

PŘEHLED ZPLYŇOVACÍCH TECHNOLOGIÍ POUŽITELNÝCH V REGIONÁLNÍM MĚŘÍTKU

Lenka Jilková^a, Leoš Gál^b

^aVysoká škola chemicko-technologická v Praze, Ústav plynných a pevných paliv a ochrany ovzduší, Technická 5, 166 28 Praha 6

^bČeská technologická platforma pro biopaliva, Rubeška 393, 190 00 Praha 9
e-mail: Lenka.Jilkova@vscht.cz

Jedním z nejperspektivnějších obnovitelných zdrojů energie v podmínkách České republiky je biomasa. V současné době je však většina biomasy zpracovávána spálením za účelem získání tepelné energie. Energetický potenciál biomasy lze však využít smysluplněji, a to jejím zplyněním, kdy je vzniklý plyn využit ke kombinované výrobě elektrické energie a tepla. Není však nutné stavět velké zplyňovací technologické jednotky, jelikož po celém světě existují firmy, které dodávají zplyňovací technologické jednotky pro využití v malém měřítku na klíč. V této oblasti však Česká republika oproti zbytku Evropy značně pokulhává. Autoři tak přinášejí přehled společností a jejich patentovaných technologií, které se zplyňovacími technologiemi biomasy využitelnými v regionálním měřítku zabývají a které by mohly najít uplatnění také v ČR. Autoři se v článku nevěnují detailům konstrukčních řešení (typům roštů, zplyňovacím médiím, konstrukcím reaktorů pro zajištění vyšší účinnosti atd.) a ekonomickému porovnání, ale shrnují dostupné informace o jednotlivých technologiích, jelikož se jedná o článek přehledový.

Klíčová slova: zplyňování, biomasa

Došlo 24. 11. 2017, přijato 13. 02. 2018

1. Zplyňování biomasy

Zplyňování se spolu s pyrolýzou řadí k termochemickým procesům, kdy se materiál přemění na plynné, popř. u pyrolýzy na kapalné palivo. Termochemické procesy mají oproti biochemickým a chemickým procesům přeměny materiálu na palivo několik výhod: vyšší rychlost přeměny, vyšší účinnost a možnost zpracovávat ligno-celulóзовé materiály [1].

Zplyňování biomasy je termochemická přeměna na výhřevný energetický plyn, která se provádí s co možná nejvyšším stupněm konverze uhlíku. Tato přeměna probíhá v prostředí zplyňovacího média při vysoké teplotě. Zplyňovacím médiem je ve většině případů vzduch, ale může jím být i vodní pára, kyslík nebo jejich směs. Produktem zplyňování biomasy je plyn obsahující výhřevné složky: H₂, CO, CH₄ a další minoritní složky; inertní složky: CO₂, N₂ a znečišťující složky: dehet, prach atd. Konkrétní složení vyrobeného plynu je závislé na fyzikálně-chemických vlastnostech paliva, technologii a provozních podmínkách (zplyňovací poměr, teplota, tlak atd.) [2]. Dalším produktem zplyňování je popel, který v ideálním případě obsahuje pouze anorganické složky biomasy, avšak v praxi obsahuje často i podíl nezplyněné biomasy, tzv. nedopal [3].

Zplyňování je v celkové bilanci procesem endotermním, proto musí být do procesu přiváděno teplo, a to buď spálením části suroviny přímo v reaktoru (autotermní, neboli přímé spalování), nebo musí být dodáno zvenku (alotermní, neboli nepřímé spalování). V případě alotermního zplyňování je přívod tepla zajištěn vyhříváním stěn reaktoru, předehřevem zplyňovacího média nebo přenosem tepla pomocí fluidní vrstvy (např. písku) [2].

2. Zplyňovací technologie

2.1. BR Engineering GmbH (BR Green GmbH)

Společnost je na poli zplyňování biomasy známá již od roku 1997. Od roku 2012 je partnerskou firmou GTS Syngas GmbH. Ve Švýcarsku nese název BR Engineering GmbH a v Německu používá společnost jméno BR Green GmbH.

Technologie společnosti BR Engineering využívá reaktor Sirion se sesuvným ložem (Obr. 1).



Obr. 1 Reaktor Sirion
Fig. 1 Sirion reactor

Tento reaktor je reaktorem v pořadí 4. generace, který byl modifikován z reaktoru 3. generace, a to po více jak 240 000 provozních hodinách.

Vznikající pevný uhlíkatý zbytek je spalován přímo v reaktoru a uvolněné teplo je využíváno k ohřevu zplyňovacího reaktoru. Tímto uspořádáním se zvyšuje

výtěžek plynu a popel obsahuje méně než 5 % uhlíku. Vznikající plyn je spalován v motorech kogenerační jednotky pro kombinovanou výrobu elektrické energie a tepla. Plyn obsahuje 22,0 % oxidu uhelnatého, 1,5 % methanu, 17,0 % vodíku, 11,0 % oxidu uhličitého, 8 % vody, 40,5 % dusíku a jeho výhřevnost dosahuje $5,15 \text{ MJ} \cdot \text{m}^{-3}$ (0°C , 101325 Pa).

Tato technologie je vhodná zejména pro zpracování předsušeného dřevního odpadu (dřevní štěpky), konkrétně: i) přírodního dřeva, které bylo pouze obráběné; ii) lepené, lakované, či jinak upravené odpadní dřevo bez halogenovaných sloučenin a bez prostředků na ochranu dřeva. Velikost částic zplyňovaného materiálu by měla odpovídat Tab. 1. Základní charakteristiku technologie BR Engineering udává Tab. 2.

Tab. 1 Parametry suroviny

Tab. 1 Raw material parameters

	Průměr částic	Podíl
Jemná frakce	$\text{Ø} < 5 \text{ mm}$	max. 2 %
Hlavní frakce	$\text{Ø} 10 - 40 \text{ mm}$	min. 80 %
Hrubá frakce	$\text{Ø} > 50 \text{ mm}$	max. 1 %
Max. velikost	$\text{Ø} > 250 \text{ mm}$	0 %

Tab. 2 Charakteristika technologie BR Engineering

Tab. 2 BR Engineering technology characterization

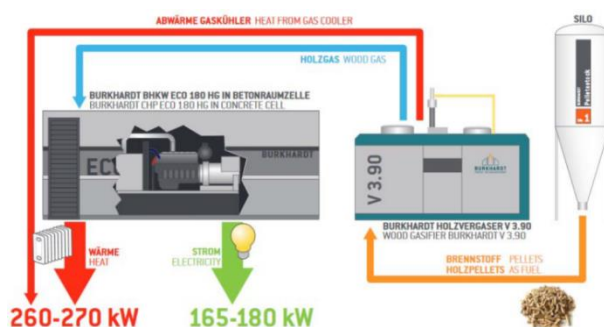
VSTUP		VÝSTUP	
Surovina	Typ	Dřevní odpad	Elektrický výkon 1,38 MW
	Velikost	viz Tab. 1	Tepelný výkon 1,2 MW

Celková účinnost technologie BR Engineering se pohybuje okolo 80 %. Tato technologie je v provozu na dvou jednotkách (CHP Pyroforce Nidwalden a CHP Wila ve Švýcarsku), které mají na kontě přes 45 000 provozních hodin reaktoru 4. generace. Společnost nabízí stavbu jednotek se svou technologií na klíč [4].

2.2. Burkhardt GmbH

Německá společnost Burkhardt začínala jako klasická společnost zabývající se vytápěním. Až v roce 2004 se pustila do oblasti obnovitelných energií s kogeneračními jednotkami poháněnými rostlinným olejem a současně zkoumala způsob přeměny dřeva na elektrickou energii. V roce 2010 bylo vyvinuto zařízení na zplyňování dřeva Burkhardt.

Technologie společnosti Burkhardt GmbH je založena na reaktoru s fluidním ložem v souprůdém toku. Společnost vyrábí zplyňovací zařízení dvojího typu, a to V 3.90 a V 4.50. Do zplyňovacího zařízení V 3.90 je ze spoda do reaktoru řízeně přiváděno palivo se vzduchem s takovou přesností, že pelety víří pouze v určených oblastech, aniž by docházelo k jejich únosu z fluidního lože. To je zajištěno přesnou velikostí pelet. Výhodou Burkhardtova procesu je konstantní tvorba plynu a vysoká čistota vyrobeného plynu.



Obr. 2 Zplyňovací zařízení Burkhardt V 3.90
Fig. 2 Gasification equipment - Burkhardt V 3.90

Zplyňovací zařízení V 4.50 pracuje na stejném principu jako V 3.90, je pouze zařízením menším. Zařízení V 4.50 se vyrábí v modulárním provedení a všechny potřebné součásti technologie jsou namontovány na základní desce. Prostorové nároky na celou technologii činí 48 m^2 .



Obr. 3 Zplyňovací zařízení Burkhardt V 4.50
Fig. 3 Gasification equipment - Burkhardt V 4.50

Technologie Burkhardt zpracovává standardizované lisované homogenní dřevěné pelety (dle německé normy EN Plus A1). Palivo není nutné před použitím sušit ani ho skladovat zvláštním způsobem. Spotřeba paliva činí cca $110 \text{ kg} \cdot \text{h}^{-1}$ pro jednotku V 3.90, či $40 \text{ kg} \cdot \text{h}^{-1}$ pro jednotku V 4.50. Tab. 3 udává základní charakteristiku technologie Burkhardt.

Celková účinnost technologie se zplyňovacím zařízením V 3.90 se pohybuje okolo 75 %. Účinnost zplyňovacího zařízení V 4.50 je 80 %. Společnost Burkhardt poskytuje svou technologii ke komerčnímu využití, a to s dodáním na území po celém Německu, v některých dalších zemích Evropy, ale například i v Japonsku. V současné době má společnost v provozu přes 160 jednotek své technologie [5].

Tab. 3 Charakteristika technologie Burkhardt**Tab. 3** Burkhardt technology characterization

		VSTUP	VÝSTUP	
Surovina	Typ	Standardizované dřevěné pelety (dle německé normy EN Plus A1 – velikost, složení, vlhkost...)	Elektrický výkon	V 3.90 165 – 180 kW V 4.50 50 kW
	Spotřeba	110 kg·h ⁻¹ (V 3.90) 40 kg·h ⁻¹ (V 4.50)	Tepelný výkon	V 3.90 260 – 270 kW V 4.50 110 kW

2.3. Holzenergie Wegscheid GmbH

Technologie společnosti Holzenergie Wegscheid zpracovává dřevní biomasu, konkrétně dřevní štěpku, zbavenou jemné frakce, popř. upravenou do podoby pelet nebo briket. Štěpka je volně sušena, poté je přesunuta šroubovým dopravníkem do zásobní nádrže a následně do zplyňovacího reaktoru s pevným ložem. Vzniklý plyn je filtrován, aby byl zbaven mechanických nečistot, ochlazen a spalován na plynových motorech kogenerační jednotky, která vyrábí elektrickou energii a teplo. Společnost Holzenergie Wegscheid vyrábí jednotky o dvou velikostech, a to 65/110 kW a 125/250 kW. Základní charakteristiku technologie Holzenergie Wegscheid uvádí Tab. 4.

Tab. 4 Charakteristika technologie Holzenergie Wegscheid**Tab. 4** Holzenergie Wegscheid technology characterization

		VSTUP	VÝSTUP	
Surovina	Dřevní štěpka	Elektrický výkon	65/110	65 kW
			125/250	125 kW
		Tepelný výkon	65/110	110 kW
			125/250	25 kW

Společnost Holzenergie Wegscheid vystavila několik desítek svých jednotek v Evropě (Velká Británie, Lotyšsko, Německo, Rakousko, Itálie, Švýcarsko, Slovinsko, Chorvatsko) a brzy chystá výstavbu jednotek v Kanadě a na Dálném východě. Celkový výkon všech postavených jednotek činí přes 11,5 MW elektrické energie a více než 22,2 MW tepla.



Obr. 4 Jednotka Holzenergie instalovaná v Lotyšsku
Fig. 4 Holzenergie unit in Latvia

Všechny jednotky technologie poskytly v součtu již téměř 150 GWh elektrické energie a přes 280 GWh.

Jednotky vyprodukovaly celkem více než 102492 tun CO₂. Společnost Holzenergie Wegscheid poskytuje výstavbu jednotky na klíč vč. informací k údržbě, nebo si lze objednat balíček včetně údržby. Holzenergie Wegscheid garantuje provoz jednotky nejméně na 7500 provozních hodin ročně [6].

2.4. Spanner Re² GmbH

Společnost Spanner Re² je na trhu od roku 2007. Technologie Spanner Re² zplyňuje dřevní materiál ve zplyňovacím reaktoru s pevným ložem a produkovaný plyn je spalován v kogenerační jednotce. Společnost vyrábí jednotky o čtyřech velikostech, a to HKA 10 (Obr. 5), HKA 35, HKA 45 a HKA 49 (Obr. 6) lišící se elektrickým a tepelným výkonem. Tyto velikosti jsou dostatečné pro pokrytí standardních zatížení topných sítí a v případě potřeby lze však několik jednotek nakombinovat.

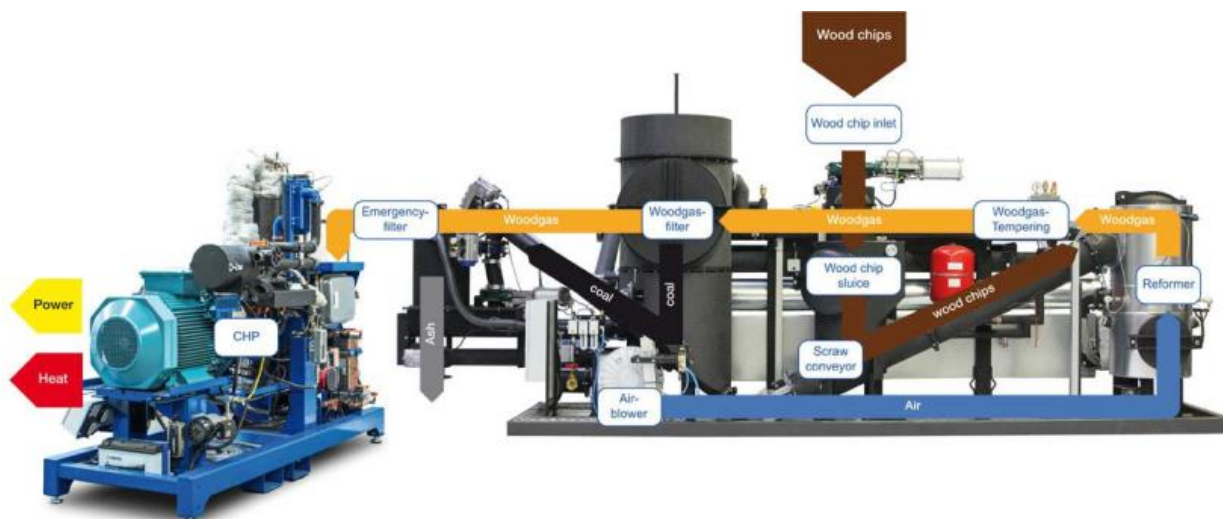
Základním prvkem zařízení je i) zplyňovací reaktor s pevným ložem a souproutým tokem; ii) kogenerační jednotka na výrobu tepla a elektrické energie.

Technologie Spanner Re² zpracovává přírodní dřevní odpad (dřevní štěpku). Dřevní štěpka by měla obsahovat max. 13 % vlhkosti a 30 % jemné frakce (částice menší než 4 mm). Spotřeba dřevní štěpky činí cca 0,9 kg na 1·kW elektrického výkonu v závislosti na kvalitě vstupního materiálu. Základní charakteristiku technologie Spanner Re² obsahuje Tab. 5.



Obr. 5 Zplyňovací a kogenerační jednotka technologie Spanner Re2 (HKA 10)

Fig. 5 Gasification equipment - Spanner Re² (HKA 10)



Obr. 6 Zplyňovací a kogenerační jednotka technologie Spanner Re² (HKA 35/45/49)
Fig. 6 Gasification equipment - Spanner Re² (HKA 35/45/49)

Tab. 5 Charakteristika technologie Spanner Re²
Tab. 5 Spanner Re² technology characterization

VSTUP			VÝSTUP	
	Typ	Dřevní štěpka	HKA 10	9 kW
Surovina	Velikost	max. 30 % < 4 mm	HKA 35	35 kW
	Vlhkost	max 13 %	HKA 45	45 kW
Spotřeba suroviny na 1 kW el. výkonu		0,9 kg	HKA 49	49 kW
			HKA 10	22 kW
			HKA 35	79,5 kW
			HKA 45	102,2 kW
			HKA 49	111,3 kW

Počet instalovaných jednotek této technologie je v řádu stovek (více než 660) a celkové provozní hodiny lze tedy počítat v řádu milionů (více než 15 miliónů). Roční provozní doba jedné jednotky se pohybuje okolo 8000 hodin, avšak mnoho jednotek dosahuje i více jak 8500 provozních hodin za rok.

Jednotky jsou postaveny v Evropě (Německo, Rakousko, Itálie, Lotyšsko, Chorvatsko, Slovensko, Velká Británie, Finsko, Maďarsko, Polsko, Skotsko), v Asii (Japonsko) a v Severní Americe (Kanada). Největší jednotku spustila společnost v Lotyšsku v roce 2013. Tato jednotka disponuje 20 moduly HKA 45 a její výkon činí 900 kW (elektrický) a 2 MW (tepelný).

Velikost potřebné plochy pro jednotku se samozřejmě odvíjí od typu zvolené jednotky. Společnost Spanner Re² dodává svou technologii jako jednotky postavené na klíč. Technologie Spanner Re² je využívána v zemědělských provozech, průmyslových provozech, hotelech, restauracích, lázních, k přímému vytápění atd. [7].

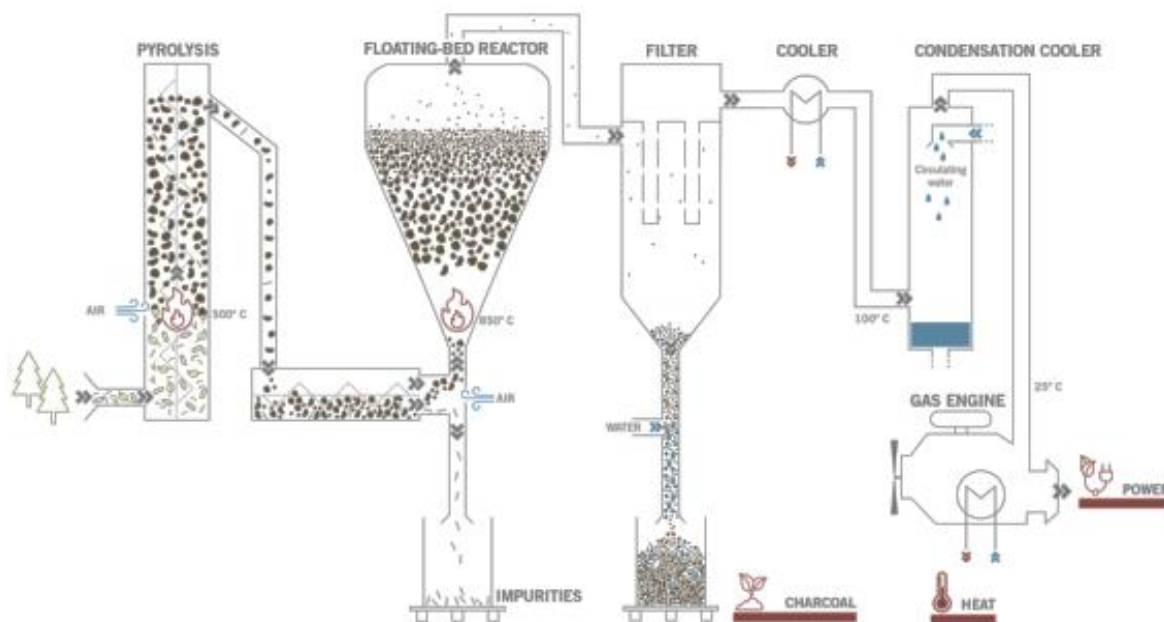
2.5. SynCraft

Společnost SynCraft vyvinula svou technologii v roce 2007, v roce 2009 postavila pilotní jednotku

a v roce 2014 připojila k síti svou první jednotku. Zplyňování materiálu probíhá u této technologie ve dvou stupních - reaktorech (Obr. 7).

První reaktor funguje v režimu pevného lože v sou proudém toku, což umožňuje, aby technologie zpracovávala různé suroviny, jak bude popsáno dále. Dále je pevný materiál spolu s plyny veden do druhého reaktoru, kde je pevná matrice uvedena do vznášejícího se lože. Vznikající plynné produkty prochází přes filtr a chladič systém, a poté je na motoru kogenerační jednotky vyrobena elektrická energie a teplo. Vedlejším produktem této technologie je biokoks, který lze využít např. ke grilování. Technologie SynCraft zpracovává odpadní dřevní biomasu, jako jsou lesní zbytky, odřezky a vedlejší produkty z pily. Velikost vstupního materiálu by měla být v rozmezí 3 - 5 mm. Surovina může obsahovat maximálně 10 % jemné frakce a popř. kůry. Zařízení je tolerantní k výskytu kamínků a jiných nečistot, avšak pro optimální provoz by vstupní materiál měl nečistot obsahovat co nejméně.

Společnost SynCraft nabízí svou technologii zplyňování biomasy ve čtyřech typech jednotek, které se liší výkonem, a to: CW700 200, CW1000 300, CW1200 400 a CW1800 500 (tab. 6).



Obr. 7 Schéma technologie SynCraft
Fig. 7 Schema of SynCraft technology

Tab. 6 Charakteristika technologie SynCraft

Tab. 6 SynCraft technology characterization

VSTUP			VÝSTUP	
Surovina	Typ	Odpadní dřevní biomasa	CW 700-200	200 kW
	Velikost	3 – 5 mm	CW 1000-300	300 kW
	Vlhkost	10 - 15 %	CW 1200-400	400 kW
Spotřeba suro- viny	CW 700-200	0,7 kg·h-1	CW 1800-500	500 kW
	CW 1000-300	0,69 kg·h-1	CW 700-200	326 kW
	CW 1200-400	0,67 kg·h-1	CW 1000-300	488 kW
	CW 1800-500	0,38 kg·h-1	CW 1200-400	615 kW
			CW 1800-500	770 kW

Společnost SynCraft nabízí svou technologii od roku 2014 ke komerčnímu využití s dodávkou jednotky na klíč a roční zárukou. V současné době má v provozu referenční jednotku v rakouském Innsbrucku, pět komerčních jednotek (Rakousko, Itálie) a přibližně dalších deset jich je ve stádiu plánování.

Společnost udává obslužnost jednotky odpovídající 0,5 zaměstnanci na jednotku a 2000 provozních hodin ročně. Jednotka této technologie spotřebuje okolo 10 % vyprodukované elektrické energie pro svou vlastní spotřebu a nároky na prostor se samozřejmě odvíjí od typu instalované jednotky (např. jednotka CW700 200 potřebuje cca 200 m², jednotka CW1000 300 pak cca 275 m² včetně plochy pro uskladnění týdenní zásoby vstupní biomasy). Pokud je to nutné, dokáže společnost SynCraft realizovat své jednotky i na výrazně menším prostoru.

Cena jednotky se opět odvíjí od velikosti jednotky, v přepočtu vychází cena jednotky na 4000 – 5000 € na 1 kW elektrického výkonu [8].

2.6. Xyloenergy GmbH

Technologie Xyloenergy zpracovává dřevěnou štěpku. Štěpka prochází před zplyněním procesem sušení horkým vzduchem na uzavřeném dopravním pásu, aby bylo dosaženo optimálního obsahu vlhkosti, ten činí 10 – 15 %. Poté biomasa prochází přes síto, aby došlo k oddělení jemné frakce. Po prosítování je biomasa zplyněna v pevném loži a ze vzniklého plynu jsou odstraněny částice prachu a popela. Plyn je chlazen v chladiči, který teplo využívá k sušení vstupního materiálu. Poté je ochlazený plyn přeměněn v kogenerační jednotce na elektrickou energii a teplo. Elektrická účinnost technologie se pohybuje mezi 25 a 28 %. Celková účinnost technologie bývá přes 80 %.

Společnost Xyloenergy instalovala svou technologii na referenční jednotce, která už má za sebou 45000 provozních hodin. Další jednotka stojící v HGKW Bad Wildungen má za sebou již 10000 provozních hodin.

Společnost Xyloenergy poskytuje svou technologii již ke komerčnímu využití a dodává ji zákazníkům na klíč [9].

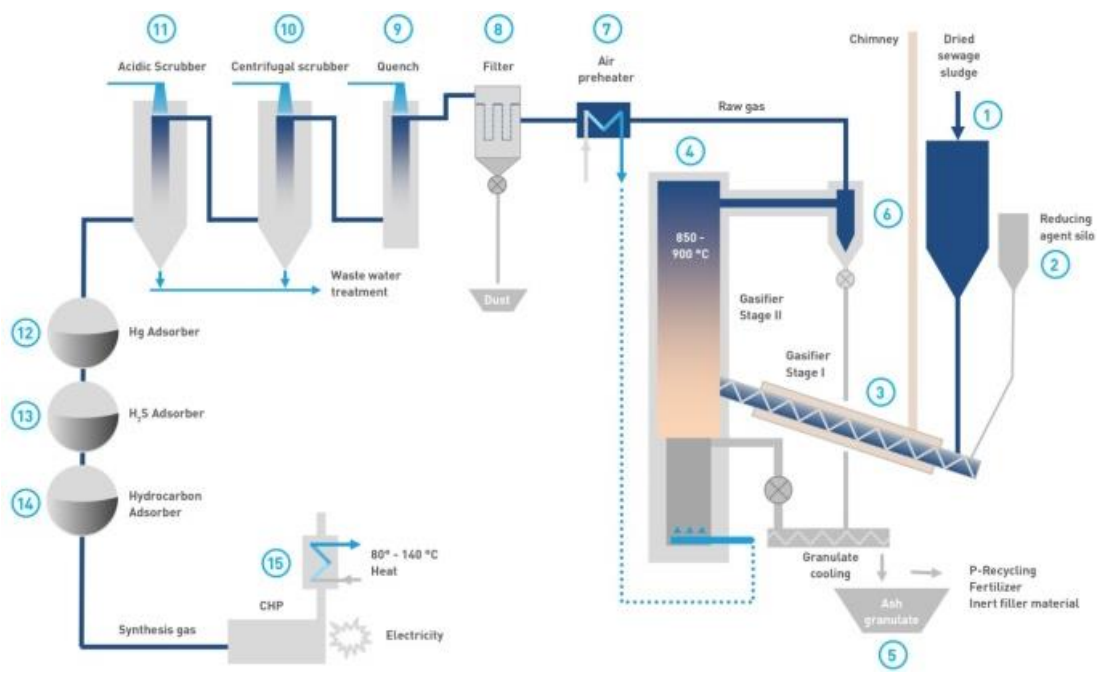
2.7. KOPF SynGas GmbH & Co. KG

Německá společnost KOPF SynGas je vlastněna dvěma korporátními firmami, a to SÜLZE a AVAT Automation.

Technologie společnosti KOPF se zabývá zpracováním čistírenských kalů procesem zplyňování a následnou kombinovanou výrobou elektrické energie a tepla. Výhodou této technologie je, že všechny organické polutanty z původního kalu jsou zničeny a popel vznikající při zplyňování a část odvodněného kalu mohou být

použity jako hnojivo nebo mohou být dále využívány k extrakci fosforu.

Jelikož čistírenský kal obsahuje velké množství problémových látek, jako jsou bakterie, rezidua léčiv, siričné látky a těžké kovy, byla technologie KOPF SynGas vyvinuta jako dvoustupňový fluidní proces (obr. 8), a dále je v technologii zařazeno několikastupňové čištění syntézního plynu (odstranění: prachu - 6, 8; aerosolů - 10; dusíkatých sloučenin - 11; rtuti - 12; sulfanu - 13, zbývajících aromatických uhlovodíků - 14). Produktem zplyňování je tedy čistý syntézní plyn. Syntézní plyn je využit k výrobě elektrické energie a procesního tepla na kogenerační jednotce (15). Část procesního tepla lze využít přímo při sušení čistírenského kalu.



Obr. 8 Schéma technologie KOPF SynGas
Fig. 8 Schema of KOPF SynGas technology

Technologie KOPF SynGas zpracovává čistírenský kal. Modulární jednotka SynGas 5000 je schopna zpracovat 5000 tun vysušeného čistírenského kalu ročně.

Společnost KOPF SynGas postavila v roce 2002 pilotní jednotku v německém Balingenu. V roce 2010 byla její kapacita zdvojnásobena. Další jednotka na zpracování 5 000 tun čistírenského kalu je v provozu od roku 2011 v německém Mannheimu [10]. Základní charakteristiku technologie KOPF SynGas pro jednotku obsahuje Tab. 7.

2.8. KWS Strohmenger GmbH - Wood Gasifier System Werner

Společnost KWS Strohmenger GmbH provozuje technologii na zplyňování biomasy s názvem Wood Gasifier System Werner. Tato technologie produkuje, díky sofistikovanému toku plynu systémem, plyn téměř bez obsahu dehtu.

Tab. 7 Charakteristika technologie KOPF SynGas pro jednotku SynGas 5000

Tab. 7 KOPF SynGas technology characterization for SynGas 5000 unit

VSTUP		VÝSTUP	
Surovina	Typ	Čistírenský kal	Elektrický výkon za rok
	Vlhkost	vysušený na 5 - 15 %	4200 kWh
Spotřeba suroviny za rok	5000 t	Tepelný výkon za rok	5500 kWh

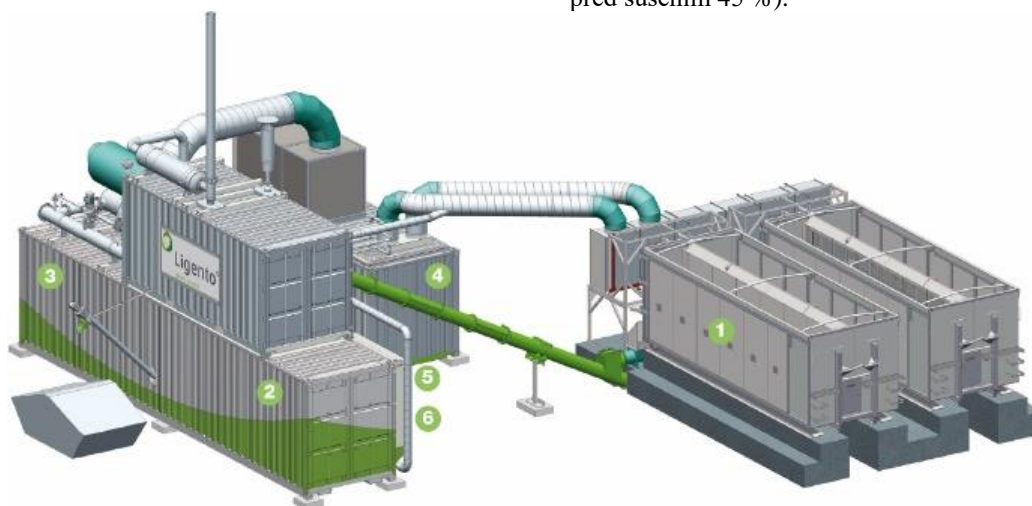
Biomasa je ve zplyňovacím reaktoru zplyněna v pevném loži. Za zplyňovacím zařízením je zařazen stupeň sušení plynu, aby byl zajištěn optimální provoz motoru kogenerační jednotky. Technologie KWS Strohmenger zpracovává dřevní odpad (dřevní štěpku).

Základní charakteristika jednotky, kterou společnost KWS Strohmenger dodává, je obsažena v Tab. 8 [11].

Tab. 8 Charakteristika technologie Wood Gasifier System Werner

Tab. 8 Wood Gasifier System Werner technology characterization

VSTUP		VÝSTUP	
Typ	Dřevní štěpka		
Surovina	Velikost	max. 250 mm, max. 5 % jemné frakce	Elektrický výkon 300 kW
	Vlhkost	10 %	
Spotřeba suroviny při vlhkosti 10 %	210 kg·h ⁻¹	Tepelný výkon	50 kW



Obr. 9 Technologie Ligento
Fig. 9 Ligento gasification unit

Základní charakteristiku technologie Ligento udává Tab. 9.

Tab. 9 Charakteristika technologie Ligento

Tab. 9 Ligento technology characterization

VSTUP		VÝSTUP	
Surovina	Typ	Dřevní štěpka	Elektrický výkon 140 kW
	Velikost	10 – 200 mm	
Spotřeba suroviny	Vlhkost	max. 45% před sušením	Tepelný výkon 240 kW
	na 1 kW el. výkonu	0,95 kg	

Společnost Ligento green power nabízí svou technologii do mnoha odvětví, např.: do komerční sféry, průmyslu (elektrická energie, teplo, chlad i pára), využití tepla pro vytápění obytných zón, nebo do zemědělství pro sušení topného dřeva či dalších surovin, jako je kukuřice a obilí.

2.9. Ligento green power GmbH

Technologie Ligento zpracovává procesem zplynění dřevní štěpku. Jednotka je znázorněna na Obr. 99. Štěpka je skladována v modulu (1), kde dochází k jejímu prosévání a sušení, aby byla připravena ke zplynění. Odtud je transportována do modulu se zplyňovacím reaktorem s fixním ložem (2), kde je zplyněna. Vznikající plyn je přečištěn a spalován v plynovém motoru (3), čímž je transformován na elektrickou energii a teplo. Teplo se může buď vracet zpět do procesu nebo může být využito v technologických procesech či k vytápění. Elektrická energie může být vedena přípojkou do elektrické sítě nebo se využívá pro potřeby provozu (4 - heat management). Součástí technologie je kontrola a řízení procesu (5) a bezpečnostní zařízení (6).

Technologie Ligento zpracovává dřevní štěpku, která by měla splňovat normu DIN EN14961 (velikost částic 10 – 200 mm s maximálním obsahem vody před sušením 45 %).

Společnost Ligento green power dodává svou technologii ve formě modulárního uspořádání. Instalační plocha jednotky je 18,5 m x 13,5 m včetně logistiky pro vstupní materiál. Společnost Ligento green power nabízí svou technologii formou kompletního servisu, který se týká návrhu, výroby a instalace technologie, vč. kompletního servisu [12].

2.10. Meva Energy AB

Společnost Meva Energy byla založena v roce 2008 ve Švédsku jako výsledek výzkumu zplyňování biomasy na University of Technology v Luleå a zplyňovacího centra Energitekniskt Centrum.

V této technologii probíhá zplyňování biomasy v prostředí hustého oblaku částic (unášené lože), který je vhnán do předehřátého souproudeho zplyňovacího cyklonového reaktoru. Oblak částic biomasy klesá v reaktoru a je zplyňován na syntézní plyn. Odstředivé síly cyklonu oddělí ze syntézního plynu popel, který odchází spodní částí a plyn je odváděn potrubím umístěným ve středu

reaktoru. Jako zplyňovací médium je u technologie Meva Energy použit vzduch, což je levnější řešení než při použití samotného kyslíku. Vyrobený syntézní plyn může být spálen v kogeneračních jednotkách za účelem výroby elektrické energie a tepla, nebo je v některých případech použit jako alternativní náhrada fosilních plynů (zemní plyn, propan) v průmyslových procesech (např. při sušení).

Technologická jednotka (Obr. 10) je navržena jako uzavřený proces, jehož jediným vedlejším zbytkovým produktem je popel. Systém je navržen takovým způsobem, aby byl plně automatizovaný s možností dálkového řízení a nepřetržitého provozu.



Obr. 10 Technologie Meva Energy
Fig. 10 Meva Energy gasification unit

Technologie Meva Energy zpracovává biomasu o velikosti částic maximálně 1 mm (v případě větších rozměrů je třeba materiál upravit na požadovanou zrnitost), což zajišťuje správné fungování procesu za stabilních podmínek. Technologie Meva Energy je schopna zpracovat různé druhy materiálů, kterými jsou: dřevní materiály, kůra, rašelina, sláma nebo rýžové slupky. Společnost Meva Energy říká, že její technologie „může být přizpůsobena takřka všem na světě dostupným biopalivům“.

Základní charakteristika technologie Meva Energy je v Tab. 10.

Tab. 10 Charakteristika technologie Meva Energy
Tab. 10 Meva Energy technology characterization

VSTUP		VÝSTUP	
Surovina	Typ	Rašelina, rýžové slupky, kůra, dřevo	Elektrický výkon 1,2 MW
	Velikost	max. 1 mm	Tepelný výkon 2,4 MW

Jednotky s technologií od společnosti Meva Energy existují v současné době 3 (1 pilotní a 2 komerční). První pilotní jednotka o výkonu 400 kW byla postavena v roce 2009 v Energitekniskt Centrum. První komerční jednotka

byla postavena v roce 2011 ve Švédsku pro energetickou společnost (1,2 MW - prodej do rozvodné sítě). Společnost Meva Energy spolupracuje dále se závodem Hortlax, kde stojí další její jednotka. Společnost garantuje roční provozní dobu jednotky 4200 hodin a je navržena tak, aby zabírala plochu 17 m x 6 m (10 metrů na výšku).

Tuto technologii lze, v závislosti na typu paliva a použitelnosti vyrobené tepelné energie, aplikovat do několika různých odvětví:

- Průmysl: chemické továrny, pily, rafinérie, prádelny, potravinářské závody, průmysl plastů, zemědělství a skleníky;
- Komerční sféra: kancelářské budovy, letiště, nákupní centra;
- Rezidenční: hotely, bytové domy;
- Instituce: školy, pečovatelské domy, věznice, nemocnice.

Společnost Meva Energy je schopna dodat svou technologii i pro následující aplikace: i) výroba vodíku ze syntézního plynu; ii) výroba zemního plynu ze syntézního plynu (SNG - Substitute Natural Gas); iii) produkce biopaliv ze syntézního plynu [13].

2.11. Qalovis GmbH – Q-PowerGen

Qalovis je společností, která se zabývá výrobou strojů a systémů na zpracování biogenních odpadních materiálů z bioplynových stanic a chovu hospodářských zvířat. Společnost Qalovis používá ve své zplyňovací technologii reaktor s pevným ložem. Reaktor má robustní rozměry, což snižuje riziko jeho ucpaní. Součástí této technologie zplyňování (Q-PowerGen) je Stirlingův motor. Stirlingův motor umožňuje díky své konstrukci zplyňování různých druhů vstupního materiálu a výstupní plyn není třeba filtrovat, chladit a čistit. Teplota plynu v tomto systému neklesne pod 350 °C a tak dehtové látky (přídavné energetické složky), oproti jiným technologiím, zůstávají součástí syntézního plynu. Spálení plynu je i bez zařazení katalyzátoru řízeno tak, aby vznikající emise neobsahovaly aromatické sloučeniny (např. benzen). Po zplynění biomasy je ze syntézního plynu oddělen ještě horký popel, což zabraňuje adsorpci plynných složek na částice popela.



Obr. 11 Technologie Q-PowerGen

Fig. 11 Q-PowerGen technology

Technologie Q-PowerGen zpracovává i dřevní materiál různé kvality - štěpka z pil, odpad z lesnictví

a krajinářství apod.; ii) další hořlavé materiály (fermentační zbytky z bioplynových stanic a zbytky z chovu hospodářských zvířat). Pro tuto technologii lze také použít různé pelety, pokud k takovému materiálu má provozovatel jednotky přístup.

Společnost Qalovis doporučuje svou technologii zejména pro provozy, které jsou schopny využít vyprodukované teplo. Takovými provozy mohou být např.:

- Zemědělství: chov prasat, zpracování krmiv, zemědělské podniky se sušárnami;
- Lesnictví;
- Bioplynové stanice bez kogenerační jednotky;
- Vytápění: teplárny, bioenergetické vesnice, hotely, restaurace, bazény, lázně.

Pořizovací náklady na jednotku udává společnost Qalovis ve výši 180000 € [14].

Základní charakteristiku technologie Q-PowerGen společnosti Qalovis udává

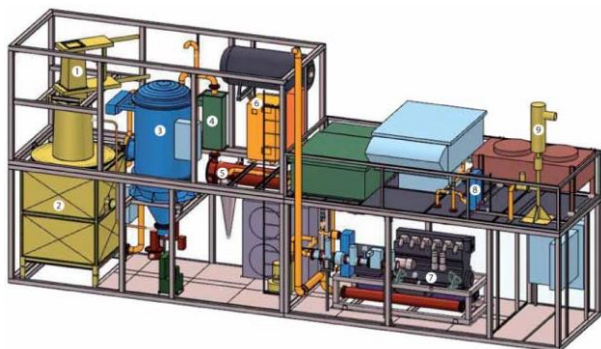
Tab. 11.

Tab. 11 Charakteristika technologie Q-PowerGen**Tab. 11** Q-PowerGen technology characterization

VSTUP			VÝSTUP		
Surovina	Typ	Dřevní materiál, fermentační zbytky z BPS, zbytky z chovu hospodářských zvířat	Elektrický výkon	maximální	36 kW
Spotřeba suroviny	pro dřevní štěpku	50 kg·h ⁻¹	Tepelný výkon	minimální	20 kW
				maximální	120 kW
				minimální	85 kW

2.12. URBAS Maschinenfabrik GmbH

Společnost URBAS vznikla již v roce 1929 a zabývala se zejména těžkým průmyslem. URBAS Maschinenfabrik funguje na trhu zpracování biomasy zplyňováním v kombinaci s kogenerační jednotkou od roku 2008. Srdcem technologie URBAS je zplyňovací reaktor, který pracuje v režimu pevného lože. Vyrobený dřevní plyn je zbaven prachu a dehtu pomocí filtračního systému a poté je spalován v motoru kogenerační jednotky, která produkuje elektrickou energii a teplo.

**Obr. 12** Technologie URBAS**Fig. 12** URBAS technology

Na rozdíl od jiných technologií na kombinovanou výrobu tepla a elektrické energie není u technologie

URBAS potřeba žádné pracovní médium (voda v parní turbíně, topný olej v procesu ORC), což vede k vyšší elektrické účinnosti celé technologie.

Technologie URBAS zpracovává dřevní biomasu (dřevní štěpku). Charakteristika dřevního materiálu odpovídá normě P100c EN 14961 (dřevní materiál musí obsahovat maximálně 15 % vlhkosti a velikost částic nesmí překročit 150 mm).

Základní charakteristika technologie URBAS uvádí Tab. 12.

Tab. 12 Charakteristika technologie URBAS**Tab. 12** URBAS technology characterization

VSTUP		VÝSTUP	
Surovina	Typ	Dřevní štěpka	Elektrický výkon
	Velikost	max. 150 mm	70 - 300 kW
	Vlhkost	max. 15 %	Tepelný výkon
			150 - 620 kW

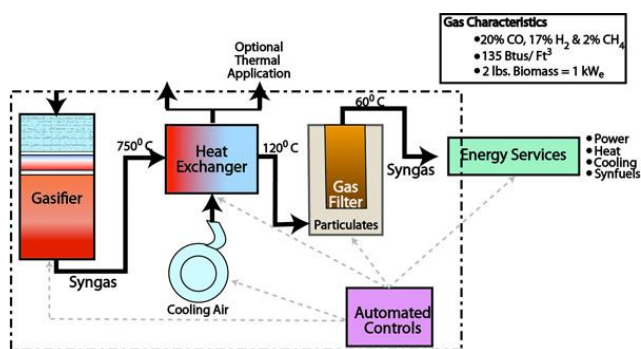
Společnost URBAS Maschinenfabrik instalovala svou technologii prozatím na 16 jednotkách (referenční jednotka je postavena v rakouském městě Ruden). Společnost URBAS Maschinenfabrik dodává své jednotky na klíč a tyto jednotky dosahují maximálně 8580 provozních hodin za rok [15].

2.13. Community Power Corporation - BioMax®

Společnost Community Power Corporation, která byla založena v roce 1995, je dceřinou společností společnosti SynTech Bionergy. Společnost Community Power Corporation je dodavatelem malých modulárních systémů technologie BioMax® na zplyňování biomasy.

Společnost Community Power Corporation vyrábí jednotky s dvěma možnostmi zplyňovacího zařízení: zplyňovací reaktor s pevným ložem nebo fluidní zplyňovací reaktor. S výjimkou chladicí vody do motorů není třeba žádné další médium a technologie neprodukuje žádný toxický odpad ani odpadní vodu, takže při pořízení jednotky není třeba počítat s přídatným zařízením na čištění odpadní vody.

Schéma na Obr. 1313 ukazuje princip technologie BioMax®. Provozní teplota zplyňovacího reaktoru, který zpracovává odpadní materiál, je vyšší než 800 °C a produktem zplyňování je syntézní plyn. Syntézní plyn je předfiltrován a následně je prostřednictvím technologie BioMax® na motorech transformován na elektrickou energii a teplo. Složení syntézního plynu je: H₂ – 17 %, CO – 20 %, CH₄ – 2 %, CO₂ – 8 %, a zbytek je tvořen dusíkem.



Obr. 13 Schématické znázornění modulu BioMax®
Fig. 13 Schema of BioMax® gasification module

Ne všechny materiály je přeměněn na syntézní plyn, zbytek po zplynění je nazýván biokoks. Biokoks produkován touto technologií je vysoce kvalitní a může být použit v potravinářství a zemědělství. V roce 2005 vyvinula společnost Community Power Corporation pro americkou armádu technologii BioMax®WEC (Waste-to-Energy) na zpracování odpadního materiálu z mobilních kuchyní (papír, plastové obaly, zbytky jídla) o elektrickém výkonu 60 kW.

Technologie BioMax® používá jako vstupní surovinu odpadní materiál z biomasy, konkrétně dřevní štěpku, skořápky ořechů a energetické plodiny.

Bez použití kogenerační jednotky dosahuje technologie účinnosti 32 %. Při použití kogenerační jednotky se celková účinnost technologie blíží 60 %.

V současné době je instalováno 9 jednotek ve 3 různých aplikacích v USA a na Filipínách a disponuje referenční jednotkou v Sacramentu v Kalifornii. Jednotky poslední generace mají za sebou již více než 75000 provozních hodin. Společnost nyní připravuje svou první

jednotku v Japonsku. Základní charakteristika technologie BioMax®, konkrétně jednotky BioMax®100, je uvedena v Tab. 13.

Tab. 13 Charakteristika technologie BioMax® (jednotka BioMax®100)

Tab. 13 BioMax® technology characterization (BioMax®100 unit)

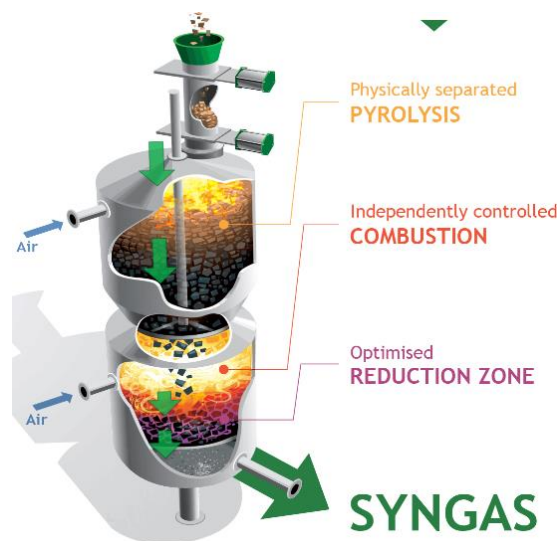
VSTUP		VÝSTUP	
Surovina	Typ	Odpadní biomasa	Elektrický výkon 145 kW
	Velikost	36 - 51 mm	
	Vlhkost	max. 55 %	
Spotřeba suroviny	na 1 kW el. výkonu	1 kg	Tepelný výkon 120 kW

Společnost Community Power Corporation nabízí svou technologii ke komerčnímu využití a má kapacitu na výrobu až 20 jednotek za měsíc. Momentálně tuto technologii využívají komerční podniky, zemědělství zpracovatelé, vládní zařízení a výzkumné instituce.

Společnost Community Power Corporation poskytuje dodávku své technologie na klíč se zárukou na 1 rok (popř. delší zárukou) a úzce spolupracuje s partnerem v České republice. Na instalaci jednotky je třeba plochy 100 m² (cca 10 x 10 m). Na obsluhu jednotky je třeba přibližně 5 pracovníků. Čistící a údržbové práce je třeba provádět po 500 provozních hodinách a standardní provoz jednotky vyžaduje pouze 30 - 45 minut na údržbu a přípravu suroviny. Při projektování technologie je třeba počítat s přípojkou na vyprodukovanou elektrickou energii. Společnost udává cenu své jednotky na 895 000 USD [16, 17].

2.14. Xylowatt

Společnost Xylowatt využívá ve své technologii reaktor NOTAR® (Obr. 14), který je průmyslovým zplyňovacím reaktorem produkujícím čistý syntézní plyn bez dehtu (CLEAN SYNGAS NO TAR!).



Obr. 14 Reaktor NOTAR®**Fig. 14** NOTAR® reactor

Zplyňovací reaktor se skládá ze tří reakčních zón: pyrolýzní, spalovací a redukční zóny. Pyrolýzní zóna zajišťuje, aby zbytek ze zplyňování neobsahoval dehet. Spalovací zóna ničí dehtové látky ($< 100 \text{ mg}\cdot\text{m}^{-3}$) a vzniká tak plyn bez složek dehtu. Redukční zóna produkuje čistý syntézní plyn (obsah dehtu pod $5 \text{ mg}\cdot\text{m}^{-3}$) a zbytek obsahující polutanty a kovy z původního materiálu. Konstrukce reaktoru umožňuje ovládání kritických parametrů reakce. Zplyňovacím médiem je u této technologie vzduch.

Společnost Xylowatt nabízí svou technologii v jednotkách o různých velikostech.

**Obr. 15** Jednotka technologie Xylowatt**Fig. 15** Gasification equipment - Xylowatt

Technologie Xylowatt může zpracovávat různé druhy biomasy, a to dřevní odpad z lesnictví, odpadní dřevo a impregnované dřevo, zemědělské vedlejší produkty, čistírenské kaly a další organické materiály.

Základní charakteristika typické jednotky technologie Xylowatt je shrnuta v Tab. 14.

Tab. 14 Charakteristika technologie Xylowatt**Tab. 14** Xylowatt technology characterization

VSTUP		VÝSTUP		
Surovina	Typ	různé druhy biomasy	Elektrický výkon	685 kW
	Vlhkost	max. 10 %		
Spotřeba suroviny	na 1 kW el. výkonu	$1 \text{ kg}\cdot\text{h}^{-1}$	Tepelný výkon	920 kW

Společnost Xylowatt instalovala prozatím celkem 6 svých jednotek v Belgii a ve Francii. Technologie je

využívána v komerční sféře, konkrétně například k vytápění nemocnice, areálu bazénu, univerzity, k pohonu mlýnu (oblast Champagne) atd.

Společnost Xylowatt poskytuje zpracování návrhu a dodání jednotky své technologie na klíč, a to včetně údržby [18].

2.15. Nexterra

Společnost Nexterra, která byla založena v roce 2003, se zabývá vývojem a dodávkou malých zplyňovacích jednotek na nerecyklovaný organický odpad. Společnost má pobočky v Kanadě a ve Velké Británii.

Zplyňovací jednotky technologie Nexterra jsou navrženy na základě úspěšné zplyňovací platformy Nexterra, která je ověřena již 200000 hodinami provozu. Společnost nabízí moduly o elektrickém výkonu 2 - 17 MW (tepelný výkon 5 - 50 MW). Zplyňovací systém Nexterra nabízí vyšší spolehlivost a větší flexibilitu paliva ve srovnání s jinými technologiemi zpracovávající organické odpady.

Zplyňovací reaktor systému Nexterra (Obr. 816) pracuje na principu pevného lože.

**Obr. 8** Zplyňovací reaktor Nexterra**Fig. 16** Nexterra reactor

Součástí technologie je dávkovač paliva, který zajišťuje krátkodobé skladování a kontinuální dávkování paliva do systému. Palivo je z dávkovacího zásobníku transportováno horizontálním šnekem (1) do zplyňovacího reaktoru (2). Ve zplyňovacím zařízení prochází palivo několika stupni: sušením, pyrolýzou a zplyňováním. Zplyňovací médium (pára a/nebo kyslík) je přiváděno do spodní části zplyňovacího reaktoru. Zplyňování a pyrolýza probíhá při teplotách $815 - 980 \text{ }^\circ\text{C}$ a zplyňovaný

materiál se přemění na syntézní plyn a popel. Popel odchází přes rotující rošt spodní stranou zplyňovacího reaktoru do zásobníků popela (3). Vzniklý syntézní plyn (4) může být spalován za účelem získání tepla (výměníky, průmyslové kotle...) nebo elektrické energie (parní generátor). Další možností je čištění syntézního plynu pro spalování ve spalovacích motorech, popř. může být využit v chemickém průmyslu jako surovina k výrobě dalších produktů.

Technologie Nexterra dokáže zpracovat mnoho složitých odpadních materiálů (dřevní odpad, stavební a demoliční odpad, pevnou složku čistírenských kalů, popř. zemědělských odpadů, kompost...). I přesto tento systém splňuje přísné emisní limity. Technologie umožňuje zpracovat materiál s rozmezím vlhkosti 6 – 60 % a velikostí částic až 75 mm. Společnost Nexterra disponuje vývojovým centrem (v Kanadě, 12 t-den⁻¹), které je schopné na zakázku testovat různé materiály.

Společnost Nexterra dokončila devět komerčních projektů (Severní Amerika, Velká Británie) a další dva jsou na území Velké Británie ve výstavbě. Technologie je využívána v různých odvětvích, např. zpracování skládkového odpadu (10 MW elektrárna v Birminghamu), produkce elektrické energie, vyhřívání různých prostor (univerzitních kampusů, veteránského

centra, residenčních oblastí), otop papírenského stroje atd. [19].

Základní charakteristiku technologie Nexterra udává Tab. 15.

Tab. 15 Charakteristika technologie Nexterra
Tab. 15 Nexterra technology characterization

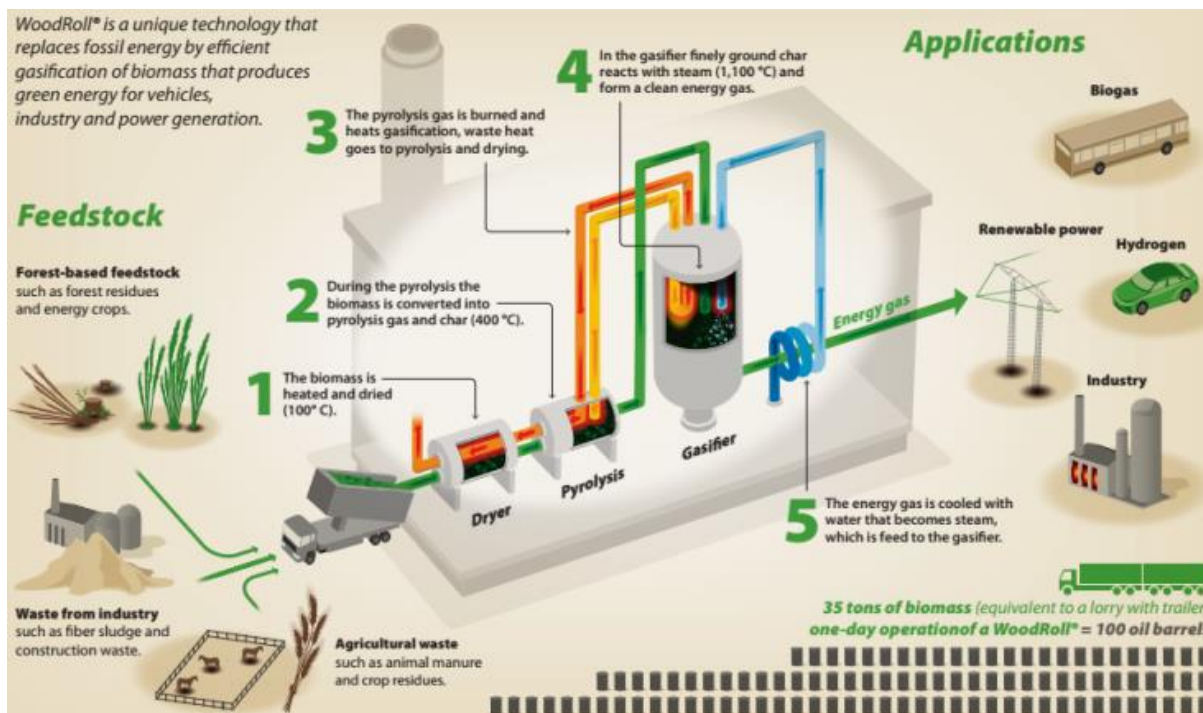
VSTUP		VÝSTUP	
Surovina	Typ	Organický odpad	Elektrický výkon
	Velikost	až 75 mm	2-15 MW
	Vlhkost	6 – 60 %	Tepelný výkon
			2-40 MW

2.16. Cortus - WoodRoll®

Cortus je švédská společnost se sídlem ve městě Kista, která byla založena v roce 2006 za účelem prodeje patentované zplyňovací technologie WoodRoll®.

Technologie WoodRoll® se zabývá výrobou plynu pro energetické, průmyslové a dopravní aplikace.

WoodRoll® kombinuje tři procesy, a to sušení, pyrolýzu a zplyňování. Tyto procesy jsou od sebe odděleny, což umožňuje získávání plynu zbaveného nečistot (Obr. 7).



Obr. 17 Technologie WoodRoll®

Fig. 17 WoodRoll® technology

Vstupní surovina je sušena v sušárně (1) při teplotě 100 °C. Vysušená biomasa je pyrolyzována v pyrolyzním reaktoru (2). Během pyrolýzy odcházejí nečistoty s pyrolýzním plynem a pyrolýzní zbytek je poté zplyňován ve zplyňovacím reaktoru (4) ve formě prášku při teplotě 1100 °C. Zplyňovacím médiem je pára (koncepte

zplyňovacího reaktoru je podobná technologii zplyňování uhlí vodní parou). Teplo pro proces je dodáno nepřímo radiací z reakcí, během kterých je tvořen plyn. Další teplo je generováno spalováním pyrolýzního plynu (3) a dehtové látky jsou štěpeny na neškodné sloučeniny. Vzniklý plyn je chlazen ve výměníku (5) vodou, ta se

přeměňuje na páru, která je dodávána do zplyňovacího reaktoru jako zplyňovací médium.

Technologie WoodRoll® produkuje plyn, který lze zpracovat na další energetické produkty, jako jsou SNG (k výrobě plastů a chemikálií), vodík a kapalná biopaliva, či lze z plynu vyrobit elektrickou energii, popř. v kombinované výrobě elektrickou a tepelnou energií. Díky svým vlastnostem je další možností využití vyrobeného syntézního plynu v průmyslových aplikacích.

Technologie WoodRoll® je schopna zpracovat několik typů surovin. Konkrétně se jedná o následující materiály: zbytky ze zpracování dřeva, energetické plodiny, zbytky z průmyslu (papírenský, stavebnictví) a zemědělský odpad (zvířecí kejda a rostlinné zbytky). Technologie umožňuje použití biomasy do obsahu vlhkosti 45 % bez sušení před vstupem do procesu, a to díky integrovanému stupni sušení.

Standardní jednotka je nastavena na kapacitu 6 MW energie v syntézním plynu. Pokud jednotka produkuje SNG, je výkon 4,8 MW, pokud je výsledným produktem vodík, je v takovém případě výkon 5,4 MW. V případě aplikace kombinované výroby elektrické energie a tepla je charakteristika jednotky technologie WoodRoll® uvedena v Tab. 16.

Tab. 16 Charakteristika technologie WoodRoll® (kombinovaná výroba elektrické energie a tepla)

Tab. 16 WoodRoll® technology characterization (CHP unit)

VSTUP		VÝSTUP	
Surovina	Typ	Různý	Elektrický výkon 2,4 MW
	Vlhkost	do 45 %	Tepelný výkon 3 - 3,5 MW

Při získávání tepla dochází k nejvyšší účinnosti procesu, kdy je 80 % energie z vlhké biomasy přeměněno na vyrobený plyn.

Společnost Costus postavila v roce 2009 pilotní jednotku o výkonu 150 kW. V roce 2011 byl úspěšně testován zplyňovací reaktor WoodRoll® o výkonu 500 kW, do roku 2013 probíhaly testy jednotlivých fází zplyňování a v roce 2014 byl zplyňovací reaktor modernizován. Od roku 2015 se pracuje na realizaci první komerční modulární jednotky o výkonu 6 MW.

Od své technologie si společnost Cortus slibuje využití produkovaného plynu v mnoha oblastech: zpracování na další energetické produkty (SNG, vodík, kapalná biopaliva), výroba elektrické energie, popř. elektrické a tepelné energie, využití syntézního plynu v průmyslových aplikacích (ve vápenných pecích, při zpracování oceli, v celulózových a v papírenských závodech atd.).

Na jednotku o výkonu 6 MW bez koncovky na kombinovanou výrobu elektrické energie a tepla je třeba plocha 12 x 30 m. Dále je do procesu třeba dodávat vodu ($800 \text{ kg} \cdot \text{h}^{-1}$), dusík k inertizaci některých částí procesu ($20 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$) a cca 1,5 t suroviny (přepočten na suchý a bezpopelnatý stav).

Společnost Cortus je otevřena dodávce své technologie WoodRoll® na klíč v podobě modulárního uspořádání, které minimalizuje problémy během instalace technologie u zákazníka [20].

2.17. Pyrox

Německá společnost Pyrox vyrábí komerčně dostupné jednotky střední velikosti na zplyňování dřevní biomasy. Technologie Pyrox využívá zplyňovací reaktor s pevným ložem, produkuje plyn o stabilním složení a je podložena několika patenty. Zpracovávaná surovina prochází několika fázemi, a to sušením, pyrolýzou, oxidací a redukcí. Surovina vstupuje do reaktoru jeho horní částí a je sušena teplem ze zplyňovacího procesu. Po vysušení materiálu následuje pyrolýza. Při zplyňování reaguje biomasa s kyslíkem ze vzduchu a vytváří CO_2 a H_2O , tyto produkty prochází přes horký pevný zbytek a jsou redukovány na CO a H_2 . Reakce těchto dvou složek vede k produkci metanu. Použití kyslíku má za následek oxidaci dehtových látek v oxidační zóně při vysoké teplotě. Technologie Pyrox neprodukuje odpadní vodu. Vedlejším produktem zplyňovacího procesu je popel (1 % původní hmotnosti). Produkovaný plyn je vyčištěn a ochlazen ve vysokoteplotním cyklónu, výměníku tepla a elektrostatickým filtrem. Plyn je poté spalován ve speciálních kogeneračních motorech na kombinovanou výrobu elektrické energie a tepla.

Společnost Pyrox vyrábí jednotky o několika velikostech podle elektrického výkonu: 500 kW, 750 kW, 850 kW nebo 1000 kW.



Obr. 18 Jednotka technologie Pyrox
Fig. 18 Gasification equipment - Pyrox

Technologie Pyrox zpracovává jakýkoliv typ dřevní štěrky o vlhkosti od 10 % do 60 %. Spotřeba dřevní

štěpky pro technologii činí $1,1 \text{ kg}\cdot\text{h}^{-1}$ biomasy o vlhkosti 40 % na 1 kW elektrického výkonu. Velikost částic suroviny by měla být od 20 do 100 mm, přičemž doporučená velikost je 50 mm a obsah malých částic ($< 10 \text{ mm}$) nesmí přesáhnout 5 %.

Tab. 17 Charakteristika technologie Pyrox

Tab. 17 Pyrox technology characterization

VSTUP		VÝSTUP	
Surovina	Typ Velikost Vlhkost	Dřevní štěpka 20 – 100 mm 10 – 60 %	Elektrický výkon 1 MW
Spotřeba suroviny	na 1 kW el. výkonu a 40% vlhk.	$1,1 \text{ kg}\cdot\text{h}^{-1}$	Tepelný výkon 1,2 MW

Společnost Pyrox dodává svou technologii na klíč ke komerčnímu využití. Zplyňovací zařízení Pyrox se skládá z několika modulů s připravenou technologií a instalace jednotky zahrnuje dodání modulů, jejich propojení a nastavení. Všechny moduly jsou plně automatizované a řízené pomocí jednoho řídicího programu. Obsluhující personál provádí pouze kontrolní práce. Dodávka technologie na klíč obvykle obsahuje: zpracování štěpky (sušení, skladování, doprava); zplyňovací reaktor; čištění plynu (cyklon, chlazení, filtr); zpracování kondenzátu; analyzátor plynu; ovládací zařízení; plynový motor a generátor; další příslušenství; montáž jednotky a mechanické dokončení; uvedení do provozu; testování a školení personálu [21].

2.18. LiPRO energy

Německá společnost LiPRO energy vyrábí jednotky na zplyňování biomasy s kogenerační výrobou elektrické

Tab. 18 Charakteristika technologie LiPRO

Tab. 18 LiPRO technology characterization

VSTUP		VÝSTUP	
Surovina	Typ Velikost Vlhkost	Lignocelulóza 30 – 50 mm < 10 %	Elektrický výkon HKW 30 HKW 50
Spotřeba suroviny	HKW 30 HKW 50	$30 \text{ kg}\cdot\text{h}^{-1}$ $50 \text{ kg}\cdot\text{h}^{-1}$	Tepelný výkon HKW 30 HKW 50
			30 kW 50 kW 70 kW 110 kW

Vývoj technologie začal v roce 2012 a od roku 2014 je technologie komerčně dostupná. Byla postavena první jednotka, která byla následně optimalizována. V současné době jsou v provozu dvě jednotky společnosti LiPRO a dalších pět jich je ve výstavbě. Provozní doba první postavené jednotky je do současné doby 15000 operačních hodin.

Účinnost technologie se pohybuje okolo 85 %. Analýza LCA ukázala, že cca 4 % energie obsažené v původním materiálu jsou použita v procesu (štěpení, transport...).

Společnost LiPRO energy doporučuje využití svých jednotek v různých odvětvích, např. v zemědělských a

energie a tepla. Technologie LiPRO energy má jednotlivé reakční stupně procesu (pyrolýza, oxidace, redukce) technicky oddělené, což zaručuje individuální řízení reakčních podmínek jednotlivých reakcí. Tímto způsobem je zajištěna výroba čistého plynu bez obsahu dehtovitých látek, které by negativně ovlivňovaly výkon zařízení. Dehtovité látky jsou odstraněny v oxidačním stupni, ve kterém se oxidací tyto látky rozštěpí. Oddělená redukční zóna ovlivňuje vlastnosti popela tak, aby nedocházelo k jeho spékání.



Obr. 19 Jednotka technologie LiPRO

Fig. 19 Gasification equipment - LiPRO

Společnost LiPRO vyrábí jednotky o dvou velikostech, a to HKW 30 a HKW 50.

Technologie LiPRO zpracovává dřevní biomasu (dřevní štěpku a další lignocelulóзовé materiály) o velikosti 10 - 60 mm (méně jak 10 % jemné frakce $< 10 \text{ mm}$) a s maximální vlhkostí 10 %. Společnost LiPRO energy se v současné době zabývá výzkumem zplyňování digestátů z výroby bioplynu, čistírenského kalu a odpadu z recyklování.

Základní charakteristika technologie společnosti LiPRO energy je uvedena v Tab. 18.

lesnických provozech, v průmyslových podnicích s vysokou spotřebou tepelné a elektrické energie, k lokálnímu i dálkovému vytápění (bytových i nebytových prostor, sportovních center, hotelů, restaurací) atd.

Plocha zplyňovací jednotky zaujme prostor o rozměrech $5,5 \times 1,5 \times 2 \text{ m}$. Kogenerační jednotka pak zaujme prostor $1,9 \times 1,2 \text{ m}$ a pro kontrolní jednotku je třeba počítat s prostorem o velikosti $1,18 \times 0,48 \times 2,18 \text{ m}$. Pro jednotku je třeba připravit systém dopravy paliva k jednotce, systém na odvedení popela, přípojku do elektrické sítě a přívod čerstvé a odvod znečištěné vody. Společnost LiPRO energy je schopna, po domluvě na parametrech jednotky atd., dodat svou technologii na klíč.

Společnost udává investiční náklady na zplyňovací jednotku s kogenerací, kontrolní jednotkou a přídatným zařízením ve výši 195000 € [22].

2.19. GLOCK ÖKOenergie GmbH

Společnost GLOCK ÖKOenergie je jedna z evropských společností, která se zabývá zplyňováním dřevné biomasy a následné kogenerované výrobě elektrické energie a tepla. Společnost má své sídlo v Rakousku a nabízí svou technologii jako jednotky o dvou velikostech. Jednotky nesou označení GGV 1.7 (Obr. 20) a GGV 2.7. V technologii GLOCK ÖKOenergie je surovina (odpadní dřevní biomasa) nejprve transportována dopravníkem do sušící jednotky a až po usušení pokračuje do zplyňovacího reaktoru. Reaktor pracuje na Imbertově principu a převádí dřevní štěpku na dřevní plyn. Vzniklý dřevní plyn je čištěn od popílku na speciálních filtrech. Vyčištěný plyn je ochlazen ve výměníku tepla a získané teplo se používá zpětně v procesu. Ochlazený plyn prochází přes bezpečnostní filtr, který slouží jako ochrana spalovacího motoru.

Tab. 19 Charakteristika technologie GLOCK ÖKOenergie
Tab. 19 GLOCK ÖKOenergie technology characterization

VSTUP			VÝSTUP		
Surovina	Typ	Odpadní dřevní biomasa	Elektrický výkon	GGV 1.7	18 kW
	Vlhkost	10 - 15 %		GGV 2.7	55 kW
Spotřeba suroviny	GGV 1.7	0,7 kg·h ⁻¹	Tepelný výkon	GGV 1.7	44 kW
	GGV 2.7	0,69 kg·h ⁻¹		GGV 2.7	120 kW

Společnost GLOCK ÖKOenergie dodává svou technologii ke komerčnímu využití. Jednotka GGV 1.7 zaujme prostor o rozměrech 5,2 x 2,2 x 2,6 m a jednotka GGV 2.7 prostor o rozměrech 5,0 x 2,7 x 3,4 m [23].

2.20. VOLTER

Finská společnost Volter vyrábí zplyňovací modulární jednotky na zpracování dřevní biomasy za účelem výroby elektrické energie a tepla. Společnost nabízí moduly od výkonu 40 kW_{el} a tomu odpovídajících 100 kW_{th}.

Jednotka Volter 40 je určena pro vnitřní instalaci. Tato jednotka je velmi kompaktní a je speciálně navržena pro instalaci více jednotek na jednom místě. Jednotka převádí dřevní štěpku na dřevní plyn. Dřevní plyn je ochlazen a získané teplo se vrací zpět do procesu. Plyn je poté filtrován, aby byl zbaven pevných nečistot, a znovu chlazen. Vyčištěný plyn je spalován v motoru, který pohání generátor elektrické energie. Teplo získané z procesu je převedeno do vody. Vedlejším produktem procesu je popel.

Společnost Volter má nainstalované jednotky se svou technologií po celém světě (ve Finsku, v Japonsku, ve Velké Británii, ve Švédsku, v Austrálii a v Kanadě).



Obr. 20 Jednotka GGV 1.7

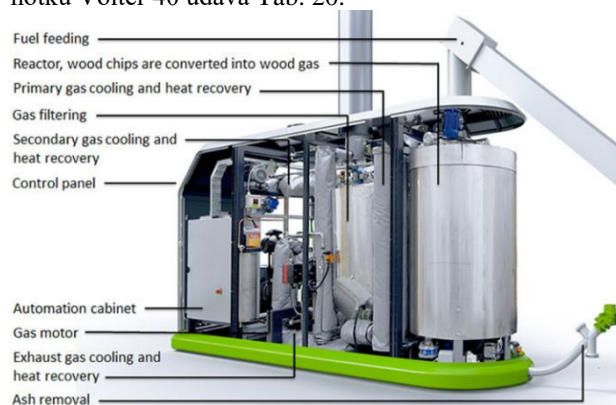
Fig. 20 Gasification equipment – GGV 1.7 unit

Následně je vyčištěný a ochlazený plyn spalován ve spalovacím motoru, který ovládá generátor. Elektrická energie z generátoru je dodávána do elektrické sítě a teplo ze spalovacího motoru se vrací zpět do procesu.

Základní charakteristika technologie společnosti GLOCK ÖKOenergie je uvedena v

Tab. 19.

Základní charakteristiku technologie Volter pro jednotku Volter 40 udává Tab. 20.



Obr. 21 Jednotka Volter 40

Fig. 21 Gasification equipment – Volter 40 unit

Tab. 20 Charakteristika technologie Volter (jednotka Volter 40)

Tab. 20 Volter technology characterization (Volter 40 unit)

VSTUP	VÝSTUP
-------	--------

Surovina	Dřevní štěpka	Elektrický výkon	40 kW
Spotřeba suroviny za 24 h	4,5 m ³	Tepelný výkon	120 kW

Společnost Volter nabízí svou jednotku Volter 40 ke komerčnímu využití. Zároveň je společnost Volter schopna dodat i sušící jednotku Lauber na sušení suroviny. Technologie Volter je využívána v mnoha odvětvích (závod na zpracování odpadu, dřevozpracující závody, v zemědělství, k vytápění různých objektů atd.). Jednotka Volter 40 je navržena pro interní využití a je pro ni třeba vyčlenit prostor na betonovém podkladu o rozměrech 4,8 x 1,2 x 2,5 m., jednotka váží cca 4,5 t. Pro připojení této jednotky je třeba elektrický kabel, potrubí pro přívod a odvod tepla a připojení GSM.

Společnost dodává své jednotky Volter 40 na klíč a testuje je před odesláním k zákazníkovi. Zákazník si poté jednotku sám na místě připojí do rozvodné a elektrické sítě [24].

3. Závěr

V podmínkách České republiky patří biomasa k jednomu z velice perspektivních obnovitelných zdrojů energie. Proto je s podivem, že pokud mluvíme o lokálních zařízeních v regionálním měřítku – malé závody, zemědělská družstva, hotely, restaurace, lázně atd., není v České republice zplyňování biomasy již zaběhnutým standardem, jako je tomu v okolních zemích.

Autoři proto vytvořili přehled společností, které jednotky na zplyňování biomasy v malém měřítku vyrábí a dodávají. Z přehledu je patrné, že v České republice žádná malá jednotka na zplyňování biomasy nestojí, avšak v okolních státech se dají tyto jednotky počítat na desítky až stovky. Výhodou daných jednotek je možnost zpracování rozličného odpadního materiálu (dřevní štěpky, čistírenských kalů, fermentační zbytky z bioplynových stanic atd.), nízké nároky na prostor (technologické jednotky jsou často koncipovány do modulů) a především získání elektrické energie a tepla, které lze využít k vytápění blízkých objektů. U větších jednotek lze uvažovat o využití vyrobeného syntézního plynu dále v průmyslu.

Literatura

1. Bridgwater A.V. The technical and economic feasibility of biomass gasification for power generation. *Fuel*. 1995, 74 (5), 631-653.
2. Pohořelý M.; et al. Alotermní fluidní zplyňování biomasy, *Paliva*. 2009, 1 (1), 128-140.
3. Buryan P.; et al. Laboratorní hodnocení zplyňovatelnosti biomasy, *Paliva*. 2012, 4 (2), 33-36.
4. BR Energy Group AG. <http://br-eg.com>, staženo 27. září 2017.
5. Burkhardt energy and building technology. <http://burkhardt-gruppe.de/hp2/Home.htm>, staženo 27. září 2017.
6. Holzenergie wegscheid. <http://www.holzenergie-wegscheid.de/?lang=EN>, staženo 9. září 2017.

7. Re². <http://www.holz-kraft.com/en>, staženo 9. září 2017.
8. Syncraft. <http://www.syncraft.at>, staženo 27. září 2017.
9. Xyloenergy. <http://xyloenergy.de>, staženo 5. září 2017.
10. Sülzle Kopf. <http://suelzle-kopf.de/en>, staženo 9. září 2017.
11. KWS Strohmennger. <http://www.kws-strohmennger.de>, staženo 9. září 2017.
12. Ligento green power. <http://www.ligento.de/vision.html>, staženo 5. září 2017.
13. Meva Energy. <http://mevaenergy.com>, staženo 9. září 2017.
14. Qalovis. <http://www.qalovis.com>, staženo 9. září 2017.
15. Urbas stahl- und alagenbau. <http://www.urbas.at>, staženo 5. září 2017.
16. Syntech Bioenergy. <https://www.syntechbioenergy.com/Biomax>, staženo 27. září 2017.
17. Community Power Corporation. <http://www.gocpc.com>, staženo 27. září 2017.
18. Xylo watt – Biofuels to Energy. <http://www.xylo watt.com>, staženo 5. září 2017.
19. Nexterra. <http://www.nexterra.ca>, staženo 27. září 2017.
20. Costus energy. <http://www.cortus.se>, staženo 9. září 2017.
21. Pyrox. <http://www.woodgas.eu>, staženo 9. září 2017.
22. LiPRO energy. <http://lipro-energy.de/en/lipro-hkw-wood-gas-chp>, staženo 5. září 2017.
23. Glock Ökoenergie. <http://www.glock-oeko.at>, staženo 27. září 2017.
24. Volter. <http://volter.fi>, staženo 27. září 2017.

Summary

Overview of Biomass Gasification Technologies Useable in Regional Scale

Lenka Jilková^a, Leoš Gál^b

Biomass is one of the most perspective renewable energy sources in terms of Czech Republic. However in these days the high content of biomass is used in burning processes to obtain thermal energy. The energetic potential of biomass can be used more useful - by gasification process. Produced gas can be used for combined heat and power generation. It is not necessary to build big industrially gasification units, because there are companies all over the world that make gasification units on a turnkey basis useable in small scale. Czech Republic is far behind the rest of Europe in this area. Therefore authors come with an overview of companies and their patented gasification technologies usable in regional scale.