



# Ograniczenie emisji gazów cieplarnianych, a możliwości paliwowe polskiej energetyki

## Reducing greenhouse gas emissions in the context of fuels in the Polish power industry

dr inż. Henryk KARCZ, mgr inż. Tomasz BUTMANKIEWICZ, mgr inż. Piotr PĘDZIK

dr inż. Karcz Henryk  
Zakład Kotłów i Turbin.  
Wydz. Mech.-Energ. Pol.  
Wroc.  
mgr inż. Butmankiewicz  
Tomasz  
Energetyczny Recykling  
Odpadów – ERO sp. z o.o.  
Główno  
mgr inż. Pędzik Piotr  
West Real Estate S.A.  
Wrocław



### W KILKU SŁOWACH

Zagadnienia związane z ociepleniem klimatu i ich powiązania z produkcją energii cieplnej jest jednym z kluczowych tematów poruszanych podczas dyskusji energetycznych i paliwowych na terenie całego Świata. Unia Europejska stała się liderem światowym w sprawie ograniczenia emisji gazów cieplarnianych do atmosfery.

Baza paliwowa kraju zmusza Polskę do podjęcia zdecydowanej postawy w sprawie przygotowania przez UE zarządzeń limitujących emisję CO<sub>2</sub> pochodzącego ze spalania węgla i ropy naftowej. Oprócz kroków polityczno-gospodarczych podjętych przez Polskie władze, powinny zostać podjęte szeroko rozumiane kierunki badań i wsparcia finansowego w celu wykorzystania istniejącego w kraju potencjału biomasy pochodzenia roślinnego oraz pochodzącego z odpadów komunalnych. Racjonalne wykorzystanie całej bazy biomasy w kotłach energetycznych może w znacznym stopniu złagodzić krajowe jej niedobory i w znacznym stopniu zmniejszyć wszelkie opłaty Polski z tytułu emisji do atmosfery gazów cieplarnianych.

### 1. Wstęp

Zagadnienia związane z energetyką i zmianami klimatycznymi stały się ostatnio jedną z ważnych kwestii w podejmowanych debatach politycznych i naukowych. Unia Europejska sta-



### SUMMARY

Issues arising from the climate change as well as their links with thermal energy production have been among the key topics discussed around the world in relation with energy and fuels. The European Union has become the global leader in reducing greenhouse gas emissions to the atmosphere.

The national fuel industry demands that Poland take a firm stand on the future EU directives aimed at lowering CO<sub>2</sub> emissions from the combustion of coal and oil. The political and economic steps taken by the Polish authorities should be accompanied by a broad range of new areas of research and financial support which could be conducive to exploiting the potential of biomass derived from plants and municipal waste. Making reasonable use of the entire biomass base in power boilers can alleviate its shortage in the country, at the same time considerably decreasing the costs of greenhouse gas emissions incurred by Poland.

ła się liderem rozmów w sprawie ograniczenia zmian klimatycznych.

W styczniu 2007 r. Komisja Europejska przedstawiła komunikat pt. „Europejska Polityka Energetyczna” stawiający przed Unią cele zwane początkowo „3 razy 20”:



- Osiągnięcie co najmniej 20% ograniczenia gazów cieplarnianych do 2020 r. w porównaniu z poziomem z 1990 r., a w razie zawarcia kompleksowego międzynarodowego porozumienia w sprawie zmian klimatycznych założono:
  - Osiągnięcie 20% udziału energii odnawialnej w całkowitym zużyciu energii do 2020 r., w tym 10% udział biopaliw,
  - Zwiększenie efektywności energetycznej o 20% do 2020 roku.

Komisja Europejska przedstawiła konkretne propozycje aktów prawnych, których wdrożenie ma przyczynić się do wypełnienia powyższych celów. Były to projekty:

- Dyrektywy ramowej dotyczącej promocji wykorzystania odnawialnych źródeł energii,
- Dyrektywy w sprawie redukcji gazów cieplarnianych do roku 2020,
- Nowelizacji dyrektywy 2003/87/WE w sprawie doskonalenia i rozszerzania systemu handlu uprawnieniami do emisji gazów cieplarnianych, która zakłada umożliwienie swobodnego handlu certyfikatami uprawnień do emisji w całej Unii i zastąpienie do końca 2013 narodowych limitów przez aukcję uprawnień dla całej UE.
- Dyrektywy w sprawie wychwytywania i geologicznego magazynowania dwutlenku węgla (CCS).

Działania na rzecz ograniczenia zmian klimatu wpisują się w koncepcję zrównoważonego rozwoju, który zakłada zachowanie dla obecnych i przyszłych pokoleń dziedzictwa przyrody i trwałych wartości kultury.

Emisja CO<sub>2</sub> w Polsce od przełomu lat osiemdziesiątych i dziewięćdziesiątych XX wieku wyraźnie spadła. W okresie 1988-1991 o 20%, a w latach 1991-2006 o 34,1%. Spadek wynikał z recesji z początku lat dziewięćdziesiątych, a później z restrukturyzacji gospodarki. Pomimo znacznego obniżenia emisji CO<sub>2</sub>, Polska ze względu na swą strukturę paliwową dla sektora energetycznego, jest w dalszym ciągu jednym z liderów emisji CO<sub>2</sub>, wśród państw U.E. Polska jako państwo członkowskie UE, z jednej strony podlega zobowiązaniom dostosowania regulacji krajowych do rozwiązań unijnych, a z drugiej strony, posiada możliwość współuczestniczenia w tworzeniu przyszłości UE, uwzględniając własne uwarunkowania i potrzeby.

W strukturze zapotrzebowania na energię pierwotną, w polskim bilansie energetycznym dominują paliwa stałe – węgiel kamienny i brunatny stanowią około 59%, ropa naftowa stanowi 22%, gaz ziemny 14%, a źródła odnawialne 5%. Taka struktura paliwowa pozwala produkować energię elektryczną na bazie rodzimego surowca. Około 95% energii elektrycznej w Polsce wytwarza się z węgla, 3,4% ze źródeł odnawialnych.

Stopień samowystarczalności energetycznej Polski jest bardzo wysoki.

Polska jest natomiast w wysokim stopniu zależna od zagranicznych dostaw ropy naftowej i gazu ziemnego. W strukturze geograficznej importu ropy do Polski, dominuje Rosja z udziałem około 94,5% w dostawach. Również dużym uzależnieniem od importu, charakteryzuje się sektor gazowy, gdzie na import z Rosji przypada 53%, z Ukrainy około 8%, Norwegii 4% i Niemiec 3%. Polski sektor elektroenergetyczny jest trzecim pod względem wielkości produkcji energii elektrycznej z paliw stałych w Europie, za niemieckim i brytyjskim. Jednak wśród tych trzech państw to Polska osiągnęła największą redukcję emisji CO<sub>2</sub> w porównaniu z rokiem bazowym, wynoszącą 28,9%, wobec 18,5% w Niemczech i 16% w Wielkiej Brytanii. Dzięki temu Polska zbliżyła się do osiągnięcia celu założonego w Protokole z Kioto, polegającego na zmniejszeniu emisji do 2013 r. o 6% w stosunku do roku 1988. Celem polskiej polityki energetycznej jest zapewnienie bezpieczeństwa energetycznego kraju, wzrost konkurencyjności gospodarki, jej efektywności energetycznej, ochrona środowiska przed negatywnymi skutkami działalności związanej z wytwarzaniem, przesyłem i dystrybucją energii. W zakresie działań przyjaznych środowisku należy zwrócić uwagę na rozwój odnawialnych źródeł energii, dzięki czemu należy się spodziewać zwiększonej podaży energii elektrycznej, niewiążącej się z negatywnymi efektami środowiskowymi, występującymi podczas spalania paliw kopalnych. Dla zmniejszenia emisji gazów cieplarnianych istotnego znaczenia nabiera wychwytywanie CO<sub>2</sub> i jego zatłaczanie w złoża gazu i ropy celem podniesienia stopnia wydobywania tych paliw z ich złóż. Jeśli chodzi o osiągnięcie 15% udziału energii odnawialnej w całkowitym zużyciu energii do 2020





r. (w tym 10% udziału biopaliw), trudne wydaje się być w szczególności określenie udziału technologii, które w warunkach polskich mogłyby być wykorzystane, źródeł ich finansowania, definicji odnawialnych źródeł energii wobec dotychczasowych kontrowersji wokół traktowania spalania odpadów biodegradowalnych jako OZE i różnych opinii w odniesieniu do biomasy współspalanej z węglem. [1]

Znacznie łatwiejszym do realizacji w warunkach Polski wydaje się być zwiększenie efektywności energetycznej o 20% do 2020 roku. Osiągnięcie tego celu wymaga jednak zastosowania szeregu mechanizmów, służących szeroko pojętym działaniom modernizacyjnym w gospodarowaniu także poza sektorem energetycznym oraz szeroko pojętego oszczędzania energii. Najtrudniejszym do zrealizowania dla Polski celem pakietu może być ograniczenie wzrostu emisji gazów cieplarnianych powstających przy produkcji energii elektrycznej do 2020 roku. Biorąc pod uwagę uwarunkowania strukturalne paliw oraz brak technologii zdolnych do ograniczenia emisji CO<sub>2</sub>, osiągnięcie tego ograniczenia jest mało realne technicznie.

Sformułowanie właściwej polityki energetycznej stanowi trudne zadanie dla decydentów. Zadanie takie wymaga wzięcia pod uwagę szeregu czynników, sporządzania precyzyjnych obliczeń i opracowanie trafnych prognoz i założeń. Przyjęta polityka musi być nie tylko skuteczna, ale winna być także realistyczna pod względem finansowym.

W końcu musi jasno wskazać narzędzia i podmioty kompletne do jej wdrażania i realizacji.

## **2. Ocena dotychczasowych technologii termicznego przekształcania odpadów biodegradowalnych**

Termiczna utylizacja odpadów jest to proces wysokotemperaturowej reakcji chemicznej w wyniku której powstają produkty chemiczne i fizycznie obojętne w stosunku do otoczenia, połączony z wydzielaniem energii cieplnej. Dotychczas stosowane technologie termicznej utylizacji wykorzystują chemiczne reakcje wysokotemperaturowego rozkładu, zgazowania i utleniania substancji odpadów. W wyniku reakcji termicznego rozkładu powstaje gaz piro-

lityczny oraz mieszanina koksu z popiołem. Gaz pirolityczny stanowi nośnik energetyczny jako gaz palny lub surowiec do przeróbki chemicznej. Pozostała mieszanina koksu z popiołem stanowi w dalszym ciągu odpad konieczny do dalszej utylizacji, lecz o mniejszej masie i objętości w odniesieniu do odpadu pierwotnego. Podobny efekt surowcowy i ekologiczny uzyskuje się w wyniku reakcji termicznego zgazowania odpadów. W tym przypadku powstaje również gaz jako surowiec do chemicznej lub energetycznej przeróbki oraz mieszanina koksu i popiołu jako odpad.

Zupełnie odmienny efekt substancjonalny i ekologiczny uzyskuje się w wyniku wysokotemperaturowej reakcji utleniania odpadów. W wyniku tej reakcji powstają produkty niezawierające żadnych gazów palnych i gazowych substancji szkodliwych dla otoczenia oraz produkty stałe bez zawartości części palnych i substancji szkodliwych.

Analiza produktów reakcji termicznego rozkładu i zgazowania daje możliwość całkowitej i zupełnej utylizacji z wytwarzaniem produktów będących w dalszym ciągu odpadem, lecz o mniejszej masie i objętości w odniesieniu do odpadów pierwotnych. Oprócz mankamentu z niecałkowitą utylizacją, instalacje realizujące proces pirolizy i zgazowania są z reguły instalacjami działającymi okresowo o stosunkowo niskiej wydajności masowej i uciążliwych eksploatacyjnie. Na wybór technologii wysokotemperaturowego utleniania odpadów decydujący wpływ mają własności fizykochemiczne i kinetyczne substancji palnej oraz własności fizykochemiczne substancji mineralnej i ich zmiany w procesie spalania. Parametry te decydują o wyborze wysokotemperaturowej technologii utylizacji odpadów. Wynika to z faktu, że każdy odpad, a szczególnie odpady komunalne są mieszaniną różnego rodzaju substancji o bardzo odmiennych własnościach fizykochemicznych i kinetycznych oraz o różnych kierunkach przemian fazowych jakie przechodzi substancja mineralna w trakcie wysokotemperaturowego procesu utleniania. Różnice w tych własnościach mają swoje odbicie w procesie suszenia, pirolizy, jakości powstałych produktów oraz szybkości ich spalania. Na procesy te, a szczególnie na proces spalania koksu powstałego w trak-



cie odgazowania, bardzo silny wpływ wywiera substancja wyjściowa danej odmiany alotropowej odpadów. Powstałe w wyniku odgazowania struktury fizykochemiczne koksów z poszczególnych rodzajów odpadów, różnią się między sobą szybkością i temperaturą spalania. Dla takich samych masowo ziaren koksów lecz pochodzących z różnych odmian alotropowych, czasy wypalania mogą osiągnąć stosunek jak 1:20, a temperatury spalania mogą się zmieniać w zakresie od 1000°C do 1700°C. Podobne relacje zachodzą przy spalaniu gazów pirolitycznych. Na różnice wynikające z odmiennej kinetyki procesów zachodzących w substancji palnej, nakładają się odmiennie własności fizyczne i chemiczne substancji mineralnej poszczególnych odmian odpadów. [2].

Różnice w temperaturach mięknięcia, spiekania, topnienia i płynięcia dochodzą niekiedy do 1000°C i rozpoczynają się od temperatury rzędu 800°C, a kończą się na temperaturze 2000°C. Skład chemiczny i tekstura powstałych aglomeratów żuźlowych jest również bardzo różna. Zbiór tych różniących się własnościami fizykochemicznymi i kinetycznymi, substancji palnych i zmienność substancji mineralnej poszczególnych odmian alotropowych, które wchodzi w skład odpadów i które w komorze spalania stanowią mieszaninę odmiennych struktur palnych, powoduje powstanie trudno przewidywalnego globalnego kierunku procesu. W wyniku tego zjawiska trudno jest przewidzieć rodzaj powstałych produktów spalania. Reakcja wysokotemperaturowego utleniania odpadów może być realizowana przy wykorzystaniu technologii z kotłami rusztowymi, fluidalnymi, reaktorami niskotemperaturowej plazmy oraz układami kombinowanymi pirolityczno-fluidalnymi. Rezultaty dotychczasowych procesów spalania mieszaniny odpadów w kotłach rusztowych (obojętnie z jakiego rodzaju rusztami) wykazały nawet 50% udział koksu w żuźlu oraz obecność niespalanych gazów palnych w spalinach i gazów szkodliwych dla otoczenia, jest zjawiskiem powszechnie spotykanym. W wyniku niecałkowitego i niepełnego spalania, sprawność termiczna rusztowych urządzeń kotłowych spalających mieszaninę odpadów jakimi są odpady komunalne jest często spotykana na poziomie 50-60%. Częste awarie złoża fluidalnego po-

wstałe z powodu tworzenia się aglomeratów żuźlowych praktycznie wykluczają również kotły fluidalne z bezpośredniej utylizacji niespreparowanych technologicznie surowych odpadów komunalnych.

Termiczna technologia utylizacji odpadów w strumieniu zimnej plazmy jest technologią o ograniczonej wydajności masowej i o wysokich nakładach eksploatacyjnych w celu wytworzenia strumienia plazmy o temperaturze od 4000°C do 5000°C. Wysokie nakłady finansowe pociągają za sobą stosowanie bardzo odpornych termicznie materiałów do witrafikacji popiołu. Powstały w atmosferze wysokotemperaturowej plazmy gaz syntezowy stanowi cenny surowiec energetyczny, a witrafikowana substancja mineralna w postaci granulek bazaltowych stanowi doskonały materiał budowlany. Mankamentem tej technologii są bardzo znaczne nakłady finansowe na jej budowę oraz dotychczasowy brak informacji technicznych i technologicznych o instalacji mającej wysoką wydajność utylizacji (przynajmniej 50 tys. ton odpadów/rok) oraz brak informacji o przebiegu eksploatacji takiej instalacji. Istotnym problemem w stosowaniu technologii z wykorzystaniem zimnej plazmy są bardzo wysokie koszty jednostkowe utylizacji odpadów.

Proponowane dotychczas technologie termicznej utylizacji odpadów w kotłach rusztowych i fluidalnych nie uwzględniają generalnie różnic we własnościach fizykochemicznych i kinetycznych poszczególnych składników odpadów, które tworzą nierozdzieloną fizycznie mieszaninę odpadów komunalnych. Takie podejście do problemu powoduje powstanie w wyniku utylizacji, mieszaniny odpadów, stałych produktów spalania w postaci żuźla (poza technologią zimnej plazmy) o zawartości części palnych do 50% udziału masowego, który w dalszym ciągu jest odpadem, lecz jedynie o mniejszej masie i objętości w odniesieniu do odpadów pierwotnych. Powstały odpad żuźlowy jest jednak znacznie trudniejszy do utylizacji niż odpad pierwotny i może być jedynie składowany lub utylizowany podczas wypalania klinkieru w piecach cementowniczych.

Rozwiązaniem problemu termicznej utylizacji mieszaniny różnorodnych odmian morfologicznych odpadów jest rozdzielenie w czasie





i przestrzeni procesów suszenia i pirolizy oraz spalanie powstałych produktów w trakcie ciągłego procesu technologicznego. Proces pirolizy pozwala rozdzielić substancje odpadów na fazę gazu pirolitycznego i fazę mieszaniny popiołu i koksu. Proces spalania obu powstałych produktów rozkładu odbywa się w różnych przestrzeniach komory spalania. Proces spalania gazów pirolitycznych przebiega w górnej części komory, a proces spalania koksu odbywa się w dolnej części komory, w złożu fluidalnym. Proces spalania gazów pirolitycznych przebiega w kontrolowanej atmosferze koncentracji tlenu, a proces spalania karbonizatu w złożu fluidalnym odbywa się również przy określonej koncentracji tlenu w gazie fluidyzacyjnym. Proces spalania gazu pirolitycznego przebiega w strefie temperatur gwarantujących niską szybkość powstawania NOx, a proces spalania karbonizatu w złożu fluidalnym przebiega w strefie temperatur niższych od temperatury topnienia popiołu. [3]

Fluidalno-pirolityczna technologia termicznej utylizacji odpadów pozwala w sposób kontrolowany spalać mieszaninę różnorodnych odmian morfologicznych, które stanowią odpady komunalne, z maksymalną sprawnością termiczną i ekologiczną.

### 3. Wady i zalety stosowanych technologii termicznej utylizacji odpadów:

#### Technologie pirolityczne

- działają okresowo,
- posiadają niską wydajność masową,
- wymagają ujednoliconego rozdrobnienia gabarytowego,
- wymagają doprowadzenia dodatkowej energii,
- stopień termicznej przemiany jest uzależniony od charakterystyk fizykochemicznych popiołu
- w wyniku termicznej przemiany powstaje gaz pirolityczny, który stanowi surowiec do dalszej przeróbki technologicznej oraz odpad w postaci mieszaniny koksu i popiołu,
- sprawność ekologiczna na poziomie 50-60%,
- sprawność termiczna przemiany wynosi 30-40%.

#### Termiczna technologia zgazowania odpadów

- działająca okresowo,

- niska wydajność masowa,
- konieczność doprowadzenia czynnika zgazowującego,
- konieczność doprowadzenia dodatkowej energii,
- uzyskanie gazu niskokalorycznego,
- uzyskanie odpadu trudnego do dalszej utylizacji w ilości dochodzącej do 50% masy pierwotnej odpadu,
- sprawność termiczna niższa od 50%

#### Technologia termicznej utylizacji odpadów w kotłach rusztowych

- możliwość utylizacji wszelkiego rodzaju odpadów stałych bez segregacji materiałowej i bez konieczności drobnego rozdrabniania,
- niemożliwość utylizacji substancji ciekłych, mazistych, pylistych i rozdrobnionych poniżej podziarna (mniejszych od ziarna)  $d < 3$  mm,
- niemożliwość utylizacji substancji niebezpiecznych,
- w trakcie procesu utylizacji nie można metodami „pierwotnymi” w trakcie spalania, likwidować par metali ciężkich oraz istotnie obniżyć emisje SOx i NOx,
- nie można likwidować obecności części palnych w żużlu i popiele dennym. Zawartość części palnych w żużlu i popiele może dochodzić nawet do 50% udziału masowego,
- w trakcie termicznej utylizacji w kotłach rusztowych powstaje stały produkt spalania, który jest w dalszym ciągu odpadem, lecz o mniejszej masie i objętości od odpadu pierwotnego. Powstały stały odpad żużlowy jest bardzo trudny do utylizacji i powstaje konieczność dalszego jego składowania,
- technologia termicznej utylizacji w kotłach rusztowych wymaga stosowania na wyjściu z kotła bardzo drogich technik oczyszczania gazów spalinowych z zanieczyszczeń stałych, oraz par metali ciężkich i gazów niebezpiecznych dla otoczenia,
- koszty oczyszczania spalin na zewnątrz kotła z substancji szkodliwych dla otoczenia są bardzo znaczne i niekiedy przewyższają koszt samych instalacji kotłowych,
- odzyskane substancje w urządzeniach oczyszczających spalinę są odpadami masowo powiększonymi o masę stosowanych preparatów neutralizujących zanieczyszczenia,



- sprawność termiczną instalacji termicznej utylizacji odpadów przy pomocy kotłów rusztowych jest niska i z reguły nie przekracza 60%,
- ekologiczna technologia utylizacji odpadów przy pomocy kotłów rusztowych jest technologią połowiczną, wytwarzającą produkty stałe, które w dalszym ciągu są odpadami lecz o mniejszej masie i objętości w porównaniu do odpadów pierwotnych. Produkty te muszą być składowane lub utylizowane praktycznie jedynie w piecach cementowniczych lub przy pomocy technik plazmowych w tzw. zimnej plazmie.

#### **Technologia termicznej utylizacji odpadów w kotłach fluidalnych**

- technologia utylizacji w kotłach fluidalnych pozwala utylizować rozdrobnione, poniżej 100 mm odpady stałe pozbawione ceramiki, kamieni, szkła i metali,
- w kotłach fluidalnych nie można utylizować odpadów ciekłych, mazistych i pulpy,
- utylizacja odpadów będących mieszaniną różnych odmian morfologicznych prowadzi do częstych awarii złoża fluidalnego spowodowanego aglomeracją popiołu,
- kotły ze złożem fluidalnym charakteryzują się wysoką awaryjnością i niską sprawnością eksploatacyjną,
- sprawność termiczna kotłów fluidalnych w przypadku utylizacji odpadów jest na poziomie nie większym jak 70%,
- technologia oczyszczania spalin na wyjściu z kotła jest podobna jak w kotłach rusztowych a więc bardzo kosztowana, niekiedy na poziomie wyższym od samego kotła,
- części palne w popiele dennym występują w zakresie 10-15% a w aglomeratach żużliowych w zakresie 30-60% udziału masowego,
- utylizacja odpadów będących mieszaniną różnorodnych rodzajów odpadów, zawsze prowadzi do aglomeracji żużla w złożu fluidalnym i wyłączenia kotła z ruchu,
- powstały w wyniku spalania odpadów stały produkt popiołowo-żużliowy jest w dalszym ciągu odpadem lecz o mniejszej masie i objętości w stosunku do odpadu pierwotnego, koniecznym do dalszego składowania lub utylizacji w piecach cementowniczych,
- odpady otrzymane w urządzeniach oczysz-

czających spaliny masowo stanowią około 10% udziału masowego odpadów pierwotnych, powiększonych o masę preparatów neutralizujących substancje niebezpieczne zawarte w spalinach.

#### **Technologia fluidalno-pirolityczna typu „K”**

- możliwość termicznej utylizacji rozdrobnionych (poniżej 100 mm) i oczyszczonych z ceramiki, kamieni, szkła i metali odpadów będących mieszaniną dowolnych odmian morfologicznych będących w stanie stałym, pylistym, ciekłym, mazistym i w stanie pulpy,
- metodami pierwotnymi w procesie spalania można neutralizować zawarte w odpadach związki siarki, chloru, par metali ciężkich oraz ograniczyć zawartość NO<sub>x</sub>, CO, Corg w spalinach opuszczających komorę kotła poniżej dopuszczalnych norm,
- zawartość części palnych w popiele dennym jest bliska zeru co powoduje, że popiół ten nie jest odpadem lecz cennym surowcem budowlanym,
- sprawność termiczną instalacja osiąga w granicach bliskich 90%,
- instalacja „wtórnego” oczyszczania spalin na wyjściu z kotła nie zawiera kosztownych urządzeń neutralizujących zanieczyszczenia znajdujące się w spalinach,
- ilość wydzielonych stałych substancji szkodliwych we „wtórnym” układzie oczyszczania spalin jest znikoma, na poziomie mniejszym od 0,5% masy odpadów pierwotnych i nie stanowi problemu ekonomicznego,
- sprawność ekologiczna instalacji typu „K” jest bardzo wysoka, a ilość emitowanych do otoczenia zanieczyszczeń jest znacznie mniejsza od dopuszczalnych norm, ani nie stanowi żadnego zagrożenia ekologicznego dla otoczenia w odniesieniu do atmosfery i gleby.

#### **4. Czy stałe produkty spalania węgla w kotłach energetycznych są odpadem?**

Stałe produkty spalania węgla są to substancje mineralne powstające w wyniku spalania węgla kamiennego i brunatnego w elektrowniach i elektrociepłowniach. Badania różnych rodzajów popiołów w aspekcie spełnienia wymagań dla substancji chemicznych wprowadzanych do obrotu na terenie UE jest jednym z istotnych





priorytetów wykorzystania produktów spalania węgla w kotłach energetycznych.

Polska energetyka jest bowiem oparta w ponad 90% na węglu, co powoduje że wszystkie problemy i zagadnienia z tym związane są niezwykle istotne i rodzić mogą daleko idące skutki. Każdego roku w Polsce wytwarzanych jest ok. 15 mln ton popiołów i żużli energetycznych oraz ok. 5 mln ton gipsów z odsiarczania spalin. Wspólnym wysiłkiem pokoleń udało się osiągnąć ponad 70% wykorzystanie tych minerałów wtórnych w gospodarce, w przemyśle cementowym do produkcji betonu w budownictwie oraz produkcji materiałów budowlanych w drogownictwie a ostatnio, w przypadku niektórych rodzajów popiołów także w rolnictwie. Popiół coraz szerzej z powodzeniem zastępuje surowce naturalne i spoiwa, których wytwarzanie związane jest z wysoką emisją gazów cieplarnianych. Jest to niewątpliwie duży sukces, pozwalający na oszczędzanie zasobów środowiska naturalnego w ramach koncepcji Zielonej Geotechniki oraz zwiększający konkurencyjność polskich firm i gospodarki.

#### **4.1. Co decyduje o możliwościach wykorzystania Ubocznych Produktów Spalania?**

O możliwości wykorzystania decydują cechy fizykochemiczne popiołu, zapotrzebowanie rynku na takie substancje, stan wiedzy i normalizacji w tym obszarze, dojrzałość techniczna, badania i rozwój technologii na bazie popiołu, udokumentowana nieszkodliwość i w wielu przypadkach przewaga techniczna nad materiałami naturalnymi. Jednym z najważniejszych problemów pozostają jednak obowiązujące i planowane regulacje prawne, które mogą skutecznie zniszczyć wszystkie te wieloletnie dokonania w dziedzinie gospodarczego wykorzystania popiołów.

Popioły są to substancje heterogeniczne. Ich właściwości zależą głównie od spalanej substancji i technologii spalania. Dość poważnie różni się popiół ze spalania węgla kamiennego w kotłach pyłowych od popiołu ze spalania biomasy w kotłach fluidalnych. Niektóre z nich mają wysokie pH, podwyższone poziomy metali ciężkich, fosforu, siarki, itp. i mogą budzić wątpliwości co do ich zachowania się w środowisku.

Jednakże liczne badania popiołów, jednoznacznie określiły, że ich stosowanie nie powoduje zagrożenia dla środowiska i zdrowia istot żywych, przy czym warto zauważyć, że takich badań nie posiada np. cement czy nawozy sztuczne. Potwierdza to także praktyka, popioły mają uznane miejsce w gospodarce od dziesiątków lat i nie ma doniesień o skażeniu środowiska wskutek ich zastosowania. Problem w tym, że regulacje środowiskowe w UE nie są zharmonizowane z regulacjami dotyczącymi chemikaliów, które są znacznie bardziej wymagające i restrykcyjne. W tym przypadku możliwym jest, iż nawet jednostkowe przekroczenia w zakresie jednej z właściwości chemicznych danej substancji mogą stanowić podstawę do zmiany jej klasyfikacji na niebezpieczną. Ciekawe, że nawet raport ekspercki będący podstawą techniczną planowanych zmian w przepisach stwierdza: „Mogą być niektóre przypadki, gdzie zmiany w klasyfikacji związków chemicznych mogą prowadzić do zmian w klasyfikacji odpadów, które nie byłyby uzasadnione we wszystkich przypadkach pod względem potencjalnych skutków środowiskowych”.

To jest realne i istotne niebezpieczeństwo dla całej europejskiej energetyki węglowej, przy czym w przypadku Polski, gdzie udział węgla w wytwarzaniu energii elektrycznej i ciepła wynosi ponad 90%, nowe regulacje prawne miałyby najdalej idące skutki. Projekt nowelizacji listy odpadów, towarzyszący nowelizacji Dyrektywy Odpadowej, planuje nadać popiołom i żużlom z energetyki status odpadów niebezpiecznych. Zmieni to drastycznie cały obszar ich odzysku i wykorzystania, a także składowania. Oprócz przekreślenia większości dotychczasowego dorobku w obszarze wykorzystania popiołów, nadanie im statusu odpadu niebezpiecznego, skutkować będzie koniecznością zmiany statusu składowisk popiołów lub budowy nowych składowisk. Jeśli to niewielka, wydawałoby się regulacja, dostawienie do popiołów gwiazdki w katalogu odpadów, zostanie wprowadzona, to skutecznie pograży energetykę opartą na spalaniu węgla w Unii Europejskiej. Skutki tego najbardziej odczują nasz kraj.

Można oszacować, że koszty zagospodarowania popiołów mogą wzrosnąć 10-cio a nawet 15-to krotnie. Oznacza to dla polskich przed-



siębiorstw energetycznych dodatkowe koszty liczone w miliardach złotych rocznie. Przy tym nie potrafimy dzisiaj określić, czy odejście od dotychczasowych metod zagospodarowania popiołów i żużli na rzecz ich lokowania na składowiskach odpadów niebezpiecznych czy też zubożnionych będzie na tak dużą skalę w ogóle możliwe.

Za regulacje w tym obszarze odpowiada resort środowiska i gospodarki. Tylko rząd ma realny wpływ na zmiany regulacji prawnych w UE. Energetyka Zawodowa winna mocno lobbować odpowiedzialne za tą politykę resorty, ponieważ wydaje się że problem w sferach rządowych nie jest rozumiany, a wskutek tego nie jest traktowany z należytą powagą.

Najważniejszy problem to pełne zrozumienie skutków wprowadzenia tych zmian przez każdą z elektrowni i elektrociepłowni oraz odpowiednie resorty rządowe. Wskutek tego powinna powstać prognoza wpływu tej zmiany na całą gospodarkę. Wnioski z takiego raportu powinny wskazać kierunki działań i jednostki zdolne je podjąć we właściwym czasie. Koordynatorem całości powinien być rząd, a energetyka powinna być wsparciem merytorycznym w tym obszarze. Wydaje się, że będzie także konieczne wsparcie ze strony naszych europosłów. Jedynie solidarne współdziałania, siła argumentów merytorycznych i właściwe tempo podejmowanych działań mogą uchronić naszą energetykę, a w następstwie gospodarkę przed poważnym wstrząsem.

##### **5. Przyczyny powstania straty niecałkowitego spalania biomasy i odpadów biodegradowalnych w kotle energetycznym**

Dążeniem wielkich wytwórców energii elektrycznej i ciepłej jakimi są elektrownie i elektrociepłownie, jest wypełnienie zobowiązań zrealizowania limitów określających udział wyprodukowanej energii ze źródeł odnawialnych w stosunku do całkowitej ilości wyprodukowanej energii. Rygory te limitują ilość spalanej biomasy. O ile w przypadku małych jednostek energetycznych warunek ten można wypełnić w sposób nie naruszający zbytnio podstawowego parametru eksploatacyjnego kotła jakim jest sprawność ( $\eta$ ), to w przypadku dużych jed-

nostek energetycznych parametr ten może być w bardzo istotny sposób obniżony [4÷6].

Znacznemu pogorszeniu mogą ulec również inne parametry eksploatacyjne jakimi są niezawodność i pewność eksploatacyjna oraz bezpieczeństwo instalacji.

Dotychczas stosowane metody spalania biomasy w postaci stałej, ograniczają się głównie do współspalania mieszanek biomasy leśnej z węglem w kotłach rusztowych i w kotłach fluidalnych oraz współspalanie mieszanek pyłowych w kotłach pyłowych.

W kotłach rusztowych i fluidalnych drewno spala się w postaci trocin, pelet, brykietów i zrębków a w kotłach pyłowych w postaci pyłu. W każdym z wyżej wymienionych przypadków, współspalanie drewna- obojętnie w jakiej postaci- z węglem powoduje obniżenie sprawności termicznej urządzenia kotłowego lub obniża jego niezawodność eksploatacyjną, zwiększa koszty eksploatacyjne i obniża bezpieczeństwo pracy. Dzieje się tak, ponieważ charakterystyki kinetyczne i przemiałowe drewna są zupełnie inne niż węgla. [5]

W przypadku spalania mieszanek biomasy z węglem w kotłach rusztowych znacznie szybsze wypalanie drewna na ruszcie, powoduje wzrost straty kominowej ( $S_k$ ) poprzez wzrost ilości niewykorzystanego powietrza na ruszcie oraz wzrost temperatury wylotowej spalin z powodu zwiększonego zanieczyszczenia powierzchni ogrzewalnych kotła przez lotny popiół pochodzący głównie z substancji mineralnej drewna.

Obniżenie sprawności termicznej kotłów fluidalnych, również powstaje w wyniku zanieczyszczenia powierzchni ogrzewalnych lotnym popiołem, zaszlakowania ścian komory płynnym żużlem i w konsekwencji wzrostem temperatury wylotowej spalin. Wzrost zanieczyszczenia powierzchni ogrzewalnych kotła, wynika w dużej mierze ze struktury fizycznej popiołu pochodzącego z biomasy.

Popiół pochodzący z substancji mineralnej biomasy posiada zupełnie inną strukturę i własności fizyczne niż popiół pochodzący z węgla.

Popiół pochodzący z biomasy ma znacznie mniejszą gęstość pozorną i bardziej rozwiniętą powierzchnię zewnętrzną. Posiada strukturę kłaczkowatych płaskich płytek, tworzących większe aglomeraty o temperaturze mięknie-







nia 900-1200°C, a nie posiada struktury ziaren o gładkich powierzchniach i wyższych temperaturach mięknięcia. Intensywne zanieczyszczenia powierzchni ogrzewalnych kotłów rusztowych i fluidalnych jest charakterystyczną cechą kotłów opalanych biomasą pochodzącą z drewna.

Następną bardzo istotną stratą, która pojawia się w wyniku spalania biomasy jest strata niecałkowitego spalania w lotnym koksiku. Strata ta powstaje w wyniku wynoszenia przez strumień gazów spalinowych cząstek lotnego koksiku ze złoża fluidalnego i z komory spalania. Strata ta niekiedy przekracza dopuszczalny 5-cio procentowy próg zawartości części palnych w popiele.

Strata niecałkowitego spalania w lotnym koksiku wynika przede wszystkim z faktu bardzo niskiej gęstości pozornej karbonizatu powstałego w wyniku szybkiej pirolizy biomasy. Ponieważ siła wyporu ziaren karbonizatu jest znacznie większa od siły ciężkości, ziarna lotnego koksiku swobodnie unoszą się w strumieniu spalin.

O ile w kotłach rusztowych, a szczególnie w kotłach fluidalnych można jeszcze z dobrym skutkiem spalać inne, oprócz drewna formy biomasy pochodzenia roślinnego a nawet w specjalnych przypadkach pochodzenia zwierzęcego, to w przypadku kotłów pyłowych, można jedynie spalać biomasę pochodzącą z drewna. Biomasa pochodząca z innych źródeł w przypadku kotłów pyłowych nie może być stosowana z uwagi na trudności transportowe i przemiałowe, które wynikają z jej struktury fizycznej i własności fizykochemicznych. [6]

W przypadku współspalania biomasy pochodzącej z drewna z pyłem węglowym występują również trudności wynikające z braku zdolności przemiałowych drewna. W czasie pobytu drewna w młynie węglowym jego substancja nie ulega przemiałowi, lecz jest zgniatana i miażdżona przez elementy mielące młyna.

Ponieważ rozdział i separacja ziaren w młynie odbywa się na zasadzie różnic w ciężarze cząstek, nawet duże żdźbła pochodzące z drewna nie są odseparowane jako „nadziarno”, lecz podawane są ze strumieniem pyłu do komory kotła jako tzw. „podziarno”. Zjawisko to wynika z faktu, że w stanie suchym, gęstość pozorna drewna może być nawet 3-4 razy mniejsza niż gęstość węgla.

Proces spalania biomasy w kotłach energetycznych zwłaszcza pyłowych powoduje powstanie znacznych strat niedopału w postaci lotnego koksiku. Problem powstania niedopału w lotnym popiele pojawia się szczególnie przy współspalaniu biomasy z węglem w kotłach pyłowych gdzie proces przemiału węgla i biomasy organicznej, a szczególnie pochodzącej z drewna odbywa się jednocześnie w tych samych młynach węglowych przystosowanych do przemiału substancji węglowej, która posiada określoną zdolność przemiałową, a nie do przemiału substancji organicznej biomasy, która praktycznie nie posiada żadnych zdolności przemiałowych.

Tkanka ligniny i celulozy, z której głównie zbudowana jest substancja organiczna drewna ma strukturę włóknistą o dużej elastyczności i małej twardości, która w procesie przemiału ulega procesowi zgniatania i miażdżenia, a nie procesowi mielenia do struktury ziarnowej. W trakcie procesu mielenia powstają głównie żdźbła o strukturze włóknistej, a nie ziarna o kształcie kulistym. Powstałe w trakcie współmielenia fragmenty biomasy posiadają znacznie rozwiniętą powierzchnię zewnętrzną i stosunkowo niską gęstość pozorną. Pomimo dużych rozmiarów ziarna biomasy charakteryzują się dużą siłą wyporu, co umożliwia im wyjście z separatora młynowego i przedostanie się pyłoprzewodami do palników pyłowych i do komory spalania kotła.

Ziarna biomasy w płomieniu pyłowym ulegają odgazowaniu i w postaci karbonizatu ulegają częściowemu spalaniu. Ponieważ posiadają bardzo małą gęstość przy znacznej powierzchni zewnętrznej, bardzo łatwo ulegają wynoszeniu przez przepływające spaliny ze strefy płomienia bogatego w tlen do stref ubogich w tlen i o niskiej temperaturze, gdzie następuje przygasanie i powstawanie niedopału w postaci lotnego koksiku. Spaliny, lotny popiół i lotny koksik po przedostaniu się do górnej strefy komory kotła znajdującej się nad palnikami pyłowymi stanowią mieszanekę w której zakończył się proces spalania. Niespalone gazy palne w postaci tlenku węgla (CO), wodoru (H), węglowodorów lekkich typu: metan (CH<sub>4</sub>) i acetyleny (C<sub>2</sub>H<sub>2</sub>) oraz karbonizatu, w postaci lotnego koksiku stanowią stratę niezupełnego (Sg) i niecałkowitego spalania (Sn).



Strata niepełnego spalania w gazach palnych może stanowić stratę kotła  $0,2 \div 0,3\%$  a strata niecałkowitego spalania w lotnym koksiku w zależności od udziału spalanej biomasy może stanowić stratę kotła sięgającą nawet  $1 \div 2\%$ . Straty te odnoszące się do globalnej sprawności termicznej kotła są na tyle znaczne, że w istotny sposób obniżają efekty uzyskane z tytułu produkcji „zielonej” energii z biomasy. Straty te są tym dotkliwsze, że powstają głównie ze spalania biomasy pochodzącej z drewna, a więc z bardzo cennego źródła energii odnawialnej.

Zyski są jednak wyraźnie większe w stosunku do produkcji jedynie energii „czarnej” z węgla. Każda więc inwestycja w proces współspalania biomasy pochodzącej z OZE lub pochodzącej z odpadów biodegradowalnych prowadzi do zwrotu inwestycji w krótkim czasie. Inwestycje takie są niezwykle opłacalne. Drugim powodem współspalania biomasy z węglem jest to niskoemisyjna produkcja energii. Jest to bardzo ważne z uwagi na konieczność zakupu pozwolenia na emisję  $\text{CO}_2$ , co w rezultacie jest dodatkowym kosztem umniejszającym zysk wytwórcy energii. Wytwórcy energii chętnie więc inwestują we współspalanie biomasy, ponieważ mają zysk z tytułu „zielonego certyfikatu” i niskoemisyjną produkcję energii. Z tego powodu w polskiej energetyce obserwuje się coraz w większą tendencję do konwersji, szczególnie starszych kotłów energetycznych z węgla na biomasę. Zjawisku temu sprzyja szczególnie fakt, że „zielony certyfikat” jest przyznawany elektrowni za ilość wprowadzonej biomasy do układu nawęglania kotła, a nie efektywnego jej wykorzystania. W przypadku kotłów pyłowych, biomasa, głównie pochodząca z drewna, jest współmielona z węglem w młynach węglowych, które są przystosowane do przemiału węgla o określonych własnościach przemiałowych. Natomiast substancja organiczna (głównie lignina i celuloza) nie posiada żadnych własności przemiałowych. Elastyczna tkanka ligniny czy celulozy nie ulega przemiałowi, lecz miażdżeniu. Z młyna węglowego wychodzą nie ziarna (pył) biomasy, lecz „źdźbła” i „drzazgi” o dość znacznych rozmiarach i bardzo rozwiniętej powierzchni zewnętrznej. Zjawisko to jest wynikiem sposobu rozdziału i separacji ziaren w młynie, który odbywa się na zasadzie różnic w ciężarze cząstek, nawet duże

źdźbła pochodzące z drewna nie są oddzielone jako „nadziarno”. Zjawisko to wynika z faktu, że w stanie suchym, gęstość pozorna drewna może być nawet  $3 \div 4$  razy mniejsza niż gęstość węgla.

Podawany przez palnik pył węgla i biomasy, ulega procesowi suszenia, odgazowania i spalania produktów termicznego rozkładu- gazu pirolitycznego i karbonizatu- w płomieniu pyłowym. Gaz pirolityczny spala się w początkowej fazie płomienia, tworząc tzw. front płomienia. Karbonizat ulega zapłonowi we froncie płomienia i spala się w końcowej części żagwi płomienia. Charakterystyki rozkładu ziarnowego pyłu podawanego do palnika wykazują wyraźną tendencję do wymiarowego rozkładu ziarnowego w przekroju pyłoprzewodu oraz w dyszy palnika pyłowego. W środkowej części dyszy w zdecydowanej przewodzie znajdują się ziarenka pyłu o najmniejszych rozmiarach, a na obrzeżu ziarna o największych rozmiarach.

Ponieważ szybkość spalania najmniejszych ziaren jest wielokrotnie większa od szybkości wypalania ziaren dużych, stopień wypalania karbonizatu w jądrze płomienia jest całkowity, a w części peryferyjnej, duże ziarna karbonizatu nie są spalane.

Ponieważ peryferyjna część płomienia pyłowego przylega do stref przyściennych komory kotła, gdzie temperatura i zawartość tlenu jest stosunkowo niska, duże ziarna karbonizatu nie mają niekiedy warunków do wypalania się. Często w niesprzyjających warunkach ulegają wygaszeniu i w postaci karbonizatu opadają do leja żużlowego.

Wynoszenie cząstek lotnego koksiku, powstałego w wyniku odgazowania ziaren biomasy jest typowym problemem w kotłach pyłowych. Wynika to z niskiej gęstości pozornej ziaren karbonizatu i wysokiego współczynnika oporu, co objawia się znaczną przewagą siły wyporu nad siłą ciężenia i łatwością unoszenia cząstek przez przepływające gazy spalinowe. Problem ten jest szczególnie istotny w kotłach z palnikami narożnymi (tangencjanonymi), gdzie w środku komory tworzy się wir centralny, w którym szybkość przepływu gazów jest znacznie większa niż w pozostałych przekrojach komory.

W wyniku różnic w prędkościach przepływu, polu temperatur oraz koncentracji gazów, poprzez wir centralny przepływa bardzo duża





ilość lotnego koksiku pochodzącego z biomasy. Wszystkie niespalone większe cząstki biomasy, które znajdują się w strefie oddziaływania wiru centralnego, są porywane przez przepływające z dużą prędkością spaliny i wynoszone z komory kotła.

Analiza koksiku z leja żuźlowego i z lejów elektrofiltru w jednoznaczny sposób wykazała, że nawet 80% karbonizatu pochodzi ze spalanej biomasy. Powstaje więc sytuacja, w której mamy ewidentne straty niecałkowitego spalania jakże cennej substancji, jaką jest biomasa, oraz tworzymy następną stratę, jaką jest powstanie odpadu z żuźla i lotnego popiołu, ponieważ zawierają więcej części palnych jak 5%. Tworzymy więc odpad, który należy składować lub przeznaczyć do dalszej utylizacji, a nie wykorzystać jako surowiec budowlany.

W przypadku kotłów pyłowych, oprócz problemów eksploatacyjnych pojawiają się dodatkowe problemy bezpieczeństwa i problemy sprawności termodynamicznej układu kotłowego. Problemy bezpieczeństwa związane są z często występującymi pożarami młynów węglowych współmielących węgiel z biomasą oraz wybuchów w pyłoprzewodach transportujących pył węglowo-drzewny do palników pyłowych w komorze kotła. Samozapłon substancji drewna w młynie węglowym występuje z powodu dużej podatności wilgotnej substancji drewna do samozapłonu. Przy współspalaniu pyłu biomasy i węgla w komorze kotła występuje również duża tendencja do szlakowania komory kotła i pozostałych powierzchni ogrzewalnych, co powoduje wzrost temperatury wylotowej spalin, a przez to obniżenie ogólnej sprawności kotła nawet o 1-2%. Największą jednak stratą jest strata niecałkowitego spalania w żuźlu i lotnym popiele. Strata koksiku w żuźlu w niektórych typach kotłów pyłowych może dochodzić nawet do 25-30%, a strata niecałkowitego spalania lotnego koksiku w lotnym popiele może wynosić 10-15%. W wyniku straty niecałkowitego spalania w koksiku węglowym, ogólna sprawność termiczna układu kotłowego może ulec obniżeniu o 1÷2%, co stanowi znaczną stratę ekonomiczną. Strata niecałkowitego spalania koksiku w żuźlu i lotnym popiele jest jeszcze bardziej dotkliwa, gdy zostaje odniesiona tylko do odnawialnych źró-

deł energii z których w zdecydowanej części pochodzi.

Strata niecałkowitego spalania koksiku w żuźlu i lotnym popiele wynika głównie z braku zdolności przemiałowych odnawialnych źródeł energii, ponieważ podawana do młyna substancja biomasy ma strukturę włóknistą, głównie ligniny i celulozy, która nie posiada żadnych właściwości przemiałowych. W stanie surowym struktura włókien ligniny i celulozy podlega głównie procesowi zgniatania i miażdżenia, a nie procesowi mielenia. W wyniku zgniatania podawanej do przemiału biomasy, z młyna węglowego zostają podawane do pyłoprzewodów żdźbła i fragmenty o rozmiarach milimetrycznych a nie ziarna o rozmiarach mikronowych. Rozdrobniona biomasa z młyna przedostaje się do pyłoprzewodów pomimo dużych rozmiarów gabarytowych, ponieważ posiada bardzo niską gęstość pozorną i mocno rozwiniętą powierzchnię zewnętrzną. Siła wyporu cząstek biomasy jest znacznie większa od siły wyporu ziaren węglowych o średnicach nawet o rząd mniejszych. Wprowadzone do komory kotła ziarna biomasy o największych rozmiarach ulegają jedynie wysuszeniu i odgazowaniu i w postaci ziaren karbonizatu węglowego opadają do leja żuźlowego, stanowiąc niedopał w żuźlu. Natomiast mniejsze ziarna biomasy po odgazowaniu, z uwagi na znaczną siłę wyporu unoszone są ze spalinami z komory kotła, stanowią niedopał w postaci lotnego koksiku w lotnym popiele. Ilość współspalanej biomasy w kotłach pyłowych jest więc głównie limitowana przez zawartość karbonizatu w żuźlu i w lotnym popiele, która stanowi bardzo znaczący udział strat, jako strata niecałkowitego spalania. Jednym ze sposobów obniżenia tej straty w kotłach pyłowych jest podniesienie zdolności przemiałowej biomasy.

## **6. Sposób poprawy własności przemiałowych biomasy i odpadów biodegradowalnych.**

Sposób przygotowania i spalania organicznej w kotle energetycznym opalanym pyłem węglowym i pyłem biomasy, w którym biomasa jest przemielona w układzie młynowym a uzyskany pył jest spalany w palniku pyłowym



kotła energetycznego charakteryzuje się tym, iż biomasa przed wprowadzeniem do układu młynowego zostaje poddana procesowi suszenia i niskotemperaturowej karbonizacji w gazie o temperaturze od 200 do 550°C i zawartości tlenu poniżej 10% udziału objętościowego.

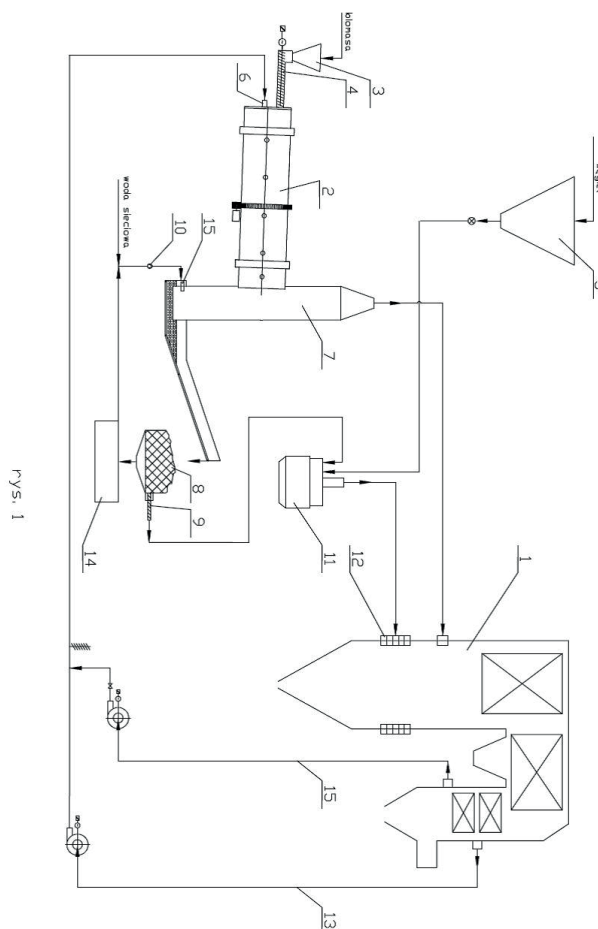
Proces suszenia i wstępnej karbonizacji przeprowadza się przy udziale mieszaniny spalin wysokotemperaturowych o temperaturze 400-700°C i spalin niskotemperaturowych o temperaturze 100-300°C pobieranych z recyrkulacji z ciągu konwekcyjnego kotła.

Podczas powyższego procesu biomasa pozbywa się wilgoci, oxygazów i ulega procesowi częściowej karbonizacji w trakcie której elastyczne włókna ligniny i celulozy tracą swą plastyczność i ulegają procesowi częściowego „uwęglania”. W procesie niskotemperaturowej karbonizacji uwęglana biomasa zmienia swoje właściwości fizyczne osiągając własności przemiałowe przy czym częściowo skarbonizowana biomasa niewiele zmienia swoje właściwości chemiczne, jedynie częściowo pozbywając się w trakcie procesu oxygazów, niewielkich ilości wodoru i związków węglowodorowych. Następnie wstępnie skarbonizowana biomasa podawana jest do układu młynowego skąd po przemienieniu jest kierowana do spalania w palniku pyłowym usytuowanym w komorze spalania kotła energetycznego. Po przeprowadzeniu wstępnego procesu niskotemperaturowej karbonizacji, uzyskuje się w typowym młynie węglowym jedynie ziarna pyłu biomasy o rozmiarach mniejszych od 200µm co powoduje, że ilość niedopału w postaci koksiku w żużlu i w lotnym popiele praktycznie obniża się do zera. Biomasa może być spalana samodzielnie bez udziału pyłu węglowego w palniku pyłowym usytuowanym nad palnikami pyłu węglowego. Powstałe w trakcie suszenia i karbonizacji opary wilgoci i oxygazy odprowadzane są z suszarki do komory spalania kotła energetycznego, gdzie gazy palne ulegają spalaniu redukując jednocześnie zawartość NOx w spalinach wylotowych z komory spalania kotła energetycznego. Korzystnie wyżej wymienione gazy wprowadza się do komory spalania kotła energetycznego ponad płomieniem palników pyłowych.

Schemat instalacji do niskotemperaturowej

karbonizacji biomasy przedstawiony jest na rys.1. Instalacja jest chroniona Zgłoszeniem Patentowym [4].

Technologia wstępnego przygotowania biomasy do współmielenia w kotłach energetycznych pozwala rozszerzyć zakres udziału biomasy we współmieleniu z węglem na wszystkie rodzaje substancji podlegających biodegradowalności oraz zwiększyć udział współmielenia biomasy w postaci pyłu nawet do 60% udziału masowego. Wstępna niskotemperaturowa karbonizacja biomasy pozwala nie tylko współspalać z węglem dowolny rodzaj biomasy w kotle, lecz również pozwala znacznie zwiększyć udział biomasy w spalanej paliwie bez pogorszenia sprawności termicznej kotła, poprzez wzrost straty niecałkowitego spalania w żużlu i w lotnym popiele.



Rys.1. Schemat instalacji do niskotemperaturowej karbonizacji biomasy współspalanej z węglem.

1-komora kotła, 2-obrotowa komora suszenia i karbonizacji, 3-zasobnik biomasy, 4-podajnik ślimakowy biomasy, 5-zasobnik węgla, 6-mieszalnik spalin zimnych i gorących, 7-kanał odbioru produktów karbonizacji, 8-zasobnik karbonizatu, 9-podajnik ślimakowy karbonizatu, 10-zasilanie wodą chłodzącą, 11-młyn węglowy, 12-palnik pyłowy, 13-kanał spalin gorących, 14-zbiornik wody chłodzącej, 15-kanał spalin chłodnych.



## Literatura

- [1] Karcz H.: Najnowsze osiągnięcia z zakresu OZE z przedstawieniem barier we wdrażaniu wyników badań do praktyki gospodarczej oraz sugestiami ich rozwiązań. Wydawnictwo Feniks. Koszalin 2012, s. 41-60.
- [2] Karcz H., Folga K., Kantorek M., Dziugan P., Wierzbicki K.: Czy spalanie odpadów komunalnych w kotłach rusztowych jest właściwe? Instal 2011, Nr 10, s. 24-30.
- [3] Karcz H., Modliński Zb., Kantorek M., Butmankiewicz T., Grabowicz M., Szczepaniak St.: Biomasa pochodząca z odpadów pełnowartościowym paliwem dla kotłów energetycznych. Energetyka 2010, Nr 6, s. 313-320.
- [4] Karcz H., Butmankiewicz T.: Sposób przygotowania i spalania biomasy i odpadów biodegradowalnych lub niebiodegradowalnych oraz urządzenie do realizacji tego sposobu. Zgłoszenie Patentowe P399585 z dnia 2013.06.20.
- [5] Karcz H., Butmankiewicz T., Kantorek M., Dziugan P., Wierzbicki K.: Fizykochemiczne i kinetyczne własności podstawowych odmian morfologicznych odpadów komunalnych. Archiwum Spalania 2012, Vol. 12 Nr 1-2, s. 1-30.
- [6] Karcz H., Szczepaniak St., Kantorek M., Dziugan P., Wierzbicki K.: Opalanie paliwami odpadowymi kotłów energetycznych. Ekologia i Technika, 2013, Nr 2 (123), s. 62-77.

## 7. Wnioski

1. Struktura bazy paliwowej Polski, stawia kraj w niekorzystnej pozycji w stosunku do proponowanych przez U.E. ograniczeń emisji CO<sub>2</sub>. Sformułowanie właściwej polityki energetycznej stanowi trudne zadanie dla Rządu który musi przyjąć politykę nie tylko skuteczną lecz również realistyczną pod względem finansowym i jasno wskazać podmioty kompetentne do jej wdrożenia i realizacji.
2. Baza paliwowa kraju dla wielkiej energetyki może być znacznie powiększona o biomasę pochodzącą z biodegradowalnych odpadów komunalnych poddaną jednak na wstępie, oprócz procesowi segregacji, procesowi niskotemperaturowej obróbki termicznej w wyniku którego substancja odpadów straci własności klejącej, aglomeracji, skłonności do samozapłonów i zmieni własności fizyczne (elastyczność na kruchość).
3. Bezpośrednio utylizacja termiczna substancji biodegradowalnych odpadów może być realizowana ze stuprocentową skutecznością ekologiczną i termiczną, zapewniającą brak powstania odpadów koniecznych do dalszego składowania, jedynie wówczas gdy zastosowana technologia uwzględni różnice we własnościach fizykochemicznych i kinetycznych substancji organicznej i nieorganicznej poszczególnych składników morfologicznych, tworzących nierozdzieloną fizycznie strukturę odpadów, a przy ich mieszaninie zapewni rozdzielone w czasie i w przestrzeni procesy suszenia, termicznego rozkładu i spalania gazów pirolitycznych oraz karbonizatu.

4. Pirolityczno-fluidalna technologia termicznej utylizacji jako jedyna technologia uwzględni praktycznie wszystkie różnice fizykochemiczne i kinetyczne jakie występują pomiędzy poszczególnymi składnikami morfologicznymi odpadów, co daje możliwość utylizacji odpadów bez emisji substancji szkodliwych dla otoczenia, bez konieczności składowania powstałych odpadów stałych (żużli i popiołów).
5. Proces współspalania biodegradowalnych odpadów z węglem w pyłowych kotłach energetycznych jest skuteczny termicznie tylko wówczas gdy biomasa zostanie poddana niskotemperaturowej karbonizacji. Wstępnie karbonizowana biomasa może być wówczas kierowana do procesu przemiału łącznie z węglem w młynie węglowym, a uzyskany pył węglowo-biomasowy spalany w tym samym palniku pyłowym w komorze spalania kotła energetycznego. Uzyskany w trakcie przemiału mieszaniny węglowo-biomasowy pył posiada strukturę ziarenek o wymiarach mniejszych od 200µm.
6. Biomasa zostaje poddana procesowi niskotemperaturowej karbonizacji poprzez nagrzew w redukcyjnej atmosferze do temperatury poniżej 550°C. W warunkach niskotemperaturowej szybkościowej pirolizy następuje proces odgazowania substancji organicznej biomasy w wyniku której uzyskuje się gaz pirolityczny i karbonizat posiadający zdolności przemiałowe w młynach stosowanych do przemiału węgla. Aby uzyskać jakikolwiek produkt z biomasy, który może być rozdrobniony podobnie jak węgiel, należy substancję organiczną doprowadzić do termicznego rozkładu.



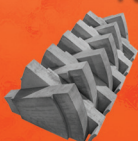
**Instytut Ceramiki  
i Materiałów  
Budowlanych**

## Oddział Materiałów Ogniotrwałych w Gliwicach

### Zakład Doświadczalny

produkcja i sprzedaż materiałów ogniotrwałych

- betony, masy, kleje
- prefabrykaty
- ceramika techniczna
- ceramika spawalnicza
- ceramika laboratoryjna
- inne, na specjalne zamówienie



### Laboratorium Badań Materiałów Ogniotrwałych

- chemia analityczna
- badania ceramiczne
- badania strukturalne, termiczne i termomechaniczne



### Zakład Technologii i Stosowania Materiałów Ogniotrwałych

- badania
- ekspertyzy
- usługi naukowo-techniczne

