

**FUNDACJA EDUKACJI EKOLOGICZNEJ I ZRÓWNOWAŻONEGO  
ROZWOJU ZIELONYCH RP**

90-601 Łódź, ul. Zielona 15

tel./fax. (0-42) 632-31-39

e-mail: [info@zielonirp.org.pl](mailto:info@zielonirp.org.pl)

[www.zielonirp.org.pl](http://www.zielonirp.org.pl)

Współpraca:

**PARTIA ZIELONYCH RZECZYPOSPOLITEJ POLSKIEJ  
STOWARZYSZENIE ZIELONI RZECZYPOSPOLITEJ POLSKIEJ**



# „RATUJMY ŚWIAT”

**W numerze:**

- Wpływ warunków środowiskowych na zachodzące w nim zjawiska.
- Standardy emisyjne, a możliwości bazy paliwowej i technologiczne energetyki polskiej.
- Przyczyny obecności koksiku w żużlu i lotnym popiele w kotłach energetycznych.
- Czy nikiel szkodzi czy wskazuje na zmiany zachodzące w organizmie, w następstwie których dochodzić może do patologii?
- Sposób przygotowania biomasy i odpadów biodegradowalnych do spalania w energetycznych kotłach pyłowych.
- Elektrociepłownia opalana odpadami biodegradowalnymi w instalacji typu „K”.

**KWARTALNIK**

Biuletyn do użytku wewnętrznego – bezpłatny

**nr 4-6/2013**

kwiecień - czerwiec

• **Wpływ warunków środowiskowych na zachodzące w nim zjawiska.**

Dotychczasowe badania naukowe opisują (charakteryzują) możliwość przebiegu danego zjawiska, lecz niekoniecznie określają warunki, w jakich reakcja może mieć zmienną intensywność. Moim zdaniem można by domniemać, iż na każdym z poziomów badań naukowych molekularnym, komórkowym, tkankowym, ogólnoustrojowym czy środowiskowym nie jest to tylko jeden czynnik, lecz wypadkowa szeregu okoliczności. Jak się one zachowują w całej homeostazie przeprowadzanego doświadczenia u znacznej części ludzi w zależności od rasy? Bo jak zinterpretować to w przypadku powstawania nowotworów, gdy w otaczającym środowisku występuje zwiększona ekspozycja określonej substancji, która jak domniemam może oddziaływać na cały organizm a my po czasie obserwujemy pojawienie się jedynie pojedynczego guza. Oznacza to, a ekspozycja określonym czynnikiem działała na liczne komórki, a zmiany pojawiły się w jednej komórce określonego narządu. Dlaczego? Czy wskazuje to, że system naprawczy jednej z komórek (tkanek) był nieprawidłowy lub stan rozwojowy tejże komórki był w niekorzystnej fazie rozwoju a być może nie bez znaczenia miał wpływ zmian w proporcjach między mikroelementami lub składowymi wiązań chemicznych toksycznych związków? Takich pytań można stawiać dużo.

W życiu codziennym spotykamy się z wieloma niewyjaśnionymi, niezrozumiałymi zjawiskami, chciałbym chociażby przypomnieć przypadek byłego prezydenta Ukrainy Wiktor Juszczenko, u którego w grudniu 2004 wiedeńscy lekarze potwierdzili dioksynowe zatrucie i stwierdzili ponad wszelką wątpliwość, że ich stężenie w organizmie Wiktora Juszczenki przekracza tysiąc razy zwyczajną wartość. Wiktor Juszczenko nie umarł, natomiast na skórze jego twarzy pojawiły się brzydkie, trudne do wyleczenia

zmiany. Zadaję, więc pytanie, co spowodowało, jakie czynniki wpłynęły na taki a nie inny przebieg zatrucia? Podobna sytuacja miała miejsce w odniesieniu do Aleksandra Litwinienko, któremu w herbacie podano słabo radioaktywny, ale silnie toksyczny izotop polonu 210, w tym przypadku śmierć nastąpiła po kilku dniach. W życiu codziennym spotykamy się z problemem alkoholizmu, dla którego dla przeciętnego człowieka dawka LD<sub>50</sub> (śmiertelna) według Wikipedii to około 3‰, 4-5‰ a jak można uzasadnić fakt rekordowej zawartości alkoholu w organizmie 45-letniego mężczyzny z Makowa-Kolonii, który przeżył przy 12, 3 promila oraz 22, 3 promila alkoholu we krwi kierowcy, który pod koniec maja 2012 w Dobrołęce doprowadził do śmiertelnego wypadku prowadząc samochód?.

Efekt transformacji nowotworowej dla komórek SHE dla niklu w hodowli komórkowej to 0,5%, dla benzopirenu 0, 6%, ale gdy obie substancje znajdują się w tej samej dawce w badanym układzie to czynnik wynosi 10,7%. Powyższe może sugerować, że przy mniejszych stężeniach obu substancji w sprzyjających warunkach możemy otrzymać ten sam wynik. Dokładne wyjaśnienie problemu zmęczenia może być trudnym zadaniem, gdyż może to być zmęczenie fizyczne lub zmęczenie psychiczne, (na które nie bez znaczenia ma wpływ stres), a niekiedy oba te rodzaje zmęczenia występujące równocześnie. Zatem jak ustalić, fakt, w jaki sposób wpłyną one na cały organizm np.: przy zmiennym przebiegu nerwu układu neurovegetatywnego w określonej okolicy, którego funkcje mogą być zakłócone zmianami zwyrodnieniowymi kręgosłupa, czy można to wiązać z dysfunkcją komórek narządu lub organizmu na naczynia krwionośne zaopatrujące określony obszar?. Czy istnieją formy pośrednie, jeżeli tak to, w jakim obszarze, jak przedstawia się to w przypadku pacjentów, u których stwierdzono dermografizm oraz dermografizm biały?. Sądzę, że ten fakt może być nie bez znaczenia w

okolicznościach pojawiania się objawów chorobowych. Jedynie naukowe podejście do tego problemu może przybliżyć odpowiedź na stawiane pytanie. Fakt ten może mieć ogromne znaczenie w wyjaśnieniu patomechanizmu wysiewu zmian łuszczyca w tych samych miejscach lub wyprysku skóry - ale jak to wówczas sprawdzić, jak udowodnić?!

W jaki sposób ocenić zmęczenie w przypadku sygnalizowanym przez pacjenta, którego dotknął stres a jednocześnie ciężko pracował? Jak to wówczas zbadać jak pomóc temu choremu? Brak oceny tego zjawiska powoduje, że bardzo często, jako lekarze leczymy objawy chorobowe zgłaszane przez pacjenta, badając krew, która nie wykazuje istotnych odchyleń, podejmujemy decyzję o wykonaniu określonego zabiegu, (ponieważ musimy wykonać limit przyznany NFZ), a okazuje się, że można było tego uniknąć, (ale wtedy nie wykonamy planu). Podczas studiów uczyłem się o roli układu neurovegetatywnego, jego wpływ na funkcjonowanie organizmu, niestety obecnie w leczeniu chorób skóry nie uwzględnia się go. Faktem jest, że pacjenci często lecząc się sami, chodzą do różnych specjalistów zgłaszając jeden objaw, zapominając o współistniejących, nie wspominając także o zażywanych lekach. Niekiedy tacy pacjenci polykają dziennie do 20 różnych leków, a jak w takim środowisku one działają, czy nie następuje **interakcja**?!. Innym przykładem jest fakt wspaniałej prosperity przemysłu kosmetycznego i całego systemu roli składowych preparatów na skórę, ale dotychczas nikt nie wie jak wszystkie składowe oddziałują na komórki naskórka lub dlaczego tylko jeden przez naskórek przechodzi, a inne nie. Zadając pytania uczonym jak substancje przechodzą jeden powiedział, że przez naskórek wszystko przechodzi, drugi, że nic, u niektórych osób pojawiają się niepożądane objawy, dlaczego? Czy substancja przechodzi przez naskórek a gdy nic nie przechodzi, to jak zinterpretować korzystne

działanie preparatów kosmetycznych? Czy mówimy wówczas o tylko o działaniu na psychikę kobiet, czy może to być działanie na receptory układu neurovegetatywnego lub nerwowego, który oddziałuje na drobne naczynia krwionośne zaopatrujące skórę, a następnie naskórek? Wiadomo, bowiem, że lepsze ukrwienie powoduje przyspieszenie wzrostu naskórka, ponadto zaburzenie układu neurovegetatywnego jest odpowiedzialne za stan naczyń lub gruczołów, a to w konsekwencji może tłumaczyć wystąpienie w symetrycznych zmian wypryskowych na kończynach górnych i dolnych.

Zbigniew Karas

### • Standardy emisyjne, a możliwości bazy paliwowej i technologiczne energetyki polskiej.

#### *1. Wstęp.*

Zagadnienia związane z energetyką i zmianami klimatycznymi stały się ostatnio jedną z ważnych kwestii w podejmowanych debatach politycznych i naukowych. Unia Europejska stała 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 potocznie „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 zbliża 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. 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 chemicznie 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 pirolityczny 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 właściwościach fizykochemicznych i kinetycznych oraz o różnych kierunkach przemian fazowych jakie przechodzi substancja mineralna w trakcie wysokotemperaturowego procesu utleniania. Różnice w tych właściwościach 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 trakcie odgazowania, bardzo silny wpływ wywiera substancja wyjściowa danej odmiany alotropowej odpadów. Powstałe w wyniku odgazowania struktury fizykochemiczne kokсів z poszczególnych rodzajów odpadów, różnią się między sobą szybkością i temperaturą spalania. Dla takich samych masowo ziaren kokсів 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 właściwości fizyczne i chemiczne substancji mineralnej poszczególnych odmian odpadów.

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 właściwościami fizykochemicznymi i kinetycznymi, substancji palnych i zmienność substancji mineralnej poszczególnych odmian alotropowych, które wchodzą 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 niezupełnego spalania, sprawność termiczna rusztowych urządzeń kotłowych spalających mieszaninę odpadów jakimi są odpady komunalne jest często spotykana na poziomie 50-60%. Częste awarie złoża fluidalnego powstałe 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 wityfikacji popiołu. Powstały w atmosferze wysokotemperaturowej plazmy gaz syntezowy stanowi cenny surowiec energetyczny, a wityfikowana 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 żużła (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 żużłowy 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  $\text{NO}_x$ , a proces spalania

karbonizatu w złożu fluidalnym przebiega w strefie temperatur niższych od temperatury topnienia popiołu. [1]

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.

#### *Literatura*

[1] 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.

dr inż. Karcz Henryk

Zakład Kotłów i Turbin Wydział Mech.-Energ.

mgr inż. Komorowski Wojciech

Łęcki Piotr

Energetyczny Recykling Odpadów Sp. z o.o. Główno

inż. Jerzy Arent Biegły Ministra Środowiska

### • **Przyczyny obecności koksiku w żużlu i lotnym popiele w kotłach energetycznych.**

#### *1. Wstęp.*

Dążeniem wielkich wytwórców energii elektrycznej i cieplnej 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 jednostek energetycznych parametr ten może być w bardzo istotny sposób obniżony [1÷2].

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. [3]

### *2. Mechanizm powstawania straty niecałkowitego spalania.*

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 mięknięcia 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 źdźbła 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 źdźbła 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<sub>2</sub>), 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 niepełnego (S<sub>g</sub>) i niecałkowitego spalania (S<sub>n</sub>).

Strata niepełnego spalania w gazach palnych może stanowić stratę kotła 0,2÷0,3% a strata niecałkowitego spalania w lotnym koksiku w zależności od udziału spalanej biomasy może stanowić stratę kotła sięgającą nawet 1÷2%. Straty te odnoszące się do globalnej sprawności termicznej kotła i 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 CO<sub>2</sub>, 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 miążdzeniu. Z młyna węglowego wychodzą nie ziarna (pył) biomasy, lecz „żdźbła” 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 żdźbła pochodzące z drewna nie są oddzielone jako „nadziarno”. Zjawisko to wynika z faktu, że w stanie suchym, gęstość pozorna drewna może być nawet 3÷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 wypalenia się. Często w niesprzyjających warunkach ulegają wygaszeniu i w postaci karbonizatu opadają do leja żuźlowego.

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 żużla 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 przed to obniżenie ogólnej sprawności kotła nawet o 1-2%. Największą jednak stratą jest strata niecałkowitego spalania w żużlu i lotnym popiele. Strata koksiku w żużlu 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 żużlu i lotnym popiele jest jeszcze bardziej dotkliwa, gdy zostaje odniesiona tylko do odnawialnych źródeł energii z których w zdecydowanej części pochodzi.

Strata niecałkowitego spalania koksiku w żużlu 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 własności 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 milimetrowych 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 żużlowego, stanowiąc niedopał w żużlu. Natomiast mniejsze ziarna biomasy po odgazowaniu, z uwagi na znaczną siłę wyporu unoszone są ze spalinami z komory kotła, stanowiąc niedopał w postaci lotnego koksiku w lotnym popiele. Ilość współspalanej biomasy w kotłach pyłowych jest więc głównie limitowana przez zawartość karbonizatu w żużlu 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.

#### *Literatura*

[1] 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.

[2] Karcz H., Szczepaniak St., Kantorek M., Dziugan P., Wierzbiński K.: Opalanie paliwami odpadowymi kotłów energetycznych. *Ekologia i Technika*, 2013, Nr 2 (123), s. 62-77.

[3] Karcz H., Butmankiewicz T., Kantorek M., Dziugan P., Wierzbiński K.: Fizykochemiczne i kinetyczne własności podstawowych odmian morfologicznych odpadów komunalnych. *Archiwum Spalania* 2012, Vol. 12 Nr 1-2, s. 1-30.

dr inż. Karcz Henryk  
Zakład Kotłów i Turbin Wydział Mech.-Energ.  
mgr inż. Grabowicz Michał  
Energetyczny Recykling Odpadów Sp. z o.o. Główno

• **Czy nikiel szkodzi czy wskazuje na zmiany zachodzące w organizmie, w następstwie, których dochodzi może do patologii?**

Prowadząc badania z na grupie kobiet z nadwrażliwością na nikiel musiałem poznać czy w warunkach środowiskowych dochodzi do wzrostu zawartości tego metalu czy nie, jakie może być narażenie osób na ten pierwiastek!?. Na co zwracać uwagę, czego unikać by zmiany na skórze się nie pojawiały!?. Wcześniej przedstawiane prace przedstawiały możliwość występowania zwiększonej jego zawartości w środowisku, ale ze względu na dużą mobilność niklu w środowisku badania można było tak prowadzić, by wykazać lub wykluczyć jego obecność.

W klinikach i szpitalach wojewódzkich nie prowadzi się takich oznaczeń dla społeczeństwa, więc sprawa jest bezprzedmiotowa. Sądzę, że tak niekiedy może być, gdyż dodatni test płatkowy z niklem nie oznacza choroby tylko wskazuje, że kontakt z przedmiotami zawierającymi tą składową przy określonych cechach jego uwalniania z nich) może wywołać objawy chorobowe u części społeczeństwa. Obserwowane zwiększonych zawartości niklu w surowicy u części pacjentów nasuwa pytanie jak metabolizowany jest ten metal w organizmie, i czy może wywołać

zaburzenia objawiające się wadami genetycznymi, i powodując występowanie wad rozwojowych, niekiedy nowotworów u ludzi w tym także u dzieci. Badając nikiel w surowicy nie widzimy jego podwyższonego poziomu, jednocześnie nie zauważamy, że układ naprawczy organizmu, może przez dłuższy czas stymulować, do większej ekspresji, komórkę z zaistniałym defektem. Zmiana środowiska w tkance, w komórce po czasie może być związana między innymi. ze sposobem odżywiania, z podaną zwiększoną dawką określonego związku, w konsekwencji czynniki te mogą zaburzać regulację systemu naprawczego układu genetycznego powodując niekiedy tylko jednostkowy wzrost nowotworu.

Powstaje kolejne pytanie, jeżeli obecne są zmiany chorobowe na skórze, a pacjentka maksymalnie unika kontaktu z niklem, to, co powoduje ich powstanie.? Bardzo często zmiany te pojawiają się są symetrycznie na dłoniach, stopach, w zgięciach łokciowych i podkolanowych. Sądzę, iż wynik testu płatkowy nie może jednoznacznie wskazać na przyczynę wystąpienie objawów chorobowych (może być dodatni a objawów skórnych nie będzie) wówczas możemy mówić, iż jest to cecha organizmu. Obserwowane wówczas zmiany skórne mogą być wywołane innymi przyczynami niż otrzymany wynik testu. Analizując przedstawiane przypadki atopowego zapalenie skóry wykazywano, iż u 50% osób badanych IgE nie jest podwyższone i brak jest eozynofilii przy występowaniu typowych zmian chorobowych w tych samych miejscach. To w takich przypadkach jesteście państwo odpowiedzieć na pytanie, jaki mechanizmu ich wystąpienie należy brać pod uwagę. Sądzę, że w tym przypadku wielką rolę odgrywa również układ nerwovegetatywny, (wspomina się o nim na zajęciach z anatomii - niestety) w klinice nie uwzględnia się jego roli, a można by rzec, iż jest to temat tabu. Moim zdaniem dokładne badania układu nerwovegetatywnego oraz poznanie roli,

jaką może odgrywać w chorobach skóry mogłoby zmieniać dotychczasowe spojrzenie na wzajemną zależność pomiędzy chorobami skóry a układem nerwowegetatywny, tym samym niejednokrotnie podważyć dotychczasowe wnioski pojawiające się w publikowanych pracach

Lekarze nie powinni zapominać o tym, iż należy efektywnie leczyć, Kodeks Etyki Lekarskiej Art. 6 mówi, iż „lekarz ma swobodę wyboru w zakresie postępowania, które uzna za najskuteczniejsze. Powinien jednak ograniczyć czynności medyczne do rzeczywiście potrzebnych choremu zgodnie z aktualnym stanem wiedzy”

Zatem zanim podejmiemy leczenie powinniśmy tak dobrać leki by po pewnym czasie zaobserwować poprawę a nie pogorszenie (eliminując całkowicie te leki, które budzą nasze wątpliwości a po pewnym czasie są wycofywane z powodu działania ubocznego - szkodliwego)

Pojawia się pytanie, jakiej grupie pacjentów zaaplikowano takie preparaty, jaki wpływ na ich działanie miały warunki środowiskowe, co tak znacząco wpłynęło na działanie danego preparatu, że należało wykluczyć go z lecznictwa!?

Budzą się następne wątpliwości, czy może dana Firma zbyt długo egzystuje na rynku, czy z racji chociażby niskiej ceny, nie jest monopolistą na rynku farmaceutycznym, który nie dopuszcza inne leki produkowane przez konkurencyjne Firmy a które te mogą okazać się mniej inwazyjne? Może należy rozważyć ewentualność, gdy lek nie sprawdza się, nie uzyskujemy pożądanego efektu terapeutycznego - pomimo trudności proceduralnych - starać się wprowadzić inny lek o takim samym spektrum działania?. Zanim jednak to zrobimy, zanim zaakceptujemy dany lek należałoby go dokładnie zbadać, nie sugerując się jedynie niskimi kosztami leczenia pamiętając, że efekty leczenia, skutki aplikowania złych leków widoczne są bardzo często w długich odstępach czasu.

Być może należałoby dokładniej badać, przy jakich ściśle wyznaczonych pH mogą

powstawać określone związki, jak długo mogą się one utrzymywać w organizmie a tym samym oddziaływać pozytywnie lub negatywnie na organizm.

Przykładem jest tytoń, którym stwierdzono ponad 4 tysiące związków szkodliwych, ale czy nikotyna szkodzi tylko palaczowi a to, że chorują ludzie niepalący przebywający w otoczeniu osób palących, to czy winić, palacza czy osobę niepalącą, która zmuszona jest przebywać w tym samym pomieszczeniu.

Humorystycznie traktując problem można powiedzieć, dlaczego oddychał tam gdzie ktoś pali!!!

Zbigniew Karas

inż. Jerzy Arent Biegły Ministra Środowiska

### • Sposób przygotowania biomasy i odpadów biodegradowalnych do spalania w energetycznych kotłach pyłowych.

#### 1. Wstęp.

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.

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.

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 niepełnego (S<sub>g</sub>) i niecałkowitego spalania (S<sub>n</sub>).

Strata niepełnego spalania w gazach palnych może stanowić stratę kotła 0,2÷0,3% a strata niecałkowitego spalania w lotnym koksiku w zależności od udziału spalanej biomasy może stanowić stratę kotła sięgającą nawet 1÷2%. Straty te odnoszące się do globalnej sprawności termicznej kotła i 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.

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

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 żuźlowego.

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.

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 spalinę 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.

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 przed 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%.

Strata niecałkowitego spalania koksiku w żuźlu i lotnym popiele jest jeszcze bardziej dotkliwa, gdy zostaje odniesiona tylko do odnawialnych źródeł 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 własności przemiałowych.

W wyniku zgniatania podawanej do przemiału biomasy, z młyna węglowego zostają podawane do pyłoprzewodów żdźbła i fragmenty o rozmiarach milimetrych a nie ziarna o rozmiarach mikronowych.

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.

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

Stale 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.

### *3. Co decyduje o możliwościach wykorzystania produktów spalania powstałych w kotłach energetycznych?*

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 pogrąży energetykę opartą na spalaniu węgla w Unii Europejskiej. Skutki tego najbardziej odczuje nasz kraj.

Można oszacować, że koszty zagospodarowania popiołów mogą wzrosnąć 10-cio a nawet 15-to krotnie. Oznacza to dla polskich przedsiębiorstw energetycznych dodatkowe koszty liczone w miliardach złotych rocznie. Przy tym nie potrafimy dzisiaj określić, czy odejście od dotychczasowych metod zagospodarowania popiołów i zużli na rzecz ich lokowania na składowiskach odpadów niebezpiecznych czy też zobojętnionych 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 skutek 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.

*4.Sposób poprawy własności przemiałowych biomasy i odpadów biodegradowalnych.*

Sposób przygotowania i spalania organicznej w kotle energetycznym opalany 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 własności 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 przemieleniu 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 zużlu i w lotnym popiele praktycznie obniża się do zera. Biomasa może być spalana samodzielnie bez udziału pyłu węglowego w palniku pyłowym

usytuowanym nad palnikiem 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  $\text{NO}_x$  w spalinach wylotowych z komory spalania kotła energetycznego. Korzystnie wyżej wymienione gazy wprowadza się do komory spalania kotła energetycznego ponad płomieniem palników pyłowych.

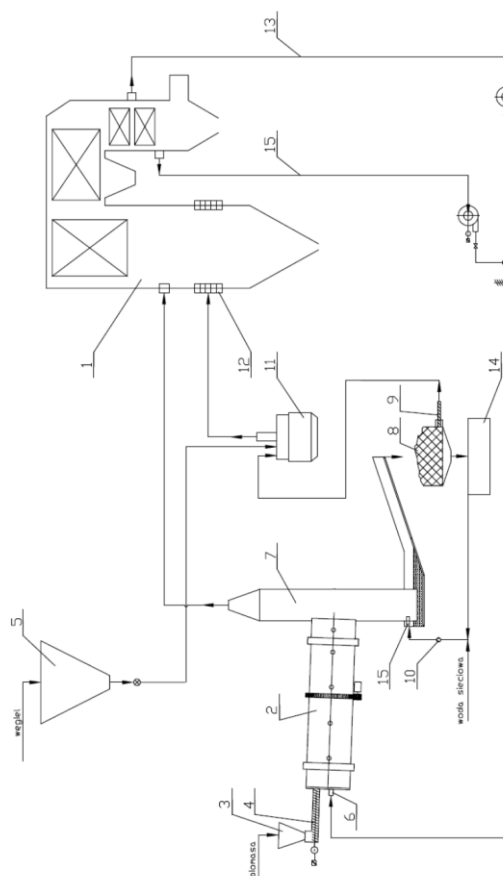
Schemat instalacji do niskotemperaturowej karbonizacji biomasy przedstawiony jest na rys.1. Instalacja jest chroniona Zgłoszeniem Patentowym [1-2].

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 spalonym paliwie bez pogorszenia sprawności termicznej kotła, poprzez wzrost straty niecałkowitego spalania w żużlu i w lotnym popiele.

### 5. Wnioski.

1. 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  $200\mu\text{m}$ .

2. Biomasa zostaje poddana procesowi niskotemperaturowej karbonizacji poprzez nagrzew w redukcyjnej atmosferze do temperatury poniżej  $550^\circ\text{C}$ . W warunkach niskotemperaturowej szybkościowej pirolizy następuje proces odgazowania substancji organicznej biomasy się w wyniku której uzyskuje 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.



rys. 1

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-kanal spalin gorących, 14-zbiornik wody chłodzącej, 15-kanal spalin chłodnych.

#### Literatura

[1] 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.

[2] 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.

dr inż. Karcz Henryk

Zakład Kotłów i Turbin Wydział Mech.-Energ.

Politechniki Wrocławskiej

mgr inż. Butmankiewicz Tomasz

Energetyczny Recykling Odpadów Sp. z o.o. Głowno

inż. Jerzy Arent Biegły Ministra Środowiska

#### • Elektrociepłownia opalana odpadami biodegradowalnymi w instalacji typu „K”.

*Instalacja do termicznego przekształcania odpadów biodegradowalnych w kogeneracji metodą „K”.*

Wychodząc naprzeciw stawianym przed Polską i pozostałym krajami Wspólnoty Europejskiej zadaniom redukcji składowania odpadów ulegających biodegradacji oraz wzrostu energii elektrycznej z odnawialnych źródeł energii (OZE), ERO Sp. z o.o. proponuje zastosowanie nowatorskiej instalacji termicznego przekształcania odpadów biodegradowalnych metodą typu „K”, w której biodegradowalna część odpadów komunalnych, poddana zostanie energetycznemu recyklingowi w elektrociepłowni pracującej w układzie kogeneracji parowej lub w układzie hybrydowym parowo-olejowym z generatorem ORC, pracującym w skojarzeniu.

Elektrociepłownia opalana formowanymi alternatywnymi paliwami energetycznymi

(FAPE), zgodnie z technologią typu „K”, charakteryzuje się bardzo wysoką niezawodnością eksploatacyjną, optymalną, wysoką sprawnością termicznego przekształcania energii chemicznej paliwa w użytkową energię elektryczną, ciepłą i chłód oraz niską emisją substancji szkodliwych do otoczenia jak również brakiem selektywności spalanej biomasy i odpadów.

Ograniczenie emisji substancji szkodliwych do otoczenia zarówno po stronie gazowej jak i stałej i ciekłej metodami „pierwotnymi” w procesie spalania, stawia technologie typu „K” w gronie najbardziej nowatorskich i optymalnych pod względem sprawności termicznej i ekologicznej technologii termicznego recyklingu biomasy i odpadów w skali światowej.

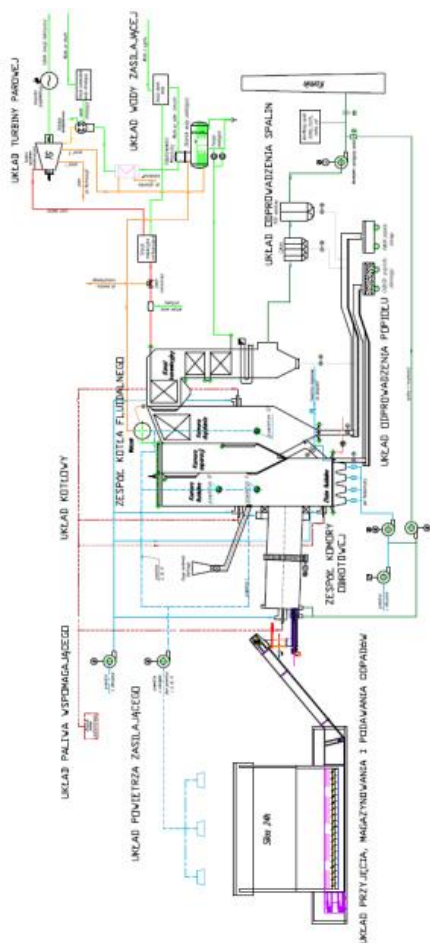
Proponowana instalacja do termicznego przekształcania odpadów biodegradowalnych metodą typu „K” została opracowana na podstawie wcześniejszych, wieloletnich doświadczeń zdobytych przy realizacji takich inwestycji jak:

- Instalacja do utylizacji mięsno-kostnej w STRUGA S.A. w Jezuickiej Strudze o mocy cieplnej 7MW,
- Instalacja do utylizacji odpadów mięsnych, komunalnych, osadów ściekowych oraz biomasy rolniczej i leśnej w P.P. „POLUTIL” w Ostrowitem o mocy cieplnej 12MW,
- Instalacja do utylizacji mączki mięsno-kostnej i odpadów zwierzęcych w STRUGA S.A. w Jezuickiej Strudze o mocy elektrycznej 4,2MW oraz mocy cieplnej 13MW,
- Instalacja do utylizacji tłuszczu zwierzęcego w Z.M. VIANDO w Radojewicach o mocy cieplnej 2MW,
- Instalacja do spalania biomasy pochodzenia leśnego i rolniczego oraz osadów pościelowych w przedpalenisku kotła OP-150 o mocy 40MW w Elektrowni Stalowa Wola.

Instalacja termicznego przekształcania odpadów biodegradowalnych metodą „K” umożliwi spalanie:

- biodegradowalnych odpadów komunalnych,
- osadów ściekowych,
- mięsnych i kostnych odpadów zwierzęcych i rybnych,
- mączki mięsno-kostnej,
- wszelkiego rodzaju produktów i odpadów bio-agro,
- biomasy pochodzenia leśnego i rolniczego,
- odpadów poszpitalnych.

Cechą charakterystyczną instalacji typu „K” jest możliwość stosowania jako wsadu substancji o dużej wilgotności (powyżej 50%) oraz dużej zawartości popiołu, która może mieć konsystencję zarówno ciała stałego, jak również substancji mazistej, mułu czy też pulpy. Możliwość taką zapewnia zastosowanie w procesie termicznego przekształcania etapu suszenia i odgazowania wsadu biodegradowalnego.



Rys. 1. Schemat konwencjonalnej instalacji do termicznego przekształcania odpadów biodegradowalnych w kogeneracji metodą „K”.

Układ kotłowy.

Zasadniczym elementem proponowanej przez ERO instalacji do termicznego przekształcania odpadów biodegradowalnych metodą „K” jest układ kotłowy, w którym następują w sposób ciągły, proces suszenia i odgazowywania odpadów, a następnie proces spalania powstałego gazu pirolitycznego oraz karbonizatu, zapewniając tym samym maksymalne wykorzystanie energii chemicznej zawartej w dostarczonym paliwie.



Rys.2. Płyta czołowa komory obrotowej.

W obrotowej komorze suszenia i zgazowania (rys. 2÷4) realizowany jest proces suszenia, gazyfikacji oraz częściowej neutralizacji siarki i chloru przy pomocy rozdrobnionego węgla wapnia. Proces w zależności od stopnia zawilgocenia i zawartości popiołu w przekształcanych odpadach po termicznym zainicjowaniu przebiega autotermicznie w atmosferze redukcyjnej, podtrzymywany przez wysokoenergetyczne źródło energii cieplnej. Produkty gazyfikacji z komory obrotowej przepływają do komory fluidalnej (rys. 5÷6), gdzie mieszają się z powietrzem „pierwotnym”. W płycie czołowej znajduje się również palnik olejowy lub gazowy inicjujący i

podtrzymujący proces suszenia i odgazowania. (rys. 2)

Zespół kotła fluidalnego jest konstrukcją złożoną, składającą się z komory fluidalnej, komory separacji, komory dopalania oraz ciągu konwekcyjnego. Dno komory fluidalnej zamknięte jest od dołu rusztem fluidalnym z dyszami oraz komorami dostarczającymi gaz fluidalny.



Rys.3. Komora obrotowa.



Rys.4. Komora obrotowa- ogólny widok instalacji.

Gaz pirolityczny powstający w komorze obrotowej przepływa do komory fluidalnej. Proces spalania gazów pirolitycznych w komorze spalania jest rozciągnięty na całą wysokość komory fluidalnej poprzez rozdzielanie powietrza niezbędnego do spalania na powietrze „wtórne” i powietrze „trzecie”. Dzięki temu rozdziłowemu powietrza, możliwe stało się ograniczenie temperatury w jądrze płomienia spalających się gazów pirolitycznych do poziomu  $1200^{\circ}\text{C} \div 1300^{\circ}\text{C}$ . Ograniczenie temperaturowe i ograniczenie koncentracji powietrza (cząstek  $\text{N}_2$ ,  $\text{O}_2$ ) w strefie

spalania, pozwala utrzymać proces tworzenia się termicznych  $\text{NO}_x$  na możliwie niskim poziomie. Do spalania gazów pirolitycznych wykorzystywane jest zanieczyszczone powietrze, pobierane z odciągów wentylacyjnych układu rozładunku, przygotowania i podawania wsadu do komory obrotowej, dzięki czemu następuje likwidacja wszelkiego rodzaju przykrych zapachów.



Rys.5. Wyprowadzenie spalin do kotła odzysknicowego.



Rys.6. Komora fluidalna.

Powstały w komorze obrotowej karbonizat i popiół zsypują się do dolnej części komory fluidalnej, gdzie łącznie z doprowadzonym z zewnątrz materiałem inertnym (np. piasek kwarcowy), tworzą złożo fluidalne, którego fluidyzacja następuje w wyniku przepływu gazu fluidyzacyjnego, składającego się ze spalin z recyrkulacji oraz powietrza. Dla uzyskania prawidłowych parametrów pracy złoża fluidalnego w fazie rozruchu kotła uruchamiane są dodatkowo rozruchowe palniki olejowe lub gazowe. W złożu fluidalnym proces spalania karbonizatu przebiega w temperaturach niższych od temperatury mięknięcia popiołu, tj.  $750^{\circ}\text{C} \div 900^{\circ}\text{C}$ . W procesie spalania karbonizatu następuje prawie całkowita neutralizacja siarki, chloru oraz niektórych metali ciężkich do związków obojętnych chemicznie, usuwanych z popiołem. Zawartość części palnych w usuwanym popiele dennym jest mniejsza od 1%. Popiół stanowi pełnowartościowy surowiec budowlany, a w szczególnych przypadkach może stanowić doskonały surowiec do produkcji nawozów sztucznych.

Spaliny na wyjściu z komory fluidalnej są „pierwotnie” oczyszczone z par metali ciężkich i alkalicznych oraz z lotnego popiołu i koksiku, poprzez zastosowanie festonu górnego. Następne oczyszczanie spalin z zanieczyszczeń stałych następuje w komorze separacji oraz na wejściu do komory dopalania, gdzie zastosowano feston dolny. W komorze dopalania, w obecności płomienia paliwa wysokokalorycznego następuje całkowite, katalityczne dopalenie śladowych ilości pirolitycznych gazów palnych oraz lotnego koksiku, dzięki czemu spaliny opuszczające komorę dopalania pozbawione są jakichkolwiek gazów palnych oraz palnych części stałych. Spaliny nie zawierają dioksyn, furanów, wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych (WWA), cząstek sadzy ( $C_{\text{org}}$ ) oraz par metali ciężkich i alkalicznych. Spaliny na wejściu do powierzchni ogrzewalnych kotła mogą zawierać śladowe ilości chlorowodoru, chlorków, tlenków fosforu, potasu itp..

Ograniczenie zawartości substancji szkodliwych dla otoczenia następuje w trakcie procesu spalania poprzez dawkowanie substancji neutralizujących zanieczyszczenia siarkowe chlorowe oraz poprzez stworzenie wielostopniowego procesu spalania gazów pirolitycznych w takim reżimie temperaturowym oraz przy takiej ilości powietrza, przy których powstawanie  $\text{NO}_x$  jest optymalnie minimalne (poniżej  $150\text{mg}/\text{nm}^3$ ).

Spalanie karbonizatu w złożu fluidalnym i wiązanie siarki przez związki wapniowe odbywa się w określonych przedziałach temperaturowych, przy określonej koncentracji tlenu w gazie fluidyzacyjnym, w taki sposób, że zawartość części palnych w usuwanym popiele jest poniżej 1%, a zawartość tlenków siarki na wylocie z czopucha kotła jest mniejsza od  $100\text{mg}/\text{m}^3$ . Odbiór ciepła następuje poprzez ściany szczelne, stanowiące parownik kotła. W ciągu konwekcyjnym kotła montowany jest dwustopniowy przegrzewacz pary, podgrzewacz wody oraz podgrzewacz powietrza. W przypadku zastosowania dodatkowo turbozespołu ORC, w ciągu konwekcyjnym kotła możliwe jest usytuowanie podgrzewacza oleju termalnego.

Kocioł fluidalny podwieszony jest do konstrukcji nośnej kotła za pomocą regulowanych zawieszek, pozwalających na swobodne wydłużanie się kotła do dołu, a jednocześnie umożliwiających wyregulowanie położenia wlotu komory fluidalnej w stosunku do komory obrotowej.

Kompletna instalacja do termicznego przekształcania odpadów biodegradowalnych w kogeneracji metodą „K” wyposażona jest w:

- Układ przyjęcia, magazynowania i podawania odpadów
- Układ paliwa wspomagającego
- Układ powietrza zasilającego
- Układ kondensatu i wody zasilającej
- Układ oczyszczania i odprowadzenia spalin
- Układ odbioru popiołu

- Układ turbiny parowej
- Układy wyprowadzenia mocy ciepłowniczej i elektrycznej
- Układy pomocnicze podawania węglanu wapnia oraz materiału inertnego
- Układ sterowania i AKPiA

W celu zwiększenia sprawności przemiany energii chemicznej zawartej w utylizowanym odpadzie na użytkową energię elektryczną i ciepłą, można zastosować tzw. układ hybrydowy w którym utworzone zostały dwa równoległe układy czynnika roboczego:

- układ wodno – parowy, pracujący w kogeneracji wytwarzającej w turbogeneratorze energię elektryczną i ciepłą
- układ olej termalny – olej silikonowy, pracujący w układzie skojarzonym z turbiną ORC wytwarzający energię elektryczną i ciepłą.

Układ hybrydowy w optymalnym zakresie pracy instalacji posiada sprawność przemiany wyższą o około 5% od układu kogeneracji parowo - wodnej i o około 20% wyższą przy niskich obciążeniach cieplnych instalacji.

#### *Emisje substancji szkodliwych i monitoring.*

Instalacja do termicznego przekształcania odpadów biodegradowalnych w kogeneracji metodą „K” spełnia standardy emisyjne zawarte w dyrektywach UE.

Wytwarzany popiół, jako odpad wtórny, będzie zawierać poniżej 3% węgla organicznego i zostanie wykorzystany dla celów budowlanych.

#### *Porównanie z innymi rozwiązaniami.*

Instalacja termicznego przekształcania odpadów typu „K” jest instalacją spełniającą wymagania wynikające z ustaw, które stanowią podstawy prawne dla wdrożenia dyrektywy IPPC (*Integrated Pollution Prevention and Control*) nr 96/61/WE z 24 września 1996r.

W technologii termicznego przekształcania odpadów metodą „K” uwzględnione zostały następujące „priorytety”:

- w procesie termicznej utylizacji odpadów przy pomocy instalacji „K” zapewniony jest dwustopniowy system spalania odpadów – pierwszym etapem jest proces pirolizy (odgazowania), gdzie rozkład termiczny zachodzi bez dostarczania tlenu, drugim etapem jest dopalanie gazów pirolitycznych w komorze dopalania z nadmiarem tlenu,
- w procesie termicznej utylizacji odpadów metodą „K” spełniony jest warunek utrzymania spalin powstających we właściwym procesie spalania w temperaturze powyżej 850°C przez ponad 2 sekundy,
- proces termicznego przekształcania odpadów przebiega przy termodynamicznych i chemicznych parametrach środowiska reagującego, eliminujących warunki niepożądanych oddziaływań na proces spalania, w wyniku których mogą powstawać substancje szkodliwe dla otoczenia,
- w procesie termicznego przekształcania odpadów zminimalizowany został wpływ zawartej w odpadach siarki, azotu, chloru, sodu, fosforu, potasu, rtęci, ołowiu, cynku, cyny, miedzi i innych metali ciężkich metodami „pierwotnymi” na zawartość powstałych w trakcie spalania tlenków siarki, azotu oraz par metali ciężkich i niektórych związków metali alkalicznych,
- w procesie termicznej utylizacji metodą „K” ograniczone zostało niekorzystne dla żywotności powierzchni ogrzewalnych kotła, oddziaływania związków chloru i siarki oraz osadzanie się na nich kondensujących się par metali ciężkich i metali alkalicznych oraz ich związków z siarką i chlorem, co doprowadziło do zmniejszenia

zabrudzenia powierzchni ogrzewalnych i utrzymania współczynników przejmowania ciepła przez wodę lub parę wodną na początkowym poziomie,

- w procesie termicznej utylizacji metodą „K” metodami „pierwotnymi” ograniczona została ilość wynoszonego z komory spalania lotnego koksiku, który stanowił stratę niecałkowitego spalania, obniżając sprawność termodynamiczną instalacji o kilka procent, poprzez katalityczne dopalanie go w strefie przypłomiennej płomienia olejowego,
- proces termicznej utylizacji odpadów przy pomocy technologii „K” zminimalizował oddziaływanie procesu utylizacji na środowisko poprzez ograniczenie emisji substancji gazowych ( $\text{SO}_2$ ,  $\text{NO}_x$ ,  $\text{CO}$ ,  $\text{HCl}$ ,  $\text{HF}$ ,  $\text{C}_{\text{org}}$ ) do atmosfery, zawartość metali ciężkich i karbonizatu w popiele do gleby, oraz fenoli i innych ciekłych substancji szkodliwych, zawartych w ściekach do gleby.

W odróżnieniu od powszechnie stosowanych technik termicznej utylizacji odpadów, technologia typu „K”, metodami „pierwotnymi”, w bardzo szerokim zakresie substancji szkodliwych dla otoczenia zmniejsza intensywność ich powstawania. Instalacja do termicznej utylizacji odpadów oparta o technologię typu „K” jest najbardziej efektywną, pod względem termicznej przemiany energii chemicznej odpadów w użytkową energię cieplną, oraz pod względem ilości powstających w trakcie spalania substancji szkodliwych dla otoczenia.

Wykorzystanie wytworzonej energii cieplnej w układzie kogeneracji na energię elektryczną i energię cieplną ewentualnie na chłód pozwala uzyskać optymalne efekty ekonomiczne w zakresie gospodarki energią. Utylizacja odpadów pozwala uzyskać dodatkowe efekty ekonomiczne z tytułu likwidacji odpadów, a sprzedaż

produktów utylizacji w postaci popiołów, jako surowca do produkcji materiałów budowlanych zwiększa efekty ekonomiczne w wyniku zastosowania technologii „K”. Dodatkowe efekty ekonomiczne mogą wynikać z tytułu sprzedaży limitów  $\text{CO}_2$ , (spalania biomasy).

dr inż. Henryk Karcz  
mgr inż. Marcin Kantorek  
Zakład Kotłów i Turbin  
Wydział Mech.-Energ. Pol. Wrocławskiej  
mgr inż. Wojciech Komorowski  
Piotr Łęcki  
Energetyczny Recykling Odpadów Sp. z o.o.