



Drewno jabłoni pochodzące z rocznego cięcia pielęgnacyjnego jako dodatek surowcowy przy produkcji płyt wiórowych

Apple wood from an annual care cut as a raw material additive for particleboard production

Radosław Auriga^{a,*}, ORCID iD: 0000-0001-5627-2425

Piotr Borysiuk^b, ORCID iD: 0000-0002-7508-9359

Piotr Smulski^a

^aSzkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie, Wydział Technologii Drewna, Katedra Mechanicznej Obróbki Drewna, ul. Nowoursynowska 159, 02-787 Warszawa, Polska

^aSzkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie, Wydział Technologii Drewna, Katedra Technologii i Przedsiębiorczości w Przemśle Drzewnym, ul. Nowoursynowska 159, 02-787 Warszawa, Polska

*Osoba do korespondencji: radoslaw_auriga@sggw.pl

Streszczenie

W ramach pracy zbadano wpływ udziału odpadowego drewna jabłoni pochodzącego z rocznego cięcia pielęgnacyjnego na właściwości mechaniczne 3-warstwowych płyt wiórowych. Wytworzono trójwarstwowe płyty wiórowe w dwóch wariantach gęstości 650 kg/m³ i 550 kg/m³ i udziale masowym wiórów z odpadowego drewna jabłoni na poziomie 0%, 25%, 50% i 75%. Wyniki przeprowadzonych badań wykazują spadek wartości wytrzymałości na zginanie statyczne oraz modułu sprężystości przy zginaniu statycznym wraz ze wzrostem udziału w płycie odpadowego drewna jabłoni. Mimo spadku wartości modułu sprężystości przy zginaniu statycznym wszystkie wytworzone płyty wiórowe o gęstości 650 kg/m³ spełniały wymagania dla płyt typu P2 zawarte w normie PN 312:2011. W przypadku wytrzymałości na rozciąganie prostopadłe do płaszczyzny płyty, jedynie płyty o gęstości 550 kg/m³ charakteryzowały się istotną statystycznie zmiennością.

Abstract

As part of this work, the impact of use the apple wood waste from an annual care cut on the mechanical properties of three-layer particleboards was examined. Three-layer particleboard were produced in two varieties of density 650 kg/m³ and 550 kg/m³ and the share of apple wood waste particles at the level of 0%, 25%, 50% and 75%. The results of

the conducted tests show a decrease in modulus of rupture and modulus of elasticity together with an increase in the share of apple wood waste in the board. Despite the decrease in modulus of rupture, all produced particle boards with a density of 650 kg/m³ met the requirements for P2 type boards included in the PN 312: 2011 standard. In the case of tensile strength perpendicular to the plane of the board, only boards with a density of 550 kg/m³ were characterized by statistically significant variability.

Słowa kluczowe: płyta wiórowa, drewno jabłoni, drewno odpadowe, właściwości mechaniczne

Keywords: particleboard, apple wood, waste wood, mechanical properties

Wprowadzenie

W 2017 roku wyprodukowano w Polsce blisko 5,58 mln m³ płyt wiórowych i OSB (FAO <http://faostat.fao.org>), co stanowiło około 14% płyt wiórowych wyprodukowanych w tym okresie w Unii Europejskiej. Należy również zauważyć, że w 2017 roku w Polsce nastąpił wzrost produkcji tych płyt o około 11% względem 2015 roku. W związku z rosnącą wielkością produkcji płyt wiórowych, wzrasta zainteresowanie producentów, alternatywnymi surowcami, które można wykorzystać w produkcji.

Badania nad alternatywnymi źródłami surowca do produkcji płyt wiórowych obejmują między innymi próby wykorzystania wierzby (*Salix viminalis* L.) (Warmbier i inni 2011), miskanta olbrzymiego (*Miscanthus giganteus*) (Pawlak i inni 2018), kolb kukurydzy (Sekaluvu i in. 2014, Banjo Akinyemi i in. 2016), łusek słonecznika (Klimek i in. 2016), łusek orzechów laskowych (Kowaluk i Kędzia 2014), traw (Borysiuk i Laskowska 2009).

Niewątpliwie znaczącym źródłem potencjalnego surowca lignocelulozowego mogą być sady i szkółki drzew owocowych. Powierzchnia upraw sadowniczych w Polsce wynosi 3499 km², z czego ponad 71% to jabłonie (Łączyński 2016). Ilość biomasy lignocelulozowej uzyskanej z sadów owocowych waha się od 2,0 do 6,8 ton z hektara i zależy od wieku drzew oraz zakresu prowadzonych cięć (Gorzelany i Matłok 2013; Rabcewicz i in. 2007). Oszacowano, że odpady drzewne wytwarzane w sadach po przycinaniu wynoszą średnio 0,35 m³ z hektara (Klugmann-Radziemska 2015). Surowiec w postaci gałęzi powstały w wyniku prowadzonych cięć pielęgnacyjnych uważany jest za odpad i jest głównie spalany (Dyjakon i in. 2016; Cichy i in. 2017).

Literatura dotycząca wykorzystania biomasy lignocelulozowej pochodzącej z rocznych cięć pielęgnacyjnych, jako alternatywnego surowca do produkcji płyt wiórowych jest ograniczona.

Cel i zakres pracy

Celem pracy było określenie wpływu udziału odpadowego drewna jabłoni pochodzącego z rocznego cięcia pielęgnacyjnego na właściwości mechaniczne 3-warstwowych płyt wiórowych.

Zakres pracy obejmował wykonanie w warunkach laboratoryjnych płyt wiórowych z 0%, 25%, 50% udziałem odpadowego drewna jabłoni w warstwie wewnętrznej i warstwach zewnętrznych płyt.

Materiały i metodyka badań

Do wytworzenia płyt wiórowych wykorzystano przemysłowe wióry sosnowe oraz wióry wytworzone z odpadowego drewna jabłoni pochodzącego z rocznego cięcia pielęgnacyjnego.

Wióry z odpadowego drewna jabłoni zostały pozyskane z biomasy lignocelulozowej powstałej w wyniku rocznego cięcia pielęgnacyjnego w sadzie w miejscowości Rogów. Pozyskana biomasa została rozdrobniona do postaci zrębków na rębarnie bębnowej, a następnie przy użyciu laboratoryjnej skrawarki z wałem nożowym wytworzono wióry.

Wióry zostały rozsortowane na warstwę wewnętrzną i warstwy zewnętrzne. Wióry na warstwę wewnętrzną przechodziły przez sito o średnicy oczek 4 mm i stanowiły pozostałość na sicie o średnicy oczek 2mm. Natomiast wióry na warstwy zewnętrzne przechodziły przez sito o oczkach 2mm i stanowiły pozostałość na sicie o oczkach 0,25 mm.

W ramach badań wykonano trójwarstwowe płyty wiórowe w dwóch wariantach gęstości 650 kg/m³ i 550 kg/m³ i udziale masowym wiórów z odpadowego drewna jabłoni w warstwach wewnętrznej i zewnętrznych na poziomie 0%, 25%, 50% i 75%. Założona grubość płyt wynosiła 16 mm, stopień zaklejenia warstw zewnętrznych 10% i warstwy wewnętrznej 8%. Udział warstw zewnętrznych w płycie wyniósł 35%. Do zaklejenia wiórów została wykorzystana żywica mocznikowo-formaldehadowa UF (Silekol 123). Jako utwardzacza użyto 10-procentowego roztworu siarczanu amonu. Receptura jednostkowa kleju wynosiła 50:15:1,5 części wagowych odpowiednio żywicy, wody i utwardzacza. Zaklejenie cząstek drzewnych odbywało się metodą natrysku pneumatycznego. Proces prasowania kobierców przeprowadzono na prasie jednopółkowej przy temperaturze półek prasy = 180°C, maksymalnym jednostkowym ciśnieniu prasowania 2,5 MPa, czasie prasowania 325 s.

Wytworzone płyty poddano sezonowaniu w klimacie normalnym (20 ± 2 °C, 65 ± 5 % wilgotności względnej powietrza) przez okres 7dni. W ramach przeprowadzonych badań oznaczono:

- wytrzymałość na zginanie statyczne i moduł sprężystości przy zginaniu statycznym w oparciu o normę PN-EN 310:1994,
- wytrzymałość na rozciąganie w kierunku prostopadłym do płaszczyzn płyty w oparciu o normę PN-EN 319:1999.

Analizę statystyczną otrzymanych wyników przeprowadzono w programie Statistica13. W celu wykazania relacji między zmiennymi, rodzaju tych relacji oraz wpływu wybranych czynników na zmienne (np. wpływ udziału odpadowego drewna jabłoni na właściwości płyt wiórowych), w analizie statystycznej zastosowano wieloczynnikową analizę wariancji. W celu porównania istotności różnic poszczególnych wartości posłużono się grupami jednorodnymi w oparciu o test Tukeya.

Wyniki badań i analiza

Wyniki przeprowadzonych badań przedstawiono w tabeli 1. Analizując dane zawarte w tabeli 1 dotyczące wpływu wybranych czynników na właściwości wytwarzanych płyt wiórowych należy zauważyć, że udział odpadowego drewna jabłoni niezależnie od gęstości powoduje spadek wartości wytrzymałości na zginanie statyczne. Przy czym dla płyt o gęstości 650 kg/m³ istotny statystycznie spadek występuje, przy 50% udziale odpadowego drewna jabłoni, a dla płyt o gęstości 550 kg/m³ już przy 25% udziale odpadowego drewna jabłoni.

Tabela 1. Średnie wartości badanych właściwości mechanicznych płyt wiórowych
Table 1. Average values of the tested mechanical properties of particle boards

Udział wiórów z drewna jabłoni	Gęstość [kg/m ³]		średnia
	650	550	
MOR [N/mm ²]			
0%	19,71 ^d	12,96 ^c	15,99^A
25%	18,07 ^d	10,36 ^b	14,22^B
50%	14,23 ^c	8,97 ^b	11,75^C
75%	12,96 ^c	6,78 ^a	9,32^D
średnia	16,23^A	9,56^B	
MOE [N/mm ²]			
0%	3122 ^f	2160 ^d	2609^A
25%	2849 ^e	1789 ^c	2319^B
50%	2333 ^d	1486 ^b	1935^C
75%	2195 ^d	1080 ^a	1539^D
średnia	2621^A	1602^B	
IB [N/mm ²]			
0%	0,44 ^{cd}	0,33 ^{ab}	0,38^{AB}
25%	0,48 ^d	0,35 ^{bc}	0,42^B
50%	0,42 ^{bcd}	0,25 ^a	0,34^A
75%	0,42 ^{bcd}	0,25 ^a	0,34^A
średnia	0,44^A	0,30^B	

a, b,.. – grupy jednorodne w oparciu o test Tukeya

Dla płyt o gęstości 650 kg/m³ 75% udział odpadowego drewna jabłoni spowodował 35% spadek wartości wytrzymałości na zginanie statyczne wytworzonych płyt wiórowych względem płyt bez udziału tego surowca. Mimo spadku wartości wytrzymałości na zginanie

statyczne wszystkie wytworzone płyty wiórowe o gęstości 650 kg/m^3 spełniały wymagania dla płyt typu P1 zawarte w normie PN 312. Wymagania dla płyt typu P2 spełnione były przy udziale drewna jabłoni do 50%. Spadek wartości wytrzymałości na zginanie statyczne płyt o gęstości 550 kg/m^3 i 75% udziale odpadowego drewna jabłoni wyniósł aż 47% względem płyt bez udziału tego surowca.

Wyniki analizy wpływu na wytrzymałość na zginanie statyczne wytwarzanych płyt wiórowych, takich czynników jak udział masowy cząstek jabłoni w płycie oraz gęstość wytworzonych płyt, zostały przedstawione w tabeli 2. Należy zauważyć, że gęstość oraz udział odpadowego drewna jabłoni w wytwarzanych płytach wiórowych istotnie statystycznie wpływają na ich wytrzymałość na zginanie statyczne. Procentowy wpływ gęstości w tym przypadku wyniósł 60%, a udziału drewna odpadowego w płycie 32%.

Tabela 2. Analiza wariancji dla wybranych czynników i interakcji pomiędzy czynnikami wpływającymi na wytrzymałość na zginanie statyczne wytworzonych płyt wiórowych

Table 2. Analysis of variance for selected factors and interactions between factors affecting the modulus of rupture of particleboard

Czynnik / interakcja	SS	Df	MS	F	p	X
Udział	376,1	3	125,37	96,69	0,000	32,12
Gęstość	703,96	1	703,96	542,96	0,000	60,12
Udział*Gęstość	14,27	3	4,76	3,67	0,017	1,22
Błąd	76,5	59	1,3			6,53

SS – suma kwadratów odchyłeń od wartości średniej, Df – liczba stopni swobody, MS – średni kwadrat odchyłeń ($MS=SS/Df$), F – wartość testu, p – prawdopodobieństwo błędu, X – procentowy wpływ czynników na zbadaną właściwość płyt wiórowych

Analiza danych z tabeli 3 pozwala stwierdzić, że istotnym czynnikiem o największym procentowym wpływie (ok. 59,5%) na moduł sprężystości przy zginaniu statycznym wytworzonych płyt wiórowych jest ich gęstość. Ponadto istotnym wpływem na opisywaną właściwość płyt wiórowych odznaczał się udział odpadowego drewna jabłoni, dla którego wartość procentowego wpływu wyniosła ok. 34%.

Tabela 3. Analiza wariancji dla wybranych czynników i interakcji pomiędzy czynnikami wpływającymi na moduł sprężystości przy zginaniu statycznym wytworzonych płyt wiórowych

Table 3. Analysis of variance for selected factors and interactions between factors affecting the modulus of elasticity of particleboard

Czynnik / interakcja	SS	Df	MS	F	p	X
Udział	9353941	3	3117980	116,7	0,000	34,05
Gęstość	16369088	1	16369088	612,7	0,000	59,58
Udział*Gęstość	174865	3	58288	2,2	0,099	0,64
Błąd	1576268	59	26716			5,74

SS – suma kwadratów odchyłeń od wartości średniej, Df – liczba stopni swobody, MS – średni kwadrat odchyłeń ($MS=SS/Df$), F – wartość testu, p – prawdopodobieństwo błędu, X – procentowy wpływ czynników na zbadaną właściwość płyt wiórowych

Odnosząc się do danych przedstawionych w tabeli 1 należy zauważyć, że udział odpadowego drewna jabłoni niezależnie od gęstości powoduje spadek wartości modułu sprężystości wytwarzanych płyt wiórowych. Zarówno dla płyt o gęstości 650 kg/m³ jak i 550 kg/m³ spadek wartości modułu sprężystości jest istotny statystycznie już dla płyt z 25% udziałem odpadowego drewna jabłoni. Dla płyt z 75% udziałem odpadowego drewna jabłoni spadek wartości modułu sprężystości wyniósł 30% i 24% odpowiednio dla płyt o gęstości 650 kg/m³ i 550 kg/m³. Warto zaznaczyć, że mimo spadku wartości modułu sprężystości przy zginaniu statycznym wszystkie wytworzone płyty wiórowe o gęstości 650 kg/m³ spełniały wymagania dla płyt typu P2 zawarte w normie PN 312.

Tabela 4. Analiza wariancji dla wybranych czynników i interakcji pomiędzy czynnikami wpływającymi na wytrzymałość na rozciąganie prostopadłe do płaszczyzn wytworzonych płyt wiórowych

Table 4. Analysis of variance for selected factors and interactions between factors affecting the internal bound of particleboard

Czynnik / interakcja	SS	Df	MS	F	p	X
Udział	0,0761	3	0,0254	6,63	0,001	11,54
Gęstość	0,3397	1	0,3397	88,72	0,000	51,50
Udział*Gęstość	0,0140	3	0,0047	1,22	0,309	2,13
Błąd	0,2297	60	0,0038			34,83

SS – suma kwadratów odchyłeń od wartości średniej, Df – liczba stopni swobody, MS – średni kwadrat odchyłeń ($MS=SS/Df$), F – wartość testu, p – prawdopodobieństwo błędu, X – procentowy wpływ czynników na zbadaną właściwość płyt wiórowych

Na podstawie przedstawionych w tabeli 4 danych można stwierdzić, że zarówno gęstość wytwarzanych płyt wiórowych jak i udział odpadowego drewna jabłoni mają istotny statystycznie wpływ na wartość wytrzymałości na rozciąganie prostopadłe do płaszczyzny płyty. Przy czym należy podkreślić, że procentowy wpływ gęstości na badaną zmienną wyniósł ponad 51%. Natomiast procentowy wpływ udziału odpadowego drewna jabłoni wyniósł jedynie 11% i jest mniejszy od procentowego wpływu błędu, co świadczy o małym wpływie tego czynnika na badaną wytrzymałość.

Analiza danych zestawiona w tabeli 1 pozwala stwierdzić, że w przypadku płyt wiórowych o gęstości 650 kg/m³ nie występuje istotna statystycznie różnica między wartościami wytrzymałości na rozciąganie prostopadłe płyt wiórowych o różnym udziale odpadowego drewna jabłoni. Wszystkie wytworzone płyty w tym zakresie spełniały wymagania normy PN 312 dla płyt typu P2

Wnioski

1. Wióry pozyskane z odpadowego drewna jabłoni mogą być stosowane, jako dodatek do trójwarstwowych płyt wiórowych o gęstości 650 kg/m³ zaklejanych żywicą mocznikowo-formaldehydową. Płyty z dodatkiem tych wiórów w ilości do 50% spełniają wymagania normy PN 312 dla płyt typu P2.

2. Wraz ze wzrostem udziału wiórów pozyskanych z odpadowego drewna jabłoni następuje na ogół statystycznie istotny spadek wartości wytrzymałości na zginanie statyczne oraz modułu sprężystości przy zginaniu statycznym.

3. W przypadku płyt wiórowych o gęstości 650 kg/m³ brak jest istotnych statystycznie różnic wartości wytrzymałości na rozciąganie prostopadłe do płaszczyzny płyty między płytami z udziałem odpadowego drewna jabłoni, a płytami bez udziału tego surowca.

4. Obniżenie gęstości płyt z 650 kg/m³ na 550 kg/m³ wpływa statystycznie istotnie na spadek ich wszystkich właściwości mechanicznych. Płyty te charakteryzują się na ogół niższymi wartościami parametrów wytrzymałościowych niż wymagania dla płyt typu P1 zawarte w normie PN 312.

Literatura

Banjo Akinyemi A., Afolayan J., Oluwatobi E., 2016: Some properties of composite corn cob and sawdust particle boards. *Construction and Building Materials* 127, p.436-441.

Borysiuk P., Laskowska A., 2009: Particleboards with grass plant additive. *Annals Warsaw University of Life Sciences Forestry and Wood Technology* No 68, p. 463-466.

Cichy, W., Witczak, M., Walkowiak, M. 2017: Fuel properties of woody biomass from pruning operations in fruit orchards. *BioResources* 12, 6458–6470. <https://doi.org/10.15376/biore.s.12.3.6458-6470>

Dyjakon, A., Boer, J., den Bukowski, P., Adamczyk, F., Frąckowiak, P. 2016: Wooden biomass potential from apple orchards in Poland. *Drewno* 59, 73–86. <https://doi.org/10.12841/wood.1644-3985.162.09>

Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) <http://faostat.fao.org>

Gorzelany, J., Matłok, N. 2013: Analiza Energetyczna Biomasy Odpadowej Z Produkcji Drzewek Owocowych Na Terenie Województwa Podkarpackiego. *Inz. Rol.* 3, 77–83

Klímek, P., Meinschmidt, P., Wimmer, R., Plinke, B., Schirp, A. 2016: Using sunflower (*Helianthus annuus* L.), topinambour (*Helianthus tuberosus* L.) and cup-plant (*Silphium perfoliatum* L.) stalks as alternative raw materials for particleboards. *Ind. Crops Prod.* 92, 157–164. <https://doi.org/10.1016/J.INDCROP.2016.08.004>

Klugmann-Radziemska, E. 2015: *Odnawialne źródła energii. Przykłady obliczeniowe.* Wydawnictwo Seidel-Przywecki, Gdansk

Kowaluk G., Kądziała J., 2014: Properties of particleboard produced with use of hazelnut shells. *Annals Warsaw University of Life Sciences Forestry and Wood Technology*, No 85, p. 131-134.

Łączyński, A., Lewandowska, M., Pawelec-Potapska, M., Wasilewska, K., Wróblewska, A., Ziółkowska, E. 2017: *Production and Foreign Trade of Agricultural Products 2016.* Warsaw.

Pawlak D., Jencyk – Tołłoczko I., Boruszewski P., 2018: Analysis of selected properties of particleboard modified with *Miscanthus giganteus* JM Greef & Deuter ex Hodk. & Renvoize. Annals of Warsaw University of Life Sciences – SGGW Forestry and Wood Technology, No 102, p. 149-156.

Rabcewicz, J., Wawrzyń, P., Konopacki, P. 2007: Określenie ilości drewna pozyskiwanego z cięcia drzew i krzewów owocowych do wykorzystania w celach energetycznych.

Sekaluvu, L., Tumutegereize, P., Kiggundu, N. 2014: Investigation of factors affecting the production and properties of maize cobparticleboards. Waste Biomass Valor. 5, 27–32. <https://doi.org/10.1007/s12649-013-9228-9>

Warmbier K.; Danecki L.; Majtkowski W.; 2016: Mechanical properties of one-layer experimental particleboards from shoots of tall wheatgrass and industrial wood particles. Annals of Warsaw Agricultural University Forestry and Wood Technology No 96, p. 237-240.

Wykaz norm

PN-EN 310:1994 Płyty drewnopochodne – Oznaczenie modułu sprężystości przy zginaniu i wytrzymałości na zginanie

PN-EN 312:2011 Płyty wiórowe – Wymagania techniczne

PN-EN 319:1999 Płyty wiórowe i płyty pilśniowe – Oznaczenie wytrzymałości na rozciąganie w kierunku prostopadłym do płaszczyzn płyty

Artykuł recenzowany / Reviewed paper

Zgłoszony / Submitted: 14.05.2019

Opublikowany online / Published online: 16.06.2019