



Adam NOCOŃ<sup>1</sup>, Iwona JELONEK<sup>2</sup>, Marta JACH-NOCOŃ<sup>1</sup>, Zbigniew JELONEK<sup>3</sup>

## **Petrograficzna charakterystyka pelletów drzewnych dostępnych w obrocie handlowym na terenie Polski**

Streszczenie: Pellety drzewne są klasyfikowane jako biomasa stała. Stanowią jedno z najpopularniejszych w Europie paliw stosowanych do ekologicznego ogrzewania, szczególnie w sektorze małego ciepłownictwa, spalane są w domowych kotłach małej mocy. Popularność pelletu oraz automatycznych urządzeń grzewczych umożliwiających spalanie tego paliwa wzrosła ze względu na rosnący problem zanieczyszczenia powietrza atmosferycznego (smogu) oraz w związku z licznymi powstającymi programami ograniczenia niskiej emisji (PONE). Pellet drzewny powstaje w wyniku kompresji materiału pochodzącego z drzew iglastych (w głównej mierze) oraz liściastych i zaliczany jest do odnawialnych źródeł energii. Celem prezentowanych badań było porównanie jakości pelletów drzewnych pochodzących od różnych producentów, wykorzystywanych w domowych kotłowniach na paliwa stałe na podstawie jakościowej i ilościowej identyfikacji zanieczyszczeń obecnych w badanym paliwie uzyskanym z rynku krajowego. Innowacją w prezentowanej pracy jest zastosowanie analizy petrograficznej dla paliwa w postaci pelletu, która dotychczas stosowana była jedynie w odniesieniu do paliw kopalnych. Analizę mikroskopową przeprowadzono zarówno dla pelletów certyfikowanych (EN Plus/DIN Plus), jak i niecertyfikowanych dostępnych na rynku. Niestety, analiza wykazała obecność niebezpiecznych kontaminacji w obu typach pelletu. Niedopuszczalne wtrącenia organiczne w analizowanych próbkach to: węgle kopalne i ich pochodne oraz materiały polimerowe pochodzenia naturalnego. Niedozwolone inkluzje nieorganiczne wyznaczone w analizowanych próbkach to: rdza, kawałki metalu, tworzywa sztuczne i materiały polimerowe pochodzenia nieorganicznego.

Słowa kluczowe: pellet drzewny, spalanie, biomasa, odnawialne źródła energii, petrografia

<sup>1</sup> Uniwersytet Śląski, Wydział Nauk o Ziemi, Katowice; P.P.H.U. Zamech, Czeladź;  
e-mail: a.nocon@budmetnocon.pl; marta@omega-sosnowiec.pl

<sup>2</sup> Uniwersytet Śląski, Wydział Nauk o Ziemi, Katowice; e-mail: iwona.jelonek@us.edu.pl

<sup>3</sup> Uniwersytet Śląski, Wydział Nauk o Ziemi, Katowice; GGS-PROJEKT Pracownia geologii i ochrony środowiska Sp. z o.o., Chorzów; e-mail: zbigniew@jelonek.edu.pl

## **The petrographic characteristics of wood pellets available on the Polish market**

Abstract: Wood pellets are classified as a solid biomass type. They are one of the most popular bio-heating fuels used in Europe, especially in the small heating sector, where pellets are burned in low-power domestic boilers. The pellets and automatic pellet-fired heating devices gained popularity due to the increasing air pollution (smog) problem and the low emission limiting campaigns associated with it. Wood pellets are formed as a result of small forestry particles mechanical compression (mainly conifers originated) and they are listed among renewable energy sources. The purpose of the presented studies was to compare the quality of wood pellets used for pellet-fired boilers and to identify, qualitatively and quantitatively, impurities marked in the samples obtained from the domestic market. The application of petrographic analyses, applied so far in relation to fossil fuels, is a presented work innovation for wood pellets. The microscopic analyses were performed on both certified (ENplus/DINplus) and uncertified wood pellets available on the market. Unfortunately, the analysis revealed that the quality requirements were not met, because of the unacceptable contamination presence. The unacceptable organic inclusions in the analyzed samples are fossil coals and their derivatives, coke, and polymeric materials of natural origin. Unacceptable inorganic inclusions determined in the analyzed samples were: glass, slag, rust, pieces of metal, stone powder, plastic, and polymeric materials of inorganic origin.

Keywords: wood pellets, pellet combustion, biomass combustion, renewable energy, petrographic analyses

## **Wprowadzenie**

Biomasą nazywamy każdy materiał pochodzący bezpośrednio lub pośrednio z roślin (Demirbas 2001). Pogarszający się stan środowiska naturalnego, w szczególności powietrza atmosferycznego, spowodował wzrost popularności OZE, w tym biomasy, która podczas ostatniej dekady była coraz częściej wykorzystywanym źródłem energii. Według Międzynarodowej Agencji Energii (IEA 2017) bioenergia zapewnia obecnie 10% światowego zapotrzebowania w energię pierwotną, podczas gdy raport Europejskiego Stowarzyszenia Biomasy (AEBIOM) z 2017 roku wskazuje biomasę stałą jako pierwsze źródło energii (91%) wykorzystywane do bioogrzewania spośród wszystkich rodzajów biomasy drzewnej stosowanej w Europie. Raport AEBIOM wskazuje wzrost produkcji i konsumpcji pelletu drzewnego. W 2016 roku na całym świecie wyprodukowano 28,9 miliona ton pelletu. Wraz z rosnącą popularnością w Polsce paliwa, jakim jest pellet drzewny (Grzybek 2004; Wach 2004), zmieniono ustawę o odnawialnych źródłach energii. Zgodnie z ustawą z dnia 7 czerwca 2018 r. do szerokiej gamy produktów zaliczanych do definicji biomasy został dołączony pellet.

Sprasowana biomasa drzewna w postaci pelletu czy brykietu eliminuje niekorzystny wpływ warunków atmosferycznych związanych z niewłaściwym przechowywaniem biomasy. Surowiec w postaci pelletu jest korzystniejszy pod względem magazynowania i transportu (Krzyżanowska 2007). Do produkcji pelletu stosowany jest materiał z drzew liściastych i iglastych, przy czym zazwyczaj drewno drzew iglastych stanowi 70% wykorzystywanego surowca (Bałtycka Agencja Poszanowania Energii 2009). Norma PN-EN ISO 17225-2 klasyfikuje pellet drzewny według następujących klas: A1 – najwyższej jakości pellet do stosowania w kotłach i piecach ogrzewających gospodarstwa domowe, A2 – pellet przeznaczony do mniej wymagających instalacji; B – pellet wytwarzany z nieprzetworzonego chemicznie drewna bez zawartości metali ciężkich. Na rynku zagranicznym i krajowym w sektorze

bioogrzewania gospodarstw domowych najbardziej popularny jest pellet z certyfikatem DIN Plus i EN Plus A1. Liczne prace naukowe określają wartości fizykochemiczne, to jest zawartość m.in. wodoru, siarki, chloru, azotu, ilości popiołu oraz wilgotności (van den Broek i in. 1996; Baxter i in. 1998; Jenkins i in. 1998; Demirbas 2004; González i in. 2004; Stolarski i in. 2007). Autorzy prezentowanej publikacji zauważyli konieczność rozszerzenia badań nad peluletem drzewnym o nowe techniki, popularnie stosowane dla węgla drzewnego i brykietów z węgla drzewnego. W przeciwieństwie do innych paliw analizy te cechują się większymi restrykcjami ze względu na kontakt tego typu opału z żywnością (PN-EN 1860-2:2006). Ponadto konieczność przeprowadzenia bardziej precyzyjnych badań pelletu skłoniła autorów do wykorzystania metody petrograficznej, stosowanej dotychczas w odniesieniu do paliw kopalnych (Stach i in. 1982) w celu jakościowej analizy pozyskanych próbek pelletu, jak również oznaczenia zanieczyszczeń występujących w paliwie z certyfikatem DIN Plus i EN Plus A1.

## 1. Metodyka badań

Na potrzeby prezentowanych badań pozyskano pięć próbek pelletów drzewnych dostępnych dla każdego indywidualnego klienta na rynku krajowym. Paliwo pochodziło z różnych źródeł, materiał pozyskano bezpośrednio od producentów pelletu (część z nich posiadała atest DIN Plus i/lub EN Plus A1), pozostałe próbki zakupiono w hipermarketach budowlanych. Paliwo przechowywano w oryginalnych opakowaniach handlowych o pojemności 15 kg, zawierających oznaczenia producenta (adres i nazwa wytwórcy) oraz opatrzonych logotypami odpowiednich atestów w przypadku pelletów certyfikowanych.

Każde opakowanie pelletu poddano kwartowaniu, w wyniku którego uzyskano po 0,5 kg uśrednionego materiału. Następnie z każdej przygotowanej partii pelletu wykonano pięć preparatów do obserwacji pod mikroskopem w świetle odbitym, zgodnie z normą PN-ISO 7404-2:2005. Próbki zostały poddane analizie pod mikroskopem automatycznym polaryzacyjnym AxioImager M2m firmy ZEISS w świetle białym, odbitym, przy zastosowaniu metody immersji olejowej w powiększeniu 500×. Badanie próbek wykonano w obserwacji mikroskopowej w zakresie zawartości składników typu materia mineralna, proszek kamienny, szkło, tworzywa sztuczne, węgle, pak węglowy, koks, żużel, ropa naftowa, rdza, metale, biomasa. Na powierzchni zglądu zliczono 1000 punktów wyznaczonych na przecięciu krzyża nitkowego umieszczonego w okularze, w celu procentowego wyodrębnienia wyżej wymienionych elementów.

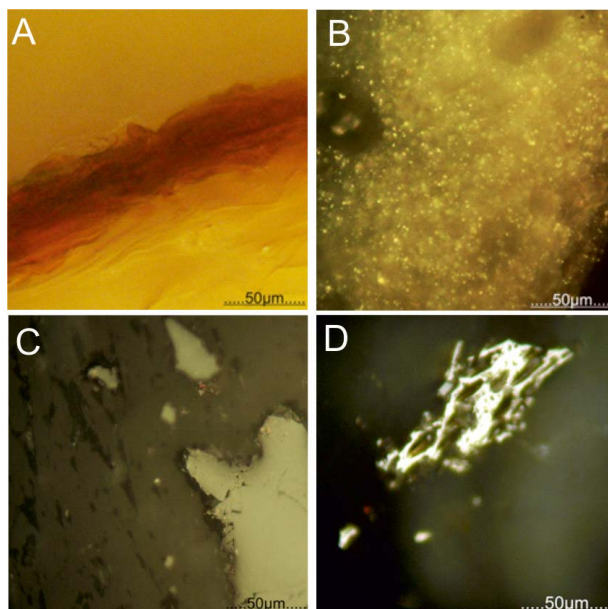
## 2. Wyniki badań

Wykorzystanie metody petrograficznej w celu jakościowej analizy pozyskanych próbek pelletu oraz identyfikacji zanieczyszczeń występujących w badanym paliwie pozwoliło na określenie udziału procentowego składników występujących w badanych próbkach oraz ich identyfikację jakościową. Wyniki badań zebrano w tabeli 1.

TABELA 1. Udział procentowy [%] badanych składników występujących w próbkach pelletów drzewnych oraz ich identyfikacja

TABLE 1. The quantitative participation [%] of components marked in the wood pellets samples and components characteristics

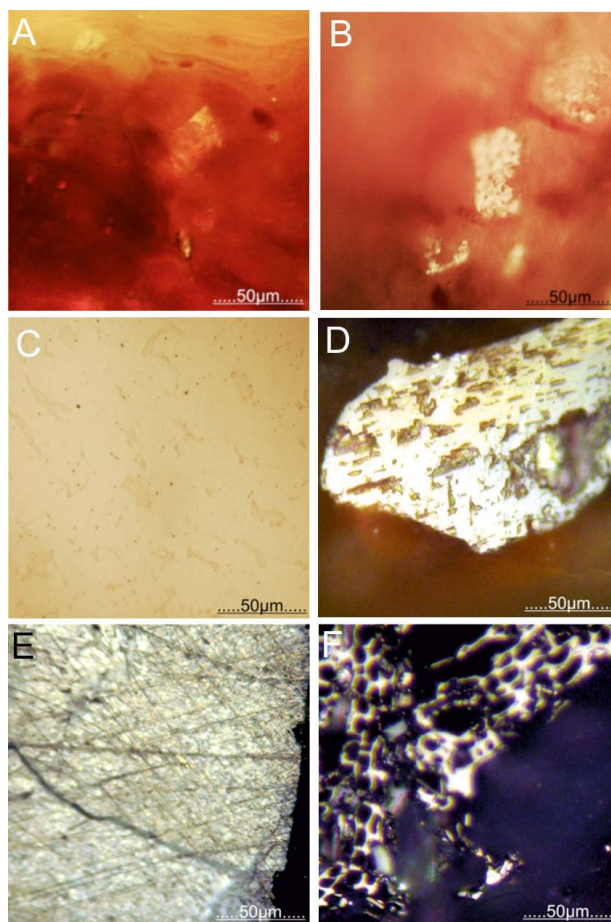
Numer próbki		18.203	18.206	18.208	18.210	18.222
Nazwa zidentyfikowanego metodą mikroskopii optycznej składnika i jego udział procentowy w obrębie poszczególnych próbek	materia mineralna	1	0,8	0,2	0,6	2,9
	proszek kamienny	0	0	0	0	0
	szkło	0	0	0	0	0
	tworzywa sztuczne	0	0,1	0	0	0,1
	węgle kopalne	0,3	0,1	0,7	0,1	0,6
	pak węglowy	0	0	0	0	0
	koks	0	0	0	0	0
	żużel	0	0	0	0	0
	ropa naftowa	0	0	0,1	0	0
	rdza	0	0	0	0	0,2
	metale	0,5	0,5	0,9	1,4	0,3
	biomasa	98,2	98,5	98,1	97,9	95,9
Suma [%]		100	100	100	100	100



Rys. 1. Identyfikacja kontaminacji w próbce 18.203 pelletu drzewnego w świetle odbitym  
A – biomasa (pellet drzewny). Zanieczyszczenia: B – materia mineralna, C, D – węgiel

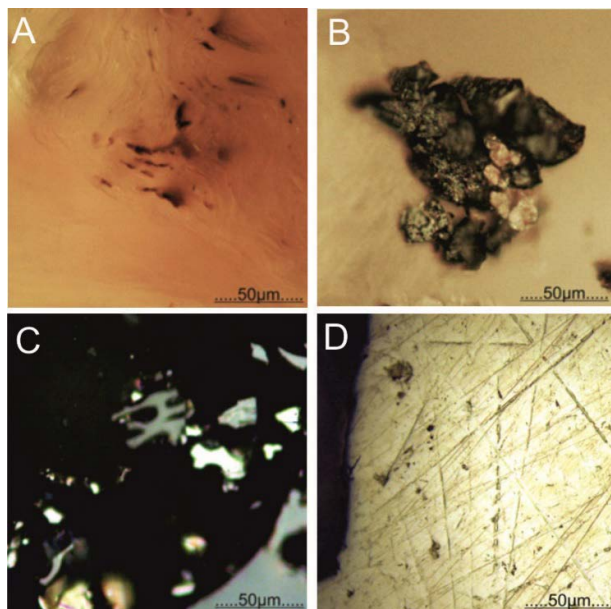
Fig. 1. The contamination identification for 18.203 wood pellet sample, reflected light

Analiza mikroskopowa wykazała obecność niedopuszczalnych według zastosowanej normy PN-EN 1860-2:2006 wtrąceń organicznych w analizowanych próbkach, to jest: węgla kopalnych i ich pochodnych oraz materiałów polimerowych pochodzenia naturalnego. Niedozwolone wtrącenia nieorganiczne określone w analizowanych preparatach to: rdza, kawałki metalu, materia mineralna, tworzywa sztuczne i materiały polimerowe pochodzenia nieorganicznego. Należy podkreślić, że obecność niedozwolonych zanieczyszczeń oznaczono nie tylko w próbkach niecertyfikowanych, ale także w paliwach z atestem DIN Plus i/lub EN Plus A1. Dla każdej z próbek przygotowano zestawienie figur identyfikujących obecność zanieczyszczeń za pomocą mikroskopii optycznej w świetle białym, odbitym, stosując metodę imersji olejowej przy powiększeniu 500× (rys. 1–5). Procentowy udział zanieczyszczeń



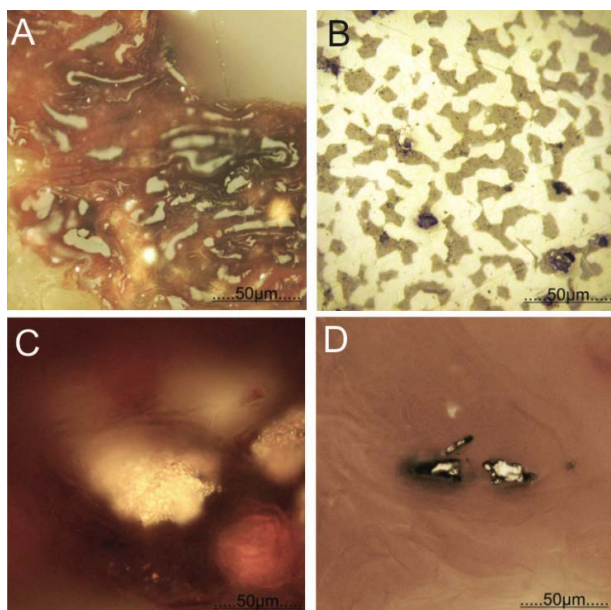
Rys. 2. Identyfikacja kontaminacji w próbce 18.206 pelletu drzewnego w świetle odbitym  
A – biomasa (pellet drzewny). Zanieczyszczenia: B – materia mineralna, C, D – metal, E – tworzywo sztuczne, F – węgiel

Fig. 2. The contamination identification for 18.206 wood pellet sample, reflected light



Rys. 3. Identyfikacja kontaminacji w próbce 18.208 pelletu drzewnego w świetle odbitym  
 A – biomasa (pellet drzewny). Zanieczyszczenia: B – materia mineralna, C – węgiel, D – metal

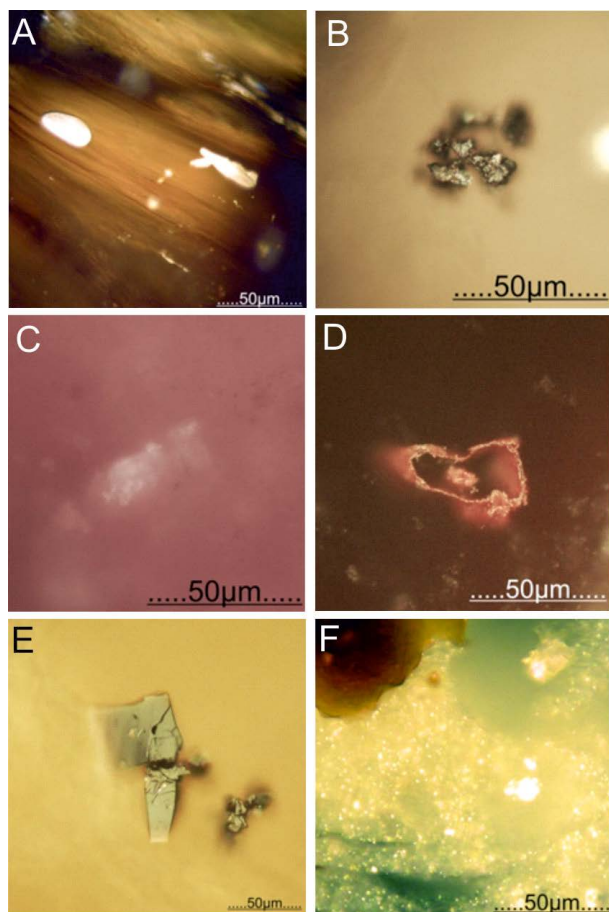
Fig. 3. The contamination identification for 18.208 wood pellet sample, reflected light



Rys. 4. Identyfikacja kontaminacji w próbce 18.210 pelletu drzewnego w świetle odbitym  
 A – biomasa (pellet drzewny). Zanieczyszczenia: B – metal, C, D – materia mineralna

Fig. 4. The contamination identification for 18.210 wood pellet sample, reflected light





Rys. 5. Identyfikacja zanieczyszczeń w próbce 18.222 pelletu drzewnego w świetle odbitym  
 A – biomasa (pellet drzewny).  
 Zanieczyszczenia: B – metal, C – tworzywo sztuczne, D – rdza, E – węgiel, F – materia mineralna

Fig. 5. The contamination identification for 18.222 wood pellet sample, reflected light

w próbkach z certyfikatem, oznaczony metodą planimetrii mieścił się w przedziale od 1,5 do 2,1%, natomiast dla jednej z próbek, niezawierającej certyfikatu jakości (18.222), wyniósł aż 4,1%, w tym zawierając aż 2,9% materii mineralnej w obrębie analizowanej biomasy.

Dodatkowo wykazano, że zawartość Si w paliwie koreluje się stosunkowo dobrze z tendencją spiekania w palnikach kotłowych na paliwa stałe. Pozostałe organiczne i nieorganiczne zanieczyszczenia obecne w badanych próbkach, a w szczególności tworzywa sztuczne, powodują podwyższenie wartości opałowej badanego paliwa. Wartość opałowa stanowi kluczowy element obecnych na rynku europejskim certyfikacji (Fiedler 2004) i w wielu paliwach może być sztucznie zawyżona ze względu na obecność tego typu zanieczyszczenia.

Materia mineralna obecna w pellecie powoduje narastanie żużli podczas procesu spalania w palniku kotłów na paliwa stałe. Żużel, powstały w procesie spalania, którego nie odnotowano w badanych próbkach, może prowadzić do awarii urządzenia, a nawet trwałego uszkodzenia rusztu kotłów automatycznych oraz palników pelletowych. Jeśli takie związki pojawiłyby się w biomasie, charakteryzowałyby się wysoką zawartością metali ciężkich oraz rdzy i stanowiłyby odpad konieczny do prawidłowej utylizacji. We wcześniejszych badaniach stwierdzono (Öhman i in. 2004), że dla powstawania żużli kluczowe znaczenie ma zawartość materii mineralnej oraz zawartych w niej krzemianów, jak również pozostałe składniki zawierające krzemionkę (proszek kamienny, szkło). Ostatnią, ale najważniejszą reperkusją obecności niedozwolonych zanieczyszczeń w paliwie, jest emisja substancji szkodliwych do atmosfery, związana ze spalaniem nieprawidłowej jakości paliwa (Chandrasekaran 2013).

### Podsumowanie

Jak wykazują badania prezentowane w niniejszej pracy, nawet pellet podlegający certyfikacji DIN Plus i/lub EN Plus A1 może zawierać niedopuszczalne zanieczyszczenia w postaci metali czy tworzyw sztucznych. Konieczne i zasadne wydaje się rozszerzenie badań dotyczących jakości pelletu o petrograficzną analizę jakościową i ilościową. Uzyskane w jej trakcie wyniki dadzą nam możliwość kontrolowania jakości produkowanego i używanego ekologicznego paliwa, jakim jest pellet. Autorzy projektują dalsze, szczegółowe badania popiołów i żużli powstałych w wyniku spalania pelletów drzewnych z wykorzystaniem współczesnych metod analizy instrumentalnej oraz zbadanie wartości emisji zanieczyszczeń do atmosfery wskutek spalania pelletów drzewnych w domowych kotłowniach na paliwa stałe.

Badania wspierane przez Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego (MNiSW) w ramach programu: Doktorat Wdrożeniowy.

### Literatura

- Poradnik użytkownika pellet drzewnych, Bałtycka Agencja Poszanowania Energii SA 2009. [Online] <http://bape.com.pl/wp-content/uploads/2014/09/Trzeci-biuletyn-informacyjny.pdf> [Dostęp: 17.07.2018].
- Baxter, Larry L., Miles, T.R., Miles, T.R., Jenkins, B.M., Milne, T., Dayton, D., Bryers, R.W., and Oden, L.L. 1998. The Behavior of Inorganic Material in Biomass-Fired Power Boilers: Field and Laboratory Experiences. *Fuel Processing Technology* 54(1), s. 47–78. [Online] [https://doi.org/10.1016/S0378-3820\(97\)00060-X](https://doi.org/10.1016/S0378-3820(97)00060-X) [Dostęp: 17.07.2018].
- Broek i in. 1996 – Broek, Richard van den, André Faaij, and Ad van Wijk. 1996. Biomass Combustion for Power Generation. *Biomass and Bioenergy* 11(4), s. 271–81. [Online] [https://doi.org/10.1016/0961-9534\(96\)00033-5](https://doi.org/10.1016/0961-9534(96)00033-5) [Dostęp: 17.07.2018].
- Chandrasekaran i in. 2013 – Chandrasekaran, S.R., Hopke, P.K., Newtown, M., and Hurlbut, A. 2013. Residential-Scale Biomass Boiler Emissions and Efficiency Characterization for Several Fuels. *Energy & Fuels* 27(8), s. 4840–4849. [Online] <https://doi.org/10.1021/ef400891r> [Dostęp: 17.07.2018].
- Demirbas, Ayhan. 2004. Combustion Characteristics of Different Biomass Fuels. *Progress in Energy and Combustion Science*. 30(2), s. 219–30. [Online] <https://doi.org/10.1016/j.pecc.2003.10.004> [Dostęp: 17.07.2018].



- Demirbaş, Ayhan. 2001. Biomass Resource Facilities and Biomass Conversion Processing for Fuels and Chemicals. *Energy Conversion and Management* 42(11), s. 1357–78. [Online] [https://doi.org/10.1016/S0196-8904\(00\)00137-0](https://doi.org/10.1016/S0196-8904(00)00137-0) [Dostęp: 17.07.2018].
- ENplus | ENplus® Handbook. 2015. [Online] <http://www.enplus-pel-lets.eu/downloads/enplus-handbook/> [Dostęp: 17.07.2018].
- European Biomass Association (AEBIOM). 2017. Statistical Report 2017, Bruksela, Belgia. [Online] <http://www.aebiom.org/statistical-report-2017/statistical-report-2017-17-10-17/> [Dostęp: 17.07.2018].
- Fiedler, F. 2004. The State of the Art of Small-Scale Pellet-Based Heating Systems and Relevant Regulations in Sweden, Austria and Germany. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 8(3), s. 201–21. [Online] <https://doi.org/10.1016/j.rser.2003.11.002> [Dostęp: 17.07.2018].
- González i in. 2004 – González, J.F., González-García, C.M., Ramiro, A., González, J., Sabio, E., Gañán, J. i Rodríguez, M.A. 2004. Combustion Optimisation of Biomass Residue Pellets for Domestic Heating with a Mural Boiler. *Biomass and Bioenergy* 27(2), s. 145–54. [Online] <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2004.01.004> [Dostęp: 17.07.2018].
- Grzybek, A. 2004. Potencjał biomasy możliwej do wykorzystania na produkcję peletu. Bałtycka Agencja Poszanowania Energii SA. *Czysta Energia* 6, s. 24–25.
- International Energy Agency (IEA). Our Work on Renewables; IEA: Paris, France 2017. [Online] <https://www.iea.org/topics/renewables/subtopics/bioenergy/> [Dostęp: 17.07.2018].
- ISO 7404-2 (2009). Methods for the Petrographic Analysis of Coals. – Part 2: Method of Preparing Coal Samples. International Organization for Standardization, Reference number: ISO 7404-2: 2009 (E). Second edition. Geneva, Switzerland, 20 s.
- Jenkins i in. 1998 – Jenkins, B.M., Baxter, L.L., Miles, T.R. i Miles, T.R. 1998. Combustion Properties of Biomass. *Fuel Processing Technology* 54(1), s. 17–46. [Online] <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378382097000593?via%3Dihub> [Dostęp: 17.07.2018].
- Krzyżanowska, Z. 2007. *Wsparcie dla roślin uprawianych na cele energetyczne* [W:] Praca zbiorowa. *Biomasa dla elektroenergetyki i ciepłownictwa: szanse i problemy*. Warszawa: Wyd. Wieś Jutra.
- Öhman i in. 2004 – Öhman, M., Boman, C., Hedman, H., Nordin, A. i Boström, D. 2004. Slagging Tendencies of Wood Pellet Ash during Combustion in Residential Pellet Burners. *Biomass and Bioenergy, Pellets 2002. The first world conference on pellets* 27(6), s. 585–96. [Online] <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2003.08.016> [Dostęp: 17.07.2018].
- PN-EN 1860-2:2006 Urządzenia, paliwa stałe i podpałki do grilla – Część 2: Węgiel drzewny i brykiety z węgla drzewnego do grillowania – Wymagania i metody badań.
- Stach i in. 1982 – Stach, E., Mackowsky, M.Th., Teichmüller, M., Taylor, G.H., Chandra, D. i Teichmüller, R. 1982. *Stach's Textbook of Coal Petrology*. GebrüderBorntraeger, Stuttgart, 428 s.
- Stolarski i in. 2007 – Stolarski, M., Szczukowski, S. i Tworkowski, J. 2007. Charakterystyka wybranych biopaliw z biomasy stałej. *Problemy Inżynierii Rolniczej* R. 15, nr 4, s. 21–26.
- Ustawa z dnia 7 czerwca 2018 o zmianie ustawy o odnawialnych źródłach energii oraz niektórych innych ustaw. (Dz.U. z 2017 r. poz. 1148, 1213 i 1593 oraz z 2018 r. poz. 9, 650 i 1000).
- Wach, E. 2004. Rozwój polskiego rynku granulatu – stan aktualny na tle rynku europejskiego. Bałtycka Agencja Poszanowania Energii S.A. *Czysta Energia* 6, s. 26–27.

