



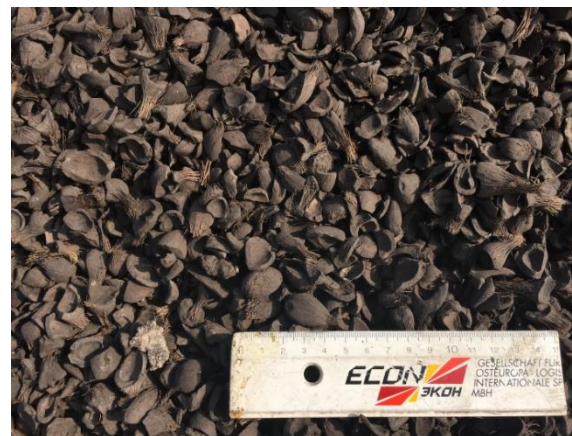
S·Y·S·T·E·M

IMPORTER BIOMASY PKS

# Biomasa PKS w ciepłownictwie i energetyce – paliwo na czas transformacji

*dr hab. inż. Rafał Rajczyk,  
Politechnika Częstochowska*

## Czym jest PKS (palm kernel shell)?



- PKS to twarda, zdrewniała zewnętrzna skorupa nasion palmy oleistej.
- Jest produktem ubocznym.
- PKS składa się głównie z lignocelulozy i jest stosowany jako paliwo w branżach takich jak wytwarzanie energii i produkcja biopaliw od wielu lat.
- Największym producentem jest Indonezja (ok. 12 mln ha upraw palmy).

Źródło rys. po lewej: oprac. własne na podstawie: Alfatah T. et. al.: Advances in oil palm shell fibre reinforced thermoplastic and thermoset polymer composites, Alexandria Engineering Journal 61(6), 2022

### Zastosowanie biomasy PKS w kotłach rusztowych

- Zalety:
- ograniczenie emisji CO<sub>2</sub>,
  - czas na wybór kierunku inwestycji,
  - odbudowa wartości aktywów węglowych poprzez zmianę paliwa

Kontakt:  
tel.: +48 782 222 784  
office@mmbssystem.com

## Badania energetycznego wykorzystania PKS



- Politechnika Częstochowska prowadzi wspólnie z MMB System Sp. z o.o. badania w zakresie wykorzystania PKS od 2014 roku.

- PKS jest dostępnym paliwem, a analiza wielu próbek w tym okresie wykazała, że cechuje się powtarzalnością parametrów i ustabilizowanym składem chemicznym.

- PKS okazał się bezproblemowym paliwem dla technologii spalania fluidalnego i rusztowego.

### Zastosowanie biomasy PKS w kotłach rusztowych

- Zalety:
- ograniczenie emisji CO<sub>2</sub>,
  - czas na wybór kierunku inwestycji,
  - odbudowa wartości aktywów węglowych poprzez zmianę paliwa

Kontakt:  
tel.: +48 782 222 784  
office@mmbssystem.com

## Własności paliwa PKS

### Analiza techniczna

| Parametr          | Jednostka         | Wartość |
|-------------------|-------------------|---------|
| Wartość opałowa   | MJ/kg             | 15,5    |
| Zawartość wilgoci | % <sub>mas.</sub> | 10,0    |
| Zawartość popiołu | % <sub>mas.</sub> | 3,3     |
| Ciężar nasypowy   | kg/m <sup>3</sup> | ~700,0  |



### Analiza elementarna

| Parametr                     | Jednostka         | Wartość |
|------------------------------|-------------------|---------|
| Zawartość węgla              | % <sub>mas.</sub> | 52,268  |
| Zawartość wodoru             | % <sub>mas.</sub> | 6,495   |
| Zawartość siarki             | % <sub>mas.</sub> | 0,021   |
| Zawartość azotu              | % <sub>mas.</sub> | 0,351   |
| Zawartość tlenu <sup>1</sup> | % <sub>mas.</sub> | 40,722  |
| Zawartość chloru             | % <sub>mas.</sub> | 0,031   |
| Zawartość fluoru             | % <sub>mas.</sub> | 0,001   |
| Zawartość potasu             | % <sub>mas.</sub> | 0,103   |
| Zawartość sodu               | % <sub>mas.</sub> | 0,008   |

<sup>1</sup> wyznaczono z bilansu

### Zastosowanie biomasy PKS w kotłach rusztowych

- Zalety:
- ograniczenie emisji CO<sub>2</sub>,
  - czas na wybór kierunku inwestycji,
  - odbudowa wartości aktywów węglowych poprzez zmianę paliwa

Kontakt:  
 tel.: +48 782 222 784  
 office@mmbssystem.com



## Własności paliwa PKS

### Charakterystyczne temperatury popiołu

| Parametr               | Jednostka | Wartość |
|------------------------|-----------|---------|
| Temperatura spiekania  | °C        | 870     |
| Temperatura mięknięcia | °C        | 1000    |
| Temperatura topnienia  | °C        | 1330    |
| Temperatura płynięcia  | °C        | 1400    |

Charakterystyczne temperatury popiołu otrzymanego z PKS są wysokie, co nie jest zaskoczeniem, biorąc pod uwagę niskie zawartości pierwiastków alkalicznych w paliwie (K, Na). Dzięki relatywnie wysokim charakterystycznym temperaturom popiołu ograniczeniu, ulegać będą zjawiska żużlowania i popielenia. Dla porównania, charakterystyczne średnie temperatury popiołu wyznaczone dla 14 próbek krajowej słomy wynosiły:

temp. spiekania - 743 °C, temp. mięknięcia - 895 °C, temp. topnienia - 1126 °C i temp. płynięcia - 1193 °C

#### Zastosowanie biomasy PKS w kotłach rusztowych

- Zalety:
- ograniczenie emisji CO<sub>2</sub>,
  - czas na wybór kierunku inwestycji,
  - odbudowa wartości aktywów węglowych poprzez zmianę paliwa

Kontakt:

tel.: +48 782 222 784

office@mmbssystem.com



S·Y·S·T·E·M

IMPORTER BIOMASY PKS

## Własności paliwa PKS

- Badania wykazały, że PKS cechuje się niskimi zawartościami sodu i potasu, co minimalizuje problemu popielenia i żużlowania (*fouling, slagging*).
- PKS posiada również niską zawartość chloru, porównywalną do typowej zawartości chloru w węglu (0,03%), dzięki czemu nie powoduje korozji elementów kotła.
- Z kolei charakterystyczne temperatury popiołu są wysokie, w porównaniu do innych typów biomasy stałej. Wysokie temperatury przemian popiołu zapobiegają spiekaniu paliwa na ruszcie, jak również aglomeracji materiału warstwy w kotłach fluidalnych.

### Zastosowanie biomasy PKS w kotłach rusztowych

Zalety:

- ograniczenie emisji CO<sub>2</sub>,
- czas na wybór kierunku inwestycji,
- odbudowa wartości aktywów węglowych poprzez zmianę paliwa

Kontakt:

tel.: +48 782 222 784

office@mmbssystem.com



S·Y·S·T·E·M

- 10 lat doświadczenia,
- doradztwo techniczne,
- współpraca z jednostkami naukowymi.

Zmień paliwo, zyskaj czas i środki!

## Fouling index dla PKS

Zaproponowano liczne wskaźniki służące przewidywaniu skłonności danej biomasy do zanieczyszczania powierzchni ogrzewalnych kotła.

Powszechnie stosowany jest wskaźnik  $F_u$  (*fouling index*):

$$F_u = \frac{\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{CaO} + \text{MgO} + \text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O} + \text{P}_2\text{O}_5}{\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{TiO}_2} \cdot (\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O})$$

Dla wskaźnika  $F_u$  stosuje się następującą interpretację wyników:

$F_u \leq 0,6$  - paliwo bez skłonności do popielenia,

$0,6 \leq F_u \leq 40$  - duża skłonność do popielenia,

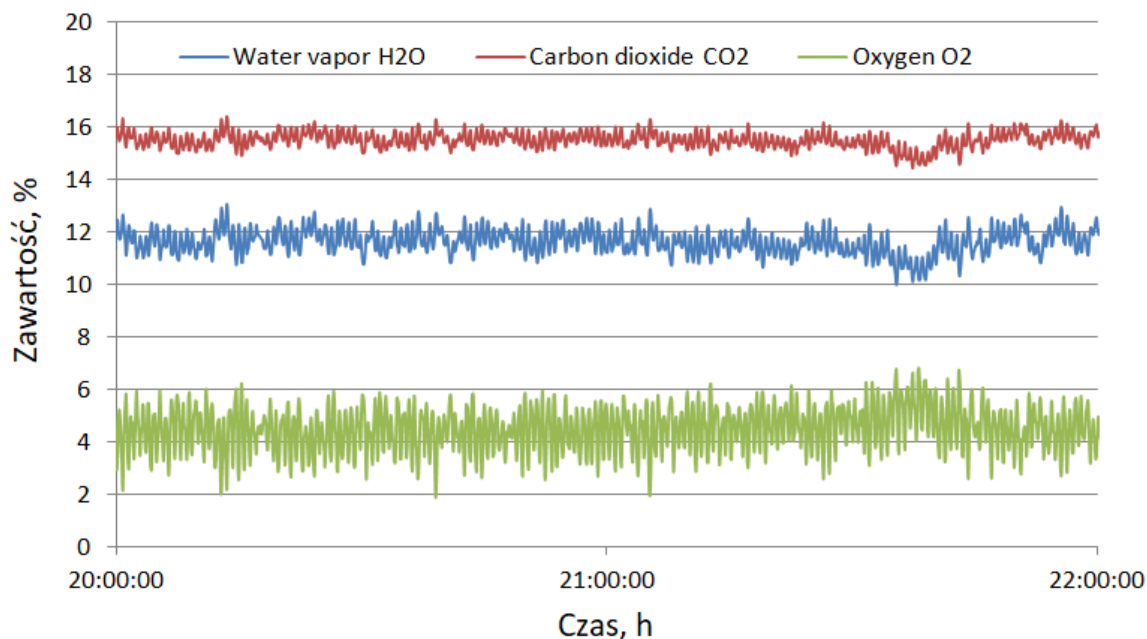
$F_u > 40$  - bardzo duża skłonność do popielenia.

Wskaźnik jest bezwymiarowy.

Analiza tlenkowa kilkunastu próbek popiołu z PKS wykazała, że wartości współczynnika  $F_u$  wynosiły 0,19-0,62.

## Emisje ze spalania PKS

### Podstawowe składniki spalin



Należy zwrócić uwagę na stabilny proces spalania, oraz dobry stopień wypalenia paliwa (niskie zawartości tlenu w spalinach).

#### Zastosowanie biomasy PKS w kotłach rusztowych

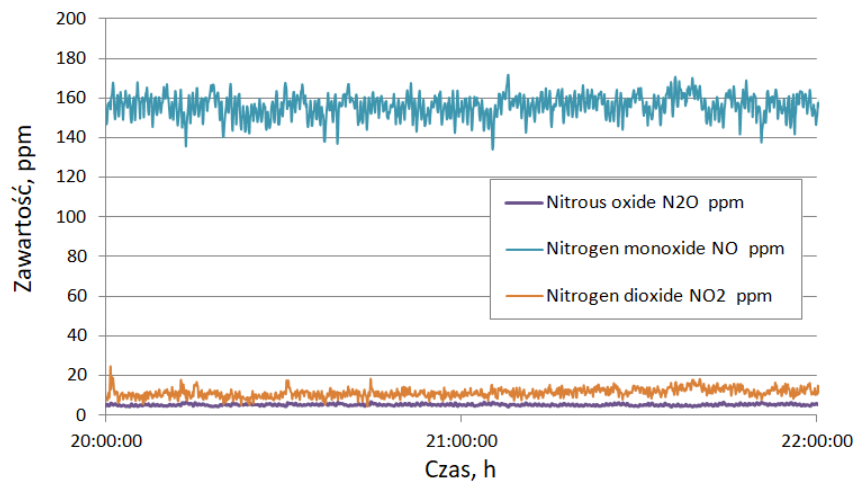
- Zalety:
- ograniczenie emisji CO<sub>2</sub>,
  - czas na wybór kierunku inwestycji,
  - odbudowa wartości aktywów węglowych poprzez zmianę paliwa

Kontakt:  
tel.: +48 782 222 784  
office@mmbssystem.com

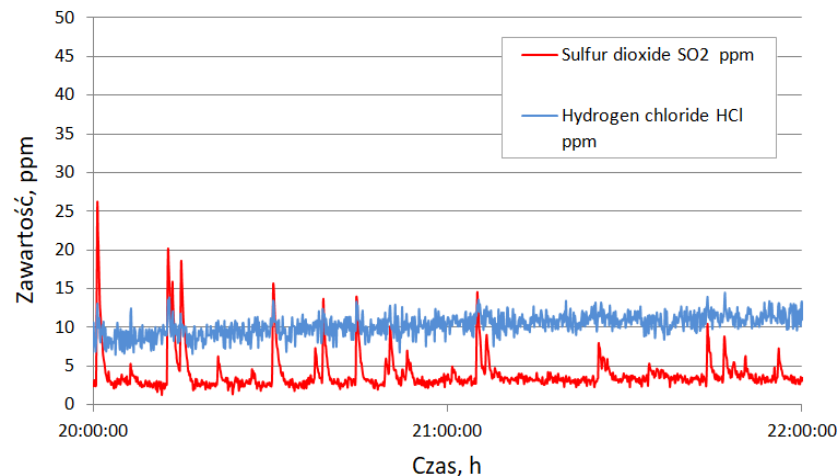


## Emisje ze spalania PKS

### Tlenki azotu



### Dwutlenek siarki i chlorowodór



### Zastosowanie biomasy PKS w kotłach rusztowych

- Zalety:
- ograniczenie emisji CO<sub>2</sub>,
  - czas na wybór kierunku inwestycji,
  - odbudowa wartości aktywów węglowych poprzez zmianę paliwa

Kontakt:  
 tel.: +48 782 222 784  
 office@mmbssystem.com

## Emisje ze spalania PKS

### Podsumowanie

| Lp. | Składnik                              | Jednostka                          | Wartość |
|-----|---------------------------------------|------------------------------------|---------|
| 1.  | H <sub>2</sub> O                      | %obj.                              | 12,20   |
| 2.  | O <sub>2</sub>                        | %obj.                              | 3,95    |
| 3.  | CO <sub>2</sub>                       | %obj.                              | 15,33   |
| 4.  | O <sub>2</sub>                        | %obj. spaliny suche                | 4,25    |
| 5.  | CO <sub>2</sub>                       | %obj. spaliny suche                | 16,53   |
| 6.  | CO                                    | mg/m <sup>3</sup> 6%O <sub>2</sub> | 866,90  |
| 7.  | SO <sub>2</sub>                       | mg/m <sup>3</sup> 6%O <sub>2</sub> | 22,00   |
| 8.  | N <sub>2</sub> O                      | mg/m <sup>3</sup> 6%O <sub>2</sub> | 8,38    |
| 9.  | NO                                    | mg/m <sup>3</sup> 6%O <sub>2</sub> | 166,48  |
| 10. | NO <sub>2</sub>                       | mg/m <sup>3</sup> 6%O <sub>2</sub> | 20,56   |
| 11. | NO <sub>x</sub> (NO+NO <sub>2</sub> ) | mg/m <sup>3</sup> 6%O <sub>2</sub> | 187,05  |
| 12. | NH <sub>3</sub>                       | mg/m <sup>3</sup> 6%O <sub>2</sub> | 0,81    |
| 13. | HCl                                   | mg/m <sup>3</sup> 6%O <sub>2</sub> | 13,57   |
| 14. | HF                                    | mg/m <sup>3</sup> 6%O <sub>2</sub> | 0,35    |



### Zastosowanie biomasy PKS w kotłach rusztowych

- Zalety:
- ograniczenie emisji CO<sub>2</sub>,
  - czas na wybór kierunku inwestycji,
  - odbudowa wartości aktywów węglowych poprzez zmianę paliwa

Kontakt:  
 tel.: +48 782 222 784  
 office@mmbssystem.com

## Badania procesów foulingu

Badania procesu foulingu prowadzono za pomocą specjalnej sondy, wykonanej ze stali kotłowej typu H20N1252. Sonda umieszczana była w temperaturze 600°C i chłodzona powietrzem, symulując w ten sposób element wymiennika ciepła.

PKS



Jadłoszyn



Pelet ze słonecznika



Na powierzchni sondy zgromadziła się niewielka ilość materiału. Osady zgromadzone na sondzie były związane z jej powierzchnią w sposób luźny, umożliwiając łatwe mechaniczne usunięcie.

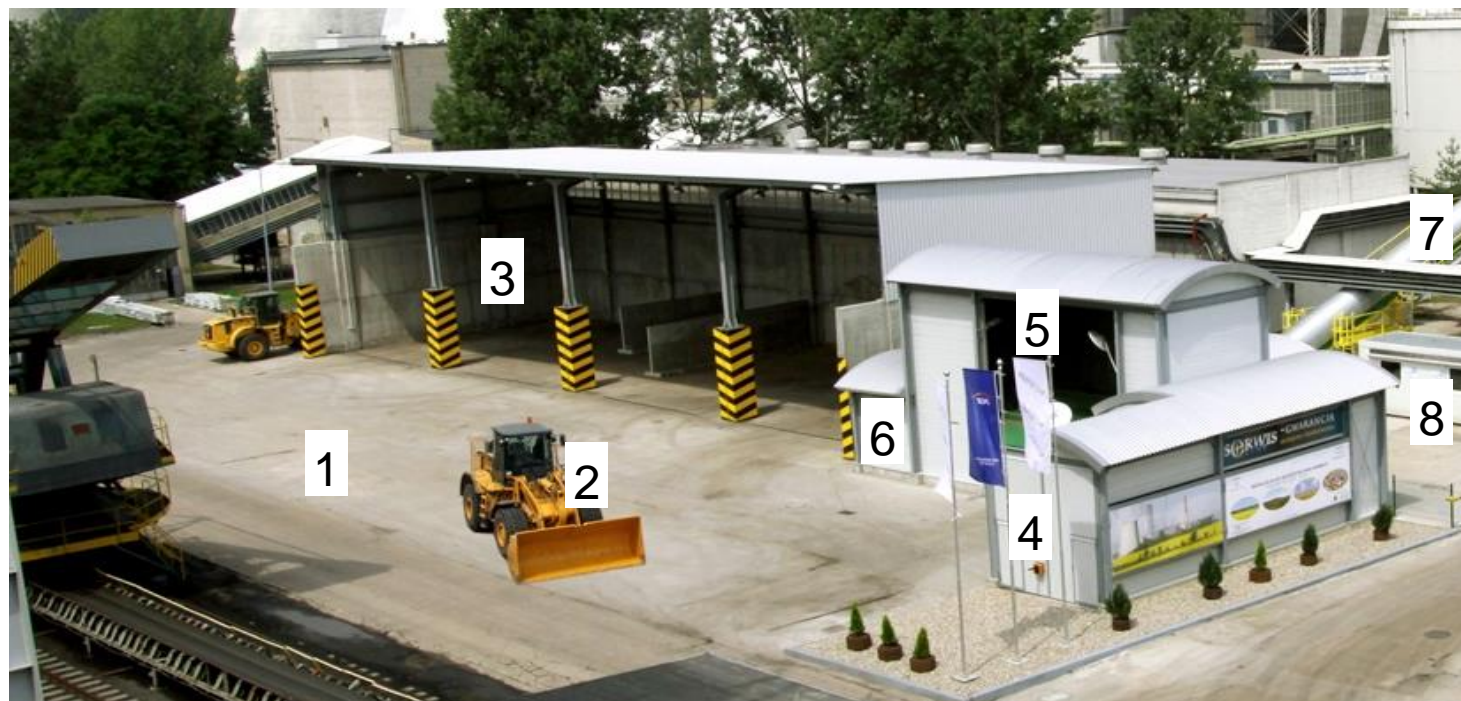
## Skład chemiczny popiołów

| Tlenek                         | Popiół denny      | Popiół lotny      |
|--------------------------------|-------------------|-------------------|
|                                | % <sub>mas.</sub> | % <sub>mas.</sub> |
| SiO <sub>2</sub>               | 43,77             | 71,63             |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 2,91              | 6,47              |
| CaO                            | 11,23             | 5,72              |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 0,52              | 0,97              |
| MgO                            | 3,42              | 1,16              |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>  | 2,15              | 0,97              |
| K <sub>2</sub> O               | 1,17              | 1,01              |
| Na <sub>2</sub> O              | 0,36              | 0,47              |
| TiO <sub>2</sub>               | 0,16              | 0,16              |
| MnO                            | 0,23              | 0,14              |
| SO <sub>3</sub>                | 0,80              | 0,70              |

Dominującym składnikiem popiołów był SiO<sub>2</sub>, co czyni go podobnym do popiołów ze spalania węgla, w których dominują glinokrzemiany. Zawartość CaO w popiołach jest niższa, niż ze spalania typowych biomas stałych. Równocześnie, niska jest zawartość Na<sub>2</sub>O i K<sub>2</sub>O, co należy ocenić bardzo korzystnie, z punktu widzenia zapobiegania problemom eksploatacyjnym (por. Fouling index)



## IMF Niewielkie koszty inwestycyjne instalacji współspalania



Instalacja do magazynowania i podawania biomasy:

- 1 - plac rozładunkowo-manewrowy, 2 - spychałowarka, 3 - wiata, 4 - zasyp, odsiewacz części ponadwymiarowych, 5 - warstwownica, miejsce poboru próbek biomasy, 6 - wagoprzenośnik, 7 – przenośnik taśmowy biomasy, 8 - nastawnia instalacji podawania biomasy

### Zastosowanie biomasy PKS w kotłach rusztowych

- Zalety:
- ograniczenie emisji CO<sub>2</sub>,
  - czas na wybór kierunku inwestycji,
  - odbudowa wartości aktywów węglowych poprzez zmianę paliwa

Kontakt:  
tel.: +48 782 222 784  
office@mmbssystem.com





S · Y · S · T · E · M

IMPORTER BIOMASY PKS

## Nie demonizujmy procesów transportu

| Parametr  | Wartość                          |
|---|----------------------------------|
| Masa ładunku biomasy na statku  | 30 000 Mg                        |
| Odległość Dumai, Indonezja – Świnoujście, Polska  | 8 665 Mm                         |
| Zużycie paliwa, przy prędkości 10,5 węzła   | 18 Mg/dzień                      |
| Zużycie ciężkiego oleju opałowego na całej trasie statku  | 619 Mg                           |
| Wskaźnik emisji dla ciężkiego oleju opałowego (HFO)   | 3,114 Mg CO <sub>2</sub> /Mg HFO |
| Emisja CO <sub>2</sub> z transportu morskiego   | 1 927,4 Mg CO <sub>2</sub>       |
| Średnia wartość opałowa biomasy importowanej  | 15 GJ/Mg                         |
| Energia chemiczna w transporcie biomasy   | 450 000 GJ                       |
| Wskaźnik emisji dla węgla kamiennego  | 94,85 kg CO <sub>2</sub> /GJ     |
| Uniknięta emisja CO <sub>2</sub> , przy spaleniu ładunku biomasy, w porównaniu do węgla kamiennego (100%) | 42 682 Mg CO <sub>2</sub>        |
| Emisja CO <sub>2</sub> związana z transportem statkiem, w stosunku do emisji unikniętej                   | 4,52 %                           |

Źródło: Rajczyk R., Egzotyczna biomasa zdobywa polski rynek, Magazyn Biomasa, nr 4 (11), 2015

### Zastosowanie biomasy PKS w kotłach rusztowych

- Zalety:
- ograniczenie emisji CO<sub>2</sub>,
  - czas na wybór kierunku inwestycji,
  - odbudowa wartości aktywów węglowych poprzez zmianę paliwa

Kontakt:

tel.: +48 782 222 784

office@mmbssystem.com



S · Y · S · T · E · M

Zmień paliwo, zyskaj czas i środki!

- 10 lat doświadczenia,
- doradztwo techniczne,
- współpraca z jednostkami naukowymi.



S · Y · S · T · E · M

IMPORTER BIOMASY PKS

## Techniczne aspekty wykorzystania PKS

- PKS w związku z charakterystycznym kształtem skorupy praktycznie nie namaka i może być składowany na obecnie istniejących niezadaszonych składowiskach przeznaczonych do mialu węglowego;
- PKS można zastosować od ręki do współspalania z uwagi na podobną granulację i ciężar nasypowy, wykazuje dobrą mieszalność z węglem;
- PKS umożliwia uniknięcie nakładów na budowę typowych dla biomasy urządzeń takich jak wiaty, silosy, przenośniki, odpylacze - rozkrusz jest minimalny. Nie ma też tendencji do gnicia;
- Nie wymaga dodatków do procesu spalania (kaolin, elementarna siarka);
- Wysoka wartość opałowa zmniejsza zużycie i nakłady na urządzenia transportu bliskiego - ładowarki, przenośniki itp;
- Paliwo jest twarde i możliwe do rozdrabniania zarówno w kruszarce do węgla jak i rębaku do biomasy.

### Zastosowanie biomasy PKS w kotłach rusztowych

- Zalety:
- ograniczenie emisji CO<sub>2</sub>,
  - czas na wybór kierunku inwestycji,
  - odbudowa wartości aktywów węglowych poprzez zmianę paliwa

Kontakt:

tel.: +48 782 222 784

office@mmbssystem.com



S · Y · S · T · E · M

Zmień paliwo, zyskaj czas i środki!

- 10 lat doświadczenia,
- doradztwo techniczne,
- współpraca z jednostkami naukowymi.



S · Y · S · T · E · M

IMPORTER BIOMASY PKS

## Ekonomiczne i wizerunkowe aspekty wykorzystania PKS

- Oszczędności na emisji CO<sub>2</sub> – koszt uprawnień;
  - Niewielkie emisje NO<sub>x</sub> i SO<sub>2</sub> – koszt opłat za korzystanie ze środowiska;
  - Możliwość bezinwestycyjnego przejścia na paliwo odnawialne.
- 
- Odbudowa wartości aktywa węglowego poprzez zmianę paliwa, a nie technologii - możliwości zaproponowania aktywa jako zabezpieczenia do przyszłych inwestycji;
  - Utrzymanie produkcji poprzez zamianę paliwa i zyskanie czasu na wybór przyszłościowej technologii „kupienie sobie czasu” na analizy i proces inwestycyjny.

### Zastosowanie biomasy PKS w kotłach rusztowych

- Zalety:
- ograniczenie emisji CO<sub>2</sub>,
  - czas na wybór kierunku inwestycji,
  - odbudowa wartości aktywów węglowych poprzez zmianę paliwa

Kontakt:

tel.: +48 782 222 784

office@mmbssystem.com



S · Y · S · T · E · M

**Zmień paliwo, zyskaj czas i środki!**

- 10 lat doświadczenia,
- doradztwo techniczne,
- współpraca z jednostkami naukowymi.



S · Y · S · T · E · M

IMPORTER BIOMASY PKS

## Podsumowanie i wnioski

- PKS jest wartościowym paliwem dla ciepłownictwa i energetyki;
- PKS charakteryzuje się korzystnymi własnościami paliwa; powtarzalnością składu chemicznego, niskimi zawartościami chloru, niskimi zawartościami pierwiastków alkalicznych (K+Na);
- Przeprowadzone badania procesu spalania potwierdzają przydatność PKS do spalania i współspalania zarówno w technologii spalania na ruszcie, jak również w kotłach fluidalnych (CFB, BFB);
- Analiza procesu spalania wykazała, że ma on stabilny charakter cechując się dobrym stopniem wypalenia paliwa;
- Analiza składu gazów spalinowych potwierdza wyniki analizy chemicznej paliwa (niskie emisje  $\text{SO}_2$ , HCl);
- Badania przy użyciu sondy do foulingu umożliwiły stwierdzenie, że ilość powstającego osadu jest niewielka, a jego usunięcie łatwe.

### Zastosowanie biomasy PKS w kotłach rusztowych

- Zalety:
- ograniczenie emisji  $\text{CO}_2$ ,
  - czas na wybór kierunku inwestycji,
  - odbudowa wartości aktywów węglowych poprzez zmianę paliwa

Kontakt:

tel.: +48 782 222 784

office@mmbssystem.com



S · Y · S · T · E · M

- 10 lat doświadczenia,
- doradztwo techniczne,
- współpraca z jednostkami naukowymi.

Zmień paliwo, zyskaj czas i środki!



S·Y·S·T·E·M

IMPORTER BIOMASY PKS

# Dziękujemy za uwagę

Rafał Rajczyk

[rafal.rajczyk@pcz.pl](mailto:rafal.rajczyk@pcz.pl)



S·Y·S·T·E·M

[www.mmbssystem.com](http://www.mmbssystem.com)

## Zastosowanie biomasy PKS w kotłach rusztowych

Zalety:

- ograniczenie emisji CO<sub>2</sub>,
- czas na wybór kierunku inwestycji,
- odbudowa wartości aktywów węglowych poprzez zmianę paliwa

Kontakt:

tel.: +48 782 222 784

office@mmbssystem.com



S·Y·S·T·E·M

- 10 lat doświadczenia,  
- doradztwo techniczne,  
- współpraca z jednostkami naukowymi.

**Zmień paliwo, zyskaj czas i środki!**