

Wpłynęło 27.10.2010 r.
Zrecenzowano 15.12.2010 r.
Zaakceptowano 21.02.2012 r.

Biomasa z trwałych użytków zielonych jako źródło energii odnawialnej

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

Jerzy TERLIKOWSKI^{ABCDEF}

*Instytut Technologiczno-Przyrodniczy w Falentach, Żuławski Ośrodek
Badawczy w Elblągu*

Streszczenie

Celem pracy było określenie wartości opałowej biomasy z łąki wiechlinowo-wyczyńcowej (*Poa-Alopecurus*). Do badań wykorzystano ruń z łąk położonych na Żuławach Elbląskich. Do oznaczenia wartości opałowej wybrano trzy sposoby użytkowania i nawożenia: I – ruń raz koszona, bez nawożenia; II – ruń w użytkowaniu dwukośnym i bez nawożenia; III – ruń dwukrotnie koszona i nawożona fosforem i potasem. Wartość opałowa siana wynosiła od 14,00 do 15,65 MJ·kg⁻¹ s.m. z ha. Wartość opałowa wyrażona w postaci ilości węgla o średniej wartości opałowej wyniosła, w przeliczeniu na ha, dla kombinacji: I – 3,9 Mg, II – 6,0 Mg i III – 6,9 Mg paliwa.

Słowa kluczowe: energia odnawialna, użytki zielone, wartość opałowa siana

Wstęp

Łąki i pastwiska zajmowały w Polsce w 2008 r. ok. 3,184 mln ha, co stanowiło ponad 19,7% powierzchni użytków rolnych [GUS 2009a]. Łąki antropogeniczne wymagają odbioru pewnej ilości biomasy, aby nadal mogły rozwijać się trawy i towarzyszące im gatunki roślin dwuliściennych [KUCHARSKI 2009], ponieważ systematyczne użytkowanie zapobiega ich degradacji.

Rozwijająca się w ostatnich latach intensyfikacja produkcji mleka spowodowała, że trwałe użytki zielone utraciły swój prymat w produkcji pasz objętościowych dla przeżuwaczy. Zwiększyła się natomiast produkcja pasz z gruntów ornych, zarówno objętościowych (kukurydza na kiszonkę, mieszanki motylkowo-trawia-



ste, mieszanki zbożowo-strączkowe), jak i pasz treściwych. Z tego względu część powierzchni trwałych użytków zielonych pozostaje w użytkowaniu ekstensywnym, a część jest zamieniona na grunty orne. Pozostaje więc do zagospodarowania część biomasy z trwałych łąk i pastwisk, która może być wykorzystana do produkcji energii odnawialnej.

Potencjał produkcyjny trwałych łąk i pastwisk w Polsce w 2008 r.

Obecną wydajność oraz wielkość produkcji biomasy z trwałych użytków zielonych w Polsce przedstawiono w tabeli 1, a podstawową produkcję pasz objętościowych na gruntach ornym w 2008 r. – w tabeli 2.

Tabela 1. Powierzchnia, średnia wydajność i zbiory z łąk i pastwisk w Polsce w 2008 r.
Table 1. Area, average productivity and production of meadows and pastures in Poland in 2008

Wyszczególnienie Specification	Powierzchnia Area [ha]	Średnia wydajność [Mg s.m.·ha ⁻¹] Average productivity [Mg d.m.·ha ⁻¹]	Zbiór [Mg s.m.] Production [Mg d.m.]
Łąki Meadows	2 302 422	4,83	11 120 698
Pastwiska Pastures	1 645 483	3,48	5 726 281
Razem Total			16 846 281

Źródło: opracowanie własne na podstawie: GUS [2009a].
Source: own elaboration based on MSO data [GUS 2009a].

Tabela 2. Powierzchnia, średnia wydajność oraz zbiór podstawowych pasz objętościowych dla przeżuwaczy, uprawianych w Polsce na gruntach ornym w 2008 r.

Table 2. Area, average productivity and production of main forage crops for ruminants grown arable land in Poland in 2008

Wyszczególnienie Specification	Powierzchnia Area [ha]	Średni plon zielonej masy Average yield of fresh matter [Mg·ha ⁻¹]	Średni plon suchej masy Average yield of dry matter [Mg·ha ⁻¹]	Produkcja biomasy [Mg s.m.·ha ⁻¹] Biomass production [Mg d.m.·ha ⁻¹]
Kukurydza na kiszonkę Maize for silage	415,70	41,20	8,24	3 425 368
Okopowe pastewne Fodder root crops	25,80	39,70	7,94	204 852
Strączkowe pastewne Fodder legumes	8,50	17,70	3,54	30 090
Przemienne użytki zielone, w tym: motylkowate drobnonasienne Alternating grassland, small-seed papilionaceous plants inclusive	472,30	22,80	4,56	2 153 688
Razem Total				5 813 998

Źródło: opracowanie własne na podstawie: GUS [2009b].
Source: own elaboration based on MSO data [GUS 2009b].

Szacunkowe zapotrzebowanie na pasze objętościowe dla bydła w Polsce w 2008 r. wyniosło: $4\,605\,360 \text{ DJP} \cdot 365 \text{ dni} \cdot 0,012^{1)} \text{ Mg s.m.} \cdot \text{DJP}^{-1} \cdot \text{doba}^{-1} = 20\,171\,477 \text{ Mg s.m.}$

Produkcja polowa roślin pastewnych w 2008 r. wyniosła $5\,813\,998 \text{ t s.m.}$, zatem ilość wyprodukowanych pasz objętościowych z trwałych użytków zielonych to: $20\,171\,477 \text{ Mg s.m.} - 5\,813\,998 \text{ Mg s.m.} = 14\,357\,479 \text{ Mg s.m.}$

Ponieważ produkcja z łąk i pastwisk, szacowana na $14\,397 \text{ tys. t s.m.}$ jest zbliżona do zapotrzebowania na paszę z łąk i pastwisk, które wynosi $14\,357 \text{ tys. t s.m.}$, oznacza to, że w swoich publikacjach GUS [2009a, b; 2010] wziął pod uwagę ruń zebraną z łąk i pastwisk trwałych wyłącznie na cele paszowe, a nie potencjalne możliwości uzyskania plonów biomasy. Natomiast rezerwa biomasy z trwałych użytków zielonych może pochodzić z powierzchni gospodarczo niewykorzystanych na potrzeby paszowe. Powierzchnię łąk niekoszonych lub koszonych a niezebranych w 2008 r. przedstawiono w tabeli 3.

Tabela 3. Powierzchnia łąk trwałych niekoszonych i potencjalna ilość biomasy możliwa do zebrania w 2008 r.

Table 3. Area of permanent meadows not mown and amount of biomass potentially possible to harvest in 2008

Numer pokosu Cut no.	Powierzchnia [tys. ha] Area [thous. ha]	Wydajność [Mg s.m.·ha ⁻¹] Productivity [Mg d.m.·ha ⁻¹]	Potencjalna ilość biomasy możliwa do zebrania [Mg s.m.] Potential biomass possible to be harvested [Mg d.m.]
I	249,20	2,62	652 904
II	442,60	1,46	646 196
III	690,20	0,76	524 552
Razem Total			1 823 652

Źródło: opracowanie własne na podstawie: GUS [2009b].
Source: own elaboration based on MSO data [GUS 2009b].

Oszacowana na 1,82 mln t biomasa z trwałych użytków zielonych może więc stanowić potencjalne źródło energii odnawialnej.

W Polsce wzrost zainteresowania nieżywnościowym wykorzystaniem roślin uprawnych i dziko rosnących nastąpił na początku lat 90. XX w. [NALBORCZYK 1996]. Produkcja biomasy na cele energetyczne nie może mieć charakteru doraźnej działalności [KOŚCIK 2003]. Musi to być produkcja planowa, realizowana systematycznie z roku na rok. Największe możliwości nieżywnościowego wykorzystania produkcji rolnej daje energetyka. Biomasa, w polskich warunkach, występuje w dostatecznej ilości na terenie całego kraju i pod tym względem nie ma konkurentów [LEWANDOWSKI 2006].

¹⁾ Przyjęto dzienną dawkę pokarmową suchej masy dla DJP dotyczącą pasz objętościowych w ilości 12 kg s.m. Większe zapotrzebowanie dobowe na suchą masę będzie pokrywane dodatkami pasz treściwych.

Roczny potencjał energetyczny biomasy w Polsce [GRZYBEK i in. 2001] określono na: 13,6 mln t słomy odpadowej, 4,0 mln t odpadów drzewnych oraz 6,0 mln t osadów ściekowych. Łącznie wynosi to 23,6 mln t, co w przeliczeniu na węgiel o średniej wartości opałowej daje ok. 12,3-16,4 mln t tego nośnika energii.

Siano z użytków zielonych jako źródło energii odnawialnej

Obecnie pojawiła się perspektywa wykorzystania biologicznej właściwości traw, jaką jest ich zdolność ciągłego i obfitego odtwarzania części nadziemnej, do produkcji biomasy jako źródła energii odnawialnej (tab. 4).

Tabela 4. Teoretyczny i techniczny potencjał energetyczny słomy i siana w Polsce
Table 4. Theoretical and technical energetic potential of straw and hay in Poland

Wyszczególnienie Specification	Całkowita ilość Total amount [mln Mg]	Współczynnik wykorzystania Utilization coefficient [%]	Ilość możliwa do wykorzystania Amount possible to utilize [mln Mg]	Potencjał techniczny Technical potential [PJ] ¹⁾
Słoma zbóż Cereal straw	21,50	50	10,75	147
Słoma rzepakowa Rape straw	2,40	70	1,68	23
Siano Hay	18,10	10	1,81	25
Całkowity potencjał odpadów w rolnictwie Total potential of agricultural waste			14,24	195

¹⁾ Petadžul = 10^{15} J. ¹⁾ Petajoule = 10^{15} J.

Źródło: opracowanie własne na podstawie: GUZEK, PISAREK [2005].
Source: own elaboration based on GUZEK, PISAREK [2005].

Na skutek zmniejszenia opłacalności chowu zwierząt przeżuwających, a także zmiany zasad ich żywienia i wprowadzenia kwot mlecznych, zmniejszyło się zapotrzebowanie na paszę pastwiskową oraz siano i kiszonkę z trwałych użytków zielonych. Część biomasy można zatem zagospodarować na cele nieżywnościowe. Z uwagi na małą liczbę publikacji, dotyczących oceny przydatności siana łąkowego jako odnawialnego źródła energii, podjęto badania właściwości paliwowych siana z ekstensywnych użytków zielonych [TERLIKOWSKI i in. 2005].

Celem pracy było określenie wartości opałowej biomasy z ekstensywnie użytkowanej łąki wiechlinowo-wyczyńcowej (*Poa-Alopecurus*), położonej na Żuławach Elbląskich.

Metody badań

Materiał biologiczny pobrano z łąki wiechlinowo-wyczyńcowej (*Poa-Alopecurus*) na Żuławach Elbląskich w 2008 r. Schemat nawożenia i użytkowania łąki podano w tabeli 5. Ciepło spalania biomasy traw określono za pomocą zmodyfikowanej mikrobomby kalorymetrycznej Phillipson KMB-2, a na jego podstawie obliczono wartość opałową.

Tabela 5. Kombinacje użytkowania i nawożenie runi
Table 5. Variants of treatment and fertilization of green growth

Kombinacja Variant	Liczba koszeń Number of cuts	Nawóz Fertilizer	Termin I pokosu Date of I cut	Termin II pokosu Date of II cut
I	1	–	28.07	–
II	2	–	01.07	13.10
III	2	PK ¹⁾	17.06	13.10

¹⁾ P – 40 kg·ha⁻¹, K – 100 kg·ha⁻¹.

Źródło: opracowanie własne. Source: own elaboration.

Wyniki badań

Plonowanie łąki wiechlinowo-wyczyńcowej, ekstensywnie użytkowanej w zależności od częstości koszenia i stosowanego nawożenia podano w tabeli 6, a wartość opałową biomasy – w tabeli 7.

Tabela 6. Plonowanie runi ekstensywnie użytkowanej łąki wiechlinowo-wyczyńcowej [Mg a.s.m.·ha⁻¹]

Table 6. Yielding of extensively used *Poa-Alopecurus* meadow [Mg of absolutely dry matter per 1 ha]

Kombinacja Variant	I pokos I cut	II pokos II cut	Plon roczny Annual yield
I	6,48	–	6,48
II	6,40	3,08	9,48
III	6,98	3,65	10,63

Źródło: wyniki własne. Source: own study.

Tabela 7. Wartość opałowa biomasy runi ekstensywnie użytkowanej łąki

Table 7. Calorific value of green growth biomass from extensively used meadow

Kombinacja Variant	Wartość opałowa [MJ·kg ⁻¹ s.m.] Calorific value [MJ·kg ⁻¹ d.m.]	
	I pokos I cut	II pokos II cut
I	14,00	–
II	14,84	14,99
III	15,65	14,30

Źródło: wyniki własne. Source: own study.

W porównaniu z biomasą innych surowców energetycznych [NIEDZIÓŁKA, ZUCHNIARZ 2006] wartość opałowa biomasy z łąk ekstensywnych jest podobna do wartości opałowej słomy zbóż. Przyjmując, że średnia wartość opałowa węgla wynosi 24 MJ·kg⁻¹, z 1 ha biomasy z łąki użytkowanej ekstensywnie otrzymano równowartość energii w ilości od 3,9 do 6,9 t węgla z powierzchni 1 ha (tab. 8). Zatem dwukośne użytkowanie łąki ekstensywnej w warunkach Żuław Wiślanych umożliwia uzyskanie niemal dwukrotnie większej ilości energii z 1 ha w porównaniu z użytkowaniem jednokośnym.

Tabela 8. Plon energii biomasy z łąk ekstensywnych, wyrażony w Mg węgla z ha
 Table 8. Yield of biomass energy from extensively used meadows [Mg of coal per 1 ha]

Kombinacja Variant	I pokos I cut	II pokos II cut	Suma roczna Annual sum
I	3,86	–	3,86
II	4,04	1,97	6,01
III	4,66	2,23	6,89

Źródło: wyniki własne. Source: own study.

Przyjmując potencjalną ilość biomasy z trwałych użytków zielonych, możliwą do wykorzystania na cele energetyczne w ilości ok. 1,82 mln t s.m., średnią wartość opałową siana równą $14,756 \text{ MJ}\cdot\text{kg}^{-1}$, a średnią wartość opałową węgla – $24 \text{ MJ}\cdot\text{kg}^{-1}$, to 1 t siana, określona jako wartość opałowa standardowego węgla, wyniesie 0,615 t węgla. Zatem możliwa do zebrania biomasa z trwałych użytków zielonych w Polsce może odpowiadać wartości opałowej ok. 1,12 mln t węgla.

Podsumowanie i wnioski

Wykorzystanie biomasy z łąk to problem, którego rozwiązanie umożliwi skuteczną realizację kilku powiązanych ze sobą projektów, związanych z ochroną przyrody i różnorodnością biologiczną oraz tradycyjnego krajobrazu rolniczego, a także z ochroną wód i atmosfery.

1. Wykorzystanie biomasy z łąk ekstensywnych jako źródła energii odnawialnej może stanowić w Polsce równowartość 1,12 mln ton węgla o średniej wartości opałowej.
2. Biomasa z ekstensywnych łąk może być istotnym źródłem energii odnawialnej, a na jej ilość, uzyskiwaną w przeliczeniu na 1 ha, znaczący wpływ ma częstość koszenia runi.

Bibliografia

- GRZYBEK A., GRADZIUK P., KOWALCZYK K. 2001. Słoma. Energetyczne paliwo. Warszawa. Wydaw. Wieś Jutra. Sp. z o.o. ISBN 83-88368-19-2 ss. 71.
- GUS 2009a. Rocznik statystyczny rolnictwa. Warszawa. ISSN 2080-8798 ss. 395.
- GUS 2009b. Wyniki produkcji roślinnej w 2008 roku. Warszawa. ISSN 1507-9678 ss. 113.
- GUS 2010. Wyniki produkcji roślinnej w 2009 roku. Warszawa. ISSN 1507-9678 ss. 114.
- GUZEK K., PISAREK M. 2002. Wykorzystanie biomasy na cele energetyczne w Polsce. Czysta Energia. Nr 2(6) s. 6–7.
- KOŚCIK B. (red.). 2003. Rośliny energetyczne. Wyd. 2. Lublin. Wydaw. AR. ISBN 83-7259-091-5 ss. 146.
- KUCHARSKI L. 2009. Trwałe użytki zielone w programie rolno-środowiskowym. Biblioteczka Programów rolno-środowiskowych 2007–2013. Warszawa. ISBN 978-83-62164-36-3 ss. 24.
- LEWANDOWSKI W.M. 2006. Proekologiczne odnawialne źródła energii. Wyd. 4. Warszawa. WNT. ISBN 978-83-204-3339-5 ss. 432.

NALBORCZYK E. (red.) 1996. Nowe rośliny uprawne i perspektywy ich wykorzystania. W: Nowe rośliny uprawne na cele spożywcze, przemysłowe i jako odnawialne źródła energii. Warszawa. Wydaw. SGGW s. 5–20.

NIEDZIÓŁKA I., ZUCHNIARZ A. 2006. Analiza energetyczna wybranych rodzajów biomasy pochodzenia roślinnego [online]. MOTROL 8A. [Dostęp 20.10.2010]. Dostępny w Internecie: <http://www.panol.lublin.pl/wydawnictwa/Motrol8a/Nie-dziolka.pdf>

TERLIKOWSKI J., RYCHTER A., STASZKUN M. 2005. Calorific value of the biomass from meadow situated in Żuławy region (Vistula delta, Poland). [Poster na: 12. Symposium REGWA „Nutzung regenerativer Energiequellen und Wasserstofftechnik”]. [3–5.11.2005 Fachhochschule Stralsund].

Jerzy Terlikowski

**BIOMASS FROM PERMANENT GRASSLAND
AS A SOURCE OF RENEWABLE ENERGY**

Summary

The aim of studies was to determine the calorific value of biomass from the meadows dominated by *Poa pratensis* and *Alopecurus pratensis*. Green growth (grass) from permanent meadows, situated in region of Żuławy Elbląskie, was used for investigations. Three variants of cultivation and fertilization of grass were applied for evaluating the calorific value: I – grass without fertilization, mown once in vegetation season; II – grass mown twice a season, without fertilization; III – grass mown twice a season and fertilized P + K. The calorific value of hay biomass ranged within 14.00 to 15.65 MJ·kg⁻¹ d.m. per 1 ha. Calorific value, expressed as equivalent of average calorific value coal, for particular treatments amounted to: I – 3.9 Mg·ha⁻¹; II – 6.0 Mg·ha⁻¹; III – 6.9 Mg·ha⁻¹.

Key words: renewable energy, permanent grasslands, calorific value of hay

Adres do korespondencji:

dr inż. Jerzy Terlikowski
Instytut Technologiczno-Przyrodniczy
Żuławski Ośrodek Badawczy
ul. Giermków 5, 82-300 Elbląg
tel./fax: 55 232-44-08, 232-43-48;
e-mail: j.terlikowski@itep.edu.pl

