

KAROL CHLEBOWSKI, KRZYSZTOF JABŁOŃSKI

Pakietowanie pozostałości zrębowych nowym sposobem wykorzystania biomasy leśnej do celów energetycznych

Bundling of logging residues – a new method to use biomass for energy purposes

ABSTRACT

Chlebowski K., Jabłoński K. 2012. Pakietowanie pozostałości zrębowych nowym sposobem wykorzystania biomasy leśnej do celów energetycznych. Sylwan 156 (4): 315-320.

Woody fuels are perceived as an important potential renewable source of energy in Poland. With about 25 thousand ha of clear-cut every year, it is possible to collect over million tons of woody fuels in form of logging residues, which is usually left behind after timber and industrial wood have been taken away. The technology using slash bundlers for bundling logging residues is an interesting option to produce a woody fuel ready for burning. Logging residues bundles differ in their dimensions and weight depending on the bundling machine used for the operation. As the technology utilises green branches and tree tops for producing bundles, it may lead to losses in the amount of certain chemical elements in the forest site thus negatively affecting the future forest generations. The complexity of the problem calls for intensive research into the problem of using logging residues as a source of energy.

KEY WORDS

energy wood, logging residues, wood harvesting, slash bundler

ADDRESSES

Karol Chlebowski – e-mail: k.chlebowski@up.poznan.pl

Krzysztof Jabłoński – e-mail: jabkrys@up.poznan.pl

Katedra Techniki Leśnej; Uniwersytet Przyrodniczy; ul. Wojska Polskiego 71c; 60-625 Poznań

Wstęp

Troska o stan środowiska naturalnego w Polsce, a także narastająca świadomość nieuchronności wyczerpania się kopalnych surowców mineralnych, powodują żywe zainteresowanie odnawialnymi źródłami energii. Paliwa odnawialne nie są wynalazkiem ostatnich lat. Energia wody, wiatru, słońca czy biomasy była integralną częścią historii rozwoju cywilizacji, a biomasa stanowi około 11% światowej dostawy energii. Ponad połowa z 4 bilionów m³ drewna wykorzystywanych przez światową populację jest przeznaczana, bezpośrednio jako drewno opałowe lub węgiel drzewny, na pokrycie dziennego zapotrzebowania na energię [Hall 2002]. Obecnie szereg krajów prowadzi badania zmierzające do wdrożenia efektywnych technologii wykorzystujących biomasę leśną.

Współczesna polityka ekologiczna państwa zmierza do zwiększenia udziału biomasy, w tym drewna, jako surowca energetycznego. Wpływ na to mają obowiązujące regulacje międzynarodowe. Wśród nich ważne miejsce zajmuje protokół z Kioto, ratyfikowany 16 lutego 2005 roku, a będący wynikiem realizacji Ramowej Konwencji Narodów Zjednoczonych w sprawie zmian klimatu, podpisanej w Rio de Janeiro w 1992 roku. Istotne znaczenie ma obowiązująca w Unii Europejskiej dyrektywa w sprawie promowania stosowania energii ze źródeł odnawialnych.

Polska przyjęła zobowiązanie, na mocy którego do 2020 roku udział energii ze źródeł odnawialnych w końcowym zużyciu ma wynosić 15% [Dyrektywa... 2009].

Uwarunkowania klimatyczne, jak i zależności gospodarcze wskazują, iż dla naszego kraju korzystnym odnawialnym źródłem energii jest biomasa, na co wskazują badania ekspertów [Możliwości... 2007]. Rozważając wykorzystanie biomasy do celów energetycznych nie sposób pominąć biomasy leśnej. O dużej randze tego rodzaju biomasy decyduje znaczna wielkość powierzchni gruntów leśnych w Polsce, która wynosi 9,1 mln ha, co stanowi 29% powierzchni kraju [Leśnictwo 2010]. Powyższe czynniki zmuszają do poważnego potraktowania biomasy leśnej jako źródła energii.

Uwarunkowania

Poza tradycyjnymi sortymentami drzewnymi wykorzystywanymi jako opał, istnieje możliwość intensyfikowania gospodarki leśnej w tym zakresie przez zastosowanie pozostałości zrębowych do celów energetycznych. Takie podejście jest szeroko rozpowszechnione w Szwecji, gdzie biomasa drzewna pokrywa krajowe zapotrzebowanie na energię w około 20%. Mimo że biomasa ta pochodzi głównie z przemysłu drzewnego, do wytwarzania energii wykorzystuje się także we wzrastającym stopniu pozostałości zrębowe, pniaki i surowiec małowymiarowy z cięć pielęgnacyjnych [Skogen... 2010]. Obok Szwedów, za pionierów systematycznego wykorzystywania na wysoką skalę biomasy pozostającej na zrębie uznaje się także Finów [Hakkila, Parikka 2002].

Również w Polsce pozostałości zrębowe znajdują się w obszarze zainteresowania zarówno nauki [Gornowicz 2002; Gornowicz, Pilarek 2008], jak i praktyki leśnej. Problematyka utylizacji pozostałości zrębowych jest zagadnieniem dość kontrowersyjnym, bowiem z jednej strony prowadzi do uszczuplenia zasobów pokarmowych siedlisk, ale ułatwia operacje odnowieniowe, a także w szerszym aspekcie prowadzi do mniejszego zużycia kopalnych nośników energii, ochrony klimatu i tworzenia lokalnych miejsc pracy. W naszych warunkach problem wykorzystywania pozostałości zrębowych do celów energetycznych dotyczy w zasadzie tylko sosny i świerka. Stosunkowo lepiej przebadanym gatunkiem, z uwagi na powszechność występowania, jest sosna. Badania naukowe wskazują, że w jej przypadku surowiec w postaci gałęzi i wierzchołków drzew, tworzący pozostałości zrębowe, stanowi około 12% masy całego drzewa (wraz z częścią podziemną) [Kubiak, Grodecki 1992].

Poza drewnem opałowym, do celów energetycznych pozyskiwać można również inne rodzaje biomasy leśnej. Wśród nich na uwagę zasługują przede wszystkim pozostałości zrębowe, w formie gałęzi i czubów drzew pozyskiwanych w cięciach rębnych. Jak podaje raport o stanie lasów [Raport...2010], w roku 2009 zręby zupełne prowadzono na powierzchni 25,1 tys. hektarów. W latach poprzednich powierzchnia zrębów zupełnych w kraju także oscylowała wokół 25 tysięcy hektarów. Jak podają Jabłoński i Różański [2003], z jednego hektara średnio pozyskać można około 45 t pozostałości zrębowych. Zakładając, że zręby zupełne wykonuje się głównie jednak w drzewostanach sosnowych, można by przyjąć, że w skali kraju możliwe byłoby roczne pozyskanie około 1,125 mln ton surowca energetycznego w stanie świeżym.

Ze względu na znaczną wilgotność świeżego surowca w postaci pozostałości zrębowych, jego wartość opałowa jest stosunkowo niewielka i wynosi 9,8 GJ/t (2,7 MWh/t) [Nilsson 1999]. Pozyskując więc nieco ponad milion ton surowca w stanie świeżym, można wyprodukować około 11 PJ energii, co odpowiada 3037 GWh. Jest to znaczna ilość energii i do jej pozyskania warto zastosować odpowiednio opracowane i efektywne procesy technologiczne.

W historii gospodarki leśnej znanych jest wiele metod i sposobów zagospodarowania pozostałości zrębowych. Jeszcze kilkanaście lat temu popularną metodą było palenie gałęzi na

zrębie lub ich pozyskanie przez lokalną ludność, na zasadzie tzw. „samowyrobu”. Zdecydowanie rzadziej biomasę zrębkowano przy użyciu rębarek lub rozdrabniano, mieszając je z glebą bądź pozostawiając pokruszony materiał na powierzchni zrębowej. Okazało się, że poza dużymi rębarkami bębnowymi [Róžański, Jabłoński 1990] brakowało specjalistycznych maszyn umożliwiających zagospodarowanie pozostałości zrębowych na szerszą skalę.

W latach dziewięćdziesiątych XX wieku rozpoczęto prace nad stworzeniem technologii, która w sposób efektywny pozwoliłaby na pozyskiwanie biomasy do celów energetycznych [Chlebowski 2005]. W 1994 roku Narodowa Agencja Techniczna (TEKES) w Finlandii rozpoczęła prace nad projektem, którego celem było zwiększenie rocznego udziału biomasy leśnej w produkcji energii do roku 2003 o około 2,5 mln m³. Działania zmierzające do wytworzenia tak znacznych mas surowca energetycznego musiały spowodować powstanie odpowiedniego procesu technologicznego, a co za tym idzie skonstruowanie maszyn umożliwiających pozyskanie biomasy, jej przetwarzanie i transportowanie [Chlebowski 2002]. Unia Europejska wsparła tę inicjatywę, przekazując grant w wysokości 1,62 mln USD firmie Timberjack z zadaniem opracowania technologii pakietowania drewna poeksploatacyjnego na cele energetyczne [Laurow, Więsik 2001].

Technologia pakietowania

By sprostać współczesnym wymaganiom, firmy produkujące maszyny dla leśnictwa przedstawiają nowe metody pozyskiwania biomasy pozostającej na zrębie. Jednym z najbardziej innowacyjnych rozwiązań oferowanych na rynku jest proces pakietowania pozostałości zrębowych. Maszyny pakietujące biomasę – pakieciarki – dokonują sprasowania biomasy w charakterystyczne pakiety (baloty), które następnie są zrywane do drogi wywozowej, gdzie przy udziale odpowiedniego taboru samochodowego są transportowane do odbiorców [Kärhä, Vartiamäki 2006].

Typowy proces technologiczny energetycznego wykorzystywania pozostałości zrębowych z ich pakietowaniem składa się z [Sadowski 2008; Róžański, Jabłoński 2010]:

- pozyskania i zrywki sortymentów drewna okrągłego, które w drzewostanie przeprowadzają harvester i forwarder lub pilarka i ciągnik,
- pakietowania pozostałości zrębowych, które na powierzchni zrębu wykonuje pakieciarka,
- zrywki pakietów ze zrębu za pomocą forwardera,
- wywozu do odbiorcy,
- spalania pakietów u odbiorcy (np. w ciepłowni) w kotłach grzewczych.

Kluczową operacją technologiczną jest pakietowanie pozostałości zrębowych prowadzone przy użyciu pakieciarki, ale należy mieć na uwadze, że technologia pozyskiwania sortymentów drewna okrągłego ma także wpływ na jakość pracy samej pakieciarki. Zastosowanie harwestera, prowadzącego operację pozyskiwania drewna okrągłego metodą zrębu uporządkowanego, prowadzi do wstępnej koncentracji pozostałości zrębowych na powierzchni, co oczywiście ma wpływ na wydajność pakietowania oraz późniejszej zrywki pakietów prowadzoną forwarderem. Po ich przewiezieniu do odbiorcy, pakiety pozostałości zrębowych są rozdrabniane, za pomocą wydajnych rębarek stacjonarnych, a uzyskane zrębki spalane. Możliwe jest również spalanie całych pakietów.

Według Kärhä i Vartiamäki [2006] typowe parametry pakietu (balota) wynoszą: długość – 3,0 m, średnica – 0,7 m, gęstość surowca – 320 kg/m³, waga – 390 kg, z czego 220 kg suchej masy. Należy jednak zaznaczyć, że pakiety mogą mieć różną postać w zależności od modelu

pakieciarki użytej do pakietowania (tab.). Obecnie w Polsce pracują trzy pakieciarki, w tym dwie maszyny John Deere 1490D. Produkują one pakiety o długości 230-250 cm i o średnicy 50-80 cm.

Istotną zaletą technologii pakietowania są stosunkowo niewielkie wymagania w zakresie powierzchni koniecznej do magazynowania gotowych pakietów. Pakiety ułożone w stosy stosunkowo łatwo przysychają, co jest niezwykle ważne zwłaszcza w okresie letnim. Dla porównania znacznie bardziej niekorzystnie przedstawia się sytuacja w przypadku produkowania zrębków, bowiem ich dłuższe przechowywanie w pryzmach powoduje znaczny wzrost temperatury, mogący prowadzić nawet do samozapłonu. Wskutek działalności mikroorganizmów dochodzić może do ubytków rozdrobnionego materiału, sięgającego nawet 12% [Nilsson 1999], a u osób mających kontakt z tak przechowywanym surowcem mogą występować problemy zdrowotne wskutek wysokiego stężenia alergizujących mikrospor w powietrzu [Jirjis 1995].

Jednym z głównych założeń, podczas opracowywania metody pakietowania, była możliwość transportu surowca przez samochody ciężarowe służące do wywozu drewna. Kraje skandynawskie, w celu poprawy bezpieczeństwa na drodze, stosują specjalistyczne przyczepy z pełnym dnem i obudowanymi bokami przestrzeni ładunkowej [Johansson i in. 2006]. Początkowo pakietowanie odbywało się przy drodze wywozowej, gdzie wcześniej, pozostająca na zrębie biomasa, została zerwana i ułożona w pryzmy. Jednak w celu poprawy wydajności całej technologii produkcji pakietów do celów energetycznych, działaniom optymalizacyjnym podlegają wszystkie operacje technologiczne tego procesu [Lindroos i in. 2010]. Interesującą alternatywą jest pakietowanie wprost na powierzchni zrębowej, wykonywane przez urządzenie zamontowane na pojeździe przystosowanym do poruszania się na zrębie, takim jak forwarder.

Podsumowanie

Paliwa kopalne nieuchronnie ulegają wyczerpaniu i zobowiązani jesteśmy do poszukiwania alternatywnych źródeł energii zarówno dla siebie samych, jak i przyszłych pokoleń. Wydaje się, iż biomasa leśna, w ogólnym bilansie energii pozyskiwanej ze źródeł odnawialnych, jest istotnym suplementem, szczególnie w warunkach polskich, gdzie biomase przypisuje się duże znaczenie w zakresie istniejącego potencjału odnawialnych nośników energii. Dążąc do ich wykorzystania, nie należy jednak zapominać o środowisku naturalnym, dlatego chcąc wprowadzić technologię opartą na pakietowaniu pozostałości zrębowych, należy rozważyć jej skutki w postaci np. zubażania siedliska w cenne pierwiastki biogenne. Problem może jednak zostać pomyślnie rozwiązany, jak to zaobserwować można w krajach skandynawskich. Jednym z rozwiązań jest wprowadzanie do środowiska leśnego popiołów pozostałych po spaleniu biomasy [Wikström 2007].

Tabela

Parametry pakietów produkowanych przez różne modele pakieciarek
Parameters of bundles produced by different bundling machines

Parametry pakietu	Woodpac Enfo 2000	Fixteri Baller	Flexus Tornado	Pinox 828/830	John Deere 1490D
Długość [cm]	240-300	260	135	260-350	230-250
Średnica [cm]	60-80	80	125	70-80	50-80
Masa [kg]	400-6000	300-4500	300-350	400-650	300-700
Sposób wiązania	sznurek	sznurek	siatka	sznurek	sznurek
Wydajność [szt./h]	20-25	brak danych	20-25	20-25	25-30

Ekosystem leśny może zapewnić źródło energii, jednak niewłaściwe jego eksploataowanie może doprowadzić do zachwiania subtelnej równowagi między biocenozą i biotopem. Proces technologiczny oparty na pakietowaniu ma wiele zalet, ale może mieć też wady, dlatego konieczne są dalsze badania precyzujące warunki stosowania tej technologii, sposób jej wdrażania, możliwe do uzyskania efekty ekonomiczne i energetyczne oraz skutki, jakie będzie wywoływało stosowanie tego procesu technologicznego.

Literatura

- Chlebowski K. 2002. Nowoczesne technologie pozyskiwania z lasu biomasy jako źródła energii odnawialnej. Przegląd Leśniczy 1: 12-13.
- Chlebowski K. 2005. Technologiczne, ergonomiczne i ekonomiczne aspekty rozdrabniania pozostałości zrębowych w drzewostanach sosnowych przy użyciu rozdrabniarki Meri Crusher MJ-2,3 DT. Praca doktorska. UP w Poznaniu.
- Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady Europy 2009/28/WE z dnia 23 kwietnia 2009 r. w sprawie promowania stosowania energii ze źródeł odnawialnych zmieniająca i w następstwie uchylająca dyrektywy 2001/77/WE oraz 2003/30/WE. 2009. Dziennik Urzędowy L 140, 05/06/2009 P. 0016-0062.
- Nilsson P. O. [red.]. 1999. Energi fran skogen. SLU Kontakt 9.
- Gornowicz R. 2002. Wpływ pozyskiwania biomasy sosny zwyczajnej (*Pinus sylvestris* L.) na wycofywanie pierwiastków biogennych ze środowiska leśnego. Roczniki Akademii Rolniczej w Poznaniu. Monografia. Zeszyt 331.
- Gornowicz R., Pilarek Z. 2008. Wpływ przygotowania powierzchni pozrębowej do odnowienia na zawartość niektórych składników mineralnych. Tendencje i problemy techniki leśnej w warunkach leśnictwa wielofunkcyjnego. Katedra Techniki Leśnej, Poznań. 121-126.
- Hakkila P., Parikka M. 2002. Fuel resources from the forest. W: Richardson J., Bjorheden R., Hakkila P., Lowe A. T., Smith C. T. Bioenergy from Sustainable Forestry: Guiding Principles and Practice. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht. 19-48.
- Hall J. P. 2002. Sustainable Production of Forest Biomass for Energy. The Forestry Chronicle 78: 391-396.
- Jabłoński K., Różański H. 2003. Prospects for wood harvesting in Poland. Acta Sci. Pol. Silv. Colendar. Rat. Ind. Lignar. 2 (1): 19-26.
- Jirjis R. 1995. Storage and drying of wood fuel. Biomass and Bioenergy 9 (1-5): 181-190.
- Johansson J., Liss J.-E., Gullberg T., Björheden R. 2006. Transport and handling of forest energy bundles – advantages and problems. Biomass and Bioenergy 30 (4): 334-341.
- Kärhä K., Vartiamaäki T. 2006. Productivity and costs of slash bundling in Nordic conditions. Biomass and Bioenergy. 30 (12): 1043-1052.
- Kubiak M., Grodecki J. 1992. Analiza udziału podstawowych sortymentów w rębnych drzewostanach sosnowych (część I). Sylwan 136 (8): 15-24.
- Laurow Z., Więsik J. 2001. Utylizacja odpadów leśnych na Elmia Wood 2001. Przegląd Techniki Rolniczej i Leśnej 7: 17-19.
- Leśnictwo. 2010. GUS, Warszawa.
- Lindroos O., Matisons M., Johansson P., Nordfjell T. 2010. Productivity of a prototype truck-mounted logging residue bundler and a road-side bundling system. Silva Fennica 44 (3): 547-559.
- Możliwości wykorzystania odnawialnych źródeł energii w Polsce do roku 2020. 2007. Ekspertyza EC BREC IEO (www.ieo.pl, korzystano w lutym 2011).
- Raport o stanie lasów w Polsce 2009. 2010. Centrum Informacyjne Lasów Państwowych, Warszawa.
- Różański H., Jabłoński K. 1990. Wydajność agregatu zrębkującego w zależności od rodzaju cięć oraz organizacji wywozu zrębków. Poznańskie Towarzystwo Przyjaciół Nauk, Prace Komisji Nauk Rolniczych i Komisji Nauk Leśnych 70: 57-65.
- Różański H., Jabłoński K. 2010. Nakłady energii przy pozyskiwaniu pozostałości zrębowych z drzewostanów sosnowych. Użytkowanie maszyn rolniczych i leśnych. Kraków. 237-246.
- Sadowski J. 2008. Wykorzystanie maszyny pakietującej „Slash Bundler 1490D” do utylizacji pozostałości zrębowych. Tendencje i problemy techniki leśnej w warunkach leśnictwa wielofunkcyjnego. Katedra Techniki Leśnej Poznań. 183-188.
- Skogen – en växande energikälla. 2010. Skogforsk. Uppsala.
- Wikström F. 2007. The potential of energy utilization from logging residues with regard to the availability of ashes. Biomass and Bioenergy 31 (1): 40-45.

SUMMARY**Bundling of logging residues – a new method to use biomass for energy purposes**

Forest biomass is an important renewable source of energy today and the ways it could be harvested are vital research problems. Logging residues seems to have been an insufficiently used source of energy material so far. Considering that the average yearly area of clear-cuts in Poland is about 25 thousand ha, and it is possible to collect about 45 t logging residues from 1 ha, the biomass resource that could be harvested is estimated to exceed 1 million tons per year. There are two logging residues harvesting technologies used today: production of chips with chippers and the production of energy material in form of slash bundles. The bundling technology is being used in Poland and it is mainly based on the John Deere 1490D slash bundler, with a productivity of 25 bundles per productive hour. The logging residues bundling technology, apart from supplying a fuel ready to be burned, which is a clear advantage, may lead to losses in biogenic elements in the forest site, which are vital for the new forest generation planted on the clear-cut areas. Because of this, the technology should be an object of intensive research.