

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 01.03.2015. - 31.05.2015.

2.1. aktivitātes „Kaņepju spaļu priekšapstrādes pētījumi furfurola iegūšanai” ietvaros kaņepju spaļu priekšapstrādes procesa pētījumos noskaidrots, ka, palielinot katalizatora daudzumu, furfurola veidošanās maksimumi nobīdās tuvāk procesa sākumam. Mūsu atrastās priekšapstrādes procesa likumsakarības deva iespēju izmantot pilno faktoru eksperimenta plānu (PFE), lai varētu optimizēt mūsu pētāmo procesu. Tas deva iespēju iegūt precīzāku priekšstatu par hidrotermiskā procesa norisi katalizatora klātbūtnē, izvēloties sekojošus parametru nulles līmeņus un soļus, kurus mērķtiecīgi izmainījām, lai pārbaudītu iepriekš veikto eksperimentu rezultātu tendences:

- Temperatūra $X_1 = 160 \pm 20^\circ\text{C}$;
- Katalizatora daudzums $X_2 = 5 \pm 2\%$;
- Priekšapstrādes ilgums $X_3 = 60 \pm 30$ min

Secināts, ka furfurola iznākuma palielināšanai optimālus parametrus jāmeklē virs nulles līmeņa, apstiprinot, ka eksperimentāli iegūtā optimālā temperatūra 170°C ir pareiza. Tas, ka katalizatora daudzumam un priekšapstrādes ilgumam ir mazāka nozīme, no praktiskā viedokļa ir pat izdevīgi, jo tādējādi var samazināt ražošanas izdevumus. Kā arī tika secināts, ka, lai samazinātu celulozes sadalīšanās pakāpi (CSP), priekšapstrādes parametriem, it īpaši temperatūrai, jābūt pat nedaudz zem nulles līmeņa, tas ir zem 160°C , kas savukārt negatīvi iespaidotu furfurola iznākumu. Tika pierādīts arī iepriekš novērotais fenomens, ka pie katalizatora daudzuma 7% un priekšapstrādes temperatūras virs 170°C $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ paliekas vairs tik labi neekstraģējas kā pie mazāka katalizatora daudzuma (3% un 5%). Tas arī norāda uz to, ka pie augstas temperatūras un 7% katalizatora daudzuma pāri palikušā lignoceluloze degradējas līdz tādai pakāpei, ka no celulozes un lignīna sadalīšanās produktiem veidojās t.s. „pseudolignīna kušņi”, kuros ieslēdzas iekšā gan Al, gan S savienojumi. Pie 140°C iegūtajiem lignocelulozes paraugiem pelnu saturs bija zem 4,3%, tādēļ svarīgi ir izvēlēties pēc iespējas mazāku katalizatora daudzumu, jo tas pēc priekšapstrādes saglabājas lignocelulozes neorganiskajā daļā, kas viennozīmīgi pasliktinās iegūto bezsaistvielu plātņu īpašības.

Arī no CSP viedokļa 5% katalizatora daudzums uzrādīja vērā ņemamu samazinājumu, ja salīdzina to ar 6% un 7% katalizatora daudzumiem. Kiršnera celulozes un holocelulozes saturs pāri palikušajā lignocelulozē uzrādīja tuvas vērtības, attiecīgi 34,2% un 35,0%, pārrēķinot uz absolūti sausu kaņepju spaļu masu. Pie 170°C

temperatūras, kaņepju spaļus apstrādājot 90 minūtes 5% $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ klātbūtnē, lignocelulozes iznākums ir 75,5% no absolūti sausas kaņepju spaļu masas, kas būs jāņem vērā tehnoloģiskā reglamenta izstrādāšanā.

Ņemot vērā iepriekš iegūto informāciju, ka pie 180°C priekšapstrādes sākumā furfurols veidojās straujāk kā 170°C gadījumā, radās ideja, ka iespējams samazināt celulozes sadalīšanās pakāpi, samazinot procesa laiku. 1. Tabulā apkopoti rezultāti, kā mainās priekšapstrādes produktu iznākumi atkarībā no laika, ja procesa temperatūra ir 180°C.

1. tabula. Priekšapstrādes produktu iznākumi atkarībā no priekšapstrādes laika pie 180°C un tvaika daudzuma 200 ml/min

Nr.	Priekš-apstrādes ilgums, min	CL *** iznākums no a.s. spaļiem (%)	Furfurola iznākums no a.s. spaļiem (%)	Furf.** no teor. iesp. (%)	Etiķskābes iznākums no a.s. spaļiem (%)	Kiršnera celulozes iznākums no a.s. spaļiem (%)	CSP* (%)	Holo- celulozes iznākums no a.s. spaļiem (%)
17	90	69,8	9,4	71,2	8,6	26,1	44,5	29,1
64	60	71,9	8,5	64,0	8,0	25,2	46,3	26,3
66	40	74,0	8,3	63,0	7,6	28,6	39,1	28,2
68	30	77,1	7,5	56,7	6,5	33,4	29,0	32,2
70	20	79,2	6,6	50,2	6,0	35,3	25,0	34,1

* CSP – celulozes sadalīšanās pakāpe $(1 - \text{Cel}_{\text{CL}} / \text{Cel}_{\text{Izejv.}}) * 100$

** Furfurola iznākums no teorētiski iespējamā

***CL – lignoceluloze

Ir loģiski, ka, samazinoties priekšapstrādes laikam, palielinās CL iznākums un samazinās furfurola iznākums. Savukārt Kiršnera celulozes un holocelulozes iznākumi palielinās līdz ar priekšapstrādes laika samazināšanos, kas izskaidrojams ar zemāku celulozes destrukciju, kas atkarīga no laika un temperatūras. Redzams, ka, neskatoties uz zemākiem priekšapstrādes procesa ilgumiem, vienalga CSP ir salīdzinoši augsta – pat pēc 20 min apstrādes tā ir 25%, bet furfurola iznākums samazinās līdz 6,0%, kas nozīmē, ka priekšapstrādes temperatūra 180°C ir pārāk augsta, lai pēc tam pāri palikušo CL tālāk izmantotu plākšņu presēšanai. Kiršnera celulozes satura paaugstināšanās pēc 90 min apstrādes varētu būt izskaidrojama ar pseidolignīna veidošanos, kas novērota jau iepriekš iegūtajos rezultātos. 2. Tabulā apkopoti rezultāti, kā mainās priekšapstrādes produktu iznākumi atkarībā no laika, ja procesa temperatūra ir 170°C.

2. tabula. Priekšapstrādes produktu iznākumi atkarībā no priekšapstrādes laika pie 170°C un tvaika daudzuma 200 ml/min

Nr.	Priekš-apstrādes ilgums, min	CL iznākums no a.s. spaļiem (%)	Furfurola iznākums no a.s. spaļiem (%)	Furf.** no teor. iesp. (%)	Etiķskābes iznākums no a.s. spaļiem (%)	Kiršnera celulozes iznākums no a.s. spaļiem (%)	CSP* (%)	Holo- celulozes iznākums no a.s. spaļiem (%)
-----	------------------------------	---	--	--	---	--	-------------	---

15	90	75,5	9,2	69,6	7,0	34,2	27,3	35,0
82	70	77,7	8,7	65,8	6,8	31,5	33,1	32,7
72	60	77,2	7,7	58,0	7,0	34,8	26,0	34,9
80	50	79,1	7,9	59,5	6,4	32,5	30,8	34,4
74	40	79,8	7,0	53,0	6,6	37,7	19,7	36,4
76	30	81,5	6,4	48,6	6,0	39,1	16,8	38,2
78	20	84,2	5,3	39,9	5,0	41,0	12,8	39,8

* CSP – celulozes sadalīšanās pakāpe ($1 - \text{Cel}_{\text{CL}} / \text{Cel}_{\text{Izejv.}}$)*100

** Furfurola iznākums no teorētiski iespējamā

Tendences ir līdzīgas kā 180°C gadījumā, tikai CSP ir zemāka pie salīdzinoši augstāka furfurola satura. CSP kas pat pie 90 min ir tikai 27,3%, tajā pašā laikā sasniedzot furfurola iznākumu 9,2% (69,6% no t.i.). Etiķskābe veidojas mazāk kā 180°C gadījumā, kas arī izskaidrojams ar to, ka priekšapstrāde bijusi saudzīgāka attiecībā pret celulozi.

α -, β -, γ -celulozes noteikšana izejvielā un apstrādātajos LC paraugos

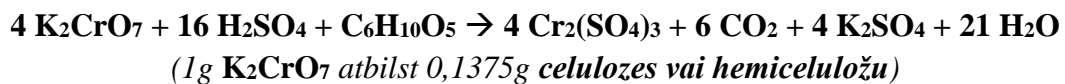
Lai noteiktu, kāda ietekme ir priekšapstrādes parametriem uz celulozes sadalīšanos pa frakcijām, veica α -, β -, γ -celulozes noteikšanu izdalītajai holocelulozei gan no izejvielas, gan no iegūtajiem CL paraugiem. Tādu metodi, kurā pārbaudīja celulozes izturību pret sārma, ieviesa Kross un Bīvens aizpagājušā gadsimta beigās, kad sāka attīstīties viskozes šķiedras ražošana. Viņi arī ieviesa tādus terminus kā „ α -, β -, γ -celuloze”. Tobrīd Kross un Bīvens par α -celulozi uzskatīja pret sārma iedarbību noturīgu celulozi, kura nešķīda 17,5% sārma ūdens šķīdumā pie 20°C. Par β -celulozi frakciju, kas šķīda 17,5% sārma, bet izgulsnējās no šķīduma, ja to neitralizēja ar skābi un pārējo šķīdumā atlikušo frakciju uzskatīja par γ -celulozi. Tālāk šī metode laika gaitā piedzīvoja daudzas modifikācijas līdz nonāca pie „Klauditsa” metodes, kurā no izejvielas kopējā daudzuma – 100% tiek atņemta sārma šķīstošā daļa, kuru nosaka pēc hidrolizēto cukuru oksidēšanai nepieciešamā kālija dihromāta patēriņa. Ņemot vērā šo zinātnieku pētījumus un pielietojot citas modifikācijas, ir izveidota standartizēta metode (Alpha-, beta- and gamma-cellulose in pulp, TAPPI T 203 cm-99 (2009)) α -, β -, γ -celulozes procentuālā satura noteikšanai holocelulozē, kura bija izmantota turpmākajos pētījumos.

Parauga celulozes vidējā polimerizācijas pakāpe, kā arī tās sastāvā ietilpstošā α -, β -, γ -celulozes saturu attiecība atstāj ievērojamu iespaidu uz celulozes šķīdību sārma. α -celuloze ir augstmolekulāra jeb kristāliskā celuloze. Pēc vairākiem pētījumiem ir pierādīts, ka tā satur arī citu polisaharīdu piejaukumu, kuri strukturāli ir orientēti kopā ar α -celulozi un tādēļ neatdalās sārma ietekmē. Faktiskais kristāliskās celulozes saturs ir savādāks nekā to rāda α -celulozes noteikšanas metodes un ir atkarīgs no izejvielas, tās iegūšanas veida, balināšanas un citiem faktoriem (mūsu gadījumā tie ir dažādi priekšapstrādes parametri).

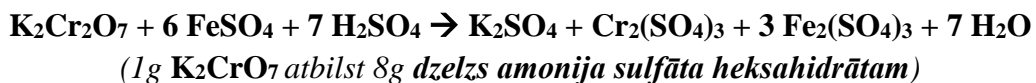
β -celuloze ir hidrolītisku un oksidējošu procesu ietekmē degradēta celuloze ar citu polisaharīdu piejaukumu, kam ir zema polimerizācijas pakāpe. Neapstrādāta biomasa β -celulozi nesatur. Savukārt γ -celuloze ir amorfa zemmolekulāra hemiceluložu frakcija ar iespējamu nelielu celulozes sadalīšanās produktu piejaukumu.

α -, β -, γ -celuložu frakciju ķīmiskais sastāvs ir atkarīgs no izejvielas, hemiceluložu novietojuma šūnu sienīņās un celulozes iegūšanas veida. Piemēram, celulozē, kas iegūta pēc sulfīta metodes, hemicelulozes ir izvietotas šķiedru ārējos šūnu slāņos, bet pēc sulfāta metodes iegūtajā celulozē tās ir izvietotas pa visu šūnu sienīņu. Ar vairākām metodēm ir pierādīts, ka α -celulozes hidrolizāta lielāko daļu satur D-glikoze. Nelielos daudzumos bija atrastas D-ksiloze un D-mannoze. β -celuloze no α -celulozes atšķiras ar nedaudz lielāku neglikozes rakstura polisaharīdu saturu. γ -celulozes hidrolizātos pamatā bija atrastas D-ksiloze un D-mannoze.

TAPPI T 203 cm-99 (2009) metodes pamatā ir holocelulozes parauga apstrāde ar 17.5% NaOH ūdens šķīdumu un izšķīdušo celulozes frakciju (β - un γ -celuloze) tālāka oksidēšana ar kālija bihromātu skābā vidē. Celulozes šķīšana nātrija hidroksīdā sākas ar hidratētu nātrija jonu un hidroksiljonu iekļūšanu celulozes amorfajos apgabalos un sekojošu celulozes makromolekulas šķīdināšanu. Tālāk šķīstot notiek iekšmolekulāru un starpmolekulāru ūdeņraža saišu saraušana blakus esošos kristāliskajos celulozes apgabalos un jaunu amorfu apgabalu veidošanās. Nosakot α -celulozi, sākumā oksidē β - un γ -celulozes maisījumu, savukārt, nosakot γ -celulozi, no maisījuma atdala β -celulozi, šķīdumu paskābinot, un oksidē tālāk γ -celulozi. Oksidēšanas reakciju var aprakstīt ar sekojošu reakcijas vienādojumu:



Lai noteiktu attiecīgās celulozes saturu, neizreāģējušo kālija dihromātu attitrē ar dzelzs amonija sulfāta heksahidrātu (Mora sāli) ferroīna indikatora klātbūtnē, ko var aprakstīt ar šādu reakcijas vienādojumu:

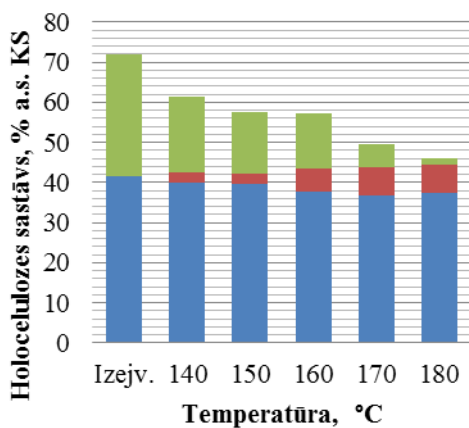


Uz α -, β -, γ -celulozes noteikšanas rezultātiem lielu iespaidu atstāj ne tikai sārma koncentrācija, bet arī tā daudzums, apstrādes laiks, temperatūra, sasmalcināšanas pakāpe, parauga šķīduma maisīšanas ātrums un citi faktori. Izvērtējot neatkarīgu laboratoriju metodes testēšanas apkopojumu, kurās rezultātu atkārtojamība β - un γ -celulozei ir attiecīgi 9% un 8,5% kļūdas robežās, var secināt, ka iegūtie rezultāti nebūtu viennozīmīgi, bet vairāk kā salīdzināmi.

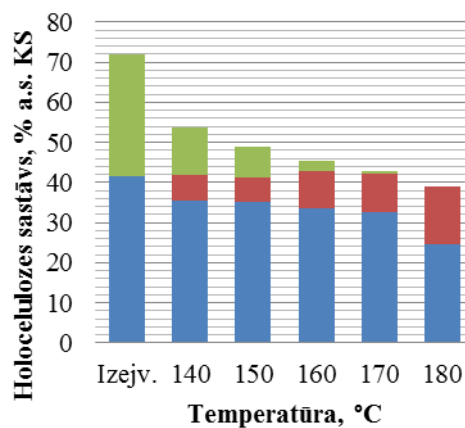
Izvērtējot izdalītās Kiršnera celulozes iznākumu neapstrādātiem kaņepju spaļiem, kas ir **47,0%**, var secināt, ka **α -celulozes iznākums 41,7%** neatbilst noteiktajam Kiršnera

celulozes saturam (**1. att.**). Tā kā α -celulozes iznākums ir samazināts un γ -celulozei (**30,2%**) palielināts, ja salīdzina ar lielumu, kas iegūts holocelulozes saturam atņemto Kiršnera celulozes saturu ($71,9 - 47,0 = 24,9\%$), tad var secināt, ka: 1) vai nu daļa α -celulozes pēc apstrādes ar sārmi ir pārgājusi γ -celulozes frakcijā; 2) vai arī izdalītajā Kiršnera celulozē ir arī noturīgāko pentozānu frakcija, par ko minējis arī Ģ.Zaķis grāmatā „Koksnes ķīmijas pamati”, tādēļ pēdējais ir ticamāks variants.

Šie paši apsvērumi ir arī aktuāli, skatoties 1.attēlu, kas attaino celulozes izmaiņas autohidrolīzes gadījumā, kur parādās šis pats fenomens, kad, palielinoties temperatūrai, summārais α - un β -celulozes saturs pie 180°C sasniedz $44,5\%$, kas ir vairāk kā sākumā noteiktais α -celulozes saturs izejvielā. Arī šajā gadījumā ir divi varianti: 1) vai nu β -celuloze autohidrolīzes laikā veidojās no sadalītiem γ -celulozes posmiem, tiem temperatūras ietekmē sapolimerizējoties; 2) vai arī sākotnēji noteiktais α -celulozes saturs izejvielā ir mazāks nekā patiesībā. Izvērtējot iegūtos rezultātus, varētu secināt, ka β -celulozes frakcija var veidoties gan no α -celulozes, tai sadaloties, gan no γ -celulozes, sapolimerizējoties tās sadalīšanās produktiem.



1. att. Holocelulozes saturs atkarībā no priekšapstrādes procesa temperatūras (ilgums 90 min), neizmantojot $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ (autohidrolīze)

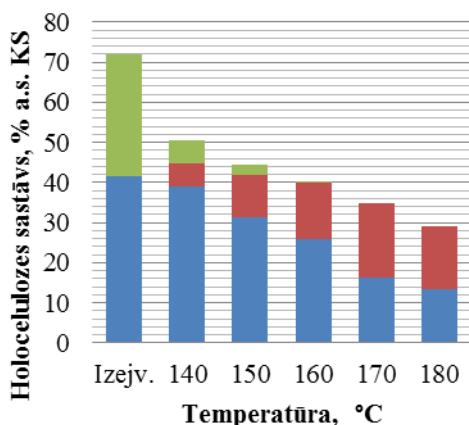


2. att. Holocelulozes saturs atkarībā no priekšapstrādes procesa temperatūras (ilgums 90 min), pie $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ daudzuma 3% no a.s. kaņepju spaļu masas.

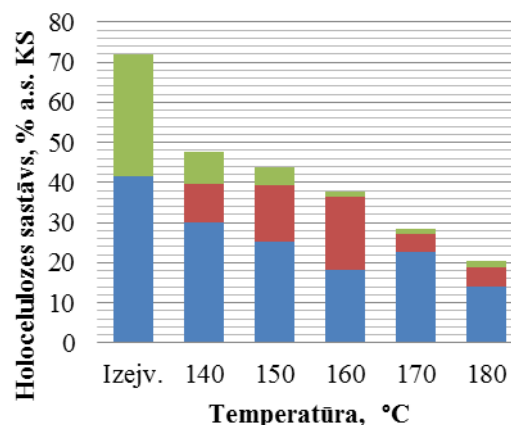
Pateicoties kristāliskumam, lineārai struktūrai un augstākai polimerizācijas pakāpei, α -celulozei piemīt augstāka termiskā satbilitāte kā γ -celulozes frakcijai. To var lieliski novērot autohidrolīzes gadījumā, kad, palielinoties temperatūrai, γ -celulozes saturs samazinās no $19,0$ līdz $1,4\%$. Lai gan arī α -celuloze sāk sadalīties nedaudz jau pie 140°C , kā rezultātā novērojama β -celulozes veidošanās nelielos apmēros. Tas varētu būt izskaidrojams ar to, ka priekšapstrādes laikā, paaugstinoties temperatūrai, kaņepju spaļos notiek izteiktas strukturālās izmaiņas α -celulozes frakcijā – kristāliskās celulozes šķiedras kūlīši sadalās un garās celulozes makromolekulas ķēdes depolimerizējās īsākos fragmentos, kas kļūst par daļu no amorfās jeb β -celulozes frakcijas.

Savukārt, ja priekšapstrādes procesā izmanto kā katalizatoru $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$, kura daudzums ir 3% no a.s. kaņepju spaļu masas (2.attēls), līdz ar temperatūras

paaugstināšanos γ -celulozes sadalīšanās notiek daudz straujāk, kā rezultātā šī frakcija praktiski vairs nav palikusi paraugos, kas iegūti pie 170°C. Arī α -celulozes depolimerizācija notiek daudz izteiktāk, līdz ar to arī β -celulozes frakcijas daudzums palielinās no 6,3% pie 140°C līdz 14,4% pie 180°C. Tika novērots arī tas, ka pie 180°C β -celulozes frakcija samazinās destruktijas iespaidā, kā rezultātā summārais α - un β -celulozes saturs samazinās no 42,7% līdz 39,7% (sadalījušies 7%). Tas izskaidrojams ar amorfo β -celulozes fragmentu destruktiju, kuru produkti rodas priekšapstrādes procesa laikā. Šie rezultāti apstiprina, ka $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ katalizē ne tikai furfurola rašanos un γ -celulozes sadalīšanos, bet arī α -celulozes depolimerizāciju, kas samazina pāri palikušā CL praktisko vērtību, jo tālāk iegūtās akustiskās plātnes ir ar zemākām mehāniskām īpašībām.



3. att. Holocelulozes saturs atkarībā no priekšapstrādes procesa temperatūras (ilgums 90 min), pie $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ daudzuma 5% no a.s. kaņepju spaļu masas.



4. att. Holocelulozes saturs atkarībā no priekšapstrādes procesa temperatūras (ilgums 90 min), pie $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ daudzuma 7% no a.s. kaņepju spaļu masas.

Līdzīgas tendences novērojamas, ja priekšapstrādē izmantots $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ daudzums 5% no a.s. kaņepju spaļu masas (3.attēls). Šajā gadījumā γ -celuloze pilnībā sadalās jau pie 160°C, kā arī α -celulozes depolimerizācija un β -celulozes destruktija notiek pie zemākām temperatūrām. Summārais abu celuložu saturs samazinās līdz 29,0%, rēķinot no a.s. kaņepju spaļu masas pie 180°C. Augstākais β -celulozes saturs sasniegts pie 170°C, kas norāda uz to, ka kaņepju spaļu celulozes matrica ir efektīvi depolimerizēta jeb uzirdināta, kā rezultātā tā ir pieejamāka tālākai pārstrādei, piemēram, izmantojot enzematisko hidrolīzi. Pozitīvākais ir tas, ka šie apstākļi ir optimālie furfurola iegūšanai, jo uzrāda augstākos iznākumus. Šie rezultāti parāda lieliskās pārstrādes iespējas, ko sniedz pāri palikušais CL atlikums, lai iegūtu produktus ar augstu pievienoto vērtību arī pēc tam, kad hemicelulozes ir pārstrādātas, iegūstot furfurolu.

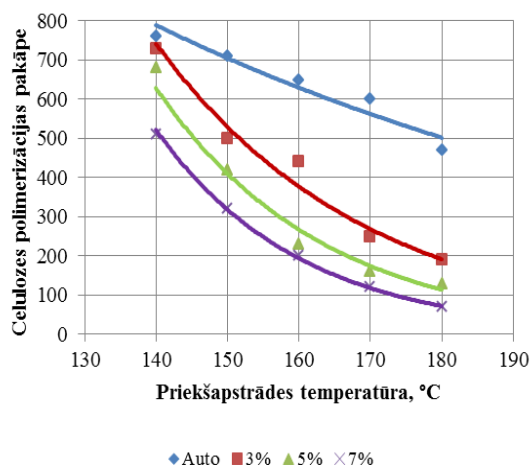
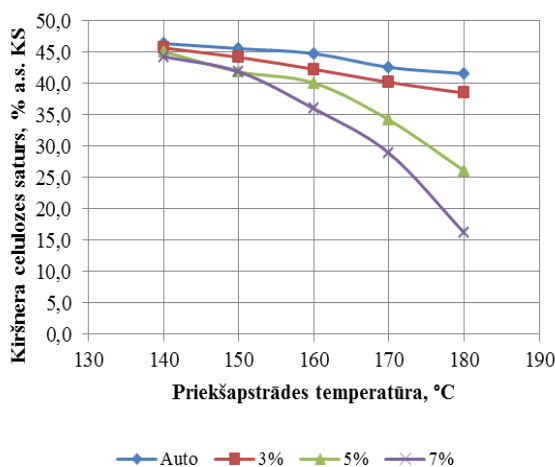
Situācija bija savādāka, ja katalizatora daudzums priekšapstrādes procesā sasniedza 7% no a.s. kaņepju spaļu masas (4.attēls). Analizējot rezultātus, tika novērotas vairākas procesa īpatnības. Pirmkārt, paraugos, kas iegūti pie augstām temperatūrām, novēroja γ -celulozes paliekas, kad teorētiski visām hemicelulozēm jau vajadzēja būt pārveidotām par furfurolu un izvadītām no reakcijas zonas. Otrkārt, temperatūras

intervālā 140-160°C, α -celulozes saturs samazinājās no 30,1% līdz 18,1%, taču pie 170°C, tas atkal palielinājās līdz 22,8%. Kā trešā anomālija ir β -celulozes izmaiņas temperatūras ietekmē. Piemēram, pie 160°C β -celulozes daudzums palielinājās līdz 18,2%, bet pie 170°C samazinājās līdz 4,3%.

α -celulozes satura samazinājums CL pie katalizatora daudzuma 7% no a.s. kaņepju spaļu masas varētu būt izskaidrojams ar to, ka priekšapstrādes procesa laikā temperatūrās virs 170°C celulozes un lignīna sadalīšanās produktu savstarpējo reakcija rezultātā veidojas tā saucamais „pseudolignīns”, par ko minēts jau iepriekš. Tas varētu būt saistīts ar šī „pseudolignīna” dabu, jo tas kļūst noturīgs pret oksidēšanos un, nosakot α -celulozi, kļūst nešķīstošs un summējās klāt kristāliskajai daļai. Šādu fenomenu ir atklājuši arī citi zinātnieki pasaulē, strādājot ar priekšapstrādes procesiem un analizējot pāri palikušo CL.

Pēc α -, β - un γ -celulozes noteikšanas un rezultātu izvērtēšanas var secināt, ka optimālie katalītiskās priekšapstrādes procesa parametri, kad celuloze ir viegli depolimerizēta (uzirdināta) un kļūst vieglāk pieejama tālākai pārstrādei, ir temperatūra 160-170°C un $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ daudzums 5% no a.s. kaņepju spaļu masas. Lignocelulozē, kas iegūta pie 160°C α - un β - celulozes saturs ir 40,0%, un tas ir tuvs izejvielas α -celulozes saturam - 41,7%, kā arī „pseudolignīna” veidošanās netika novērota. Taču, ja mērķis ir iegūt pēc iespējas vairāk produktus ar augstu pievienoto vērtību, kur tieši β -celulozes saturs ir svarīgs, tad der lignoceluloze, kas iegūta pie 170°C, kas arī ir optimālā temperatūra furfurola iegūšanai.

Kiršnera celulozes satura rezultāti apkopoti 5.attēlā. Kā jau iepriekš secināts, tad celulozes saturs (47,5%) kaņepju spaļos, kas iegūta pēc Kiršnera metodes, satur zināmu daudzumu pentozānu (5,8%), ja salīdzina ar α -celulozes saturu (41,7%) izejvielā. Tādēļ var secināt, ka autohidrolīzes laikā temperatūras intervālā 140-180°C, vienīgais celulozes samazināšanās iemesls ir stipri piesaistījušos pentozānu atbrīvošanās no celulozes matricas. Tikai tālāka Kiršnera celulozes satura samazināšanās ir saistīta ar kristāliskās daļas jeb α -celulozes fragmentu depolimerizāciju. Šāda tendence novērojama tikai ar katalizatora daudzuma palielināšanos pie augstākām temperatūrām.



5.att. Kiršnera celulozes saturs lignocelulozē pēc 90 min apstrādes atkarībā no temperatūras un katalizatora daudzuma

6.att. Kiršnera celulozes polimerizācijas pakāpe lignocelulozē pēc 90 min apstrādes atkarībā no temperatūras un katalizatora daudzuma.

Pie temperatūras 180°C un katalizatora daudzuma 7% no a.s. kaņepju spaļu masas. Kiršnera celulozes iznākums (20,7%) bija krietni zemāks kā holocelulozes iznākums (30,9%), kaut arī šiem rādītājiem jābūt līdzīgiem, jo šādos apstākļos pentozāniem vajadzētu būt parveidotiem furfurolā. Arī tas pierāda “pseudolignīna” veidošanos, kā arī to, ka slāpekļskābes un etanola maisījums, ko izmanto celulozes izdalīšanai pēc Kiršnera metodes, ir labāks “pseudolignīna” oksidētājs kā nātrija hlorīts un etiķskābes maisījums, ko izmanto holocelulozes noteikšanai.

Polimerizācijas pakāpi (PP) nosaka Kiršnera celulozei un rezultāti ir apkopoti 6.attēlā, kur redzams, ka izejvielas KS celulozei PP ir 800, bet ja ņem vērā, ka šī celuloze var saturēt γ -celulozes fragmentus, tad iespējams, ka reālā PP šai celulozei būtu augstāka. Paraugiem, kuriem veikta priekšapstrāde mainot temperatūru un katalizatora daudzumu, PP vērtība ir atkarīga no α - un β -celulozes satura, kā arī no γ -celulozes piemaisījumiem, ja tādi ir. Piemēram, autidrolīzes procesa laikā temperatūras ietrvālā 140-180°C, PP samazinājums ir pakāpenisks, ja salīdzina ar paraugiem, kas iegūti, izmantojot katalizatoru. Jo vairāk katalizatora izmantots, jo lielāks PP samazinājums. Pie 180°C un katalizatora daudzuma 7% no a.s. kaņepju spaļu masas iegūtai celulozei PP ir tikai 70, kas nozīmē, ka gandrīz visa α -celuloze ir sadalījusies, kas arī apstiprina, ka nav iespējama kristāliskās celulozes daudzuma palielināšanās pie augstākām temperatūrām, kas ir redzama 4.attēlā un tas vēlreiz apstiprina “pseudolignīna” klātbūtni. Vizuāli novērtējot iegūtās Kiršnera celulozes krāsu, var redzēt, ka brūnās krāsas klātbūtne liecina par “pseudolignīna” veidošanos. Tas tika novērots paraugiem, kuriem PP bija zem 200.

PP samazināšanās rezultāti apstiprina, ka celulozes ķēdes glikozīdsaišu šķelšanos katalizē $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$, palielinoties priekšapstrādes temperatūrai, kas izskaidro β - celulozes satura palielināšanos apstrādātajā lignocelulozē.

Apkopojot šajā atskaites periodā iegūtos rezultātus, var secināt, ka kaņepju spaļi ir potenciāli nozīmīga izejviela ne tikai furfurola iegūšanai, bet arī pāri palikusī lignoceluloze var tikt izmantota ne tikai plātņu iegūšanai, bet arī citu produktu ar augstu pievienoto vērtību iegūšanai, kā piemēram, bioetanola, levulīnskābes, levoglikozāna u.c., kur svarīga ir uzirdināta celulozes struktūra.

Lignocelulozes iznākums samazinās ne tikai tādēļ, ka priekšapstrādes laikā pentozāni ir pārvērsti par furfurolu, bet arī tādēļ, ka sadalās lignīna un celulozes frakcijas, it īpaši pie augstākām temperatūrām un katalizatora lielākiem daudzumiem.

Apkopojot α -, β - un γ -celulozes analīžu rezultātus, var secināt, ka:

- 1) β -celulozes frakcija veidojās arī no γ -celulozes sadalīšanās produktiem, palielinoties priekšapstrādes temperatūrai;
- 2) $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ katalizē ne tikai γ -celulozes sadalīšanos, bet arī depolimerizē α - un β -celulozi.

2.2. aktivitātes „Tvaika sprādziena pētījumi atkarībā no tehnoloģiskā režīma” ietvaros dotajā laika periodā veikta tvaika sprādziena (TS) apstrāde lignoceluložu (CL) paraugiem pēc priekšapstrādes pie T 170°C (CL170), ar katalizatora daudzumu 5% (K5) un procesa ilgumu 60, 40, 30 un 20 min. Visi CL paraugi TS apstrādāti pie vienādiem apstākļiem: T 235°C, t 1 s. CL paraugi pēc priekšapstrādes pie T 180°C TS netika apstrādāti, jo iepriekšējos projekta īstenošanas periodos tika secināts, ka pie šī režīma kaņepju spaļu CL materiālam ir augsta CSP, kas pēc TS apstrādes vēl paaugstinās un tādējādi noved pie iegūto plātņu brāķa. CLTS paraugu raksturojums un iznākumi parādīti 3. tabulā, kurā var redzēt, ka tie variē neatkarīgi no priekšapstrādes parametriem. Plātņu veidošanai piemērots šķiedrains CLTS materiāls iegūts pēc 30 min priekšapstrādes, kas norāda uz labvēlīgo priekšapstrādes režīmu. Šim paraugam TS iznākums arī ir visaugstākais, kas vēlreiz apstiprina to piemērotību TS apstrādei. Taču pārējo paraugu rezultāti norāda uz izejmateriāla strukturālo nevienādīgumu. No citas puses, ņemot vērā TS iekārtas ierobežojumus (reaktora tilpums 0,5 l), apskatāmo paraugu TS iznākumi varētu būt pieļaujamo kļūdu robežās $90 \pm 5\%$.

3. tabula. CL paraugu TS apstrādes parametri un iznākumi no a.s. CL masas

CL paraugs	TS parametri			CLTS	
	T, °C	Laiks, s	W, %	Raksturojums	Iznākums, %
CL5_170_5_90	235±3	5±1	10±2	Smalks viendabīgs	96,0
CL72_170_5_60	235±3	1±1	12±2	Smalks viendabīgs	86,6
CL74_170_5_40	235±3	1±1	12±2	Smalks nevienādīgs	91,5
CL76_170_5_30	235±3	1±1	12±2	Šķiedrains nevienādīgs	97,8
CL78_170_5_20	235±3	1±1	12±2	Smalks nevienādīgs	89,3

2.3. aktivitātes „Plātņu izgatavošanas tehnoloģiskā procesa parametru pētījumi” ietvaros presētas plātnes no dažādiem CL un CLTS materiāliem. Iegūto plātņu variējošie parametri (presēšanas mitrums W , temperatūra T_{pr} un laiks t) un īpašības (blīvums D , elastības modulis MOE un sagrāves modulis liecē MOR) ir uzrādīti 4. – 6. tabulās.

Daži plātņu paraugi tika uztaisīti atkārtoti, jo, izgatavojot tos pirmoreiz, tie sabruka nepareizu izvēlēto parametru dēļ. Tā, piemēram, tika iegūti plātņu paraugi no CL materiāliem pēc 90 min priekšapstrādes pie T 160, 170 un 180°C (CL160, 170, 180) ar katalizatora daudzumu 7% (K7). Paraugs CL160_7_90 tika apstrādāts arī TS (T 210°C, t 7 s) un no tā cieta atlikuma presēts plātņu paraugs, kura mehāniskās īpašības tikai pazeminājās, salīdzinot ar CL materiālu (sk. 4.tabulā). Pieaugošā priekšapstrādes temperatūra no T 160 līdz 180°C rezultē mehānisko īpašību samazināšanos. No šiem atkārtotiem plātņu paraugiem var secināt, ka CL mitruma samazināšana līdz 2% veicina sekmīgo plātņu iegūšanu ar maksimālo vidējo MOR rādītāju $5,9 \text{ N mm}^{-2}$, paraugu presējot pie T 160°C 15 min. Kā arī apstiprinājās hipotēze, ka TS process būtiski neuzlabo plātņu mehāniskās īpašības. Faktiski šajā gadījumā (materiālam CL160_7_90) TS plātņu mehāniskās īpašības tikai pasliktina, kam par iemeslu varētu būt pārāk augsts katalizatora daudzums.

Katalizatora daudzuma samazināšana līdz 4% rezultēja mehānisko īpašību pasliktināšanos plātnēs no CL materiāla (sk. 4.tabulā CL170) un uzlabošanas no CLTS materiāla, sasniedzot maksimālo vidējo MOR vērtību 6,4 N mm⁻². Taču, neskatoties uz augstāku MOR vērtību no CL170_4_TS materiāla, šis plātņu paraugs saturēja plaisas, kas norāda uz materiāla nepiemērotību plātņu presēšanai (sk. 4.tabulā).

4. tabula. Plātņu no kaņepju spaļiem pēc priekšapstrādes pie dažādiem apstākļiem (t 90 min) iegūšanas parametri un īpašības

Paraugs	W, %	T _{pr} , °C	t, min	Plaisas	D, kg/m ³	MOE, N/mm ²	MOR, N/mm ²
CL160_7	2	160	15	-	1039	2013	5,9
	2	180	10	-	1027	1897	5,5
CL160_7_TS	2	160	15	+	1114	831	2,8
CL170_7	2	160	15	-	1058	1720	5,4
	2	180	10	-	1044	1877	5,6
	2	180	15	-	1023	1490	4,2
CL180_7	2	160	15	-	1017	915	3,8
	2	180	10	-	1003	1089	4,4
	2	180	15	-	1026	1055	4,2
CL170_4	2	160	15	-	950	1392	4,4
CL170_4_TS	2	160	15	+	1022	2447	6,4
CL170_6	2	160	15	-	997	1727	4,7
CL170_6_TS	2	160	15	-	1054	1363	3,8

5. tabula. Plātņu, kas iegūtas no kaņepju spaļiem pēc to priekšapstrādes pie T=170°C ar K5 un pie dažāda ilguma (t_{priekšapstr.}), iegūšanas parametri un īpašības

t _{priekšapstr.} , min	W, %	T _{pr} , °C	t, min	Plaisas	MOE, N/mm ²	MOR, N/mm ²
90	6	160	210	-	327	2,2
	1	150	15	-	380	3,4
60	2±1	180±3	10	+	1552±387	4,9±1,3
	2±1	180±3	15	-	2043±347	6,2±1,0
60+TS	2±1	160±3	15	+	Netestēts	
40	2±1	180±3	10	-	1421±380	4,5±1,1
	2±1	180±3	15	-	2377±77	6,0±0,8
40+TS	2±1	160±3	15	+	Netestēts	
30	2±1	180±3	10	-	1718±108	5,7±0,9
	2±1	180±3	15	-	2218±187	6,0±1,1
30+TS	2±1	160±3	15	+	Netestēts	
20	2±1	180±3	10	-	1822±170	5,2±0,1
	2±1	180±3	15	-	1812±215	5,9±0,3
20+TS	2±1	160±3	15	+	Netestēts	

Plātnes, kas iegūtas no CL170 un CL180 ar K5 materiāliem ar samazinātu priekšapstrādes laiku, uzrāda paaugstinātus MOE un MOR rādītājus, salīdzinot ar CL materiāliem, kas iegūti pie t 90 min (sk. 5.-6. tabulas). Tas saskan ar iepriekšējā periodā iegūto pilna faktora eksperimenta (12). un (13). vienādojumiem: lai būtu plātņu augstākas mehāniskās īpašības, nav nepieciešams kaņepju spaļus priekšapstrādēt 90 min.

Paaugstinot presēšanas laiku no 10 līdz 15 min, plātņu MOR paaugstinās, bet starpība nav būtiska; taču MOE paaugstinās būtiski. Salīdzinot plātnes no CL170 un CL180, pirmajām MOE un MOR rādītāji ir nedaudz augstāki, taču starpība nav būtiska. Runājot par šo plātņu kvalitāti, vairākums ir bez plaisām, bet plaisu saturošas plātnes, galvenokārt, presētas 10 min, kas norāda uz pārāk īsu izturēšanas laiku, presējot šāda veida CL materiālus (sk. 5.-6. tabulas). Jāatzīmē, ka plātnes, kas iegūtas no CL170 ar samazinātu priekšapstrādes laiku ar sekojošu TS apstrādi, pēc presēšanas saplaisāja. Tas kārtējo reizi pierāda, ka CL pēc TS apstrādes nav piemērots presēšanai neatkarīgi no plātņu iegūšanas parametriem.

6. tabula. Plātņu, kas iegūtas no kaņepju spaļiem pēc to priekšapstrādes pie $T=180^{\circ}\text{C}$ ar **K5** un pie dažāda ilguma ($t_{\text{priekšapstr.}}$), iegūšanas parametri un īpašības

$t_{\text{priekšapstr.}}$, min	W, %	T_{pr} , °C	t, min	Plaisas	MOE, N/mm ²	MOR, N/mm ²
90	6±1	160±3	15		149	0,6
60	2±1	180±3	10	+	1351±292	3,9±0,3
	2±1	180±3	15	+	2070±168	6,3±1,4
40	2±1	180±3	10	+	1660±203	5,3±0,4
	2±1	180±3	15	-	1810±384	6,0±0,4
30	2±1	180±3	10	-	1590±414	4,7±1,3
	2±1	180±3	15	-	2255±576	6,0±1,1
20	2±1	180±3	10	-	1691±218	5,3±1,0
	2±1	180±3	15	-	1999±294	5,5±0,7

Līdz ar šo periodu noslēdzās visi paredzētie plātņu pētījumi atkarībā no tehnoloģiskā režīma. Rezumējot jāatzīst, ka plātņu MOR un MOE augstāki rādītāji tiek sasniegti no CLTS materiāliem, taču starpība ar CL materiāliem nav būtiska, kas turpmāk izslēdz nepieciešamību izmantot TS procesu plātņu iegūšanā no kaņepju spaļu CL materiāliem. Kā jau iepriekšējā periodā tika konstatēts, augstākus MOR rādītājus (8,6 N mm⁻²) sasniedza plātņu paraugs no CL materiāla pēc autohidrolīzes pie 180°C. MOE augstākais rādītājs (2013 N mm⁻²) tika sasniegts no CL160_7_90 materiāla un šajā periodā nedaudz uzlabots (2377 N mm⁻²) ar plātņi no CL170_5_40 materiāla, proti, samazinot priekšapstrādes laiku no 90 min uz 40 min. Taču ņemot vērā, ka šī projekta galvenais produkts ir furfurols un tā maksimālais iznākums, turpmāko plātņu presēšanai, lai noteiktu akustiskās īpašības 6 m² laukumā, tiks izmantots CL170_5_90 materiāls.

Šim nolūkam tika presētas eksperimentālās plātnes 450x450 mm platībā gan no izejas spaļiem, gan no CL170_5_90 materiāla, izmantojot projekta ietvaros iegādāto veidni ar metāla stienīšiem (sk. 7. att. a), kas presēšanas laikā izveido caurumus, lai uzlabotu plātnes akustiskās īpašības. Jāatzīst, ka eksperimentālās plātnes izdevās pietiekami kvalitatīvas (sk. 7. att. b), taču, plātņu veidņa uzbūves dēļ, nav racionāli turpināt presēšanu šādā veidā, proti, vienas plātnes izgatavošanai nepieciešams 2,5 stundas, kas no ražošanas viedokļa neattiecināmas. Līdz ar to, turpmāk ir paredzēts izgatavot plātnes bez caurumiem, kas ļaus būtiski ietaupīt laiku.



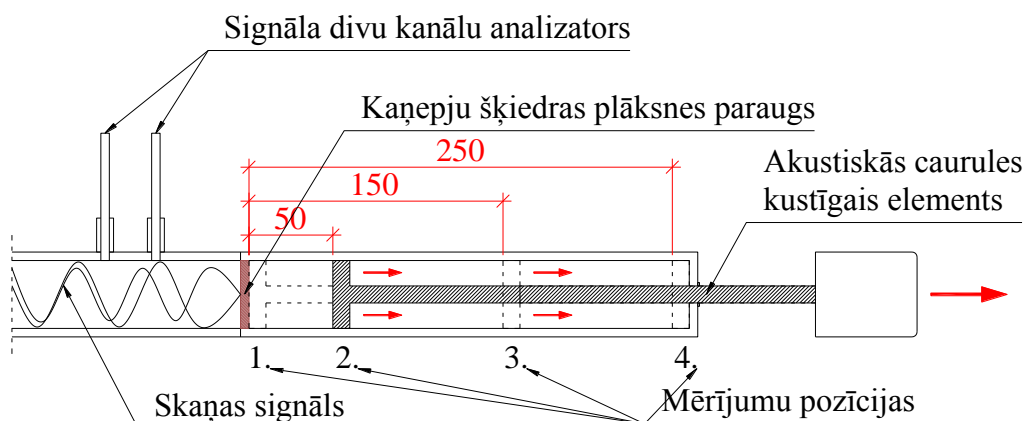
a

b

7. att. Plātņu ar caurumiem presēšanas veidnis (a) un izgatavota plātne (b).

Pašsaistošo plātņu akustisko īpašību pētījumi.

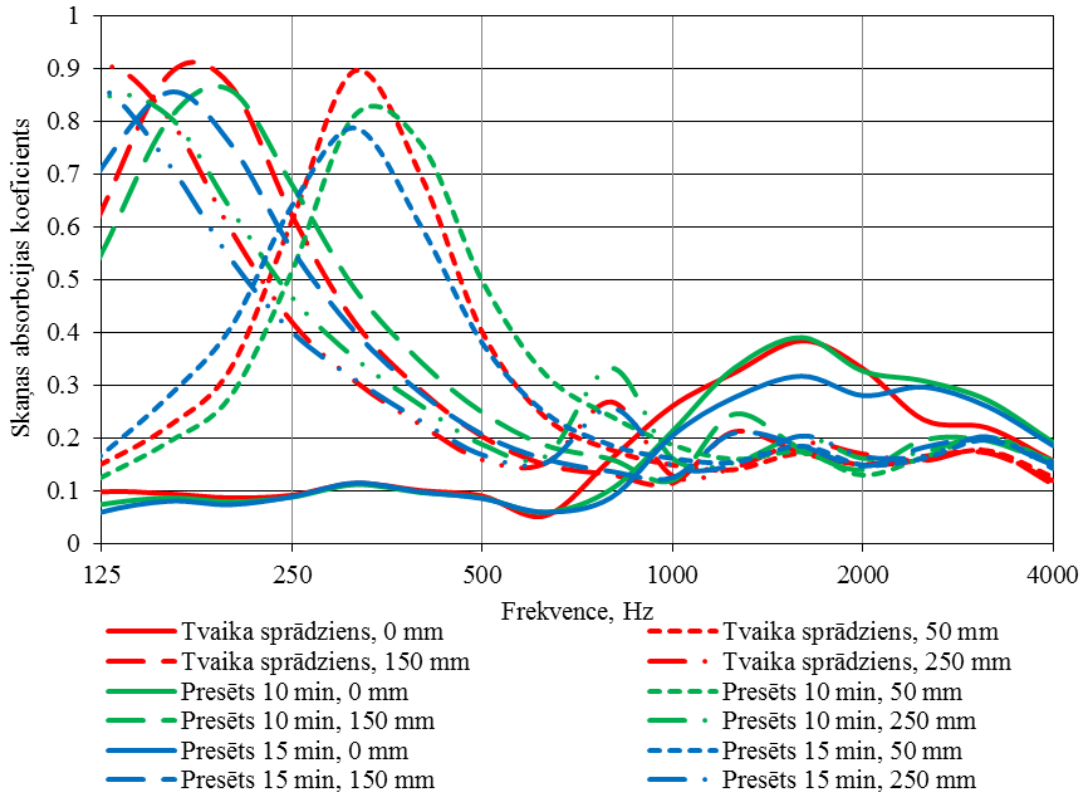
Pamatojoties uz iepriekšējiem skaņas absorbcijas mērījumiem, tika secināts, ka bezsaistvielu kaņepju spaļu plāksne labākos rezultātus uzrāda materiāliem bez priekšapstrādes, kā arī tas, ka galvenais skaņas absorbcijas ietekmējošais faktors ir presēšanas ilgums, bet mazāk to ietekmē izejmateriālu priekšapstrādes parametri. Pilnveidojot plākšņu izgatavošanas tehnoloģiju, plāksnes kļuva gludākas, kas savukārt samazināja to skaņas absorbcijas koeficientu. Skaņas absorbcijas uzlabošanai tika veidota gaisa šķirkārta aiz mērāmā parauga, pārvietojot mēriekārtas skaņu atstarojošo elementu noteiktos attālumos (50/150/250 mm) (8. Attēls). Šādu metodi gaisa šķirkārtas imitēšanai izmantojuši vairāki pētnieki visā pasaulē.



8. att. Gaisa starpslāņa imitēšanas shēma akustiskajā caurulē.

Variējot ar gaisa šķirkārtas lielumu jeb parauga novietojumu attiecībā pret norobežojošo konstrukciju, dažādiem materiāliem tika konstatētas līdzīgas iezīmes. Frekvenču diapazonā no 250 Hz līdz ~ 750 Hz, virzienā uz zemāku frekvenci, materiālu skaņas absorbcijas koeficientu vērtības pieaug, ja izveido gaisa šķirkārtas slāni $d = 150$ mm, bet, slāni palielinot līdz 250 mm, izmaiņas nav novērojamas. Lielāks koeficienta uzlabojums vērojams 10 min presētajiem paraugiem.

Frekvenču diapazonā no 750 Hz līdz ~ 1500 Hz skaņas absorbcijas koeficientu vērtības ar un bez gaisa šķirkārtas ir līdzīgas, bet paraugiem, kas izgatavoti, pielietojot tvaika sprādziena metodi, novērojamas augstākas vērtības, salīdzinot ar pārējo veidu paraugiem. Īpaši izceļas skaņas absorbcijas koeficients paraugiem bez gaisa šķirkārtas – tas ir vidēji par 0,02 lielāks nekā pārējiem mērījumiem.

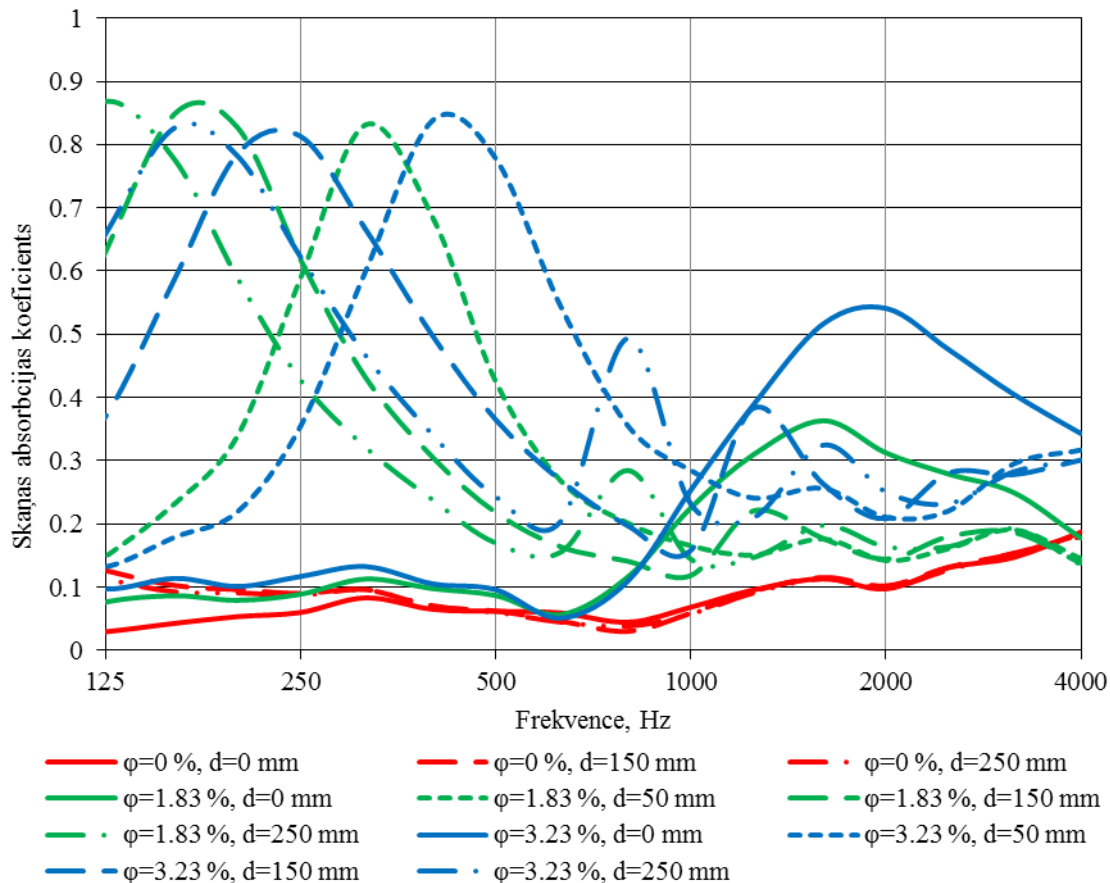


9. att. Kaņepju šķiedru paraugu, izgatavotu ar 1.83 % perforāciju un ar dažādām tehnoloģijām, skaņas absorbcijas koeficienta vērtības atkarība no gaisa šķirkārtas lieluma.

Skaņas absorbcijas uzlabošanai bez gaisa šķirkārtas maiņas aiz mērāmā parauga, papildus tika izveidota perforācija. Izmērs perforācijām izvēlēts, ņemot vērā materiāla specifiku – materiāla šķiedrainais sastāvs varētu iespaidot pārāk mazu perforāciju ($\varnothing < 1.5$ mm) pilnvērtīgu darbību. Perforācijas kaņepju šķiedru paraugiem veidotas ar $\varnothing 1.5$ mm caurumiem, kas sākotnēji aizņem 1.83 % no parauga kopējā laukuma; vēlāk perforāciju palielinot līdz 3.23 % no parauga kopējā laukuma.

Salīdzinot testētos paraugus pie identiskiem iebūves parametriem, bet ar dažādu perforāciju koncentrāciju, secināts, ka perforāciju savstarpējā attāluma samazinājums, palielinot to skaitu, skaņas absorbcijas maksimālās vērtības, ja iebūves dziļums $50 < d < 250$ mm, nobīda augstāku frekvenču virzienā, un tie labāk absorbē augstas frekvences skaņas. Skaņas absorbcijas koeficienta skaitliskās vērtības sākot ar 1000 Hz frekvenci ir vidēji par 0,1 lielākas nekā paraugiem ar mazāku perforāciju koncentrāciju.

Savstarpēji salīdzinot dažādi perforētu maksimālās vērtības amplitūdas frekvenču diapazonā pie konkrētas skaņas absorbcijas koeficientu vērtības, konstatēts, ka paraugi ar lielāku perforāciju koncentrāciju uzrāda labākas skaņas absorbcijas īpašības plašākā frekvenču diapazonā. Paraugiem bez gaisa šķirkārtas, konstatēts, ka ar lielāku caurumu koncentrāciju izveidotie paraugi labāk slāpē augstu frekvenču skaņu, un tiem skaņas absorbcijas koeficienta vērtības ir augstākas.



10. att. Kaņepju šķiedru paraugu skaņas absorbcijas koeficienta vērtību izmaiņas atkarībā no perforāciju daudzuma un gaisa šķirkārtas lieluma.

Vissaugstākos rezultātus uzrāda 10 min presēti paraugi - ar perforāciju $\varphi = 3.23\%$ un vismaz ar 50 mm gaisa šķirkārtu, kas pēc ISO 11654 atbilst D klases absorbentam. Gaisa šķirkārtas ietekme uz kaņepju plāksņu svērtā skaņas absorbcijas koeficienta vērtību ir neliela (0,01, palielinot gaisa atstarpi no 50 mm līdz 250 mm), bet, palielinot plāksnēm perforāciju līdz $\varphi = 3.23\%$, α_w salīdzinājumā ar paraugiem $\varphi = 0\%$ skaņas absorbcija pieaug līdz 3 reizēm.

2.5. aktivitātes “Tehnoloģiskā reglamenta izstrādāšana” ietvaros tika iesākts tehnoloģiskais reglaments ar nosaukumu „KAŅEPJU SPAĻU KOMPLEKSA PĀRSTRĀDE PRODUKTOS AR AUGSTU PIEVIENOTO VĒRTĪBU – FURFUROLU UN PAŠSAISTOŠĀS PLĀTNES”, kā rezultātā sastādīts sadaļu plāns un uzrakstīta ievaddaļa, kurā apkopoti literatūras dati atjaunojamo resursu nozīmību kā furfurola izejvielas avotam nākotnes perspektīvās, salīdzinot ar naftas resursu izsīkšanu un ieguves apjomu palielināšanos. Ievada aprakstīts arī par pašsaistošo plātņu ieguves īpatnībām un vēsturi, kur secināts, ka tās ir lielisks veids kā aizstāt sintētiskās saistvielas.

Iesākta sadaļas „Procesa kopējais raksturojums” apakšsadaļa „Izejmateriāls”, kur apkopoti jaunākie dati par kaņepju izplatību Eiropā un Latvijā, kā arī kaņepju spaļu pielietojamas iespējām, kas pārsvarā ir ar zemu pievienoto vērtību (pakaiši, pildījums un dedzināšana). **Skatīt 1.pielikumu**

2.4. aktivitātes “Publikāciju sagatavošana” ietvaros tika sagatavoti 5 stenda referāti un 3 starptautiskie konferenču raksti un 4 kopsavilkumi:

- 1) Konferenču raksts ar nosaukumu *Acoustic properties of binderless panel made from pretreated hemp (Cannabis sativa L.) shives* konferences ietvaros „5th International Scientific Conference Civil engineering 15”, kas notika 14.-15.maijā 2015.g., Jelgava, Latvija. Rakstu paredzēts indeksēt SCOPUS datubāzē. **Skatīt 2.pielikumu.**
- 2) Stenda referāts ar nosaukumu *Utilization of hemp fibre production waste shives for furfural production by hydrothermal pretreatment – optimization using full factorial design* konferencei „3rd International Symposium on Green Chemistry”, kas notika 3.-7. Maijā 2015.g., La Rochelle, Francija. (Skatīt komandējuma atskaites dokumentus)
- 3) Stenda referāts ar nosaukumu *Aluminum sulfate as a Catalyst in the pre-treatment process for Furfural Obtaining From Hemp (Cannabis Sativa L.) Shives* konferencei: „3rd International Symposium on Green Chemistry”, kas notika 3.-7. Maijā 2015.g., La Rochelle, Francija. (Skatīt komandējuma atskaites dokumentus)
- 4) Stenda referāts un konferenču raksts *Changes of the polysaccharide complex in lignocellulose after the catalytic hydrothermal pre-treatment process of hemp (Cannabis sativa L.) shives* konferencei „23rd European Biomass Conference and Exhibition” (EUBCE 2015). 1.–4. Jūnijs 2015.g. Vienna, Austrija. (Skatīt komandējuma atskaites dokumentus)
- 5) Stenda referāts un konferenču raksts *Furfural production from hemp (Cannabis Sativa L.) shives using aluminium sulphate as a catalyst in the hydrothermal pre-treatment process* konferencei „23rd European Biomass Conference and Exhibition” (EUBCE 2015). 1.–4. Jūnijs 2015.g. Vienna, Austrija. (Skatīt komandējuma atskaites dokumentus)
- 6) Stenda referāts un kopsavilkums ar nosaukumu *Possibilities of consecutive processing of the hemicellulosic and lignocellulosic fractions of hemp-based biomass to value-added products* konferencei „11th International Conference on Renewable Resources and Bio-refineries” 2015.g. 2.-5. jūnijs Jorka, Lielbritānijā. (Skatīt komandējuma atskaites dokumentus)
- 7) Konferencē EUBCE 2015 publicētie rezultāti saīsinātā apjomā ir apskatāmi konferences oficiālajā mājaslapā:
 - a) <http://programme.eubce.com/abstract.php?idabs=10981&idses=286&idtopic=19>,
 - b) <http://programme.eubce.com/abstract.php?idabs=11010&idses=286&idtopic=19>;kā arī iesniegtie 2 konferenču raksti tiks iekļauti konferenču rakstu krājumā “Online Proceedings of the 23rd EUBCE - Vienna 2015” un pēc konferences mājaslapā atrodamās informācijas tie tiks indeksēti SCOPUS datubāzē. Papildus tam paplašinātā veidā rezultātus paredzēts iesniegt zinātniskajā žurnālā “*Biomass & Bioenergy Journal*” (5-year IF 4.164), kas ir indeksēts gan Web of Science, gan SCOPUS datubāzēs.

- 8) Kopsavilkums starptautiskajai konferencei “Sustainable Materials Science and Technology”, kas notiks 15. – 17.jūlijā, 2015, Parizē, Francijā ar nosaukumu ***Mechanical Properties of Self-binding Board Made of Pre-treated and Steam-exploded Hemp (Cannabis Sativa L.) Shives*** (mutiskais ziņojums, ko nolasīs Ramūnas Tupčiauskas).
Skatīt 3.pielikumu (Kopējā programma pie 5.pielikuma)
- 9) Kopsavilkums starptautiskajai konferencei “Sustainable Materials Science and Technology”, kas notiks 15. – 17.jūlijā, 2015, Parizē, Francijā ar nosaukumu ***The Potential of Hemp (Cannabis Sativa L.) Shives to Obtain Self-binding Board after Pre-treatment and Steam Explosion*** (stenda referāts, ko prezentēs Mārtiņš Andžs).
Skatīt 4.pielikumu (Kopējā programma pie 5.pielikuma)
- 10) Kopsavilkums starptautiskajai konferencei “Sustainable Materials Science and Technology”, kas notiks 15. – 17.jūlijā, 2015, Parizē, Francijā ar nosaukumu ***Sound absorption of Self-binding Panel Made of Pre-treated and Steam-exploded Hemp (Cannabis Sativa L.) Shives*** (stenda referāts, ko prezentēs Raitis Brencis). **Skatīt 5.pielikumu**

2.6. aktivitātes „Rezultātu atspoguļošana starptautiskās zinātniskās konferencēs” ietvaros ņemta dalība 4 starptautiskās un vienā vietēja rakstura konferencē:

- 1) „3rd International Symposium on Green Chemistry”, kas notiks 3.-7. Maijā 2015.g., La Rochelle, Francija., kas norisinājās 3.-7. Maijā 2015.g., La Rochelle, Francijā. Konferencē mūsu pētījumus prezentēja 2 grupas pārstāvji Jānis Rižikovs un Māris Puķe ar stenda referātiem:
- Utilization of hemp fibre production waste shives for furfural production by hydrothermal pretreatment – optimization using full factorial design***
 - Aluminum sulfate as a Catalyst in the pre-treatment process for Furfural Obtaining From Hemp (Cannabis Sativa L.) Shives***
- (Skatīt komandējuma atskaites dokumentus)
- 2) „23rd European Biomass Conference and Exhibition” (EUBCE 2015), kas norisinājās 1.–4. Jūnijs 2015.g. Vienna, Austria. Konferencē mūsu pētījumus prezentēja 4 grupas pārstāvji Prans Brazdausks, Aigars Pāže, Jānis Rižikovs un Māris Puķe ar 2 stenda referātiem un 2 konferenču rakstiem ar nosaukumu:
- Furfural production from hemp (Cannabis Sativa L.) shives using aluminium sulphate as a catalyst in the hydrothermal pre-treatment process***
 - Changes of the polysaccharide complex in lignocellulose after the catalytic hydrothermal pre-treatment process of hemp (Cannabis sativa L.) shives***
- (Skatīt komandējuma atskaites dokumentus)
- 3) „11th International Conference on Renewable Resources and Biorafineries”, kas norisinājās no 2015. gada 2. līdz 5. jūnijam Jorkā, Lielbritānijā. Pasākums tika organizēts viesnīcas „Park Inn by Radisson” (adrese – North Street, York YO01 6JF, UK) konferenču telpās. Konferencē mūsu pētījumus prezentēja Kristīne Meile ar stenda referātu un kopsavilkumu konferences krājumā ar nosaukumu ***Possibilities of consecutive processing of the hemicellulosic and lignocellulosic fractions of hemp-based biomass to value-added products***
 (Skatīt komandējuma atskaites dokumentus)

- 4) „5th International Scientific Conference Civil engineering 15”, kas norisinājās no 2015.g. 14.-15.maijam, Latvijas lauksaimniecība universitātē, Jelgavā, Latvijā. Konferencē mūsu pētījumus prezentēja Raitis Brencis ar mutisku referātu un rakstu konferences krājumā ar nosaukumu *Acoustic properties of binderless panel made from pretreated hemp (Cannabis sativa L.) shives*. Rakstu paredzēts indeksēt SCOPUS datubāzē. **Skatīt 2.pielikumu.**
- 5) Ikgadējā zinātniski praktiskajā konferencē “Zinātne un prakse nozares attīstībai”, ko rīkoja Latvijas Lauksaimniecības un meža zinātņu akadēmija, Latvijas Valsts mežzinātnes institūts “Silava” un Latvijas Lauksaimniecības universitātes Meža fakultāte, Kokapstrādes un koksnes zinātnes sekcijā, 19.martā Ramūnas Tupčiauskas nolasīja mutisko ziņojumu *Kaņepju spaļu izmantošana pašsaistošo plātņu iegūšanā*. Prezentācijas kopijas **skatīt 6.pielikumā.**

2.4. un 2.6. aktivitātes rezultātus skatīt attiecīgo cilvēku un aktivitātes komandējuma norēķinos un atskaišu dokumentos.

Projekta zinātniskais vadītājs

J.Rižikovs

26.06.2015.