

SADOWNICTWO JAKO ALTERNATYWA DLA LEŚNICTWA W POZYSKANIU BIOMASY DRZEWNEJ DO CELÓW ENERGETYCZNYCH

Stanisław Parzych¹✉, Agnieszka Mandziuk¹, Sebastian Dawidowski²

¹Katedra Urządzania Lasu, Dendrometrii i Ekonomiki Leśnictwa, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie
ul. Nowoursynowska 159 (budynek 34), 02-776 Warszawa

²Nadleśnictwo Radom

ul. Janiszewska 48, 26-600 Radom

ABSTRAKT

Biomasa drzewna jest bardzo ważna w bilansie energetycznym kraju. W 2014 r. 76% energii uzyskiwanej z OZE w Polsce pochodziło z biomasy, zwłaszcza z drewna. Głównym miejscem powstawania biomasy drzewnej jest właśnie leśnictwo i rolnictwo. Celem pracy było porównanie możliwości pozyskania biomasy drzewnej z sadów jabłoniowych i lasów państwowych w kontekście wykorzystania jej do celów energetycznych na przykładzie powiatu grójeckiego oraz Nadleśnictwa Grójec. Zawarte dane prezentują biomasę pochodzącą z cięć w sadach oraz likwidacji sadów jabłoniowych, a w przypadku leśnictwa są to sortymenty M2 i S4. Dane użyte w pracy pochodzą z różnych źródeł statystycznych oraz publikowanych prac naukowych. Na podstawie wyliczeń stwierdzono, że z sadów jabłoniowych zlokalizowanych na terenie badanego obiektu można pozyskać 55,8 tys. m³ drewna. Z kolei w Nadleśnictwie Grójec w 2014 r. sprzedano 20,6 tys. m³ drewna opałowego, a dalsze 3,3 tys. m³, które można było również pozyskać, pozostało w lesie. Sprzedaż drewna opałowego w Nadleśnictwie Grójec wyróżniał systematyczny wzrost w badanym okresie 2005–2014.

Słowa kluczowe: drewno energetyczne, biomasa ogrodnicza, pozostałości leśne

WSTĘP

Zwiększające się zapotrzebowanie na energię, unijne dyrektywy zawierające wymogi wobec państw członkowskich dotyczące ograniczenia emisji gazów cieplarnianych oraz zwiększenia udziału odnawialnych źródeł energii w ogólnym bilansie energetycznym (Dyrektywa..., 2009) sprawiają, że temat pozyskiwania takich źródeł jest coraz bardziej doceniany.

Jednym z podstawowych nośników energii odnawialnej jest biomasa, czyli substancja powstała w wyniku przemiany materii organizmów żywych (Jabłoński i Wnuk, 2009). Zgodnie z treścią ustawy z 7 czerwca 2018 r. o zmianie ustawy o odnawialnych

źródłach energii pod pojęciem biomasy należy rozumieć „ulegającą biodegradacji część produktów, odpadów lub pozostałości pochodzenia biologicznego” (Ustawa..., 2018). Biomasa jest również jednym z najbardziej ekologicznych nośników energii. Niektórzy autorzy, oprócz dostrzeżonych zalet natury ekologicznej, zwracają uwagę na korzystne aspekty ekonomiczne i społeczne wykorzystania biomasy (Bučko i in., 2012; Lewandowski, 2012; Lewandowski i Ryms, 2013). W pracy zajęto się biomasą określaną w ujęciach statystycznych jako biopaliwa stałe (z których w 2014 r. wytworzono ponad 76% energii

✉stanislaw.parzych@wl.sggw.pl, <https://orcid.org/0000-0002-3630-0545>

uzyskanej ze źródeł odnawialnych), a w szczególności jej podstawowym składnikiem – drewnem.

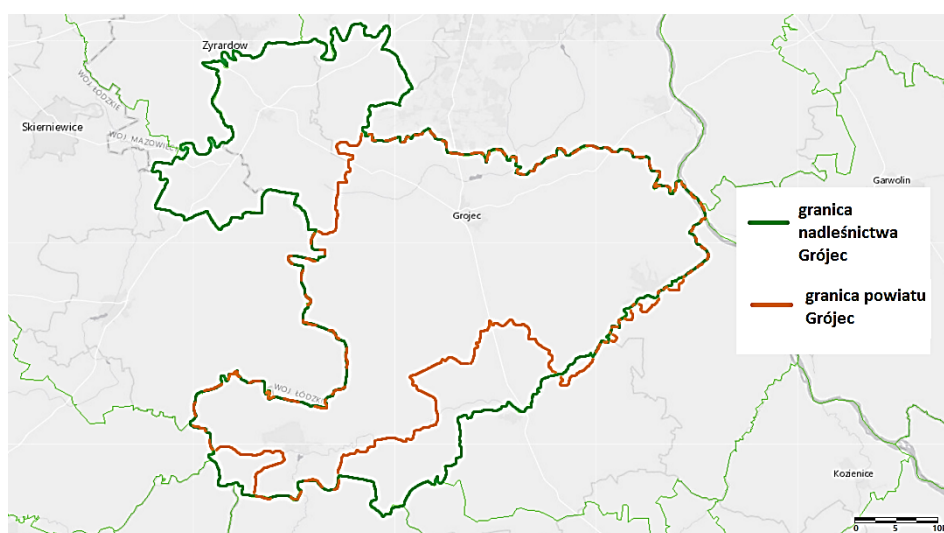
Szacunkowa podaż biomasy drzewnej na cele energetyczne w Polsce w 2012 r. wyniosła 18 mln m³: z leśnictwa – 6,8 mln m³ (drewno średniowymiarowe opałowe S4 oraz małowymiarowe M2), z przemysłu drzewnego – 6,5 mln m³ (z branży tartacznej, płyt drewnopochodnych i stolarki budowlanej oraz przemysłu meblarskiego i celulozowo-papierniczego), z gospodarki komunalnej – 4,5 mln m³ (drewno użytkowe) oraz z plantacji energetycznych – 0,2 mln m³ (Parzych, 2015). Drewno energetyczne może również pochodzić z sadownictwa: z likwidacji starych plantacji lub corocznych cięć sanitarno-pielęgnacyjnych. Surowiec można użyć choćby na okleiny, meble, galanterię drzewną czy rzeźbę. Współcześnie większość wymienionych możliwości jego wykorzystania nie jest tak popularna. Obecnie bowiem nie sadi się drzew na podkładkach silnie rosnących, dlatego drzewa nie osiągają już dużych rozmiarów.

Celem pracy było porównanie możliwości pozyskania drewna energetycznego z jabłoniowych upraw sadowniczych i lasów państwowych. Zakres opracowania obejmuje zasięg powiatu grójeckiego, ponieważ ten charakteryzuje się dużym arealem upraw

sadowniczych. Ponadto powiat grójecki niemal w całości leży w granicach Nadleśnictwa Grójec, co pozwala na porównanie ilości biomasy drzewnej pochodzącej z sadów jabłoniowych i leśnictwa.

OBIEKT BADAŃ

Obiektem badań jest obszar terytorialnego zasięgu działania Nadleśnictwa Grójec oraz teren powiatu grójeckiego (rys. 1). Nadleśnictwo Grójec jest jednostką organizacyjną Regionalnej Dyrekcji Lasów Państwowych w Radomiu zarządzającą lasami o powierzchni 16 014,94 ha (Plan..., 2014). Położone jest w centralnej części województwa mazowieckiego, a także częściowo we wschodniej części województwa łódzkiego. Wskaźnik lesistości nadleśnictwa jest jednym z najniższych w kraju i wynosi 15,5%. W gminach również występuje tu duże zróżnicowanie lesistości: od 3% do 24%. Lasy pod zarządem nadleśnictwa stanowią 54,1% wszystkich lasów znajdujących się w jego zasięgu terytorialnym. Nadleśnictwo charakteryzuje się znacznym rozdrobnieniem kompleksów leśnych (759). Z owych 759 kompleksów tylko sześć ma powierzchnię większą niż 500 ha, a przeciętna wielkość kompleksu wynosi 23 ha. W czasie obowiązywania



Rys. 1. Wizualizacja obiektów badań

Źródło: <http://www.bdl.lasy.gov.pl/portal/mapy>

Fig. 1. The research objects

Source: <http://www.bdl.lasy.gov.pl/portal/mapy>

planu urządzania lasu na lata 2005–2014 w Nadleśnictwie Grójec pozyskano 686 282 m³ grubizny (360 382 m³ z użytków rębnych i 325 900 m³ z użytków przedrębnych). Średnia zasobność to 283 m³/ha. Natomiast średni wiek drzewostanów wynosił 65 lat.

Z kolei powiat grójecki zajmuje obszar 126 774 ha. Głównym sektorem gospodarki w powiecie jest rolnictwo, przy czym dominującą gałęzią produkcji rolnej jest sadownictwo. W 2010 r. powierzchnia sadów w powiecie wynosiła 34 970 ha (GUS, 2013), co stanowiło około 34% użytków rolnych i odpowiadało ponad 33% upraw sadowniczych w całym województwie mazowieckim. Udział sadów jabłoniowych w województwie mazowieckim kształtował się na poziomie 40% w stosunku do całego kraju (GUS, 2012), a średnia produkcja jabłek w ostatnich latach oscylowała w granicach 45% produkcji krajowej (GUS, 2016).

MATERIAŁ I METODY

Rozmiar pozyskania drewna energetycznego w Nadleśnictwie Grójec określono na podstawie zestawień rozchodu drewna dla odbiorów detalicznych w latach 2005–2014. Do analizy wykorzystano dane dotyczące miąższości sprzedanego drewna sortymentów S4 i M2, które bezpośrednio zaliczono do drewna energetycznego. Dodatkowo określono również potencjał ekonomiczny pozostałości leśnych, czyli drewno, które można by wykorzystać, uwzględniając poziom obecnej technologii i aspekty gospodarcze. Wielkość tę ustalono jako 10,8% potencjału teoretycznego, obejmującego drewno niezagospodarowane pochodzące z cięć rębnych i przedrębnych, biomasę pniaków i korzeni oraz hipotetycznie dostępną biomasę wyliczoną z różnicy między bieżącym przyrostem rocznym a rozmiarem pozyskania. Z kolei potencjał teoretyczny wyliczono jako 44,4% ogólnego pozyskania drewna w nadleśnictwie (Parzych, 2015).

Drewno możliwe do pozyskania z sadów ograniczono do drewna z sadów jabłoniowych. Inne gatunki pominięto ze względu na brak wiarygodnych danych dotyczących ilości drewna odpadowego z cięć oraz niski udział w ogólnej powierzchni sadów i specyfikę uprawy tych gatunków (np. brak konieczności intensywnego cięcia). Wielkość biomasy drzewnej pochodzącej z sadownictwa określono na podstawie odpowiednich wskaźników przyjętych z literatury

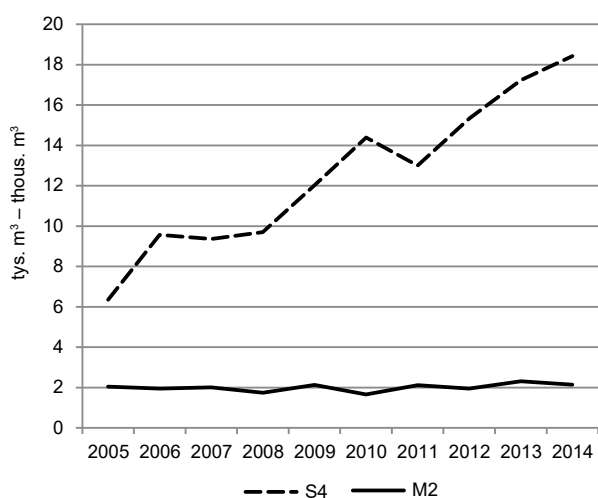
przedmiotu, obrazujących ilość drewna powstałego w wyniku corocznych cięć prześwietlających (Rabcewicz i in., 2010). Te dane pokazują ilość drewna corocznie wycinanego z sadów (kg/ha) w zależności od wieku drzew owocowych. Gęstość jabłoni po ścięciu przyjęto na poziomie 1000 kg/m³ (Spława-Neyman i Owczarzak, b.d.). Do oszacowania ilości drewna powstałego z likwidacji bądź wymiany sadów wykorzystano średnie miąższości drewna (m³/ha) możliwe do pozyskania z sadów w zależności od gęstości nasadzeń, a coroczną powierzchnię tych sadów przyjęto w wysokości 11% ogólnej powierzchni sadów jabłoniowych (Maciak i Lipińska, 2006). Tak wyliczone wielkości stanowią potencjał teoretyczny, czyli bez rozpoznania możliwości technicznych zbioru czy opłacalności tych działań. Z kolei potencjał ekonomiczny uwzględniający te ograniczenia ustalono jako 64,2% potencjału teoretycznego (Dyjakon i in., 2016).

Powierzchnia sadów jabłoniowych w powiecie grójeckim przyjęta do wyliczeń to 22 054 ha. Wspomnianą wielkość ustalono na podstawie udziału sadów jabłoniowych w ogólnej powierzchni upraw drzew owocowych w województwie mazowieckim (74,9%), a tę z kolei na podstawie udziału upraw drzew owocowych w powierzchni sadów ogółem (84,2%; GUS, 2012). Z kolei strukturę wiekową i gęstości nasadzeń wyliczono na podstawie danych GUS z 2013 r. W przypadku zmiany układu prezentowanych wyników założono udział zmienianej struktury proporcjonalny w poszczególnych latach.

WYNIKI

Z zebranych danych wynika, że sprzedaż drewna S4 w Nadleśnictwie Grójec wykazywała wyraźną tendencję wzrostową (od około 6,3 tys. m³ w 2005 do ponad 18,4 tys. m³ w 2014 r.; rys. 2). Natomiast sprzedaż drewna M2 kształtowała się na podobnym poziomie i wynosiła średnio 2007 m³ rocznie. W ciągu badanego dziesięciolecia w Nadleśnictwie Grójec sprzedano łącznie 145 438 m³ drewna opałowego, czyli średnioroczna wielkość sprzedaży kształtowała się na poziomie 14 544 m³, ale w ostatnim roku była znacznie większa i wyniosła 20 569 m³.

Z przeprowadzonych wyliczeń wynika, że z uwzględnieniem kryteriów technologicznych i gospodarczych można było pozyskać średniorocznie około 3,3 tys. m³



Rys. 2. Sprzedaż drewna opałowego w Nadleśnictwie Grójec w latach 2005–2014, tys. m³

Źródło: opracowanie własne.

Fig. 2. Sale of fuel wood in the Grójec Forest District in 2005–2014, thous. m³

Source: the authors' study.

drewna do tej pory niezagospodarowanego, a możliwego do wykorzystania na cele energetyczne (tab. 1).

Powierzchnia upraw drzew owocowych w powiecie grójeckim wynosiła w 2010 r. 29 445 ha, z czego sadów jabłoniowych było 22 054 ha. Struktura wiekowa tych sadów przedstawiała się następująco:

- do 3 lat – 14,3%
- 4–7 lat – 17,1%
- 8–25 lat – 53,3%
- powyżej 25 lat – 15,3%.

Tabela 1. Potencjalna wielkość pozostałości drzewnych w Nadleśnictwie Grójec, m³

Table 1. Potential volume of forest residues in the Grójec Forest District, m³

Pozyskanie Harvested volume	Biomasa niezagospodarowana Forest residues	
	potencjał teoretyczny theoretical potential	potencjał ekonomiczny economic potential
68 628	30 470	3 290

Źródło: opracowanie własne na podstawie Parzych (2015).

Source: the authors' study based on Parzych (2015).

Z kolei struktura gęstości nasadzeń wynosiła:

- poniżej 1200 szt./ha – 55,3%
- 1200–2400 szt./ha – 38,0%
- powyżej 2400 szt./ha – 6,7%.

Na podstawie przeprowadzonych wyliczeń stwierdzono, że w wyniku cięć pielęgnacyjnych w sadach jabłoniowych w powiecie grójeckim można było uzyskać corocznie 34,2 tys. m³ drewna potencjalnie przekazanego na cele energetyczne (tab. 2). Jest to wynik uwzględniający 11% powierzchni sadów przeznaczonych corocznie do likwidacji (2426 ha) i 89% powierzchni (19 628 ha), na której wykonywano cięcia pielęgnacyjne. Sady w wieku do 3 lat zajmowały powierzchnię 2807 ha, ale nie zostały uwzględnione ze względu na brak możliwości pozyskania miąższości.

Tabela 2. Pozyskanie biomasy drzewnej z sadów jabłoniowych w wyniku cięć pielęgnacyjnych

Table 2. The volume of pruned wood biomass from apple orchards

Przedział wiekowy lata The age of trees years	Średnia masa Average mass of wood kg/ha	Powiat grójecki – Grójec county	
		powierzchnia area ha	miąższość volume of wood m ³
4–7	1 216	3 356	4 081
8–25	2 692	10 462	28 164
>25	641	3 003	1 925
Razem Total	–	16 821	34 170

Źródło: opracowanie własne na podstawie Rabcewicz i in. (2010).

Source: the authors' study based on Rabcewicz et al. (2010).

Z kolei w wyniku likwidacji sadów było możliwe pozyskanie 52,8 tys. m³ drewna rocznie (tab. 3). Najwięcej drewna może pochodzić z sadów, w których liczba drzew nie przekracza 1200 szt./ha. Najczęściej są to sady stare, w których pojedyncze drzewa osiągają znaczne rozmiary. Teoretycznie łącznie w powiecie grójeckim można więc pozyskać rocznie 87,0 tys. m³. Jego potencjał ekonomiczny wyniósł zatem 55,8 tys. m³.

Tabela 3. Pozyskanie biomasy drzewnej z sadów jabłoniowych w wyniku ich likwidacji

Table 3. The volume of harvested wood biomass from liquidation of apple orchards

Gęstość nasadzeń szt./ha Planting density pcs/ha	Miąższość Volume of wood m ³ /ha	Powiat grójecki Grójec county	
		powierzchnia sadów ha/rok orchard area ha/year	miąższość volume of wood m ³
<1 200	25,79	1 342	34 610
1 200–2 400	18,82	922	17 352
>2 400	5,08	162	823
Razem – Total	–	2 426	52 785

Źródło: opracowanie własne na podstawie Maciak i Lipińska (2006) oraz Romański i in. (2014).

Source: the authors' study based on Maciak and Lipińska (2006) and Romański et al. (2014).

DYSKUSJA

W Polsce największe ilości drewna opałowego spala się w piecach i kotłach przydomowych, zazwyczaj na wsiach, w niewielkich miastach oraz na przedmieściach. Kotły takie mają często niewielką sprawność, ponieważ są przystosowane do spalania węgla (Lewandowski, 2012). Spalanie drewna w nieprzystosowanych do tego celu kotłach sprawia, że jego możliwości

energetyczne nie są wykorzystywane w pełni. W rozporządzeniu z 1 sierpnia 2017 r. w sprawie wymagań dla kotłów na paliwo stałe oraz zmieniającym je rozporządzeniu z 21 lutego 2019 r. wprowadzono restrykcyjne wymagania dla kotłów do 500 kW, czyli ogrzewających domy (Rozporządzenie..., 2017; 2019). Od 1 stycznia 2020 r. dopuszczono tylko produkcję i sprzedaż kotłów piątej klasy, a zgodnie z uchwałą antysmogową dla Krakowa od 1 września 2019 r. obowiązuje w tym mieście całkowity zakaz stosowania węgla oraz drewna w kotłach, piecach i kominkach.

Większość terenów rolniczych na badanym obszarze zagospodarowano jako sady, w głównej mierze jabłoniowe. Drewno jest podstawowym paliwem opałowym wielu gospodarstw. Głównie jest ono nabywane od Lasów Państwowych, ale również od właścicieli prywatnych. Teren Nadleśnictwa Grójec jest jednym z najmniej lesistych w kraju, dlatego alternatywą dla drewna pochodzącego z lasów często jest drewno pozyskiwane z likwidacji lub corocznego cięcia sadów.

W 2014 r. Nadleśnictwo Grójec sprzedało 20 569 m³ drewna S4 i M2 oraz mogło pozyskać 3,3 tys. m³ biomasy niezagospodarowanej. Na przestrzeni ostatnich 10 lat zauważalny jest wzrost sprzedaży detalicznej drewna opałowego, szczególnie sortymentu S4. Zamiennym źródłem drewna opałowego może być drewno z sadów, którego zasoby w 2010 r. określono na poziomie 55,8 tys. m³. Pozyskanie drewna energetycznego w sadownictwie wyniosło zatem 2,5 m³/ha, natomiast w leśnictwie – 1,5 m³/ha (tab. 4). Z kolei Maciak i Lipińska (2006) oszacowali, że na terenie powiatu grójeckiego

Tabela 4. Porównanie leśnictwa i sadownictwa ze względu na możliwości pozyskania biomasy drzewnej na cele energetyczne

Table 4. A comparison of potential fuel wood volume from orchards and from forestry

Wyszczególnienie Specification	Nadleśnictwo Grójec Grójec Forest District	Sady jabłoniowe powiatu grójeckiego Apple orchards in the Grójec County
Powierzchnia, ha Area, ha	16 015	22 054
Zasoby drewna opałowego, tys. m ³ Fuel wood resources, thous. m ³	23,9	55,8
Pozyskanie, m ³ /ha Harvested fuel wood, m ³ /ha	1,5	2,5

Źródło: opracowanie własne.

Source: own elaboration.

można było pozyskać z sadów prawie 139 tys. m³ surowca drzewnego. Według Klugmann-Radziemskiej (2009) i Kowalczyk-Juško (2010) średnioroczny poziom drewna odpadowego w sadownictwie wynosił 0,35 m³/ha, co należy uznać za wartość znacznie niedoszacowaną. Według Dyjakona i in. (2016), masa drewna pozyskiwanego w wyniku przycinania jabłoni wynosi przeciętnie rocznie 3,5 t/ha (ok. 3,5 m³), przy czym najmniej pozyskuje się drewna z odmiany 'Idared' w wieku 35 lat – 1 t/ha, a najwięcej z odmiany 'Gala Royal' w wieku 15 lat – 9,8 t/ha.

Należy się spodziewać, że wartości dotyczące drewna pozyskiwanego z sadownictwa będą się zmniejszać systematycznie z uwagi na zakładanie tzw. sadów nowoczesnych, w których liczba drzew na hektarze przekracza 2500 szt. Ponadto w sadach z produkcją intensywną są stosowane specjalne podkładki oraz odmiany, dzięki którym znaczna większość wytworzonej przez drzewo biomasy jest zawarta w owocu, a nie w drewnie. Dodatkowo drobne gałęzie mogą być rozdrabniane i pozostawiane w międzyrzędziach jako naturalny nawóz (Romański i in., 2014). Drewno pochodzenia leśnego jest dostępne w formie wałków (S4) lub relatywnie grubych gałęzi (M2), co przekłada się na łatwość składowania i przygotowania do spalania. Z kolei drewno z sadów, z uwagi na małe wymiary, najracjonalniej jest spalać w formie zrębek. W konsekwencji jednak następuje zwiększenie pracochłonności, kosztów pracy, a także zaangażowania dodatkowych środków finansowych na zakup maszyn do zrębkowania. Konieczne może być także przystosowanie lub zakup nowych kotłów do spalania zrębek uzyskanych z sadów. Wymienione czynniki wpływają na całkowity brak opłacalności wykorzystania drewna z sadów jako źródła energii, szczególnie w mniejszych gospodarstwach. Do 2016 r. „tylko jeden sadownik w Polsce profesjonalnie i z zastosowaniem maszyny balotującej zbierał i sprzedawał gałęzie do lokalnej ciepłowni” (Ślązak, 2016).

Należałoby zwrócić większą uwagę na pozostałości leśne czy odpady drzewne i ich wykorzystywanie na cele energetyczne. Trzeba bowiem pamiętać, że powstały przy ich spalaniu CO₂ i tak zostałyby uwolnione w procesie ich naturalnego rozkładu. Natomiast drewno pozyskiwane specjalnie na cele energetyczne uwalnia dodatkowe ilości węgla (Paschalis-Jakubowicz, 2018).

Zagadnienie wykorzystania dendromasy z sadownictwa jest tematem poruszonym coraz częściej. Niewątpliwie jednak nie jest on jeszcze w pełni rozwinięty i wiele jego niewyjaśnionych aspektów wymaga wciąż badań lub nowych rozwiązań. Rezultatem tego był zakończony w 2016 r. projekt EuroPruning, którego celem było opracowanie metod i procesów przekształcania odpadów drzewnych z sadownictwa i ogrodnictwa w wartościowe paliwo (Dyjakon i in., 2014).

WNIOSKI

Jednym z podstawowych nośników energii odnawialnej jest drewno powstające wskutek naturalnych procesów przyrodniczych. Drewno przeznaczone na cele energetyczne może pochodzić z leśnictwa oraz z sadownictwa – jednego z sektorów rolnictwa. Drewno odpadowe pozostające po cięciu jabłoni oraz uzyskane z wymiany drzew może mieć duże znaczenie jako surowiec energetyczny w rejonach kraju o dużym zagęszczeniu i areale sadów. Pozyskanie drewna opałowego z sadownictwa, w przeliczeniu na 1 ha, może przekraczać ilość drewna opałowego pozyskiwanego w lasach, mimo że jego sprzedaż w Nadleśnictwie Grójec charakteryzował systematyczny wzrost w badanym okresie 2005–2014.

PIŚMIENNICTWO

- Bučko, J., Jabłoński, M., Košíková, B., Nicewicz, D. (2012). *Biotechnologia i wykorzystanie dendromasy [Biotechnology and the use of dendromass]*. Warszawa: Wyd. SGGW [in Polish].
- Dyjakon, A., den Boer, J., Bukowski, P. (2014). Europruning – A new direction for energy production from biomass. *Agric. Eng.*, 3(151), 29–39.
- Dyjakon, A., den Boer, J., Bukowski, P., Adamczyk, F., Frąckowiak, P. (2016). *Wooden biomass potential from apple orchards in Poland*. *Drewno*, 59, 198, 73–86.
- Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2009/28/WE z dnia 23 kwietnia 2009 r. w sprawie promowania stosowania energii ze źródeł odnawialnych zmieniającej i w następstwie uchylającej Dyrektywy 2001/77/WE oraz 2003/30/WE [Directive 2009/28/EC of the European Parliament and of the Council of 23 April 2009 on the promotion of the use of energy from renewable sources and amending and subsequently repealing

- Directives 2001/77/EC and 2003/30/EC (2009). Dz.Urz. UE 5.6.2009 [in Polish].
- GUS (2012). Uprawy ogrodnicze. Powszechny spis rolny 2010 [Horticultural crops. The National Agricultural Census 2010]. Warszawa: GUS [in Polish].
- GUS (2013). Produkcja ogrodnicza. Badanie sadów w 2012 r. [Horticultural production. Orchard survey in 2012]. Warszawa: GUS [in Polish].
- GUS (2016). Produkcja upraw rolnych i ogrodniczych w 2015 r. [Production of agricultural and horticultural crops in 2015]. Warszawa: GUS [in Polish].
- Jabłoński, W., Wnuk, J. (2009). Zarządzanie odnawialnymi źródłami energii. Aspekty ekonomiczno-techniczne [Management of renewable energy sources. Economic and technical aspects]. Sosnowiec: Ofic. Wyd. Humanitas [in Polish].
- Klugmann-Radziemska, E. (2009). Odnawialne źródła energii – przykłady obliczeniowe [Renewable energy sources – calculation examples]. Gdańsk: Wyd. Polit. Gdań. [in Polish].
- Kowalczyk-Juśko, A. (2010). Metodologia szacowania regionalnych zasobów biomasy na cele energetyczne [Methodology for estimating regional biomass resources for energy purposes]. *Zesz. Nauk. SGGW, Ekon. Org. Gosp. Żywn.*, 85, 103–116 [in Polish].
- Lewandowski, W. M. (2012). Proekologiczne odnawialne źródła energii [Pro-ecological renewable energy sources]. Warszawa: WNT [in Polish].
- Lewandowski, W. M., Ryms, M. (2013). Biopaliwa. Proekologiczne odnawialne źródła energii (s. 29–33) [Biofuels. Pro-ecological renewable energy sources]. Warszawa: WNT [in Polish].
- Maciak, A., Lipińska, G. (2006). Możliwości i koszty pozyskania drewna z sadów [Potential and costs of harvesting wood from orchards]. *Techn. Roln. Ogrod. Leśn.*, 2, 17–19, 23 [in Polish].
- Parzych, S. (2015). Potencjalne możliwości wykorzystania biomasy drzewnej do celów energetycznych [Potential for wood biomass use in energy production]. *Leśn. Pr. Bad.*, 76(3), 256–264 [in Polish].
- Paschalis-Jakubowicz, P. (2018). Biomasa leśna jako odnawialne źródło energii – konsekwencje dla leśnictwa [Forest biomass as a renewable energy source – consequences for forestry]. *Sylwan*, 162(8), 688–695 [in Polish].
- Plan zarządzania lasu Nadleśnictwa Grójec na lata 2014–2023 [Forest management plan for the Grójec Forest District for the years 2014–2023] (2014). Radom [in Polish].
- Program ochrony środowiska dla powiatu grójeckiego na lata 2013–2016 z uwzględnieniem perspektywy na lata 2017–2020 [Environmental protection program for the Grójec county for 2013–2016, including the perspective for 2017–2020] (2013). Grójec [in Polish].
- Rabcewicz, J., Białkowski, P., Konopacki, P. (2010). Assessment of amount of wood from pruned apple orchards as a source of renewable energy. *J. Fruit Ornament. Plant Res.*, 18, 249–254.
- Romański, L., Dyjakon, A., Adamczyk, F., Frąckowiak, P. (2014). Problems with deriving the fruit tree pruned biomass for energy use. *Agric. Eng.*, 3(151), 157–167.
- Rozporządzenie Ministra Rozwoju i Finansów z dnia 1 sierpnia 2017 r. w sprawie wymagań dla kotłów na paliwo stałe [Regulation of the Minister of Development and Finance of 1 August 2017 on requirements for solid fuel boilers] (2017). Dz.U. 2017, poz. 1690 [in Polish].
- Rozporządzenie Ministra Przedsiębiorczości i Technologii z dnia 21 lutego 2019 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie wymagań dla kotłów na paliwo stałe [Regulation of the Minister of Entrepreneurship and Technology of 21 February 2019 amending the regulation on requirements for solid fuel boilers] (2019). Dz.U. 2019, poz. 363 [in Polish].
- Ślęzak, A. (2016). Jest pomysł na biopaliwo prosto z sadu [The concept for biofuel from the orchard]. Pobrano 4 lutego 2020 z: <http://naukawpolsce.pap.pl/aktualnosci/news,408529,jest-pomysl-na-biopaliwo-prosto-z-sadu.html> [in Polish].
- Ustawa z dnia 7 czerwca 2018 r. o zmianie ustawy o odnawialnych źródłach energii oraz niektórych innych ustaw [Act of 7 June 2018 amending the act on renewable energy sources and some other acts]. Dz.U. 2018, poz. 1276 [in Polish].
- Splawa-Neyman, S., Owczarzak, Z. (b.d.). Grusza i jabłoń (*Pyrus communis* L., *Malus sylvestris* L.). Sieć Badawcza Łukasiewicz – Instytut Technologii Drewna. Pobrano 14 czerwca 2017 roku z: <http://www.itd.poznan.pl/pl/vademecum/grusza-i-jablono> [in Polish].

FRUIT FARMING AS AN ALTERNATIVE TO FORESTRY IN HARVESTING OF WOOD BIOMASS FOR ENERGY

ABSTRACT

Wood biomass is very important in Poland's energy balance. In 2014, 76% of energy obtained from renewable energy sources in Poland came from biomass, especially from wood. A majority of wood biomass is produced by forestry and agriculture. The aim of this study was to compare the potential for harvesting wood biomass from apple orchards and state forests for use as energy sources based on the Grójec county and the Grójec Forest District. The study presents wood biomass harvested from pruning and elimination of apple orchards, and fuel wood from forestry and wood potentially derived from forest residues. The data used in the analyses were obtained from various official sources and statistics as well as previously published studies. Based on the calculations made, it was found that 55.8 thousand m³ of wood can be harvested from apple orchards located in the studied object. In turn, in 2014, 20.6 thousand m³ of fuel wood were sold in the Grójec Forest District, while another 3.3 thousand m³, which could also be obtained, remained in the forest. The sale of firewood in the Grójec Forest District showed a systematic increase in the period 2005–2014.

Keywords: fuelwood, biomass from orchards, forest residues