

PRZEDSTAWICIEL DS. ODNAWIALNYCH ŹRÓDEŁ ENERGII

PRZETWARZANIE BIOMASY

Cześć 1. Biomasa – metody konwersji biomasy

Mgr inż. Szymon Szufa



Harmonogram wykładów

- Część 1. Biomasa
- Część 2. Metody konwersji biomasy
- Część 3. Toryfikacja biomasy
- Część 4. Biomasa na cele energetyki



Definicja Biomasy

- Biomasa stanowi trzecie, co do wielkości na świecie, naturalne źródło energii. Według definicji Unii Europejskiej biomasa oznacza podatne na rozkład biologiczny frakcje produktów, odpady i pozostałości przemysłu rolnego (łącznie z substancjami roślinnymi i zwierzęcymi), leśnictwa i związanych z nim gałęzi gospodarki, jak również podatne na rozkład biologiczny frakcje odpadów przemysłowych i miejskich (Dyrektywa 2001/77/WE).



- Zgodnie z Rozporządzeniem Ministra Gospodarki i Pracy z dnia 9 grudnia 2004 roku biomasa to stałe lub ciekłe substancje pochodzenia roślinnego lub zwierzęcego, które ulegają biodegradacji, pochodzące z produktów, odpadów i pozostałości z produkcji rolnej oraz leśnej, a także przemysłu przetwarzającego ich produkty, a także części pozostałych odpadów, które ulegają biodegradacji (Dz. U. Nr 267, poz. 2656).





Rodzaje biomasy

- 1) Drewno:
- - Opał drzewny np. polana czyli kawałki drewna przygotowane do spalania w piecu lub w kominku
- - Odpady pochodzenia leśnego, np. ścinki, zrębki oraz inne pozostałości po wyrębie drzew,
- - Odpady drzewne powstające w mieście, np. koszeniu trawników, odpady z przydomowych ogródków, pozostałości po przycinaniu gałęzi drzew,
- - Odpady oraz produkty uboczne przemysłu leśnego, np. trociny, kora i wióry,





- 2) Biomasa pochodzenia roślinnego
- - Słoma zbóż, roślin oleistych (np. rzepak) i roślin strączkowych
- - Pozostałości po zbiorach np. łuski orzechów kokosowych, resztki z kolb kukurydzy
- - Odpady i produkty uboczne przemysłu przetwórczego np. pozostałości po przerobie trzciny
- cukrowej i wytłoki z oliwek



- 3) Biomasa pochodzenia zwierzęcego w tym:
- Mączka kostna
- Odpady pochodzenia zwierzęcego
- Inne odpady organiczne





- Biomasa jako źródło energii dla ludzkości kiedyś i dzisiaj
- Nowa rola biomasy w XXI wieku
- Zasoby biomasy na świecie



Rola Biomasy w XXI wieku

- W XXI wieku biomasa ponownie zaczyna odgrywać kluczową rolę jako główne źródło energii w wielu wysokorozwiniętych krajach, zazwyczaj w tradycyjnej formie jako zabezpieczenie 35 % zapotrzebowania na energię dwóch trzecich światowej populacji ludzi. Procent ten wzrasta do 60 lub nawet 90 w najbardziej najbiedniejszych krajach naszej planety.



Biomasa i paliwa kopalne

- Sukces każdej nowej formy biomasy przeznaczonej na cele energetyczne będzie najprawdopodobniej zależał od rozważnych zaawansowanych technologicznie rozwiązań. Oznacza to, że jeżeli biomasa ma stanowić na długą przyszłość w obszarze źródeł energii, musi dostarczać to czego chcą ludzie: dostępną, czystą i efektywną formę energii elektrycznej oraz w postaci płynnej i gazowej. To stawia biomasę w bezpośredniej rywalizacji z innymi paliwami takimi jak paliwa kopalne i paliwa jądrowe.



Wszechstronne wykorzystywanie biomasy

- Pożywienie
- Schronienie
- Paliwo
- Surowce
- Włókna
- Nawóz



Rodzaje biomasy na cele energetyczne

- Do celów energetycznych wykorzystuje się najczęściej:
- drewno o niskiej jakości technologicznej oraz odpadowe
- odchody zwierząt
- osady ściekowe
- słomę, makuchy i inne odpady produkcji rolniczej
- wodorosty uprawiane specjalnie w celach energetycznych
- odpady organiczne np. wystódki buraczane, łodygi kukurydzy, trawy, lucerny
- oleje roślinne i tłuszcze zwierzęce.
-
- W Polsce na potrzeby produkcji biomasy można uprawiać rośliny szybko rosnące:
- wierzba wiciowa (*Salix viminalis*)
- ślaziołek pensylwański lub inaczej malwa pensylwańska (*Sida hermaphrodita*)
- topinambur czyli słonecznik bulwiasty (*Helianthus tuberosus*)
- róża wielokwiatowa znana też jako róża bezkolcowa (*Rosa multiflora*)
- rdest sachaliński (*Polygonum sachalinense*)
- trawy wieloletnie, jak np.: miskant: miskant olbrzymi czyli trawa słoniowa (*Miscanthus sinensis gigantea*)
- miskant cukrowy (*Miscanthus sacchariflorus*)
-
- spartina preriowa (*Spartina pectinata*)
- palczatka Gerarda (*Andropogon gerardi*)
- proso różgowe (*Panicum virgatum*).



Kłopotliwe paliwo

- Jak wspomniano na samym początku biomasa charakteryzuje się wysoką i bardzo zmienną ilością wilgoci, która spowodowana jest wieloma czynnikami wśród, których warto wymienić takie jak:
 - - zmienne warunki klimatyczne
 - - rodzaj danego gatunku biomasy i jej klonów
 - - rodzaj gleby
 - - sposób sadzenia i wzrostu danego typu biomasy



Definicja Fotosyntezy

- Fotosynteza to autotroficzny sposób odżywiania się roślin, sinic oraz niektórych bakterii (zielone i purpurowe). W procesie fotosyntezy przy udziale energii świetlnej z prostych związków mineralnych tworzą się związki organiczne. Warunkiem fotosyntezy jest obecność barwników fotosyntetycznie czynnych, głównie chlorofilu, a u bakterii - bakteriochlorofilu. U roślin fotosynteza przebiega w chloroplastach, które najliczniej występują w miękiszu asymilacyjnym w liściach. Uprozczone równanie fotosyntezy:
$$6\text{CO}_2 + 6\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 6\text{O}_2$$

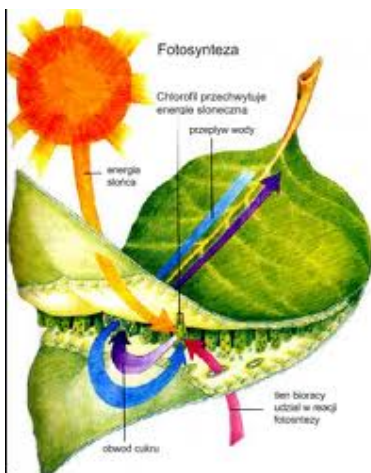
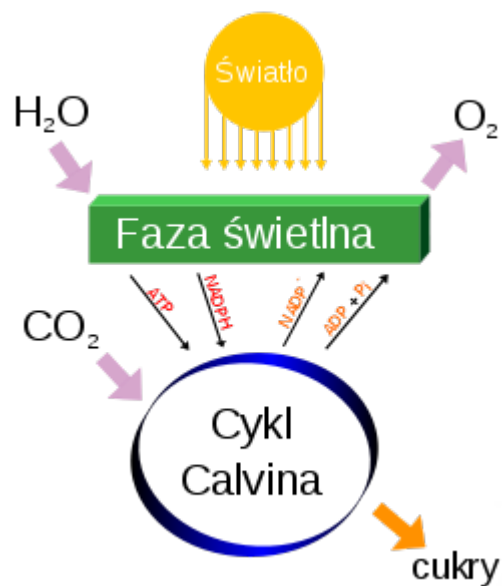
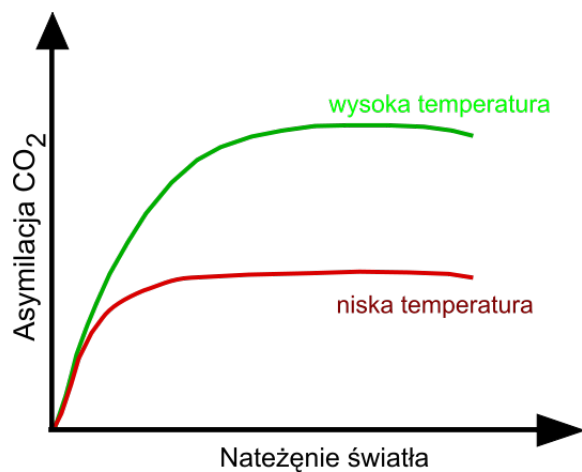


Definicja Fotosynteza

- W rzeczywistości proces jest bardziej skomplikowany. Obejmuje dwie fazy: jasną (zależną od światła), która zachodzi w błonach gran i ciemną (niezależną bezpośrednio od światła) - przebiegającą w stromie chloroplastów. Istotą fazy jasnej fotosyntezy jest konwersja energii świetlnej na chemiczną oraz fotoliza wody, które prowadzą do wytworzenia siły asymilacyjnej (ATP, NADPH + H⁺) potrzebnej do fazy ciemnej. Jako produkt uboczny uwalnia się także tlen. Faza ciemna obejmuje reakcje zwane cyklem Calvina, których istotą jest włączenie w chemizm komórki cząsteczki CO₂ i które prowadzą do wytworzenia pierwotnego produktu fotosyntezy - aldehydu fosfoglicerynowego.



Proces fotosyntezy biomasy



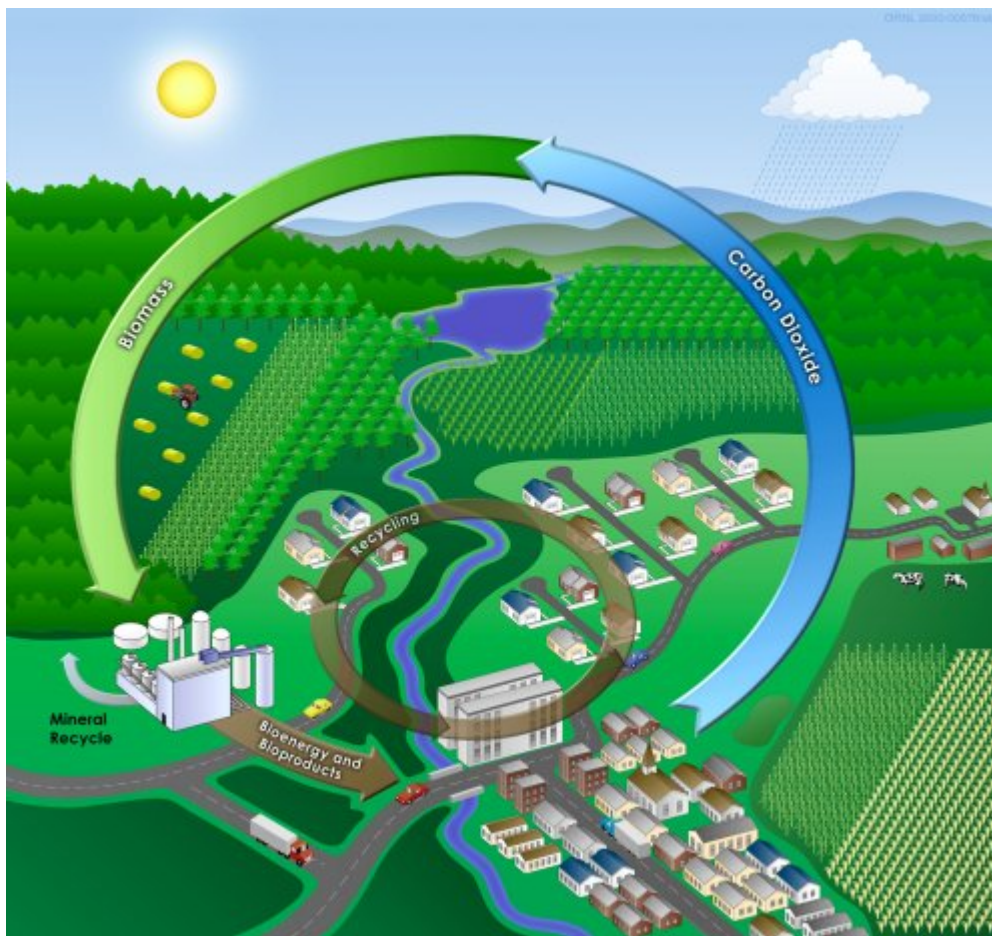


- $6\text{H}_2\text{O} + 6\text{CO}_2 + h\nu$ (energia świetlna) \rightarrow
 $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 6\text{O}_2$; ΔE -2872 kJ/mol (-687
kcal/mol)





Cykl Biomasy

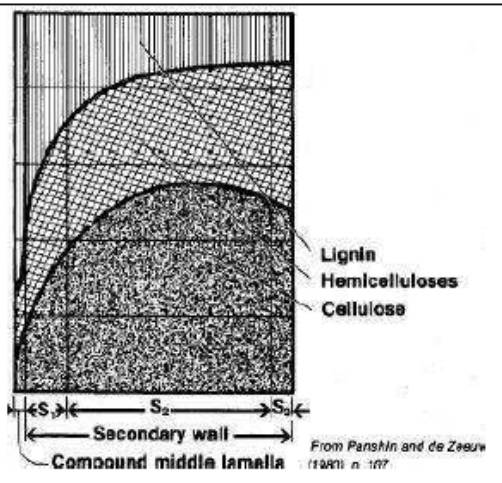
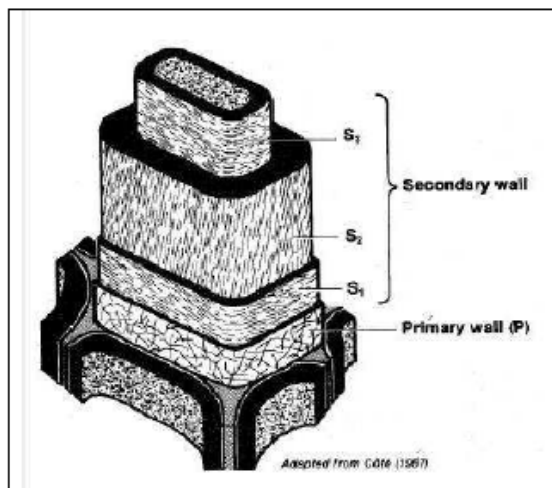
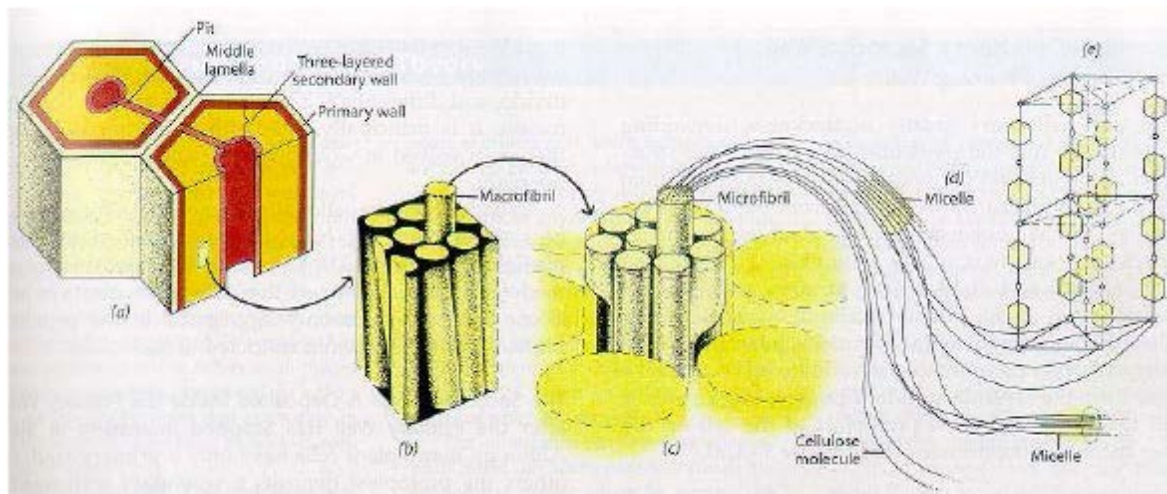


Efekt Środowiskowy

Rodzaj zanieczyszczenia	% redukcja
Dwutlenek węgla - CO ₂	100
Dwutlenek siarki - SO ₂	88
Dwutlenek azotu -	32
Tlenek węgla	79
Pył ogółem	43



Budowa Biomasy Drzewnej



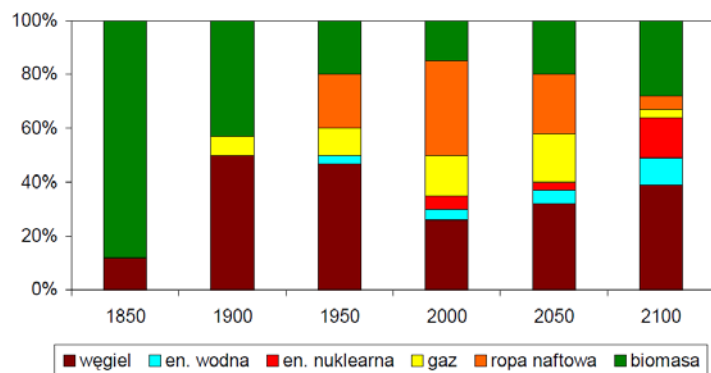
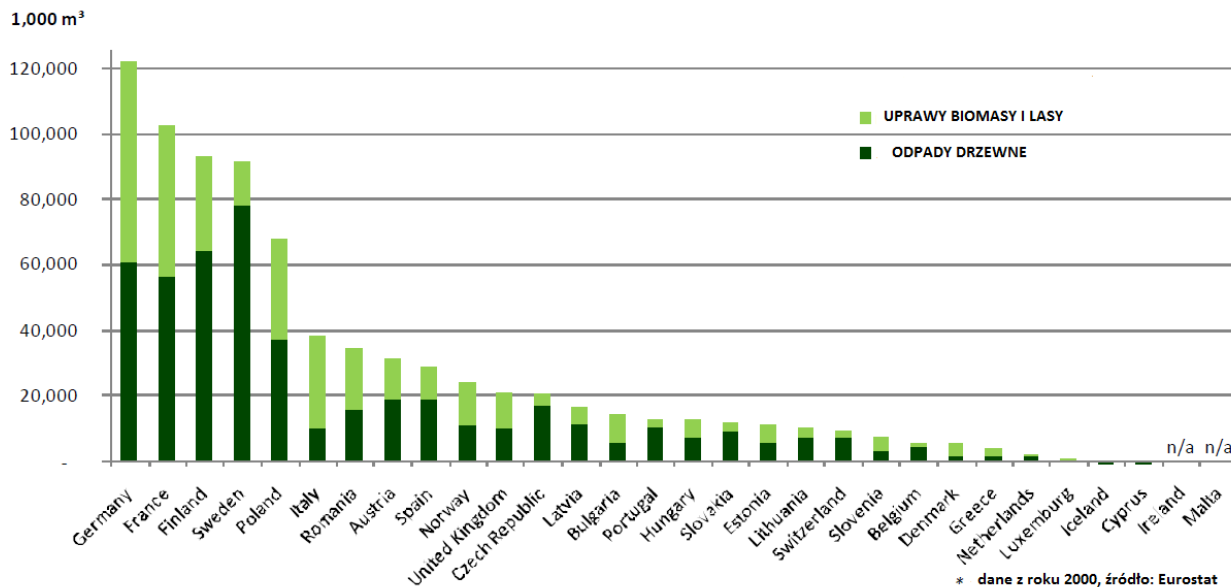
Biomasa a węgiel

Składnik	Oznaczenie	Jedn.	Biomasa	Węgiel
Węgiel	C^{daf}	%	44–51	75–85
Wodór	H^{daf}	%	5,5–7	4,8–5,5
Tlen	O_d^{daf}	%	41–50	8,8–10
Azot	N_d^{daf}	%	0,1–0,8	1,4–2,3
Siarka	S_t^d	%	0,01–0,9	0,3–1,5
Chlor	Cl_t^d	%	0,01–0,7	0,04–0,4
Części lotne	V^{daf}	%	65–80	35–42
Zawartość popiołu	A^d	%	1,5–8	5–10
Ciepło spalania	Q_s^a	MJ/kg	16–20	21–32
Skład popiołu				
SiO ₂	-	%	26,0 – 54,0	18,0 - 52,3
Al ₂ O ₃	-	%	1,8 – 9,5	10,7 – 33,5
CaO	-	%	6,8 – 41,7	2,9 – 25,0
Na ₂ O	-	%	0,4 – 0,7	0,7 – 3,8
K ₂ O	-	%	6,4 – 14,3	0,8 - 2,9
P ₂ O ₅	-	%	0,9 – 9,6	0,4 – 4,1

*wg badań IChPW



Miejsce Polski w europejskim rynku biomasowym



PRZEDSTAWICIEL DS. ODNAWIALNYCH ŹRÓDEŁ ENERGII

PRZETWARZANIE BIOMASY Cześć 2. Metody Konwersji Biomasy



Sposoby Konwersji Biomasy

- Suszenie
- Rozdrabnianie
- Płukanie biomasy
- Brykietowanie
- Peletyzacja
- Toryfikacja
- Peletyzacja z toryfikacją biomasy
- Piroliza
- Hydroliza



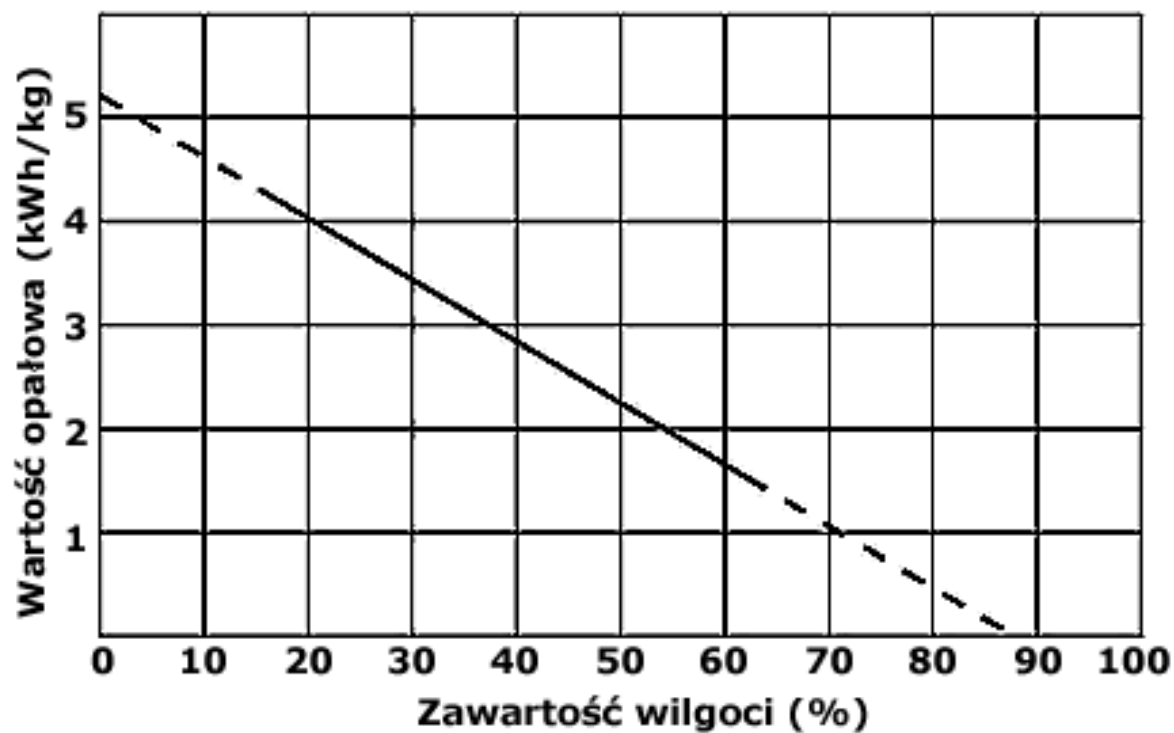
Suszenie

- **Suszenie biomasy:** Proces suszenia biomasy pomaga w pozbyciu się wody zawartej w materiale przez co rozwiązuje częściowo problemy składowania i magazynowania biomasy, między innymi: rozpadu materiału (utrata masy suchej i energii pleśnienia), procesy pleśnienia, który może powodować zagrożenie dla zdrowia i alergię, zagrożenie związane z samozapłonem, procesy mikrobiologiczne powodujące emisje a w konsekwencji obniżenie wartości opałowej





Suszenie



Suszenie

- Suszenie biomasy pomaga rozwiązać problemy związane ze składowaniem zbyt wilgotnego materiału takie jak: pleśnienie (może powodować zagrożenie dla zdrowia, alergie), zagrzewanie (zagrożenie zapłonem), rozpad materiałowy (utrata masy suchej i energii), procesy mikrobiologiczne powodujące emisje, obniżenie wartości opałowej. Woda znajdująca się w biomasie musi zostać odparowana w palenisku aby mogło dojść do procesu spalania.





Rozdrabnianie

- Rozdrabnianie biomasy poprzez mielenie lub cięcie jest podstawowym i często stosowanym sposobem obróbki wstępnej. Rozdrabnianie stosuje się zazwyczaj przed transportem biomasy aby zwiększyć jej gęstość nasypową oraz aby obniżyć koszty transportu.



Rozdrabnianie

- Niestety magazynowanie rozdrobnionej biomasy może mieć negatywne skutki ze względu na podwyższoną aktywność mikrobiologiczną materiału, która skutkuje utratą suchej masy, emisjami gazów cieplarnianych (CH₄, N₂O) i nagrzewaniem się hałdy, co w skrajnych wypadkach może prowadzić do samozapłonu. Dlatego optymalnym wyjściem, niestety nie zawsze możliwym ze względów organizacyjnych, jest rozdrobnienie biomasy bezpośrednio przed jej transportem, a następnie zużycie jej jako paliwa w możliwie najkrótszym czasie.





Płukanie biomasy

- Płukanie biomasy. Płukanie biomasy to proces wstępnej obróbki biomasy, podczas którego dochodzi do usuwania związków alkaicznych. Płukanie zazwyczaj może być przeprowadzone przy użyciu zwykłej wody. W wyniku płukania obniżona jest aktywność korozyjna biomasy, procesy formowania osadów w złożu, co ostatecznie przyczynia się do mniejszego zużycia kotłów i urządzeń grzewczych.



Płukanie biomasy

- Płukanie słomy jest procesem bardzo rozsądnym, ponieważ w słomie występuje wyjątkowo dużo substancji alkalicznych i chloru. Jedyną wadą płukania jest wzrost zawartości wody w biomasie co zwiększa koszty związane z jej suszeniem.



Peletyzacja

- Peletyzacja biomasy jest procesem zagęszczania paliwa do postaci tzw. biopaliwa celem zbliżenia jego właściwości do właściwości węgla. Zagęszczeniu ulegają biomasy typu stałego takie jak: trociny, słoma, ziarna, łuski, wióry, zrębki. Ten rodzaj obróbki biomasy zwiększa jej gęstość energetyczną, powoduje ujednoczenie rozmiarów i kształtów a także obniża zawartość wilgoci co sprawia iż tego typu przetworzone biomasa jest podstawowym biopaliwem dla energetyki zawodowej.



Peletyzacja

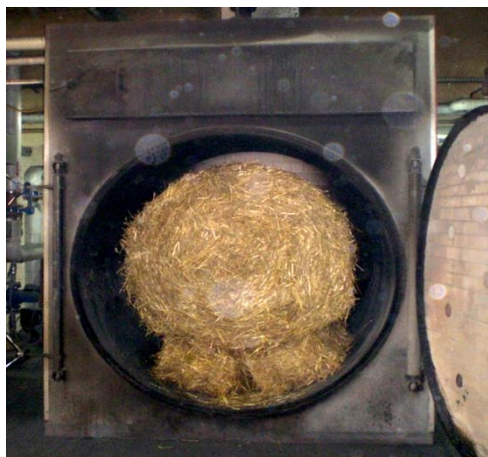
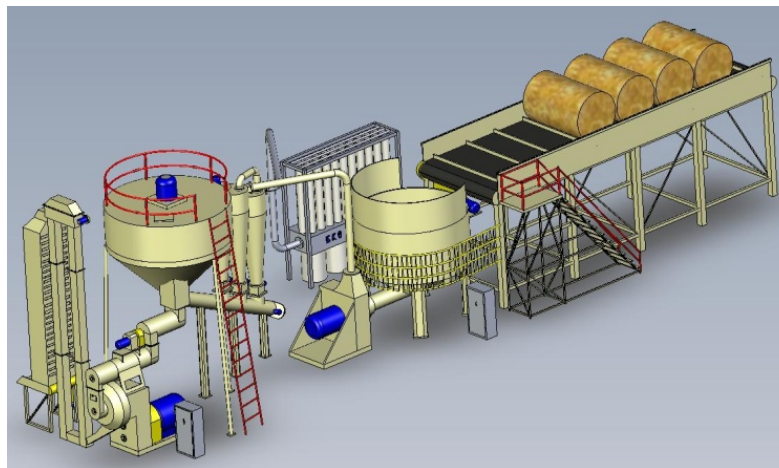
- Technologia ta wywodzi się z technik granulowania szeroko stosowanych w przemysłach chemicznych, paszowych i farmaceutycznych, jednak granulowanie biomasy odbywa się pod większym ciśnieniem. Przed procesem wyłaczania biomasa jest oczyszczana, suszona bądź dowilżana do optymalnej zawartości wilgoci jaką jest 15% a następnie jest rozdrabniana. Czasem dodawane są specjalne substancje wiążące w postaci tzw. lepiszcza.



Brykociarki i pelecarki



Peletyzacja biomasy



Transport biomasy



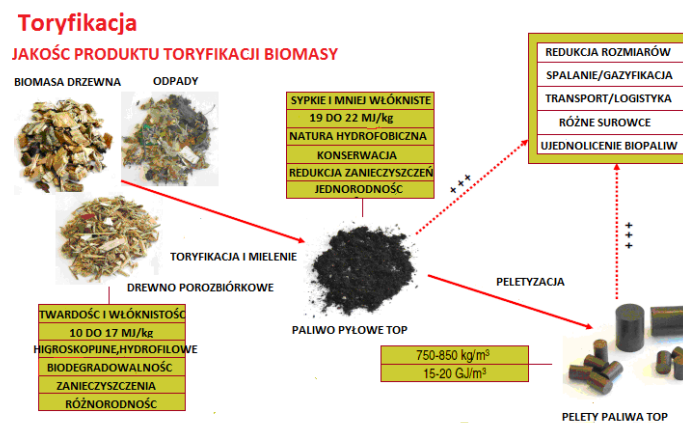
Toryfikacja biomasy

- Toryfikacja (karbonizacja biomasy). Toryfikacja biomasy to inaczej proces wysokotemperaturowego suszenia biomasy celem, którego jest przetworzenie biomasy w biopaliwo o właściwościach bardziej zbliżonych do węgla. Toryfikacja to inaczej proces karbonizacji termo-chemicznej, który jest przeprowadzany w warunkach beztlenowych, w temperaturze około 200 do 300 °C, w warunkach bliskich ciśnieniu atmosferycznemu



Toryfikacja biomasy

- Dzięki karbonizacji biomasa typu ligninoceluloza staje się bardziej węglopodobną materią: polepszeniu ulegają właściwości przemiałowe, dzięki którym dochodzi do redukcji wydatków energetycznych na mielenie oraz własności hydrofobowe, które sprawiają, że składowanie biomasy jest bardziej bezpieczne i spada ryzyko degradacji biologicznej.



Peletyzacja z toryfikacją biomasy

- Pelet utworzony z toryfikatu (z ang. torrefied pellets) odznacza się wysoką gęstością energetyczną, jest odporny na chłonięcie wilgoci oraz nie wymagają specjalnej infrastruktury do składowania i magazynowania tak jak w przypadku zwykłego peletu. Tylko połączenie peletyzacji biomasy z procesem toryfikacji daje dobre rokowania na przyszłości dla biomasy, która mogła by się stać substytutem paliwowym dla węgla.



Peletyzacja z toryfikacją biomasy

- Dzięki zintegrowaniu dwóch metod wstępnej obróbki biomasy, to jest peletyzacji z termiczną toryfikacją powstaje paliwo węglopodobne charakteryzujące się hydrofobową naturą, wysokim zagęszczeniem energii (od 16 do 20 GJ/m³) oraz polepszonymi właściwościami przemiałowymi przynoszącymi oszczędności w zużyciu energii na mielenie surowców pierwotnych.



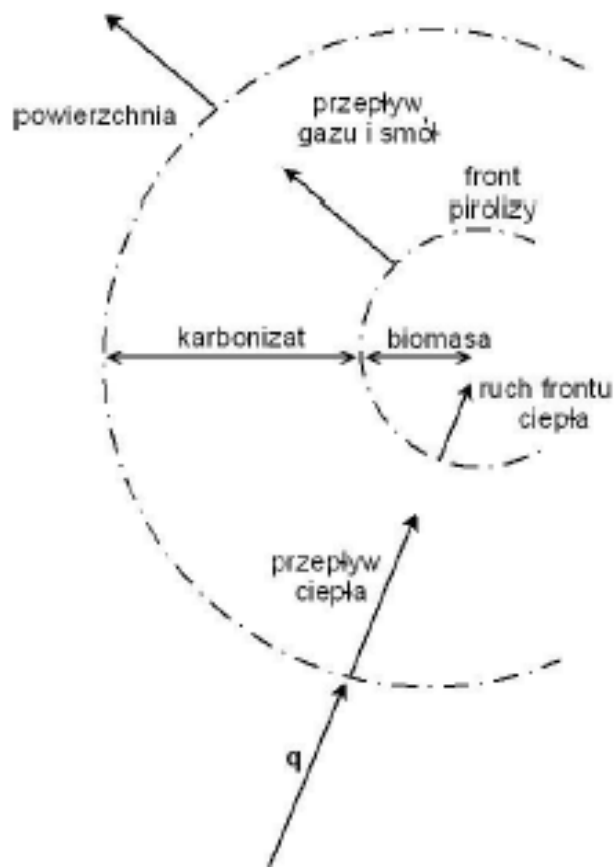
Piroliza

- Piroliza biomasy: Piroliza biomasy jest to pierwszy z etapów procesu spalania, piroliza to inaczej mówiąc rozszczepiania cząsteczek związków chemicznych o dużej masie cząsteczkowej pod wpływem dostarczanej energii cieplnej na małe cząsteczki w atmosferze zredukowanej (przy niedoborze tlenu) jaki jest prowadzony w temperaturze przekraczającej 600 °C. Wśród różnego rodzaju pirolizy charakteryzując ją ze względu na różne warunki jej przebiegu na pirolizę konwencjonalną, szybką oraz błyskawiczną.





Piroliza



Piroliza

- Piroliza to proces, który jest wstępem do gazyfikacji oraz spalania, i nie jest jeszcze dobrze przebadaną technologią jak proces gazyfikacji czy spalanie. Zaletą pirolizy w porównaniu do spalania czy gazyfikacji jest taka właściwość produktu pirolizy, która pozwala na jej bezproblemowe transportowanie, co znacznie zmniejsza koszty tego transportu paliwa. Podstawowymi produktami pirolizy jest biopaliwo, które w ciekłym stanie skupienia nazywanej olejem pirolitycznym bądź bioolejem, które są kompleksową formą węglowodorów utlenionych.



Porównanie metod konwersji

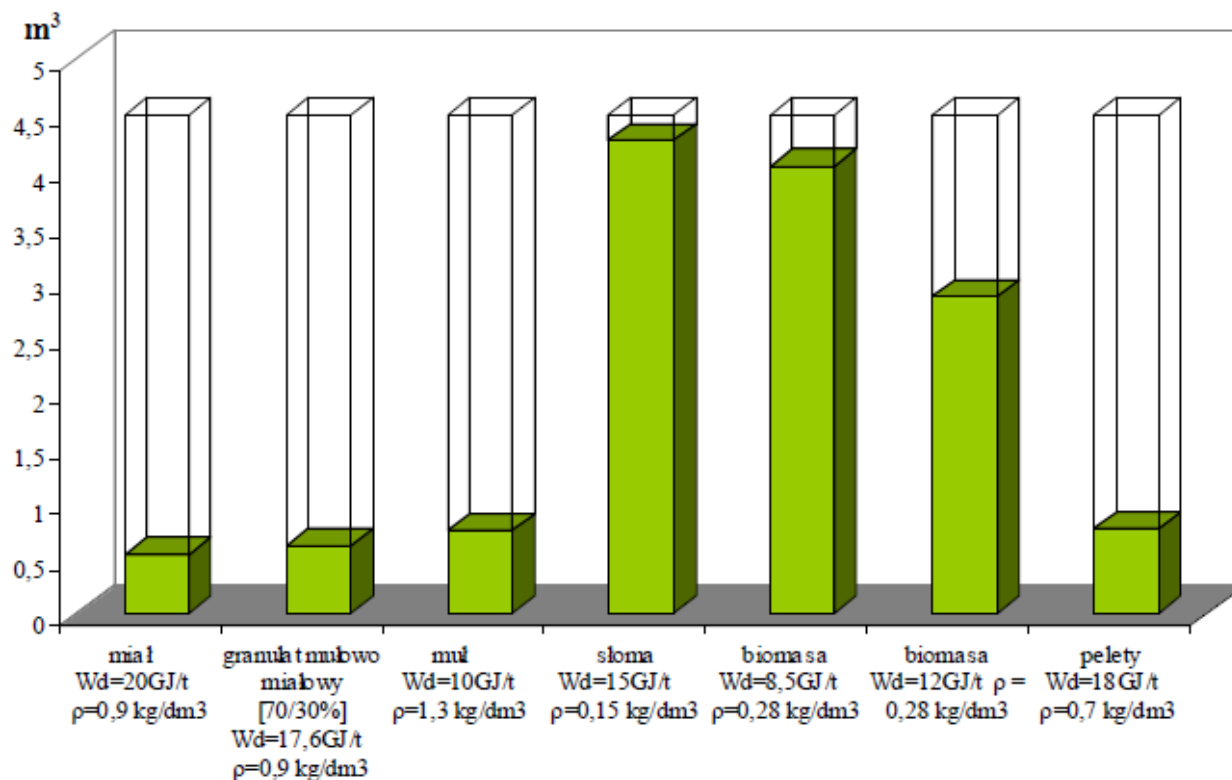
Wyszczególnienie	Kosztowny transport, przechowywanie	Straty masy (energii) podczas przechowywania	Zagrożenia dla bezpieczeństwa podczas przechowywania	Problemy ze współmieleniem	Problemy z używaniem istniejącej infrastruktury	Korozja	Fomacja depozytów, aglomeracja
Suszenie	o	++	++	x	x	o	o
Rozdrabnianie	+	—	—	+	+	o	o
Balotowanie	++	+	+	x	x	o	o
Brykietowanie	+++	++ ¹	++ ¹	++	+	o ²	o ²
Peletyzacja	+++	++ ¹	++ ¹	++	++	o ²	o ²
Torefakcja	o	+++	+++	+++	+	+	o
Torefakcja + peletyzacja	+++	+++	+++	+++	+++	+	o ²
Phukanie	o	o	o	o	o	+++	+++
Szybka piroliza	+++ ³	+++ ³	+++ ³	+++ ³	+++ ³	—	+
Piroliza + phukanie	+++	x	x	+++	+++	+++	+++

- Rola obróbki wstępnej w zapobieganiu typowym problemom w systemach energetycznych wykorzystujących biomasę.
- (+) niewielka poprawa
- (++) znaczna poprawa
- (+++) bardzo duża poprawa
- (--) negatywny wpływ
- (o) bez znaczenia
- (x) brak danych



Gęstości energetyczne biomasy

Objętość paliwa potrzebna do wytworzenia 1MWh energii elektrycznej



PRZEDSTAWICIEL DS. ODNAWIALNYCH ŹRÓDEŁ ENERGII

PRZETWARZANIE BIOMASY
Cześć 3. Toryfikacja Biomasy



TORYFIKACJA

- Toryfikacja (karbonizacja) - to inaczej termo-chemiczny proces rozpadu biomasy, który jest przeprowadzany w warunkach beztlenowych, w temperaturze od 200 do 300 °C, w warunkach ciśnienia atmosferycznego.

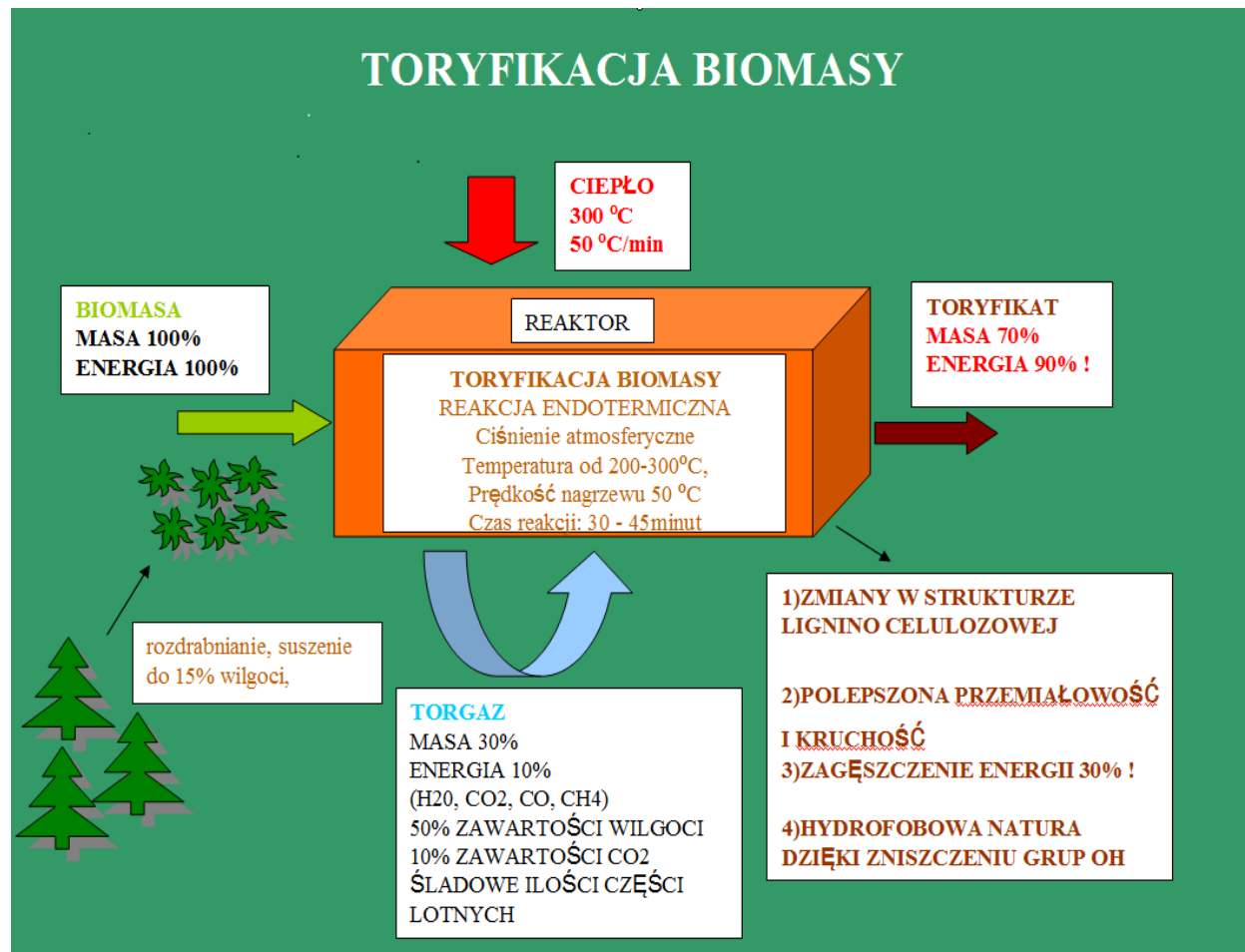
Zalety procesu toryfikacji:

- 1) Zagęszczenie energii
- 2) Polepszona przemiałowość
- 3) Hydrofobowa natura



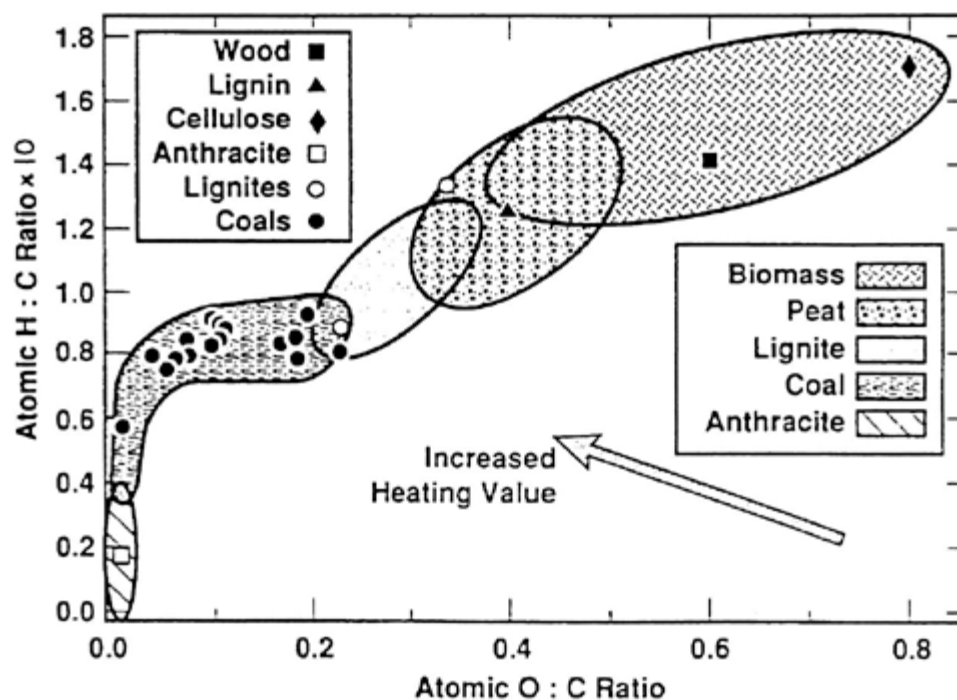


TORYFIKACJA

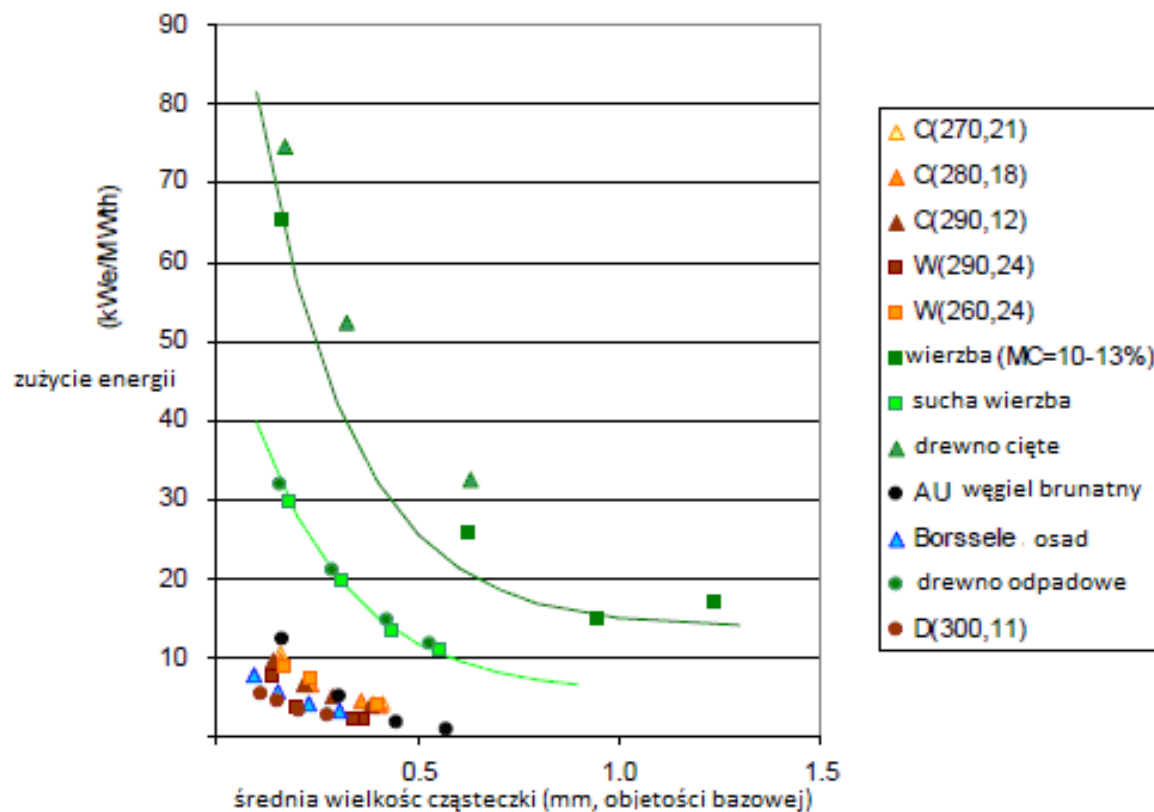




Toryfikat to biowęgiel

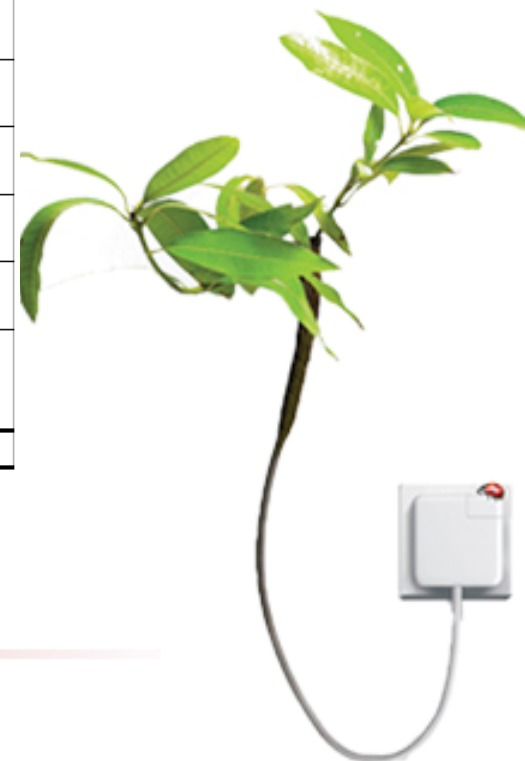


Poprawa zdolności przemiatowych

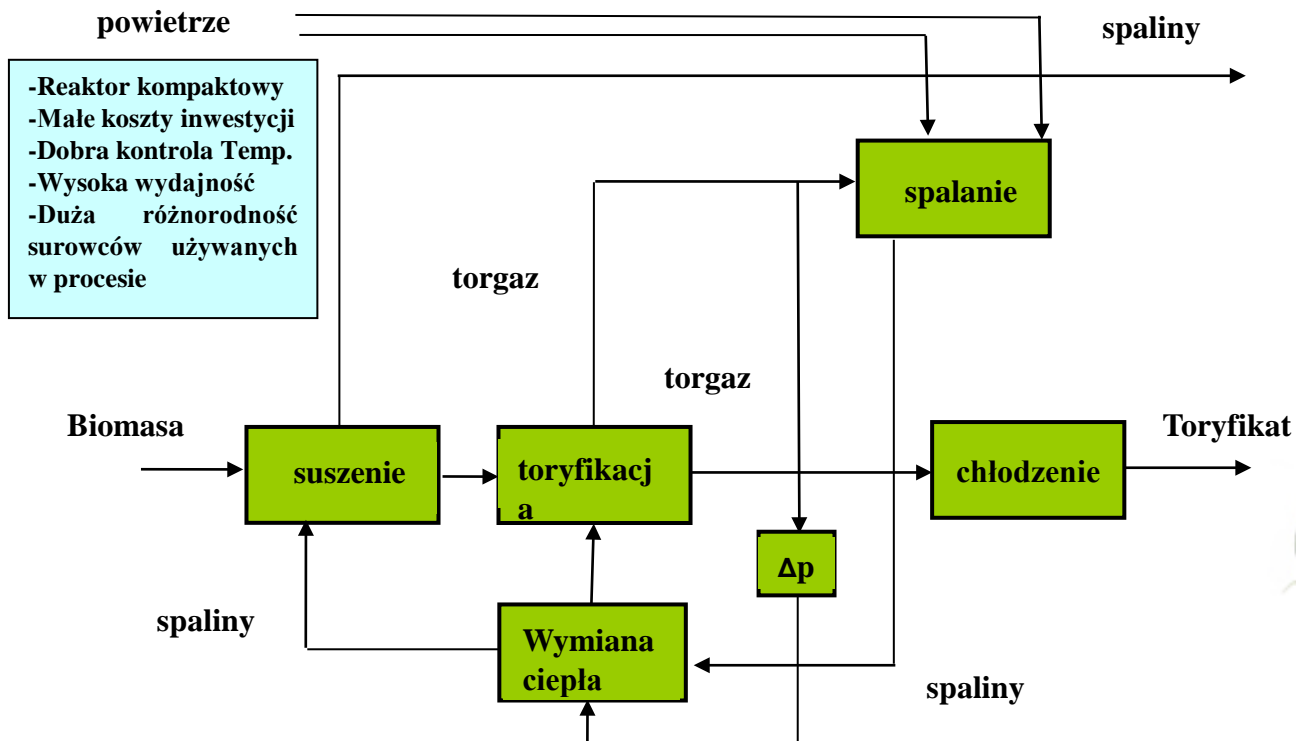


Zmiana właściwości paliwowych

Właściwości	Jednostka	Drewno	Toryfikat	Pelet drzewny		Pelety toryfikatu	
				Niska	Wysoka	Niska	Wysoka
Zawartość Wilgoci	%W	35%	3%	10%	7%	5%	1%
Wart. opałowa							
sucha	MJ/kg	17.7	20.4	17.7	17.7	20.4	22.7
pierwotna	MJ/kg	10.5	19.9	15.6	16.2	19.9	21.6
Gęstość	Kg/m ³	550	230	500	650	750	850
Gęstość energetyczna	GJ/m ³	5.8	4.6	7.8	10.5	14.9	18.4
Wytrzymałość pelet		-	-	dobra		bardzo dobra	
Formacje popiołu		normalna	wysoka	ograniczona		ograniczona	
Natura Hydroroskopowa		bardzo wysoka	hydrofobowa			hydrofobowa	
Biologiczna degradacja		możliwa	niemożliwa	możliwa		niemożliwa	
Wpływ sezonowych zmian pogody		wysoka	słaba	normalna		słaba	
Właściwości		normalna	normalna	dobre		dobre	



Schemat procesu



Biomasa po toryfikacji

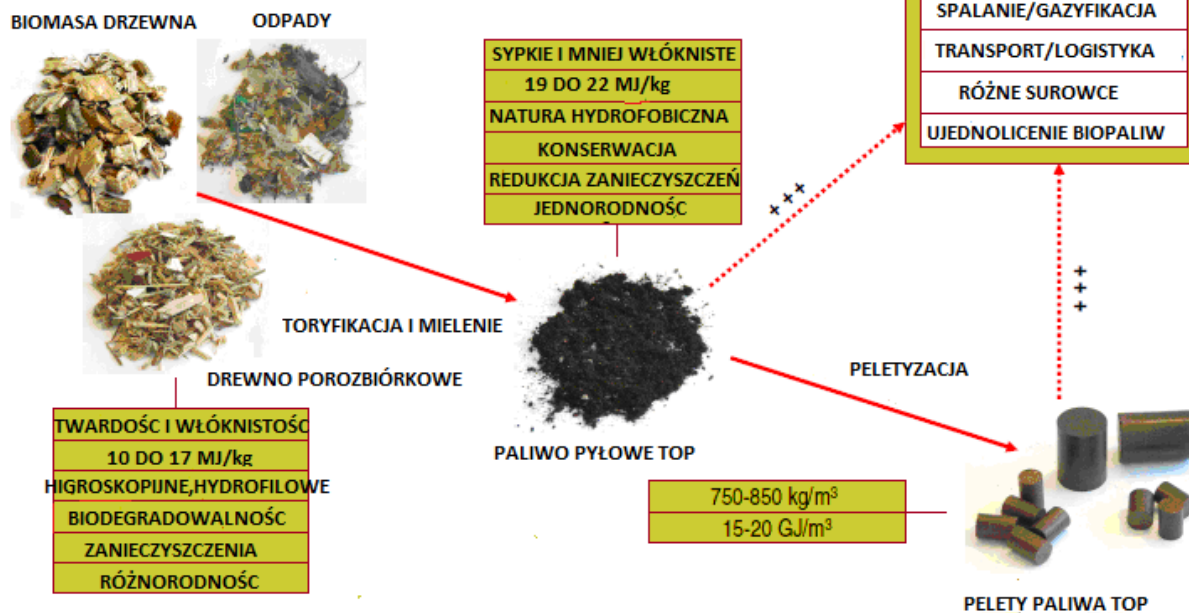
- Zalety procesu ECN:
- Porównując biowęgiel, który uległ jedynie procesowi toryfikacji, i który również posiada silną naturę hydrofobową wynikającą z zniszczenia grup OH, pelety toryfikatu są trwalsze, łatwiejsze do magazynowania i transportu a co za tym idzie łatwiejsze do zastosowania w pyłowych kotłach węglowych ze złożem fluidalnym dzięki korzystnym zmianom w procesie spalania takim jak skrócony czas zapłonu części lotnych i koksu .



Porównanie biomasy nieprzetworzonej z biomasą po procesie toryfikacji

Toryfikacja

JAKOŚĆ PRODUKTU TORYFIKACJI BIOMASY



ZALETY TORYFIKACJI

- Paliwo o zbliżonych właściwościach
- Wysoka kaloryczność
- Hydrofobowa natura
- Wysoka odporność na procesy biologiczne
- Podwyższona przemiałowość
- Wyższa temperatura topnienia popiołów



Termograwimetria

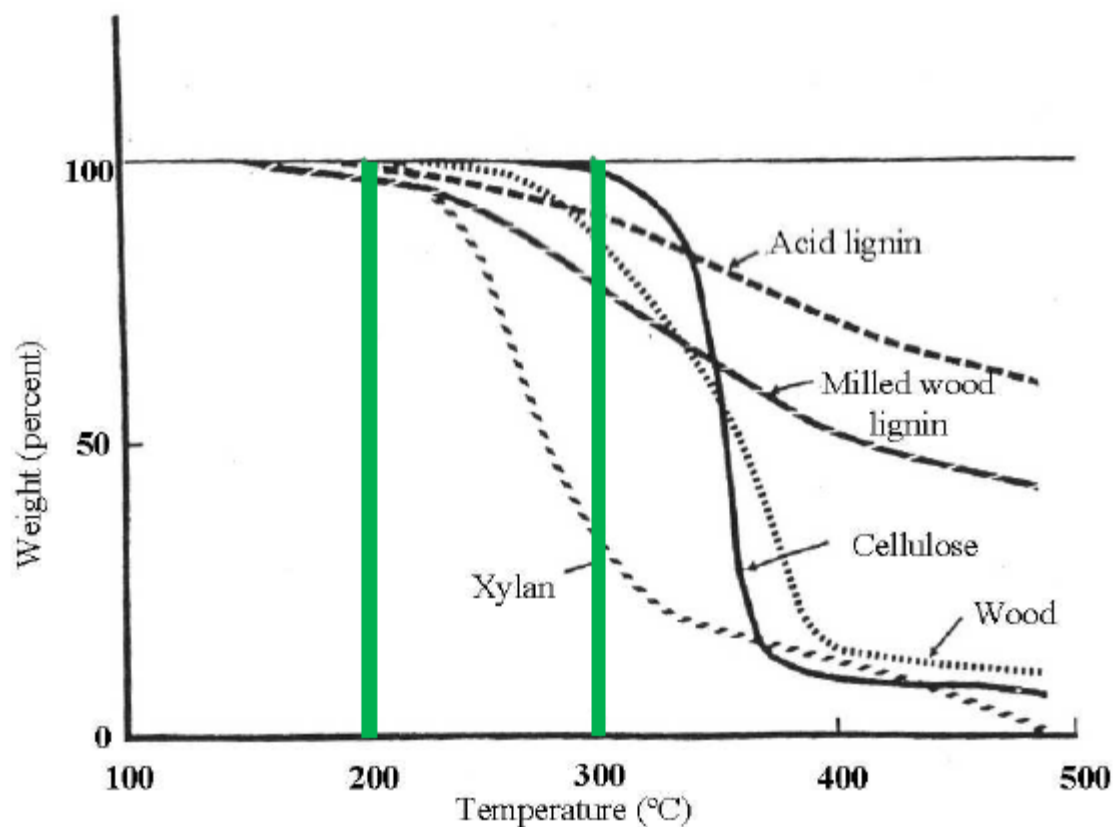
- Analiza Termograwimetryczna TGA - służąca do przeprowadzenia toryfikacji biomasy, która pozwala przeprowadzić proces karbonizacji w dynamicznych warunkach z założoną prędkością nagrzewu, należy brać pod uwagę fakt, że prędkości nagrzewu w warunkach rzeczywistych są znacznie większe w zgazowywarkach i dużych komorach spalania niż te dostępne podczas analizy TGA.
- Najczęściej stosowaną prędkością nagrzewu jest $50\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{min}$, natomiast optymalnym czasem przebywania biomasy w reaktorze jest 30 minut.



Termogravimetria



Termiczny rozkład biomasy

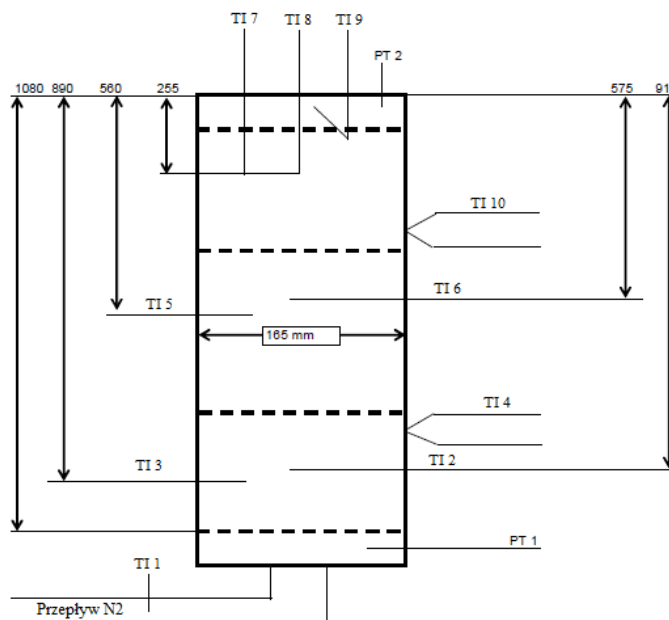


Rodzaje reaktorów do toryfikacji biomasy

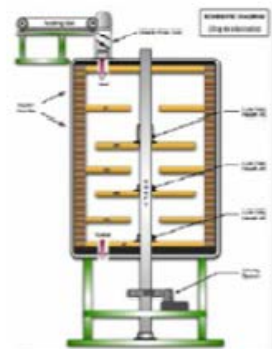
- Ten endotermiczny proces, na który składa się: suszenie, piroliza i zgazowanie, zachodzi w
- reaktorze o kontrolowanej temperaturze. Ze względu na sposób doprowadzenia ciepła do reaktora dzieli się je na 2 typy:
 - reaktory pośrednie, w których ciepło dostarczane jest do biomasy przeponowo przez taki nośnik energii, jak para wodna, woda, olej, spaliny,
 - reaktory bezpośrednie, w których ciepło przekazywane jest bezpośrednio do biomasy od spalin lub innego gazu reaktorowego (np. zgazowywarki i suszarnie fluidalne).
- Ze względu na bezpośredni kontakt gorącego czynnika z surowcem drugi typ reaktorów umożliwia stosowanie krótszych czasów przebywania, z drugiej zaś strony takie rozwiązanie jest trudniejsze w zastosowaniu. Najnowsze koncepcje reaktorów zakładają konstrukcje na wzór pieca obrotowego bądź reaktora ślimakowego z wykorzystaniem torgazu jako czynnika gazowego



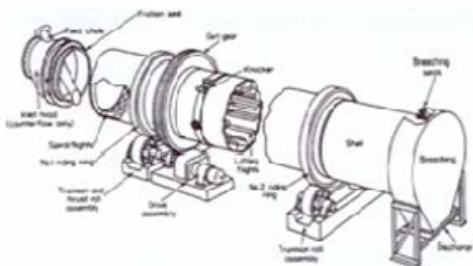
Reaktor typu „Batch”



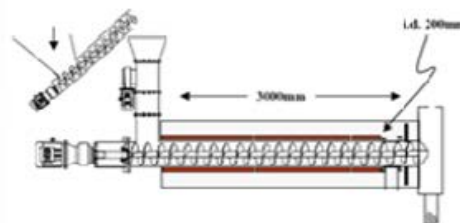
Typy istniejących reaktorów



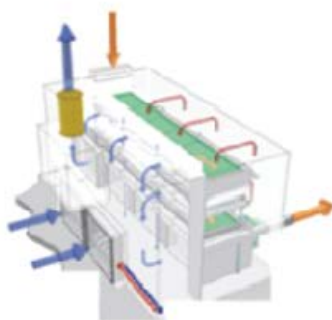
Multiple hearth furnace



Rotary drum reactor



Screw conveyor reactor



Oscillating belt reactor

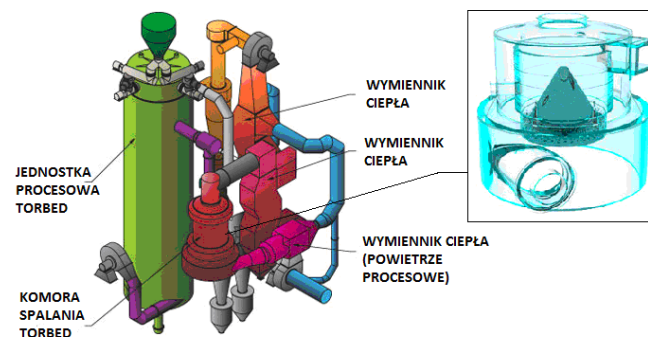


TurboDryer



Technologia TTS -Topell Torrefaction System

- Wysokie prędkości zapewniające szybką i intensywną wymianę ciepła i masy, dokładny i łatwy do kontrolowania proces reakcji, wysoki spadek prędkości lub jej gradient w złożu sprawiają, że większe cząsteczki biomasy ulegają procesowi torrefikacji. W porównaniu do innych technologii wykorzystujących złoża fluidalne, w trakcie procesu TTS nie ma potrzeby stosowania materiału fluidyzującego, ponieważ jest on tworzony przez samą biomasę, recyrkulacja gazu procesowego przy jego wysokiej temperaturze jest łatwa z powodu bardzo małego wewnętrznego spadku ciśnienia pozwalającego na oszczędzenie energii.





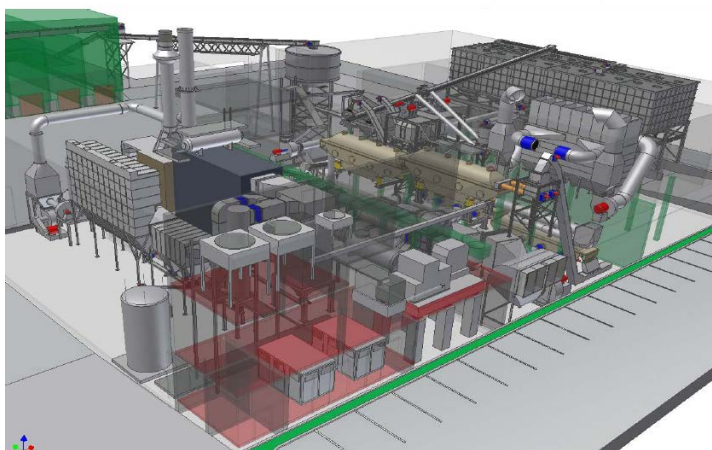
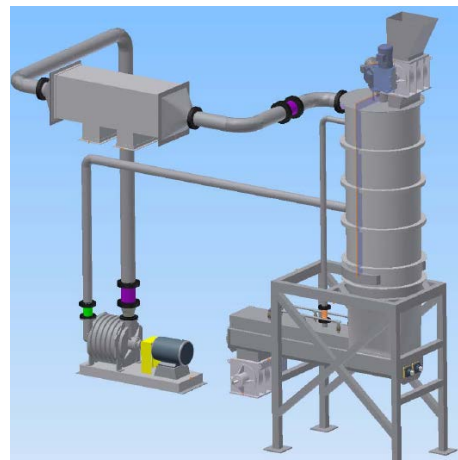
Unikalność procesu toryfikacji

- Pelety z toryfikatu biomasy mogą pozwolić na Współspalanie olbrzymich ilości biomasy wykorzystując bardzo różne typy biomasy przy minimalnej redukcji sprawności całego systemu poprzez niewielką ingerencję w instalację a pozwalającą ograniczyć koszty transportu i magazynowania nowej jakości biowęgla.



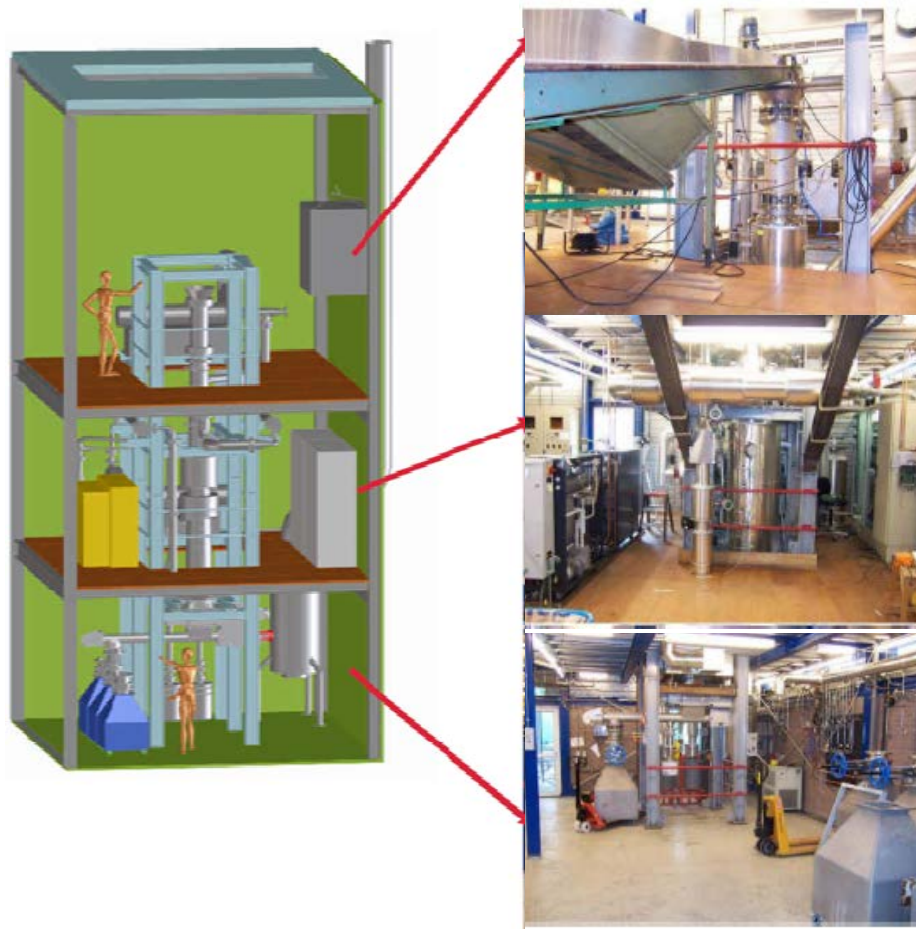


- Toryfikacja jest technologią bliską komercjalizacji





Instalacje półprzemysłowe







Biomass on feeding system



Fresh biomass



Fresh biomass



Torrefied biomass in full product collection vessel



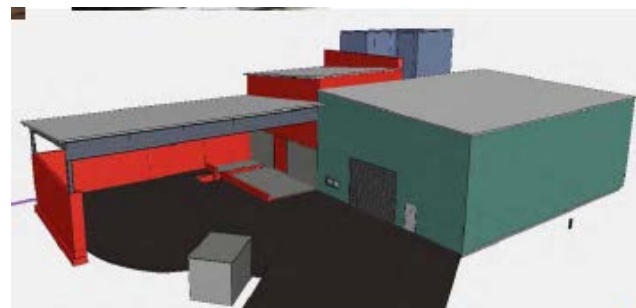
Biomass sample



Torrefied biomass sample



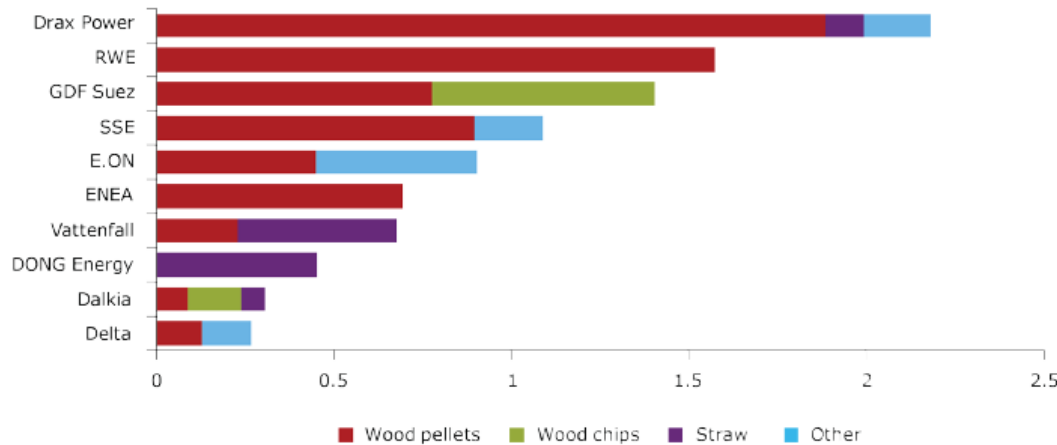
Pilotażowa instalacja firmy ANDRITZ



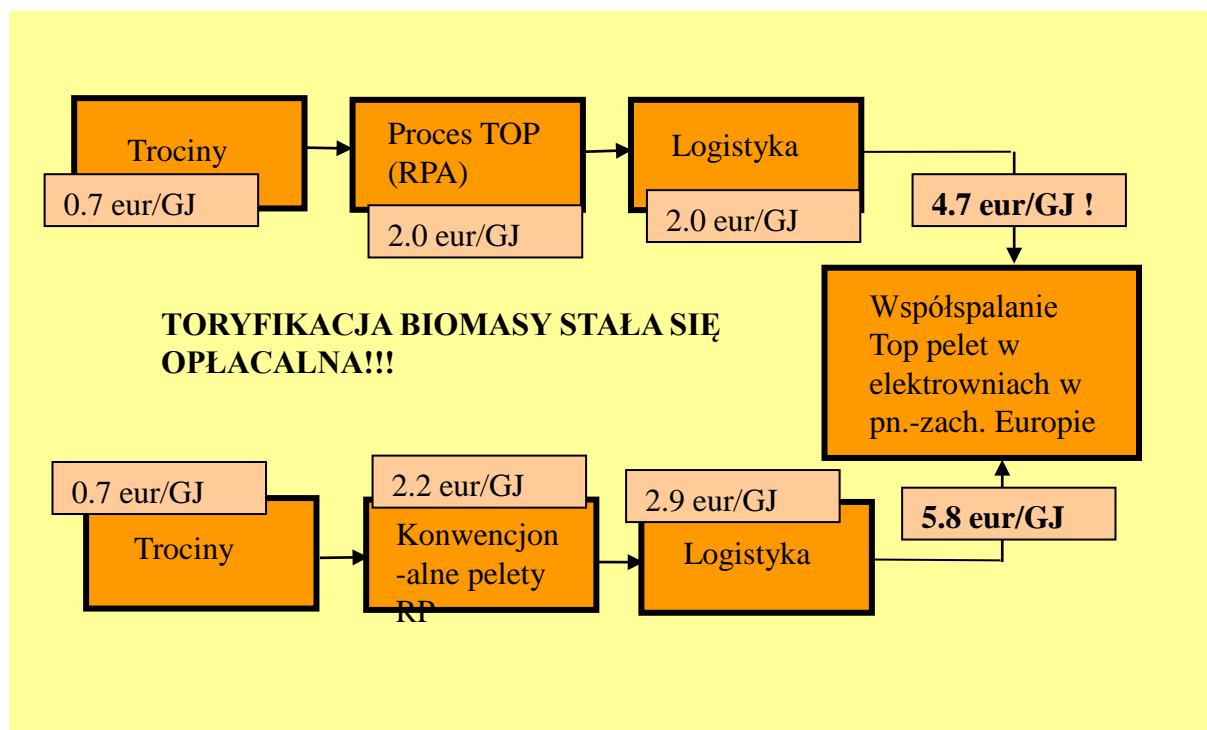
Współspalanie biomasy na świecie

Biomass demand for co-firing in Europe is expected grow to approach 14 million tpy by 2014 – a 40% increase over 2010. Three biggest demanders are Drax, RWE and GDF Suez.

Biomass Demand For Co-Firing by Parent Company 2011 (million ODMT)



Ekonomia technologii toryfikacji



Ekonomika technologii toryfikacji



PRZEDSTAWICIEL DS. ODNAWIALNYCH ŹRÓDEŁ ENERGII

PRZETWARZANIE BIOMASY
Cześć 4. Biomasa w Energetyce



Biomasa w Energetyce

- Biomasa w Energetyce Zawodowej Dużych Mocy
- Biomasa w Energetyce Rozproszonej



Biomasa i węgiel

- Biomasa jest źródłem energii, które jest bardzo rozproszone i w porównaniu do paliw kopalnych takich jak węgiel kamienny i brunatny charakteryzuje się odmiennymi właściwościami paliwowymi, wśród których należy wymienić niższą wartość opałową i wyższą zawartość wilgoci. Jeżeli chcielibyśmy porównać właściwości biomasy i węgla kamiennego, który jest najczęściej stosowanym źródłem energii w Polsce i wielu innych krajach na świecie można z łatwością stwierdzić, że skład elementarny obydwu tych paliw jest bardzo podobny





- Spalanie biomasy w połączeniu z węglem w konwencjonalnych kotłach energetycznych jest kierunkiem rozwoju obecnej energetyki zawodowej w Polsce i w wielu innych krajach Europy i świata. Dokonując dogłębnej analizy zasobów energii odnawialnej w Polsce uzyskujemy jeden istotny wniosek: biomasa posiada największy potencjał energetycznych, ponieważ to w niej zakumulowana jest większość energii możliwej do pozyskania ze źródeł odnawialnych. Niestety stosowanie biomasy nieprzetworzonej (o dużej zawartości wilgoci i substancji organicznych oraz mineralnych chloru, sodu, potasu) powoduje szereg problemów technicznych i eksploatacyjnych w kotłach opalanych węglem





- Biomasę jako paliwo w energetyce można spalać w różnoraki sposób, najczęstszymi sposobami jest jej bezpośrednio spalanie w specjalnych kotłach ze złożem fluidalnym, które charakteryzują się bardzo dużą sprawnością podczas procesu spalania i stabilnymi warunkami pracy. Drugim najczęściej wykorzystywanym sposobem spalania biomasy jest jej współspalanie wraz z węglem w kotłach energetycznych pierwotnie zaprojektowanych do spalania węgla kamiennego bądź brunatnego



Rodzaje współspalania

- 1) Bezpośrednie współspalanie biomasy jest stosowane w momencie, gdy w trakcie procesu spalania, który jest realizowany w jednej komorze paleniskowej strumienie biomasy i węgla są dostarczane oddzielnie lub też, co jest bardzo szeroko stosowane w naszej krajowej energetyce wcześniej przygotowana mieszanka biomasy i węgla. Jest to najczęściej stosowany sposób współspalania paliw alternatywnych z paliwami konwencjonalnymi w Polsce i związane jest to z niskich kosztów inwestycyjnych, które należy ponieść w celu modernizacji istniejących bloków energetycznych do procesu.



Rodzaje współspalania

- 2) Pośrednie współspalanie, jest realizowane w momencie, gdy:
 - - przeprowadzone jest zgazowanie biomasy w specjalnym gazogeneratorze, a powstający gaz jest transportowany do komory paleniskowej, gdzie w specjalnych palnikach gazowych ulega spalaniu
 - - spalanie biomasy jest przeprowadzane w przedpalenisku, a entalpia zawarta w powstających spalinach jest wykorzystywana w bezpośrednio w wymiennikach ciepła lub w komorze spalania. Układy, które wykorzystują instalacje do procesu pirolizy, gazyfikacji bądź przedpaleniska są mało popularne. Mimo, tego iż posiadają one wiele zalet takich jak między innymi sposobności utrzymania jakości popiołu, wymaganej przez zewnętrznych odbiorców, z procesu współspalania biomasy dzięki rozdzieleniu strumienia popiołu z danych paliw oraz możliwości wykorzystania na procesy energetyczne niekonwencjonalnych paliw, które są wytwarzane z odpadów przemysłowych czy też komunalnych bez zagrożenia powierzchni ogrzewalnych kotła agresywnym środowiskiem osadów i spalin, układy tego typu są bardzo drogie w wprowadzeniu



Rodzaje współspalania

- 3) Współspalanie w układzie równoległym to taki rodzaj współspalania, w którym każde paliwo zarówno węgiel jak i biomasa są spalane w oddzielnych komorach spalania, w których proces spalania przebiega w sposób indywidualnie przygotowany i kontrolowany. Jednym z przykładów współspalania równoległego jest układ hybrydowy, który to układ opisuje się jako specjalny układ jednostek wykorzystujących do współspalania specjalnie przygotowaną biomasę i węgiel oraz produkujących parę na wspólnym kolektorze parowym. Zazwyczaj proces współspalania w systemie hybrydowym są kotły pracujące w zakładach papierniczo-celulozowych.





Wady i zalety procesu współspalania

- Biomasa w porównaniu do węgla oprócz niższej wartości opałowej, gęstości energetycznej cechuje się wyższą niż węgiel zawartością takich związków alkaicznych jak potas, wapń czy fosfor. Także w dużej ilości przypadków, na przykład gdy mamy do czynienia z roślinami jednorocznymi takimi jak słoma czy też kora i liście drzew biomasa zawiera dużo większą ilość chloru. Podwyższona zawartość chloru prowadzi zazwyczaj do zwiększonej korozji powierzchni ogrzewalnych kotła a także do zwiększenia depozycji osadów podczas bezpośredniego spalania biomasy.



Wady i zalety procesu współspalania

- Jedną z pozytywnych cech biomasy, a przede wszystkim biomasy drzewnej są dużo niższe zawartości siarki i popiołu w porównaniu do zawartości tych związków w węglu. Istotną cechą wszystkich mieszanek paliw kopalnych i niekonwencjonalnych jest ich całkowita addytywność właściwości fizykochemicznych organicznych substancji biomasy i węgla. Wadą natomiast jest brak addytywności pomiędzy zawartymi w tych paliwach substancji mineralnych i to powoduje szereg problemów. Zupełnie inna niż u węgla włóknista budowa struktur biomasy oraz inne właściwości fizykochemiczne są powodem, iż jest ono paliwem kłopotliwym technologicznie, które bardzo różni się od węgla, który jest spalany w kotłach energetycznych





Wady i zalety procesu współspalania

- Wśród największych różnic pomiędzy biomasą a węglem należy wymienić:
 - - Jakościowo przybliżony skład chemiczny przy znacznych różnicach w składzie ilościowym
 - - Duże większa zawartość wilgoci w biomase surowej co wpływa negatywnie na sprawność procesu spalania,
 - - Wysoka zawartość części lotnych w biomase (2,5-krotnie wyższa niż w węglu kamiennym),
 - co powoduje zmianę warunków zapłonu i spalania
 - - Zawartość popiołu w słomie wykorzystywanej na cele energetyczne jest bliskiego rzędu jak dla węgla kamiennego, natomiast dla roślin energetycznych mieści się w zakresie 2 - 6%, a jedynie dla odpadów drzewnych jest bardzo niska i wynosi < 1 %,
 - - Zawartość azotu i siarki w biomase jest niska, ale duża jest zawartość chloru, zwłaszcza w przypadku słomy, co bardzo zwiększa ryzyko korozji powierzchni ogrzewalnych,
 - - Większość rodzajów biopaliw stałych wykazuje stosunkowo niskie temperatury mięknięcia i topnienia popiołu w porównaniu z węglem, głównie z powodu dużej zawartości związków metali alkalicznych,
 - - Niższa niż u węgla wartość opałowa zwłaszcza biomasy świeżej nie przesuszanej wstępnie,
 - - Niższa gęstość nasypowa biomasy w porównaniu do węgla wpływa na czas przebywania paliw alternatywnego jakim jest biomasa w komorze paleniskowej





Proces współspalania biomasy z węglem

- Główne substancje mineralne w biomasie mają największy wpływ w procesach spalania, pirolizy i zgazowania. Najważniejszymi składnikami popiołów powstających ze spalania biomasy są: SiO_2 , CaO i K_2O , natomiast węgla kamiennego są: Al_2O_3 , SiO_2 , Fe_2O_3 . Produkty uwalniane w trakcie termicznej przemiany biomasy (zwłaszcza słomy) wśród których są metale alkaliczne, siarka i chlor są głównym sprawcą tzw. korozji wysokotemperaturowej. Niektóre składniki mineralne biomasy natomiast mogą być czasami potencjalnymi prekursorami katalizy bądź samymi katalizatorami procesów zgazowania i pirolizy (przykładem takim jest KCl w trakcie pirolizy słomy).



Zalety współspalania biomasy z węglem

- Zalety stosowania procesu współspalania biomasy:
- - Proces współspalania podlega stabilizacji przez spalanie węgla
- - Możliwość niemalże natychmiastowego wykorzystania biomasy w dużej skali
- - Dużo niższe emisje tlenków azotu, dwutlenku siarki oraz dwutlenków azotu (dla paliw kopalnych), większa elastyczność kotła, brak uzależnienia produkcji energii elektrycznej od zapasów i dostępności biomasy (możliwość natychmiastowego przejścia na węgiel) co jest bardzo korzystnym zjawiskiem dla operatora systemu energetycznego



Wady współspalania biomasy z węglem

- Najważniejsze wady stosowania współspalania biomasy:
- - Kompleksowy proces wstępnego przygotowania biomasy (suszenie, rozdrabnianie) do jej współspalania, związane również z przygotowaniem odpowiedniej infrastruktury magazynowej
- - Duża konkurencja wśród konsumentów biomasowych oraz cena biomasy
- - Obniżenie sprawności i wydajności kotła
- - Szereg efektów ubocznych takich jak szlakowanie powierzchni ogrzewalnych związanych ze składem substancji mineralnej biomasy.
- Główne problemy związane z negatywnym wpływem biomasy na zanieczyszczenie powierzchni ogrzewalnych kotła został scharakteryzowany i opisany poniżej:
- - Dodawanie paliwa o niższej wartości opałowej i wyższej zawartości wilgoci, jakim jest biomasa drzewna, powoduje wzrost strumienia wody wtryskowej, który przy dostarczaniu 20% paliwa biomasy do głównego strumienia paliwa jaki kierowany jest do palników wzrasta o 50% w stosunku do stanu podczas spalania samego węgla. W celu rozwiązania tego problemu stosuje się zasilanie drewnem dolnych palników kotła aby obniżyć jądro płomienia, czasem niestety konieczna jest rozbudowa instalacji wtryskowej.





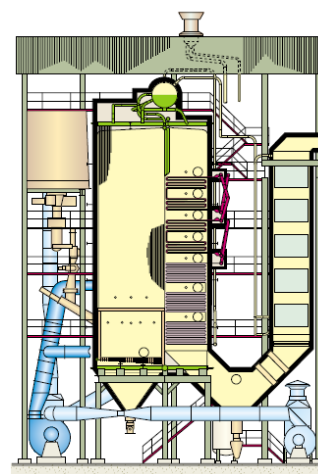
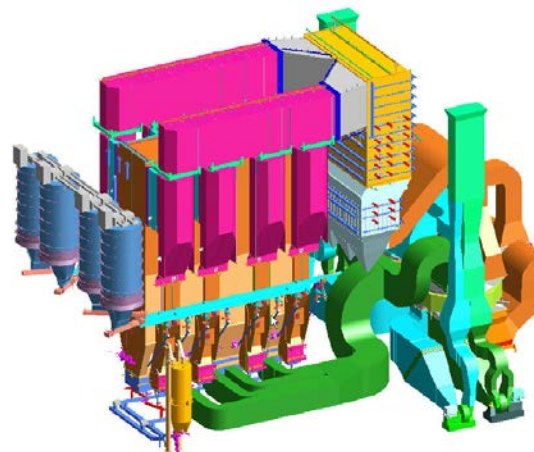
Wady współspalania biomasy z węglem

- - Współpalając z węglem biomasę typu słoma należy brać pod uwagę fakt, że charakteryzują się one niską zawartością substancji mineralnych co powoduje, że w trakcie współspalania uzyskuje się zmniejszony strumień popiołu pomimo powiększenia łącznego strumienia paliwa.
- - Współspalanie słomy wywiera najmniejszy wpływ na wymianę ciepła w kotle. Słoma natomiast spalana razem z węglem powoduje poważne zagrożenie korozją chlorkową. Problem ten można rozwiązać poprzez właściwe dobranie charakterystyki węgla.
- - Niemalże wszystkie typy biomasy drzewnej charakteryzują się dużo większą a niżeli węgiel skłonnością do tworzenia osadów popiołowych. Wynikiem tego jest podwyższenie straty wylotowej i spadek sprawności kotła.
- - Zanieczyszczenia kotłów podczas współspalania biomasy z węglem można ograniczyć stosując specjalnie przygotowane zdmuchiwanie popiołu.
- - Podczas łączenia spalania biomasy z węglem dochodzi do wzrostu ilości popiołu unoszonego spalinami. W wyniku tego efektywność grzewcza powierzchni ogrzewalnych kotła maleje razem ze wzrostem udziału biomasy w głównym strumieniu paliwa. Dodatkowo dochodzi do wzrostu zanieczyszczeń na skutek dostarczania do popiołu lotnego składników o bardzo drobnej granulacji, które powstają w wyniku kondensacji i zestalenia lotnych frakcji mineralnych. Zwłaszcza podczas współspalania biomasy o dużej zawartości sodu i potasu zjawisko to może mieć bardzo duże znaczenie. Spadek stopnia efektywności grzewczej wymienników rekuperacyjnych powoduje zmniejszenie sprawności kotła, gdyż wzrasta temperatura spalin wylotowych i strata wylotowa z nią związana



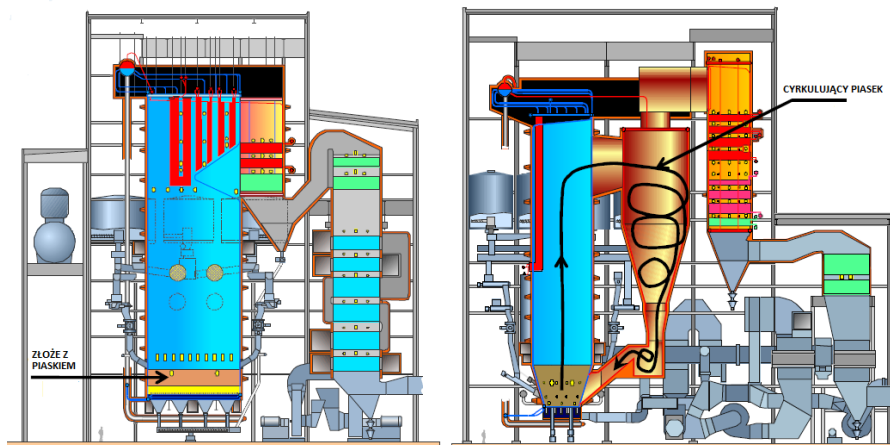
Rodzaje kotłów energetycznych wykorzystywanych do spalania i współspalania biomasy

- 1) Kotły ze złożem fluidalnym: są to najnowocześniejsze rodzaje kotłów charakteryzujące się najwyższymi parametrami pracy i najlepszą sprawnością w trakcie procesu spalania. Kotły ze złożem fluidalnym charakteryzują się wieloma cechami, które pozwalają na którym optymalne warunki spalania biomasy. Materiał fluidyzujący najczęściej w postaci różnego rodzaju krzemionek o odpowiednim rozdrobieniu tworzy tzw. warstwę fluidyzującą, która pozwala na doskonałe rozprowadzenie ciepła po powierzchniach ogrzewalnych kotła (intensyfikacja wymiany ciepła) oraz znacznie poprawia sprawność spalania nawet najbardziej wilgotnej biomasy. Wśród zalet należy wymienić niski zakres temperatur spalania w komorze paleniskowej, brak stref spalania tak typowych do spalania w płomieniu pozwala znacznie ograniczyć emisję NOx oraz tlenków siarki.



Kotły z cyrkulacyjnym złożem fluidalnym

- Kotły z cyrkulacyjnym złożem fluidalnym CFB (z ang. Circulating Fluidised Bed). W kotle fluidalnym CFB prędkość powietrza fluidyzacyjnego jest tak odpowiednio dobrana, aby część piasku stanowiącego złożo była unoszona i przemieszczana w przestrzeni kotła. Złożo kolejno trafia do cyklonów, a następnie trafia z powrotem do kotła poprzez kanał recykulacyjny. Kotły z cyrkulującym złożem stosuje się w instalacjach o dużej przepustowości. Podwyższona prędkość powietrza fluidyzującego powoduje wzrost turbulencji w kotle zwiększając przez to parametry wymiany ciepła pomiędzy spalanimi cząsteczkami biomasy a powierzchniami ogrzewalnymi kotła.
- Kotły ze stacjonarnym (pęcherzykowym) złożem BFB (z ang. Bubbling Fluidised Bed). W kotłach tego typu po doprowadzeniu powietrza fluidyzacyjnego dochodzi do rozluźnienia, a następnie do ponownego unoszenia złoża. W odróżnieniu do kotłów ze złożem cyrkulacyjnym, złożo nie ulega przemieszczaniu się w przestrzeni kotła.



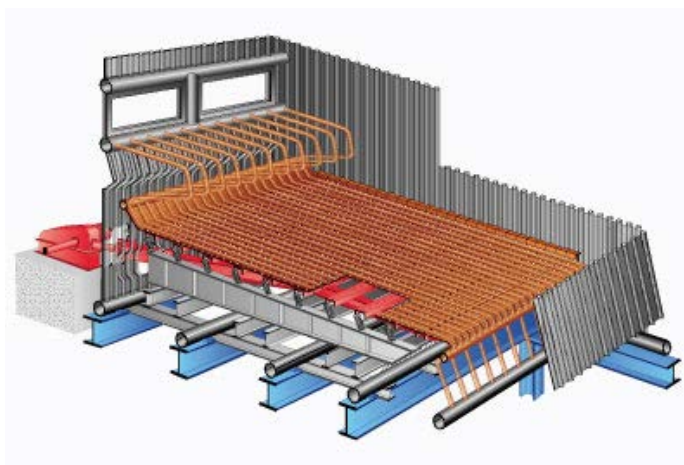


- 2) Kotły pyłowe: najpopularniejsze typy kotłów wykorzystywane w polskiej energetyce zawodowej co potwierdza ich największy udział w zainstalowanej w naszym kraju mocy elektrycznej. Kotły pyłowe posiadają oddzielny układ podawania paliwa stosowany do doprowadzania biomasy i odpadów. Kotły pyłowe mają również bardzo nowoczesne instalacje do oczyszczania spalin, które pozwalają na spełnienie wymagań związanych z emisjami, gdyż współpracują bardzo często z instalacjami półsuchego i mokrego odsiarczania spalin.



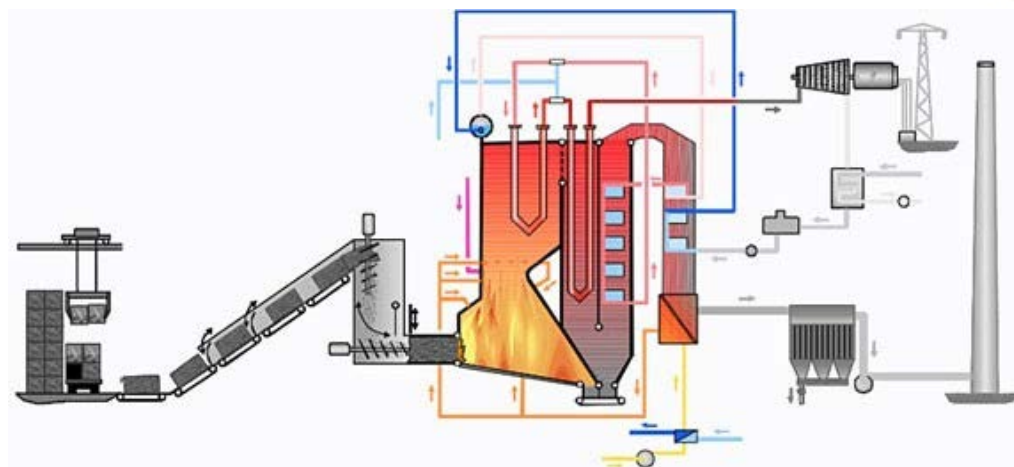


- 3) Kotły rusztowe: ten typ kotłów stosowany jest elektrowniach i elektrociepłowniach bardzo małej mocy. Kotły te spełniają zazwyczaj rolę szczytowych źródeł ciepła w elektrowniach i elektrociepłowniach dużej mocy. Kotły rusztowe posiadają zazwyczaj w swojej budowie słabo rozbudowaną instalację do oczyszczania spalin a także mało skomplikowane cyklony, czasem elektrofiltry oraz instalację do odpylania, co sprawia że są rzadziej wykorzystywane niż pozostałe dwa typy kotłów do współspalania biomasy. Słabo rozwinięty system oczyszczania spalin powoduje, że ten typ kotłów nie jest w stanie w wielu przypadkach spełniać wymagań emisyjnych podczas współspalania biomasy z paliwami kopalnymi. Duże, kosztowne nakłady inwestycyjne w celu modernizacji kotłów rusztowych są powodem, że kotły te bardzo rzadko są wykorzystywane w celu współspalania biomasy.





- Schemat wysokociśnieniowego, wysokotemperaturowego kotła na słomę firmy DP CleanTech, źródło: katalog produktów firmy DP CleanTech

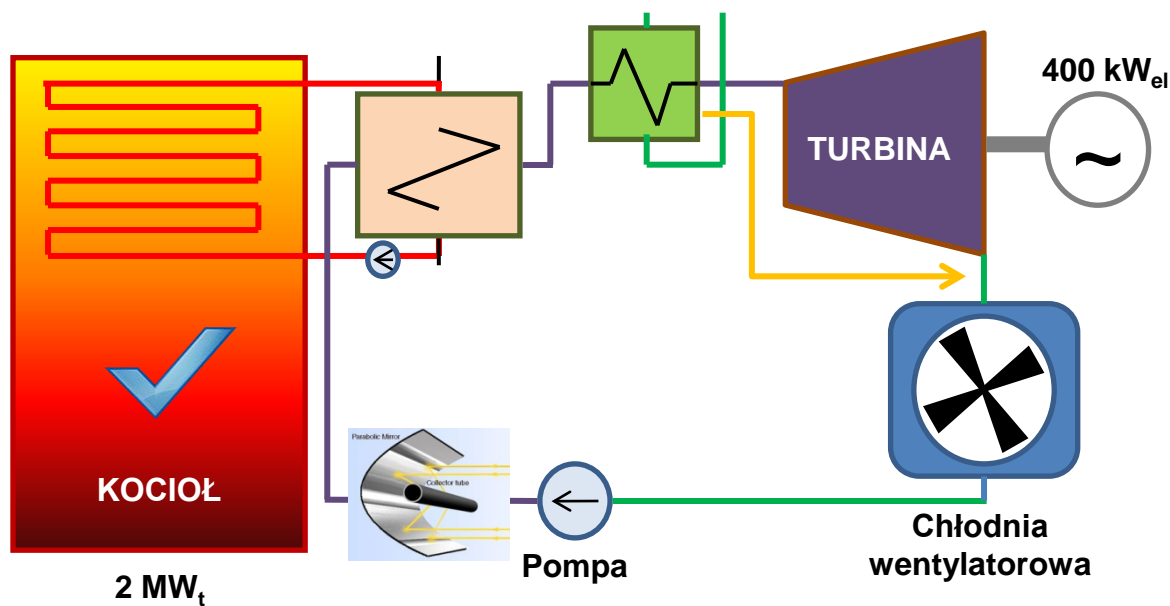


Biomasa w energetyce rozproszonej

- Biomasa ze względu na swoją naturę i rozproszone występowanie powinna być wykorzystywana lokalnie, najbliżej od źródła zasobów. Duża, zawartość wilgoci, niska gęstość energetyczna oraz niewysoka wartość opałowa sprawiają, że transport biomasy na odległości większe niż 50 km bardzo często nie jest opłacalny. W Niemczech w obecnej chwili odchodzi się stopniowo od energetyki jądrowej na rzecz energetyki ze źródeł odnawialnych a w szczególności skupia się na wykorzystaniu w lokalnych elektrociepłowniach biomasy do produkcji ciepła i energii elektrycznej.



Elektrociepłownie hybrydowe





- Balety ze słomy to główne paliwo jakie będzie spalane w kotłach wsadowych charakteryzujących się wysoką sprawnością konwersji energii chemicznej w niej zawartej. Pomimo gorszych właściwości paliwowych słomy w porównaniu z węglem, z których należy wymienić niską kaloryczność, wysoki stopień zawilgocenia oraz w przypadku słomy wysoką zawartość chloru jest ona paliwem alternatywnym łatwodostępnym i łatwym do zagospodarowania lokalnie. Elektrociepłownia hybrydowa pracująca w układzie dwóch kotłów wsadowych na biomasę o mocy cieplnej 2MW będzie pracowała w połączeniu z turbiną w układzie ORC (z ang. Organic Rankine Cycle) wykorzystując czynnik niskowrzący i za pomocą generatora będzie produkowała energię elektryczną na poziomie bliskim 400 kW. Jak wcześniej wspomniano podstawowym paliwem w elektrociepłowni będzie słoma, która będzie transportowana z okolicznych pól uprawnych przez rolników [10]. Słoma w postaci balet będzie transportowana ciężarówkami na terenie elektrociepłowni będą dwa wjazdy w postaci bram, gdzie balety ze słomy będą podlegały kontroli (rozmiar, waga, zawartość wilgoci).

