

Wartość energetyczna biomasy z użytkowanych ekstensywnie łąk warkalsko-trojańskich

J. ALBERSKI, M. OLSZEWSKA, A. BAŁUCH-MAŁECKA, M. KURZEJA

Katedra Łąkarstwa i Urządzania Terenów Zieleni, Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie

Energy value of biomass from the extensively used Warkaly-Trojan meadows

Abstract. The study was conducted in Warkaly-Trojan meadows located in the municipality of Jonkowo, in the Regions of Warmia and Mazury (NE Poland). Due to the absence of farming practices and cultivation measures, a large area of the meadows is covered by grass communities of low nutritional value, whose biomass can be used for energy production. The aim of this study was to determine the energy value of biomass from Warkaly-Trojan meadows.

Keywords: meadows, extensive use, biomass, energy value.

1. Wstęp

Biomasa z trwałych użytków zielonych może być wykorzystana jako alternatywne źródło energii w Polsce. Z danych ekspertyzy IMUZ wykonanej dla Ministerstwa Rolnictwa i Rozwoju Wsi, wynika, iż z trwałych użytków zielonych (w zależności od poziomu intensyfikacji produkcji), bez szkody dla produkcji pasz można rocznie pozyskać na cele energetyczne od ok. 2,3 do ok. 3,4 mln ton biomasy, z czego 40% z łąk nieużytkowanych. Z biomasy tej rocznie można wyprodukować od 1,1 do 1,7 mld m³ biogazu (MIKOŁAJCZAK i WSP., 2009). W ostatnich latach w Polsce średnio około 20% powierzchni trwałych użytków zielonych jest nieużytkowane. Aby zapobiec szybkiej ich degradacji i zachować ich wartość przyrodniczą, ochronną i krajobrazową, wytworzoną z nich biomasę można wykorzystać jako surowiec energetyczny (TERLIKOWSKI, 2012). Również biomasa pochodząca z użytków zielonych objętych programem rolnośrodowiskowym, który zakłada konieczność przynajmniej jednokrotnego zebrania masy nadziemnej, może być przeznaczona do bezpośredniego spalania lub produkcji biogazu (WASILEWSKI i BARSZCZEWSKI, 2011; CZYŻ i KITCZAK, 2011).

Według szacunków IBMER w województwie warmińsko-mazurskim na cele energetyczne można pozyskać 137,9 tys. ton siana. Jednak o wartości opałowej i przydatności runi łąkowej na cele energetyczne decyduje wiele czynników, między innymi typ florystyczny zbiorowiska.

Celem pracy było określenie wartości energetycznej biomasy uzyskanej z wybranych zbiorowisk roślinnych użytkowanych ekstensywnie łąk warkalsko-trojańskich.

2. Materiał i metody

Badaniami objęto obszar łąk warkalsko-trojańskich położonych na terenie gminy Jonkowo w województwie warmińsko-mazurskim. Obiekt zlokalizowany jest na pograniczu pojezierzy: olsztyńskiego i iławsko-ostrońskiego. Jest to dawne torfowisko pojezierzowe, które w latach 1971–1973 zostało zmeliorowane i zagospodarowane. Na jego obszarze, który po zmeliorowaniu wynosił 646 ha występują gleby mułowo-torfowe, murszowo-torfowe i murszowe utworzone z torfów torfowisk niskich. Na dużej części łąk warkalsko-trojańskich, na skutek ograniczenia lub zaniechania zabiegów pielęgnacyjnych i użytkowania powstały zbiorowiska o niskiej wartości paszowej. Badania prowadzono w latach 2010–2011. Skład gatunkowy oraz udział poszczególnych gatunków w runi zbiorowisk objętych badaniami określono metodą szacunkową Klappa (tab. 1). Materiał roślinny pobierano z pow. 1 m² w trzech powtórzeniach, z 5 wybranych zbiorowisk roślinnych. Po zważeniu i oznaczeniu wilgotności, za pomocą testera wilgotności firmy Dramiński, próby roślinne wysuszono w temperaturze 105°C i określono plon suchej masy. W uzyskanej biomacie określono ciepło spalania, wartość opałową, zawartość popiołu, węgla oraz siarki. Ciepło spalania określono metodą kalorymetryczną, przy użyciu kalorymetru IKA Werke GmbH C2000 [PN-81/G-04513], zawartość popiołu metodą termogravimetryczną przy użyciu analizatora TGA ELTRA THERMOSTEP [ASTM: D7582, D-3173, D-3174, D-3175 oraz PN-G-04560:1998, PN-ISO 562], oznaczenie zawartości węgla i siarki wykonano przy użyciu analizatora CHS500 firmy ELTRA GMBH [PN-C-04301:1997], [PN-G-04584:2001]. Wartość opałową biomasy obliczono wg wzoru (KOPETZ i WSP., 2007):

$$Q_i^r = [Q_s^a \cdot (100 - W_i^r)] : 100 - W_i^r \cdot 0,0244$$

gdzie:

Q_i^r – wartość opałowa świeżej biomasy

Q_s^a – ciepło spalania suchej biomasy

W_t^r – wilgotność całkowita robocza

0,0244 – współczynnik korekcyjny dla entalpii parowania wody

Przedstawione wyniki są średnimi z dwóch lat badań.

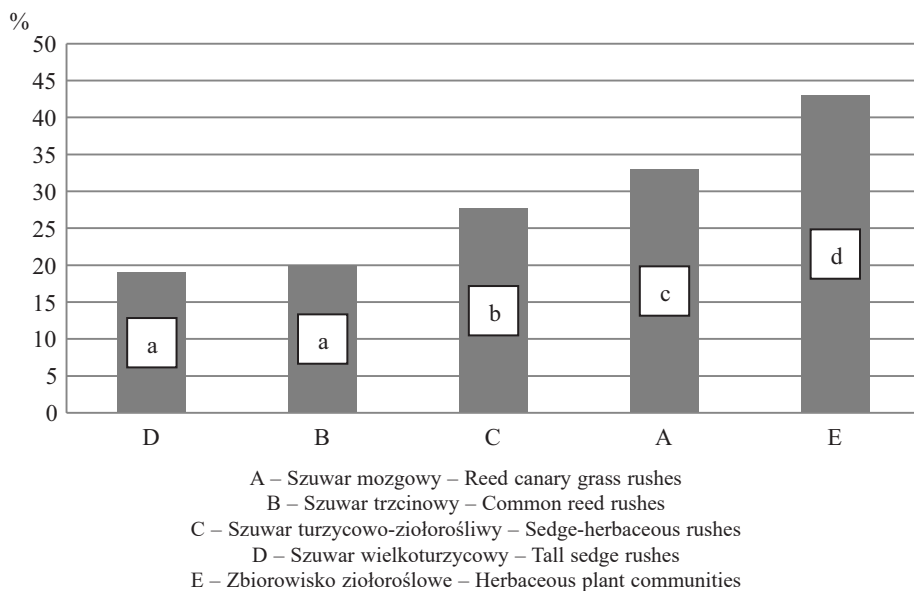
Tabela 1. Skład gatunkowy zbiorowisk roślinnych
Table 1. The species composition of plant communities

Objekt Object	Skład gatunkowy The species composition
A – Szuwar mozgowy Reed canary grass rushes	Mozga trzcinowata 70%, jaskier rozłogowy 8%, pokrzywa zwyczajna 5%, krwawnica pospolita 5%, pozostałe 12%
B – Szuwar trzcinowy Common reed rushes	Trzcina pospolita 75%, wiązówka błotna 10%, pokrzywa zwyczajna 5%, pozostałe 10%
C – Szuwar turzycowo-ziołorośliwy Sedge-herbaceous rushes	Turzycza zaostrzona 40%, krwawnica pospolita 18%, wiązówka błotna 17%, pokrzywa zwyczajna 6%, przytulia czepna 5%, skrzyp błotny 5%, pozostałe 9%
D – Szuwar wielkoturzycowy Tall sedge rushes	Turzycza zaostrzona 75%, krwawnica pospolita 5%, pokrzywa zwyczajna 5%, pozostałe 15%
E – Zbiorowisko ziołoroślowe Herbaceous plant communities	Trybula leśna 30%, pokrzywa zwyczajna 20%, ostrożeń warzywny 15%, jaskier rozłogowy 10%, dzięgiel leśny 5%, krwawnik pospolity 5%, pozostałe 15%

3. Wyniki i dyskusja

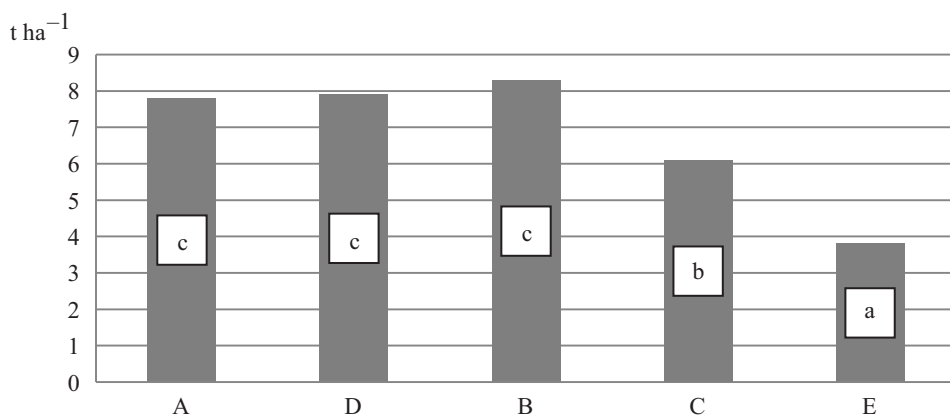
Istotną cechą biomasy pochodzenia roślinnego przeznaczonej do spalania jest jej wilgotność, która decyduje o parametrach energetycznych. Zbyt wysoka wilgotność biomasy wpływa nie tylko na zmniejszenie ilości uzyskanej energii, ale również na przebieg samego spalania, powodując podwyższoną emisję zanieczyszczeń w spalinach (KOWALCZYK-JUŚKO, 2010). Przy wysokiej wilgotności, spalanie biomasy możliwe jest jedynie w specjalistycznych kotłach, co jest opłacalne wyłącznie w ciepłowniach zawodowych średniej i dużej mocy. Spalanie biomasy w tradycyjnych kotłach wymaga zmniejszenia jej wilgotności do wartości poniżej 15%. Jak podają GRZYBEK i WSP. (2001) maksymalna dopuszczalna wilgotność dla słomy jest różna dla różnych instalacji, lecz na ogół waha się w granicach 18–25%. Duża zawartość wody w biomacie ma również wpływ na koszty jej pozyskiwania, transportu i magazynowania (KUBICA i WSP., 2003). W przeprowadzonych badaniach wilgotność biomasy była zróżnicowana (ryc. 1). Istotnie najniższą wilgotnością charakteryzowała się biomasa po-

chodząca z szuwarów wielkoturzycowego (19%) i trzcinowego (20%). Wysoką wilgotność wykazywała roślinność szuwaru mozgowego (33%), w składzie którego 30% stanowiły rośliny zielne. Natomiast istotnie najwyższą zawartością wody odznaczała się biomasa pochodząca ze zbiorowiska ziołoroślowego (43%), ponieważ w jej składzie występowały gatunki grubo łodygowe, które w momencie pobierania prób były jeszcze w trakcie wegetacji.

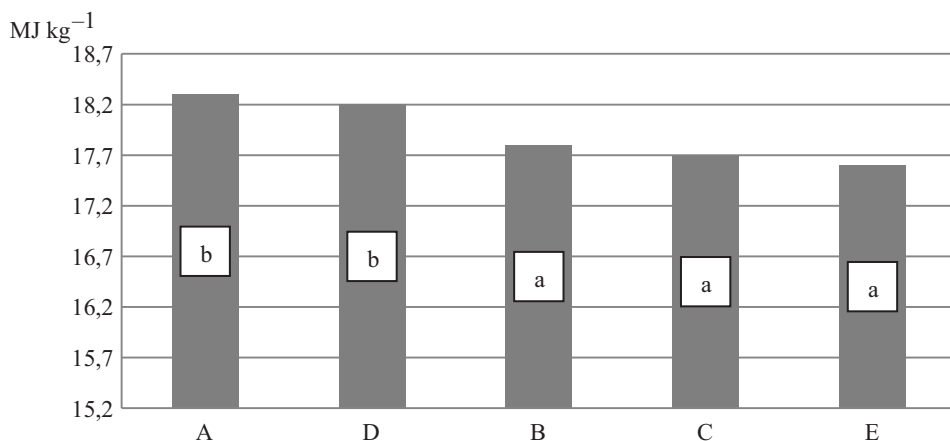


Rycina 1. Wilgotność biomasy
Figure 1. Moisture of biomass

W kontekście przydatności zbiorowisk roślinnych do celów energetycznych istotne jest ich plonowanie w określonych warunkach siedliskowych (SCHITTENHELM i WSP., 2005; TAUBE i WSP., 2007). Porównując plon suchej masy badanych zbiorowisk stwierdzono, że zbiorowiska szuwaru mozgowego, wysokoturzycowego i trzcinowego plonowały podobnie, a ich plon kształtował się w granicach 7,7–8,3 t z 1 ha (ryc. 2). Spośród traw rodzimych najlepiej plonuje trzcina pospolita. Plon suchej masy tego gatunku kształtuje się na poziomie 12–30 t z ha. Natomiast z badań przeprowadzonych przez ALLIRANDA i GOSSE (1995) wynika, że trzcina plonuje na poziomie 9–13 t z ha. W przeprowadzonych badaniach niższe plonowanie zbiorowiska z 75% udziałem trzciny w porównaniu do jej potencjału produkcyjnego wynikało prawdopodobnie z tego, że nie było ono w pełni wykształcone. W momencie zbioru trzcina miała ok. 2 m wysokości, a w naturalnych siedliskach może dorastać do ponad 4 m. Istotnie najniżej



Rycina 2. Plon suchej masy
Figure 2. Dry matter yield



Rycina 3. Ciepło spalania biomasy
Figure 3. The heat of combustion of biomass

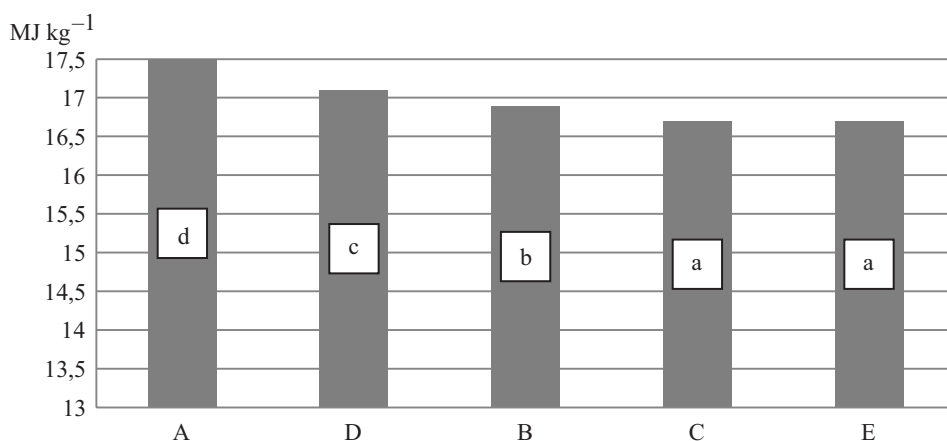
plonowało zbiorowisko ziołoroślowe. Uzyskany plon wyniósł 3,8 t s. m. z 1 ha, co pod względem wykorzystania na cele energetyczne jest mało ekonomiczne.

O przydatności biomasy roślinnej na cele energetyczne decyduje nie tylko wielkość uzyskanego plonu, ale również ciepło spalania, wartość opałowa i skład chemiczny. Cechy te wywierają duży wpływ na warunki technologiczne przerobu i jakość uzyskanego produktu. Ciepło spalania badanego materiału roślinnego wynosiło od 17,6 (zbiorowisko ziołoroślowe) do 18,3 MJ kg⁻¹ (szuwar mozgowy) (ryc. 3). Podobne wartości odnośnie ciepła spalania dla roślinności łąkowej uzyskali również MOILANEN (2006); HARKOT i WSP. (2007) oraz DRADRACH i WSP. (2007). Natomiast GRZELAK i WSP. (2010) wykazali, że ciepło spalania pe-

letu wyprodukowanego z biomasy pochodzącej z ekstensywnych łąk nadnoteczkich ma podobne wartości jak słoma i zrębki z drewna. Odnosząc uzyskane wyniki do innych popularnych roślin energetycznych można stwierdzić, że były one zbliżone do ciepła spalania *Salix ssp.* i wyższe od ciepła spalania *Sida hermaphrodita* (SZCZUKOWSKI i WSP., 2006).

Badane zbiorowiska roślinne wykazywały niewielkie zróżnicowanie pod względem wartości opałowej (ryc. 4). Kształtowała się ona w zakresie 16,7 (zbiorowisko ziołoroślowe) – 17,5 MJ kg⁻¹ (szuwar mozgowy). Zbliżone wyniki dla mozgi trzcinowatej uzyskali również LEWANDOWSKI i WSP. (2003), a także HARKOT i WSP. (2007) w odniesieniu do takich gatunków roślin jak *Phragmites australis*, *Bromus inermis*, *Festuca arundinacea*, *Dactylis glomerata*, *Phalaris arundinacea*, *Calamagrostis epigejos* czy szuwar *Carex gracilis*. Nieco niżej kształtowała się wartość opałowa trzciny pospolitej (9–13 MJ kg⁻¹) w badaniach przeprowadzonych przez ALLIRANDA i GOSSE (1995). Wartość opałowa biomasy uzyskanej ze zbiorowisk użytkowanych ekstensywnie łąk warkalsko-trojańskich jest porównywalna również z wartością opałową traw obcego pochodzenia takich jak: *Spartina pectinata* (16,8 MJ kg⁻¹) i *Andropogon gerardi* (17,1 MJ kg⁻¹) (GRZELAK i WSP., 2010; KOWALCZYK-JUŚKO, 2010). Dla porównania wartość opałowa węgla waha się od 18,8 do 29,3 MJ kg⁻¹ (KOWALCZYK-JUŚKO, 2010).

Węgiel jest głównym składnikiem biomasy, a zawarta w nim energia jest wyzwolana podczas spalania. Od zawartości tego pierwiastka zależy wartość opałowa biomasy. W badanym materiale roślinnym zawartość węgla wynosiła od 463,0 do 490,0 g kg⁻¹ (tab. 2). Najwięcej węgla zawierała biomasa pochodząca z szuwaru mozgowego. Porównywalne wartości dla biomasy miskanta cukrowego i spartiny preriowej uzyskała KOWALCZYK-JUŚKO (2010).



Rycina 4. Wartość opałowa biomasy
Figure 4. The calorific value of biomass

Tabela 2. Skład chemiczny biomasy
Table 2. Chemical composition of biomass

Objekt Object	Popiół Ash (g kg ⁻¹)	Węgiel Carbon (g kg ⁻¹)	Siarka Sulfur (g kg ⁻¹)
A – Szuwar mozgowy Reed canary grass rushes	30,0 *a	490,0 c	2,1 c
B – Szuwar trzcinowy Common reed rushes	57,0 b	478,0 b	1,3 a
C – Szuwar turzycowo-ziołorośliwy Sedge-herbaceous rushes	73,0 c	465,0 a	1,7 b
D – Szuwar wielkoturzycowy Tall sedge rushes	71,0 c	463,0 a	1,8 b
E – Zbiorowisko ziołoroślowe Herbaceous plant communities	55,0 b	463,0 a	1,7 b

*a, b, c – grupy jednorodne – homogeneous group.

Pozostałością po spaleniu biomasy jest popiół, którego zagospodarowanie jest dużym problemem, dlatego pożądana jest jak najmniejsza jego zawartość w materiale roślinnym. Analizując uzyskane wyniki pod względem tej cechy najlepiej wypada roślinność pochodząca z szuwaru mozgowego, która zawierała tylko 30,0 g kg⁻¹ popiołu w s.m. (tab. 2). Taka zawartość popiołu w suchej masie jest porównywalna z zawartością w trawach o typie fotosyntezy C4. Istotnie większą zawartość popiołu stwierdzono w biomacie pochodzącej z szuwaru trzcinowego i zbiorowiska ziołoroślowego, zaś najwięcej popiołu zawierała roślinność szuwaru turzycowo-ziołoroślowego i wielkoturzycowego. Wysoką zawartość popiołu w roślinności turzycowej potwierdzają badania HARKOT i WSP. (2007), w badaniach przeprowadzonych przez Autorów zawartość popiołu pozostającego po spaleniu siana z szuwaru *Carex gracilis* wynosiła odpowiednio 98,0 i 112,0 g kg⁻¹.

Ważnym parametrem przy ocenie wartości energetycznej biomasy jest siarka, która uwalniana podczas termicznej przemiany biomasy jest przyczyną tzw. korozji wysokotemperaturowej urządzeń grzewczych. Zawartość siarki w roślinności badanych zbiorowisk wynosiła od 1,3 (szuwar trzcinowy) do 2,1 g kg⁻¹ s.m. (szuwar mozgowy). Niską zawartość siarki w biomacie trzciny pospolitej potwierdzają badania HARKOT i WSP. (2007). Zdaniem FALKOWSKIEGO i WSP. (2000) zawartość siarki w trawach mieści się najczęściej w granicach 2,0–8,0 g kg⁻¹, zaś GRADZIUK (2003) podaje, że w słomie różnych gatunków roślin rolniczych udział siarki wynosi 1,0–4,0 g kg⁻¹.

4. Wnioski

- Badane zbiorowiska roślinne różnią się parametrami energetycznymi i składem chemicznym. Najlepsze właściwości energetyczne posiada szuwar mozgowy, który charakteryzuje się wysokim plonowaniem, wysoką wartością opałową i ciepłem spalania, największą spośród badanych zbiorowisk zawartością węgla, a jednocześnie bardzo niską zawartością popiołu.
- Uwzględniając badane parametry najmniej przydatnym zbiorowiskiem do wykorzystania na cele energetyczne jest zbiorowisko ziołoroślowe, które mimo zbliżonych do pozostałych zbiorowisk takich parametrów jak: wartość opałowa, ciepło spalania, zawartość węgla, popiołu i siarki, odznaczało się wysoką wilgotnością biomasy i bardzo niskim plonowaniem.

Literatura

- ALLIRAND J.M., GOSSE G., 1995. An above-ground biomass production model for a common reed (*Phragmites communis* Trin.) Stand. *Biomass and Bioenergy*, 9(6), 441–448.
- CZYŻ H., KITCZAK T., 2011. Użytkowe, przyrodnicze i energetyczne walory przymorskich użytków zielonych. *Rocznik Ochrony Środowiska*, 13, 64, 1055–1068.
- DRADRACH A., GĄBKA D., SZLACHTA J., WOLSKI K., 2007. Wartość energetyczna kilku gatunków traw uprawianych na glebie lekkiej. *Łąkarstwo w Polsce*, 10, 29–35.
- FALKOWSKI M., KUKUŁKA I., KOZŁOWSKI S., 2000. Właściwości chemiczne roślin łąkowych. Wydawnictwo Akademii Rolniczej w Poznaniu, Poznań.
- GRADZIUK P., 2003. Biopaliwa. Wydawnictwo Wieś Jutra. Warszawa.
- GRZELAK M., WALISZEWSKA B., SPEAK-DŻWIGAŁA A., 2010. Wartość energetyczna peletu z łąk nadnotekkich ekstensywnie użytkowanych. *Nauka Przyroda Technologie*, 4, 1, 1–6.
- GRZYBEK A., GRADZIUK P., KOWALCZYK K., 2001. Słoma energetyczne paliwo. Wydawnictwo Wieś Jutra. Warszawa.
- HARKOT W., WARDA M., SAWICKI J., LIPIŃSKA H., WYŁUPEK T., CZARNECKI Z., KULIK M., 2007. Możliwości wykorzystania runi łąkowej do celów energetycznych. *Łąkarstwo w Polsce*, 10, 59–67.
- KOPETZ H., JOSSART J.M., RAGOSSING H., METSCHINA CH., 2007. European biomass statistics 2007. European Biomass Association (AEBIOM), Brussels, 73.
- KOWALCZYK-JUŚKO A., 2010. Porównanie składu chemicznego i wartości energetycznej biomasy wybranych gatunków roślin. *Pamiętnik Puławski*, 152, 131–140.
- KUBICA K., ŚCIAŻKO M., RAIŃCZAK J., 2003. Współspalanie biomasy i węgla. *Polityka energetyczna*. Wydawnictwo Instytutu GSMiE PAN, Kraków, 6, 297–307.
- LEWANDOWSKI I., SCURLOCK J.M.O., LINDVALL E., CHRISTOU M., 2003. The development and current status of perennial rhizomatous grasses as energy crops in the US and Europe. *Biomass and Bioenergy*, 25, 335–361.

- MIKOŁAJCZAK J., WRÓBEL B., JURKOWSKI A., 2009. Możliwości i bariery w produkcji biogazu z biomasy trwałych użytków zielonych w Polsce. *Woda-Środowisko-Obszary Wiejskie*, 9, 2(29), 139–155.
- MOILANEN A., 2006. Thermogravimetric characterizations of biomass and waste for gasification processes. VTT Technical Research Centre of Finland, Espoo.
- SCHITTENHELM S., WEILAND P., SOURELL H., 2005. Einfluss der Wasserversorgung auf den Biomasse- und Biogasertrag von Energiemais. *Mitteilungen AGGF*, 17, 114–115.
- SZCZUKOWSKI S., KOŚCIK B., KOWALCZYK-JUŚKO A., TWORKOWSKI J., 2006. Uprawa i wykorzystanie roślin alternatywnych na cele energetyczne. *Fragmenta Agronomica*, 3, 300–315.
- TAUBE F., HERMANN A., POTSCH E.M., 2007. What are the consequences of producing energy crops in the European Union for grassland renovation and new forage production systems? *Grassland Science in Europe*, 12, 463–471.
- TERLIKOWSKI J., 2012. Biomasa z trwałych użytków zielonych jako źródło energii odnawialnej. *Problemy Inżynierii Rolniczej*, 1(75), 43–49.
- WASIŁEWSKI Z., BARSZCZEWSKI J., 2011. Stan trwałych użytków zielonych i możliwość ich wykorzystania do produkcji biogazu. *Problemy Inżynierii Rolniczej*, 2, 149–156.

Energy value of biomass from the extensively used Warkały-Trojan meadows

J. ALBERSKI, M. OLSZEWSKA, A. BAŁUCH-MAŁECKA, M. KURZEJA

Department of Grassland and Green Space Management, University Warmia and Mazury, Olsztyn

Summary

The study was conducted in Warkały-Trojan meadows located in the municipality of Jonkowo, in the Regions of Warmia and Mazury (NE Poland). Due to the absence of farming practices and cultivation measures, a large area of the meadows is covered by grass communities of low nutritional value, whose biomass can be used for energy production. The aim of this study was to determine the energy value of biomass from Warkały-Trojan meadows.

It was found that the analyzed plant communities differed in energy parameters and chemical composition. Reed canary grass rushes was characterized by optimal energy parameters due to its high yield, high net and gross calorific value, highest carbon content (in the group of the analyzed communities) and very low ash content. According to tested parameters, herbaceous plant communities were least suitable for energy production. Although their energy parameters, including net and gross calorific value, the content of carbon, ash and sulfur, were similar to those noted in other communities, the biomass yield of herbaceous plants was very low and herbaceous biomass had a high moisture content.

Adres do korespondencji – Address for correspondence:

Dr inż. Jacek Alberski

Katedra Łąkarstwa i Urządzania Terenów Zieleni

Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie

ul. Plac Łódzki 1/18

10-718 Olsztyn

tel. 89 523 35 01

e-mail: alberj@uwm.edu.pl