



## Wpływ natrysku wody na przegrzewanie kobierca włóknistego płyt HDF, z dodatkiem włókien poużytkowych

### Water spray amount influence on HDF fibrous mat preheating made with recovered fibers addition

Conrad M. Sala<sup>a,\*</sup>, ORCID: 0000-0002-1903-5807

<sup>a</sup>Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie, Instytut Nauk Drzewnych i Meblarstwa, Katedra Technologii i Przedsiębiorczości w Przemśle Drzewnym, ul. Nowoursynowska 159/34, 02-776 Warszawa, Polska

\*Osoba do korespondencji: [conrad\\_sala@sggw.edu.pl](mailto:conrad_sala@sggw.edu.pl)

#### Streszczenie

Rosnąca dostępność poużytkowych materiałów drzewnych oraz względy ekonomiczno-środowiskowe zachęcają producentów płyt drewnopochodnych do zwracania ich do produkcji nowych paneli. Ponowne wykorzystanie płyt poużytkowych może skutkować obniżeniem jakości, co w konsekwencji prowadzi do konieczności poszukiwania rozwiązań przeciwdziałających skutkom niepożądanym. W związku z tym, w ramach niniejszej pracy zbadano wpływ ilości natrysku wody na przegrzewanie kobierca włóknistego przy produkcji ultra cienkich płyt włóknistych wysokiej gęstości (HDF) z 5% dodatkiem włókien poużytkowych. Następnie sprawdzono, jaki wpływ na kształtowanie profilu gęstości miał zmienny natrysk. Do badań wykorzystano przemysłowe włókno drzewne, produkowane z 5% dodatkiem poużytkowych HDF. Natrysk wody wynosił: 0 ml/m<sup>2</sup>, 8 ml/m<sup>2</sup>, 16 ml/m<sup>2</sup> oraz 32 ml/m<sup>2</sup>. Wzrost ilości naniesienia wody na powierzchnię górną i dolną kobierca włóknistego miał istotny wpływ na wysokość temperatury osiągniętej w środku prasowanego materiału. Wraz ze wzrostem naniesienia temperatura rosła, osiągając maksymalną różnicę na poziomie 50°C w porównaniu do płyt, produkowanych bez natrysku. Przy zachowaniu stałych parametrów procesu produkcji, zmiana ilości natrysku wpływała również na formowanie profilu gęstości płyt. Płyty z 32 ml/m<sup>2</sup> naniesieniem wody, charakteryzowały się najwyższą spośród badanych wariantów gęstością warstw środkowej i przypowierzchniowych.

#### Abstract

Growing wood-based recovered materials availability but also economical end environmental friendly aspects are encouraging wood-based panels (WBP) producers to reverse such materials into the production. However, it may negatively affect WBP physical and

mechanical properties. This is why there is a need for investigation of the ways preventing properties decrease. Due to that fact, in this thesis water spray amount influence on fibrous mat preheating was examined during high density fiberboards (HDF) production with 5% of recovered fibers addition. Next, density profile of produced boards was also examined checking water spray amount influence on its creating. For HDF production industrial fibrous pulp was used, produced with 5% of recovered HDF addition. For this thesis 4 different water spray amounts were used: 0 ml/m<sup>2</sup>, 8 ml/m<sup>2</sup>, 16 ml/m<sup>2</sup> and 32 ml/m<sup>2</sup>. Spray amount has a crucial influence on the temperature height in the middle of pressed material. Together with spray amount increase the temperature is also increasing, reaching maximal temperature difference of 50°C comparing 0ml/m<sup>2</sup> to 32 ml/m<sup>2</sup>. What is more, keeping constant production parameters, the change of water spray amount has an influence on density profile creation. Boards produced with 32 ml/m<sup>2</sup> of spray amount have the highest from examined surface and middle density on density profile.

**Słowa kluczowe:** płyty drewnopochodne; HDF, właściwości, przegrzewanie, transport ciepła, włókna poużytkowe; drewno poużytkowe, środek rozdzielający, natrysk wody

**Keywords:** wood-based panels; HDF, properties, preheating, heat transfer, recovered fibers; recovered wood, release agent, water spray

## Wprowadzenie

Produkcja płyt włóknistych jest jednym z najszybciej rozwijających się sektorów produkcji płyt drewnopochodnych. Według Faostat wielkość produkcji płyt MDF w Europie, w latach 2000-2018, wzrosła ponad dwukrotnie - z 8,44 mln m<sup>3</sup> do 17,8 mln m<sup>3</sup>. Jedną z przyczyn jest wzrost zapotrzebowania na materiały tego typu, wynikający między innymi z możliwości szerokiego zastosowania nie tylko w przemyśle meblowym, ale także w przemyśle budowlanym czy motoryzacyjnym. W zależności od gęstości, MDF znajduje zastosowanie min. do izolacji budynków, na ścianki tylne mebli, dna szuflad, wykończenie pojazdów czy materiał opakowaniowy. Co więcej, ich powierzchnia może być lakierowana (elementy mebli), foliowana (fronty meblowe) lub fornirowana (blaty robocze) (Nicewicz, Sala 2014).

W Polsce, gdzie głównym surowcem do produkcji płyt drewnopochodnych jest sosna (Nicewicz, Sala 2013), mieści się wiele zakładów konsumujących drewno okrągłe ([www.biznesmeblowy.pl](http://www.biznesmeblowy.pl)). Zwiększone zapotrzebowanie na ten surowiec powoduje gwałtowny wzrost cen ([www.tvp.info](http://www.tvp.info)) - w oparciu o dane z Polskich Lasów Państwowych cena drewna sosnowego wzrosła o ponad 15% z 200 zł/m<sup>3</sup> w 2013 do 260 zł/m<sup>3</sup> w 2017 roku ([www.drewno.pl](http://www.drewno.pl)).

W celu obniżenia kosztów produkcji oraz uczynienia płyt drewnopochodnych konkurencyjnymi na rynku materiałów budowlanych i meblowych, niezbędnym jest stosowanie tańszego substytutu dla drewna okrągłego. Dzięki przeprowadzonym badaniom wiadomo, że drewno poużytkowe (np. zużyte palety drewniane), drewno plantacyjne, makulatura, słomy

traw jednorocznych mogą być stosowane jako substytut drewna okrągłego (Oniśko, 2011). Mając na uwadze dbanie o środowisko, coraz częściej stosowanym zamiennikiem dla drewna okrągłego są drewnopochodne materiały użytkowe. W Wielkiej Brytanii zaobserwowano ponad 25% wzrost stosowanych w przemyśle płytowym materiałów użytkowych porównując do siebie rok 2015 i 2018 (Tolvik Consulting, 2018). Mimo pozytywnego wpływu na środowisko oraz aspektów ekonomicznych wynikających z zawracania do produkcji użytkowych materiałów drewnopochodnych pojawia się ryzyko związane z obniżeniem mechanicznych i fizycznych właściwości płyt MDF produkowanych z ich wykorzystaniem (Hwang i in., 2005). Dlatego, w celu spełnienia wymagań jakościowych, niezbędnym jest dostosowanie parametrów produkcyjnych (Wan, 2014).

Większość właściwości płyt drewnopochodnych uzyskuje się w trakcie procesu prasowania w wysokich temperaturach. W konsekwencji kluczowe jest zachowanie balansu pomiędzy nastawami technologicznymi a żądanymi właściwościami. Bardzo istotny jest proces przegrzewania kobierca drzewnego i transportu ciepła, niezbędny do osiągnięcia odpowiedniej jakości produktu oraz do zminimalizowania czasu prasowania (Thoeman i in., 2010). Jednym z najważniejszych parametrów wpływających na transport ciepła do środka kobierca drzewnego jest wilgotność prasowanego surowca, która przekłada się na ostateczne właściwości płyt drewnopochodnych. Lepsze właściwości uzyskiwane są między innymi dzięki lepszemu utwardzeniu żywicy klejowej (Cai i in., 2006). Podniesienie wilgotności masy włóknistej, przy produkcji MDF, poprawia wytrzymałość na zginanie statyczne, podnosi wytrzymałość na rozrywanie w kierunku prostopadłym do płaszczyzn oraz obniża spęcznienie na grubość po 24 h moczenia w wodzie (Nicewicz, Monder, 2014). W celu szybszego przekazywania ciepła w trakcie procesu prasowania możliwym jest stosowanie wtrysku pewnej ilości pary na spód kobierca drzewnego, mające miejsce przed procesem prasowania. Inną możliwością wstępnego przegrzewania kobierca włóknistego, skutkującym lepszym transportem ciepła z prasy do środka prasowanego materiału, jest używanie fal wysokiej częstotliwości lub fal mikrofalowych. Zaletą tych trzech systemów wstępnego przegrzewania kobierca jest redukcja czasu prasowania, co może zapewnić wzrost wydajności ciągu o 15-30%. Co więcej, pozwala to na redukcje ciśnień i temperatur prasowania, przekładające się na mniejsze zużycie łańcuchów oraz taśm stalowych prasy, wydłużając ich żywotność (www.imalpal.com; Deng, Xie, 2006; Pereira i in., 2004).

Mając na uwadze ochronę taśm stalowych prasy połączoną z chęcią maksymalnego wydłużenia okresu ich eksploatacji, wielu producentów płyt drewnopochodnych stosuje natrysk roztworu środka antyadhezyjnego w wodzi. Proponowane stężenia takich roztworów wynoszą od minimalnych 1:200 nawet 1:1 środka w stosunku do wody (www.tag-chemicals.com). Zakładając pozytywny wpływ wilgotności prasowanego materiału na właściwości produkowanych płyt, możliwe jest zwiększanie lub zmniejszanie ilości naniesienia ml/m<sup>2</sup> roztworu, a dodatkowo taki sposób dostosowania parametrów procesu do założeń produkcyjnych pozostaje w neutralnym stosunku kosztowym.

## Cel i zakres pracy,

Celem pracy było określenie wpływu ilości natrysku wody, wprowadzonej z roztworem środka antyadhezyjnego, na prędkość przegrzewania kobierca włóknistego oraz jej wpływ na profil gęstości płyt HDF produkowanych z 5% dodatkiem włókien poużytkowych.

## Materiały i metodyka badań

W ramach pracy wytworzono płyty HDF ze zmiennym naniesieniem wody, określono wzrost temperatury w czasie w środku kobierca włóknistego, następnie po okresie sezonowania płyt HDF (5 dni) zbadano profil gęstości otrzymanych płyt.

Do wytworzenia płyt HDF użyto wysuszoną, przemysłową masę włóknistą, pochodzącą z jednego z polskich zakładów, produkującego ultra cienkie płyty HDF. Masa ta została wytworzona z 5%-owym dodatkiem włókien poużytkowych, pochodzących z rozdrobionych, odpadowych płyty HDF, powstałych z brzegowania płyt HDF. Gęstość nasypowa masy włóknistej razem z włóknami poużytkowymi:  $21,54 \text{ kg/m}^3 \pm 0,20 \text{ kg/m}^3$ , wilgotność  $10,5\% \pm 0,5\%$ .

Receptura zaklejania:

- klej melaminowo-mocznikowo-formaldehydowej (MUF), zawartość melaminy: 5,2%, stosunek molowy: 0,89; ilość: 11,8% (suchej masy (s.m.) żywicy, liczonej w stosunku do s.m. włókien),
- emulsja parafinowa - 0,5% (parafina liczona w stosunku do s.m. włókien),
- 45% roztwór mocznika - 20% (s.m. w stosunku do s.m. żywicy),
- 35% roztwór saletry amonowej - 3,0% (s.m. w stosunku do s.m. żywicy).

Zaklejania dokonano w laboratoryjnej maszynie zaklejającej.

Założenia do pracy:

- wytworzenie płyt HDF: ciężar nasypowy  $2,1 \text{ kg/m}^2$ , grubość 2,5 mm, gęstość  $860 \text{ kg/m}^3$ .

4 różne ilości natrysku wody, naniesione były razem z 3% roztworem środka antyadhezyjnego firmy TAG Chemicals Fiberline 402. Z uwagi na niskie strzeżenie środka antyadhezyjnego, jego wpływ na badane zależności można pominąć. W zależności od wariantu V0, V8, V16, V32 naniesienie wody wynosiło odpowiednio:  $0 \text{ ml/m}^2$ ,  $8 \text{ ml/m}^2$ ,  $16 \text{ ml/m}^2$ ,  $32 \text{ ml/m}^2$ .

Natrysk odbywał się na dolną i górną powierzchnię kobierca włóknistego.

Parametry prasowania w laboratoryjnej prasie jednopółkowej:

- temperatura:  $220,0^\circ\text{C}$ ,
- maksymalne ciśnienie prasowania: 11 MPa,
- współczynnik prasowania: 18 s/mm,
- czas cyklu: ok. 60 sekund,
- przebieg: do ok. 15 sekundy - zamykanie prasy, następnie wzrost ciśnienia do maksymalnego, po czym redukcja ciśnienia o 1 MPa, co 5 sekund, aż do otwarcia prasy.

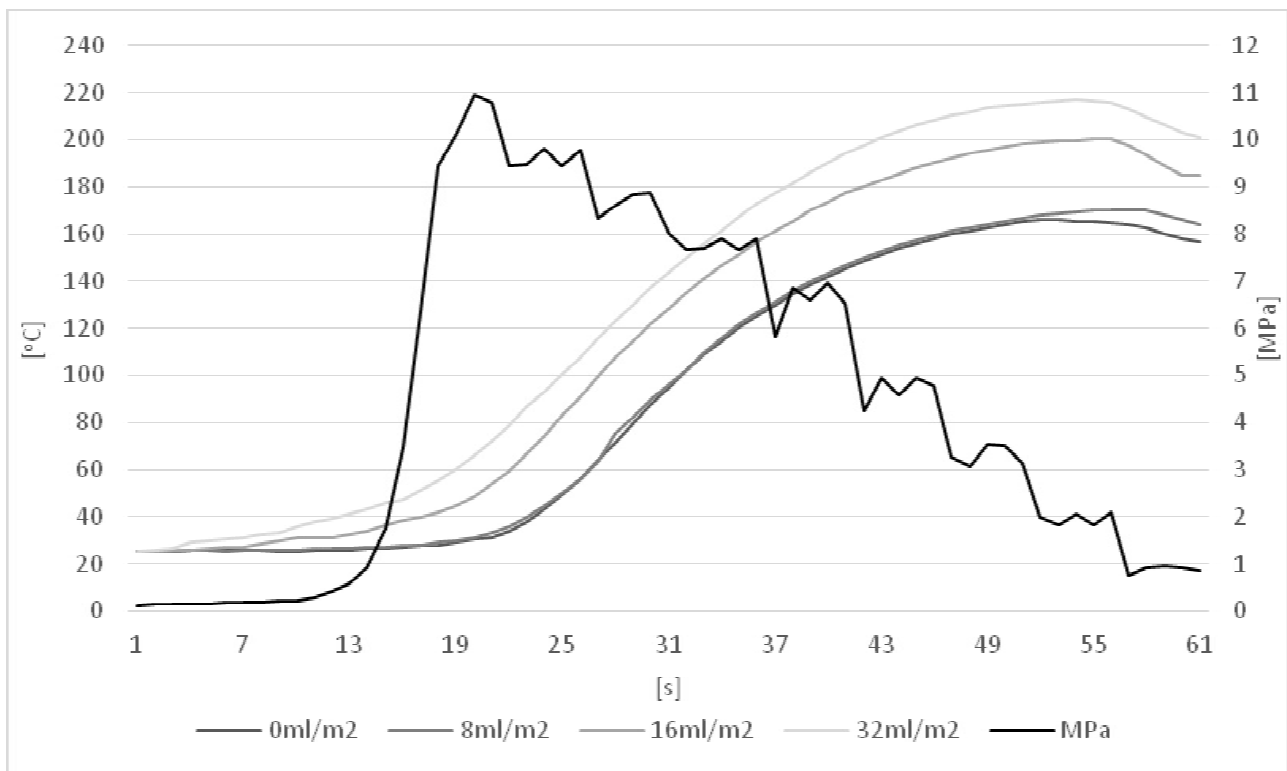
Wzrost temperatury kobierca włóknistego w środku prasowanego materiału mierzony był przy pomocy sondy wytworzonej z dwóch drutów - żelaznego i konstantanowego. Sondę wprowadzono w trakcie formowania kobierca włóknistego i podłączono do komputera

z odpowiednim oprogramowaniem. Próbki pomiaru temperatury odbywało się 1× na sekundę, wyniki zestawiono jako średnia z 5 pomiarów dla każdego z wariantów. Dokładność pomiaru wynosiła  $\pm 0,1^{\circ}\text{C}$ .

W celu poznania wpływu ilości naniesionej wody na przegrzewanie kobierca włóknistego i sprawdzenia wpływu zmiany transportu ciepła na proces prasowania płyt HDF, w urządzeniu DAX 5000 firmy GreCon określono profil gęstości. Wyniki 5 pomiarów przedstawiono na Rys. 1-4.

### Wyniki badań i analiza

Na Rys. 1 przedstawiono krzywe wzrostu temperatury dla poszczególnych wariantów płyty HDF w zależności od ilości natrysku wody oraz krzywą ciśnienia prasowania. Dodatkowo w Tabeli 1 zestawiono wyniki pomiaru temperatury w 6-sekundowym interwale czasowym.



**Rys. 1.** Temperatura w środku kobierca włóknistego dla V0, V8, V16, V32 z przedstawionym ciśnieniem prasowania

**Fig. 1.** Temperature in the middle of fibrous mat for V0, V8, V16, V32 together with pressing pressure

**Tabela 1.** Wartości temperatura w środku kobierca włóknistego dla V0, V8, V16, V32 w 6 sekundowym interwale czasowym**Table 1.** Temperature in the middle of fibrous mat for V0, V8, V16, V32 in 6s time interval

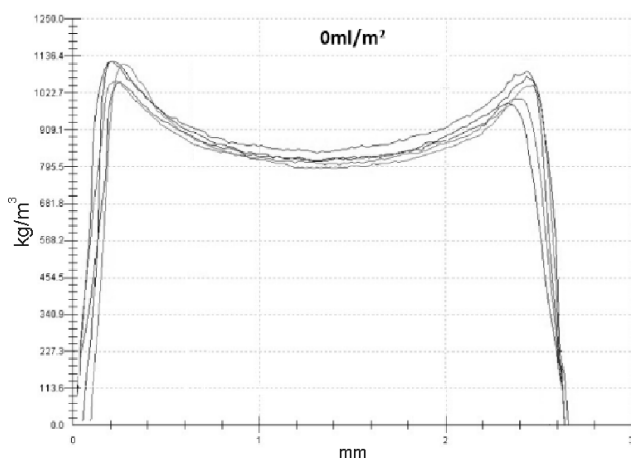
s	0 ml/m <sup>2</sup>	8 ml/m <sup>2</sup>	16 ml/m <sup>2</sup>	32 ml/m <sup>2</sup>
1	25,1	25,5	25,4	25,5
7	25,6	25,8	27,5	31,4
13	26,0	26,8	32,7	41,4
19	29,4	29,7	44,6	60,3
25	49,3	49,9	82,7	100,4
31	95,0	96,6	128,8	143,8
37	130,0	131,6	161,5	177,2
43	151,3	152,9	183,1	201,0
49	163,1	164,4	195,8	213,6
55	165,4	169,9	200,2	216,6
61	156,8	164,3	184,6	201,0

W zależności od wariantu, już w trakcie zamykania półki prasy następowała zmiana temperatury w środku kobierca włóknistego, w trakcie wytwarzania HDF z 5% dodatkiem włókien użytkowych (Rys. 1). Najmniejszą zmianę temperatury po pierwszych 15 sekundach zaobserwowano w przypadku prasowania V0 - zmiana temperatury wynosiła ok. 1,0°C co stanowiło ok. 4% temperatury początkowej. Zastosowanie natrysku w ilości 8ml/m<sup>2</sup> nieznacznie wpłynęło na zmianę temp. o ok. 1,3°C co stanowiło ok. 5% temp. początkowej. Dalsze zwiększanie ilości natrysku wody do 16 ml/m<sup>2</sup> wpłynęło na wzrost temp. po 15 s o 7,4°C, co stanowiło wzrost prawie o 29% w stosunku do temp. początkowej. Największy skok temperatury, w trakcie zamykania półek prasy, odnotowano dla V32 - ok. 15,9°C, co przekładało się na ok. 62% wzrost temp. początkowej. Na transport ciepła wpływa między innymi charakterystyka właściwości fizycznych prasowanego materiału, składają się na nią takie parametry jak: temperatura, gęstość oraz wilgotność (Thoemen, Humphrey, 2006). Gęstość prasowanego materiału była na tym samym poziomie. Różnicę temperatur wyjściowych włókien, która wynosiła średnio 25,3±0,2°C, można pominąć ze względu na fakt, że przy zachowaniu stałej temperatury prasowanego kobierca włóknistego różnica przyrostu temperatury pomiędzy wariantami V0 i V32 dochodziła do 58%. W związku z tym, największy wpływ na zmianę temperatury w środku prasowanego materiału mogła mieć wilgotność, wynikająca ze zwiększenia naniesienia ilości wody.

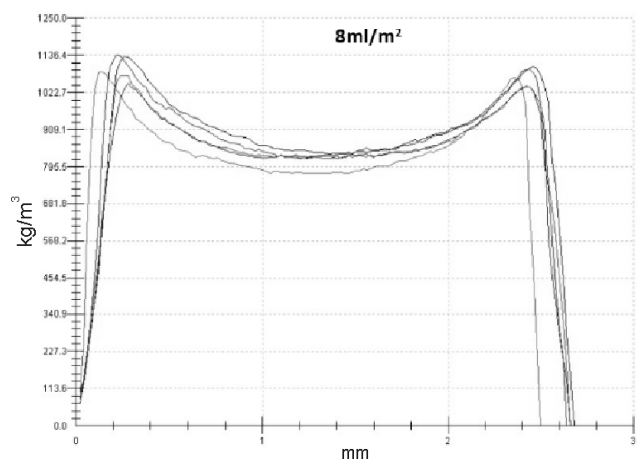
Po osiągnięciu maksymalnego zadanego ciśnienia prasowania (po ok. 20 s), zależności między czasem a prędkością przegrzewania i wzrostem temperatury w środku kobierca włóknistego były podobne. Najniższą temperaturę osiągnięto w przypadku płyt wytwarzanych bez natrysku - ok. 29,4°C co było o 17% więcej od temperatury wyjściowej. Zastosowanie natrysku w ilości 8ml/m<sup>2</sup> na stronę płyty powodowało 16% wzrost w stosunku temp. V0. Podwojenie ilości natrysku do 16 ml/m<sup>2</sup> na stronę kobierca zwiększyło temperaturę o ok. 19,3°C co w porównaniu do V0 stanowiło wzrost o 76%. Największy wzrost, bo aż o 136% w odniesieniu do temp. V0 uzyskano w przypadku maksymalnego badanego natrysku - 32 ml/m<sup>2</sup>, gdzie różnica temperatur osiągnęła 34,8°C.

Pomimo redukcji ciśnienia prasowania, w przypadku wszystkich badanych wariantów, obserwowano blisko liniowy przyrost temperatury w środku prasowanego materiału do ok. 50 s cyklu. Po tym czasie następowała zupełna redukcja ciśnienia prasowania i spadek temperatury, związany najprawdopodobniej z redukcją ciśnienia gazów wewnętrznych, powstających w trakcie operacji prasowania. Najniższą temperaturę maksymalną (podczas całego cyklu) wewnątrz prasowanego materiału osiągały płyty wytwarzane bez natrysku (V0), osiągając temperaturę maksymalną na poziomie 165,4°C. Stosunkowo niewielki natrysk z wariantu V8 w nieznacznym stopniu wpływał na zmianę wzrostu mierzonej temperatury. Temperatura ta była średnio o ok. 3% wyższa w porównaniu do temperatury z V0 (165,4°C vs. 169,9°C). Podwojenie ilości natrysku do 16 ml/m<sup>2</sup> na stronę powodowało wyraźny wzrost temperatury w środku kobierca włóknistego. W odniesieniu do V0 dla tego samego etapu prasowania było to o 21% więcej, czyli o ok. 34,8°C w odniesieniu do V0. Dalszy wzrost ilości natrysku wody do 32 ml/m<sup>2</sup> powodował szybszy transport ciepła w głąb prasowanego kobierca włóknistego. Płyty z V32 osiągnęły najwyższą temperaturę w środku prasowanego materiału - 216,6°C, co było o ~31% więcej niż w przypadku braku natrysku oraz o ~8% w odniesieniu do V16. Można zauważyć, że większy natrysk wody, powodował osiągnięcie wyższej temperatury w środku prasowanego kobierca włóknistego. Mogło być to spowodowane pozytywnym wpływem ilości wody na wytworzenie stosunkowo większej ilości pary wodnej, ułatwiającej transport ciepła.

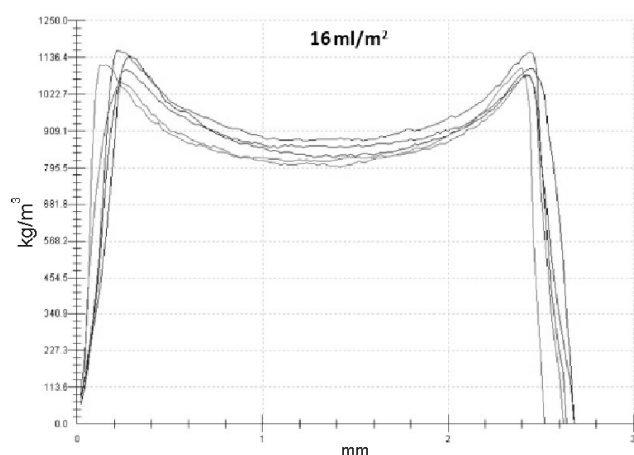
Na rys. 2-5 przedstawiono wykresy profilu gęstości z poszczególnych wariantów płyt. Od lewej strony widoczna jest górna strona płyty, a po prawej - dolna. Dodatkowo w celu łatwiejszej analizy danych, w Tabeli 2 zestawiono średnią arytmetyczną maksymalnych i minimalnych gęstości na przekroju płyty.



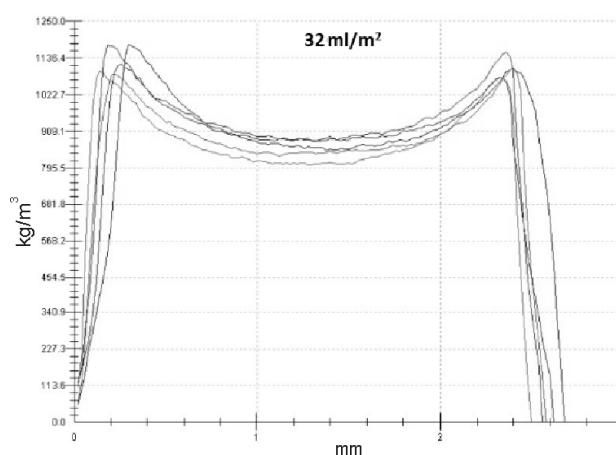
**Rys. 2.** Profil gęstości V0  
**Fig. 2.** V0 density profile



**Rys. 3.** Profil gęstości V8  
**Fig. 3.** V8 density profile



**Rys. 4.** Profil gęstości V16  
**Fig. 4.** V16 density profile



**Rys. 5.** Profil gęstości V32  
**Fig. 5.** V32 density profile

**Tabela 2.** Średnie dane z profilu gęstości płyt HDF  
**Table 2.** An average data form density profiles of HDF boards

Wariant	Średnia maksymalna	Średnia minimalna	Średnia gęstość		Grubość HDF	
V0	1066	811	847	kg/m <sup>3</sup>	2,47	mm
V8	1083	815	861	kg/m <sup>3</sup>	2,45	mm
V16	1109	834	858	kg/m <sup>3</sup>	2,44	mm
V32	1117	851	856	kg/m <sup>3</sup>	2,44	mm

Na podstawie powyższych Rys. 2-5 i danych z Tabeli 2 można stwierdzić, że pomimo zachowania stałych parametrów prasowania (czas, ciśnienie, temperatura), które mają wpływ na kształtowanie się profilu gęstości płyt MDF (Wong i in., 2000) oraz pomimo zachowania stałej wyjściowej wilgotności włókien, która także ma istotny wpływ na kształtowanie się profilu gęstości (Cai i in., 2006), w zależności o wariantu uzyskane profile gęstości HDF różniły się między sobą. Częściowo wpływ na to mogła mieć grubość HDF, przekładająca się na gęstość średnią płyty (wraz ze wzrostem grubości, maleje gęstość), jednak w związku z zachowaniem założonego ciężaru nasypowego świadomie pominięto ją przy dalszej analizie. Gęstość górnej strony płyty (po prawej stronie rysunków) była zbliżona do gęstości dolnej (po lewej stronie rysunków), jednak średnio było to o 2 do 4% więcej. Dodatkowo, razem ze wzrostem ilości natrykiwanego roztworu rosła gęstość maksymalna pików przy powierzchni płyt oraz minimalna w środku płyty, co mogło wynikać to z lepszego przegrzania kobierca włóknistego, wpływającą na przebieg prasowania. Najniższą maksymalną gęstością średnią charakteryzowały się płyty, wytwarzane bez dodatku roztworu środka rozdzielającego - 1066 kg/m<sup>3</sup>. Podobnie było z minimalną gęstością środka z przekroju płyty - 811 kg/m<sup>3</sup>. Wartości te potraktowane zostały jako wartości referencyjne. Niewielki wzrost gęstości pików przy powierzchni HDF (ok. 2%) oraz pomijalny wzrost gęstości środka płyty, powodował natrysk 8ml/m<sup>2</sup> roztworu na stronę. Dwukrotnie większy wzrost gęstości pików (ok. 4%) oraz niewielki, bo 3% wzrost gęstości środka (834 kg/m<sup>3</sup>), powodował natrysk 16 ml/m<sup>2</sup> roztworu na stronę. Największą maksymalną gęstością średnią charakteryzowały



się płyty, wytwarzane z najwyższym, stosowanym w ramach pracy, naniesieniem roztworu środka rozdzielającego ( $32 \text{ ml/m}^2$  na stronę). Płyty z tego wariantu osiągnęły gęstość pików przy powierzchni na poziomie  $1117 \text{ kg/m}^3$  co było o ok. 5% więcej w odniesieniu do płyt referencyjnych. Podobnie było z minimalną gęstością środka z przekroju płyty -  $851 \text{ kg/m}^3$ , co również było o ok. 5% więcej w stosunku do gęstości środka płyt z V0. Powyższe wyniki mogły być spowodowane wyższą temperaturą prasowanego materiału, rosnącą razem ze zwiększeniem ilości wody wprowadzanej z natryskiem, przekładającej się na łatwiejszą kompresję materiału włóknistego w trakcie operacji prasowania.

## Wnioski

Na podstawie otrzymanych wyników można wyciągnąć następujące wnioski i spostrzeżenia:

- ilość wody, natryskiwanej przy produkcji HDF ma istotny wpływ na czas przegrzewania kobierca włóknistego, wytwarzanego z 5% udziałem włókien użytkowych,
- płyty HDF, z 5% udziałem włókien użytkowych, produkowane bez natrysku wody, charakteryzują się najwolniejszym przegrzewaniem kobierca włóknistego,
- wraz ze wzrostem ilości nanoszonej wody z  $0 \text{ ml/m}^2$  do  $32 \text{ ml/m}^2$  następuje intensyfikacja wzrostu temperatury maksymalnej w środku prasowanego kobierca włóknistego z  $165,4^\circ\text{C}$  do  $216,6^\circ\text{C}$  przy produkcji płyty HDF, z 5% dodatkiem włókien użytkowych,
- płyty HDF, z 5% dodatkiem włókien użytkowych, produkowane z natryskiem wody w ilości  $32 \text{ ml/m}^2$  na stronę płyty, charakteryzują się najszybszym przegrzewaniem kobierca włóknistego - 46% wyższa średnia temperatura w porównaniu do V0 w całym cyklu prasowania,
- ilość natrysku wody ma wpływ na formowanie profilu gęstości płyt HDF, wytwarzanych z 5% udziałem włókien użytkowych,
- wraz ze wzrostem ilości nanoszonej wody z  $0 \text{ ml/m}^2$  do  $32 \text{ ml/m}^2$ , następuje stopniowy (do 5%) wzrost maksymalnej i minimalnej gęstości środka na profilu gęstości.

Wzrost temperatury w środku prasowanego kobierca włóknistego oraz zmiany profilu gęstości wytworzonych płyt, mogły przełożyć się na właściwości fizyczne i mechaniczne gotowych paneli HDF. W związku z tym w ramach kontynuacji tematu przeprowadzono badania tych właściwości i opisano otrzymane wyniki w publikacji pod tytułem: The surface water spray amount influence on HDF properties made with recovered HDF addition.

## Literatura

Cai Z., Muehl J.H., Winandy J.E., 2006: Effects of panel density and mat moisture content on processing medium density fiberboard. *Forest Products Journal* 56(10), 20-25.

Deng J., Xie Y.Q., Feng M., 2006: An experimental study of microwave preheating of an MDF fiber mat Moisture. *Forest Products Journal* 56(6), 76-81.

Hwang C., Hse C., Shupe T.F., 2005: Effects of recycled fiber on the properties of fiberboard panels. *Forest Products Journal* 55, 61-64.

Nicewicz D., Monder S., 2014: The influence of moisture of fiber mats on the properties of MDF boards. *Annals of Warsaw University of Life Sciences - SGGW. Forestry and Wood Technology* 88, 174-177.

Nicewicz D., Sala C., 2013: Technologiczne aspekty produkcji mdf. Skrypt dla studentów, 35-40.

Nicewicz D., Sala C., 2014: Właściwości i zastosowanie płyt MDF. Warszawa: Wydawnictwo SGGW.

Oniśko W., 2011: Nowe generacje tworzyw drzewnych i nowoczesne technologie. *Drewnowizja*, ITD SGGW Warszawa.

Pereira C.M.C., Blanchard C., Carvalho L.M.H., Costa C.A.V., 2004: High frequency heating of medium density fiberboard (MDF): theory and experiment. *Chemical Engineering Science*, 59(4), 735-745. <https://doi.org/10.1016/j.ces.2003.09.038>

Thoeman H., Irle M., Sernek M., 2010: Wood-based panels an introduction for specialists.

Thoemen H., Humphrey P.E., 2006: Modeling the physical processes relevant during hot pressing of wood-based composites. Part I. Heat and mass transfer. *Holz Als Roh - Und Werkstoff*, 64(1), 1-10. <https://doi.org/10.1007/s00107-005-0027-2>

Tolvik Consulting., 2018: UK Dedicated Biomass Statistics - 2017. Retrieved from file://plorl-nt0002/Users\_Profiles/salcon/Documents/Doktorat/Bibliografia/Tolvik-UK-Biomass-Statistics-2017-2.pdf

Wan H., Wang X.M., Barry A., Shen J., 2014: Recycling wood composite panels: Characterizing recycled materials. *BioResources* 9(4), 7554-7565. <http://dx.doi.org/10.15376/biores.9.4.7554-7565>

Wong E.D., Zhang M., Wang Q., Han G., Kawai, S., 2000: Formation of the density profile and its effects on the properties of fiberboard. *Journal of Wood Science*, 46(3), 202-209. <https://doi.org/10.1007/BF00776450>

### **Źródła internetowe**

[www.biznesmeblowy.pl/produkcja\\_mebli/116/najwieksi\\_producenci\\_plyt\\_drewnopochodnych\\_w\\_polsce\\_ranking,14522\\_1.html](http://www.biznesmeblowy.pl/produkcja_mebli/116/najwieksi_producenci_plyt_drewnopochodnych_w_polsce_ranking,14522_1.html) (dokument elektroniczny, stan na dzień 10.12.2019)

[www.biznes.meble.pl/aktualnosci,hdf-mdf-ldf-czym-sie-rozni,153.html](http://www.biznes.meble.pl/aktualnosci,hdf-mdf-ldf-czym-sie-rozni,153.html) (dokument elektroniczny, stan na dzień 12.12.2019)

[www.drewno.pl/artykuly/10837,rekordowo-wysokie-ceny-za-drewno-w-i-kwartale-2017.html](http://www.drewno.pl/artykuly/10837,rekordowo-wysokie-ceny-za-drewno-w-i-kwartale-2017.html) (dokument elektroniczny, stan na dzień 12.01.2020)

[www.fao.org/faostat/en/#data/FO](http://www.fao.org/faostat/en/#data/FO) (dokument elektroniczny, stan na dzień 10.12.2019)

[www.imalpal.com/en/impianto.php?pr=84&cat=3&zona=5](http://www.imalpal.com/en/impianto.php?pr=84&cat=3&zona=5) (dokument elektroniczny, stan na dzień 16.01.2020)

[www.nadlesnictwo.pl/str/struktura\\_lasow](http://www.nadlesnictwo.pl/str/struktura_lasow) (dokument elektroniczny, stan na dzień 10.12.2019)

[www.tag-chemicals.com/en/products/product\\_type/Trennmittel\\_Wasserbasis](http://www.tag-chemicals.com/en/products/product_type/Trennmittel_Wasserbasis) (dokument elektroniczny, stan na dzień 12.01.2020)

[www.tvp.info/39927229/astronomiczny-popyt-na-drewno-przemysl-wini-lasy-panstwowe](http://www.tvp.info/39927229/astronomiczny-popyt-na-drewno-przemysl-wini-lasy-panstwowe) (dokument elektroniczny, stan na dzień 12.12.2019)

---

*Artykuł recenzowany / Reviewed paper*

*Zgłoszony / Submitted: 05.05.2020*

*Opublikowany online / Published online: 03.07.2020*