

## Wpływ udziału włókien drzewnych na właściwości mechaniczne płyt wiórowych

### Streszczenie

W ramach pracy zbadano wpływ 25% udziału włókien drzewnych w płytach wiórowych na właściwości mechaniczne tych płyt. Płyty wiórowe produkowano w dwóch odmianach gęstości:  $650 \text{ kg/m}^3$  i  $550 \text{ kg/m}^3$  z udziałem włókien w różnych warstwach. Wyniki wskazują, że 25% udział włókien drzewnych w wewnętrznej warstwie wyprodukowanych płyt wiórowych nie ma znaczącego wpływu na właściwości mechaniczne płyt. Jednak udział włókien w zewnętrznych warstwach płyt o gęstości  $650 \text{ kg/m}^3$  znacznie poprawił statyczną wytrzymałość na zginanie i moduł sprężystości produkowanych płyt. Eksperyment wykazał również, że 25% udział włókien drzewnych w zewnętrznych i wewnętrznych warstwach płyt o gęstości  $650 \text{ kg/m}^3$  znacznie poprawił statyczną wytrzymałość na zginanie i moduł sprężystości produkowanych płyt.

**Słowa kluczowe:** płyta wiórowa, włókna drzewne, udział, właściwości mechaniczne

### Wprowadzenie

Płyty wiórowe znajdują szerokie zastosowanie między innymi w budownictwie i przemyśle meblarskim, co wpływa na ciągły wzrost produkcji tego tworzywa. W 2015 r. w Polsce wyprodukowano ok. 4,85 mln  $\text{m}^3$  płyt wiórowych, co stanowi około 14% płyt wiórowych produkowanych w tym okresie w Unii Europejskiej (FAO <http://faostat.fao.org>). Tak duża wartość produkcji pozwala zakwalifikować Polskę do czołowych producentów płyt wiórowych w Europie.

Płytę wiórową można zdefiniować, jako kompozyt zbudowany z cząstek drzewnych, kleju i wolnych przestrzeni w strukturze płyty (Behta 1995). Przy czym podstawowym składnikiem tego rodzaju płyt są wióry. Wióry stanowią cząstki drzewne o wydłużonym kształcie, a ich wymiary wpływają na proces zagęszczania kobierca. Drobniejsze wióry używane na warstwy zewnętrzne w płytach trójwarstwowych zagęszczają się w większym stopniu niż wióry większe używane na warstwy wewnętrzne.

Ponadto na proces zagęszczenia usypywanych kobierców podczas procesu prasowania wpływa również gęstość surowca lignocelulozowego użytego do wytworzenia płyt. Cząstki

---

\* dr inż. Radosław Auriga, inż. Bartosz Miśtał, Sebastian Mitura, Rafał Molendowski  
Katedra Mechanicznej Obróbki Drewna, Wydział Technologii Drewna, SGGW w Warszawie,  
Wydział Technologii Drewna SGGW w Warszawie ul. Nowoursynowska 159/34, 02-776 Warszawa  
e-mail: radoslaw\_auriga@sggw.pl

drzewne pozyskane z gatunków o wyższej gęstości drewna będą zagęszczaly się trudniej niż z gatunków o niższej gęstości. Stopień zagęszczania jest zdefiniowany, jako stosunek gęstości płyty do gęstości użytych wiórów i określany, jako wskaźnik komprymacji czyli kompresji (Maloney 1977, Zudrags 2009). W przypadku płyt wiórowych za optymalne wartości wskaźnika komprymacji (zagęszczenia) podaje się najczęściej wartość 1,5 (Zudrags i in. 2009). Jednak w literaturze dla omawianego wskaźnika można znaleźć również wartości takie jak 0,7-0,8; 1,2 oraz 1,3 (Maloney 1977, Kawai i in. 1993, Xu i in. 2004).

Stopień zagęszczenia usypywanych kobierców przekłada się bezpośrednio na ilość wolnych przestrzeni w strukturze płyty. Wzrost zagęszczenia będzie powodował zmniejszenie ilości wolnych przestrzeni w strukturze płyty, co w konsekwencji powoduje zwiększenie powierzchni kontaktu między poszczególnymi cząstkami i wzrost właściwości wytrzymałościowych wytwarzanych płyt (Niemz 1982, Medved i Resnik 2006).

## Cel i zakres pracy

Celem pracy było zbadanie wpływu dodatku włókien drzewnych do wiórów drzewnych w produkcji 3-warstwowych płyt wiórowych na właściwości mechaniczne produkowanych płyt.

Zakres pracy obejmował wykonanie w warunkach laboratoryjnych płyt wiórowych z dodatkiem włókien drzewnych w warstwie wewnętrznej, warstwach zewnętrznych lub w obu warstwach i zbadaniu właściwości mechanicznych tych płyt.

Założono, że włókna drzewne ze względu na swoją budowę i geometrię powinny wpłynąć pozytywnie na zredukowanie wolnych przestrzeni w strukturze płyty, a w konsekwencji rozwinąć powierzchnie styku wszystkich cząstek drzewnych. W efekcie można spodziewać się poprawy właściwości mechanicznych wytwarzanych płyt wiórowych.

## Materiały i metodyka

Do badań wykorzystano przemysłowe wióry sosnowe oraz przemysłowe włókna drzewne, pozyskane w technologii płyt MDF. Udział włókien drzewnych stanowił 25% suchej masy cząstek drzewnych przeznaczonych na daną warstwę płyty. Włókna były dodawane do różnych warstw płyt w zależności od wariantu (tabela 1).

**Tabela 1.** Warianty wytworzonych płyt wiórowych wraz z przyjętymi oznaczeniami

Oznaczenie wariantu	Warstwa z udziałem włókien	Gęstość [kg/m <sup>3</sup> ]
K	Brak udziału włókien	650
		550
WW	Włókna w warstwie wewnętrznej	650
		550
WZ	Włókna w warstwach zewnętrznych	650
		550
WZ_WW	Włókna w warstwach zewnętrznych i wewnętrznej	650
		550

Wytworzono płyty wiórowe w dwóch wariantach gęstości  $650 \text{ kg/m}^3$  i  $550 \text{ kg/m}^3$ , założonej grubości 16 mm oraz o stopniu zaklejenia warstw zewnętrznych 10% i warstwy wewnętrznej 8%. Udział warstw zewnętrznych w płycie wyniósł 35%. Zaklejenie cząstek drzewnych odbywało się z wykorzystaniem żywicy UF Silekol 123, metodą natrysku pneumatycznego. Proces prasowania kobierców przeprowadzono na prasie jednopółkowej przy zastosowaniu tradycyjnego schematu prasowania, temperaturze półek prasy =  $180^\circ\text{C}$ , maksymalnym jednostkowym ciśnieniu prasowania 2,5 MPa, czasie prasowania 325 s.

Po wytworzeniu płyty poddano sezonowaniu w klimacie normalnym ( $20 \pm 2^\circ\text{C}$ ,  $65 \pm 5\%$  wilgotności względnej powietrza) przez okres 7 dni. W ramach przeprowadzonych badań oznaczono:

- wytrzymałości na zginanie statyczne i moduł sprężystości przy zginaniu w oparciu o normę PN-EN 310:1994,
- wytrzymałości na rozciąganie w kierunku prostym 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 włókien w warstwie środkowej płyt 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**

W ramach przeprowadzonych badań czynnikami analizowanymi pod kątem wpływu na właściwości wytwarzanych płyt wiórowych były: 25% udział włókien drzewnych w danej warstwie płyty oraz gęstość wytworzonych płyt.

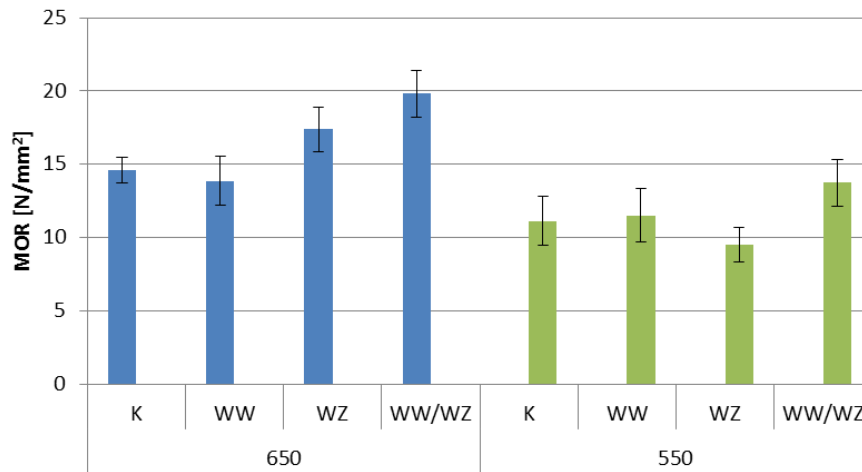
Z danych przedstawionych w tabeli 2 wynika, że zarówno warstwa, do której dodano włókna drzewne jak i gęstość wytwarzanych płyt wiórowych ma istotny wpływ na ich wytrzymałość na zginanie statyczne. Przy czym należy zauważyć, że procentowy wpływ gęstości dla tej zmiennej wyniósł ponad 50%, a warstwy, do której dodawano włókien drzewnych 21%. Oznacza to, że w badanym przypadku to gęstość w znaczący sposób wpływa na wartość wytrzymałości na zginanie wytwarzanych płyt wiórowych.

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

Czynnik / interakcja	SS	Df	MS	F	p	X
Warstwa	174.83	3	58.28	25.48	0,000	21.37
Gęstość	418.31	1	418.31	182.9	0,000	51.14
Warstwa*Gęstość	80.70	3	26.9	11.762	0.000	9.87
Błąd	144.09	63	2.29			17.62

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

Analizując tabelę 3 dotyczącą wpływu wybranych czynników na właściwości wytwarzanych płyt wiórowych należy zauważyć, że udział włókien w warstwie wewnętrznej nie powoduje istotnych statystycznie zmian wytrzymałości na zginanie płyt wiórowych, niezależnie od ich gęstości, względem płyt wiórowych wykonanych w ramach wariantu kontrolnego. W przypadku udziału włókien w warstwach zewnętrznych płyt wiórowych można stwierdzić, że istotny statystycznie wzrost wytrzymałości na zginanie statyczne względem płyt z wariantu kontrolnego występuje jedynie dla płyt o gęstości  $650 \text{ kg/m}^3$ . Należy również podkreślić, że bez względu na gęstość udział włókien w warstwie wewnętrznej i zewnętrznych powoduje istotny statystycznie wzrost wytrzymałości na zginanie statyczne płyt względem płyt wiórowych wykonanych w ramach wariantu kontrolnego, co zostało zobrazowane na rycinie 1.



Ryc.1. Średnia wytrzymałość na zginanie statyczne wytworzonych płyt wiórowych

Tabela 3. Wpływ wybranych czynników na właściwości wytwarzanych płyt wiórowych

Udział włókien w danej warstwie	Gęstość [kg/m <sup>3</sup> ]		średnia
	650	550	
MOR [N/mm <sup>2</sup> ]			
K	14,60 <sup>b</sup>	11,13 <sup>a</sup>	<b>12,87<sup>A</sup></b>
WW	13,86 <sup>b</sup>	11,50 <sup>a</sup>	<b>12,55<sup>A</sup></b>
WZ	17,38 <sup>c</sup>	9,49 <sup>a</sup>	<b>12,74<sup>A</sup></b>
WZ_WW	19,81 <sup>c</sup>	13,75 <sup>b</sup>	<b>16,02<sup>B</sup></b>
<b>średnia</b>	<b>16,04<sup>A</sup></b>	<b>11,47<sup>B</sup></b>	
MOE [N/mm <sup>2</sup> ]			
K	2610 <sup>c</sup>	1985 <sup>b</sup>	<b>2298<sup>A</sup></b>
WW	2178 <sup>b</sup>	1877 <sup>ab</sup>	<b>2011<sup>B</sup></b>
WZ	2963 <sup>d</sup>	1673 <sup>a</sup>	<b>2204<sup>A</sup></b>
WZ_WW	2957 <sup>d</sup>	2013 <sup>b</sup>	<b>2367<sup>A</sup></b>
<b>średnia</b>	<b>2646<sup>A</sup></b>	<b>1887<sup>B</sup></b>	
IB [N/mm <sup>2</sup> ]			
K	0,49 <sup>a</sup>	0,59 <sup>a</sup>	<b>0,54<sup>B</sup></b>
WW	0,46 <sup>a</sup>	0,32 <sup>b</sup>	<b>0,39<sup>A</sup></b>
WZ	0,52 <sup>a</sup>	0,23 <sup>b</sup>	<b>0,36<sup>A</sup></b>
WZ_WW	0,53 <sup>a</sup>	0,21 <sup>b</sup>	<b>0,33<sup>A</sup></b>
<b>średnia</b>	<b>0,50<sup>A</sup></b>	<b>0,32<sup>B</sup></b>	

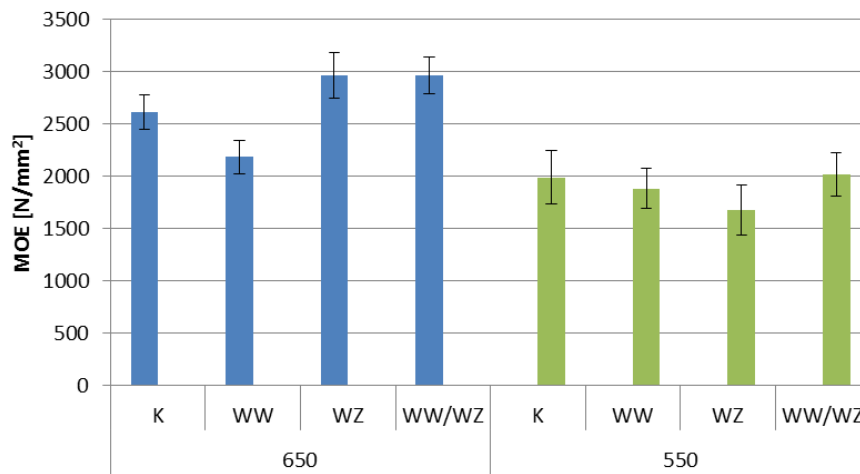
Natomiast analiza danych z tabeli 4 pozwala stwierdzić, że istotnym czynnikiem o największym procentowym wpływie (ok. 61%) na moduł sprężystości przy zginaniu statycznym wytworzonych płyt wiórowych jest ich gęstość. Ponadto istotnym wpływem na opisywaną właściwość płyt wiórowych odznaczał się udział włókien w danej warstwie, dla którego wartość procentowego wpływu wyniosła ok. 10%.

Tabela 4. Analiza wariancji dla wybranych czynników i interakcji pomiędzy czynnikami wpływającymi na moduł sprężystości przy zginaniu statycznym wytworzonych płyt wiórowych

Czynnik / interakcja	SS	Df	MS	F	p	X
Warstwa	1794080	3	598027	14	0,000	10.25
Gęstość	10687142	1	10687142	248	0,000	61.05
Warstwa*Gęstość	2312649	3	770883	18	0,000	13.21
Błąd	2712081	63	43049			15.49

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

Ponadto odnosząc się do danych przedstawionych w tabeli 3 należy zauważyć, że w przypadku płyt o gęstości  $650 \text{ kg/m}^3$  udział włókien w warstwie wewnętrznej spowodował istotny statystycznie spadek, wartości modułu sprężystości wytwarzanych płyt wiórowych o ok.  $430 \text{ N/mm}^2$  względem płyt z wariantu kontrolnego. W przypadku płyt z udziałem włókien w warstwach zewnętrznych oraz płyt z udziałem włókien w warstwach zewnętrznych i wewnętrznej dla płyt o gęstości  $650 \text{ kg/m}^3$  odnotowano statystycznie istotny wzrost wartości modułu sprężystości o ok.  $350 \text{ N/mm}^2$  w obu przypadkach względem wartości otrzymanych dla płyt z wariantu kontrolnego. Dla płyt wiórowych o gęstości  $550 \text{ kg/m}^3$  odnotowano istotny statystycznie spadek wartości modułu sprężystości względem płyt z wariantu kontrolnego, jedynie dla płyt wiórowych z udziałem włókien w warstwach zewnętrznych. W przypadku płyt o gęstości  $550 \text{ kg/m}^3$  wykonanych w ramach pozostałych wariantów nie odnotowano istotnych statystycznie różnic wartości modułu sprężystości dla płyt o tej samej gęstości wykonanych w ramach wariantu kontrolnego, co zostało zobrazowane na rycinie 2.



Ryc. 2. Średnia wartość modułu sprężystości przy zginaniu statycznym wytworzonych płyt wiórowych

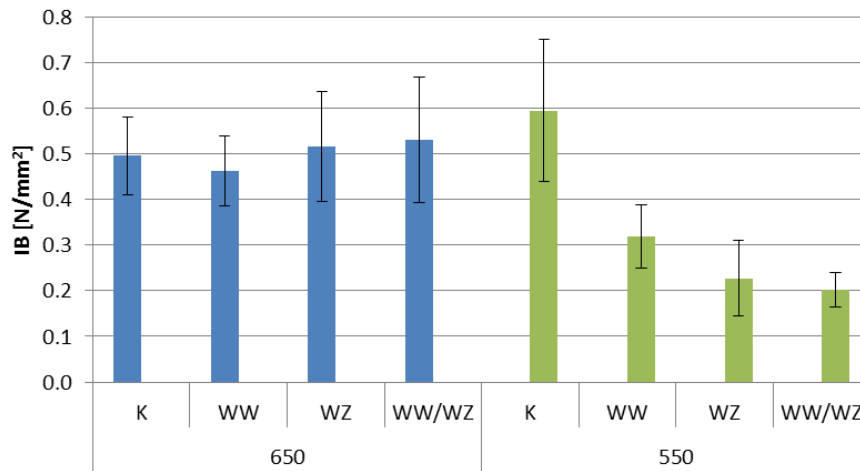
Z przedstawionych w tabeli 5 danych można stwierdzić, że analizowane czynniki to jest gęstość płyt oraz udział włókien w danej warstwie w istotny sposób wpływają na wytrzymałość na rozciąganie w kierunku prostopadłym do płaszczyzn wytworzonych płyt wiórowych. Przy czym należy podkreślić, że procentowy wpływ gęstości na badaną zmienną wyniósł ponad 24%, natomiast procentowy wpływ udziału włókien w danej warstwie wyniósł ponad 19%. Ponadto interakcja zachodząca między czynnikami również jest istotna statystycznie, a procentowy wpływ tej interakcji wyniósł ponad 24%.

**Tabela 5.** Analiza wariancji dla wybranych czynników i interakcji pomiędzy czynnikami wpływającymi na wytrzymałość na rozciąganie prostopadłe do płaszczyzn wytworzonych płyt wiórowych

Czynnik / interakcja	SS	Df	MS	F	p	X
Warstwa	0.3986	3	0.1329	13.70	0.000	19.55
Gęstość	0.4944	1	0.4944	50.98	0.000	24.26
Warstwa*Gęstość	0.5052	3	0.1684	17.36	0.000	24.79
Błąd	0.6402	66	0.0097			31.40

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

Jak zobrazowano na wykresie (ryc. 3) oraz przedstawiono w tabeli 3 w przypadku płyt wiórowych o gęstości  $550 \text{ kg/m}^3$  udział włókien w warstwach płyt spowodował istotny statystycznie spadek wartości wytrzymałością na rozciąganie w kierunku prostopadłym do płaszczyzn wytworzonych płyt wiórowych względem płyt o tej samej gęstości wykonanych w ramach wariantu kontrolnego. W przypadku płyt wiórowych o gęstości  $650 \text{ kg/m}^3$  nie zaobserwowano istotnych statystycznie różnic między wytrzymałości na rozciąganie płyt wykonanych w ramach poszczególnych wariantów.



Ryc. 3. Średnie wartości wytrzymałości na rozciąganie prostopadłe do płaszczyzn wytworzonych płyt wiórowych

## Wnioski

1. 25% udział włókien drzewnych w warstwie wewnętrznej wytwarzanych płyt wiórowych w obu wariantach gęstości nie wpływa w istotny statystycznie sposób na ich właściwości mechaniczne.

2. 25% udział włókien drzewnych w warstwach zewnętrznych płyt o gęstości  $650 \text{ kg/m}^3$  w istotny statystycznie sposób wpływa na poprawę wytrzymałości na zginanie statyczne i moduł sprężystości wytwarzanych płyt.
3. 25% udział włókien drzewnych w warstwach zewnętrznych płyt o gęstości  $550 \text{ kg/m}^3$  w istotny statystycznie sposób wpływa na pogorszenie właściwości mechanicznych wytwarzanych płyt.
4. 25% udział włókien w warstwach zewnętrznych i wewnętrznej płyt o gęstości  $650 \text{ kg/m}^3$  w istotny statystycznie sposób wpływa na poprawę wytrzymałości na zginanie statyczne i moduł sprężystości wytwarzanych płyt.
5. 25% udział włókien w warstwach zewnętrznych i wewnętrznej płyt o gęstości  $550 \text{ kg/m}^3$  w istotny statystycznie sposób wpływa na poprawę wytrzymałości na zginanie statyczne, przy czym następuje istotne statystycznie obniżenie wytrzymałości na rozciąganie w kierunku prostopadłym do płaszczyzn płyty

## The influence of wood fibers share on mechanical properties of particleboard

### Abstract

As part of the work, the influence of 25% share of wood fibers on the mechanical properties of particle boards was examined. Chipboards were produced in two varieties of density:  $650 \text{ kg/m}^3$  and  $550 \text{ kg/m}^3$ , and with the share of fibers in different layers. The results indicated that a 25% share of wood fibers in the inner layer of the produced particle boards did not have a significant effect on mechanical properties. However, the share of fibers in external layers of panels with a density of  $650 \text{ kg/m}^3$  significantly improved the static bending strength and modulus of elasticity of manufactured boards. The experiment also revealed that the 25% share of wood fibers in the outer and internal layers of panels with a density of  $650 \text{ kg/m}^3$  significantly improved the static bending strength and modulus of elasticity of the boards produced

### Literatura

**Bekhta P. 1995:** A system approach the investigation of particleboard. Annals of Warsaw University of Life Science - SGGW, Forestry and Wood Technology, 46/1995:107 - 113.

**Kawai S., Sasaki H., Shiraishi N., Kajita H., Norimoto M. 1993:** Low-density particleboard. Recent research on wood and wood based materials, 33 - 41.

**Maloney 1977:** Modern particleboard and fibreboard & dry-process manufacturing. Miller Freeman Publication, San Francisco.

**Medved S., Resnik J. 2006:** Impact of beech particle size on compaction ratio of the surface layer. Wood Research, 52(3): 101 - 108.



**Niemz P. 1982:** Untersuchungen zum Einfluß der Struktur auf die Eigenschaften von Spanplatten - Teil 1: Einfluß von Partikelformat, Rohdichte, Festharzanteil und Fastparafinanteil. Holztechnologie, 23(4): 206 - 213.

**Xu J., Sugawara R., Widyorini R., Han G., Kawai S. 2004:** Manufacture and properties of low-density binderless particleboard from kenaf core. Journal of Wood Science, 50:62 - 67.

**Zudrags K., Medved S. Alma M. H. 2009:** Performance in use and new products of wood based composites. Chapter 4 Mechanical properties of wood- based panels, Brunel University Press, 87 - 100.

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