



Characteristics of ashes from fireplace

Małgorzata Kajda-Szcześniak¹

¹ Politechnika Śląska, Wydział Inżynierii Środowiska i Energetyki, Katedra Technologii i Urządzeń Zagospodarowania Odpadów, ul. Konarskiego 18, 44-100 Gliwice tel. 32 237 21 04, fax.32 237 11 67, e-mail: mkajda@polsl.pl

Abstract

Problems depicted by the article are related to the management of the fireplace ashes depending on their origin and properties. Tests covered ashes from fireplaces used in dwelling houses. In the fireplaces wood derived wastes were burned. The article presents test results of physical properties, chemical composition and content of heavy metals. Moreover, it describes a composition of contaminations in water extract and cytotoxic analysis on water extract and in the ashes.

In the wastes high content of zinc, manganese and lead was identified. Furthermore, high amount of alkaline compounds was noted. The achieved test results were compared to the data from publications and binding laws.

Keywords: ash, properties, chemical composition, heavy metals, waste management

Streszczenie

Charakterystyka popiołu z paleniska kominkowego

Problematyka artykułu związana jest z zagospodarowaniem odpadów paleniskowych w zależności od ich pochodzenia i właściwości. Badaniami objęto popiół powstający w palenisku kominkowym stosowanym w domach jednorodzinnych. Kominek opalano odpadami drzewnymi. W artykule zamieszczono wyniki badań własnych odnośnie właściwości fizycznych, składu chemicznego oraz zawartości metali ciężkich. Ponadto przedstawiono skład zanieczyszczeń w ekstrakcie wodnym oraz analizę cytotoksyczną przeprowadzoną na ekstrakcie wodnym i w popiele. W odpadzie stwierdzono wysoką zawartość cynku, manganu i ołowiu. Ponadto odnotowano dużą zawartość związków alkalicznych. Uzyskane rezultaty badań porównano z danymi literaturowymi i obowiązującymi aktami prawnymi.

Słowa kluczowe: popiół, właściwości, skład chemiczny, metale ciężkie, zagospodarowanie

1. Wstęp

Popiół to stała, uboczna pozostałość po procesie spalania tzw. odpad paleniskowy. Głównym źródłem odpadów paleniskowych jest energetyka zawodowa. Obok energetyki zawodowej źródłem wspomnianych odpadów są gospodarstwa domowe [1, 2, 3].

W artykule skupiono się na odpadach paleniskowych generowanych w gospodarstwach domowych. W domach mieszkalnych przeważnie występują dwa główne źródła powstawania odpadów paleniskowych. Pierwsze to kotły służące do ogrzewania domów. Są one najczęściej opalane węglem kamiennym, koksem, ekogroszkiem, czy drewnem. Dodatkowym źródłem generującym odpady paleniskowe są kominki, w których najczęściej stosowanym paliwem stałym jest drewno bądź też brykiet drzewny. Powstałe odpady paleniskowe z gospodarstw domowych zbierane są w sposób nieselektywny i wywożone są na składowisko odpadów, stanowiąc w ten sposób dodatkowe i niepotrzebne zarazem obciążenie dla środowiska [3]. Popioły charakteryzują się wysoko rozdrobnioną frakcją, co może prowadzić do nadmiernego pylenia w trakcie ich deponowania. W czasie składowania odpadów paleniskowych dochodzi również do procesu wymywania substancji szkodliwych np. metali ciężkich, które mogą przedostawać się do różnych elementów ekosystemu. Ponadto może dochodzić do zwiększenia ogólnej mineralizacji wód, gdy składowiska nie są dostosowane do panujących warunków hydrogeologicznych [4, 5]. Odpady paleniskowe ze względu na skład chemiczny i swoje

właściwości niekoniecznie muszą być składowane [1, 2, 5-8]. Zgodnie z hierarchią postępowania z odpadami, określoną w Ustawie z dnia 14 grudnia 2012 r. o odpadach (Dz.U. 2013 poz. 21), składowanie stanowi ostateczne rozwiązanie. Biorąc jednak pod uwagę możliwości obciążenia środowiska przyrodniczego popioły muszą być przed właściwym zagospodarowaniem przebadane pod kątem ewentualnego stopnia ich szkodliwości i potencjalnego oddziaływania na środowisko [9]. Jak podają [1, 3, 4, 6, 7] odpady paleniskowe oprócz składowania mogą znaleźć zastosowanie podczas rekultywacji i niwelacji terenu, do uszczelnienia dna składowiska, ponadto mogą być wykorzystywane w rolnictwie, ogrodnictwie, górnictwie i budownictwie m. in. do budowy dróg, nawierzchni parkingowych, wałów przeciwpowodziowych, nasypów komunikacyjnych i konstrukcyjnych pod rurociągi oraz w produkcji cementu, betonu, farb, lakierów, pustaków i cegieł.

Charakterystyka popiołu, skład chemiczny oraz jego ilość zależą od właściwości paliwa oraz od techniki i parametrów procesu spalania. Popioły składają się z różnych proporcji tlenków krzemu, glinu, żelaza, wapnia, magnezu, sodu, potasu, tytanu i manganu, a zanieczyszczenia mogą stanowić metale ciężkie [2].

W artykule przeprowadzono charakterystykę popiołu, otrzymanego w wyniku spalania odpadów drzewnych w palenisku kominkowym, mającym na celu określenie jego przydatności do wyżej wspomnianych celów.

2. Materiał badawczy i metodyka

Badaniami objęto popiół otrzymany w wyniku opalania przykładowego domu jednorodzinnego odpadami drzewnymi w palenisku kominkowym (rys. 2.1).



Rys. 2.1. Popiół ze spalania odpadów drzewnych w palenisku kominkowym (wyk. M. Kajda-Szcześniak).

W uzyskanym popiele określono wilgotność, zawartość części palnych i niepalnych, straty prażenia oraz wykonano analizę pod kątem określenia składu chemicznego (Ca, Mg, K, Si, Al) i zawartości metali ciężkich (Zn, Pb, Cd, Cu, Ni, Cr, Fe, Ti, Mn, As). Ponadto oznaczono wskaźniki zanieczyszczeń w wyciągu wodnym tj. fosfor ogólny, siarczany i chlorki oraz przeprowadzono test toksyczności na wyciągu wodnym i na popiele. Wszystkie oznaczenia przeprowadzono zgodnie z obowiązującymi normami.

3. Wyniki badań i ich dyskusja

Popiół powstały ze spalania drewna odpadowego cechował się drobną frakcją i jasnoszarym zabarwieniem.

Badany popiół charakteryzował się niską wilgotnością rzędu 0,35% oraz wysoką zawartością części palnych na poziomie 39,01%. Odnotowano również wysoką zawartość strat prażenia (niespalonego węgla) rzędu 33,85% (tabela 3.1). Obserwowane zjawisko jest niekorzystne w przypadku zastosowania tego typu popiołów do produkcji cementu, czy betonu [8]. Porównano uzyskane rezultaty badań z wynikami przedstawionymi w pracy

[3] gdzie badano popiół otrzymany z paleniska opalanego drewnem. Autorki odnotowały wilgotność na poziomie 0,63%, a zawartość części palnych na poziomie 15,68%. Z przeprowadzonego porównania wynika, że badany popiół z paleniska kominkowego cechował się 2-krotnie niższą zawartością wilgoci oraz 2,5-krotnie wyższą zawartością części palnych.

Tabela 3.1. Właściwości fizykochemiczne popiołów

Właściwości	Jednostka	Popiół
Wilgotność	%	0,35
Zawartość części palnych	%	39,01
Zawartość popiołu	%	60,99
Strata prażenia	%	33,85
Gęstość nasypowa	kg/m ³	170

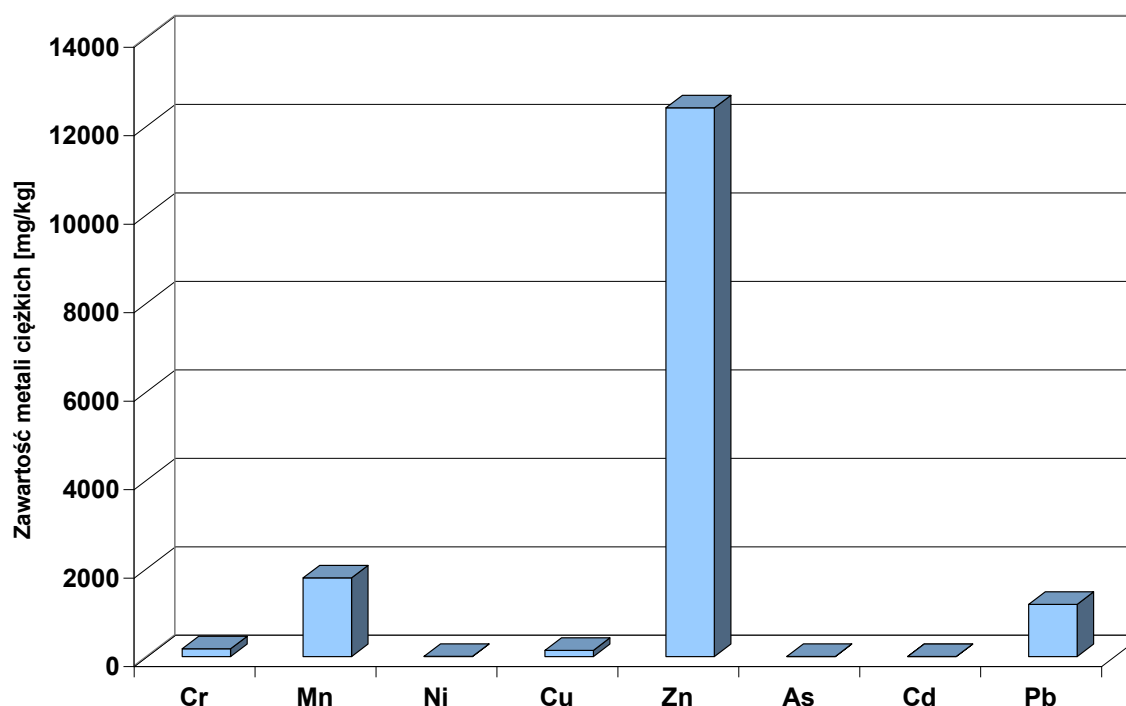
W ramach badań na otrzymanym popiele oznaczono również skład chemiczny badanego popiołu. Znajomość składu chemicznego jest istotna m. in. ze względu na fakt iż duża zawartość związków alkalicznych lub obecność chloru mogą prowadzić do korozji urządzeń energetycznych i tworzenia się osadów na powierzchni grzewczej kotła. Znajomość proporcji pomiędzy składnikami alkalicznymi (Fe₂O₃, CaO, MgO, Na₂O, K₂O i P₂O₅) i kwaśnymi (SiO₂, Al₂O₃ i TiO₂), zawartymi w badanym popiele, może być wyznacznikiem charakteryzującym skłonność popiołu do tworzenia osadów [7, 10]. W badanym popiele przeważają składniki o charakterze zasadowym, największą zawartość odnotowano dla CaO na poziomie 48,2 mg/kg i MgO na poziomie 8,3 mg/kg. Natomiast suma oznaczonych składników kwaśnych nie przekroczyła 11,18 mg/kg (Tabela 3.2.).

Tabela 3.2. Skład chemiczny popiołu ze spalania odpadów drzewnych.

Analit	Jednostka	Popiół
<i>Składniki alkaliczne</i>		
Ca jako CaO	mg/kg	48,20
Mg jako MgO	mg/kg	8,30
K jako K ₂ O	mg/kg	6,12
Fe jako Fe ₂ O ₃	mg/kg	0,83
<i>Składniki kwaśne</i>		
Si jako SiO ₂	mg/kg	3,45
Al jako Al ₂ O ₃	mg/kg	7,26
Ti jako TiO ₂	mg/kg	0,47

Ponadto w badanym popiele stwierdzono obecność metali ciężkich (Rys. 3.1). Zawartość poszczególnych metali w analizowanym popiele układała się w następującym szeregu malejącym wartości: Zn>Mn>Pb>Cr>Cu>Ni>As>Cd.

Badany popiół charakteryzował się najwyższą zawartością cynku rzędu 12406 mg/kg. Ponadto odnotowano wysoką zawartość manganu rzędu 1780 mg/kg i ołowiu 1181 mg/kg. Najniższe wartości stwierdzono w przypadku niklu na poziomie 6,70 mg/kg, arsenu na poziomie 3,50 mg/kg i kadmu na poziomie 2,65 mg/kg. Oznaczona zawartość ołowiu nie spełnia kryterium przyjętego w Rozporządzeniu Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi z dnia 18 czerwca 2008 r. w sprawie wykonania niektórych przepisów ustawy o nawozach i nawożeniu (Dz.U. nr 119 poz. 765) odnośnie dopuszczalnych wartości zanieczyszczeń dla nawozów mineralnych. W związku z powyższym badany popiół nie może znaleźć zastosowania rolniczego.



Rys. 3.1. Zawartość metali ciężkich w popiele ze spalania odpadów drzewnych.

W celu określenia stopnia wymywalności zanieczyszczeń, które mogą negatywnie wpływać na środowisko glebowe jak i wodne z badanego popiołu wykonano wyciąg wodny. Charakteryzował się on wysokim odczynem zasadowym powyżej 12. Stanowi to potwierdzenie dla dużej zawartości składników alkalicznych.

Oznaczone wskaźniki zanieczyszczeń w wyciągu wodnym z popiołu wynoszą odpowiednio: siarczany 1,22 mg/dm³, chlorki 0,32 mg/dm³. W odniesieniu do Rozporządzenia Ministra Środowiska z dnia 24 lipca 2006 r. w sprawie warunków, jakie należy spełnić przy wprowadzaniu ścieków do wód lub do ziemi, oraz w sprawie substancji szczególnie szkodliwych dla środowiska wodnego (Dz.U. nr 137 poz. 984) nie odnotowano przekroczeń dla wyżej wymienionych wskaźników zanieczyszczeń (tabela 3.3.). Przekroczenie stwierdzono w przypadku fosforu ogólnego, którego zawartość kształtowała się na poziomie 5,69 mg/dm³.

Tabela 3.3. Wskaźniki zanieczyszczeń w wyciągu wodnym z popiołu.

Wskaźnik zanieczyszczeń	Jednostka	Wyciąg wodny
Fosfor ogólny	mg/dm ³	5,69
Siarczany	mg/dm ³	1,22
Chlorki	mg/dm ³	0,32
pH	-	12,46

Aby sprawdzić czy popiół i wyciąg wodny uzyskany na bazie badanego popiołu posiadają właściwości toksyczne przeprowadzono analizę cytotoksyczną. Jako materiał roślinny wykorzystano rzeżuchę ogrodową. Z badań wynika, że zarówno popiół jak i wyciąg wodny wykazują inhibicję, czyli hamują wzrost roślin. Odnotowano procent inhibicji powyżej 96% dla popiołu oraz powyżej 92% dla wyciągu wodnego (tabela 3.4). Jak podaje [3] popioły uzyskane z paleniska opalanego odpowiednio drewnem, węglem kamiennym i ekogroszkiem również wykazują inhibicję powyżej 90%, w przypadku wyciągów wodnych z wyżej wymienionych popiołów autorki stwierdziły stymulację.

Tabela 3.4. Analiza cytotoksyczna popiołu i wyciągu wodnego.

Parametr	Jednostka	Popiół	Wyciąg wodny z popiołu
Średnia długość korzeni	mm	0,08	0,16
Procent stymulacji lub inhibicji	%	96,36	92,72

4. Wnioski

W artykule przedstawiono szereg analiz dla wybranego odpadu jakim był popiół z paleniska kominkowego. Przeprowadzone badania pozwalają zakwalifikować badany odpad do zagospodarowania go w różnych dziedzinach gospodarki w zależności od posiadanych właściwości. Ze względu na przekroczone wartości metali ciężkich wybrany popiół nie może znaleźć zastosowania przy obróbce na powierzchni ziemi przynoszącej korzyści dla rolnictwa lub poprawę stanu środowiska (R 10) zgodnie z Załącznikiem nr 1 do Ustawy z dnia 14 grudnia 2012 r. o odpadach (Dz. U. 2013 poz. 21). Analizując otrzymane rezultaty badań jako jedno z rozwiązań proponuje się metodę zestalenia popiołu np. poprzez stabilizację spoiwami mineralnymi lub zeszkliwienie (witryfikację). Dzięki powyższemu zabiegowi ograniczy się przedostawanie zanieczyszczeń do środowiska glebowego, czy wodnego.

Wykorzystanie odpadów paleniskowych generowanych przez gospodarstwa domowe jest aspektem pozytywnym ponieważ znacząco przyczynia się do ograniczenia ilości odpadów kierowanych na składowisko. Wydaje się, że zagospodarowanie odpadów paleniskowych jest najkorzystniejszym wariantem. Jednakże należy zwrócić uwagę, że nadal najbardziej rozpowszechnioną formą jest ich składowanie.

Literatura

1. Niedźwiecki E., Meller E., Kęsek S., Jakubik A.: Właściwości fizykochemiczne popiołów ze spalania odpadów drzewnych w zakładzie Kronopol w Żarach oraz możliwości i sposoby ich zagospodarowania. Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych z. 518, 2007, 119-125.
2. Iwanek P., Jelonek I., Mirkowski Z.: Wstępne badania popiołów z kotła fluidalnego w aspekcie ich zagospodarowania. Gospodarka Surowcami Mineralnymi. Tom 24, Z. 4/4, 2008.
3. Czop M., Margas A.: Oddziaływanie odpadów z palenisk domowych zabudowy niskiej na środowisko przyrodnicze. Pod red. Janusza W. Wandrasza Krzysztofa Piekonia: Paliwa z odpadów 2007. Tom VI. Gliwice 2007.
4. Stolecki L.: Wpływ sposobów składowania odpadów paleniskowych w wyrobisku końcowym odkrywki Bełchatów na środowisko wodne. Politechnika Wroclawska, Wydział Geoinżynierii i Gornictwa i Geologii. Wrocław 2005 r. http://www.dbc.wroc.pl/Content/1392/stolecki_wplyw_PhD.pdf Dostęp z dnia 25.03.2014 r.
5. Czop M., Kajda-Szcześniak M.: Content of heavy metals in ashes after burning biomass briquette. Archives of Waste Management and Environmental Protection, 12, (1), 2010, 67-76.
6. Czop M., Kajda-Szcześniak M.: Environment impact of straw based fuel combustion. Archives of Environmental Protection, vol. 39, nr 4, 2013, 71-80.
7. Żygadło M., Seweryn A., Woźniak M.: Charakterystyka ubocznych produktów spalania biomasy drzewnej z instalacji przemysłowej odzysku ciepła. Pod red. Joanna Kulczycka, Elżbieta Pietrzyk-Sokulska, Herbert Wirth: Zrównoważona produkcja i konsumpcja surowców mineralnych. Kraków 2011.
8. Rajczyk K., Giergiczny E., Szota M.: Ocena możliwości wykorzystania w drogownictwie popiołów nowej generacji powstających ze spalania biomasy. Prace Instytutu Ceramiki i Materiałów Budowlanych. 12, Warszawa-Opole 2013, 72-87.
9. Król D., Ferenc Z., Kajda-Szcześniak M.: Odpady paleniskowe z procesów spalania węgla i biokomponentów. Pod red. Janusza W. Wandrasza Krzysztofa Piekonia: Paliwa z odpadów 2007. Tom VI. Gliwice 2007.

10. Kowalczyk-Juško A.: Popiół z różnych roślin energetycznych. Proceedings of ECOpole, 3, (1), 2009, 159-164.

Akty prawne:

Ustawa z dnia 14 grudnia 2012 r. o odpadach (Dz.U. 2013 poz. 21).

Rozporządzenie Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi z dnia 18 czerwca 2008 r. w sprawie wykonania niektórych przepisów ustawy o nawozach i nawożeniu (Dz.U. nr 119 poz. 765).

Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 24 lipca 2006 r. w sprawie warunków, jakie należy spełnić przy wprowadzaniu ścieków do wód lub do ziemi, oraz w sprawie substancji szczególnie szkodliwych dla środowiska wodnego (Dz.U. nr 137 poz. 984).

Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 13 maja 2004 r. w sprawie warunków, w których uznaje się, że odpady nie są niebezpieczne (Dz.U. nr 128 poz. 1347).
