

Rafał Wyszomierski*, Aneta Beldycka-Bórawska**, Piotr Bórawski**, Krzysztof Jankowski**

*Warszawska Wyższa Szkoła Ekonomiczna, **Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie

OCENA OPLACALNOŚCI WYKORZYSTANIA BIOMASY NA CELE ENERGETYCZNE ZE SZCZEGÓLNYM UWZGLĘDNIENIEM PELETU

EVALUATION OF PROFITABILITY USE OF BIOMASS FOR ENERGY PURPOSES WITH PARTICULAR REGARD PAID TO PELLET

Słowa kluczowe: słoma, pelety, produkcja, koszty

Key words: straw, pellet, production, costs

JEL codes: E60, L23, N50

Abstrakt. Wskazano możliwości rozwoju polskiego rynku biomasy przy produkcji peletu ze słomy, opartego na dostępnych zasobach tego surowca, a także opisano szczegółowe czynniki mające wpływ na cenę produktu. Do analiz wykorzystano metody tabelaryczne, opisowe i graficzne. Poziom kosztów przy produkcji peletu zależy od sytuacji na rynku biomasy i ceny skupu biomasy. Główne składniki kosztów produkcji peletu ze słomy to zakup surowca, energia elektryczna, koszty transportu oraz inne.

Wstęp

Biomasa jest uważana za największe źródło energii na świecie. Dowodem tego jest fakt, że z jednego hektara użytków rolnych można zebrać rocznie 10-12 ton biomasy, która jest równoważnością około 5-10 ton węgla. Biomasa jest substancją organiczną powstałą w procesie akumulowania energii słonecznej. Główną cechą biomasy jest to, że nie wytwarza ona tak dużej emisji dwutlenku siarki jak ma to miejsce w procesie spalania węgla kamiennego, brunatnego lub innych paliw kopalnych [Grzybek i in. 2001].

Powodem wzrostu zainteresowania energetyki biomasą jest stopniowe odchodzenie od wykorzystania paliw kopalnych w procesie spalania. Spowodowało to, większe zainteresowanie biomasą jako nośnikiem energii [Juliszewski 2009].

Światowe zużycie energii z biomasy stanowi 15% odnawialnych źródeł energii (OZE), a dla krajów rozwijających się udział ten jest ponaddwukrotnie większy i wynosi aż 38%. W Polsce roczny potencjał energetyczny biomasy, która jest wykorzystywana w energetyce to: 20 mln ton słomy odpadowej, około 6 mln ton osadów ściekowych przemysłu celulozowo-papierniczego oraz spożywczych i miejskich odpadów komunalnych, około 4 mln ton odpadów drzewnych [Lewandowski 2012]. W warunkach Polski stanowi to znaczny potencjał energetyczny i daje szansę dla rozwoju rolnictwa oraz wejścia na rynek surowców do produkcji energii [Densiuk 2008].

Najbardziej realnym pomysłem na zagospodarowanie nadwyżki słomy jest wykorzystanie jej w energetyce. Wartość opałowa słomy zawiera się w stosunkowo wąskim przedziale od 14 do 15 MJ/kg i zależy przede wszystkim od rodzaju i wilgotności roślin. Dla porównania wartość opałowa węgla waha się od 18,8 MJ/kg słabej jakości do 29,3 MJ/kg wysokiej jakości [Grzybek i in. 2001].

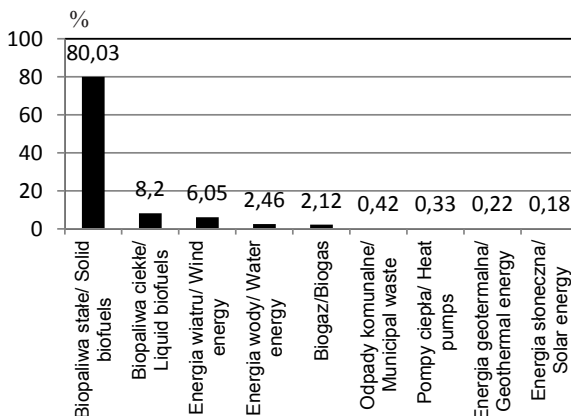
Material i metodyka badań

Celem badań była ocena rozwoju rynku biomasy, zaangażowanie polityczne oraz analiza opłacalności produkcji peletu pochodzenia rolniczego w Polsce. W ramach tego celu analizowano ceny słomy, jej zapasy oraz możliwość pozyskania na cele energetyczne, a także koszty produkcji peletu agro. Przedmiotem badań była struktura rynku biomasy w Polsce oraz kalkulacje opłacalności produkcji peletu pochodzenia rolniczego. Do analizy wyników badań wykorzystano

metody tabelaryczne, graficzne i opisowe. Źródło analiz stanowiły dane pozyskane z magazynów *Czysta Energia* i *Biomasa* oraz literatura przedmiotu.

Wyniki badań

Pozyskiwanie energii ze źródeł odnawialnych w Polsce w 2013 roku przedstawiono na rysunku 1. Z danych przedstawionych na rysunku 1 wynika, że głównym źródłem odnawialnej energii są biopaliwa stałe (80,03%) oraz biopaliwa ciekłe (8,20%). Kolejne pozycje zajmowały: energia wiatru (6,05%), energia wody (2,46%) i biogaz (2,12%), pozostałe źródła stanowiły około 1% [Wyszomierski, Bórawski 2015].



Rysunek 1. Pozyskanie energii ze źródeł odnawialnych według nośników w Polsce w 2013 roku

Figure 1. Obtaining energy from renewable sources by media in Poland (2013)

Źródło: opracowanie własne na podstawie [Biomasa 2/2015]

Source: own study based on [Biomasa 2/2015]

Ważnym dla rynku biomasy w Polsce była informacja Rady Ministrów z 7 grudnia 2010 roku o przyjęciu krajowego planu działania w zakresie energii ze źródeł odnawialnych, który został przygotowany na podstawie schematu opracowanego przez Komisję Europejską. Zawarto w nim prognozy wykorzystania 15,5% OZE w zużyciu energii końcowej brutto do 2020 roku [Szcukowski i in. 2012].

Polska ma dogodne warunki do produkcji biomasy ze słomy. Dysponowanie prawie 2 mln ha gruntów o niższej przydatności produkcyjnej może przyczynić się do zapełnienia potrzeb energetycznych kraju [E. Wach, L. Wach 2015].

Głównym roślinnym produktem ubocznym jest słoma, której nadwyżka po uwzględnieniu zapotrzebowania na rolnictwo, w tym zapewnienie odpowiedniej ilości na ściółkę i paszę dla zwierząt. Rolnicy często pozostawiają ze zbiorów słomę stosując jako nawóz organiczny, aby utrzymać zrównoważony bilans substancji organicznej w glebie. W celu przyorania na ten zabieg przeznaczają się około 20% słomy. Pozostawianie słomy jako nawozu, pozwala ograniczyć dodatkowe wydatki na zakup nawozów sztucznych, jak i ograniczyć pracę własną przy jej zbiorze [Ludwicka, Grzybek 2010]. Może ona też służyć do produkcji peletów i brykietów. Magazynowanie i transport biomasy w formie zagęszczonej w postaci brykietów lub peletów ma wiele zalet, gdyż oszczędza czas i powierzchnię, na której dany surowiec się znajduje, co powoduje obniżenie kosztów transportu i ułatwia prace [Brykiety ze słomy 2014].

Rozwój energetyki w Polsce napotyka na trudności z dostępnością biomasy. Głównym powodem tego jest import taniej biomasy z rynków poza Unią Europejską (UE). Biomasa w postaci peletu w Rosji, na Ukrainie czy Białorusi jest o wiele tańsza niż w Polsce. Dodatkowym powodem, dla którego istnieją trudności ze sprzedażą biomasy na rynku krajowym, są wymagania energetyki i elektrociepłowni dotyczące kontraktów średnio i długoterminowych [Krawiec 2010].

Wsparciem ze strony rządu w walce z importowaną ze wschodu i Afryki biomasą, mogłoby być podjęcie decyzji o blokowaniu tych dostaw na rynek krajowy. Polska będąca członkowskim UE nie może wprowadzić embarga, natomiast można zaprzestać wsparcia tzw. tariff gwarancyjnych (ang.

feed-in tariff) biomasy spoza rynku krajowego, dając tym samym silny impuls dla całego przemysłu energetycznego w kraju, także dla rolników. Tak właśnie uczyniły Czechy w ostatnim kwartale 2012 roku, osiągając tym samym zadowalające efekty. Dla celów energetycznych wykorzystywane są przede wszystkim odpady i nadwyżki surowców, takich jak: słoma zbóż, siano, trawy z trwałych użytków zielonych i oraz rośliny energetyczne z upraw celowych [Kraszkewicz i in. 2013].

Aby można było w odpowiedni sposób wykorzystać biomasę odpadową, jak i tą pochodzenia rolniczego do spalania lub współspalania w dużych elektrowniach i elektrociepłowniach, wymagane jest odpowiednie jej przygotowanie i przetworzenie. Peletowanie jest takim procesem poprawiającym jej właściwości, które ma na celu przerobienie surowca w granulaty o znormalizowanych właściwościach, nadając tym samym kształt walca o długości od 5 do 40 mm i średnicy 6-12 mm za pomocą wysokiego ciśnienia oraz temperatury. Proces zagęszczania biomasy jest złożony i przebiega najczęściej w czterech fazach: rozdrabniania, osuszania, prasowania, chłodzenia. Dzięki takiemu procesowi surowiec jest w stanie zmniejszyć swoją zawartość wody, a jednocześnie zwiększyć koncentrację masy i energii w jednostce, co przyczynia się do podniesienia komfortu dystrybucji i użytkowania tego paliwa [Szul 2013, Hejft, Obidziński 2002]

Maksymalna dopuszczalna wilgotność słomy, aby była ona wartościowym surowcem do produkcji peletu powinna wahać się w granicach 18-25%, w zależności od różnych instalacji. Słoma świeża, to taka, która nie leżała sezonu po ścięciu, zawiera w swoim składzie wiele metali alkalicznych i związków chloru, które mają znaczący wpływ na procesy korozji i powstawanie żużla w instalacjach spalających (kotłach). Dlatego zakłady energetyczne i elektrociepłownie szczególnie zwracają uwagę, czy słoma z jakiej został zrobiony pelet była poddawana procesowi wędnięcia, który polega na wymywaniu szkodliwych związków zawartych w słomie przez opady atmosferyczne. Prawdopodobieństwo zmniejszenia zawartości metali alkalicznych i związków chloru zwiększa się wraz ze wzrostem wędnięcia słomy, co decyduje o zmniejszeniu korozyjności elementów kotła w procesie spalania. Słoma która jest zalecana przez branżę energetyczną i nadaje się do peletowania ma charakterystyczny szary kolor w przeciwieństwie do słomy świeżej [Grzybek i in. 2001]. Wartości opałowe słomy przedstawiono w tabeli 1.

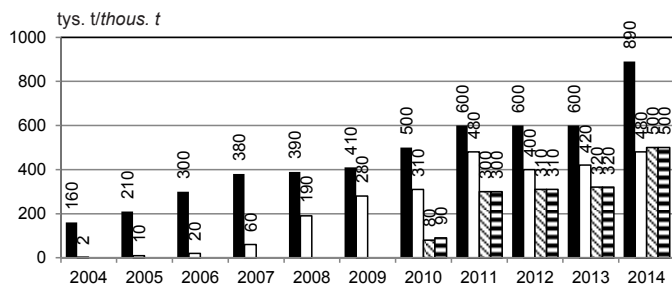
Tabela 1. Wartość opałowa słomy
Table 1. Calorific value of the straw

Rodzaj słomy/ <i>Type of straw</i>	Wartość opałowa słomy suchej/ <i>The calorific value of dry straw [MJ/kg]</i>	Wilgotność słomy świeżej/ <i>Moisture of fresh straw [%]</i>	Wartość opałowa słomy świeżej/ <i>The calorific value of fresh straw [MJ/kg]</i>
Pszennej/ <i>Wheat</i>	17,3	12-22	12,9-14,9
Jęczmienna/ <i>Barley</i>	16,1	12-22	12,0-13,9
Kukurydziana/ <i>Maize</i>	16,8	50-70	3,3-7,2

Źródło/*Source*: [Tymiński 1997]

W ostatnim czasie ilość zużytego peletu ze słomy w krajowej energetyce wyniosła około 1 mln t, z czego tylko ok 500 tys. wyprodukowano w kraju. Z badań przeprowadzonych przez Bałtycką Agencję Poszanowania Energii na rynku producentów pelet wynika, że w 2014 roku produkcja pelet w Polsce wyraźnie wzrosła po stagnacji w trzech poprzednich latach. Na rysunku 2 przedstawiono zużycie peletu w latach 2004-2014. Obecnie ceny pelet ze słomy dla energetyki wahają się w granicach 330-380 zł/t netto [E. Wach, L. Wach 2015] i zależą one od okresu grzewczego, który trwa około 7 miesięcy, czyli około 30 tygodni, w zależności od regionu Polski (łącznie 200-220 dni) [Juliszewski 2009].

Dostępność nadwyżki słomy w Polsce ocenia się na ponad 10 mln t, co stanowi równoważnik około 170 PJ, dzięki czemu słoma może być wykorzystywana dla celów energetycznych przynosząc dodatkowe dochody gospodarstwu rolnym. Natomiast lasy zajmują około 29% powierzchni kraju, co stanowi około 8,9 mln ha, z czego znaczna większość to lasy państwowe zajmujące powierzchnię 7,4 mln ha [ECEO 2000].



Rysunek 2. Produkcja i zużycie pelet w Polsce w latach 2004-2014

Figure 2. Production and consumption of pellet in Poland in the years 2004-2014

Źródło: opracowanie własne na podstawie [E. Wach, L. Wach 2015]

Source: own study based on [E. Wach, L. Wach 2015]

- Produkcja peletu drzewnego/Production of wood pellets
- Zużycie krajowej produkcji pelet drzewnych/Consumption of domestic production
- ▨ Produkcja agropellet/Production agropellet
- ▩ Zużycie krajowej produkcji agropellet/Consumption of domestic production

Tabela 2. Teoretyczny i techniczny potencjał energetyczny słomy w Polsce

Table 2. The theoretical and technical energy potential of straw in Poland

Rodzaj słomy/ Type of straw	Całkowite ilości/The total amount [mln t]	Współczynnik wykorzystywania/ coefficient of use [%]	Ilości możliwe do wykorzystania/ The quantities available for use [mln t]	Potencjał techniczny/ technical potential [PJ]
Słoma zbożowa/Cereal straw	21,5	50	8,9	147
Słoma rzepakowa/Rapeseed straw	2,4	70	1,4	23
Siano/Hay	18,1	10	1,5	25
Całkowity potencjał energetyczny odpadów w rolnictwie/ Total energy potential of waste in agriculture			11,8	195

Źródło/Source: [ECEO 2000]

Tabela 3. Potencjał techniczny drewna możliwy do wykorzystania na cele energetyczne

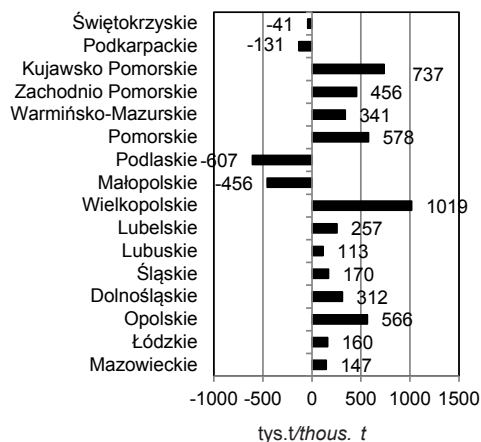
Table 3. The technical potential of wood possible to use for energy purposes

Źródło drewna/ Source of wood	Całkowite ilości/The total amount [mln t]*	Ilości możliwe do wykorzystania [tys. t]/ The quantities available for use [thous. t]**	Ilości możliwe do wykorzystania/The quantities available for use [mln t]***	Potencjał techniczny/ Technical potential [PJ]
Leśnictwo/Forestry	17,55	7,02	5,61	101,0
Sadownictwo/Orchard	10,00	4,00	3,20	57,6
Całkowity potencjał energetyczny drewna/ Total energy potential of wood			8,81	158,6

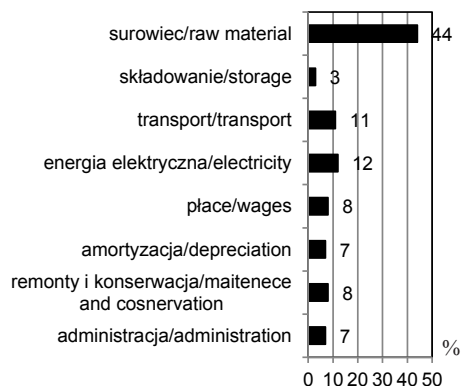
* włączając wyczystki i odnowienia/ including washout and renewal, ** przy założeniu gęstości $0,4 \text{ t/m}^3$ / assuming a density of 0.4 t/m^3 , *** przy założeniu wilgotności na poziomie 20%/ assuming a humidity level of 20%

Źródło/Source: [ECEO 2000]

Dostępność biomasy na cele energetyczne dla różnych producentów peletu zależy od lokalizacji. Na rysunku 3 przedstawiono najbardziej korzystne miejsca nadające się do prowadzenia działalności oraz dające możliwość zwiększenia produkcji w miarę rosnących potrzeb. Ilość dostępnego surowca na rynku lokalnym ma znaczący wpływ na jego cenę, gdyż różnice cenowe między regionami mogą sięgać nawet 200%. Z badań Zbigniewa Brodzińskiego i Adama Pawlewicza [2015] wynika, że głównymi czynnikami decydującymi o rozwoju biomasy na cele energetyczne w gospodarstwach rolnych to stabilizacja cen surowca oraz zapewnienie cen. Pomocne w tym może być tworzenie małych elektrociepłowni i ciepłowni wykorzystujących biomasę ze źródeł lokalnych.



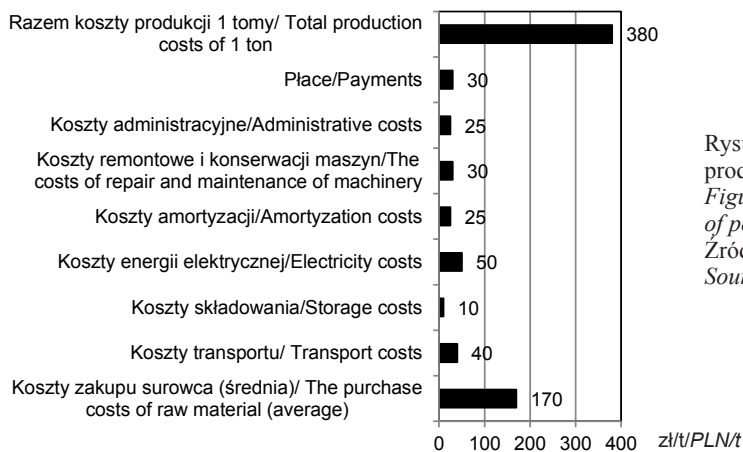
Rysunek 3. Dostępność słomy na cele energetyczne w poszczególnych województwach
 Figure 3. Availability of straw for energy purposes in the individual provinces
 Źródło/Source: [Krawiec 2010, s. 98]



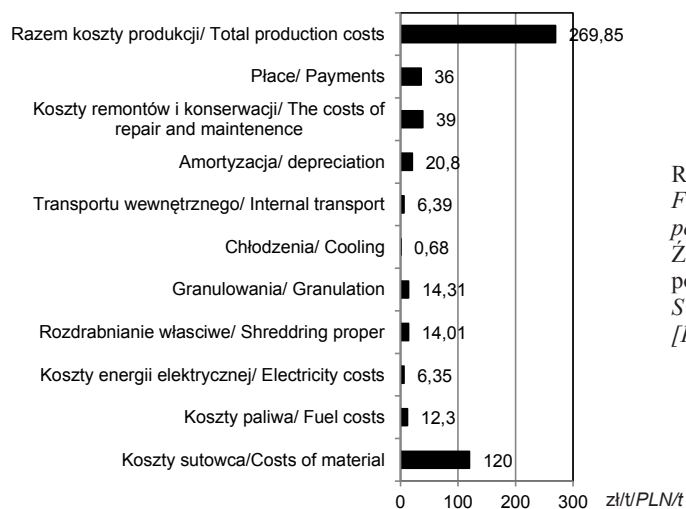
Rysunek 4. Struktura kosztów produkcji peletów ze słomy
 Figure 4. The cost structure of straw pellets production
 Źródło: opracowanie własne na podstawie: [Szul 2013]
 Source: own study based on [Szul 2013]

Najwyższe koszty produkcji peletu obejmują zakup surowca, energii elektrycznej, transportu, płac, amortyzacji i konserwacji maszyn. Na rysunku 4 przedstawiono strukturę kosztów produkcji, z której wynika, że to zakup surowca jakim jest słoma, jest największym wydatkiem podczas produkcji peletu (44% całej produkcji). Ważne znaczenie odgrywają także koszty energii elektrycznej i transportu (odpowiednio 12 i 11% całości kosztów produkcji). Płace, administracja, amortyzacja, remonty i konserwacje stanowiły między 7-8%, a koszty składowania surowca i produktu były najniższe i sięgały tylko 3% wszystkich kosztów produkcji [Kraszkewicz i in. 2010, Szul 2013].

Całkowity i wyszczególniony koszt produkcji 1 tony peletu ze słomy przedstawiono na rysunku 5. Główny składnik produkcji peletu to koszty zakupu surowca, energii elektrycznej, transportu oraz płace, a także koszty remontowe i konserwacyjne maszyn. Aby produkcja peletu była opłacalna, cena na rynku biomasy za 1 GJ wartości energetycznej peletu powinna być na tyle wysoka, aby koszt produkcji 1 tony peletu był niższy od oferowanej wartości energetycznej przez rynek, która waha się między 18-31 zł za 1GJ/t.



Rysunek 5. Koszty jednostkowe produkcji peletów ze słomy
 Figure 5. Unit costs of production of pellets of straw
 Źródło: jak na rys. 4
 Source: see fig. 4



Rysunek 6. Koszty produkcji peletów
 Figure 6. Costs of production of pellets
 Źródło: opracowanie własne na podstawie: [Kraszkiewicz i in. 2010]
 Source: own study based on: [Kraszkiewicz i in. 2010]

Koszty produkcji peletów oraz sumę kosztów produkcji na przykładzie wybranego zakładu produkcyjnego przedstawiono na rysunku 6. Z badań Artura Kraszkiewicza i współautorów wynika [2010], że średnie koszty produkcji peletu to około 270 zł/tonę. Najważniejsze składniki tych kosztów to: surowiec – około 120 zł/t, koszty remontów (39 zł/t), płace (36 zł/t), amortyzacja (20,8 zł/t), granulowanie (14,31 zł/t), rozdrabnianie właściwe (14,01 zł/t).

Podsumowanie i wnioski

Prowadzenie działalności związanej z pozyskaniem peletu musi spełniać kluczowe dla tej gałęzi warunki. Pierwszym z nich jest zapewnienie dobrej jakości stałych dostaw surowca, czyli słomy, która jest najważniejszym i najdroższym czynnikiem mającym wpływ na końcową cenę produktu. Surowiec ten powinien być dostępny w niedużej odległości od miejsca docelowego oraz odbiorcy, czyli elektrowni lub elektrociepłowni. Czynniki te mogą ograniczyć do minimum ryzyko związane z produkcją peletu ze słomy.

Główny koszt produkcji peletu to zakup surowca – słomy. Polska jest w stanie zaspokoić zapotrzebowanie energetyki na dostawy materiału, będącego zamiennikiem dla węgla kamiennego. Jednak proces ten powinien być wspierany nie tylko przez samą energetykę, ale szczególnie przez odpowiednią politykę na szczeblu lokalnym, krajowym i międzynarodowym, ponieważ import biomasy pogarsza opłacalność polskich producentów.

Literatura

- Biomasa*, nr 2. 2015.
- Brodziński Zbigniew, Adam Pawlewicz. 2015. „Uwarunkowania organizacji bazy surowcowej do produkcji energii z biomasy”. *Roczniki Naukowe SERiA XVII* (3): 62-66.
- Brykiety ze słomy*. 2010. Barzkowice: Zachodniopomorski Ośrodek Doradztwa Rolniczego w Barzkowicach..
- Densiuk Wiesław. 2008. „Słoma-Potencjał masy i energii”. *Inżynieria Rolnicza 2* (100), 23-30.
- ECEO. 2000. *Ekonomiczne i prawne aspekty wykorzystania odnawialnych źródeł energii w Polsce*. Warszawa: Europejskie Centrum Energii Odnawialnej, Instytut Budownictwa, Mechanizacji i Elektryfikacji Rolnictwa, 15-16.
- Grzybek Anna, Piotr Gradziuk, Krzysztof Kowalczyk. 2001. *Słoma energetyczne paliwo*. Warszawa: Wydawnictwo Wieś Jutra.
- Hejft Roman, Sławomir Obidziński. 2002. *Ciśnieniowa aglomeracja materiałów roślinnych*. Radom: Wyd. ITE.
- Juliszewski Tadeusz. 2009. *Ogrzewanie biomasą*. Poznań: PWRiL.

- Kraszkiewicz Artur, Magdalena Kachel-Jakubowska, Mieczysław Szprygiel, Ignacy Niedziółka. 2013. „Analiza wybranych cech jakościowych peletów wytworzonych z surowców roślinnych”. *Inżynieria Rolnicza* 1 (2/143): 167-173.
- Kraszkiewicz Artur, Edmund Lorencowicz, Magdalena Kachel-Jakubowska. 2010. „Koszty produkcji peletów z biomasy roślinnej pochodzenia rolniczego”. http://www.ptzp.org.pl/files/konferencje/kzz/artyk_pdf_2015/T1/t1_0470.pdf
- Krawiec Franciszek (red.). 2010. *Odnawialne źródła energii w świetle globalnego kryzysu energetycznego*. Warszawa: Difin.
- Lewandowski Witold M. 2012. *Proekologiczne odnawialne źródła energii*. Warszawa: Wydawnictwo WNT.
- Ludwicka Agnieszka, Anna Grzybek 2010. „Bilans biomasy rolnej (słomy) na potrzeby energetyki”, *Problemy Inżynierii Rolniczej* 2: 103-104.
- Szczukowski Stefan, Józef Tworowski, Mariusz Stolarski, Jacek Kwiatkowski, Michał Krzyżaniak, Waldemar Lajszner, Łukasz Graban. 2012. *Wieloletnie rośliny energetyczne*, MULTICO. Warszawa: Oficyna Wydawnicza,
- Szul Tomasz. 2013. „Ocena opłacalności produkcji peletów ze słomy”. *Technika Rolnicza Ogrodnicza Leśna* 2: 17-19.
- Wach Edmund, Ludmiła Wach. 2015. „Rozwój przemysłu produkcji pelet w Polsce w 2014 roku”. *Czysta Energia* 6: 18-19.
- Wyszomierski Rafał, Piotr Bórawski. 2015. „Ocena opłacalności wykorzystywania biomasy z roślin energetycznych”. *Zeszyty Naukowe WSES w Ostrołęce* 3 (18): 109-119.

Summary

The possibility of the development of the Polish market of biomass for the production of pellets, straw, based on the available resources of this materia was indicated. The specific factors affecting the price of the product was described. In the course of the analysis tabular, graphical and descriptive methods were used. The level of costs for the production of pellets depends on the market situation of biomass and biomass purchase prices. Major components of the cost of production of pellets from straw is the purchase of raw materials, electricity, transportation and other costs.

Adres do korespondencji
dr hab. inż. Piotr Bórawski
Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie
Katedra Agrotechnologii, Zarządzania Produkcją Rolniczą i Agrobiznesu
Plac Łódzki 2, 10-957 Olsztyn
e-mail: pboraw@uwm.edu.pl