

## Inovātīva tehnoloģija šķiedraugu atlikumu kompleksai pārstrādei produktos ar augstu pievienoto vērtību

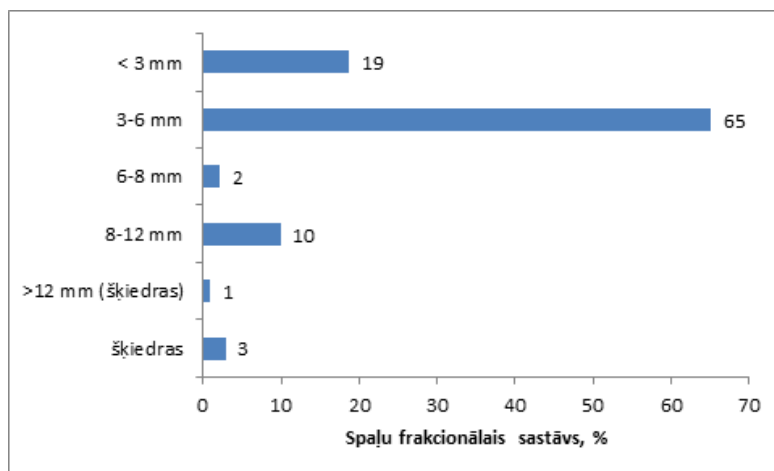
Eiropas Sociālā Fonda projekts

(Nr. 2013/0044/1DP/1.1.1.2.0/13/APIA/VIAA/022)

### Veiktā pētījuma īss kopsavilkums par periodu 01.03.2014. - 31.05.2014.

Iepriekšējā atskaitē jau minēts, ka projekta aktivitāšu sekmīgai izstrādei ir izveidota jauna zinātnieku grupa, kura galvenokārt sastāv no jaunajiem zinātniekiem un topošajiem jaunajiem zinātniekiem, kā arī doktorantiem.

**2. aktivitātes** vajadzībām sagādāta izejviela - kaņepju spaļi - konkrēti šķirne *Bialobrzeskie* (Polija, kods 893) no Krāslavas lina rūpnīcas, kur tie glabāti āra apstākļos zem jumta. Kaņepju spaļu frakcionālais sastāvs redzams 1. attēlā.



1. att. Kaņepju spaļu frakcionālais sastāvs.

**2.1. aktivitātes „Kaņepju spaļu priekšapstrādes pētījumi furfurola iegūšanai”** ietvaros kaņepju spaļu priekšapstrādes procesa pētījumiem ņēma frakciju 3-12 mm, kas sastāda 77% no kaņepju šķiedru ražošanas pārpalikumiem. Kā jau iepriekšējā pārskatā minēts, tad tā frakcija, kas ir mazāka par 3 mm (smalkumi), jāatdala, lai izvairītos no smilšu un citu nevēlamu piejaukumu klātbūtnes, kas traucētu turpmākajos eksperimentos. Pelnu saturs smalkumos sasniedz pat 57,6%, kamēr kaņepju spaļu frakcijai 3-12 mm to saturs ir tikai 4,3%. Lai noteiktu izejvielas komponentsastāvu, veikta kaņepju spaļu, kam atsijāti smalkumi, vidējā parauga spirta-benzola ekstrakcija, kā rezultātā izekstragēts 2,4% ekstraktvielu. Kiršnera celulozes saturs paraugā ir 42,9%, kas turpmākajos

pētījumos tiks izmantots kā atskaites punkts celulozes sadalīšanās pakāpes aprēķiniem. Holocelulozes saturs ir 71,9%, bet hemiceluložu saturs ir attiecīgi 29,0 %. Hemicelulozes ir galvenā izejviela furfurola iegūšanai, jo satur pentozānus, galvenokārt ksilānu. Teorētiskais furfurola iznākums no kaņepju spaļu vidējā parauga sasniedz 13,6%, ko savukārt ņems par atskaites punktu, lai aprēķinātu, cik procentus no teorētiski iespējamā furfurola daudzuma ir izdevies iegūt priekšapstrādes procesā.

Iepriekšējā atskaitīšanās perioda laikā veiktie priekšmēģinājumi parādīja, ka, strādājot ar  $Al_2(SO_4)_3$  kā katalizatoru, priekšapstrādes temperatūrai lielas ietekmes uz furfurola kopējo iznākumu pēc 90 minūtēm nav. Tamdēļ nākamās priekšapstrādes eksperimentus veica ar lielāku katalizatora daudzumu – 7% no a.s.m., lai noteiktu, kā katalizatora daudzuma paaugstināšana ietekmēs furfurola iznākumu un celulozes sadalīšanās pakāpi. Tas nepieciešams, lai varētu sastādīt pilnā faktoru eksperimenta plānu un izpētītu galveno procesa parametru ietekmi uz furfurola iznākumu un veidošanās dinamiku. Atkārtoti veica eksperimentus ar katalizatora daudzumu – 5% no a.s.m., jo komponentsastāvs jaunajai izejvielai no Krāslavas linu rūpnīcas tomēr ir atšķirīgs, salīdzinot ar priekšmēģinājumos ņemto kaņepju spaļu paraugu. Ņemot vērā, ka priekšmēģinājumos (temperatūra – 160-180°C) iegūtā lignoceluloze bija ar augstu celulozes sadalīšanās pakāpi, bet furfurola iznākumos pēc 90 min nebija pārāk izteikta starpība, tad turpmākajos eksperimentos izvēlēts plašāks temperatūras intervāls 140-180°C. Priekšapstrādes rezultāti apkopoti 1. tabulā.

**1. tabula.** Priekšapstrādes produktu iznākumi un lignocelulozes komponentu sastāvs atkarībā no procesa temperatūras un katalizatora  $Al_2(SO_4)_3$  daudzuma (ilgums 90 min).

Priekš- apstrādes parametri °C-kat.%	CL mitrums, %	CL iznāk. % no a.s.m.	Tvaika kondensāts			Kiršnera celuloze, %			Holoceluloze, %		Mono- saha- rīdi, % a.s. CL
			Furf. %	% no teorētiski iespējamā furf. daudzuma	Etiķsk. %	a.s. CL	a.s. kaņepju spaļu masas	Celulozes sadalīšanās pakāpe, %	a.s. CL	a.s. kaņepju spaļu masas	
<b>Izejviela</b>	-	-	<b>13,6</b>	100	-	-	42,9	<b>0</b>	-	<b>71,9</b>	-
140-7	33,60	88,2	5,1	37,7	4,9	46,4	40,9	4,7	49,9	44,0	6,6
150-7	33,90	82,5	7,6	56,0	6,3	46,7	38,5	10,2	48,6	40,1	4,6
160-7	47,30	81,3	8,5	62,1	7,0	45,4	36,9	14,0	48,5	39,4	2,9
170-7	<b>50,30</b>	<b>77,3</b>	<b>9,1</b>	<b>66,6</b>	<b>7,8</b>	<b>38,2</b>	<b>29,5</b>	<b>31,2</b>	<b>45,3</b>	<b>35,0</b>	<b>2,6</b>
180-7	<b>56,00</b>	<b>70,9</b>	<b>9,0</b>	<b>65,9</b>	<b>9,3</b>	<b>26,4</b>	<b>18,7</b>	<b>56,3</b>	<b>39,4</b>	<b>28,0</b>	<b>2,1</b>
140-5	32,60	92,4	4,2	30,7	4,5	46,8	43,2	0,0	51,8	47,9	9,1
150-5	32,60	83,7	7,0	51,5	5,8	47,1	39,4	8,1	49,9	41,8	5,6
160-5	45,50	79,5	8,0	59,0	6,2	47,4	37,7	12,2	47,5	37,7	4,5
170-5	<b>49,00</b>	<b>75,5</b>	<b>9,2</b>	<b>67,6</b>	<b>7,0</b>	<b>42,3</b>	<b>31,9</b>	<b>25,6</b>	<b>43,3</b>	<b>32,7</b>	<b>4,0</b>
180-5	<b>47,60</b>	<b>69,8</b>	<b>9,4</b>	<b>69,1</b>	<b>8,6</b>	<b>34,7</b>	<b>24,2</b>	<b>43,5</b>	<b>38,8</b>	<b>27,1</b>	<b>4,1</b>

Ir loģiski, ka, palielinoties priekšapstrādes temperatūrai, palielinās furfurola un etiķskābes daudzums kondensātā, kā rezultātā samazinās pāri palikušās lignocelulozes iznākums. Pieaugošais lignocelulozes mitrums un celulozes sadalīšanās pakāpes un holocelulozes satura samazinājums

liecina, ka, paaugstinoties priekšapstrādes temperatūrai un katalizatora daudzumam, bez hemiceluložu konversijas furfurolā notiek arī celulozes destrukcija hidrolīzes rezultātā. No furfurola iegūšanas viedokļa priekšapstrādes temperatūru jāizvēlas vismaz 170°C, jo tad furfurola iznākums pārsniedz 9,1%, rēķinot uz abs. sausu kaņepju spaļu masu, kas sastāda **66,6%** no teorētiski iespējamā furfurola daudzuma. Strādājot pie 180°C (Tab. 1, paraugs 180-5), izdevās sasniegt furfurola iznākumu 9,4%, rēķinot uz abs. sausu kaņepju spaļu masu, kas sastāda **69,1%** no teorētiski iespējamā furfurola daudzuma. Tas ir vērā ņemams rezultāts, bet furfurola iznākumam vajadzētu sasniegt vismaz 70% no teorētiski iespējamā, ko plānots paveikt turpmākajā projekta īstenošanas gaitā, eksperimentāli palielinot tvaika daudzumu vai katalizatora koncentrāciju. No bezsaistvielu plātņu presēšanas viedokļa būtu nepieciešama pēc iespējas zemāka celulozes sadalīšanās pakāpe un lielāks monosaharīdu daudzums lignocelulozē, kas darbotos kā saistviela plātņu veidošanas procesā. Salīdzinot abus katalizatora daudzumus, redzams, ka labāk ir izvēlēties  $Al_2(SO_4)_3$  daudzumu 5% no abs. sausas kaņepju spaļu masas, jo tad furfurola iznākuma vērtības pie 170°C un 180°C ir tuvas, bet celulozes sadalīšanās pakāpe ir mazāka un monosaharīdu saturs lignocelulozē ir 2 reizes augstāks.

Nosakot pelnu saturu lignocelulozē pirms un pēc skalošanas ar ūdeni, lai noteiktu kopējo monosaharīdu daudzumu, atklājās, ka līdz ar monosaharīdiem no lignocelulozes izekstraģējās daļa pelnu un priekšapstrādes laikā pievienotais katalizators (skat. 2. tabulu).

**2. tabula.** Pelnu saturs lignocelulozē pēc priekšapstrādes un monosaharīdu izekstraģēšanas atkarībā no katalizatora daudzumu un temperatūras

Priekšapstrāde		Pelnu saturs CL, %	Pelnu saturs, %, rēķinot uz a.s. kaņepju spaļu masu	Pelnu saturs CL pēc skalošanas, %	Skalotas CL iznākums, % no a.s.CL	Pelnu saturs pēc skalošanas, % rēķinot uz a.s. kaņepju spaļu masu
Parametri °C-kat.%	CL iznākums, %					
140-7	88,2	9,8	8,7	3,0	76,4	2,0
150-7	82,5	9,9	8,1	2,4	81,5	1,6
160-7	81,3	11,2	9,1	6,4	83,6	4,4
170-7	77,3	13,6	10,5	7,3	87,5	4,9
180-7	70,9	16,3	11,6	7,1	82,6	4,2
140-5	92,4	6,5	6,0	3,5	76,5	2,5
150-5	83,7	8,8	7,4	4,1	78,4	2,7
160-5	79,5	8,9	7,0	3,8	80,2	2,4
170-5	75,5	8,5	6,4	3,4	80,3	2,0
180-5	69,8	8,5	6,0	4,0	86,8	2,4

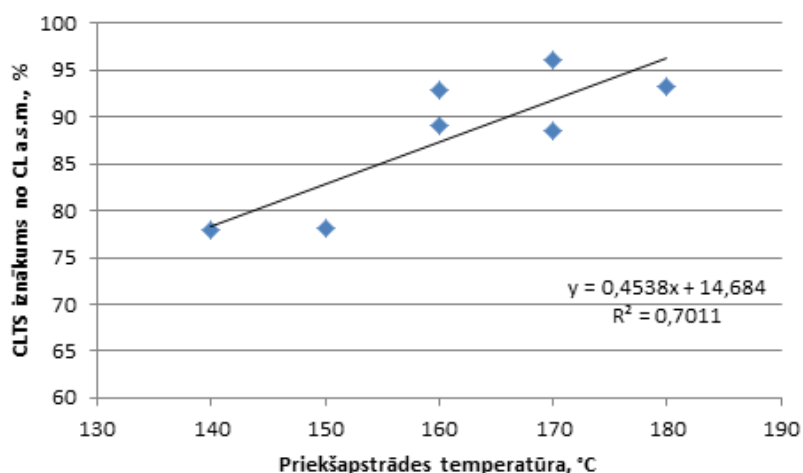
Svarīgi ir izvēlēties pēc iespējas mazāku katalizatora daudzumu, jo tas pēc priekšapstrādes saglabājas lignocelulozes neorganiskajā daļā un, strādājot ar katalizatora daudzumu 7% no a.s.m. pie temperatūras 180°C, pelnu saturs var sasniegt pat 16,3%, kas viennozīmīgi pasliktinās iegūto bezsaistvielu plātņu īpašības. Ņemot vērā to, ka kaņepju spaļu pelnu saturs bija 4,3% un pēc

monosaharīdu ekstrakcijas ar ūdeni pelnu saturs reizēm bija tikai 2%, rēķinot uz abs. sausu kaņepju spaļu masu, tad var secināt, ka  $Al_2(SO_4)_3$  un citus ūdenī šķīstošos neorganiskos sāļus ir iespējams izskalot no lignocelulozes. Jāņem vērā, ka līdz ar to izskalojās arī plātņu presēšanai tik nepieciešamie monosaharīdi, kas darbojās kā saistviela. Iespējams, projekta realizēšanas gaitā izpētīs, kā lignocelulozes skalošana ietekmēs plātņu mehāniskās un akustiskās īpašības.

Turpmākos kaņepju spaļu priekšapstrādes pētījumos furfurola iegūšanai eksperimentus paredzēts veikt ar mazāku katalizatora daudzumu – 3% no a.s.m., lai pārbaudītu, vai tas vēl vairāk nesamazinās celulozes sadalīšanās pakāpi pie 170-180°C un furfurola iznākumi būs vērā ņemami. Celulozes sadalīšanās pakāpei vajadzētu samazināties arī pie mazāka priekšapstrādes ilguma, kas arī ir nākamo atskaites periodu uzdevums. Kā arī jāveic kontroles autohidrolīze pie augstāk minētajām temperatūrām, lai atrastu, kādu efektu dod  $Al_2(SO_4)_3$  izmantošana priekšapstrādes procesa laikā.

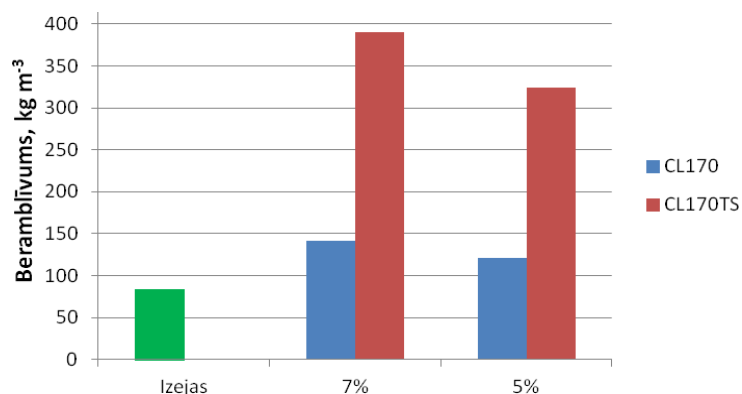
**2.2. aktivitātes „Tvaika sprādziena pētījumi atkarībā no tehnoloģiskā režīma”** ietvaros dotajā laika periodā tika veikta tvaika sprādziena (TS) apstrāde spaļu lignocelulozes (CL) materiāliem ar 5% un 7% katalizatora daudzumu. Sakarā ar to, ka spaļi tika hidrotermiski apstrādāti pie salīdzinoši bargiem apstākļiem, TS apstrāde notika pie nosacīti konstantiem apstākļiem – temperatūra 235 °C, spiediens 32 bar, apstrādes laiks 5–7 s.

Patlaban TS apstrādes iznākumi no CL absolūti sausas masas (a.s.m.) ir sagatavoti CL materiāliem pēc priekšapstrādes ar katalizatora daudzumu 5% no a.s.m. TSCL materiālu iznākums tika pētīts atkarībā no priekšapstrādes temperatūras, kopējā barguma faktora (priekšapstrādes un TS apstākļu dziļuma ietekme), TS apstrādātā CL daudzuma un CL mitruma pirms TS apstrādes. No iegūtiem rezultātiem var secināt, ka CLTS iznākums ir atkarīgs no visiem pētāmiem faktoriem. Taču, ņemot vērā, ka starp visiem šiem faktoriem pastāv kolinearitāte, t.i. visi faktori korelē savā starpā, nevar apgalvot, kāds tieši faktors ietekmē tiešo CLTS iznākumu. Pagaidām, var tikai pieņemt, ka CLTS iznākumu galvenokārt ietekmē priekšapstrādes temperatūra un, ka maksimālais iznākums ir pie 170 °C (sk. 2. att.), ar nosacījumu, ka CL mitrums pirms TS ir 16 %. Taču, nevar noliegt arī iepriekšējo pieredzi ar cita veida augu valsts materiāliem (galvenokārt lapu kokiem), kad TS materiālu iznākums ir cieši saistīts arī ar izejvielas mitrumu.



**2. att.** Lignocelulozes iznākums pēc TS atkarībā no priekšapstrādes temperatūras.

Bez CLTS materiālu iznākuma, novērots to būtisks pieaugums beramblīvumā ( $D_{ber}$ ). Piemēram, izejas spaļiem  $D_{ber}$  ir  $85 \text{ kg m}^{-3}$ . CL materiālam pēc priekšapstrādes pie  $170 \text{ °C}$  (CL170) ar 5% katalizatoru,  $D_{ber}$  ir  $121 \text{ kg m}^{-3}$ , bet pēc TS apstrādes  $D_{ber}$  paaugstinās līdz  $324 \text{ kg m}^{-3}$  (sk. 3. att.). Paraugiem ar 7% katalizatoru  $D_{ber}$  paaugstinās vēl vairāk (sk. 3. att.), kas ir saskaņā ar celulozes sadalīšanās pakāpes palielināšanos CL paraugos. Savukārt,  $D_{ber}$  paaugstināšanās CLTS paraugos nozīmē, ka materiāls tiek sagrauts vēl dziļāk ar vēl lielāku celulozes sadalīšanās pakāpes palielināšanos. Tas norāda, ka jāsamazina TS apstrādes temperatūra, kas pazeminātu kopējo spaļu apstrādes barguma faktoru.



3. att. Kaņepju spaļu beramblīvums atkarībā no apstrādes.

**2.3. aktivitātes „Plātņu izgatavošanas tehnoloģiskā procesa parametru pētījumi”** pirmajā kārtā, sagatavojot plātnes presēšanai, tika izvēlēti sekojošie mainīgie faktori: materiāla mitrums pirms presēšanas ( $W$ ), presēšanas temperatūra ( $T_{pr}$ ) un presēšanas laiks ( $t$ ) (sk. 3. Tabulu).

Papildus CL un CLTS materiāliem (ar 5% katalizatoru), plātnes presētas arī no neapstrādātas izejvielas (sk. 3. Tabulā paraugi „izejas1” un „izejas2”), lai salīdzinātu priekšapstrādes un TS apstrādes ietekmi uz iegūto plātņu īpašībām. Iegūtām plātnēm noteikts elastības modulis (MOE) un robežstiprība (MOR) statistiskajā liecē, un blīvums ( $D$ ). Ārēji plātnes novērtētas pēc plaisām – vai tās ir (+) uz virsmas un iekšā, vai nē (-). Parauga apzīmējums „CL160” nozīmē, ka kaņepju spaļi ir hidrotermiski apstrādāti pie  $160 \text{ °C}$ . Parauga apzīmējums „CL160TS” (3. Tabula) nozīmē, ka kaņepju spaļi pēc priekšapstrādes pie  $160 \text{ °C}$ , vēl papildus apstrādāti tvaika sprādzienā pie augstāk norādītiem apstākļiem.

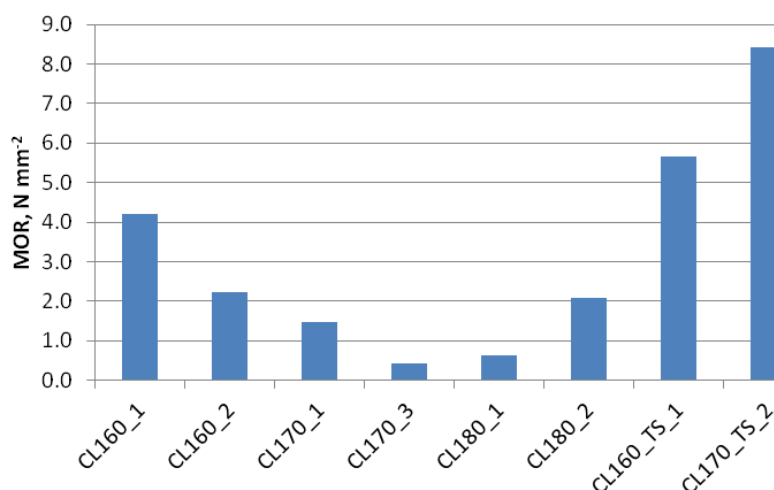
Turpinot presēšanu no CL materiāliem ar 7% katalizatoru (priekšapstrādes  $T$  160, 170 un  $180 \text{ °C}$ ), izvēlēti optimālie presēšanas režīmi no paraugiem ar 5% katalizatoru. Taču šīs sērijas visas iegūtās plātnes saturēja plaisas, galvenokārt, iekšpusē, kas lika mainīt turpmākos presēšanas režīmus. No jauna iegūtās plātnes tika nolemts papildus perforēt, urbjot tajās caurumus  $\varnothing 2 \text{ mm}$  ik pēc 15 mm, ar mērķi uzlabot skaņas absorbcijas īpašības. Sakarā ar to pazeminājās plātņu robežstiprība statistiskajā liecē. Kā redzams 4. att., iegūto plātņu MOR rādītāji mainās atkarībā no spaļu apstrādes (CL un TS) un presēšanas režīma (pēdējie cipari paraugu apzīmējumā). Zemākie MOR rādītāji ir plātnēm no CL materiāliem pēc priekšapstrādes pie  $170$  un  $180 \text{ °C}$ . Taču cerams, ka šie rādītāji paaugstināsies plaisu novēršanas gadījumā. Augstākie MOR rādītāji ir plātnēm no CLTS

materiāliem, neskatoties uz augsto barguma faktoru, kas apstiprina TS apstrādes efektivitāti pašsaistošo plātņu iegūšanā.

Plaisas vairāku paraugu virsmās un iekšienē raksturo pārāk augstus iekšējos spriegumus plātņu presēšanas un preses atvēršanas laikā. Šis efekts, iespējams, rodas pārāk augsta mitruma dēļ, tādēļ, sagatavojot plātnes nākamai presēšanas kārtai, materiālu mitrums pirms presēšanas tika samazināts līdz 2%.

**3. Tabula.** Plātņu presēšanas parametri un iegūtās īpašības.

Paraugs	W, rel.%	T <sub>pr</sub> , °C	t, min	Plaisas	MOE, N mm <sup>-2</sup>	MOR, N mm <sup>-2</sup>	D, kg m <sup>-3</sup>
izejas1	7	160	15	-	553	6	834
izejas2	7	200	15	-	1145	12	989
<b>CL160</b>	10	160	15	+	141	2	1061
<b>CL170</b>	5	160	15	-	408	3	1001
	5	170	10	-	1020	5	1131
	10	150	15	-	303	2	812
	10	160	15	-	544	4	1065
<b>CL180</b>	5	160	15	-	2970	12	1144
	5	170	10	-	2260	9	1137
	10	150	15	-	817	4	907
	10	160	15	-	1440	6	1115
<b>CL160TS</b>	4	160	15	-	2750	8	1095
	4	170	10	+	2870	8	1265
	9	150	15	-	2370	7	1069
	9	160	15	+	2570	8	1125
<b>CL170TS</b>	4	160	15	-	2560	7	1132
	4	170	10	+	3250	9	1147
	9	150	15	-	1460	4	1081
	9	160	15	-	2150	5	1146
<b>CL180TS</b>	4	160	15	+	2600	8	-
	4	170	10	-	1150	3	1214
	9	150	15	+	1340	6	1039
	9	160	15	+	-	-	1151



**4. att.** Plātņu MOR rādītāji atkarībā no apstrādes un presēšanas režīma

Presējamo CL materiālu pazemināts mitrums deva būtiskus uzlabojumus plātņu virsmām – tās vairs nesatur plaisas. Taču mitruma samazinājums plaisu novēršanas efektu nedeva plātnēm no CLTS materiāliem, sevišķi pēc hidrolīzes pie 170 un 180 °C. Šis novērojums tikai vēlreiz apstiprina, ka jāsamazina TS apstrādes temperatūra, kas būtiski ietekmē apstrādājamo materiālu iekšējo struktūru.

**2.3. aktivitātes „Plātņu izgatavošanas tehnoloģiskā procesa parametru pētījumi”** papildus izpildei piesaistīts sadarbības partneris – Latvijas Lauksaimniecības universitāte – kam ir atbilstošas iekārtas un kvalificēts personāls, lai pārbaudītu iegūto bezsaistvielu plātņu skaņas absorbcijas koeficientu ( $\alpha_w$ ).

Skaņas absorbcijas koeficienta ( $\alpha_w$ ) noteikšanai izmantoti paraugi pēc testēšanas liecē, no tiem izgatavojot mērījuma paraugus ar  $\varnothing$  40 mm. Pēc materiāla testēšanas tika iegūti rezultāti, kas norādīja, ka  $\alpha_w$  nepārsniedz 0.15 un būtībā nav klasificējams un izmantojams kā absorbcijas materiāls. Lai uzlabotu absorbcijas īpašības līdz  $\alpha_w \geq 0.2$ , tika izveidots perforējums jau esošajā paraugā, kas deva rezultātu visumā uzlabojot  $\alpha_w$  par 0.05. No vispārējās akustikas prakses un iepriekšējiem pētījumiem zināms, ka bez perforējuma absorbcijas uzlabojumu dod gaisa šķirkārta aiz testējamā parauga. Mainot gaisa šķirkārtas biezumu no 0÷250 mm, tika iegūti rezultāti, kas apstiprināja vispār zināmās skaņas absorbcijas īpašības (4. Tabulā.). Optimālais gaisa šķirkārtas biezums aiz parauga ir 200 mm pie kura tiek sasniegti maksimālie skaņas absorbcijas rādītāji.

Būtiski atzīmējams fakts, ka skaņas absorbcijas svērtā vērtība  $\alpha_w$  tiek noteikta pēc references līknes, ko nosaka standarts, veicot skaņas absorbcijas koeficienta noteikšanu oktāvās no 250 Hz līdz 4000 Hz un gaisa šķirkārta aiz parauga uzlabo skaņas absorbciju zemajā frekvenču diapazonā. Saglabājot esošo skaņas absorbciju zemajā frekvenču apgabalā un uzlabojot absorbciju augsto frekvenču apgabalā, iespējams panākt būtisku vidējā svērtā skaņas absorbcijas koeficienta vērtības celšanos.

**4. Tabula.** Perforēto paraugu skaņas absorbcijas īpašības

<i>Paraugs</i>	$\alpha_w$			
	Gaisa šķirkārtas biezums, mm			
	0	150	200	250
<b>CL170TS</b>	0,10	0,35	0,35	0,35
	0,10	0,35	0,35	0,35
	0,20	0,35	0,35	0,35
	0,10	0,30	0,30	0,30
<b>CL180</b>	0,10	0,15	0,15	0,15
	0,10	0,20	0,20	0,20
	0,15	0,20	0,25	0,25
	0,10	0,25	0,30	0,30
<b>izejas1</b>	0,15	0,35	0,35	0,40
<b>izejas2</b>	0,20	0,15	0,15	0,15
<b>CL160TS</b>	0,10	0,20	0,25	0,25
	0,10	0,20	0,25	0,25
	0,10	0,15	0,15	0,15
	0,10	0,20	0,20	0,20
<b>CL170TS</b>	0,15	0,20	0,20	0,20
	0,10	0,25	0,25	0,25
	0,15	0,20	0,20	0,20
	0,10	0,20	0,15	0,15
<b>CL180TS</b>	0,10	0,20	0,25	0,25
	0,10	0,15	0,15	0,15
	0,10	0,15	0,15	0,15
	0,20	0,15	0,20	0,20

Nākamajā projekta īstenošanas periodā ir paredzēts:

- CL materiālu TS apstrāde pie pazeminātas temperatūras;
- izejas spaļu TS apstrāde ar mērķi iegūt pašaistošās plātnes;
- turpināt CL un CLTS materiālu presēšanu ar pazeminātu mitrumu;
- noteikt un analizēt iegūto plātņu mehāniskās un akustiskās īpašības.