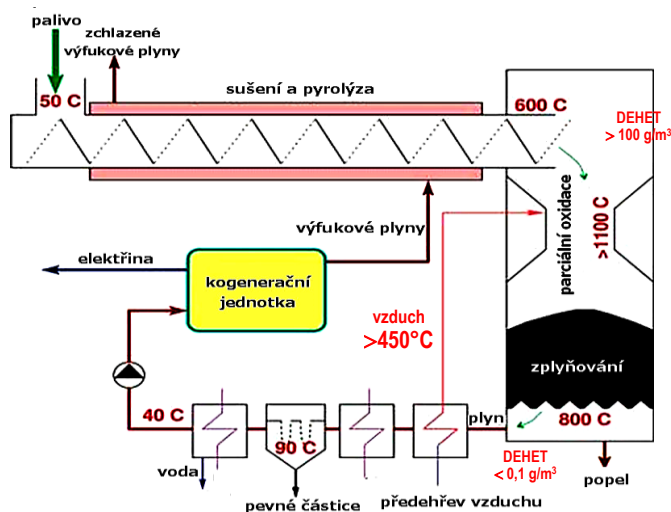
Elektrická *účinnost celého kogeneračního systému* (η) je definována součinem *účinnosti výroby plynného paliva* (η_{pl}) a hodnoty *účinnosti výroby elektrické energie v kogenerační jednotce* (η_{kj})

Zařízení použitá pro výrobu elektrické energie	Účinnost konverze η_{pl} , %	Účinnost výroby η_{kj} , %	Celková účinnost η , %	Náklady tis. Kč/kW _e
Spalovací elektrárna s parní turbínou (11 MW _e) (Zelený kotel, 40 MW _t), 2010, Plzeň	-	-	27,6	80/160
Spalovací elektrárna s parní turbínou (35 MW _e) (Spalování čisté biomasy, 105 MW _t), od 2009, Hodonín	-	-	~ 33	-
Vícestupňový generátor GP 750 (0,71 MW _e) TARPO spol. s r.o., AIR TECHNIC s.r.o., 2014 Jenbacher J320	~ 90	~ 36	~ 32	100/160
Zplyňovací generátor – SOFC	~ 95	~ 45-65	~ 40–60	Velmi vysoké

Princip vícestupňového zplyňování

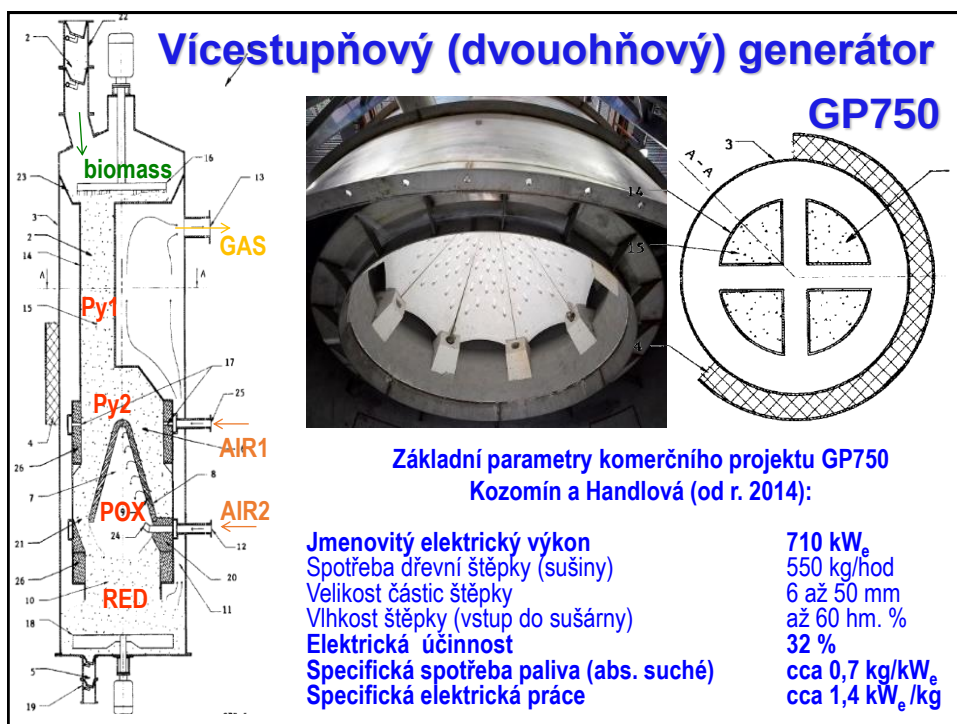


Vícestupňový (dvoustupňový) generátor



Henriksen U., Ahrenfeldt J., Jensen TK. et al.: The design, construction and operation of a 75 kW two-stage gasifier. Energy 31, 1542-1553 (2006).
Knoef H.A.M. Handbook Biomass Gasification. BTG (2012)

Vícestupňový (dvouohňový) generátor



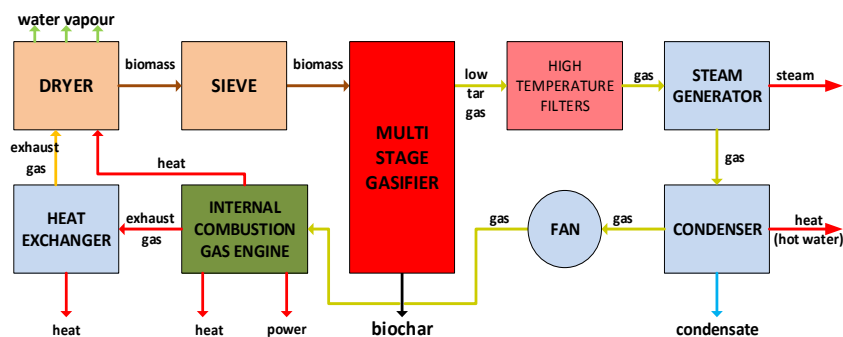
Základní parametry komerčního projektu GP750
Kozomín a Handlová (od r. 2014):

Jmenovitý elektrický výkon
Spotřeba dřevní štěpky (sušiny)
Velikost částic štěpky
Vlhkost štěpky (vstup do sušárny)
Elektrická účinnost
Specifická spotřeba paliva (abs. suché)
Specifická elektrická práce

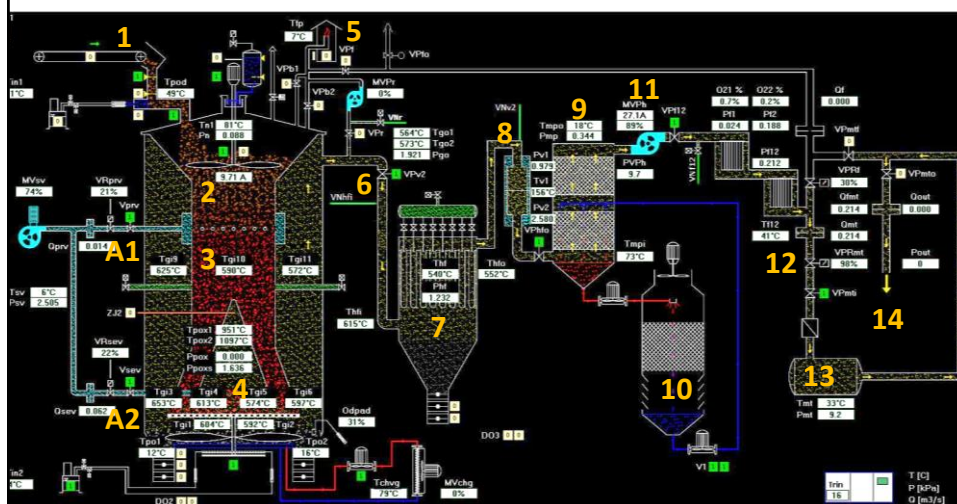
710 kW_e
550 kg/hod
6 až 50 mm
až 60 hm. %
32 %
cca 0,7 kg/kW_e
cca 1,4 kW_e/kg

Teplárna Kozomín

Víceступňový (dvouohňový) generátor



Technologické schéma GP750 – Kozomín



1-vstup paliva do GP750, 2-dosušovací část, 3-pyrolyzní část, 4-parciálně-oxidační část, 5-spalovací fléra, 6-odvod plynu z generátoru, 7-horké filtry, 8-tepelné výměníky (plyn/voda), 9-kontaktní dochlazování plynu, 10-chladicí věž (voda), 11- plynové dmychadlo, 12-měřicí clona, 13-mix tank, 14-měřicí clona před motorem
 A1-přívod primárního vzduchu
 A2- přívod sekundárního vzduchu

Teplárna Kozomín



Teplárna Kozomín

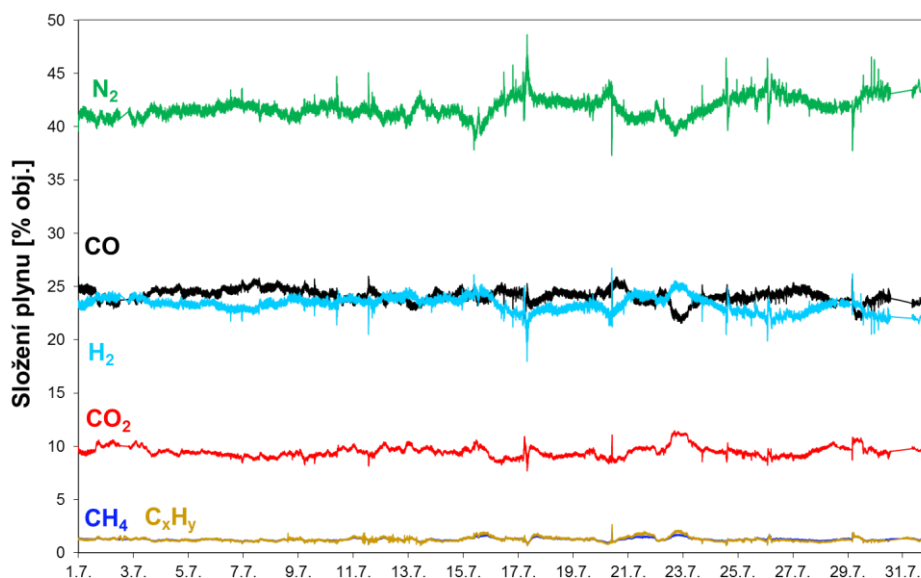


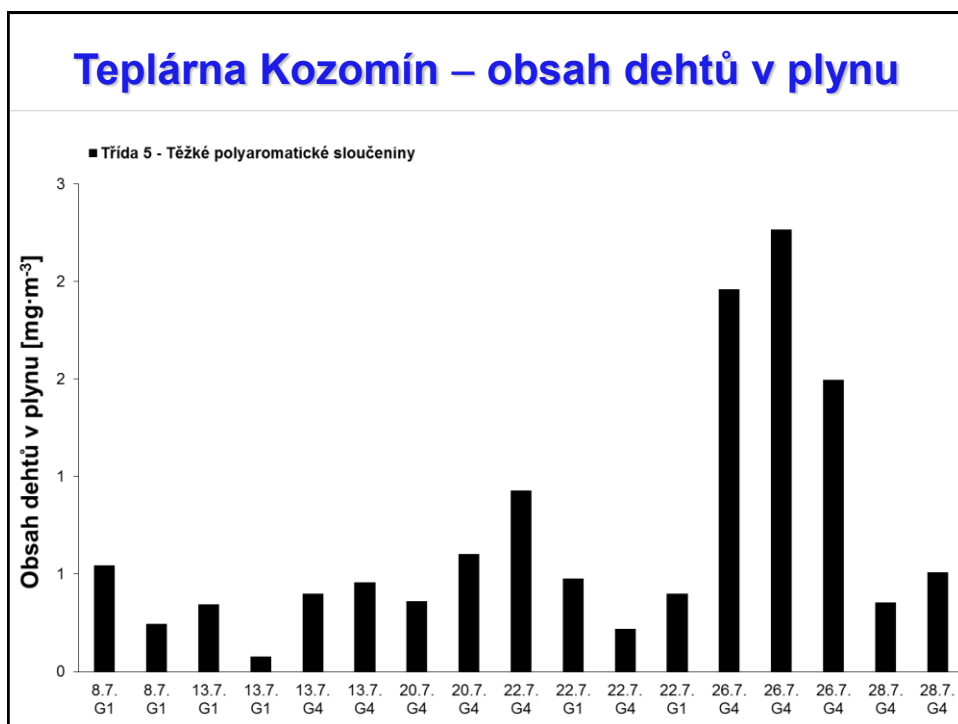
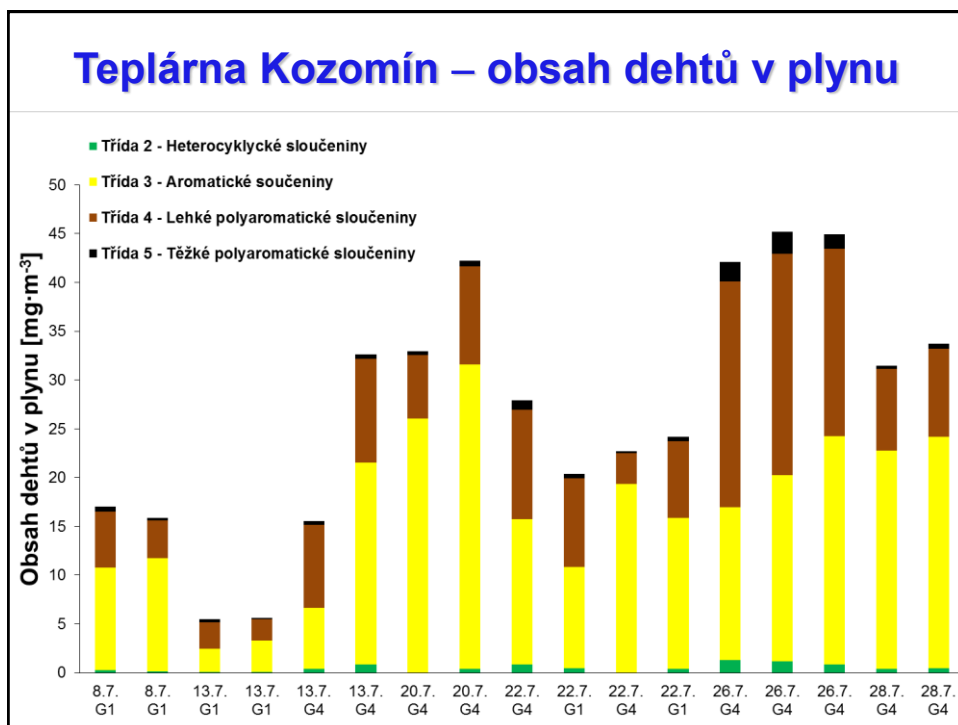
Teplárna Kozomín – bilance

Hmotnostní a energetická bilance během půlročního provozu

Časový úsek (2016)	červenec	srpen	září	říjen	listopad	prosinec
Spotřeba surové štěpky [tuny]	1733	1427	1395	1530	1376	1390
Průměrná vlhkost [hm. %]	40,0	38,2	38,5	40,5	41,3	42,7
Spotřeba suché štěpky [tuny]	1039	882	858	911	808	796
Výhřevnost vlhké štěpky [$\text{MJ}\cdot\text{kg}^{-1}$]	9,7	10,1	10,0	9,7	9,5	9,3
Produkce biocharu [tuny]	38,1	45,2	26,4	25,7	29,4	26,2
Výtěžek biocharu ze suché štěpky [hm. %]	3,7	5,1	3,1	2,8	3,6	3,3
Vyrobená elektřina [MWh]	1427	1309	1244	1327	1063	1083
Spotřeba suché štěpky [$\text{kg}\cdot\text{kWh}^{-1}$]	0,728	0,673	0,690	0,687	0,760	0,735
Celková účinnost [%]	30,6	32,9	32,1	32,4	29,3	30,3
Celková účinnost (bez biocharu) [%]	32,4	35,7	33,7	33,8	31,0	32,0

Teplárna Kozomín – složení plynu





Teplárna Kozomín – biochar

Vlastnost, veličina	Jednotka	Kozomín - Biochar	Požadavek EBC	Požadavek IBI
sypaná váha, ($\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$)	hm. %	100-200	uvést	není
popel, A^d (550 °C)	hm. %	16,5	uvést	uvést
prchavá hořlavina, V^d	hm. %	2,9	uvést	uvést
fixní uhlík, FC^d	hm. %	80,6	≥ 50	≥ 60
výhřevnost, Q_i^d	$\text{MJ}\cdot\text{kg}^{-1}$	27,2	není	není
H/C	$\text{mol}\cdot\text{mol}^{-1}$	0,07	$\leq 0,7$	$\leq 0,7$
O/C	$\text{mol}\cdot\text{mol}^{-1}$	0,04	$\leq 0,4$	není
specifický povrch, S_{BET}	$\text{m}^2\cdot\text{g}^{-1}$	563	150	není
specifický povrch mesopórů, S_{meso}	$\text{m}^2\cdot\text{g}^{-1}$	236	není	není
objem mikropórů, V_{micro}	$\text{mm}^3_{\text{liq}}\cdot\text{g}^{-1}$	170	není	není

Uhlíkatý materiál vystupující z vícestupňového generátoru plní normu na dřevěné uhlí (ČSN EN 1860-2) a biochar dle EBC (European Biochar Certificate) i IBI (IBI Biochar Standards).

Závěr

- **Generátory GP750 jsou schopné produkovat čistý plyn vhodný ke kombinované výrobě elektrické energie a tepla a biochar.**
- Pro stabilní provoz generátoru GP 750 je nejvhodnější palivo o rozměrech 6–50 mm.
- Generátor GP 750 produkuje plyn dostatečné kvality pro přímé využití ve spalovacích motorech .
- Pro úpravu plynu stačí: horké keramické filtry pro odstranění TZL a ochlazení ve vodní pračce pod 40 °C.
- Obsah dehtu v plynu v ustáleném stavu je většinou pod $50 \text{ mg}\cdot\text{m}^{-3}$.
- Průměrný výhřevnost plynu je $Q_i = 5,8 \text{ MJ}\cdot\text{m}^{-3}$.
- **Celková účinnost výroby elektrické energie může přesáhnout 32 % (brutto).**
- **Generátory produkují kvalitní biochar (500–900 m^2/g).**

