
PRACE

**Instytutu Ceramiki
i Materiałów Budowlanych**

Scientific Works
of Institute of Ceramics
and Building Materials

Nr 26
(lipiec–wrzesień)

Prace są indeksowane w BazTech i Index Copernicus

ISSN 1899-3230

Rok IX

Warszawa–Opole 2016

*EWA GŁODEK-BUCYK**
*FRANCISZEK SŁADECZEK***
*WOJCIECH KALINOWSKI****
*MAŁGORZATA DUDKIEWICZ*****

Wpływ wykorzystania osadów ściekowych w technologii produkcji klinkieru portlandzkiego na poziom emisji CO₂

Słowa kluczowe: osady ściekowe, cementownie, dwutlenek węgla.

W pracy przedstawiono problematykę wykorzystania komunalnych osadów ściekowych (KOS) w układach wypalania klinkieru. Są one atrakcyjnym substytutem węgla ze względu na neutralność pod kątem emisji CO₂. W celu określenia poziomu emisji CO₂ ze spalania mieszanki paliw w nowoczesnym układzie linii wypalania klinkieru o wydajności 2000 ton/dobę przeprowadzono obliczenia dla różnych konfiguracji współspalanych paliw. Wykazały one, iż substytucja węgla paliwami alternatywnymi i osadami ściekowymi na poziomie 85% skutkuje zmniejszeniem wskaźnika emisji paliwowej dwutlenku węgla o ok. 35%.

1. Wprowadzenie

Osady ściekowe powstają w oczyszczalniach ścieków jako specyficzny odpad procesów oczyszczania ścieków i wymagają odpowiedniego zagospodarowania. Do tej pory końcowym etapem unieszkodliwiania osadów ściekowych było ich mechaniczne odwadnianie, a następnie osuszanie i składowanie lub stosowanie w rolnictwie [1]. Jednakże od 1 stycznia 2016 r. obowiązuje zakaz składowania komunalnych osadów ściekowych [3]. Z tego powodu Polska staje przed dużym problemem natury ekonomicznej, technicznej oraz ekologicznej, gdyż do zago-

* Dr inż., Instytut Ceramiki i Materiałów Budowlanych w Warszawie, Oddział Inżynierii Procesowej Materiałów i Budowlanych w Opolu, e.glodek@icimb.pl

** Dr inż., Instytut Ceramiki i Materiałów Budowlanych w Warszawie, Oddział Inżynierii Procesowej Materiałów i Budowlanych w Opolu, f.sladeczek@icimb.pl

*** Dr inż., Instytut Ceramiki i Materiałów Budowlanych w Warszawie, Oddział Inżynierii Procesowej Materiałów Budowlanych w Opolu, w.kalinowski@icimb.pl

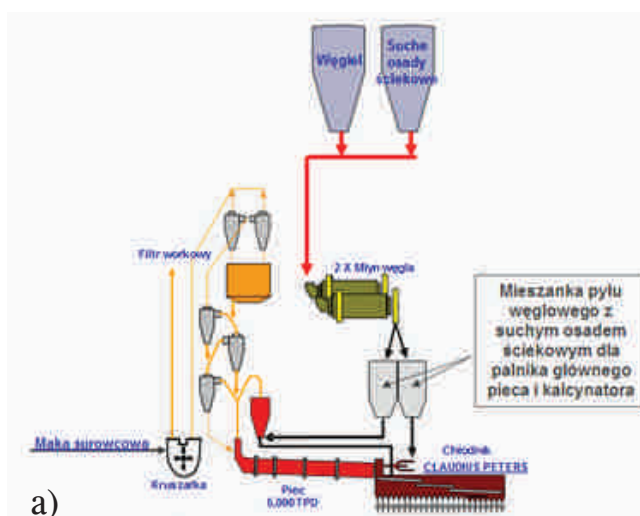
**** Mgr inż., CEMEX Polska Sp. z o.o., malgorzata.dudkiewicz@cemex.com

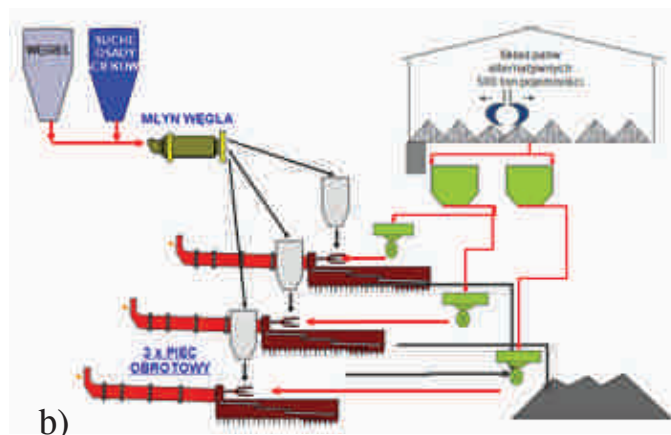
spodarowania pozostaje ok. 556,0 tys. Mg s.m. osadów ściekowych wytworzonych w ciągu roku w oczyszczalniach komunalnych [2]. Przemysł cementowy może przyczynić się do rozwiązania tego trudnego problemu zagospodarowania osadów z oczyszczalni ścieków. Termiczne przekształcenie KOS w układach do wypalania klinkieru jest bezpiecznym i korzystnym dla środowiska sposobem ich zagospodarowania. Zapewnia jednocześnie bezodpadowe unieszkodliwianie osadów ściekowych oraz zastąpienie paliwa kopalnego. Z uwagi na dużą objętość komory spalania, temperatura gazów w komorze $> 2000^{\circ}\text{C}$, czas przebywania w strefie temperaturze powyżej $850^{\circ}\text{C} > 2$ s oraz środowisko alkaliczne materiału, piece do wypalania klinkieru są uważane powszechnie za doskonałe urządzenia do bezpiecznego energetycznego wykorzystania odpadów. Spełniają one całkowicie wszystkie zalecenia zawarte w Rozporządzeniu Ministra Rozwoju w sprawie wymagań dotyczących prowadzenia procesu termicznego przekształcania odpadów [4].

2. Współspalanie osadów ściekowych w układach wypalania klinkieru

W przemyśle cementowym podstawowymi paliwami były dotychczas węgiel (kamienny, brunatny) i mazut. W Polsce jednak, od ponad 10 lat, coraz chętniej wykorzystywane są paliwa alternatywne (stałe paliwa wtórne) i biomasa (w tym osady ściekowe). W krajach Unii Europejskiej, w tym także w Polsce, w piecach do wypalania klinkieru substytucja paliw naturalnych przez odpady palne jest znaczna i w indywidualnych przypadkach przekracza 80%. Cementownie w Polsce w 2012 r. wykorzystywały 1180 tys. ton paliw alternatywnych w tym ok. 9,8 tys. ton osadów ściekowych [4].

Osady ściekowe jako paliwo wykorzystywane są m.in. w dwóch cementowniach firmy CEMEX Polska Sp. z o.o. Schematy podawania osadów ściekowych w układach wypalania klinkieru przedstawiono na rycinie 1.





Źródło: Opracowanie własne.

Ryc. 1. Schemat podawania osadów ściekowych na palnik główny: a) w Cementowni Chełm, b) w Cementowni Rudniki

Osady ściekowe do cementowni dostarczone są w postaci granulatu lub pyłu o wilgotności $< 15\%$. Kryteria jakościowe firmy CEMEX dla osadów są następujące:

- wartość opalowa > 11 MJ/kg,
- zawartość wody $< 10\%$,
- zawartość chloru $< 0,7\%$,
- zawartość siarki $< 1\%$,
- suma metali ciężkich < 2000 ppm,
- rozdrobnienie = granulat, pył.

Widok granulatu osadów ściekowych dostarczanych do CEMEX Polska Sp. z o.o. przedstawia rycina 2.

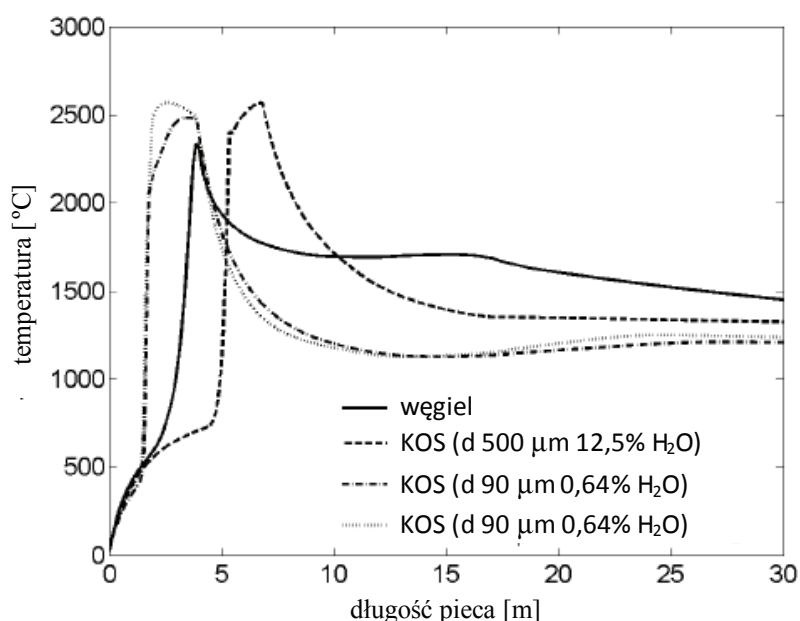


Źródło: Opracowanie własne.

Ryc. 2. Granulowany suszony osad ściekowy

W zależności od typu instalacji KOS może być podawany na palnik główny pieca obrotowego lub do kalcynatora albo komory wzniosu. Palnik główny zasilany jest mieszaniną powstałą ze wspólnego przemiału węgla i osadów ściekowych, natomiast do kalcynatora suche osady (granulat) mogą być dozowane oddzielnym palnikiem. Taki sposób postępowania wynika z potrzeby zapewnienia odpowiednich warunków technologicznych wypalania klinkieru. Aby uzyskać odpowiednią temperaturę i kształt płomienia w piecu oraz zapewnić właściwą wymianę ciepła pomiędzy płomieniem a materiałem na palniku głównym, wymagane jest spalanie paliwa o odpowiedniej wartości opałowej (> 22 MJ/kg). Suszone osady ściekowe cechuje stosunkowo niska wartość opałowa (ok. 11–16 MJ/kg), dlatego też muszą być one współspalane z pyłem węglowym. Masowy udział osadów ściekowych w mieszance z węglem podawanej na palnik główny może wynosić do 10%.

Mechanizm spalania osadów ściekowych różni się od mechanizmu spalania węgla, głównie z powodu dużego udziału substancji mineralnej oraz dużego udziału części lotnych. Dynamika wydzielania części lotnych jest większa niż w przypadku węgla kamiennego [6] (przy takich samych wielkościach cząstki paliwa). Jednak spalanie karbonizatu osadów ściekowych jest już zdecydowanie wolniejsze niż węgla kamiennego. Symulacja spalania samego osadu ściekowego na palniku wykazuje, że tylko niewiele ponad 20% karbonizatu jest spalane [7] (ryc. 3 paliwo – KOS d 500 μm 12,5% wody), pozostała część przechodzi do materiału. Zwiększając jednak rozdrobnienie, zmniejszając wilgotność oraz parametry powietrza do spalania można osiągnąć pełną konwersję tego paliwa. Porównanie profili temperaturowych płomienia ze spalanych osadów i węgla przedstawiono na rycinie 3.



Źródło: Opracowanie własne.

Ryc. 3. Profil temperatury gazów w piecu do wypalania klinkieru przy spalaniu osadów ściekowych (KOS) [7]

Kolejnym, oprócz kaloryczności, czynnikiem warunkującym wykorzystanie osadów ściekowych w instalacji wypalania klinkieru jest ich skład chemiczny. Z punktu widzenia technologii istotna jest ilość i jakość popiołu powstającego ze spalania paliw, który reaguje ze składnikami nadawy surowcowej i wpływa na proces wypalania klinkieru portlandzkiego w piecu obrotowym. Suszone osady ściekowe charakteryzują się znacznie wyższą zawartością części mineralnych ($> 25\%$) niż węgiel ($< 25\%$). Zawierają także stosunkowo dużą ilość fosforanów, których zwiększone stężenie w mączce surowcowej obniża zdolność do klinkieryzacji [8, 10]. Dodatkowo P_2O_5 utrudnia tworzenie się fazy alitu, co może mieć negatywny wpływ na reaktywność cementu oraz jego wytrzymałość [9, 11]. Z tego też powodu zleca się kontrolę ilości wprowadzanego z osadami fosforu.

3. Emisja CO_2 przy współspalaniu osadów ściekowych w układach wypalania klinkieru

Dwutlenek węgla w procesach produkcji cementu jest emitowany z dwóch podstawowych źródeł bezpośrednich: procesu dekarbonatyzacji węglanu wapnia ($CaCO_3$) (emisja procesowa) i spalania paliw (emisja paliwowa) [14]. Procesem technologicznym w przemyśle cementowym, w którym powstaje najwięcej dwutlenku węgla jest proces dekarbonatyzacji węglanu wapnia. Dwutlenek węgla powstały z produkcji klinkieru jest proporcjonalny do zawartości tlenu wapnia (CaO) z węglanów w nadawie surowcowej, którego udział jest raczej niezmienny w czasie. Według [12] wskaźnik emisji procesowej wynosi ok. $525 \text{ kg } CO_2/\text{kg}_{kl}$ i stanowi ok. 60% emisji całkowitej. Natomiast rzeczywisty wskaźnik może być inny dla poszczególnych zakładów. Różnice te są uwarunkowane rodzajem wykorzystywanych surowców. Zastosowanie surowców o niższej zawartości węglanów (popioły lotne, żużel wielkopiecowy) wpływa na zmniejszenie emisji procesowej. Ograniczenie emisji paliwowej następuje natomiast poprzez wzrost współspalania paliw alternatywnych oraz biomasy. Frakcja biogenna zawarta w stałych paliwach wtórnych oraz biomasa (w tym osady ściekowe) uważane są za neutralne pod kątem emisji CO_2 . Oznacza to, że w rozliczeniach emisji CO_2 wskaźnik emisji wynosi 0. Zjawisko to jest obserwowane w przemyśle cementowym w Polsce, gdzie w ostatnich kilku latach znacznie wzrosło zużycie paliw alternatywnych, co przełożyło się na zmniejszenie średniego wskaźnika emisji CO_2 (tab. 1). Obecnie wynosi on $816 \text{ kg } CO_2/\text{kg}_{kl}$. Zgodnie z unijnym systemem handlu uprawnieniami do emisji ustalany jest dopuszczalny limit emisji dla przemysłu cementowego, który obecnie wynosi $766 \text{ kg } CO_2/\text{Mg}_{kl}$ (benchmark emisyjny CO_2). Instalacje piecowe do poziomu benchmarku otrzymują 100% darmowych uprawnień, natomiast różnicę między rzeczywistym wskaźnikiem a benchmarkiem muszą dokupić. Dlatego też tak istotnym dla przemysłu cementowego jest stosowanie rozwiązań ograniczających poziom emisji dwutlenku węgla.

T a b e l a 1

Parametry energetyczne i emisyjne w przemyśle cementowym w Polsce [5]

Rok	Produkcja klinkieru	Zużycie węgla	Zużycie PA	Udział ciepła z PA	Zużycie ciepła	Emisja CO ₂	Wskaźnik emisji CO ₂
	[tys. ton]			[%]	[kJ/kg _{kl}]	[tys. ton]	[kgCO ₂ /kg _{kl}]
2008	12 380,2	1 299,9	617,0	26	3 639,0	10 710	865
2009	10 650,8	864,1	751,9	36	3 692,0	8 795	826
2010	11 703,2	961,7	952,3	39	3 712,0	9 448	807
2011	13 565,5	1 202,5	1 227,1	41	3 828,0	11 425	842
2012	11 744,5	919,5	1 180,4	46	3 766,0	9 737	829
2013	10 782,4	776,1	1 131,0	48	3 722,0	9 053	840
2014	11 805,2	b.d.	b.d.	b.d.	b.d.	9 635	816

PA – paliwa alternatywne.

b.d. – brak danych.

Ź r ó d ł o: Opracowanie własne.

W celu określenia poziomu emisji CO₂ z układu wypalania klinkieru przeprowadzono obliczenia dla różnych konfiguracji współspalanych paliw. Analizie poddano nowoczesną linię wypalania klinkieru metody suchej o wydajności 2000 ton/dobę. Przyjęto, że zestaw surowcowy do wytwarzania klinkieru portlandzkiego zawiera surowce odpadowe, a w instalacji spala się węgiel kamienny, paliwa alternatywne oraz suszone osady ściekowe. Obliczeniowe jednostkowe zużycie ciepła dla analizowanego układu wynosi 3250 kJ/kg_{kl}. Dodatkowo w obliczeniach przyjęto:

- udział paliw alternatywnych w całkowitym zużyciu ciepła wynoszący 85%,
- spalanie w kalcynatorze wyłącznie paliw alternatywnych,
- spalanie mieszanki paliw (pył węglowy, osady ściekowe, paliwa alternatywne) w palniku głównym,
- stałe wartości opałowe paliw,
- zmienny udział ciepła z paliw w kalcynatorze i palniku głównym pieca,
- zmienny udział ciepła z osadów ściekowych w całkowitym cieple układu,
- zerowy współczynnik emisji CO₂ dla biomasy i osadów ściekowych,
- udział frakcji biogennej w paliwach alternatywnych 40% [15],
- do obliczeń składu i ilości gazów zastosowano wzory stechiometryczne.

Wyniki obliczeń zestawiono poniżej.

Dane do obliczeń

	Wd [kJ/kg]
- paliwa alternatywne palnik	19 000
- węgiel palnik	29 500
- osady ściekowe palnik	13 000
- PA kalcynator	16 000

Rozkład ciepła [%]:	Wariant 1	Wariant 2	Wariant 3	Wariant 4
- kalcynator	60	70	70	65
- palnik	40	30	30	35

Udział ciepła z osadów ściekowych	0	2,5	1,5	1,18
Udział ciepła z paliw alternatywnych	85	85	85	85

Zużycie paliw w układzie

Palnik:	Wariant 1	Wariant 2	Wariant 3	Wariant 4
- węgiel [kg/h]	1 377	1 377	1 377	1 377
- osady ściekowe [kg/h]	0	521	313	246
- PA [kg/h]	3 564	1 782	1 924	2 683
Wartość opałowa ekwiwalentna [kJ/kg]	21 927	22 080	22 482	22 016
Kalcynator PA [kg/h]	10 156	11 849	11 849	11 003

Udziały ciepła na palniku [%]:	Wariant 1	Wariant 2	Wariant 3	Wariant 4
- węgiel	37,50	50,00	50,00	42,86
- osady ściekowe	0,00	8,33	5,00	3,37
- PA	62,50	41,67	45,00	53,77

Emisje CO₂

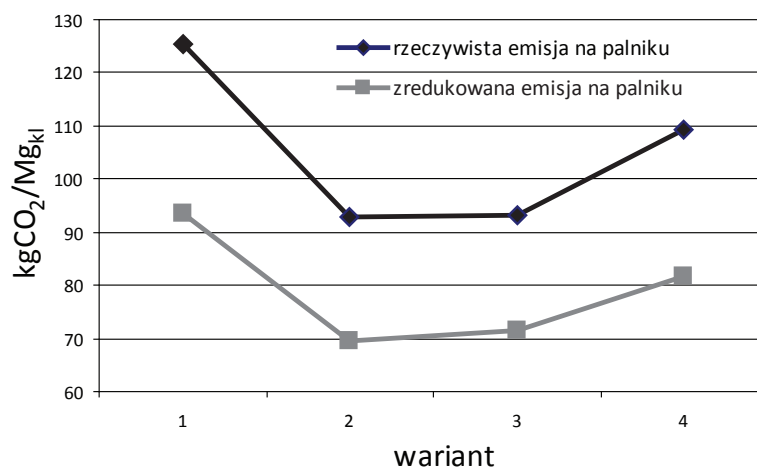
Palnik:	Wariant 1	Wariant 2	Wariant 3	Wariant 4
	[kgCO ₂ /Mg _{kl}]	[kgCO ₂ /Mg _{kl}]	[kgCO ₂ /Mg _{kl}]	[kgCO ₂ /Mg _{kl}]
- węgiel	45,45	45,45	45,45	45,45
- osady ściekowe	0,00	7,56	4,54	3,57
- PA	79,98	39,99	43,19	60,21
Emisja paliwowa na palniku	125,44	93,01	93,18	109,24
Kalcynator PA	183,26	213,80	213,80	198,53
Emisja procesowa	494,21	494,21	494,21	494,21
Emisja paliwowa suma	308,70	306,81	306,98	307,77

Całkowita rzeczywista emisja	802,90	801,02	801,19	801,97
Uniknięta emisja* paliwowa	105,30	109,08	107,34	107,07
Całkowita zredukowana emisja**	697,61	691,94	693,86	694,91
	[%]	[%]	[%]	[%]
Uniknięta emisja* paliwowa	34,1	35,6	35,0	34,8

* Przez unikniętą emisję dwutlenku węgla należy rozumieć poziom redukcji emisji CO₂ uzyskany w wyniku zastąpienia paliw kopalnych paliwami z udziałem frakcji biogennej neutralnej pod względem emisji CO₂.

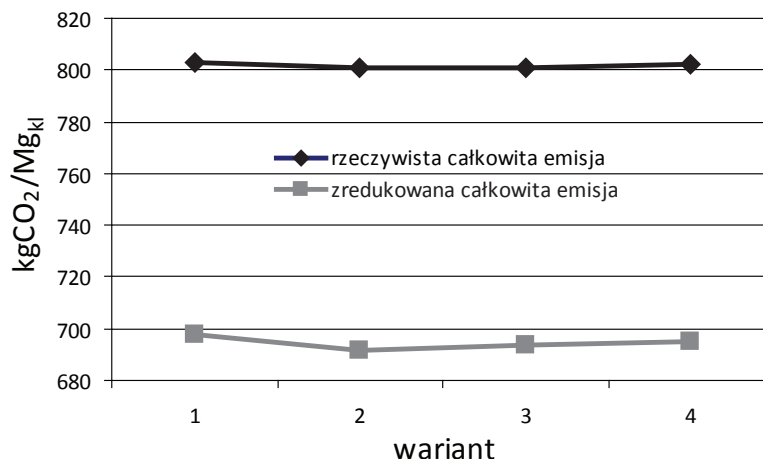
** Przez zredukowaną emisję dwutlenku węgla należy rozumieć poziom emisji uzyskany w wyniku zastąpienia paliw kopalnych paliwami z udziałem frakcji biogennej neutralnej pod względem emisji CO₂.

Substytucja węgla paliwami alternatywnymi i osadami ściekowymi skutkuje zmniejszeniem wskaźnika emisji paliwowej o ok. 35% (z poziomu 307 kgCO₂/Mg_{kl} do ok. 200 kgCO₂/Mg_{kl}). Wynika to z faktu, że zarówno w osadach ściekowych, jak i w paliwach alternatywnych występuje frakcja biodegradowalna, która uznawana jest za neutralną pod względem emisji CO₂. Na poziom emisji paliwowej ma wpływ rodzaj oraz ilość współspalanego paliwa (ryc. 4). Wraz ze wzrostem ilości spalanych osadów ściekowych wyraźnie zmniejsza się wskaźnik emisji paliwowej na palniku. Jednak w odniesieniu do emisji całkowitej zależność ta nie jest już tak widoczna, ze względu na mały udział ciepła ze spalania osadów do całości ciepła doprowadzanego do układu (ryc. 5).



Źródło: Opracowanie własne.

Ryc. 4. Porównanie wielkości całkowitej rzeczywistej i zredukowanej emisji CO₂ ze spalania paliw na palniku głównym



Ź r ó d ł o: Opracowanie własne.

Ryc. 5. Porównanie wielkości całkowitej rzeczywistej i zredukowanej emisji CO₂ w instalacji wypalania klinkieru

Emisja procesowa z nowej linii technologicznej wynosi 494 kgCO₂/Mg_{kl} i jest niższa o ok. 6% od wartości podawanej przez literaturę [12]. Ma to związek ze stosowaniem surowców o niższej zawartości węglanów. Natomiast emisja paliwowa kształtuje się na poziomie 307 kgCO₂/Mg_{kl} i stanowi 38% całkowitej emisji. Substytucja węgla paliwami alternatywnymi i osadami ściekowymi oraz wykorzystanie surowców odpadowych skutkuje zmniejszeniem wskaźnika emisji o ok. 13% (z poziomu 802 kgCO₂/Mg_{kl} do ok. 694kgCO₂/Mg_{kl}). Uzyskane wskaźniki zredukowanej emisji (procesowa + paliwowa) osiągają poziom poniżej wartości benchmarku emisyjnego wynoszącego 766 kgCO₂/kg_{kl}, co oznacza darmowy przydział uprawnień do emisji.

4. Wnioski

1. Jednym z kierunków rozwiązania problemu zagospodarowania odpadów, w tym osadów ściekowych, jest ich zastosowanie w przemyśle cementowym jako substytutu paliw kopalnych.
2. Biomasa oraz frakcja biogenna w odpadach uważane są za neutralne pod kątem emisji CO₂, dlatego ich współspalanie w układach wypalania klinkieru skutkuje zmniejszeniem emisji tego gazu do powietrza. Przeprowadzone obliczenia wykazały, że wraz ze wzrostem ilości spalanych osadów ściekowych na palniku głównym wyraźnie zmniejsza się wskaźnik emisji paliwowej. W odniesieniu do emisji całkowitej zależność ta nie jest jednak już tak widoczna, ze względu na mały udział ciepła ze spalania osadów do całości ciepła doprowadzanego do układu wypalania.

3. W analizowanej linii technologicznej substytucja węgla paliwami alternatywnymi i osadami ściekowymi na poziomie 85% skutkuje zmniejszeniem wskaźnika emisji paliwowej o ok. 35% (z poziomu $307 \text{ kgCO}_2/\text{Mg}_{\text{kl}}$ do ok. $200 \text{ kgCO}_2/\text{Mg}_{\text{kl}}$).

4. Wskaźnik całkowitej zredukowanej emisji (procesowa + paliwowa) osiąga poziom poniżej wartości benchmarku emisyjnego wynoszącego $766 \text{ kgCO}_2/\text{kg}_{\text{kl}}$, co oznacza darmowy przydział uprawnień do emisji*.

Literatura

[1] Uchwała nr 88 Rady Ministrów z dnia 1 lipca 2016 r. w sprawie Krajowego planu gospodarki odpadami 2022, M.P. z 2016 r. poz. 784.

[2] Rocznik Statystyczny Rzeczypospolitej Polskiej 2015, <http://stat.gov.pl/obszary-tematyczne/roczniki-statystyczne/roczniki-statystyczne/rocznik-statystyczny-rzeczypospolitej-polskiej-2015,2,10.html> (10.05.2016).

[3] Rozporządzenie Ministra Gospodarki z 16 lipca 2015 r. w sprawie dopuszczania odpadów do składowania na składowiskach, Dz.U. z 2015 r. poz. 1277.

[4] Rozporządzenie Ministra Rozwoju z dnia 21 stycznia 2016 r. w sprawie wymagań dotyczących prowadzenia procesu termicznego przekształcania odpadów oraz sposobów postępowania z odpadami powstałymi w wyniku tego procesu, Dz.U. z 2016 r. poz. 108.

[5] Stowarzyszenie Producentów Cementu, <http://www.polskicement.pl/files/Pages/376/uploaded/paliwa%20alternatywne%202015%20-%20broszura.pdf> (10.05.2016).

[6] Środa K., Kijó-Klęczkowska A., Schab M., Pietrasik M., Ptak T., Pytlós J., *Specyfika właściwości osadów ściekowych w odniesieniu do paliw węglowych i biomasy*, „Archiwum Gospodarki Odpadami i Ochrony Środowiska” 2015, Vol. 17, nr 2, s. 69–82.

[7] Nørskov L.K., *Combustion of solid alternative fuels in the cement kiln burner* PhD thesis Technical University of Denmark 2012, http://orbit.dtu.dk/files/74227236/PhD._thesis_Linda_N_rskov_31072012..PDF (10.05.2016).

[8] Nakano T., Yokoyama S., Maki I., *Badania podstawowe związane z produkcją cementu z popiołu ze spalania miejskich odpadów stałych*, cz. 3: *Wpływ P_2O_5 na powstawanie klinkieru*, „Cement, Wapno, Beton” 2007, nr 6, s. 290–295.

[9] Strigáč J., *Effect of Selected Alternative Fuels and Raw Materials on the Cement Clinker Quality SSP*, „Journal of Civil Engineering” 2015, Vol. 10, Issue 2.

[10] Li F., Zhang W., *Combustion of Sewage Sludge as Alternative Fuel for Cement Industry*, „Journal of Wuhan University of Technology-Materials Science” 2011, Vol. 26, No. 3, s. 556–560, doi:10.1007/s11595-011-0267-4.

[11] Yang Z., Zhang Y., Liu L., Seetharaman S., Wang X., Zhang Z., *Integrated Utilization of Sewage Sludge and Coal Gangue for Cement Clinker Products: Promoting*

* Projekt finansowany przez Narodowe Centrum Badań i Rozwoju oraz Narodowy Fundusz Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej w ramach programu GEKON – Generator Koncepcji Ekologicznych. Umowa nr GEKON2/05/266929/16/2015.

Tricalcium Silicate Formation and Trace Elements Immobilization Materials 2016, 9, 275, doi: 10.3390/ma9040275, www.mdpi.com/1996-1944/9/4/276/pdf (10.05.2016).

[12] Rozporządzenie Komisji (UE) nr 601/2012 z dnia 21 czerwca 2012 r. w sprawie monitorowania i raportowania w zakresie emisji gazów cieplarnianych zgodnie z dyrektywą 2003/87/WE Parlamentu Europejskiego i Rady, Dz.U. UE L 181/30 z 12.07.2012, <http://eurlex.europa.eu/legal-content/PL/TXT/PDF/?uri=CELEX:32012R0601&from=PL> (10.05.2016).

[13] Wartości opałowe (WO) i wskaźniki emisji CO₂ (WE) w roku 2013 do raportowania w ramach Wspólnotowego Systemu Handlu Uprawnieniami do Emisji za rok 2016, http://www.kobi ze.pl/uploads/materialy/materialy_do_pobrania/monitorowanie_raportowanie_weryfikacja_emisji_w_eu_ets/WO_i_WE_do_stosowania_w_SHE_2016.pdf (10.05.2016).

[14] U l i a s z - B o c h e ń c z y k A., M o k r z y c k i E., *Emisja dwutlenku węgla w przemyśle cementowym*, „Polityka Energetyczna” 2003, t. 6, z. spec., s. 367–375.

[15] Badania własne.

EWA GŁODEK-BUCYK
FRANCISZEK ŚLADECZEK
WOJCIECH KALINOWSKI
MAŁGORZATA DUDKIEWICZ

THE IMPACT OF THE APPLICATION OF SEWAGE SLUDGE IN PORTLAND CLINKER MANUFACTURE ON CO₂ EMISSIONS

Keywords: sewage sludge, cement plant, carbon dioxide.

The paper presents an analysis of the application of sewage sludge in systems of the clinker burning. Sewage sludge is an attractive substitute for coal due to neutrality in terms of CO₂ emissions. In order to determine the level of CO₂ emissions from the mixed fuel combustion in modern clinker burning line with a capacity of 2000 tons/day, calculation for various configurations of co-combustion fuels were carried out. It was showed that the substitution of coal with alternative fuels and sewage sludge at the level 85% results in a reduction of fuel emission of carbon dioxide by about 35%.