

Wpłynęło 18.08.2017 r.
Zrecenzowano 19.09.2017 r.
Zaakceptowano 05.10.2017 r.

A – koncepcja
B – zestawienie danych
C – analizy statystyczne
D – interpretacja wyników
E – przygotowanie maszynopisu
F – przegląd literatury

Nadwyżka słomy dostępnej do wykorzystania na potrzeby energetyczne w 2016 r.

Marek HRYNIEWICZ^{ABCDEF}, Anna GRZYBEK^{ABCDEF}

*Instytut Technologiczno-Przyrodniczy w Falentach, Oddział w Warszawie,
Zakład Analiz Ekonomicznych i Energetycznych*

Do cytowania For citation: Hryniewicz M., Grzybek A. 2017. Nadwyżka słomy dostępnej do wykorzystania na potrzeby energetyczne w 2016 r. *Problemy Inżynierii Rolniczej*. Z. 3 (97) s. 15–31.

Streszczenie

W pracy zaprezentowano zmodyfikowaną metodykę obliczania nadwyżki słomy dostępnej w Polsce na cele energetyczne względem metodyki opisanej przez KOWALCZYK-JUŚKO [2010]. Zaprezentowana metodyka została zmodyfikowana przez uwzględnienie: zapotrzebowania na słomę w elektrowniach, nadwyżki importu biomasy do Polski nad eksportem, ilości substancji organicznej do przyorania pochodzącej z obornika i ilości substancji organicznej do przyorania pochodzącej z gnojowicy. W zmodyfikowanej metodyce nadwyżka słomy dostępnej do wykorzystania na cele energetyczne wyniosła 11 471 486 t w 2016 r. Według metodyki niemodyfikowanej nadwyżka ta wyniosła 10 113 199 t w 2016 r. Dla 2016 r. otrzymano następujące wyniki obliczeń w skali Polski: produkcja słomy zbóż podstawowych oraz rzepaku i rzepiku – 34 493 000 t, zapotrzebowanie na słomę ściółkową – 5 299 538 t, zapotrzebowanie na słomę na pasze – 5 603 990 t, zapotrzebowanie na słomę do przyorania – 13 476 273 t, zużycie słomy i agrobiomasy w elektrowniach – 2 460 000 t, nadwyżka importu nad eksportem agrobiomasy 1 152 997 t, ilość substancji organicznej do przyorania pochodząca z obornika – 2 251 156 t, ilość substancji organicznej do przyorania pochodząca z gnojowicy – 414 134 t.

Słowa kluczowe: biomasa, bilans, słoma, energia, kogeneracja

Wstęp

Wielu autorów jest zgodnych, że biomasa jest istotnym paliwem do produkcji energii elektrycznej [ADAMCZYK 2013; ADAMCZYK i in. 2010; GRZYBEK 2008; STANČZYK, BIE-NIECKI 2007; ROSZKOWSKI 2013a, b]. Według DERSKIEGO [2016], nastąpiło zmniejszenie zainteresowania biomasą pochodzenia rolniczego. Spowodowane to było drastyczną obniżką cen zielonych certyfikatów. Sytuacja doprowadziła do tego, że producenci wytwarzający energię z biomasy optymalizują koszty i zmniejszają zatrud-

nienie. Niewiadomą jest również zachowanie rynku po wprowadzeniu systemu aukcyjnego zakupu energii wyprodukowanej z odnawialnych źródeł energii. Spowodowało to, że pojawiły się dodatkowe zasoby biomasy (głównie słomy), które mogą zostać wykorzystane do celów energetycznych. Powstało konsorcjum projektu o akronimie BioCHP, którego celem jest opracowanie oraz przygotowanie do wdrożenia kogeneracyjnej kotłowni bazującej na turbinie gazowej, wykorzystującej technologię produkcji energii elektrycznej i ciepła ze zmikronizowanej odpadowej biomasy rolnej. Projekt dotyczy produkcji energii i ciepła z wykorzystaniem zmikronizowanego biopaliwa wytwarzanego w procesie technologicznym nieznanym dotychczas (poza sferą badawczą) w Polsce oraz niemającego swojego odpowiednika na świecie [BioCHP 2017]. Opracowana w projekcie instalacja produkcji energii elektrycznej o mocy 2,5 MW będzie oparta na zmikronizowanej biomase pochodzenia rolniczego. W ten sposób produkcja energii elektrycznej będzie mogła być realizowana w sposób rozproszony na terenach wiejskich, na których występują nadwyżki biomasy rolnej możliwe do energetycznego wykorzystania. Wyniki niniejszego projektu są niezbędne dla gospodarki, by wykorzystać powstałe nadmiary biomasy na rynku, utrzymać zatrudnienie w sektorze OZE i wypełnić zobowiązania Polski co do zmniejszenia emisji CO₂ oraz do wypełnienia zobowiązań międzynarodowych (protokołu z Kioto, protokołu paryskiego, strategii Europa 3x20 itp.). W tym celu istotne jest obliczenie, czy na rynku występują nadwyżki słomy dostępne do energetycznego wykorzystania oraz ich ewentualne ilości. Projekt ten może być wielokrotnie replikowany na terenach gdzie występują nadwyżki biomasy rolnej. Pozwoli to na rozwój rynku dla urządzeń i linii technologicznej opracowanych w tym projekcie.

Metodyka pracy

W pracy przyjęto zmodyfikowaną metodykę obliczania nadwyżki słomy dostępnej na cele energetyczne opisaną przez KOWALCZYK-JUŚKO [2010]. Metodyka KOWALCZYK-JUŚKO [2010] jest opisywana równaniem (1):

$$N = P - (Z_s + Z_p + Z_n) \quad (1)$$

gdzie:

N = nadwyżka słomy do alternatywnego (energetycznego) wykorzystania [t];

P = produkcja słomy zbóż podstawowych oraz rzepaku i rzepiku [t];

Z_s = zapotrzebowanie na słomę ściółową [t];

Z_p = zapotrzebowanie na słomę na pasze [t];

Z_n = zapotrzebowanie na słomę do przyorania [t].

Modyfikacja tej metodyki polega na uwzględnieniu zapotrzebowania na słomę i produkty z niej wykonane (pelety, brykiety) przez duże jednostki energetyczne oraz nadwyżki importu różnego rodzaju agrobiomasy i produktów wytworzonych z agrobiomasy, które są używane przez duże jednostki energetyczne. Nadwyżkę słomy na cele energetyczne N można obliczyć ze wzoru (2):

$$N = P - (Z_s + Z_p + Z_n + Z_{en}) + N_{imex} + So_o + So_g \quad (2)$$

gdzie:

Z_{en} = zużycie słomy na cele energetyczne w elektrowniach [t];

N_{imex} = nadwyżka importu agrobiomasy do Polski nad eksportem z Polski [t];

So_o = ilość substancji organicznej do przyorania pochodzącej z obornika [t];
 So_g = ilość substancji organicznej do przyorania pochodzącej z gnojowicy [t].

Nadwyżka importu biomasy nad jej eksportem będzie zmniejszać zapotrzebowanie na słomę i produkty ze słomy przeznaczone na cele energetyczne.

Produkcję słomy poszczególnych zbóż podstawowych oraz rzepaku i rzepiku obliczono ze wzoru (3):

$$P(i) = Plon(i) \cdot W_{z-s}(i) \quad (3)$$

gdzie:

$P(i)$ = plon słomy i -tego gatunku rośliny [t];
 i = i -tego gatunku rośliny, $i \in \{\text{pszenica ozima, żyto ozime, jęczmień ozimy, mieszanki zbożowe ozime, pszenica jara, pszenżyto jare, jęczmień jary, mieszanki zbożowe jare, owies, rzepak i rzepik, kukurydza na ziarno}\}$;
 $Plon(i)$ = plon ziarna i -tego gatunku rośliny [t];
 $W_{z-s}(i)$ = współczynnik między plonem ziarna i słomy [bezwymiarowy].

Całkowitą produkcję słomy P można obliczyć ze wzoru (4):

$$P = \sum_i P(i) \quad (4)$$

Zapotrzebowanie na słomę ściółową Z_s obliczono ze wzoru (5):

$$Z_s = \sum_j q_j s_j \quad (5)$$

gdzie:

q_j = pogłowie j -tego gatunku i grupy użytkowej [szt.];
 $j \in \{\text{bydło – cielęta do 1 roku, bydło 1–2 lat, bydło powyżej 2 lat, prosięta i warchlaki do 50 kg, lochy, pozostała trzoda chlewna, owce, konie}\}$;
 s_j = normatyw zapotrzebowania słomy na ściółkę j -tego gatunku i grupy użytkowej [szt.],

a zapotrzebowanie na paszę Z_p ze wzoru (6):

$$Z_p = \sum_j q_j p_j u_j \quad (6)$$

gdzie:

p_j = normatyw zapotrzebowania słomy na paszę j -tego gatunku i grupy użytkowej [$t \cdot \text{rok}^{-1} \cdot \text{szt.}^{-1}$];
 u_j = współczynnik udziału chowu ściółowego dla j -tego gatunku i grupy użytkowej [%].

W Polsce część zwierząt jest chowana w chlewniach lub oborach ze stanowiskami ściółowymi oraz w chlewniach lub oborach umożliwiających chów bezściółowy. W chowie ściółowym słoma jest zużywana na podścielanie zwierząt. Współczynnik udziału chowu ściółowego jest najistotniejszy dla hodowli bydła oraz trzody chlewnej. Dla hodowli bydła ogółem (cieląt do 1 roku, bydła 1–2 lat, bydło powyżej 2 lat) można go obliczyć ze wzoru (7):

$$u_b = (1 - Lszpr_b \cdot Lso_b^{-1}) \cdot 100\% \quad (7)$$

gdzie:

- u_b = współczynnik udziału chowu ściółkowego dla bydła [%];
 $Lszpr_b$ = liczba stanowisk w oborach dla bydła z podłogą rusztową [szt.];
 Lso_b = liczba stanowisk w oborach dla bydła ogółem [szt.].

Dla hodowli trzody chlewnej (prosiąt i warchlaków do 50 kg, loch oraz pozostałej trzody chlewnej) można go oszacować ze wzoru (8):

$$u_t = Lszgs_t \cdot Lso_t^{-1} \cdot 100\% \quad (8)$$

gdzie:

- u_t = współczynnik udziału chowu ściółkowego dla trzody chlewnej [%];
 $Lszgs_t$ = liczba stanowisk w chlewniach z głęboką luźną ściółką [szt.];
 Lso_t = liczba stanowisk w chlewniach ogółem [szt.].

Dla pozostałych gatunków zwierząt (owiec i koni) zostanie przyjęty współczynnik 100% hodowli ściółkowej. Gatunki te zużywają znacznie mniejsze ilości słomy na ściółkę ze względu na znacznie mniejsze ich pogłowie w Polsce, w porównaniu z pogłowiem bydła oraz trzody chlewnej.

Zwierzęta produkują obornik, który jest ważnym składnikiem uzupełniającym saldo materii organicznej w glebie na polach, na których uprawiane są zboża. Produkcję obornika P_o można obliczyć ze wzoru (9):

$$P_o = \sum_k q_k p_k u_k \quad (9)$$

gdzie:

- q_k = pogłowie k -tego gatunku i grupy użytkowej [szt.];
 p_k = wskaźnik produkcji obornika dla k -tego gatunku i grupy użytkowej [$t \cdot \text{szt.}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$];
 u_k = współczynnik udziału chowu ściółkowego dla k -tego gatunku i grupy użytkowej [%].

Zapotrzebowanie na materię organiczną Z_{mo} można określić według wzoru (10):

$$Z_{mo} = \sum_i z_{mo}(i) \quad (10)$$

gdzie:

- $z_{mo}(i)$ = zapotrzebowanie na materię organiczną w glebie dla uprawy i -tego gatunku rośliny [t].

Zapotrzebowanie na materię organiczną w glebie dla uprawy i -tego gatunku rośliny można określić według wzoru (11):

$$z_{mo}(i) = A(i)w_a(i) \quad (11)$$

gdzie:

- $A(i)$ = powierzchnia uprawy i -tego gatunku rośliny [ha];
 $w_a(i)$ = wskaźnik zapotrzebowania na materię organiczną dla i -tego gatunku rośliny [$t \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$].

Według KOWALCZYK-JUŚKO [2010], 1 t suchej masy obornika równoważna jest 1,54 t słomy. Zapotrzebowanie słomy na przyoranie Z_n można wyliczyć ze wzoru (12):

$$Z_n = S - P_o \quad (12)$$

gdzie:

S = saldo materii organicznej [t];

P_o = produkcja obornika [t].

Import biomasy do Polski odbywa się na podstawie klasyfikacji taryfowej, która jest niezbędna dla potrzeb celnych przez zaszeregowanie towarów zgodnie z tzw. Nomenklaturą Scaloną CN, zawartą w rozporządzeniu [Rozporządzenie Rady 2658/87] w sprawie Wspólnej Taryfy Celnej, zawierającym opisy towarów wraz z przypisanymi do nich 8-cyfrowymi ciągami cyfr identyfikującymi towary według określonej systematyki statystycznej (tak zwane kody CN [MILEWSKI 2012]). Prawidłowa klasyfikacja taryfowa towarów w systemie Nomenklatury Scalonej jest kluczowa do ustalenia kwoty należności celnych towarów w obrocie międzynarodowym. GRADZIUK [2013] przeanalizował dostawy importu biomasy na cele energetyczne i zidentyfikował rodzaje biomasy pochodzenia rolniczego, które są powiązane z odpowiednimi kodami CN (tab. 1).

Tabela 1. Rodzaje biomasy rolnej importowane do Polski przeznaczone na cele energetyczne oraz ich kody CN

Table 1. Agrobiomass types imported to Poland with predestination for energy purposes and their CN codes

Kod CN CD code	Pozycja (nazwa w taryfie szczegółowa) Position (detailed name in tariff)
121300	Słoma i pelety ze słomy (słoma, plewy zbóż, siekane, mielone, prasowane lub granulowane) Straw and pellets from straw (straw, cereal husks, chopped, ground, pressed or granulated)
121400	Siano i pelety z siana (Brukiew, buraki i korzenie pastewne, siano, koniczyna, esparceta, kapusta pastewna, łubin, wyka itp. produkty pastewne, też granulaty z wyjątkiem mączki i granulatu z lucerny) Hay and pellets from hay (rutabaga, beet and fodder roots, hay, clover, esparceta, fodder cabbage, lupine, vetch, similar forage products also granules, with the exception flour and granulate from lucerne)
140490	Produkty pochodzenia roślinnego gdzie indziej niewymienione, z wyjątkiem surowych materiałów roślinnych używanych w farbiarstwie i garbarstwie oraz lintersu bawełnianego Products of vegetable origin not elsewhere specified with exception of raw vegetable materials used in dyeing and tanning and cotton linters
230690	Makuchy i inne pozostałości stałe, nawet mielone lub w postaci granulek, z ekstrakcji tłuszczów lub olejów, oprócz wymienione w poz. od 23 040 000 do 23 066 000 Oilcake and other solid residues, whether or not ground or in the form of pellets, of fats or oils, other than those mentioned from pos. 23 040 000 to 23 066 000
230660	Makuchy i inne pozostałości stałe nawet mielone lub w postaci granulek z orzechów palmowych lub ich jąder Oilcake and other solid residues, whether or not ground in the form of palm nuts or their nuclei
230630	Makuchy i inne pozostałości stałe, nawet mielone lub w postaci granulek, pozostałe z ekstrakcji tłuszczów lub olejów, z nasion słonecznika Oilcake and other solid residues, whether or not ground or in the form of pellets, remaining from the extraction of fats or oils, of sunflower seeds

Źródło: opracowanie własne na podstawie: GRADZIUK [2013], GRADZIUK, GRADZIUK [2015].

Source: own elaboration based on GRADZIUK [2013], GRADZIUK, GRADZIUK [2015].

Uważna analiza danych dotyczących wymiany handlowej Polski z zagranicą wykazuje, że z Polski odbywa się również eksport niektórych rodzajów biomasy, która może zostać wykorzystana na cele energetyczne. Wzór (13) przedstawia sposób obliczenia nadwyżki N_{imex} biomasy importowanej $Import$ nad eksportowaną $Export$:

$$N_{imex} = Import - Export \quad (13)$$

Ilość substancji organicznej do przyorania z obornika S_{o_o} można obliczyć ze wzoru (14):

$$S_{o_o} = \sum_k q_k p_k u_k sm_{ko} smo_{ko} \quad (14)$$

gdzie:

sm_{ko} = zawartość suchej masy w oborniku dla dla k -tego gatunku i grupy użytkowej [%];

smo_{ko} = zawartość suchej masy organicznej w suchej masie obornika dla dla k -tego gatunku i grupy użytkowej [%].

Ilość substancji organicznej do przyorania z gnojowicy S_{o_g} można obliczyć ze wzoru (15):

$$S_{o_g} = \sum_k q_k p_k u_k sm_{kg} smo_{kg} \quad (15)$$

gdzie:

sm_{kg} = zawartość suchej masy w gnojowicy dla dla k -tego gatunku i grupy użytkowej [%];

smo_{kg} = zawartość suchej masy organicznej w suchej masie gnojowicy dla k -tego gatunku i grupy użytkowej [%].

Wyniki badań

Dane dotyczące plonów ziarna, zastosowane współczynniki zależności między plonem ziarna i słomy oraz wyniki obliczeń plonów słomy dla poszczególnych gatunków roślin i plon słomy ogółem w 2016 r. przedstawiono w tabeli 2., a dane przyjęte do obliczeń oraz wyniki obliczeń współczynników udziału chowu ściółowego dla bydła i trzody chlewnej – w tabeli 3.

Zestawiono również wyniki obliczeń zapotrzebowania słomy na paszę (tab. 4) oraz ściółkę (tab. 5) dla hodowli poszczególnych gatunków zwierząt w Polsce w 2016 r.

Wyniki obliczeń produkcji obornika z hodowli poszczególnych gatunków zwierząt w Polsce oraz ilości substancji organicznej do przyorania pochodzącej z obornika w 2016 r. zebrano w tabeli 6., a dane przyjęte do obliczeń (pogłowie według poszczególnych gatunków zwierząt, udział chowu ściółowego dla każdego gatunku, ilość gnojowicy wyprodukowanej przez poszczególne zwierzę) oraz wyniki obliczeń gnojowicy dla poszczególnych gatunków zwierząt i sumę wyprodukowanej gnojowicy w skali Polski oraz ilości substancji organicznej do przyorania pochodzącej z gnojowicy w 2016 r. – w tabeli 7. W tabeli 8. przedstawiono dane przyjęte do obli-

Tabela 2. Plony słomy dla poszczególnych zbóż oraz plon słomy ogółem w 2016 r.
Table 2. Straw yields by crop and total straw yield in 2016

Zboże Cereal	Plon ziarna ¹⁾ Grain yield [t]	Współczynnik ziarno – siłoma ²⁾ Grain – straw ratio	Ilość słomy Straw amount [t]
Pszenica ozima Winter wheat	8 400 000	0,91	7 644 000
Żyto ozime Winter rye	2 700 000	1,45	3 915 000
Pszenżyto ozime Triticale	4 000 000	1,13	4 520 000
Jęczmień ozimy Winter barley	800 000	0,70	560 000
Mieszanki zbożowe ozime Winter mixed cereals	300 000	1,10	330 000
Pszenica jara Spring wheat	2 100 000	0,94	1 974 000
Pszenżyto jare Spring triticale	600 000	1,18	708 000
Jęczmień jary Spring barley	2 700 000	0,86	2 322 000
Mieszanki zbożowe jare Spring mixed cereals	2 700 000	1,10	2 970 000
Owies Oat	1 400 000	1,05	1 470 000
Rzepak i rzepik Rape and turnip rape	2 200 000	1,00	2 200 000
Kukurydza na ziarno ³⁾ Maize for grain ³⁾	4 200 000	1,40	5 880 000
Razem Total			34 493 000

Źródło: ¹⁾ GUS [2016], ²⁾ LUDWICKA, GRZYBEK [2010], ³⁾ Instytut Gospodarki Rolnej [2017], wyniki własne.
Source: ¹⁾ Central Statistical Office [GUS 2016], ²⁾ LUDWICKA, GRZYBEK [2010], ³⁾ Institute of Agricultural Economy [IGR 2017], own study.

Tabela 3. Dane przyjęte do obliczeń oraz wyniki obliczeń współczynników udziału chowu ściółkowego dla bydła i trzody chlewnej
Table 3. The data used in the calculation and calculation results of the share coefficients for litter breeding of cattle and pigs

Nazwa Name	Wartość Value	Jednostka Masurement unit
Liczba stanowisk w oborach dla bydła z podłogą rusztową Stands number in cattle cowsheds with grate floor	120 793	szt. pcs.
Liczba stanowisk w oborach dla bydła ogółem Total stands number in cattle cowsheds	1 706 323	szt. pcs.
Współczynnik udziału chowu ściółkowego dla bydła Ratio of litter breeding for cattle	92,92	%
Liczba stanowisk w chlewniach z głęboką luźną ściółką Stands number in piggeries with deep loose litter	4 141 082	szt. pcs.
Liczba stanowisk w chlewniach ogółem Total stands number in piggeries	10 749 074	szt. pcs.
Współczynnik udziału chowu ściółkowego dla trzody chlewnej Ratio of litter breeding for pigs	38,53	%

Źródło: GUS [2011], wyniki własne. Source: Central Statistical Office [GUS 2011], own study.

czeń (rodzaj zboża, powierzchnia uprawy, średni współczynnik degradacji gleby) oraz wyniki obliczeń zapotrzebowania upraw na substancję organiczną w 2016 r. w skali Polski. Zestawiono również zużycie słomy na cele energetyczne w elektrowniach w 2016 r. wraz ze zużyciem biomasy rolnej w lokalnych ciepłowniach (tab. 9). W zestawieniu dokonano uproszczenia, traktując całą biomasę rolną jako słomę, gdyż ilość biomasy pochodząca z upraw roślin energetycznych jest znacznie niższa od plonów słomy w skali Polski. Dane przyjęte do obliczeń importu i eksportu agrobiomasy na cele energetyczne przedstawiono w tabeli 10., natomiast w tabeli 11. zestawiono nadwyżki importu biomasy na cele energetyczne nad jej eks-

Tabela 4. Dane przyjęte do obliczeń oraz wyniki obliczeń zapotrzebowania słomy na paszę w hodowli poszczególnych gatunków zwierząt w Polsce w 2016 r.

Table 4. The data used in the calculation and calculation results of straw demand as forage for bedding of livestock animal species in Poland in 2016

Lp. No	Gatunek zwierząt Species	Pogłowie ¹⁾ [szt.] Population ¹⁾ [pcs.]	Jednostkowe zużycie na paszę ²⁾ [t·szt. ⁻¹ ·rok ⁻¹] Unitary consumption on forage ²⁾ [t·pcs. ⁻¹ ·year ⁻¹]	Ilość paszy [t·rok ⁻¹] Forage amount [t·year ⁻¹]
1	Bydło – cielęta do 1 roku Cattle – calves to 1 year	1 717 800	0,4	687 120
2	Bydło 1–2 lat Cattle 1–2 years	1 637 300	0,9	1 473 570
3	Bydło powyżej 2 lat Cattle above 2 years	2 630 000	1,2	3 156 000
4	Bydło ogółem Cattle total			5 316 690
5	Prosięta i warchlaki do 50 kg Boars and piglets to 50 kg	5 962 000	0,0	0
6	Lochy Sows	875 500	0,0	0
7	Pozostała trzoda chlewna Other pigs	4 270 000	0,0	0
8	Trzoda chlewna razem Pigs total			0
9	Owce Sheeps	236 500	0,2	47 300
10	Konie Horses	300 000	0,8	240 000
11	Pasza razem = ΣLp. (4+8+9+10) Forage total = ΣNo. (4+8+9+10)			5 603 990

Źródło: ¹⁾ GUS [2016], ²⁾ KOWALCZYK-JUŠKO [2010], wyniki własne.Source: ¹⁾ Central Statistical Office [GUS 2016], ²⁾ KOWALCZYK-JUŠKO [2010], own study.

Tabela 5. Dane przyjęte do obliczeń oraz wyniki obliczeń zapotrzebowania słomy na ściółkę w hodowli poszczególnych gatunków zwierząt w Polsce w 2016 r.

Table 5. The data used in the calculation and calculations results for straw demand on litter for bedding of livestock animal species in Poland in 2016

Lp. No.	Gatunek zwierząt Species	Pogłowie ¹⁾ [szt.] Population [pcs.]	Udział chowu ściółowego Litter breeding ratio [%]	Ilość zwierząt w chowie ściółowym [szt.] Animals amount in litter breeding [pcs.]	Ilość ściółki na zwierzę ²⁾ [t·rok ⁻¹ ·szt. ⁻¹] Litter amount per animal [t·year ⁻¹ ·pcs. ⁻¹]	Ilość ściółki [t·rok ⁻¹] Litter amount [t·year ⁻¹]
1	Bydło – cielęta do 1 roku Cattle – calves to 1 year	1 717 800	92,92	1 596 180	0,4	638 472
2	Bydło 1–2 lat Cattle 1–2 years	1 637 300	92,92	1 521 379	0,6	912 827
3	Bydło powyżej 2 lat Cattle above 2 years	2 630 000	92,92	2 443 796	1,0	2 443 796
4	Bydło ogółem Cattle total					3 995 095
5	Prosięta i warchlaki do 50 kg Boars and piglets to 50 kg	5 962 000	38,53	2 297 159	0,2	459 432
6	Lochy Sows	875 500	38,53	337 330	0,5	168 665
7	Pozostała trzoda chlewna Other pigs	4 270 000	38,53	1 645 231	0,2	329 046
8	Trzoda chlewna razem Pigs total			4 279 720	x	957 143
9	Owce Sheeps	236 500	100,00	236 500	0,2	47 300
10	Konie Horses	300 000	100,00	300 000	1,0	300 000
11	Ściółka razem = ΣLp. (4+8+9+10) Litter total = ΣNo. (4+8+9+10)					5 299 538

Źródło: ¹⁾ GUS [2016], ²⁾ KOWALCZYK-JUŠKO [2010], wyniki własne.Source: ¹⁾ Central Statistical Office [GUS 2016], ²⁾ KOWALCZYK-JUŠKO [2010], own study.

Tabela 6. Dane przyjęte do obliczeń oraz wyniki obliczeń produkcji obornika w hodowli poszczególnych gatunków zwierząt w Polsce oraz ilość substancji organicznej do przyorania w 2016 r.
 Table 6. The data used in the calculation and calculations results for manure production from bedding of livestock animal species in Poland and amount of organic matter to plow in 2016

Lp. No	Gatunek zwierząt Species	Pogłowie ¹⁾ [szt.] Population ¹⁾ [pcs.]	Udział chowu ściolowego Litter breeding ratio [%]	Ilość obornika na zwierzę ²⁾ [t·rok ⁻¹ ·szt. ⁻¹] Manure mount per animal ²⁾ [t·year ⁻¹ ·pcs ⁻¹]	Ilość obornika [t·rok ⁻¹] Manure amount [t·year ⁻¹]	Zawartość suchej masy (s.m.) ³⁾ Dry matter content (d.m.) ³⁾ [%]	Zawartość suchej masy organicznej w suchej masie (s.m.o.) Dry organic matter content in dry matter (d.o.m.) [%]	Ilość substancji organicznej do przyorania Amount of organic matter to plow [t]
1	Bydło – cielęta do 1 roku Cattle – calves to 1 year	1 717 800	92,92	1,25	1 995 225	23,0	72,5	332 704
2	Bydło 1–2 lat Cattle 1–2 years	1 637 300	92,92	2	3 042 758	23,0	72,5	507 380
3	Bydło powyżej 2 lat Cattle above 2 years	2 630 000	92,92	2,5	6 109 490	23,0	72,5	1 018 757
4	Bydło ogółem Cattle total				11 147 473			
5	Prosięta i warchlaki do 50 kg Boars and piglets to 50 kg	5 962 000	38,53	0,3	689 148	22,5	77,5	120 170
6	Lochy Sows	875 500	38,53	0,625	210 831	22,5	77,5	36 764
7	Pozostała trzoda chlewna Other pigs	4 270 000	38,53	0,45	740 354	22,5	77,5	129 099
8	Trzoda chlewna razem Pigs total				1 640 333			
9	Owce Sheep	236 500	100,00	0,25	59 125	34,0	31,0	6 232
10	Konie Horses	300 000	100,00	2	600 000	23,0	72,5	100 050
11	Obornik razem = Σpoz. (4+8+9+10) Manure total = Σpos. (4+8+9+10)				13 446 931		Razem Total	2 251 156

Źródło: ¹⁾ GUS [2016], ²⁾ KOWALCZYK-JUŠKO [2010], ³⁾ Myczko i in. [2011], wyniki własne.
 Source: ¹⁾ Central Statistical Office [GUS 2016], ²⁾ KOWALCZYK-JUŠKO [2010], ³⁾ MYCZKO et al. [2011], own study.

Tabela 7. Dane przyjęte do obliczeń oraz wyniki obliczeń produkcji gnojowicy w hodowli poszczególnych gatunków zwierząt w Polsce oraz ilość substancji organicznej do przyorania w 2016 r.
 Table 7. The data used in the calculation and calculations results for slurry production from bedding of livestock animal species in Poland and amount of organic matter to plow in 2016

Lp. No	Gatunek zwierząt Species	Pogłowie ¹⁾ [szt.] Population ¹⁾ [pcs.]	Udział chowu ściolowego Litter breeding ratio [%]	Ilość gnojowicy na zwierzę ²⁾ [t·rok ⁻¹ ·szt. ⁻¹] Slurry amount per animal ²⁾ [t·year ⁻¹ ·pcs ⁻¹]	Ilość gnojowicy Slurry amount [t·year ⁻¹]	Zawartość suchej masy ³⁾ (s.m.) Dry matter content (d.m.) ³⁾ [%]	Zawartość suchej masy organicznej w suchej masie (s.m.o.) Dry organic matter content in dry matter (d.o.m.) [%]	Ilość substancji organicznej do przyorania Amount of organic matter to plow [t]
1	Bydło – cielęta do 1 roku Cattle – calves to 1 year	1 717 800	7,08	18,0	2 189 164	11,5	22,5	56 645
2	Bydło 1–2 lat Cattle 1–2 years	1 637 300	7,08	21,0	2 434 338	9,5	25,0	57 816
3	Bydło powyżej 2 lat Cattle above 2 years	2 630 000	7,08	25,0	4 655 100	9,5	25,0	110 559
4	Bydło ogółem Cattle total				9 278 602			
5	Prosięta i warchlaki do 50 kg Boars and piglets to 50 kg	5 962 000	38,53	1,7	3 905 170	5,5	27,5	59 066
6	Lochy Sows	875 500	38,53	4,6	1 551 719	5,5	27,5	23 470
7	Pozostała trzoda chlewna Other pigs	4 270 000	38,53	3,5	5 758 309	5,5	27,5	87 094
8	Trzoda chlewna razem Pigs total				11 215 198			
9	Owce Sheeps	236 500	100,00	0,3	70 950	14,0	24,0	2 384
10	Konie Horses	300 000	100,00	2,4	720 000	9,5	25,0	17 100
11	Gnojowica razem = Σpoz. (4+8+9+10) Slurry total = Σpos. (4+8+9+10)				21 284 750	Razem Total		414 134

Źródła: ¹⁾ GUS [2016], ²⁾ Załącznik... [2005], ³⁾ Myczko i in. [2011], wyniki własne.
 Sources: ¹⁾ Central Statistical Office [GUS 2016], ²⁾ Attachment [Załącznik... 2005], ³⁾ Myczko et al. [2011], own study.

Tabela 8. Zapotrzebowanie upraw na substancję organiczną w 2016 r.
Table 8. Crop demand on organic matter in 2016

Zboże Cereal	Powierzchnia uprawy ¹⁾ Crop [ha]	Średni współczynnik degradacji gleby ²⁾ Average ratio of soil degradation ²⁾	Zapotrzebowanie upraw na substancję organiczną [t·rok ⁻¹] Crop demand on organic matter [t·year ⁻¹]
Pszenvica ozima Winter wheat	1 772 152	1,5	2 658 228
Żyto ozime Winter rye	931 034	1,5	1 396 551
Pszenvczyto ozime Triticale	1 089 918	1,5	1 634 877
Jęczmień ozimy Winter barley	187 354	1,5	281 031
Mieszanki zbożowe ozime Winter mixed cereals	92 593	1,5	138 890
Pszenvica jara Spring wheat	566 038	1,5	849 057
Pszenvczyto jare Spring triticale	188 088	1,5	282 132
Jęczmień jary Spring barley	775 862	1,5	1 163 793
Mieszanki zbożowe jare Spring mixed cereals	918 367	1,5	1 377 551
Owies Oat	491 228	1,5	736 842
Rzepak i rzepik Rape and turnip rape	800 000	1,5	1 200 000
Kukurydza na ziarno Maize for grain	585 774	3,0	1 757 322
Razem Total	8 398 408	Razem Total	13 476 273

Źródło: ¹⁾ GUS [2016], ²⁾ KOWALCZYK-JUŚKO [2010], wyniki własne.

Source: ¹⁾ Central Statistical Office [GUS 2016], ²⁾ KOWALCZYK-JUŚKO [2010], own study.

Tabela 9. Zestawienie zużycia słomy na cele energetyczne w elektrowniach w 2016 r. oraz ilość energii wyprodukowana z tej biomasy

Table 9. Summary consumption of straw for energy purposes in electro power stations in 2016 and the amount of energy produced from the biomass

Nazwa i miejsce Name and place	Zużycie Consumption [t]	Wyprodukowana energia Produced energy [TJ]
Fortum Group, Częstochowa	96 000	1 344
EDF Group	480 000	6 720
ZE PAK: Konin	70 000	980
PGNiG Termika Warszawa	100 000	1 400
ENGIE	240 000	3 360
Tauron Group	170 000	2 380
ENEA Group	165 000	2 310
ENERGA Group	163 000	2 282
PGE Group	450 000	6 300
Veolia-Dalkia (Łódź i Poznań)	236 000	3 304
CEZ Group	250 000	3 500
OPEC Bio, Grudziądz	20 000	280
Ciepłownie lokalne Local heating	20 000	280
Suma Sum	2 460 000	34 440

Źródło: wyniki własne. Source: own study.

Tabela 10. Import i eksport agrobiomasy energetycznej do Polski w 2016 r.
Table 10. Agrobiomass import and export from Poland in 2016

Kod CN CN code	Pozycja (nazwa w taryfie szczegółowa) Position (detailed name in tariff)	Import ¹⁾ Import	Eksport ¹⁾ Export
		[kg]	
121300	Słoma i pelety ze słomy (słoma, plewy zbóż, siekane, mielone, prasowane lub granulowane) Straw and pellets from straw (straw, cereal husks, chopped, ground, pressed or granulated)	2 683 887	19 355 272
121400	Siano i pelety z siana (brukiew, buraki i korzenie pastewne, siano, koniczyna, esparceta, kapusta pastewna, łubin, wyka itp., produkcja pastewnych, też granulatu z wyjątkiem mączki i granulatu z lucerny) Hay and pellets from hay (rutabaga, beet and fodder roots, hay, clover, esparceta, fodder cabbage, lupine, vetch, similar forage products also granules, with the exception flour and granulate from lucerne)	12 648 308	0
140490	Produkty pochodzenia roślinnego gdzie indziej niewymienione, z wyjątkiem sur. mat. roślinnych używanych w farbiarstwie i garbarstwie oraz lintersu bawełnianego Products of vegetable origin not elsewhere specified with exception of raw vegetable materials used in dyeing and tanning and cotton linters	704 356 741	2 562 093
230690	Makuchy i inne pozostałości stałe, nawet mielone lub w postaci granulki, z ekstrakcji tłuszczów lub olejów, oprócz wymienione w poz. od 23040000 do 23066000 Oilcake and other solid residues, whether or not ground or in the form of pellets, of fats or oils, other than those mentioned from pos. 23040000 to 23066000	80 954	208
230660	Makuchy i inne pozostałości stałe nawet mielone lub w postaci granulki z orzechów palmowych lub ich jąder Oilcake and other solid residues, whether or not ground in the form of palm nuts or their nuclei	113 696 485	0
230630	Makuchy i inne pozostałości stałe, nawet mielone lub w postaci granulki, pozostałe z ekstrakcji tłuszczów lub olejów, z nasion słonecznika Oilcake and other solid residues, whether or not ground or in the form of pellets, remaining from the extraction of fats or oils, of sunflower seeds	354 084 328	12 636 554
Razem Total		1 187 550 703	34 554 127

Źródło: ¹⁾ GUS [2017], wyniki własne. Source: ¹⁾ Central Statistical Office [GUS 2017], own study.

Tabela 11. Nadwyżka importu agrobiomasy nad eksportem biomasy na cele energetyczne do Polski w 2016 r.
Table 11. The surplus of agrobiomass import above agrobiomass export for energy purposes to Poland in 2016

Pozycja Position	Ilość Amount [t]
Import agrobiomasy na cele energetyczne do Polski Agrobiomass import for energy purposes to Poland	1 187 551
Eksport agrobiomasy na cele energetyczne z Polski Agrobiomass export for energy purposes from Poland	34 554
Nadwyżka importu nad eksportem The surplus of import above export	1 152 997

Źródło: wyniki własne. Source: own study.

portem, wyrażone w tonach. Zestawienie danych i wyniki obliczeń nadwyżki słomy do wykorzystania na cele energetyczne, według metodyki zaproponowanej przez KOWALCZYK-JUŚKO [2010], podano w tabeli 12. Wyniki obliczeń nadwyżki słomy do wykorzystania na cele energetyczne według zmodyfikowanej metodyki przedstawiono w tabeli 13.

Tabela 12. Zestawienie danych i wyniki obliczeń nadwyżki słomy do wykorzystania na cele energetyczne według metodyki zaproponowanej przez KOWALCZYK-JUŚKO [2010]

Table 12. Summary of data and calculations results of straw surplus for energy purpose according to the methodology proposed by KOWALCZYK-JUŚKO [2010]

Lp. No.	Nazwa Name	Ilość Amount [t]
1	Produkcja słomy zbóż podstawowych oraz rzepaku i rzepiku Production of basic cereal straw and turnip rape	34 493 000
2	Zapotrzebowanie na słomę ściółkową Demand on straw for litter	5 299 538
3	Zapotrzebowanie na słomę na pasze Demand on straw for forage	5 603 990
4	Zapotrzebowanie na słomę do przyorania Demand on straw for plough	13 476 273
5	Nadwyżka słomy do alternatywnego (energetycznego) wykorzystania (Lp. 1-(2+3+4)) Straw surplus for alternative (energetical) use (No. 1-(2+3+4))	10 113 199

Źródło: wyniki własne. Source: own study.

Tabela 13. Zestawienie danych i wyniki obliczeń nadwyżki słomy do wykorzystania na cele energetyczne według zmodyfikowanej metodyki

Table 13. Summary of data and calculations results of straw surplus for energy purpose according to the modified methodology

Lp. No	Nazwa Name	Ilość Amount [t]
1	Produkcja słomy zbóż podstawowych oraz rzepaku i rzepiku Production of basic cereal straw and turnip rape	34 493 000
2	Zapotrzebowanie na słomę ściółkową Demand on straw for litter	5 299 538
3	Zapotrzebowanie na słomę na pasze Demand on straw for forage	5 603 990
4	Zapotrzebowanie na słomę do przyorania Demand on straw for plough	13 476 273
5	Zużycie słomy i agrobiomasy w elektrowniach Consumption of straw and agribiomass in electopower stations	2 460 000
6	Nadwyżka importu nad eksportem The surplus of import above export	1 152 997
7	Substancja organiczna do przyorania z obornika Organic matter for plough from manure	2 251 156
8	Substancja organiczna do przyorania z gnojowicy Organic matter for plough from slurry	414 134
9	Nadwyżka słomy do alternatywnego (energetycznego) wykorzystania (Lp. 1-(2+3+4+5)+6+7+8) Straw surplus for alternative (energetical) use (No. 1-(2+3+4+5)+6+7+8)	11 471 486

Źródło: wyniki własne. Source: own study.

Podsumowanie

Zaprezentowana w pracy zmodyfikowana metodyka wykazuje większe o 1 358 287 t zasoby biomasy dostępne w Polsce do energetycznego wykorzystania niż obliczane metodyką zaproponowaną przez KOWALCZYK-JUŚKO [2010]. Wynika to z faktu uwzględnienia nadwyżki importu biomasy nad jej eksportem na cele energetyczne oraz uwzględnienia ilości substancji organicznej wprowadzanej do gleby przez przyoranie, która pochodzi z obornika i gnojowicy. W zmodyfikowanej metodyce nadwyżka słomy dostępnej do wykorzystania na cele energetyczne wyniosła 11 471 486 t w 2016 r. Według metodyki niemodyfikowanej nadwyżka ta wyniosła 10 113 199 t w 2016 r. Dla 2016 r. otrzymano następujące wyniki obliczeń w skali Polski: produkcja słomy zbóż podstawowych oraz rzepaku i rzepiku – 34 493 000 t, zapotrzebowanie na słomę ściółkową – 5 299 538 t, zapotrzebowanie na słomę na pasze – 5 603 990 t, zapotrzebowanie na słomę do przyorania – 13 476 273 t, zużycie słomy i agrobiomasy w elektrowniach – 2 460 000 t, nadwyżka importu nad eksportem agrobiomasy 1 152 997 t, ilość substancji organicznej do przyorania pochodząca z obornika – 2 251 156 t, ilość substancji organicznej do przyorania pochodząca z gnojowicy – 414 134 t.

Dostępne zasoby biomasy rolnej w postaci słomy są istotnym czynnikiem decydującym o pojemności rynku na linię technologiczną do produkcji energii elektrycznej ze zmikronizowanej biomasy, która jest opracowywana i wdrażana w projekcie BioCHP. Linia ta zużywa 2,5 t biomasy w ciągu godziny. Przewiduje się, że tego typu instalacja będzie pracować ok. 80% czasu pracy w ciągu roku, co daje 7 008 godzin pracy ($0,8 \cdot 365 \text{ dni} \cdot 24 \text{ h} \cdot \text{dzień}^{-1} = 7\,008 \text{ h}$). Zapotrzebowanie roczne takiej linii na biomasę to $17\,520 \text{ t} \cdot \text{rok}^{-1}$. Przy nadwyżce produkcji słomy dostępnej na rynku, która wynosi według obliczeń zmodyfikowanej metodyki 11 471 486 t, daje to możliwość zaopatrzenia w paliwo (słomę) maksymalnie teoretycznie ok. 654 instalacji. Rzeczywista ilość możliwych miejsc do realizacji inwestycji będzie znacznie mniejsza od tej liczby. Ze względu na mikronizowanie biomasy, będzie możliwe zmniejszenie kosztów transportu z oddalonych miejsc i zorganizowanie dostaw biomasy do tych instalacji.

Wnioski

1. W Polsce istnieje nadwyżka słomy, która może być przeznaczona na cele energetyczne. Słoma ta może być wykorzystana lokalnie do produkcji energii elektrycznej i ciepła. Lokalne zużycie biozasobów (słomy) jest zgodne z ideą biogospodarki oraz gospodarki o obiegu zamkniętym.
2. Linia opracowywana w projekcie BioCHP do produkcji energii elektrycznej ze zmikronizowanej biomasy może z powodzeniem być wdrożona w wielu miejscach w Polsce, w których występują nadwyżki słomy.
3. Wdrożenie linii w praktyce w wielu miejscach powinno przyczynić się do zagospodarowania nadwyżek słomy, zmniejszyć emisję CO₂ do atmosfery, być źródłem dodatkowego dochodu dla rolników sprzedających słomę oraz lokalnie poprawić ilość i jakość dostarczanej energii elektrycznej (zmniejszenie spadków napięć na terenach wiejskich – przyczyna zniszczeń niezabezpieczonych silników elektrycznych i sprzętu elektronicznego).

Praca została wykonana w ramach projektu „Badania oraz przygotowanie do wdrożenia technologii wytwarzania energii i ciepła w kotłowni zasilanej zmikronizowaną biomasa” (akronim BioCHP), który uzyskał dofinansowanie z NCBiR w ramach strategicznego programu badań naukowych i prac rozwojowych „Środowisko naturalne, rolnictwo i leśnictwo” – BIOSTRATEG.

Bibliografia

ADAMCZYK F. 2013. Energooszczędna, przyczepiana maszyna do zbioru i zagęszczania biomasy metodą zwijania [Mobile and energy efficient machine for biomass harvesting and compaction with the curling method]. *Inżynieria Rolnicza*. Z. 2(143). T.1 s. 13–20.

ADAMCZYK F., FRĄCKOWIAK P., ZBYTEK Z. 2010. Sposoby wykorzystania biomasy stałej na cele energetyczne. Część 2. Słoma i odpady rolnicze [Methods of using solid biomass for energy purposes. Part 2. Straw and agricultural wastes]. *Technika Rolnicza Ogrodnicza Leśna*. Nr 6 s. 5–6.

BioCHP 2017. Projekt BioCHP [BioCHP project] [online]. Warszawa. [Dostęp 16.03.2017]. Dostępny w Internecie: <http://biochp.pl/projekt>

DERSKI B. 2016. Załamanie wsparcia dla OZE [Breakdown of support for RES] [online]. Portal Wysokie napięcie. [Dostęp 16.03.2017]. Dostępny w Internecie: <http://wysokienapiecie.pl/oze/1534-cena-zielonych-certyfikatow-tge-2016>

GRADZIUK B., GRADZIUK P. 2015. Foreign trade of biomass for energy purposes in Poland in the years 2008–2014. *Barometr Regionalny*. Nr 3(13) s. 153–159.

GRADZIUK P. 2013. Biomasa na cele energetyczne – wyniki wymiany handlowej Polski z zagranicą w latach 2008–2013 [Biomass for energy purposes – results of trade between Poland and abroad in 2008–2013]. *Nowa Energia*. Nr 4(33) s. 14–19.

GRZYBEK A. 2008. Ziemia jako czynnik warunkujący produkcję biopaliw [Land area as a factor conditioning production of the biofuels]. *Problemy Inżynierii Rolniczej*. Nr 1(59) s. 63–70.

GUS 2011. Zwierzęta gospodarskie i wybrane elementy metod produkcji zwierzęcej. Powszechny spis rolny 2010 [Livestock and selected livestock production. Common agricultural census] [online]. Warszawa. [Dostęp 17.03.2017]. Dostępny w Internecie: <http://stat.gov.pl/obszary-tematyczne/rolnictwo-lesnictwo/psr-2010/powszechny-spis-rolny-2010-zwierzeta-gospodarskie-i-wybrane-elementy-metod-produkcji-zwierzecej,5,1.html>

GUS 2016. Wynikowy szacunek głównych ziemiopłodów rolnych i ogrodniczych w 2016 r. [The estimate results of the main agricultural and horticultural crops in 2016] [online]. Warszawa. [Dostęp 16.03.2017]. Dostępny w Internecie: <http://stat.gov.pl/obszary-tematyczne/rolnictwo-lesnictwo/uprawy-rolne-i-ogrodnicze/wynikowy-szacunek-glownych-ziemioplodow-rolnych-i-ogrodniczych-w-2016-roku,5,14.html>

GUS 2017. Informacje GUS – Handel zagraniczny [Information of the Central Statistical Office of Poland – Foreign trade] [online]. Warszawa. [Dostęp 16.06.2017]. Dostępny w Internecie: <http://hinex.stat.gov.pl/hinex.aspx/przegladanie.aspx>

Instytut Gospodarki Rolnej 2017. Powierzchnia upraw [The Central Statistical Office of Poland: Crops area] [online]. [Dostęp 16.03.2017]. Dostępny w Internecie: <http://www.institutrolny.pl/home/rolnictwo/21-hodowla-i-uprawy/101-gus-powierzchnia-upraw-i-plony-zboz-w-2016-roku>

KOWALCZYK-JUŚKO A. 2010. Metodyka szacowania regionalnych zasobów biomasy na cele energetyczne [Method for estimating regional biomass resources for energy purposes]. *Zeszyty Naukowe SGGW, Ekonomika i Organizacja Gospodarki Żywnościowej*. Nr 85 s. 103–116.

LUDWICKA A., GRZYBEK A. 2010. Bilans biomasy rolnej (słomy) na potrzeby energetyki [Balance of agricultural biomass (straw) for energy purposes]. *Problemy Inżynierii Rolniczej*. Nr 2(68) s. 101–111.

MILEWSKI A. 2012. BIOMASA – aspekty importu spoza rynku wspólnotowego [BIOMASS – aspects of imports from outside the community market] [online]. *Forum Biomasy – Produkcja, Kontraktowanie, Logistyka*. 22–23.03.2012, Ostrołęka. [Dostęp 16.03.2017]. Dostępny w Internecie: <http://docplayer.pl/11849308-Biomasa-aspekty-importu-spoza-rynk-u-wspolnotowego.html>

MYCZKO A. MYCZKO R., KOŁODZIEJCZYK T., GOLIMOWSKA R., LENARCZYK J., JANAS Z., KILBER A., KARŁOWSKI J., DOLSKA M. 2011. Budowa i eksploatacja biogazowni rolniczych [Construction and operation of agricultural biogas plants]. *Poradnik dla inwestorów zainteresowanych budową biogazowni rolniczych*. Falenty. Wydaw. ITP. ISBN 978-83-62416-23-3 ss. 140.

ROSZKOWSKI A. 2013a. Energia z biomasy – efektywność, sprawność i przydatność energetyczna. Cz. 1 [Energy from biomass – efficiency, efficiency and energy efficiency. Part 1]. *Problemy Inżynierii Rolniczej*. Nr 1(79) s. 97–124.

ROSZKOWSKI A. 2013b. Energia z biomasy – efektywność, sprawność i przydatność energetyczna. Cz. 2 [Energy from biomass – efficiency, efficiency and energy efficiency. Part 2]. *Problemy Inżynierii Rolniczej*. Nr 2(80) s. 55–68.

Rozporządzenie Rady (EWG) Nr 2658/87 z dnia 23 lipca 1987 r. w sprawie nomenklatury taryfowej i statystycznej oraz w sprawie Wspólnej Taryfy Celnej [Council Regulation (EEC) No. 2658/87 of 23 July 1987 on the tariff and statistical nomenclature and on the Common Customs Tariff]. *Dz.U. L 256 z 7.9.1987* s. 1–675.

STAŃCZYK K., BIENIECKI M. 2007. Możliwości redukcji emisji CO₂ i jej wpływ na efektywność i koszty wytwarzania energii z węgla [Opportunities for reducing CO₂ emissions and its impact on the efficiency and cost of carbon production]. *Górnictwo i Geoinżynieria*. Nr 31(2) s. 575–586.

Załącznik do Rozporządzenia Rady Ministrów z dnia 18 maja 2005 r. zmieniającego rozporządzenie w sprawie szczegółowych warunków i trybu udzielania pomocy finansowej na dostosowanie gospodarstw rolnych do standardów Unii Europejskiej objętej planem rozwoju obszarów wiejskich [Annex to the Regulation of the Council of Ministers of May 18, 2005 amending the Regulation on the detailed conditions and modalities for granting financial assistance for the adaptation of agricultural holdings to the standards of the European Union covered by the rural development plan]. *Dz.U. Nr 93 poz. 780*.

Marek Hryniewicz, Anna Grzybek

AVAILABLE STRAW SURPLUS FOR USE FOR ENERGY PURPOSES IN 2016

Summary

There is presented a modified methodology for calculating of straw surplus available in Poland for energy purposes versus methodology described by KOWALCZYK-JUŚKO [2010]. The presented methodology has been modified by taking into account: the demand for straw in power plants, surplus of biomass imports to Poland over exports, the amount of organic matter to be ploughed derived from manure and the amount of organic matter to be ploughed derived from slurry. In the modified methodology, the surplus of straw available for use for energy purposes was calculated as 11 471 486 t in 2016. According to

the unmodified method, the surplus was calculated as 10 113 199 t in 2016. For 2016 year, the results of calculations for Poland were as follows: production of basic cereal straw and rape and turnip rape – 34 493 000 t, straw demand – 5 299 538 t, straw demand for feed – 5 603 990 t, straw demand for ploughing – 13 476 273 t, straw and agrobiomass consumption in power plants – 2 460 000 t, surplus of imports over exports of agrobiomass 1 152 997 t, amount of organic matter to be ploughed derived from manure – 2 251 156 t, amount of organic matter to be ploughed derived from slurry – 414 134 t.

Key words: biomass, balance, straw, energy, cogeneration

Adres do korespondencji:

dr inż. Marek Hryniewicz
Instytut Technologiczno-Przyrodniczy
Oddział w Warszawie
ul. Rakowiecka 32, 02-532 Warszawa
tel. 22 542-11-04; e-mail: m.hryniewicz@itp.edu.pl

