

Monika SPOREK¹

POTENCJAŁ ENERGETYCZNY BIOMASY SOSNY ZWYCZAJNEJ (*Pinus sylvestris* L.)^{*}

ENERGY POTENTIAL OF THE BIOMASS OF THE SCOTS PINE (*Pinus sylvestris* L.)

Abstrakt: Tworzenie nowej, unijnej gospodarki w zakresie odnawialnych źródeł energii i gospodarki niskoemisyjnej wymaga w ciągu najbliższych lat dodatkowych inwestycji ograniczających emisje gazów cieplarnianych oraz wprowadzania rozwiązań ograniczających wykorzystywanie kopalnych surowców mineralnych. Uwarunkowanie klimatyczne, jak też zależności gospodarcze wskazują, iż dla Polski najkorzystniejszym odnawialnym źródłem energii jest biomasa, w tym biomasa leśna. Po przeprowadzeniu badań terenowych, gdzie określono parametry biometryczne i masowe drzewostanów sosnowych w okresie przedkulminacyjnego wzrostu elongacyjnego, obliczono ilość skumulowanej biomasy na jednostce powierzchni z podziałem na strzałę, gałęzie i igliwie. Z biomasy obliczono własności cieplne poszczególnych sortymentów oraz określono ich potencjał energetyczny.

Słowa kluczowe: biomasa, sosna zwyczajna, potencjał energetyczny, odnawialne źródło energii

Wstęp

W celu przeciwdziałania obserwowanym zmianom klimatycznym podejmowane są na świecie różnego rodzaju działania. Jednym z nich jest promowanie odnawialnych źródeł energii [1-4]. Cele wyznaczone w ostatnim okresie przez Komisję Europejską dotyczą wzrostu udziału energii pochodzącej z odnawialnych źródeł średnio do 20% w 2020 roku. Na Łotwie odsetek ten ma osiągnąć 40% w 2020 roku [5]. Polska jako kraj członkowski UE jest zobowiązana do zwiększenia tego udziału co najmniej do poziomu 15% [6]. Uwzględniając nasze warunki, uważa się, że jednym ze znaczących jej źródeł może być biomasa, także pochodząca z lasów. Ponadto polityka energetyczna zakłada ochronę lasów przed nadmiernym eksploataowaniem, do jakiego dochodziło w poprzednich latach. Przykładowo w 1999 roku 98,05% energii odnawialnej pochodziło z biomasy przede wszystkim drewna (nie tylko odpadowego, ale również surowca technicznego) i słomy [7].

Zrównoważone pozyskanie biomasy ma zapobiec korzystaniu z wysokiej jakości klas surowca drzewnego na potrzeby energetyczne. Biomasa drzewna ma pochodzić z plantacji drzewnych (wierzba energetyczna) [8], z lasów oraz zakładów obróbki drewna (tartaki, stolarnie).

Założenie plantacji do produkcji biomasy zostało uznane jako celowe w krajach bałtyckich, gdzie dostępne są duże obszary opuszczonych (nieuprawianych) gruntów rolnych [9]. Obecnie do tego typu upraw preferuje się gatunki liściaste, jak: topola osika (*Populus. Tremula* L.), olsza szara (*Alnus incana* Moench) i wierzby (*Salix spp.*).

Biomasa z lasów powinna być pozyskiwana w cięciach pielęgnacyjnych i przedrębnych. W wyniku tych zabiegów istnieje możliwość uzyskania wałków i szczap,

¹ Samodzielna Katedra Biotechnologii i Biologii Molekularnej, Uniwersytet Opolski, ul. kard. B. Kominka 6A, 45-035 Opole, tel. 77 401 60 60, email: mebis@uni.opole.pl

^{*}Praca była prezentowana podczas konferencji ECOpole'13, Jarnottówek, 23-26.10.2013

odpadów zrębkowych, drobnicy gałęziowej, żerdzi i tyczek [10, 11]. W najbliższych latach w wyniku strategicznych decyzji państw korzystanie z pozostałości zrębkowych, w tym pniaków ze zrębów, ma wzrosnąć [12, 13]. W tym celu zostały opracowane różne technologie ułatwiające korzystanie z pozostałości drewna z trzebieży.

Odpady przemysłu tartacznego to głównie zrżyny, trociny oraz kora o różnym stopniu rozdrobnienia. Z przemysłu stolarskiego odpadami, które mogą być wykorzystane w celach energetycznych, są pył drzewny, łuszcza, wióry, które najczęściej formowane są w brykiety, oraz fragmenty płyt wiórowych i pilśniowych.

Celem badań było określenie wartości potencjalnej energii skumulowanej w biomasie sosny zwyczajnej (*Pinus sylvestris* L.) w I klasie wieku.

Metody badań

Badania terenowe przeprowadzono w województwie opolskim na obszarze Borów Niemodlińskich. Założono w terenie 6 powierzchni doświadczalnych w monokulturach sosnowych różniących się wiekiem. Najmłodszy drzewostan liczył 5 lat, najstarszy 19 lat. Wszystkie powierzchnie zlokalizowane były na siedlisku boru mieszanego świeżego (BMśw).

Na każdej powierzchni wykonano pomiary średnicy (d) i wysokości (H) wszystkich drzew. Wyniki rejestrowano z dokładnością odpowiednio 0,1 i 1 cm. Na podstawie pomiarów biometrycznych wytypowano drzewa modelowe, które zostały ścięte przed ruszeniem wegetacji, a pomiar masy wykonano w stanie świeżym, zarówno całego drzewa, jak i poszczególnych sortymentów (strzały, gałęzi oraz igliwia) (rys. 1).

Wyniki badań i dyskusja

Znając średnice i wysokości wszystkich drzew na powierzchniach badawczych oraz masę drzew modelowych, obliczono ilość skumulowanej masy drzewnej na powierzchni 1 ha w zależności od wieku sośniny. Dane te posłużyły do oszacowania wielkości potencjału energetycznego zarówno dla pojedynczego drzewa, jak i całego zbiorowiska w przeliczeniu na powierzchnię 1 ha. Korzystając z modeli (1) i (2), obliczono ciepło spalania i wartość opałową. Wartość opałowa jest niższa od ciepła spalania W_g , które definiuje się jako ilość kcal, która powstaje w warunkach kalorymetrycznych przy spalaniu 1 kg paliwa i ochłodzeniu spalin do temperatury otoczenia. Wytworzona w procesie spalania para wodna skrapla się i oddaje ciepło utajone. Różnicę pomiędzy ciepłem spalania a wartością opałową stanowi więc ilość ciepła, zawarta w parze wodnej.

Ciepło spalania drewna wilgotnego W'_g (o wilgotności względnej w_w i wartości opałowej górnej W_g)

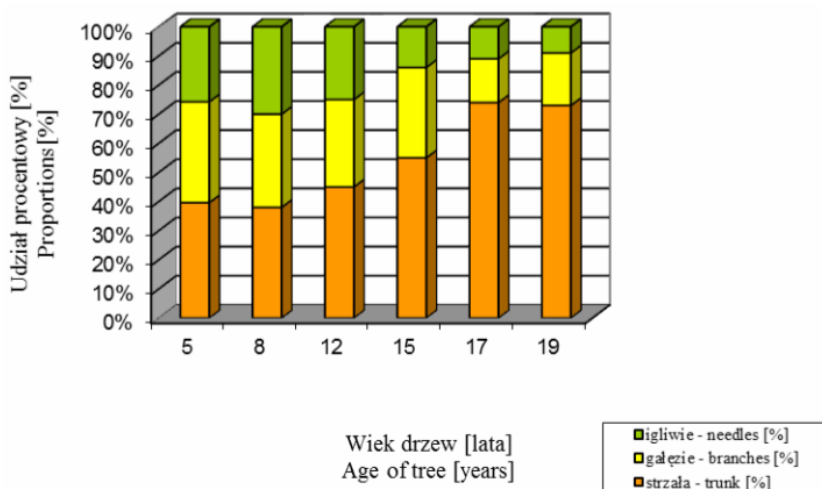
$$W'_g = W_g(1 - w_w) \quad [\text{kcal/kg}] \quad (1)$$

Wartość opałowa drewna o określonej wilgotności względnej W_{dw} , po uwzględnieniu pomniejszonego ciepła spalania W'_g i zmniejszonej zawartości wodoru h' , wynosi [14]:

$$W_{dw} = W'_g - 600(w_w + 9h') \quad [\text{kcal/kg}] \quad (2)$$

Obliczenia prowadzono, uwzględniając wilgotność względną oddzielnie dla każdej powierzchni badawczej. Wartości opałowe dla poszczególnych elementów biomasy są do siebie zbliżone, najwyższą średnią wartość opałową obliczoną na podstawie drzew modelowych uzyskano dla igliwia - 14,9 MJ/kg, mniejszą dla strzały - 14,7 MJ/kg i najniższą dla gałęzi - 14, 6 MJ/kg.

Na podstawie znajomości wielkości wartości opałowych, a także biomasy poszczególnych drzew modelowych i biomasy przypadającej na jednostkę powierzchni gruntu wyznaczono potencjał energetyczny (tab. 1). Graficzny rozkład energii skumulowanej w biomacie w przeliczeniu na jednostkę powierzchni gruntu przedstawiono na rysunku 2.



Rys. 1. Udział procentowy powietrznie suchej masy strzały, gałęzi i igliwia drzew modelowych w okresie przedkulminacyjnego wzrostu elongacyjnego

Fig. 1. Proportions of the dry mass in ambient air of the trunk, branches and needles of model trees during the pre-culminative elongation growth

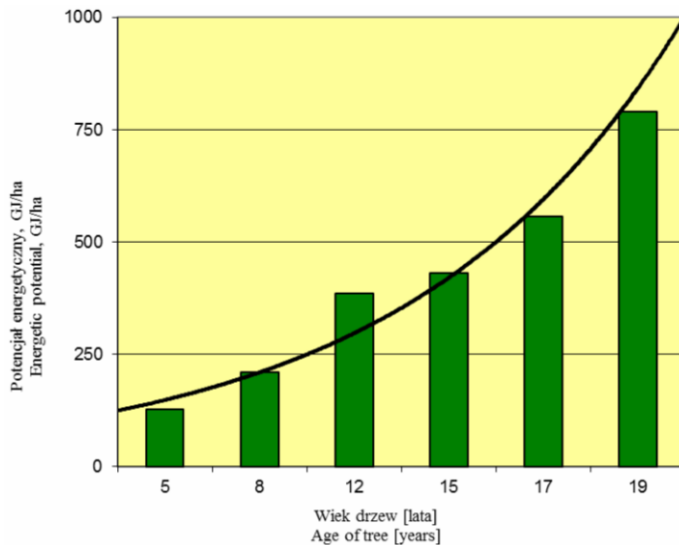
Wartość opałowa powietrznie suchej masy drzew modelowych
oraz w przeliczeniu na jednostkę powierzchni gruntu

Tabela 1

Calorific values of a dry mass of model trees recalculated for an area unit

Table 1

Wiek drzew [lata] Age of tree [years]	Łączny potencjał energetyczny Total energetic potential	
	drzewo modelowe model tree [MJ]	z hektara in 1 ha [MJ/ha]
5	15	127 000
8	19	211 000
12	69	386 000
15	96	430 000
17	94	558 000
19	146	789 000



Rys. 2. Potencjał energetyczny biomasy sosny zwyczajnej

Fig. 2. Energetic potential of the biomass of the Scots Pine

Z przeprowadzanych badań przez Jansona i in. [5] wynika, że bardzo dobrym gatunkiem energetycznym jest sosna wydmowa (*Pinus contorta*). Biomasa części nadziemnej tego gatunku na dobrych gruntach ornych w wieku 16 lat kształtuje się na poziomie $114 \pm 6,4 \text{ Mg ha}^{-1}$, to jest dwa razy więcej niż biomasa sosny zwyczajnej (*Pinus sylvestris*), rosnącej w tych samych warunkach ($50 \pm 15,9 \text{ t ha}^{-1}$). Autorzy również podają, że podobna zależność występuje w starszych drzewostanach (22- i 25-letnich) na ubogich glebach leśnych, gdzie biomasa sosny wydmowej wynosi odpowiednio $48 \pm 3,6 \text{ t ha}^{-1}$ i $94 \pm 9,4 \text{ t ha}^{-1}$. Wysoką wydajność masy *P. contorta* potwierdzają badania prowadzone w Szwecji [15, 16]. Jak wskazują autorzy, zaobserwowane różnice w nadziemnej biomacie pomiędzy dwoma gatunkami sosen wynikają zarówno z różnic w przeżywalności, jak i tempa wzrostu [5].

Obecnie wykorzystywana w nowoczesnych zakładach ciepłowniczych i elektrowniach biomasa pochodzi z drewna opałowego i rolniczej produkcji.

W ostatnim czasie rośnie jednak zainteresowanie wykorzystaniem biomasy z odpadów zrębkowych, drobnicy gałęziowej, żerdzi i tyczek pozyskiwanych w cięciach pielęgnacyjnych. Alternatywą jest również wprowadzanie na słabe, piaszczyste grunty rolne sosen (*Pinus spp.*), w naszych warunkach klimatycznych głównie sosny zwyczajnej.

Wnioski

1. Biomasa sosny zwyczajnej pozyskana z powierzchni 1 ha uprawy w wieku 5 lat stanowi potencjał energetyczny, który może zaspokoić potrzeby cieplne domu jednorodzinnego zasilanego kotłownią o mocy 25 kW.
2. Skumulowana biomasa drzewostanu sosnowego w młodniku o powierzchni 1 ha w wieku 17 lat zaspokaja ciepłe zapotrzebowanie kotłowni o mocy 100 kW.

Literatura

- [1] Parikka M. Global biomass fuel resources. *Biomass and Bioenergy*. 2004;27:613-620. DOI: 10.1016/j.biombioe.2003.07.005.
- [2] Wahlund B, Yan J, Westermark. Increasing biomass utilisation in energy systems: A comparative study of CO₂ reduction and cost for different bioenergy processing options. *Biomass and Bioenergy*. 2004;26:551-544. DOI: 10.1016/j.biombioe.2003.09.003.
- [3] Beringer T, Lucht W, Schaphoff S. Bioenergy production potential of global biomass plantations under environmental and agricultural constraints. *GCB Bioenergy*. 2011;3(4):299-312. DOI: 10.1111/j.1757-1707.2010.01088.x
- [4] Mendu V, Sherin T, Campdell JE, Stork J, Jae J, Crocker M, et al. Global bioenergy potential from high-lignin agricultural residue. *PNAS*. 2012;109(10):4014-4019. [online] www.pnas.org/cgi/doi/10.1073/pnas.1112757109.
- [5] Jansons A, Sisenis L, Neimane U, Rieksts-Riekstins J. Biomass production of young lodgepole pine (*Pinus contorta* var. *latifolia*) stands in Latvia. *Forest*. 2013;6:10-14. DOI: 10.3832/for0637-006.
- [6] Dyrektywa 2009/28/WE. Parlamentu europejskiego i Rady Europy z dnia 23 kwietnia 2009 r. w sprawie promowania stosowania energii ze źródeł odnawialnych.
- [7] Strategia rozwoju energetyki odnawialnej 2000. Ministerstwo Środowiska Departament Ochrony Środowiska. Warszawa.
- [8] Heinsoo K, Sild E, Koppel A. Estimation of shoot biomass productivity in Estonian *Salix* plantations. *Forest Ecol Manage*. 2002;170:67-74. DOI: 10.1016/S0378-1127(01)00784-8.
- [9] VZD. 2011. State land service report 2011. Website [online] <http://www.vzd.gov.lv/sakums/publikacijas-un-statistica/parskats/?id=846>.
- [10] Moskaliak T, Borkowska M, Sadowski J, Zastocki D. Efficiency of energy wood chip production from forest biomass. *Acta Sci Pol Silv Colendar Rat Ind Lignar*. 2012;11(4):27-36.
- [11] Różański H, Jabłoński K. Energy consumption in the production of chips and bundles from logging residues. *Acta Sci Pol Silv. Colendar. Rat. Ind. Lignar*. 2010; 9(2):25-30.
- [12] Malinen J, Pesonen M, Määttä T, Kajanus M. Potential harvest for wood fuels (energy wood) from logging residues and first thinnings in Southern Finland. *Biomass and Bioenergy*. 2001;20:189-196. DOI: 10.1016/S0961-9534(00)00075-1.
- [13] Wikström F. The potential of energy utilization from logging residues with regard to the availability of ashes. *Biomass and Bioenergy*. 2007;31:40-45. DOI: 10.1016/j.biombioe.2006.05.002.
- [14] Krzysik F. *Nauka o drewnie*. Warszawa: PWN; 1978.
- [15] Elfing B, Ericsson T, Rosvall O. The introduction of lodgepole pine for wood production in Sweden - a review. *Forest Ecol Manage*. 2001;141:15-29. DOI: 10.1016/S0378-1127(00)00485-0.
- [16] Liziniewicz M, Ekó PM, Agestam E. Effect of spacing on 23-year-old lodgepole pine (*Pinus contorta* Dougl. var. *latifolia*) in southern Sweden. *Scandinavian J Forest Res*. 2012;27:361-371. DOI: 10.1080/02827581.2011.639798.

ENERGY POTENTIAL OF THE BIOMASS OF THE SCOTS PINE (*Pinus sylvestris* L.)

Independent Chair of Biotechnology and Molecular Biology, Opole University

Abstract: Forming a new management of renewable energy resources and low emission industry in the European Union requires additional investments during the coming years to reduce emission of greenhouse gases and to implement solutions that reduce the use of mined minerals resources. Climate and economic conditions indicate that the most convenient source of renewable energy in Poland is biomass, including the forest biomass. After a field study, assessing biological parameters and mass of pine stands during their pre-culminative elongation growth, we calculated cumulative biomass of pine within a surface unit, dividing it into the mass of trunks, branches and needles. Based on the biomass we calculated the calorific properties of each type of this assortment and we identified their energetic potential

Keywords: biomass, Scots Pine, energy potential, renewable energy sources

