

Paliwo z odpadów jako atrakcyjna alternatywa dla branży energetycznej w Polsce

Fuel from waste as an attractive alternative to the energy industry in Poland

EMILIA DEN BOER

DOI 10.36119/15.2019.9.2

Jednym z głównych problemów branży gospodarki odpadami w Polsce jest zagospodarowanie paliwa z odpadów, tzw. RDF (ang. Refused Derived Fuel), które potencjalnie może być źródłem energii elektrycznej i ciepła, jednak w kraju brakuje obecnie instalacji, gdzie mogłoby ono, być zgodnie z obowiązującym standardem, zagospodarowane. W świetle prawa zarówno w Polsce, jak też w Unii Europejskiej paliwo RDF jest nadal odpadem, co determinuje wymagania w zakresie jego odzysku. Obecnie cementownie są głównym odbiorcą paliw z odpadów w Polsce, jednak ich możliwości przerobowe są ograniczone. Ponadto cementownie stawiają paliwom wysokie wymagania jakościowe, które może spełnić wyłącznie niewielki strumień RDF z odpadów komunalnych. Aktualny brak możliwości zagospodarowania paliw z odpadów powoduje straty zarówno ekonomiczne jak i ekologiczne. Wydzielana w instalacjach przetwarzania odpadów komunalnych frakcja kaloryczna odpadów jest magazynowana, co stwarza zagrożenie pożarowe, zwłaszcza przy wysokich temperaturach panujących w okresie letnim. W kontekście wzrostu cen węgla oraz konieczności zwiększenia udziału alternatywnych źródeł energii w krajowym miksie energetycznym, paliwa z odpadów stanowią bardzo atrakcyjne i dostępne lokalnie paliwo dla energetyki. Paliwa z odpadów komunalnych o niższej wartości opałowej (do 11 MJ/kg) wykazują wyższy niż paliwa wysokoenergetyczne udział frakcji biodegradowalnej, która w świetle obowiązujących przepisów może zostać zakwalifikowana jako OZE. Ich wykorzystanie pozwala więc na uniknięcie części opłaty za uprawnienia do emisji CO₂, co w kontekście obserwowanego drastycznego wzrostu cen tych uprawnień stanowi niewątpliwie dużą zaletę dla danej elektrowni czy ciepłowni.
Słowa kluczowe: paliwa z odpadów, RDF, odzysk energii, energetyka, ciepłownictwo

One of the main problems of the waste management industry in Poland is the management of waste fuels, so-called RDF (Refused Derived Fuel), which can potentially be a source of electricity and heat, but the country currently lacks installations where it could, in accordance with the applicable standard, be recovered. In the light of the law, both in Poland and in the European Union, RDF is waste, which determines the requirements for its recovery. Currently, cement plants are the main recipient of waste fuels in Poland, but their processing capacity is limited. In addition, cement plants have high quality requirements for fuels, which can only be met by a small stream of RDF from municipal waste. The current lack of possibility to manage RDF causes both economic and ecological losses. The caloric fraction of waste separated in municipal waste treatment installations is stored, which creates a fire hazard, especially at high temperatures prevailing in the summer. In the context of rising coal prices and the need to increase the share of alternative energy sources in the national energy mix, RDF constitute very attractive and locally available fuel for the power industry. Fuels from municipal waste with lower calorific value (up to 11 MJ/kg) show a higher share of biodegradable fraction than high-energy fuels, which in the light of the applicable regulations, may be classified as RES. Their use allows to avoid a part of the fee for CO₂ emission allowances, which in the context of the observed drastic increase in the prices of these allowances is undoubtedly a great advantage for a given power plant or heating plant.
Keywords: refuse derived fuels, RDF, energy recovery, energy industry, heating

Wstęp

Gospodarka odpadami komunalnymi w Polsce stanęła ostatnio w obliczu bardzo dużych problemów, które ograniczają jej rozwój i przyczyniły się do znaczącego wzrostu kosztów zagospodarowania odpadów komunalnych. Do najważniejszych wyzwań gospodarki odpadami komunalnymi należą rosnące wymagania w zakresie recyklingu i odzysku, przy kurczących się możliwościach zagospodarowania poszczególnych frakcji wydzielonych z odpadów, czyli braku rynków

zbytu na poszczególne surowce i materiały wydzielane z odpadów zmieszanych, czy nawet tych selektywnie zbieranych. Ponadto fala pożarów w miejscach gromadzenia i przetwarzania odpadów, która miała miejsce, zwłaszcza w 2018 roku, przełożyła się na zaostrzenie przepisów związanych z warunkami ochrony przeciwpożarowej i nadzoru zakładów gospodarki odpadami. Ustawa z dnia 20 lipca 2018 r. o zmianie ustawy o odpadach

oraz niektórych innych ustaw (Dz.U. 2018 poz. 1592) [1] nałożyła na zarządzających instalacjami gospodarki odpadami szereg obowiązków, które wiążą się z koniecznością podjęcia działań inwestycyjnych i organizacyjnych oraz znacznie ograniczają swobodę działania eksploatujących tego typu zakłady. Przesłanką prawodawcy było ograniczenie pożarów odpadów, jednak zaostrzenie przepisów nie rozwiązuje istniejących od lat problemów zagospodarowania frakcji kalorycznej odpadów ani też

dr inż. Emilia den Boer, ORCID ID <https://orcid.org/0000-0001-9718-5774> – Zakład Technologii Odpadów i Remediacji Gruntów, Wydział Inżynierii Środowiska, Politechnika Wroclawska; e.mail: emilia.denboer@pwr.edu.pl

przyczyn tego zjawiska. Natomiast w przypadku eksploatujących instalacje zgodnie z prawem i na podstawie udzielonych decyzji administracyjnych konsekwencje zmian są dotkliwe.

Wymagania w zakresie gospodarki odpadami komunalnymi zgodnie z nowelizacją dyrektyw odpadowych

O ile przepisy polskie w zakresie gospodarki odpadami są bardzo niestabilne i podlegają ciągłym zmianom, to w przypadku przepisów unijnych, ich opracowanie trwa bardzo długo, jednak raz wdrożone obowiązują przynajmniej przez dekadę w niezmienionej treści. W 2018 roku po długich konsultacjach i uzgodnieniach weszły w życie przepisy znówelizowanych dyrektyw w sprawie odpadów [2], w sprawie składowisk odpadów i w sprawie opakowań i odpadów opakowaniowych. Dyrektywy te realizują najważniejsze przesłanki pakietu gospodarki o obiegu zamkniętym (z ang. „circular economy”). Zmienione dyrektywy [2] jasno formułują unijne cele w zakresie gospodarki odpadami komunalnymi; najważniejsze z nich to minimalny wymagany poziom recyklingu odpadów komunalnych: 55% do roku 2025, 60% do roku 2030 i 65% do roku 2035 liczonego w stosunku do całkowitej masy odpadów komunalnych,

- maksymalny udział składowania odpadów komunalnych – na poziomie 10% do 2035 r.,
- obowiązek wdrożenia selektywnej zbiórki bioodpadów do 31 grudnia 2023 r.

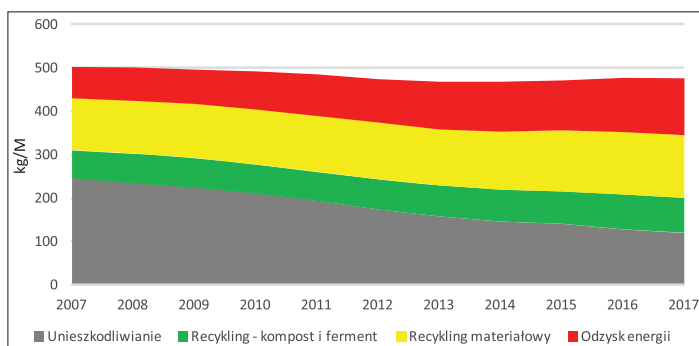
Unia Europejska kładzie zdecydowany nacisk na zamykanie obiegów materii – głównie przez recykling materiałowy. W gospodarce o obiegu zamkniętym jest też miejsce na odzysk energii z odpadów, jednak jego udział powinien być stopniowo ograniczany do 35% całkowitej masy odpadów komunalnych w roku 2035, gdyż zgodnie z przedstawioną strategią cała pozostała masa odpadów powinna być poddana recyklingowi. Wytwarzanie paliw z odpadów nie jest uznawane za proces recyklingu. Ponadto w myśl obowiązującej hierarchii postępowania z odpadami odzysk energii z odpadów jest traktowany jako działanie mniej pożądane niż poddanie ich recyklingowi. Tak więc odzysk energii powinien być stosowany do tych grup odpadów, które poddane były wcześniej recyklingowi lub, dla których recykling jest ze względów technicznych lub ekonomicznych nieuzasadniony. To tyle jeśli chodzi o wymagania

prawne, jednak do celów unijnych na rok 2035 jeszcze nam daleko.

Na rysunku 1 przedstawiono średnie dla UE-28 udziały poszczególnych metod zagospodarowania odpadów komunalnych. Średnio udział odzysku energii w masie zagospodarowanych odpadów wynosi 28,8%, recykling materiałowy oraz organiczny (czyli kompostowanie i fermentacja) stanowią łącznie 47,4%, a unieszkodliwianie przez składowanie – 23,8%. Średni wynik wymaga więc poprawy w zakresie recyklingu, żeby do roku 2035 osiągnąć zamierzone cele (65% recyklingu) [3].

Rys. 1
Udziały poszczególnych metod zagospodarowania odpadów komunalnych w UE-28 [kg/M] [3]

Fig. 1
Shares of individual options of managing municipal waste in EU28 [kg/inh.] [3]

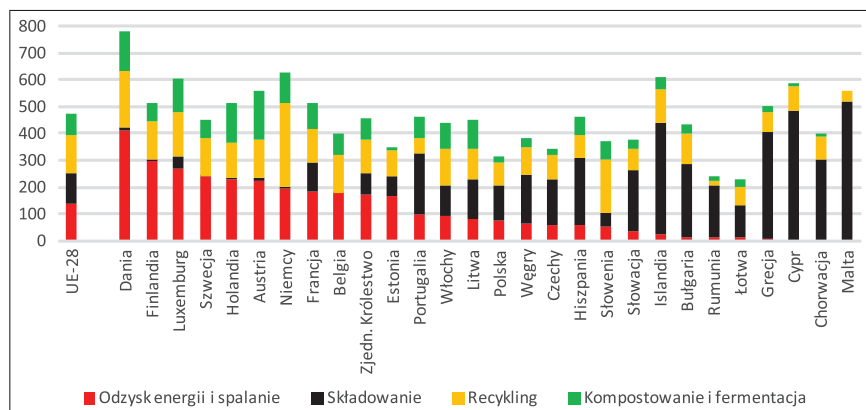


Jednak, jeśli przyjrzymy się udziałom metod zagospodarowania odpadów komunalnych w poszczególnych krajach członkowskich, to widoczne są bardzo duże rozbieżności. Rys. 2 przedstawia ilości odpadów poddanych poszczególnym technolo-

giom zagospodarowania, wyrażone w wartościach absolutnych – w kg na mieszkańca (kg/M). Państwa uszeregowano w kolejności od maksymalnych ilości odpadów poddanych odzyskowi energii. W tym zakresie rozbieżności są bardzo duże.

Najwięcej odpadów komunalnych poddawanych jest odzyskowi energii w Danii (413 kg/M) oraz w Finlandii 299 (kg/M). W Finlandii również udział procentowy odzysku energii w całkowitym bilansie zagospodarowania odpadów komunalnych jest najwyższy (58,5%), a wzrost udziału tej technologii odzysku miał miejsce w ostatnich latach, od kiedy

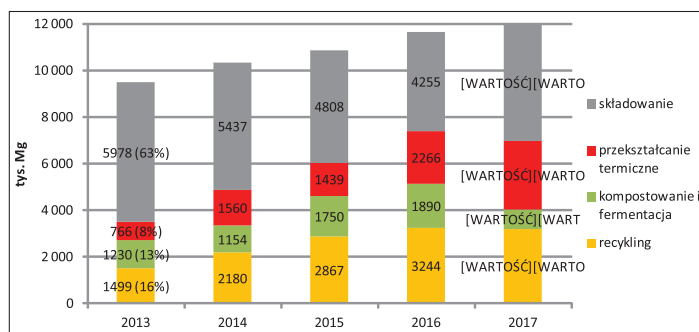
wprowadzono wysoki podatek od składowania. Ponad połowę masy odpadów komunalnych poddaje się procesom odzysku energii również w Danii i Szwecji (w obu po 52,8%), a blisko 45% w Luxemburgu (44,7%) i Holandii (44,4%) [3].



Rys. 2.
Udziały poszczególnych metod zagospodarowania odpadów komunalnych w krajach członkowskich UE w 2017 roku (kg/M) [3]

Fig. 2.
Shares of individual municipal waste management methods EU member states in 2017 [kg/inh.] [3]

Rys. 3.
Przetwarzanie odpadów komunalnych w Polsce (tys. Mg/rok) [4]
Fig. 3.
Municipal waste treatment in Poland (thous. Mg / year) [4]



Odzysk energii z odpadów w Polsce

Zgodnie z danymi Głównego Urzędu Statystycznego (GUS 2018) w roku 2017 w Polsce zostało wytworzonych 11 969 tys. Mg odpadów komunalnych, z których 6 969 tys. ton – stanowiące 58% przeznaczono do odzysku, a aż 5 000 tys. Mg – 42% przeznaczono do składowania. Składowe odzysku stanowią recykling (3 199 tys. Mg – 27%), kompostowanie (848 tys. Mg – 7%) oraz termiczne przekształcenie z odzyskiem energii (2 922 mln Mg – 24%).

Odzysk energii z odpadów komunalnych prowadzony jest w spalarniach oraz cementowniach. W roku 2017 w spalarniach odpadów komunalnych przekształcaniu termicznemu poddano 849 tys. Mg odpadów, z czego 576 tys. Mg stanowiły zmieszane odpady komunalne (pod kodem 20 03 01), a 272 tys. Mg stanowiły pozostałości z sortowania odpadów komunalnych oraz paliwo z odpadów (o kodach 19 12 12 i 19 12 10). W dziesięciu eksploatowanych w Polsce cementowniach, termicznemu odzyskowi poddano 1966 tys. Mg odpadów, z czego 1221 tys. Mg stanowiło paliwo z odpadów (o kodzie 19 12 10), a 91 tys. Mg pozostałości z sortowania odpadów komunalnych. Natomiast według danych Stowarzyszenia Producentów Cementu, 70% wykorzystanych paliw z odpadów stanowiły paliwa z odpadów komunalnych, co oznacza, że z całkowitej masy paliwa poddanego odzyskowi ok. 855 tys. Mg stanowiło paliwo z odpadów komunalnych [5]. Oznacza to, że dane GUS dotyczące odzysku energii z odpadów komunalnych są przeszacowane, gdyż do odzysku energii w 2017 roku skierowano łącznie ok. 14,2% odpadów komunalnych, a nie 24% jak podaje GUS. Według informacji Ministerstwa Środowiska, po uwzględnieniu dwóch dodatkowych zaawansowanych projektów spalarni odpadów zmieszanych i rozbudowie spalarni Miejskiego Przedsiębiorstwa Odpadami w Warszawie oraz budowie II etapu Instalacji Termicznego Przetwarzania z Odzyskiem Energii w Rzeszowie, łączna moc spalania odpadów zmieszanych wzrosnie o 575 tys. Mg i osiągnie łącznie wartość 1709 tys. Mg/rok. Stanowi to ok 13,5% odpadów komunalnych. Oznacza to, że do zakładanego w Krajowym Planie Gospodarki Odpadami (KPGO2022) limitu 30% udziału spalania pozostaje 2089 tys. Mg odpadów. Jednak część w tej wartości jest zarezerwowana na zwiększenie potencjału odzysku energii z odpadów w cementowniach. Zakładając, że w cemen-

towaniach odzyskuje się ok 1 mln Mg paliw z odpadów komunalnych, pozostaje wciąż ok 1 mln Mg przepustowości do wypełnienia przez nowo budowane instalacje odzysku energii z odpadów komunalnych (lub paliw z odpadów komunalnych).

Sytuacja branży energetycznej w Polsce

Energetyka i ciepłownictwo w Polsce są wciąż oparte w głównej mierze o węgiel. Mimo, że w 2017 roku udział węgla w produkcji energii był najniższy od 1918 roku, to łączny udział innych nośników energii wciąż nie przekracza 20%. Co prawda w latach 2010-2017 spadł udział węgla kamiennego w produkcji energii elektrycznej (z 92 TWh do 84 TWh), jednak jednocześnie wzrosła produkcja z węgla brunatnego (z 49 do 52 TWh) [6]. Ogółem, w 2017 roku prawie 50% energii elektrycznej wytworzono w elektrowniach opalanych węglem kamiennym, a kolejne 30% węglem brunatnym, natomiast udział elektrociepłowni gazowych osiągnął 6%. Faktem jest również, że zapotrzebowanie na energię od kilku lat wzrasta i przewiduje się dalsze utrzymanie tego trendu. W 2017 roku, według danych Agencji Rynku Energii, produkcja energii elektrycznej w polskich elektrowniach była najwyższa w historii, po raz pierwszy przekraczając granicę 170 TWh (w stosunku do 166,6 TWh w 2016 roku). Z prognozy opracowanej na zlecenie Fundacji Promocji Pojazdów Elektrycznych, do 2031 roku zużycie energii elektrycznej w Polsce wzrosnie z dzisiejszych 156 TWh do 200 TWh, z czego transport będzie wówczas odpowiadać za 7 TWh.

To oznacza, że potrzebne są nowe źródła energii. Podobnie jeśli chodzi o ciepłownictwo, jednym z trendów jest dywersyfikacja źródeł energii, z naciskiem na rozwój lokalnych źródeł. Pewne jest, że

udział węgla w krajowym miksie energetycznym nadal będzie spadać. Wyczerpywanie się zasobów węgla i innych kopalnych nośników energii, jak również niepokojące zmiany klimatu, obserwowane w ostatnich dziesięcioleciach dowodzą, że jednym z głównych kierunków rozwoju są inwestycje w odnawialne źródła energii (OZE). Udział odnawialnych źródeł energii w produkcji energii elektrycznej w Polsce w latach 2010 – 2017 wzrósł z 9 do 24 TWh. Jest to bardzo powolny wzrost, co przekłada się na niski udział OZE w miksie energetycznym – w 2017 roku jedynie 14% stanowiły OZE [4].

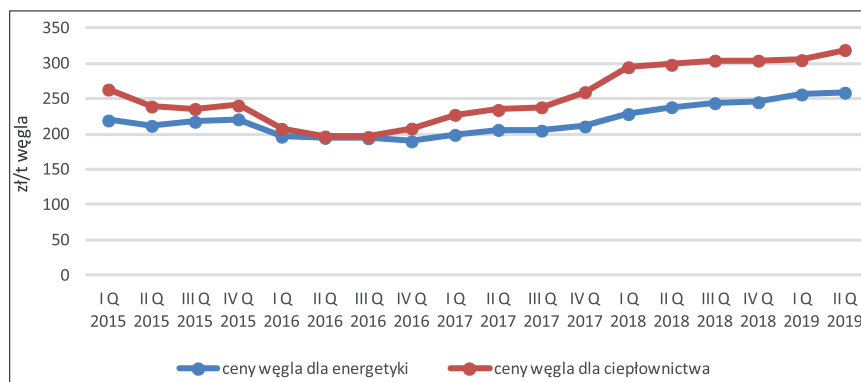
Dodatkowym impulsem zmian jest bardzo dynamiczny wzrost cen węgla w Polsce, który miał miejsce od 2016 roku. Sytuację na krajowym rynku węgla można prześledzić w oparciu o Polskie Indeksy Rynku Węgla Energetycznego [7]. Polskie Indeksy Rynku Węgla Energetycznego to grupa wskaźników cen wzorcowego węgla energetycznego, produkowanego przez krajowych producentów i sprzedawanego na krajowym rynku energetycznym oraz krajowym rynku ciepła.

W kwietniu 2019 roku ceny polskiego węgla kamiennego dla energetyki osiągnęły poziom najwyższy od ponad pięciu lat, rosnąc w stosunku do stycznia 2019 roku o 2,4%. Wartość indeksu cen węgla dla ciepłownictwa wyniosła 313,02 zł za tonę, czyli o 4,0% więcej niż w styczniu [7].

W kwietniu 2019 roku krajowe ceny węgla dla energetyki były o 10,0 % wyższe niż w tym samym miesiącu 2018 r. (237,2 zł/Mg) i o 25,0% wyższe niż w kwietniu 2017 roku (208,6 zł/Mg).

W przypadku węgla dla ciepłownictwa w porównaniu do kwietnia 2018 roku cena wzrosła o 3,3%, jednak w stosunku do kwietnia 2017 roku wzrost cen wyniósł aż 34,7% [7].

W przeliczeniu na uzyskiwaną z węgla energię w kwietniu 2019 roku



Rys. 4. Tendencja zmian cen węgla na podstawie danych Polskiego Rynku Węgla (wskaźniki PCMSI 1 i PCMSI 2) [7]

Fig. 4. The tendency of coal price changes based on the data of the Polish Coal Market [7]

cena węgla dla energetyki wyniosła 12,11 zł za gigadzul, a w przypadku ciepłownictwa 13,01 zł/GJ.

Co ciekawe kwiecień 2019 roku to siódmy z rzędu miesiąc spadku cen węgla na świecie – ceny węgla zmalały o ponad 13% w porównaniu do marca 2019r. To wartość niższa również niż przed rokiem o ponad 27%. Polski węgiel drożeje podczas gdy światowe ceny węgla spadają, co przekłada się na rosnący import węgla do Polski.

Wzrost cen węgla w Polsce miał miejsce jednocześnie z kilkukrotnym wzrostem cen uprawnień do emisji CO₂. Cena uprawnień do emisji dwutlenku węgla wzrosła z 4,38 euro za tonę w maju 2017 r. do 18,28 euro za tonę w sierpniu 2018 r, a obecnie przekroczyła 28 EUR za tonę. Przewiduje się dalszy wzrost cen i osiągnięcie w ciągu kilku lat wartości z przedziału 35-40 euro za tonę, wynika z raportu organizacji Carbon Tracker [8].

Oznacza to, że oprócz cen węgla coraz większy wpływ na koszt energii elektrycznej czy ciepła ma opłata za emisję CO₂. Ponieważ dotyczy to w szczególności energii wytwarzanej z węgla, czyli pochodzącej z paliwa kopalnego, dlatego należy dążyć do zastąpienia go paliwami o niższym koszcie pozyskania i niższej emisji gazów cieplarnianych.

Paliwa z odpadów – alternatywą dla węgla

W tym kontekście coraz bardziej korzystnym paliwem stają się paliwa z odpadów, w tym również paliwa z odpadów komunalnych. Wiele rodzajów odpadów cechujących się korzystnymi parametrami energetycznymi zawiera frakcję biodegradowalną (biomasę). Energetyczne wykorzystanie tych odpadów może przynieść dodatkowe korzyści związane z kwalifikacją i rozliczaniem wytworzonej energii elektrycznej i ciepła jako pochodzących ze źródeł odnawialnych oraz uczestnictwem w systemie handlu uprawnieniami do emisji gazów cieplarnianych [9, 10].

Jakość paliw z odpadów, a w szczególności ich właściwości paliwowe determinują użyteczność poszczególnych frakcji odpadów, w kontekście odzysku energii. Z jednej strony bardzo istotna jest wartość opałowa paliwa w stanie roboczym, zależna od ciepła spalania i wilgotności paliwa. Z drugiej strony paliwo nie powinno powodować korozji kotła, ani nadmiernej emisji do atmosfery, co oznacza, że istotnymi parametrami jest zawartość chloru, siarki i innych zanieczyszczeń, np. metali ciężkich. Poniżej zestawiono para-

Tab. 1 Porównanie właściwości paliwowych różnych paliw i frakcji odpadów [11, 12, 13, 14]
Table 1. Comparison of fuel properties of various fuels and waste fractions [11, 12, 13, 14]

	Wilgotność W _r [%]	Popiół A _r [%]	Starka S _r [%]	Wartość opałowa Q _r [MJ/kg]	Chlor Cl _r [%]	Węgiel C _r [%]	Wodór H _r [%]	Azot N _r [%]
Węgiel kamienny	5-12	10-25	0,6-1,0	20-27	0,07-0,3	70-85	4,5	1,2-1,4
Węgiel brunatny	42-54	5,8 – 20	0,2-0,8	8,0 – 9,2				
Mączka zwierzęca	8	28	0,3	16	0,2	42	5,8	7,5
Osady ściekowe	5	18	0,12	16	1	40	7	0,84
Opony	0,6	6	1,5	35,5	0,06	80	7	0,54
Guma z opon	0,7	2	0,8	35,6		87	7,8	0,33
Odpady z papieru	43	12	0,1	14	1,1			5,9
Tworzywa sztuczne	0,08	9,5	1	36	0,5			
Paliwa z odpadów dla cementowni – średnia	13,3	14,5	0,39	19,7	0,70	46,6	5,72	1,22
Frakcja nadsitowa odpadów komunalnych	32	28	0,8	11				
Frakcja nadsitowa podsuszona	8	19,7	0,6	18				
Zmieszane odpady opakowaniowe (15 01 06)	7	14,3	0,7	24				
Balast posortowniczy (z odpadu 15 01 06)	16	16,7	0,3	15				

metry konwencjonalnych paliw z charakterystyką różnych rodzajów odpadów i paliw z odpadów.

Z przedstawionych w tab. 1 danych wynika, że najbardziej pożądanym pod względem zasobności energii składnikiem paliw są tworzywa sztuczne i gumy (opony). Są to obecnie główne składniki paliw poddawanych odzyskowi w cementowniach. Cementownie preferują paliwa o stosunkowo wysokiej wartości opałowej – ok. 20 MJ/kg i wyższej oraz o wilgotności do 15%. Paliwa te pozyskiwane są z odpadów przemysłowych oraz wyselekcjonowanych frakcji odpadów komunalnych. Jednak z uwagi na obowiązujący od 1 stycznia 2016 roku zakaz składowania odpadów o ciepłe spalania >6 MJ/kg sm (Dz.U. 2015 poz. 1277) do odzysku energii należy skierować znacznie większą ilość odpadów palnych pozyskiwanych z odpadów komunalnych po procesie mechanicznej obróbki (sortowania). Główne frakcje do zagospodarowania to:

- 1) tzw. frakcja nadsitowa (odpad o kodzie 19 12 12), często zwana balastem – czyli frakcja o granulacji >80 mm (względnie >60 lub >100 mm) wydzielona mechanicznie (na sitach) z odpadów zmieszanych. W tej frakcji występują zarówno odpady palne (tworzywa sztuczne, papier, odpady wielomateriałowe, bioodpady), jak też frakcje mineralne (szkło, odpady inertne). Udział palnej frakcji nadsitowej stanowi ok. 35-40% całego strumienia odpadów komunalnych;
- 2) frakcja nadsitowa po dodatkowej obróbce np. biologicznym czy fizycznym suszeniem;
- 3) zmieszane odpady opakowaniowe (o kodzie 15 01 06), a raczej tzw.

balast po sortowaniu zmieszanych odpadów opakowaniowych (odpad o kodzie 19 12 12). W tej frakcji występuje większy udział surowców, zwłaszcza tworzyw sztucznych i odpadów wielomateriałowych niż w balastie z sortowania odpadów zmieszanych.

Szacunkowe właściwości paliwowe tych frakcji przedstawiono w tab. 1. Ogólnie można stwierdzić, że frakcja nadsitowa odpadów zmieszanych, spośród wszystkich odpadów, charakteryzuje się najwyższą wilgotnością (ok. 32%) i najniższą wartością opałową (ok. 11 MJ/kg), przy wysokiej zawartości popiołu. Jednak są to wciąż parametry korzystniejsze niż dla węgla brunatnego. Właściwości frakcji nadsitowej można poprawić za pomocą biologicznego lub fizycznego suszenia lub separacją składników chłonnących wilgoć (głównie papier). Poniżej przedstawiono charakterystykę – udziały i wilgotności podstawowych składników frakcji nadsitowej odpadów komunalnych. Skład odpadów określony w badaniach morfologicznych zmieszanych odpadów komunalnych z dużego miasta zmodyfikowano uwzględniając wymagania dotyczące recyklingu odpadów surowcowych (papieru, tworzyw sztucznych, szkła i metali na poziomie 50% łącznie, w roku 2020). W zmodyfikowanym składzie frakcji nadsitowej przedstawionym w tab. 2 dominują odpady kuchenne i ogrodowe (spodziewany poziom selektywnej zbiórki jest dość niski w przypadku miasta). Podobnie jak w danych literaturowych średnia wartość opałowa tej frakcji wynosi ok. 11 MJ/kg, czyli zbyt mało dla cementowni. Jednak jest to wartość wyższa niż wykazują węgle brunatne (tab. 1). Paliwo wysokiej jakości

(dla cementowni) można otrzymać eliminując ze składu frakcji nadsitowych frakcje cięższe, o wysokiej wilgotności, np. papier, bioodpady kuchenne i ogrodowe, mokre tekstylia czy drewno. W ten sposób można uzyskać paliwo o znacznie wyższej wartości opałowej – ok. 20 MJ/kg, czyli takie które jest odpowiednie dla cementowni.

dzo niska z uwagi na wysoką zawartość wilgoci. Jednak biorąc pod uwagę koszty emisji CO₂ należy rozważyć udział paliw o podwyższonej zawartości biomasy.

Podstawą kwalifikacji i rozliczania energii odzyskanej z odpadów jako pochodzącej z odnawialnych źródeł jest zawartość frakcji biodegradowalnej

wo udział energii pochodzącej ze źródeł odnawialnych na poziomie 42% zawartej w nich energii chemicznej, przy spełnieniu warunków wymienionych w Rozporządzeniu Ministra Środowiska z dnia 8 czerwca 2016 r. w sprawie warunków technicznych kwalifikowania części energii odzyskanej z termicznego przekształcania odpadów (Dz.U. 2016 r. poz. 847) [16].

Natomiast zgodnie z § 5. 1. tego rozporządzenia, obliczenia udziału OZE dokonuje się na podstawie wyników badań poszczególnych rodzajów paliw dostarczonych do procesu termicznego przekształcania w instalacji termicznego przekształcania odpadów zgodnie z odpowiednią metodyką obliczania udziału energii chemicznej frakcji biodegradowalnych, określoną w pkt 1 załącznika nr 2 do rozporządzenia. Zgodnie z tym załącznikiem zawartość biomasy określa się metodą selektywnego rozpuszczania lub izotopu węgla 14C, zgodnie z Normą PN-EN 15440:2011 [17].

Metoda selektywnego rozpuszczania opiera się na reakcji rozkładu biomasy pod wpływem stężonego kwasu siarkowego (hydrolizie kwasowej) i jej utlenieniu nadtlenkiem wodoru do dwutlenku węgla i wody. Zastosowanie tych reagentów pozwala na przeprowadzenie podobnego rozkładu biomasy, jaki ma miejsce w procesie naturalnej biodegradacji przy udziale mikroorganizmów. Wadą tej metody jest czas trwania i dość duży nakład pracy.

Metoda izotopu węgla 14C opiera się na procedurach analitycznych umożliwiających określanie wieku obiektów zawierających węgiel organiczny. Podobną metodykę stosuje się w medycynie, wadą tej metody jest konieczność wyposażenia laboratorium w kosztowną aparaturę badawczą.

Na podstawie danych literaturowych i własnych badań paliw z odpadów komunalnych można stwierdzić, że w zależności od składu odpadów udział energii pochodzącej z biomasy waha się między 35%-50%. Niższe wartości dotyczą paliw obecnie wykorzystywanych w przemyśle cementowym. W przypadku tych paliw średnia zawartość biomasy oznaczona metodą izotopu węgla C¹⁴ wynosi 37,8% (Weisser i in. 2016) [13].

Pierwszą nowoczesną instalacją wielopaliwową, wykorzystującą jako jedno z paliw – RDF jest instalacja eksploatowana przez Fortum Zabrze S.A. Zastosowano tu kocioł z cyrkulacyjnym złożem fluidalnym (CFB) wykorzystującym energię paliw w kogeneracji. Moc instalacji wynosi 225 MW wsadu w paliwie (moc cieplna: 145 MW, moc elektryczna: 75 MW).

Tab. 2. Skład i wartości opałowe poszczególnych składników paliwa z frakcji nadsitowej
Table 2. Composition and calorific values of individual fuel components from the over-sieve fraction

	Wilgotność [%]	Wartość opałowa frakcji [kJ/kg]	Odpady palne – palne składniki frakcji nadsitowej		Paliwo wysokiej jakości		
			Udział w paliwie [%]	Udział energii w wartości opałowej paliwa [kJ/kg paliwa]	Separacja do paliwa [% zawartości]	Udział w paliwie [% masy]	Udział w wartości opałowej paliwa [kJ/kg paliwa]
Papier	19	9 967	15,1	1 505	10	4,9	488
Tworzywa szt.	16,2	24 194	13,1	3 169	90	34,2	8 274
Odpady wielomateriałowe	15,8	24 074	2,1	506	90	5,6	1 348
Odpady kuchenne i ogrodowe	47,9	6 491	48,7	3 161	10	15,8	1 026
Tekstylia	17,9	14 714	4,2	618	10	1,4	206
Drewno	12,3	16 157	0,8	129	10	0,3	48
Inne	17,7	23 574	1,9	448	90	22	5 186
Odpady wielkogabarytowe	15,8	24 074	4,2	1 011	90	14,2	3 419
Odpady z terenów zielonych	60,8	2 879	9,9	285	5	1,6	46
Suma			100	10 832		100	20 042

Poza podstawowymi parametrami paliwa jak: wartość opałowa, zawartość chloru, zawartość metali i zawartość popiołu, bardzo ważną rolę odgrywa zawartość biomasy w paliwie. Stosowanie paliw z odpadów w procesach współspalania czy spalania wielopaliwowego przyczynia się do zmniejszenia emisji gazów cieplarnianych, głównie dwutlenku węgla CO₂. W tym kontekście, mimo, że paliwo wysokiej jakości wykazuje lepsze parametry energetyczne (wartość opałową), to zaletą pierwszego jest wyższy udział frakcji biodegradowalnej. Frakcja biodegradowalna zawarta w paliwie (papier, bioodpady kuchenne i ogrodowe, drewno, część tekstyliów z włókien naturalnych, itd.) może być uznana za biomasę i na podstawie obowiązujących przepisów uprawnia do uznania części odzyskanej energii pochodzącej z tej frakcji jako OZE. A to, w konsekwencji, pozwala na uznanie części emisji przypadającej na tą frakcję jako tzw. „emisja zerowa”, czyli nie wymaga opłaty za wprowadzenie CO₂ do atmosfery. Wyliczony na podstawie składu udział biomasy w pierwszym paliwie wynosi aż 77,4% masy. W przypadku paliwa wysokiej jakości udział masowy frakcji biodegradowalnych wynosi 25,5%. Różnica jest bardzo duża, ponieważ materiały takie jak bioodpady czy papier, są uznawane w całości za biomasę, a z drugiej strony ich wartość opałowa jest bar-

w odpadach, która może być uznawana za „biomasę”. Sposób klasyfikacji oraz rozliczania energii elektrycznej wytworzonej z udziałem odpadów zawierających frakcje biodegradowalne reguluje Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 8 czerwca 2016 r. w sprawie warunków technicznych kwalifikowania części energii odzyskanej z termicznego przekształcania odpadów (Dz.U. 2016, poz. 847) [15]. Na mocy tego rozporządzenia, do odpadów, które można w całości lub części zostać uznane jako OZE zalicza się odpady z grup:

- 02: odpady z rolnictwa, sadownictwa, upraw hydroponicznych, rybołówstwa, leśnictwa, łowiectwa oraz przetwórstwa żywności (np. odpadowa masa roślinna, odpady z gospodarki leśnej),
- 03: odpady z przetwórstwa drewna oraz z produkcji płyt i mebli, masy celulozowej, papieru i tektury (np. odpady kory i drewna),
- 20: odpady komunalne łącznie z frakcjami gromadzonymi selektywnie (np. odpady z ogrodów i parków oraz targowisk).

Podstawowym zagadnieniem niezbędnym do bilansowania i certyfikacji tej energii jest wiarygodne określenie ilości frakcji biodegradowalnej zawartej w tych odpadach.

W przypadku spalania zmieszanych odpadów komunalnych, ustalono ryczałto-

Zakładana roczna produkcja ciepła wynosi 730 GWh, prądu zaś 550 GWh [18]. Zgodnie z deklaracjami zarządzających instalacją intencją jest pozyskiwanie 50% energii z paliwa RDF.

Podsumowanie

Obecnie jednym z najważniejszych wyzwań dla gospodarki odpadami komunalnymi w Polsce jest wdrożenie obowiązującego od 1 stycznia 2016 roku zakazu składowania frakcji palnej. Frakcja palna należy do głównych produktów mechaniczno-biologicznego przetwarzania odpadów w regionalnych instalacjach przetwarzania odpadów komunalnych, funkcjonujących na terenie kraju. Z frakcji tej można wytworzyć tzw. paliwo z odpadów.

Wysokiej jakości paliwa z odpadów znajdują zagospodarowanie w cementowanych, a część odpadów jest spalana w spalarniach. Mimo to, na rynku rocznie pozostaje ok. 4-5 mln. Mg odpadów, o ciepłe spalania pomiędzy 6 do 15 MJ/kg, które nie mogą być składowane.

Z drugiej strony, z uwagi na wyczerpywanie się zasobów i rosnące ceny paliw kopalnych energetyka zmuszona jest sięgnąć po alternatywne źródła energii. Natomiast globalne problemy wywołane przez emisję gazów cieplarnianych skłaniają ku

poszukiwaniu źródeł energii odnawialnej. Dodatkowym argumentem ekonomicznym są drastycznie rosnące ceny uprawnień do emisji CO₂. W tym kontekście atrakcyjnym paliwem dla energetyki stają się paliwa z odpadów, w tym odpadów komunalnych, w których udział energii z biomasy może wynieść nawet 50%.

Niewątpliwie właściwy kierunek umożliwiający zagospodarowanie strumienia paliw alternatywnych stanowi sektor ciepłowniczy i energetyczny, który wyraża coraz większe zainteresowanie tego typu paliwem, głównie z uwagi na znacznie niższą cenę paliw pozyskanych z odpadów w stosunku do paliw kopalnych. Pierwszym przykładem tego typu instalacji w Polsce jest elektrociepłownia w Zabrze.

LITERATURA

- [1] Ustawa z dnia 20 lipca 2018 r. o zmianie ustawy o odpadach oraz niektórych innych ustaw (Dz.U. 2018 poz. 1592)
- [2] Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2018/851 z dnia 30 maja 2018 r. zmieniająca dyrektywę 2008/98/WE w sprawie odpadów
- [3] Eurostat
- [4] GUS, Ochrona Środowiska 2018, Warszawa 2018
- [5] Ministerstwo Środowiska 2019, Informacje Ministerstwa Środowiska na temat spalarni odpadów komunalnych i ich miejsca w systemie gospodarki odpadami, 1 kwietnia 2019 r. Warszawa
- [6] Agencja Rynku Energii <https://polskiyrynekwegla.pl>
- [7] Global Greenhouse Gas Reference Network
- [8] Wasielewski, R., Bałazińska, M. Odzysk energii z odpadów w aspekcie kwalifikacji wytworzonej energii elektrycznej i ciepła jako pochodzących z odnawialnego źródła energii oraz uczestnictwa w systemie handlu uprawnieniami do emisji gazów cieplarnianych, *Polityka Energetyczna – Energy Policy Journal* 2018, Tom 21, Zeszyt 1, str. 129–142
- [9] Jagustyn i in. 2014 – Jagustyn, B., Wasielewski, R. i Skawińska, A. 2014. Podstawy klasyfikacji odpadów biodegradowalnych jako biomasy. *Ochrona Środowiska* 4, s. 45–50.
- [10] Gąsior D. 2015, Określenie przydatności różnorodnych frakcji odpadowych w aspekcie ich wykorzystania jako paliwo alternatywne, *Pieczę Przemysłowe & Kotły* 2015, Nr 2, str. 11-16
- [11] Róg L. Procedury badawcze i analityczne w zakresie oceny jakości stałych paliw wtórnych, *Paliwa z odpadów*, Warszawa 2012
- [12] Weisser P., Głodek-Bucyk E., Ślęzak E. 2016, *Stale Paliwa Wtórne i osady ściekowe w technologii produkcji klinkieru portlandzkiego na przykładzie projektu „We4Clinker”*, 9-10 czerwca Konin 2016
- [13] Kordylewski i in. 2005, *Spalanie i Paliwa*, Praca zbiorowa pod red. W. Kordylewskiego, Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, Wrocław 2005 r.
- [14] Rozporządzenia Ministra Gospodarki z dnia 16 lipca 2015 r. w sprawie dopuszczania odpadów do składowania na składowiskach (Dz.U. 2015 poz. 1277).
- [15] Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 8 czerwca 2016 r. w sprawie warunków technicznych kwalifikowania części energii odzyskanej z termicznego przekształcania odpadów (Dz.U. 2016 r. poz. 847).
- [16] PN-EN 15440:2011 *Stale paliwa wtórne – Metody oznaczania zawartości biomasy* <http://www.eczabrze.fortum.pl/>



Ocena efektywności energetycznej oraz kosztów z tytułu ogrzewania i przygotowania c.w.u. w systemach grzewczych stosowanych w budynkach wielorodzinnych to tytuł rozdziału w książce dr inż. Tomasza Cholewy i dr inż. Alicji Siuta – Ołcha pt. "Racjonalizacja zużycia energii w budow-

Racjonalizacja zużycia energii w budownictwie mieszkaniowym

Autorzy: Tomasz Cholewa, Alicja Siuta-Ołcha
Warszawa 2016

Wydawca: Ośrodek Informacji „Technika instalacyjna w budownictwie”

nictwie mieszkaniowym”. Rozdział ten zawiera też przykład analizy techniczno – ekonomicznej trzech rodzajów systemów ogrzewania i przygotowania ciepłej wody, które obecnie najczęściej występują w budynkach wielorodzinnych. **Przedstawiony materiał jest pomocny do określenia efektywności energetycznej budynku.**

Cała książka ukazuje praktyczne możliwości zmniejszania zużycia energii w budynkach mieszkalnych poprzez modernizację systemów ogrzewania i przygotowania ciepłej wody oraz poprzez edukację mieszkańców w tym zakresie. W pracy przedstawiono szereg wyników długoterminowych badań eksploatacyjnych, umożliwiających określenie i sprawdzenie wpływu różnych przedsięwzięć modernizacyjnych na zużycie energii, szczególnie w istniejących budynkach wielorodzinnych.

Do każdego rozpatrywanego przypadku starano się wybrać reprezentatywną grupę budynków, aby zakres przeprowadzonych prac modernizacyjnych pozwolił, w możliwie jednoznaczny sposób, pokazać wpływ danego działania modernizacyjnego na zużycie ciepła w danej grupie budynków, a nie był tylko przypadkowym wynikiem otrzymanym dla pojedynczego obiektu. Każdy przykład poprzedzony jest krótkim wstępem teoretycznym, który w przystępny sposób wprowadza Czytelnika w zakres tematyczny danego zagadnienia, jak również przedstawia wyniki badań oraz osiągnięcia innych Autorów, odnoszące się do racjonalizacji zużycia energii w sektorze mieszkaniowym.

Z tego też względu publikacja przydatna może być projektantom i wykonawcom systemów grzewczych oraz administratorom budynków.

Książka została wydana w twardej oprawie w formacie B5, objętość 214 stron. Cena 1 egz. 64 zł + 5% VAT.

Zamówienia przyjmuje: Ośrodek Informacji „Technika instalacyjna w budownictwie”

02-674 Warszawa, ul. Marynarska 14; tel./fax (22) 843 77 71

e-mail: wydawnictwo@informacjainstal.com.pl, redakcja@informacjainstal.com.pl