



Evaluation of the basic properties of the wood waste and wood based wastes

Małgorzata KAJDA-SZCZEŚNIAK

Politechnika Śląska, Wydział Inżynierii Środowiska i Energetyki, Katedra Technologii Urządzeń i Zagospodarowania Odpadów, ul. Konarskiego 18, 44-100 Gliwice, tel.: 32-23-72-104, fax: 32-23-71-167, e-mail: mkajda@polsl.pl

Abstract

The article is a study of literature and refers to the problems related to the generation of the wood wastes and their quantities. Furthermore, it evaluates fuel properties, elemental analysis and content of heavy metals in the selected wood wastes and wood based wastes. Comparative analysis covers two types of wood, i.e. spruce and beech and post-consumed, such as hard fibreboards, laminated chipboard – wood based. The purpose of the analysis of the collected source literature was to indicate differences and similarities characteristic for selected wastes. The results were presented for comparison in a table.

Keywords: wood waste, wood based waste, basic properties

Streszczenie

Ocena podstawowych właściwości odpadów drzewnych i drewnopochodnych

Artykuł ma charakter studium literaturowego, które dotyczy problematyki związanej z powstawaniem odpadów tworzyw drzewnych oraz ich bilansem ilościowym. Ponadto dokonano oceny podstawowych właściwości paliwowych, składu elementarnego i zawartości metali ciężkich w wybranych odpadach drzewnych i drewnopochodnych. Analizą porównawczą objęto dwa rodzaje drewna, tj. świerkowe i bukowe oraz drewno użytkowe, płyty pilśniowe twarde, płyty wiórowe laminowane – drewnopochodne. Analiza zebranych danych literaturowych miała na celu wskazać różnice i podobieństwa charakterystyczne dla wybranych odpadów. Dane przedstawiono w formie tabelarycznej w celu dokonania analizy porównawczej.

Słowa kluczowe: odpady drzewne użytkowe, odpady płyt drewnopochodnych, podstawowe właściwości

1. Wstęp

Materiały drzewne stanowią różnorodną grupę wyrobów, która powstaje w pierwszym etapie przetwarzania surowca drzewnego. Zaliczyć do nich można m.in. tarcicę, okleiny, płyty wiórowe, płyty pilśniowe, sklejkę, masy włókniste, papier i tekturę [1]. Wyżej wymienione wyroby znajdują zastosowanie w przeważającej mierze w budownictwie i przemyśle meblarskim jako elementy pomocnicze, materiały izolacyjne, boazeria, stolarka drzwiowa, czy podłogowa, elementy mebli w postaci frontów, ścian, blatów itp. [1, 2]. Jak podaje [1], przemysł budowlany i meblarski wykorzystuje zasoby płyt drewnopochodnych - zarówno w Polsce jak i w Europie – w około 90%. Wraz z rozwojem sektora budownictwa mieszkaniowego można zaobserwować wzrost zainteresowania, a tym samym i wykorzystania płyt drewnopochodnych typu MDF (medium density fibreboard), HDF (high density fibreboard), płyt wiórowych i pilśniowych, na których w dużej mierze bazuje stolarka otworowa drzwiowa i podłogowa oraz przemysł meblowy [1, 2]. Wykorzystanie w przemyśle budowlanym produktów na bazie drewna i tworzyw drzewnych skutkuje powstawaniem szeregu odpadów. Odpady te mogą charakteryzować się różnymi właściwościami ze względu na swoje pochodzenie, przeznaczenie oraz zastosowanie dodatków w postaci żywic (mocznikowo-formaldehydowych, melaninowo-formaldehydowych, fenolowo-formaldehydowych), klejów, parafiny, lakierów, oklein, folii itp. [2 - 7].

Odpady drewna użytkowego i tworzyw drzewnych generowane są m.in. w wyniku funkcjonowania gospodarstw domowych, na etapie remontów, budów, czy rozbiórek. Część z wytworzonych odpadów

remontowo-budowlanych pochodzących z sektora komunalnego trafia bezpowrotnie na składowiska odpadów. W latach ubiegłych było to alternatywne rozwiązanie, jednakże dotychczasowe metody składowania odpadów w znacznym stopniu obciążały środowisko. Celem zmniejszenia negatywnego oddziaływania składowanych odpadów na środowisko wprowadzono nowe regulacje prawne. W Rozporządzeniu Ministra Gospodarki i Pracy z dnia 7 września 2005 r. w sprawie kryteriów oraz procedur dopuszczania odpadów do składowania na składowisku odpadów danego typu (Dz. U. nr 186 poz. 1553) mowa jest o tym, że od 2013 roku na składowiska inne niż niebezpieczne i obojętne mogą trafiać odpady o cieple spalania poniżej 6 MJ/kg, zawartości ogólnego węgla organicznego poniżej 5% oraz odpady wykazujące stratę przy prażeniu poniżej 8%. Z kolei w Ustawie o utrzymaniu czystości i porządku w gminach z dnia 13 września 1996 r. z późniejszymi zmianami (Dz. U nr 132 poz. 622) mowa jest o tym, że na składowiska do 16 lipca 2020 roku może trafiać nie więcej niż 35% wagowych całkowitej masy odpadów komunalnych ulegających biodegradacji, w stosunku do masy tych odpadów wytworzonych w 1995 roku. W związku z powyższym, istnieje potrzeba poszukiwania nowych metod przekształcania oraz wykorzystania powstających odpadów w celu znacznego zmniejszenia strumienia odpadów kierowanych na składowiska i uzyskania wymiernych korzyści.

W artykule dokonano literaturowego przeglądu podstawowych właściwości fizykochemicznych odpadów drzewnych i drewnopochodnych w celu przedstawienia różnic i podobieństw charakterystycznych dla wybranych odpadów. Analiza odpadów drzewnych i drewnopochodnych stanowiła wstępną weryfikację problemu niezbędną do opracowania i przeprowadzenia szeregu badań w aspekcie optymalnego zagospodarowania tychże odpadów. W związku z tym, iż odpady płyt drewnopochodnych w około 90% składają się z drewna [2, 6], warto zastanowić się nad ich energetycznym wykorzystaniem.

2. Potencjał odpadów drzewnych i drewnopochodnych

Według [8] uznaje się, że ze 100 m³ drewna pozyskiwanego z gospodarki leśnej uzyskuje się w wyniku przeróbki 60% odpadów w postaci kory (10 m³), gałęzi (15 m³), drewna kawałkowego (20 m³), trocin i zrębków (19 m³), tarcicy (36 m³) oraz grubizny (20 – 25 m³). W tabeli 2.1 podano jak kształtują się udziały poszczególnych rodzajów odpadów powstających w przemyśle drzewnym [8].

Tabela 2.1. Udziały rodzajów odpadów drzewnych powstających w wybranych gałęziach przemysłu [8].

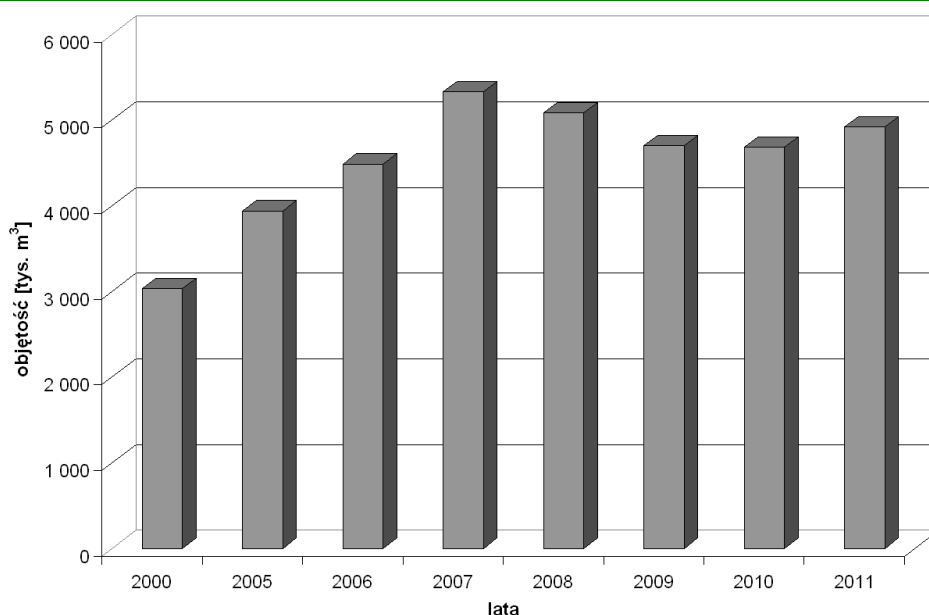
	Jednostka	Drewno kawałkowe	Trociny i wióry	Pył drzewny	Kora
Przemysł tartaczny	tys. m ³	2575	1805	-	300
Przemysł stolarki budowlanej otworowej	tys. m ³	31	72	2	-
Przemysł płyt drewnopochodnych	tys. m ³	437	145	93	280
Przemysł meblarski	tys. m ³	760	70	220	-

W tabeli 2.2 zamieszczono z kolei dane GUS dotyczące ilości produkcji wytworzonej z drewna i wyrobów z drewna i drewnopochodnych w Polsce przypadającej na lata 2005 – 2011 [9]. Dodatkowo na rys. 2.1 – 2.2 przedstawiono jak zmieniła się ilość wytworzonych wyrobów z płyt pilśniowych z drewna lub materiałów drewnopochodnych oraz wyrobów z płyt wiórowych i podobnych płyt z drewna lub materiałów drewnopochodnych w latach 2000 i 2005 – 2011 [9]. Z danych [9] wynika, że roczna ilość wyrobów z wyżej wspomnianych rodzajów płyt wzrastała do 2007 roku, następnie ilość wyrobów z płyt pilśniowych z drewna lub materiałów drewnopochodnych spadała do 2010 roku, by wzrosnąć w 2011 roku. Natomiast dla wyrobów z płyt wiórowych i podobnych płyt z drewna lub materiałów drewnopochodnych zaobserwowano, że ich ilość spadała jeszcze w roku 2008 i 2010 [9].

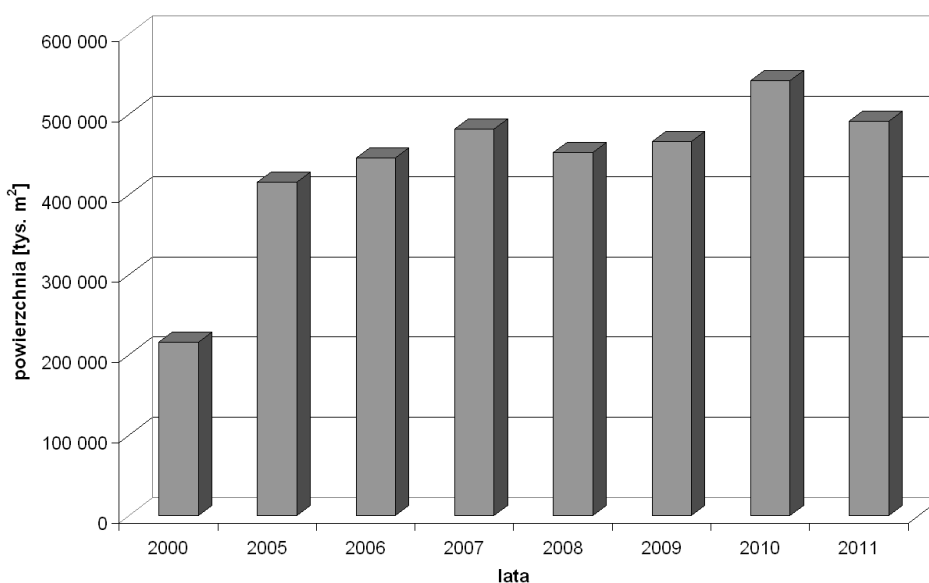
Podsumowując, jak podaje [4], w Polsce powstaje rocznie około 3 mln m³ drewna użytkowego w wyniku wymiany stolarki drzwiowej i okiennej oraz wymiany mebli, czy opakowań. Jest to ilość pokrywająca ponad 11% rocznego pozyskiwania drewna okrągłego w Polsce [4].

Tabela 2.2. Produkcja drewna oraz wyrobów z drewna i wyrobów drewnopochodnych przypadająca na lata 2005 – 2011 w Polsce [9].

Wyrób	Jedn.	Lata						
		2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Tarcica ogółem	tys. m ³	3359,9	3607,2	4416,6	3862,9	3850,4	4220,0	4422,0
- iglasta	tys. m ³	2812,8	3017,9	3769,8	3369,0	3382,7	3765,0	3946,4
- liściasta	tys. m ³	547,1	589,3	646,8	493,9	467,7	455,0	475,6
Sklejka składająca się wyłącznie z arkuszy drewna	tys. m ³	103,7	108,3	121,6	113,9	82,4	123,3	174,9
Płyty wiórowe i podobne płyty z drewna lub materiałów drewnopochodnych	tys. m ³	3939,6	4485,9	5330,4	5081,4	4703,8	4684,1	4917,5
Płyty pilśniowe z drewna lub materiałów drewnopochodnych	tys. m ²	415771	445780	481427	452056	465721	541470	491632
Okleiny	tys. m ²	54291	62796	59381	55654	43712	34846	26770
Połączone płyty podłogowe na podłogi mozaikowe z drewna	tys. m ²	3008,0	2969,0	2490,0	2220,7	1928,0	1966,2	1881,1
Połączone płyty podłogowe z drewna, z wyłączeniem płyt na podłogi mozaikowe	tys. m ²	32909,8	32074,1	32494,5	30489,1	35392,2	38960,2	44989,8
Drzwi, ich futryny oraz progi z drewna	tys. szt.	4134	6510	6236	7278	6983	7514	6883



Rys. 2.1. Wyroby płyt pilśniowych z drewna lub materiałów drewnopochodnych w latach 2000 i 2005 – 2011 [9].



Rys. 2.2. Wyroby płyt wiórowych i podobnych płyt z drewna lub materiałów drewnopochodnych w latach 2000 i 2005 – 2011 [9].

3. Klasyfikacja odpadów drzewnych i drewnopochodnych

Analizując i zgłębiając problem powstawania odpadów płyt drewnopochodnych typu MDF i HDF w sektorze usług remontowo-budowlanych zwrócono uwagę na kwestię zaklasyfikowania wyżej wymienionych odpadów do danej grupy zgodnie z katalogiem odpadów (Dz. U. nr 112 poz. 1206 z 2001 r.). Według katalogu odpadów, należałoby uwzględnić dwie grupy odpadów, a mianowicie grupę 03 odpady z przetwórstwa drewna oraz z produkcji płyt i mebli, masy celulozowej, papieru i tektury oraz grupę 17 odpady z budowy, remontów i demontażu obiektów budowlanych oraz infrastruktury drogowej (włączając glebę i ziemię z terenów zanieczyszczonych). Zarówno w grupie 03 jak i 17 wymienione są tylko następujące rodzaje odpadów: Trociny, wióry, ścinki, drewno, płyta wiórowa i fornir zawierające substancje niebezpieczne (03 01 04*), Trociny, wióry, ścinki, drewno, płyta wiórowa i fornir inne niż wymienione w 03 01 04 (03 01 05), Drewno (17 02 01); nie ma

wymienionych odpadów z płyt pilśniowych typu MDF, czy HDF. Wydaje się, iż odpady płyt pilśniowych typu MDF, czy HDF ze względu na podobne właściwości powinny być zaklasyfikowane do tej samej grupy odpadów co płyty wiórowe [6]. Również w grupie 17 mogłyby być uwzględnione odpady tworzyw drzewnych.

4. Charakterystyka odpadów

W strumieniu odpadowej stolarki budowlanej zidentyfikować można m. in. drzwi wewnętrzne i zewnętrzne na bazie płyt MDF, czy płyt wiórowych, panele podłogowe wykonane w oparciu o płyty HDF oraz podłogi i drzwi wykonane z naturalnego drewna. Dlatego też dla celów porównawczych wybrano następujące rodzaje odpadów:

- drewno świerkowe,
- drewno bukowe,
- drewno użytkowe,
- płyty pilśniowe twarde,
- płyty wiórowe laminowane – drewnopochodne.

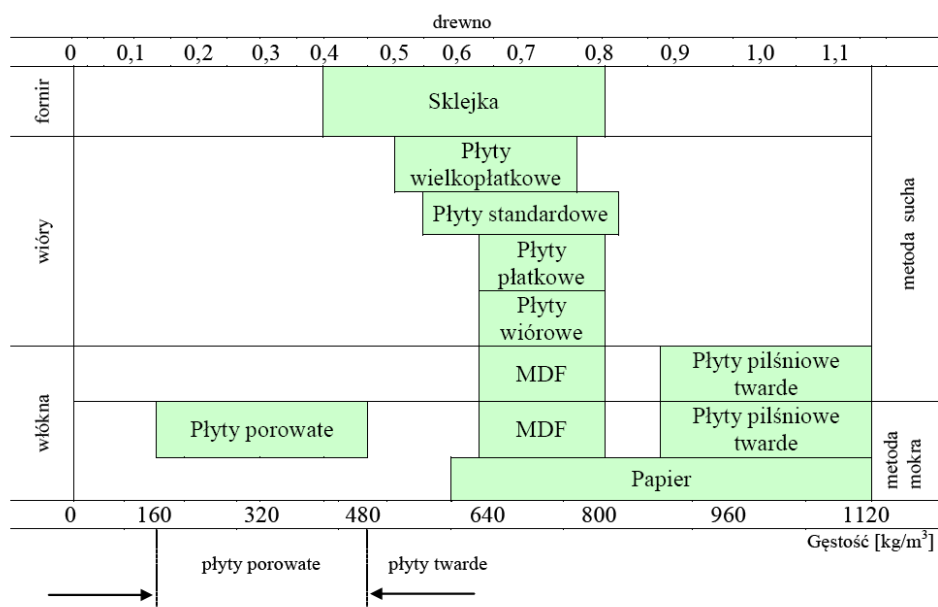
Na rysunku 4.1 przedstawiono klasyfikację płyt drewnopochodnych uwzględniającą gęstość płyt, wielkość cząstek drewna i metodę produkcji [3].

Poniżej zestawiono krótką charakterystykę odpadów drzewnych i drewnopochodnych:

Drewno jest surowcem otrzymywanym ze ściętych drzew, który następnie w wyniku obróbki jest formowany w różnego rodzaju sortymenty. Podstawowymi pierwiastkami budulcowymi drewna są: węgiel, tlen, wodór, azot i inne pierwiastki występujące w śladowych ilościach. Drewno składa się w ok. 45% z celulozy, w ok. 30% z hemicelulozy i w ok. 20% z ligniny [10, 11].

Drewno użytkowe stanowią odpady drzewne typu: stolarka budowlana, okienna, meble, opakowania drewniane itp. [4, 12].

Materiały drewnopochodne to takie, do produkcji których używa się odpadów, powstających podczas uzyskiwania tarcicy (trociny, wióry, gałęzie drzew) oraz paździerzy. Zalicza się do nich: sklejkę, płyty wiórowe i płyty pilśniowe. Na płyty drewnopochodne w około 90% składa się drewno, pozostałe 10% stanowią dodatki w postaci spoiw, laminatów, lakierów itp. [2, 3, 6, 7, 13].



Rys. 4.1. Klasyfikacja płyt drewnopochodnych [3].

Płyta pilśniowa wykonana jest z drewna w postaci płyty wytworzonej na drodze termomechanicznego rozwłókniania tkanki drzewnej przez spilśnienie jej i uformowanie w odpowiedniej temperaturze i pod normalnym ciśnieniem (płyta porowata) lub zwiększonym ciśnieniem (płyta twarda i bardzo twarda). Płyty

pilśniowe produkuje się w oparciu o następujące surowce: odpady połuszcarskie, zrżyny tartaczne, przesortowaną strużkę (wiórki poeksploatacyjne), cienkie żerdzie i drobnicę użytkową. Dodatek mogą stanowić żywice klejowe, lakiery, parafina [2, 3, 4, 5, 6, 7, 14]. Wyróżnić można m.in. następujące płyty pilśniowe, które znajdują zastosowanie w meblarstwie i budownictwie (płytki drzwiowe, panele podłogowe) [2, 3, 6, 7, 15, 16]:

- MDF jest to płyta pilśniowa średniej gęstości. Najczęściej wykorzystywana w produkcji drzwi, mebli.
- HDF jest to płyta z włókien drzewnych, o wysokiej gęstości. Najczęściej wykorzystywana do produkcji paneli podłogowych.

Płyta wiórowa znajduje również zastosowanie w przemyśle meblarskim i budownictwie, jako materiał konstrukcyjny. Płyty wiórowe wytwarza się z wiórów drzewnych poprzez sprasowanie z dodatkiem żywicy, przy odpowiednich parametrach ciśnienia i temperatury, w płyty o różnych wymiarach, grubościach, ciężarze objętościowym i parametrach wytrzymałościowych w zależności od przeznaczenia. Wióry do produkcji płyt pozyskiwane są przez mechaniczne skrawanie, ze zdrowego drewna drobnowymiarowego, odpadowego lub drewna nie nadającego się do przerobu na deski [3, 6, 7, 17].

Płyta szerokowiórowa płaskoprasowana tzw. płyta OSB, w której wióry w warstwie środkowej ułożone są poprzecznie do kierunku wytwarzania, a w warstwie zewnętrznej prostopadle. Najczęściej jako spoiwo wykorzystywany jest klej fenolowy. Płyty OSB znajdują szerokie zastosowanie w budownictwie m.in. jako materiał poszycia ścian, dachów, podłóg oraz jako zamiennik desek i sklejki [18, 19].

5. Właściwości wybranych odpadów

W pierwszej kolejności ocenie poddano wybrane właściwości paliwowe, takie jak: zawartość popiołu, zawartość części lotnych, temperatura zapłonu, wartość opałowa. Uzyskane dane literaturowe dla drewna surowego i drewna użytkowego zestawiono w tabeli 5.1

Tabela 5.1. Właściwości paliwowe.

Oznaczenie	Jednostka	Drewno świerkowe [11, 12, 20, 21]	Drewno bukowe [11, 12, 20, 21]	Drewno użytkowe* [12]
Popiół	% s.m.	0,60	0,50	0,80
Części lotne	% s.m.	82,90	84,00	79,60
Temperatura zapłonu**	°C	220-300		b.d.
Wartość opałowa	MJ/kg s.m.	18,80	18,40	18,30

*palety, skrzynie, płyty stolarskie, płyty meblowe, drewno pobudowlane, drzwi, odrzwia,

**dla drewna,

***s.m. (przyjmuje się, że stan suchy dotyczy próby wysuszonej do stałej masy w 105°C),

Rozpatrując właściwości paliwowe należy stwierdzić, że są one podobne dla wszystkich uwzględnionych w ocenie rodzajów odpadów drzewnych. Analizowane rodzaje drewna charakteryzują się zawartością popiołu poniżej 0,80% i wysoką zawartością części lotnych - od 79,60% dla drewna użytkowego do 84% dla drewna bukowego. Jest to parametr istotny ze względu na dobór właściwych warunków zapłonu i spalania [22, 23]. Wartość opałowa dla drewna świerkowego była najwyższa i wynosiła 18,80 MJ/kg, z kolei dla drewna użytkowego przyjęła najniższą wartość na poziomie 18,30 MJ/kg.

Następnie przedstawiono analizę porównawczą składu elementarnego w celu wyznaczenia zawartości podstawowych pierwiastków chemicznych (C, H, O, N, S, Cl), która stanowiła uzupełnienie informacji o właściwościach paliwowych. Wyznaczenie składu elementarnego, czyli podstawowej charakterystyki drewna i odpadów drewnopochodnych ma znaczenie m.in. w zaplanowaniu i dostosowaniu odpowiednich warunków spalania. Udziały poszczególnych pierwiastków w paliwie biomasowym mają również przełożenie na wielkość

emisji zanieczyszczeń gazowych i w konsekwencji decydują o doborze odpowiednich metod oczyszczania spalin [22].

W tabeli 5.2 przedstawiono skład elementarny kilku rodzajów drewna i płyt drewnopochodnych.

Tabela 5.2. Skład pierwiastkowy.

Oznaczenie	Jednostka	Drewno świerkowe [11]	Drewno bukowe [11]	Drewno użytkowe [12]	Płyta pilśniowa twarda [6]	Płyta wiórowa laminowana – drewnopochodna [6]
C	% s.m.	49,80	47,90	47,80	51,44	48,38
H	% s.m.	6,30	6,20	6,50	6,41	6,38
O	% s.m.	43,20	45,20	44,33	41,90	38,76
N	% s.m.	0,13	0,22	0,50	0,25	6,43
S	% s.m.	0,015	0,015	0,0524	0,00	0,04
Cl	% s.m.	0,005	0,006	0,0172	0,003	0,006

Drewno jak i odpady płytowe drewnopochodne charakteryzowały się zbliżoną zawartością węgla i wodoru - udziały tych pierwiastków mieszczą się odpowiednio w przedziałach od 47,80% zawartości węgla dla drewna użytkowego do 51,44% zawartości węgla dla płyty pilśniowej twardej oraz od 6,20% zawartości wodoru dla drewna bukowego do 6,50% zawartości wodoru dla drewna użytkowego. Zawartość azotu we wszystkich przytoczonych odpadach jest niska (poniżej 0,5%), wyjątek stanowiła płyta wiórowa laminowana – drewnopochodna, która cechowała się kilkukrotnie większą zawartością azotu na poziomie 6,43%. Zwiększona zawartość azotu wynika z zastosowania spoiw w postaci żywic, np. aminowych [2, 4]. Odnotowano również niską zawartość siarki i chloru; ich zawartość w paliwie ma szczególne znaczenie ze względu na zjawisko korozji wysokotemperaturowej i zużycia urządzeń [22, 23].

Ponadto wykonano również analizę porównawczą zawartości metali ciężkich, które przyczyniają się do zanieczyszczenia gleby, atmosfery i wody. Zanieczyszczenie środowiska metalami jest następstwem emisji pyłów pochodzących m.in. z operacji przemysłowych, energetyki, motoryzacji, ale mogą je również powodować różnego rodzaju odpady [24].

Metale generalnie dzielą się na cztery grupy [24]:

- pierwiastki o bardzo wysokim stopniu potencjalnego zagrożenia dla środowiska, (Cd, Hg, Cr, Ag, Zn, Au, Sb, Sn, Tl i in.),
- pierwiastki o wysokim stopniu potencjalnego zagrożenia dla środowiska (Mo, Mn, Fe, Se i in.),
- pierwiastki o średnim stopniu potencjalnego zagrożenia dla środowiska (V, Ni, Co, W i in.),
- pierwiastki o niskim stopniu potencjalnego zagrożenia dla środowiska (Zr, Ta, La, Nb i in.).

W tabeli 5.3 porównano wskaźniki literaturowe odnośnie zawartości wybranych metali ciężkich (Cd, Pb, Cr, Ni, Zn, Co, Cu, Hg) dla drewna i odpadów drewnopochodnych.

Analiza zawartości metali ciężkich wykazała znaczne zróżnicowanie ze względu na zawartość cynku. W płycie wiórowej laminowanej odnotowano najwięcej zawartości cynku około 156 mg/kg, drugą co do zawartości była płyta pilśniowa twarda w której odnotowano 50 mg/kg. Dla pozostałych prób wielkość ta nie przekroczyła 35 mg/kg. Drewno świerkowe i bukowe charakteryzowało się zawartością ołowiu powyżej 2 mg/kg, natomiast odpady drewnopochodnych płyt - poniżej 1 mg/kg. Z kolei zawartość kadmu kształtowała się na podobnym poziomie we wszystkich porównywanych odpadach. Dwu- i trzykrotnie większe zawartości miedzi odnotowano w drewnie bukowym i świerkowym w porównaniu z odpadami tworzyw drzewnych oraz kilkukrotnie większe zawartości niklu i chromu w porównaniu do płyt pilśniowych twardych.

Tabela 5.3. Zawartość metali ciężkich.

Oznaczenie	Jednostka	Drewno świerkowe [11, 12]	Drewno bukowe [11, 12]	Drewno użytkowe [12]	Płyta pilśniowa twarda [6]	Płyta wiórowa laminowana – drewnopochodna [6]
Zn	mg/kg s.m.	34,40	15,70	11,6	50,00	156,00
Pb	mg/kg s.m.	2,17	2,75	1,61	0,62	0,59
Cd	mg/kg s.m.	0,23	0,29	0,14	0,43	0,10
Cu	mg/kg s.m.	3,54	2,04	1,50	1,41	1,16
Co	mg/kg s.m.	0,29	b.d.	b.d.	b.d.	b.d.
Ni	mg/kg s.m.	4,76	b.d.	b.d.	0,58	b.d.
Cr	mg/kg s.m.	6,77	7,00	0,47	0,84	b.d.
Hg	mg/kg s.m.	~0,04	b.d.	b.d.	b.d.	b.d.

6. Wnioski

Wybrane do analizy porównawczej odpady drzewne i drewnopochodne charakteryzujące się zbliżonymi właściwościami paliwowymi. Ponadto odpady te wykazują również podobieństwo m.in. w składzie pierwiastkowym. Wyjątek stanowi zawartość azotu w płycie wiórowej laminowanej, która jest kilkukrotnie wyższa. Zwiększoną ilość azotu można wytłumaczyć stosowanymi w produkcji płyt spoiwami [2, 4]. Analizując zawartość metali ciężkich należy zwrócić uwagę na zwiększoną zawartość cynku w płytach tworzyw drzewnych. Wykonane studium literaturowe, tematycznie dotyczące podstawowych właściwości odpadów drzewnych i drewnopochodnych, pozwala dokonać wstępnej weryfikacji problemu niezbędnej do zaplanowania i przeprowadzenia szeregu badań w aspekcie energetycznego wykorzystania tychże odpadów.

Literatura

1. Kaputa V.: Rynek materiałów drzewnych w Polsce. Intercathedra, nr 20, 2004, s. 74 – 78.
2. Wasilewski R., Hrycko P.: Efekty energetyczno-emisyjne spalania odpadów z przeróbki płyt drewnopochodnych w kotle małej mocy. Archiwum Gospodarki Odpadami i Ochrony Środowiska vol. 12, nr 1, 2010, s. 27 – 34.
3. Nicewicz D.: Płyty pilśniowe MDF. Wydawnictwo SGGW. Warszawa 2006.
4. Cichy W., Wróblewska H.: Paliwa drzewne z odpadów użytkowych – potencjał, właściwości, zagrożenia. Praca zbiorowa pod red. Janusza W. Wandrasza i Krzysztofa Pikonia, Paliwa z odpadów. Tom IV. Wyd. Helion, Gliwice 2003, s. 125 – 130.
5. Roffael E., Schneider T., Dix B., Buchholz T.: Zur Hydrophobierung von mitteldichten Faserplatten (MDF) mit Paraffinen Teil 1: Einfluss der chemischen Zusammensetzung des Paraffins und des Emulgatortyps auf die Hydrophobierung von MDF. Holz als Roh- und Werkstoff. 63/2005. s. 192 – 203.
6. Hikiert M. A.: Problemy ze spalaniem odpadów płyt. <http://www.plytameblowa.pl/rozmowy>. Odczyt z dnia 05.09.2012.

7. Nicewicz D., Borysiuk P., Pawlicki J.: Tworzywa drzewne specjalnego przeznaczenia. Wydawnictwo SGGW. Warszawa 2004.
8. Janowicz L.: Biomasa w Polsce. Energetyka, nr 8 (626)/Rocznik 59, 2006, s. 601 – 604.
9. GUS. Przemysł. Budownictwo. Środki trwałe. Produkcja produktów przemysłowych w 2011 r. http://www.stat.gov.pl/cps/rde/xbcr/gus/PB_produkcja_wyrobow_przemyslowych_w_2011.xls. Odczyt z dnia 08.11.2012.
10. Pojęcie drewno: [http://pl.wikipedia.org/wiki/Drewno_\(technika\)](http://pl.wikipedia.org/wiki/Drewno_(technika)). Odczyt z dnia 12.11.2012.
11. Kaltschmitt M., Hartmann H.: Energie aus Biomasse. Grundlagen, Techniken und Verfahren. Springer, Berlin 2001.
12. Wandrasz J. W., Wandrasz A. J.: Paliwa formowane. Biopaliwa i paliwa z odpadów w procesach termicznych. Wyd. Seidel-Przywecki Sp. z o.o. Warszawa 2006.
13. Pojęcie materiały drewnopochodne: http://pl.wikipedia.org/wiki/Materia%C5%82y_drewnopochodne. Odczyt z dnia 12.11.2012.
14. Pojęcie płyta pilśniowa: http://pl.wikipedia.org/wiki/P%C5%82yta_pil%C5%9Bniowa. Odczyt z dnia 12.11.2012.
15. Pojęcie płyta MDF: <http://pl.wikipedia.org/wiki/MDF>. Odczyt z dnia 12.11.2012.
16. Pojęcie płyta HDF: http://pl.wikipedia.org/wiki/P%C5%82yta_HDF. Odczyt z dnia 12.11.2012.
17. Pojęcie płyta wiórowa: http://pl.wikipedia.org/wiki/P%C5%82yta_wi%C3%B3rowa. Odczyt z dnia 12.11.2012.
18. <http://solidnydom.pl/plyty-szerokowiorowe-plaskoprasowane-osb.html>. Odczyt z dnia 23.01.2013.
19. [http://pl.wikipedia.org/wiki/OSB_\(p%C5%82yta\)](http://pl.wikipedia.org/wiki/OSB_(p%C5%82yta)). Odczyt z dnia 23.01.2013.
20. Nadziakiewicz J.: Spalanie stałych substancji odpadowych. Wyd. Gnome, Katowice 2001.
21. Nadziakiewicz J., Waclawiak K., Stelmach S.: Procesy termiczne utylizacji odpadów. Wyd. Pol. Śl., Gliwice 2007.
22. Król D., Łach J., Poskrobko S.: O niektórych problemach związanych z wykorzystaniem biomasy nieleśnej w energetyce. Energetyka, nr 1 (667)/Rocznik 63, 2010, s. 53 – 62.
23. Golec T.: Współspalanie biomasy w kotłach energetycznych. Energetyka, nr 7 (601/602)/Rocznik 57, 2004, s. 437 – 445.
24. Bioremediacja metali ciężkich i innych zanieczyszczeń z gleby. http://www.bpservice.pl/uploaded/news_files/file_11043484_bioremediacja_ciekawe.pdf. Odczyt z dnia 13.09.2012.

