



ERAF projekta Nr. 1.1.1.1/16/A/042 “Bērza mizas pārstrāde ekoloģiskos šķiedru bio-kompozītos un produktos ar augstu pievienoto vērtību”

Atskaite par veiktajām darbībām pārskata periodā 01.11.2018.-31.01.2019.

Pārskata periodā pēc laika grafika tika īstenotas sekojošas aktivitātes:

- 1.2.Pildvielas ķīmiskā sastāva izpēte atkarībā no priekšapstrādes procesa parametriem - darbība turpinās;
- 2.Ekoloģiskas saistvielas iegūšana no depolimerizētas izekstraģētas tāss - darbība turpinās;
- 3.2.Šķiedru biokompozītu iegūšanas optimālo parametru izvēle atkarībā no izejvielas - darbība turpinās;
- 5.1.Publikāciju izstrāde iesniegšanai Web of Science vai SCOPUS datubāzēs - darbība turpinās;
- 5.2.Publikāciju izstrāde un iesniegšana resursos ar augstu citēšanas indeksu - darbība uzsākās septembrī.

Dotā laika perioda **mērķis** bija turpināt 1.1. aktivitātes rezultātā iegūtās pildvielas ķīmiskā sastāva izpēti atkarībā no priekšapstrādes procesa parametriem (1.2.aktivitāte), izmantojot pilno faktoru eksperimentālo darba plānu. Turpinās ekoloģiskas saistvielas iegūšana (2.aktivitāte), lai varētu izstrādāt sākotnējos tehnoloģiskos parametrus un iegūt biokompozīta prototipu, kā pildvielu izmantojot bērza lūksnes-koksnes maisījumu (3.2. aktivitāte). Kā arī paralēli tiek veikts pilnais faktoru eksperimentālais plāns par saistvielas izmaiņām atkarībā no depolimerizācijas vides, ilguma un paskābināšanas pH, kuras rezultāti apkopoti 3.2. un 2. aktivitātes ietvaros. Turpinās izejvielas sagatavošana priekš 3.2. aktivitātes, lai iegūtu biokompozīta prototipu un optimālos parametrus (3.prototips), kā pildvielu izmantojot 1.1. aktivitātē iegūto lignocelulozi. Turpinās arī publikāciju izstrāde iesniegšanai, konferencēs (5.1.Akt.), kā arī Web of Science vai SCOPUS datubāzēs (5.2.Akt.).

1. aktivitāte “Pildvielas priekšapstrāde ar hemiceluložu konversiju furfurolā”

Dotās aktivitātes **mērķis** ir iegūt piemērotu lignocelulozi kā pildvielu no bērza lūksnes-koksnes maisījuma pēc tā hemiceluložu konversijas furfurolā priekš projekta 3.

aktivitātes. Tādēļ šajā pārskata periodā pēc laika grafika tika turpināta **1.2. aktivitāte: “Pildvielas ķīmiskā sastāva izpēte atkarībā no priekšapstrādes procesa parametriem”**.

Šajā pārskata periodā 1.2. aktivitātes ietvaros tiek turpināti eksperimentālie pētījumi par hidrolīzes procesa parametru ietekmi uz pildvielas ķīmisko sastāvu pēc furfurola iegūšanas. Pēc Kiršnera-Hofera metodes ir noteikta un izanalizēta celuloze atlikušajos lignocelulozes paraugos pēc furfurola iegūšanas. Hidrolīzes procesa parametru mainīgās robežvērtības apkopotas **1. tabulā**, taču hidrolīzes procesa laiks visos eksperimentos bija nemainīgs - 40 min. Šādas hidrolīzes procesa parametra vērtības izvēlētas, ņemot vērā iepriekšējo eksperimentu laikā iegūtos rezultātus, kā arī, lai varētu izmantot datus optimālo hidrolīzes parametru noteikšanai pildvielas un furfurola vienlaicīgai iegūšanai.

1. Tabula

Izvēlētās hidrolīzes procesa parametru robežvērtības

Mitrums	Temperatūra	Katalizatora koncentrācija	Katalizatora daudzums	Tvaika ātrums
X1	X2	X3	X4	X5
$23 \pm 3\%$	$170 \pm 5^{\circ}\text{C}$	$14 \pm 2\%$	$7 \pm 1\%$	180 ± 30 mL/min

Ņemot vērā to, ka celuloze nodrošina auga stiprību, tad arī mehāniski izturīgu biokompozītu izgatavošanai viens no svarīgākajiem pildvielas parametriem ir celulozes saturs tajā, jo tā kalpo kā stiegrojums. Tādēļ šajā posmā optimālo hidrolīzes procesa parametru izvēle balstīta uz celulozes daudzuma izmaiņām LC atlikumā. Lai noteiktu optimālos hidrolīzes procesa parametrus, **2. tabulā** ietvertie celulozes iznākumi apstrādāti ar eksperimentu plānošanas datorprogrammu MODDE 7.0. Datu apstrādei par pamatu ņemts CCC (*central composite circumscribed*) tipa plāns, kas satur locekļus, kuri parāda faktoru lineāros efektus, savstarpējās mijiedarbības un kvadrātiskos efektus.

2. Tabula

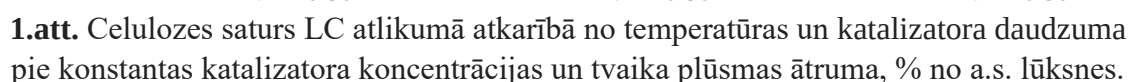
Hidrolīzes procesa parametru ietekme uz celulozes saturu pildvielā/lignocelulozes atlikumā

Nr.p.k.	Programmas ģenerētie MODDE 7.0 hidrolīzes procesa parametri							Lignocelulozes (LC) iznākums, % no a.s.m.	Celulozes iznākums, % no LC	Celulozes iznākums, % no a.s.b.l.	Celulozes sadalīšanās pakāpe %
	Eksperimenta nosaukums	Izejmateriāla mitrums, %	Temperatūra, °C	Katalizatora konc., %	Katalizatora daudz., %	Apstrādes laiks, min	Tvaika plūsmas ātrums, mL/min				
1	E 67	20	165	12	6	40	210	80.15	30.63	24.55	15.61
2	E 47	26	165	12	6	40	150	79.83	29.50	23.55	19.05
3	E 70	20	175	12	6	40	150	77.75	28.08	21.83	24.94
4	E 48	26	175	12	6	40	210	77.79	28.61	22.26	23.48
5	E 44	20	165	16	6	40	150	81.52	31.58	25.75	11.49
6	E 52	26	165	16	6	40	210	79.23	32.34	25.62	11.93
7	E 49	20	175	16	6	40	210	78.63	25.20	19.81	31.90
8	E 55	26	175	16	6	40	150	77.44	27.67	21.43	26.33
9	E 45	20	165	12	8	40	150	78.98	29.63	23.40	19.57
10	E 53	26	165	12	8	40	210	77.86	31.66	24.65	15.25
11	E 50	20	175	12	8	40	210	77.29	27.23	21.04	27.66
12	E 56	26	175	12	8	40	150	75.21	27.18	20.44	29.74
13	E 54	20	165	16	8	40	180	79.37	29.84	23.68	18.59
14	E 46	26	165	16	8	40	150	81.14	30.94	25.10	13.71
15	E 57	20	175	16	8	40	150	78.58	25.08	19.71	32.25
16	E 51	26	175	16	8	40	210	75.57	26.38	19.93	31.48
17	E 58	17	170	14	7	40	180	78.66	28.52	22.44	22.87
18	E 59	29	170	14	7	40	180	80.07	28.90	23.14	20.46
19	E 66	23	160	14	7	40	180	81.27	29.21	23.73	18.41
20	E 64	23	180	14	7	40	180	79.52	21.52	17.11	41.17
21	E 60	23	170	10	7	40	180	77.75	31.24	24.29	16.51
22	E 61	23	170	18	7	40	180	78.00	29.24	22.81	21.59
23	E 62	23	170	14	5	40	180	80.41	33.46	26.91	7.51
24	E 63	23	170	14	9	40	180	75.32	30.01	22.60	22.30
25	E 69	23	170	14	7	40	120	78.68	29.69	23.36	19.70
26	E 68	23	170	14	7	40	240	78.52	30.78	24.17	16.92
27	E 65	23	170	14	7	40	180	73.73	32.31	23.82	18.10

Nosakot celulozes saturu izejas bērza lūksnes koksnes maisījumā pēc Kiršnera-Hofera metodes, tas ir $29,09\% \pm 0,33\%$, taču celulozes saturs LC atlikumā, pēc furfurola iegūšanas atkarībā no hidrolīzes procesa parametriem, ir no 33,46% līdz 21,52% no absolūti sausa bērza lūksnes koksnes maisījuma (sk. **2. tab., un 1. att.**). Pēc iegūtajiem datiem var secināt, ka hemiceluložu polisaharīdu hidrolīzes un pentožu monosaharīdu dehidratācijas procesa laikā hidrolīzes procesa parametri (izejmateriāla sākotnējais mitrums, temperatūra, katalizatora daudzums un koncentrācija, tvaika ātrums reakcijas zonā) ietekmē ne tikai furfurola, etiķskābes u.c. produktu iznākumus kondensātā, bet arī visu esošo produktu saturu LC atlikumā pēc hidrolīzes, tajā skaitā celulozes iznākumu.

Vislielāko ietekmi hidrolīzes procesa laikā uz celulozes saturu LC atlikumā atstāj temperatūra. Palielinot temperatūru no 165°C līdz 180°C un mainot katalizatora daudzumu pie konstantas katalizatora koncentrācijas un tvaika plūsmas ātruma, celulozes iznākums LC atlikumā visos izpētītajos hidrolīzes procesa intervālos samazinās no 32,8% līdz 21,52% (**1. att.**). Tas ir izskaidrojams ar faktu, ka pie augstākām hidrolīzes procesa temperatūrām notiek straujāka celulozes depolimerizācija un tās neatgriezeniska

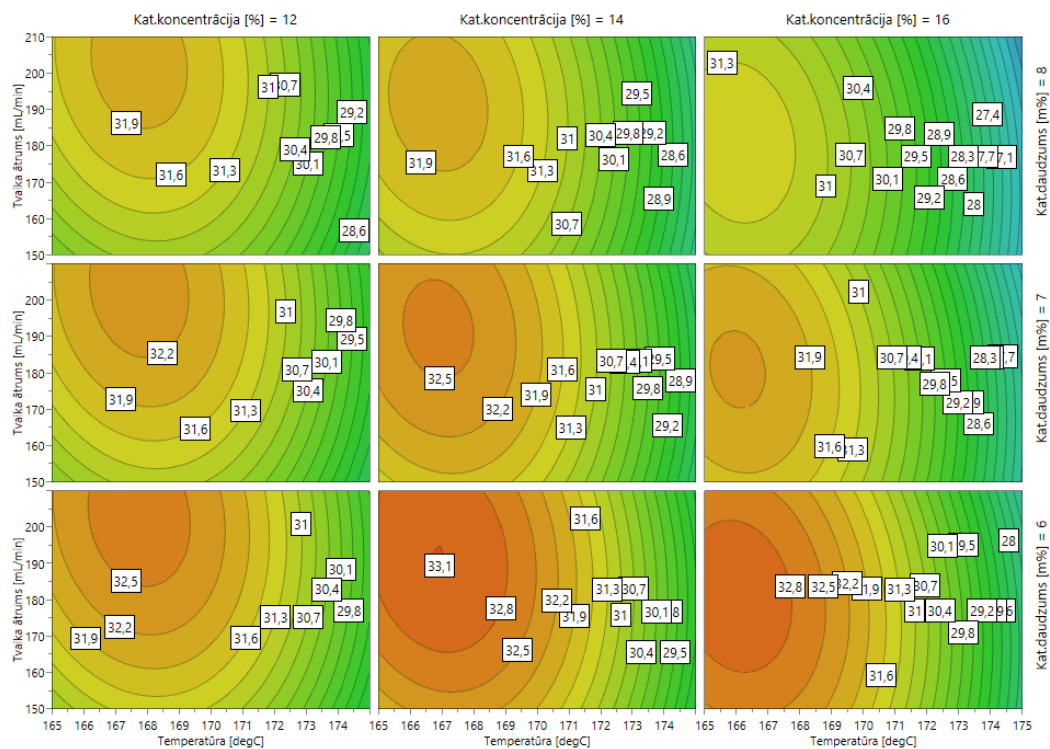
Kā redzam no **1. att.**, celulozes iznākumu LC atlikumā ietekmē arī katalizatora koncentrācija un ievadītais katalizatora daudzums izejmateriālā. Tie tika mainīti intervālos: katalizatora koncentrācija no 12% līdz 16% un katalizatora daudzums no 6% līdz 8% rēķinot no a.s.m. Katalizatora koncentrācijas un daudzuma ietekme uz celulozes iznākumu LC atlikumā ir daudz mazāka, kā temperatūrai, jo izvēlētais katalizators ir salīdzinoši mazaktīvāks, ja salīdzina ar stipro minerālskābju katalizatoriem.



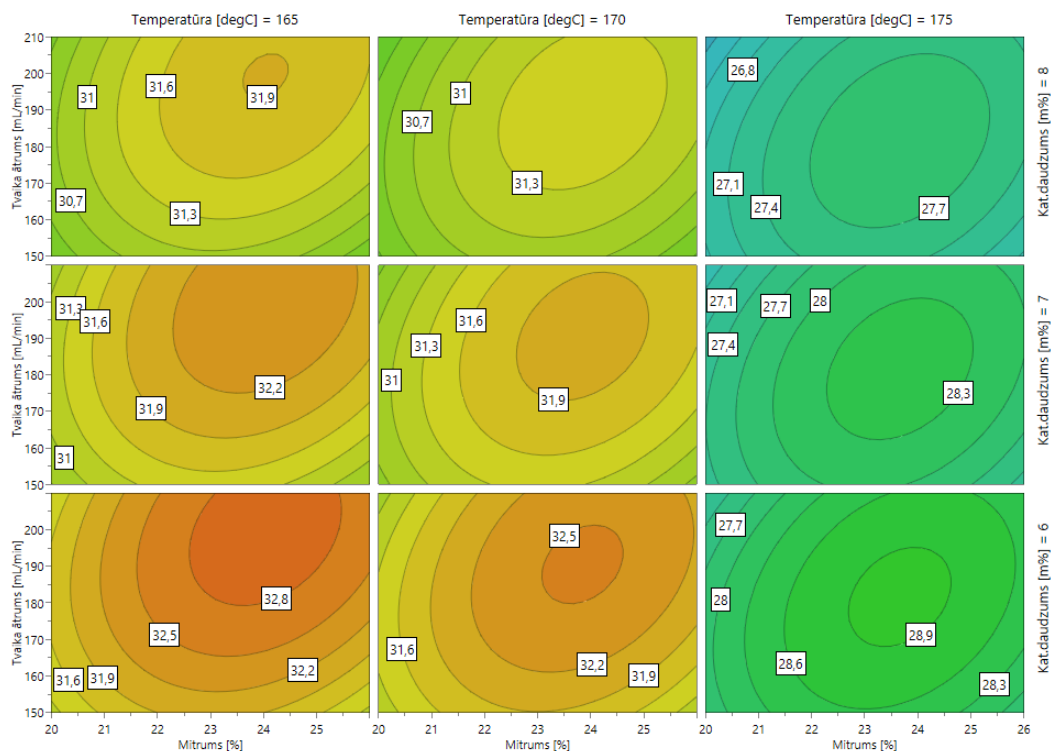
Līdzīgi kā katalizatora koncentrācijai un katalizatora daudzumam neliela, bet pozitīva ietekme uz celulozi LC atlikumā ir tvaika ātrumam reakcijas zonā (sk. **2. att.**). Tā, piemēram, 170°C temperatūrā, pie katalizatora konc. 12%, 14% un 16%, katalizatora daudzuma 6%, 7% un 8% no a.s.m.:

- pie tvaika plūsmas ātruma 150 mL/min celulozes iznākums LC atlikumā palielinās no 30,4% līdz 32,2%;

- pie tvaika plūsmas ātruma 180 mL/min, celulozes iznākums LC atlikumā palielinās no 30,1% līdz 32,5%
- pie tvaika plūsmas ātruma 210 mL/min, celulozes iznākums LC atlikumā palielinās no 30,4% līdz 32,2%



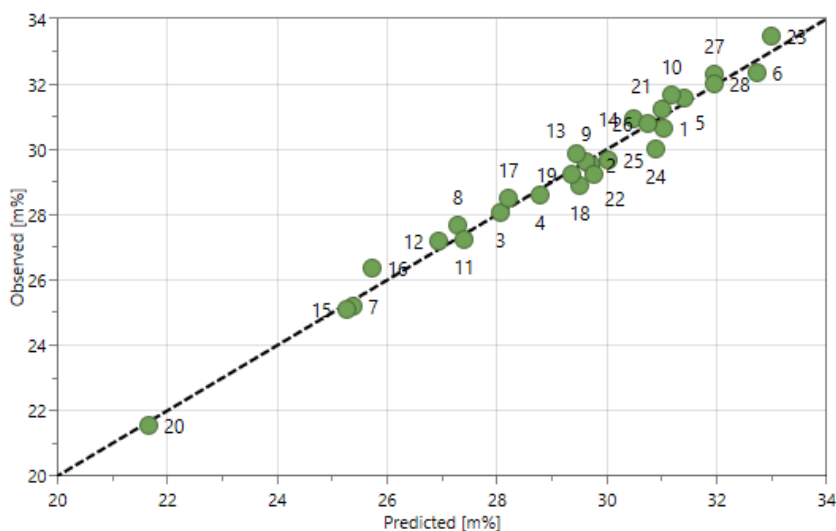
2.att. Celulozes saturs LC atlikumā atkarībā no temperatūras un tvaika ātruma pie konstantas katalizatora koncentrācijas un katalizatora daudzuma, % no a.s. lūksnes.



3.att. Celulozes saturs LC atlikumā atkarībā no izejmateriāla mitruma un tvaika plūsmas ātruma pie konstantas temperatūras un katalizatora daudzuma, % no a.s. lūksnes.

Kā pētījumā izdevās atklāt, nozīmīga loma furfurola iegūšanas procesā ir izejmateriāla sākotnējam mitrumam. Arī celulozes iznākumam LC atlikumā ir zināmas likumsakarības, kuras norāda uz pozitīvu celulozes iznākumu atkarībā no izejmateriāla sākotnējā mitruma, tas ir apskatāms **3. attēlā**. Tā, piemēram, paaugstinot izejmateriāla sākotnējo mitrumu no 20 līdz 26%, pie tvaika plūsmas ātruma no 150 mL/min līdz 210 mL/min, samazinot temperatūru no 175°C līdz 165°C un katalizatora daudzumu no 8% līdz 6% no a.s.m., celulozes iznākums LC atlikumā palielinās no 26,8% līdz 32,8%. Redzams, ka optimālais celulozes iznākums sasniedzams pie 165°C un katalizatora daudzuma 6%, kā arī pie augstāka tvaika plūsmas ātruma, kas ir robežās no 180-210 mL/min, un pie izejmateriāla mitruma robežās no 22,5%-25,5%.

Datorprogrammā MODDE 7.0 ir izveidota attiecība starp iegūtajiem celulozes iznākumiem un aprēķinātiem celulozes iznākumiem (sk. **4. att.**). Tas apstiprina, ka izvēlētais hidrolīzes procesa parametru robežvērtības ir pareizas un savstarpēji salīdzināmas. Katrs punkts grafikā ir eksperimentāli iegūtais rezultāts.



4.att. Celulozes iznākumu attiecība starp aprēķinātajiem un iegūtiem celulozes iznākumiem LC atlikumā, % no a.s. lūksnes.

Celulozes maksimumi ir sasniegti gan faktortelpas robežās, gan ārpus faktortelpas robežām. Ņemot vērā visus iegūtos rezultātus, datorprogrammā MODDE 7.0 aprēķināts, ka optimālie LC iegūšanas procesa parametri ir:

- izejmateriāla mitrums 24,0%,
- katalizatora koncentrācija 15,0%,
- katalizatora daudzums 6,0% no a.s.m.,
- procesa temperatūra 167°C,
- tvaika plūsmas ātrums reakcijas zonā 190 mL/min.

Kā redzams no matemātiski iegūtajiem datiem, tad celulozes sadalīšanās pakāpe ir intervālā no 7,51% līdz 41,17%, taču pie procesa optimāliem parametriem datorprogrammā MODDE 7.0 aprēķināts, ka tā ir 10,91%, kas ir ļoti labs rezultāts, salīdzinot ar esošajām furfurola iegūšanas tehnoloģijām, kurās celulozes destrukcija ir virs 40%.

Optimālie LC iegūšanas procesa parametri ir ļoti tuvu furfurola optimāliem iegūšanas procesa parametriem, kas bija:

- izejmateriāla mitrums 20-26%,
- katalizatora koncentrācija 10-13%,
- katalizatora daudzums 6,7 - 7,1% no a.s.m.,
- procesa temperatūra 163 - 168°C.

Pie šādiem parametriem furfurola iznākums bija 6,5% no a.s.m., kas sastādītu 52,84% no teorētiski iespējamā furfurola iznākuma. Ja LC tiek iegūta pie furfurola iegūšanas procesa optimāliem parametriem, tad celulozes iznākums šādā LC atlikumā būtu no 31,24% līdz 29,50% un celulozes sadalīšanās pakāpe - intervālā no 15,61% līdz 19,05%.

Pie optimāliem celulozes saglabāšanas parametriem, kur celulozes sadalīšanās pakāpe bija tikai 10,91%, furfurola iznākums būtu 6,1%, kas sastādītu 49,59% no teorētiski iespējamā furfurola iznākuma. Šāds furfurola iznākums tāpat ir labs rezultāts,

salīdzinot to ar rūpniecībā esošajām tehnoloģijām. Tas ir tikai par 3,25% mazāks, salīdzinot ar optimāliem furfurola iegūšanas procesa parametriem. Pēc ķīniešu tehnoloģijas furfurolu var iegūt 40-50% no teorētiski iespējamā furfurola iznākuma, savukārt celulozes destruktijas pakāpe parasti ir lielāka par 40 %.

Iepriekš minētās sakarības parāda, ka celulozi ir iespējams saglabāt daļēji nesagrautu arī pie optimālajiem furfurola iegūšanas procesa parametriem, taču, nedaudz upurējot furfurola iznākumu, var sasniegt vēlā ņemamu celulozes sadalīšanās pakāpes samazinājumu. Tas parāda potenciālu kopīgai furfurola un biokompozītu iegūšanas tehnoloģijai. Taču, lai objektīvi spriestu par celulozes sadalīšanos visā mainīgo hidrolīzes procesa parametru robežvērtību intervālā, ir nepieciešams noteikt celulozes polimerizācijas pakāpi, to visu sasaistot ar pēc tam iegūto plātņu īpašībām.

2. aktivitāte “Ekoloģiskas saistvielas iegūšana no depolimerizētas izekstraģētas tāss”

Dotās aktivitātes **mērķis** ir bērza tāss suberīna hidrolītiskā depolimerizācija un tās primāro produktu analīze. Ir izpildīts eksperimentālais plāns par pētījumu par saistvielas izmaiņām atkarībā no depolimerizācijas vides, ilguma un paskābināšanas pH. Pēc iegūtās saistvielas analīžu rezultātiem tiks izstrādāti optimālie parametri ekoloģiskas saistvielas iegūšanai no depolimerizētas izekstraģētas tāss.

Iepriekšējā periodā tika sākts veikt pilno faktoru eksperimentu plānu pie sekojošiem apstākļiem (apstrādes laiks – $1 \pm 0,5$ stundas, pēc paskābināšanas vides pH 2 ± 1 , sārna koncentrācija $3 \pm 1\%$). Frakcionālais sastāvs un depolimerizācijas temperatūra visos eksperimentos bija nemainīgi – attiecīgi 1-4 mm un 80°C , kas izvēlēti pēc iepriekš iegūto rezultātu izvērtēšanas. **3.tabulā** redzama datu matrica, kur atsaucies lielumi ir dimetilsulfoksīdā šķīstošās vielas (DMSO), epoksigrupu saturs (Epoxy) un skābes skaitlis (Acid NR).

3. tabula Depolimerizācijas PFE mainīgie parametri.

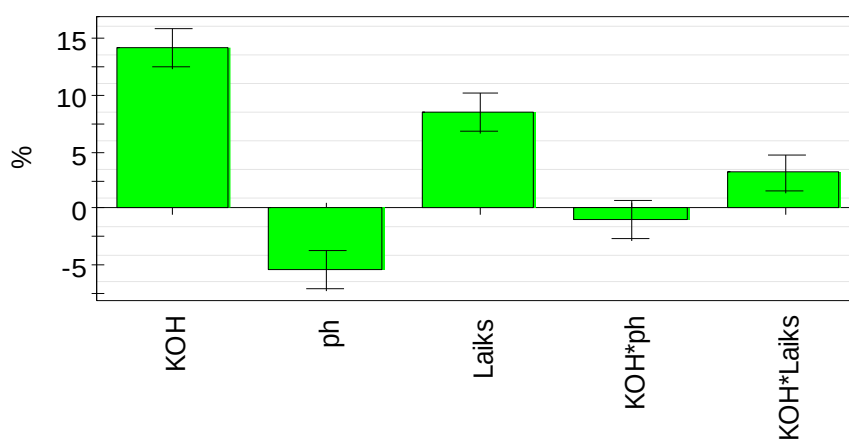
KOH	ph	Laiks	DMSO, %	Epoxy, %	Acid NR, mg KOH/g	Pelnu saturs, %
2	1	30	31,58	0,19	26,3	4,65
4	1	30	53,39	0,74	58,7	9,25
2	3	30	18,84	5,10	19,4	2,04
4	3	30	37,50	1,49	41,8	8,67
2	1	90	41,26	0,12	38,5	6,11
4	1	90	73,45	0,2	83,9	9,94
2	3	90	32,05	4,62	30,4	7,12
4	3	90	68,86	1,64	68,1	10,45
3	2	60	49,60	3,70	48,0	7,8
2	1	30	29,46	0,37	27,1	4,60
4	1	30	54,59	0,91	58,1	9,18
2	3	30	19,28	5,40	19,0	2,00
4	3	30	37,47	1,66	41,2	8,29
2	1	90	40,09	0,17	37,6	6,24

4	1	90	78,00	0,60	82,9	9,98
2	3	90	33,96	4,68	30,9	7,26
4	3	90	68,48	1,45	68,5	10,56
3	2	60	48,2	3,50	49,2	8,0

Saistvielas šķīdība DMSO

Faktoru un to mijiedarbības ietekme uz šķīdību DMSO parādīta **5. attēlā**. Ja faktora izkliede nepārsniedz 0 vērtību grafikā, tad faktors ir būtisks.

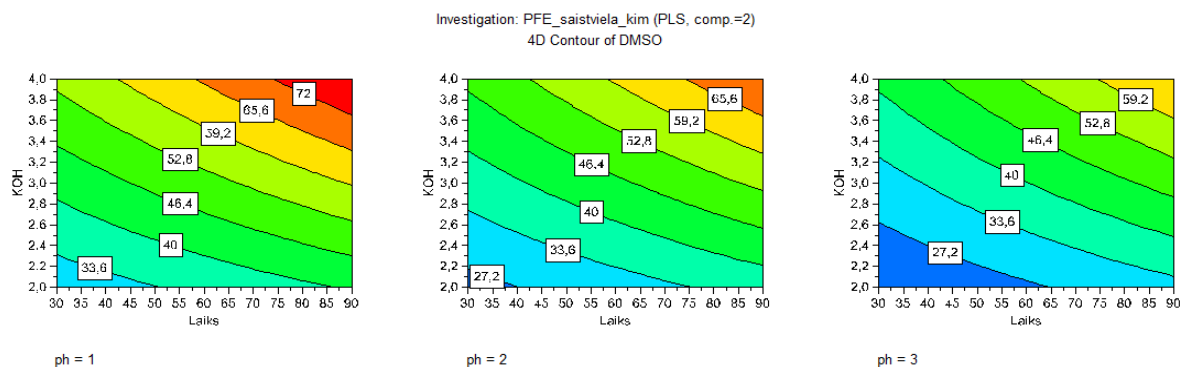
Scaled & Centered Coefficients for DMSO



N=18 R²=0,979 R² Adj.=0,970
DF=12 Q²=0,712 RSD=3,1113 Conf. lev.=0,95

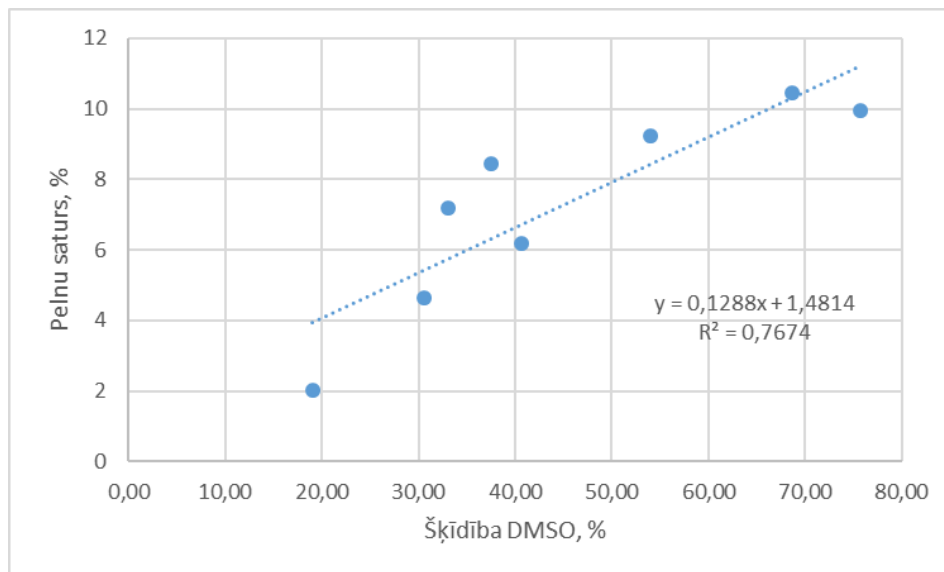
5.att. Faktoru un to mijiedarbība uz saistvielas šķīdību DMSO

Redzams, ka šķīdību DMSO visspēcīgāk ietekmē KOH koncentrācija un depolimerizācijas procesa laiks, turklāt ietekme ir pozitīvi, t.i., palielinot šos parametrus, šķīdība DMSO palielinās. To arī apliecina 4D kontūru attēli (**6.attēls**), kas iegūti, izmantojot programmu MODDE 7 – augstākās šķīdības DMSO vērtības ir iepriekšminēto parametru maksimumos.



6.att. Saistvielas šķīdības DMSO izmaiņas atkarībā no KOH koncentrācijas, depolimerizācijas laika un paskābināšanas pH.

Mazāka ietekme ir suberīnskābju sāļu šķīduma paskābināšanas pH, kā arī šī ietekme ir negatīva – pie augstāka paskābināšanas pH ir zemāka šķīdība DMSO. Tas ir izskaidrojams ar to, ka, palielinot KOH koncentrāciju depolimerizācijas šķīdumā un pēc tam pievienojot vairāk HNO_3 , lai paskābinātu līdz zemākam pH suberīnskābju sāļus, tiek iegūts augstāks KNO_3 īpatsvars darba šķīdumā, līdz ar to arī iegūtajā saistvielā. To apstiprina korelācijas grafika tendence (**7.attēls**), kā arī paaugstinātais pelnu saturs attiecīgajās saistvielās, kuras pagatavotas, depolimerizējot ar 4% KOH šķīdumu (**3.tabula**).



7.att. Saistvielas šķīdības DMSO un pelnu satura korelācijas taisne.

To, ka saistvielā paliek KNO_3 sāļi, apstiprina arī saistvielas skalošanas ūdeņu analīzes, kas apkopotas **4.tabulā**. Iznākums virs 100% nozīmē to, ka saistvielā palicis nedaudz arī KNO_3 sāļi, kas parādās kā starpība starp skalošanas ūdeņos noteikto sausi un kopējo fenolu saturu (TPC) un cukuru (Heksozes) saturu.

4. tabula. Saistvielas filtrēšanas un skalošanas ūdeņu analīzes rezultāti

Depolimerizācija			Saistvielas skalošana				
Ilgums (h) - KOH konc. (%) - pH	Saistv. izn., %	Saistv. izn. pēc starpības, %	Paraugs	TPC, %	Heksozes, %	Sausne, %	Starpība, %
1,5 - 4 - 3	105,8	94,1	Filtrāts	0,21	0,282	5,75	5,26
			Skal. H ₂ O	0,02	0,027	0,48	0,43
1,5 - 4 - 1	101,6	90,5	Filtrāts	0,19	0,411	6,22	5,62
			Skal. H ₂ O	0,02	0,031	0,43	0,38
1,5 - 2 - 3	96,4	90,9	Filtrāts	0,19	0,324	3,61	3,10
			Skal. H ₂ O	0,04	0,035	0,28	0,21
1,5 - 2 - 1	96,1	90,8	Filtrāts	0,15	0,305	3,16	2,71
			Skal. H ₂ O	0,02	0,021	0,22	0,18
0,5 - 4 - 3	105,5	87,4	Filtrāts	0,17	0,452	6,27	5,65
			Skal. H ₂ O	0,04	0,054	0,75	0,66
0,5 - 4 - 1	100,1	92,8	Filtrāts	0,14	0,452	5,9	5,31
			Skal. H ₂ O	0,02	0,229	0,52	0,27
0,5 - 2 - 3	94,2	89,4	Filtrāts	0,15	0,322	3,78	3,31
			Skal. H ₂ O	0,04	0,083	0,28	0,16
0,5 - 2 - 1	100,7	92,1	Filtrāts	0,16	0,291	3,56	3,11
			Skal. H ₂ O	0,03	0,032	0,34	0,28

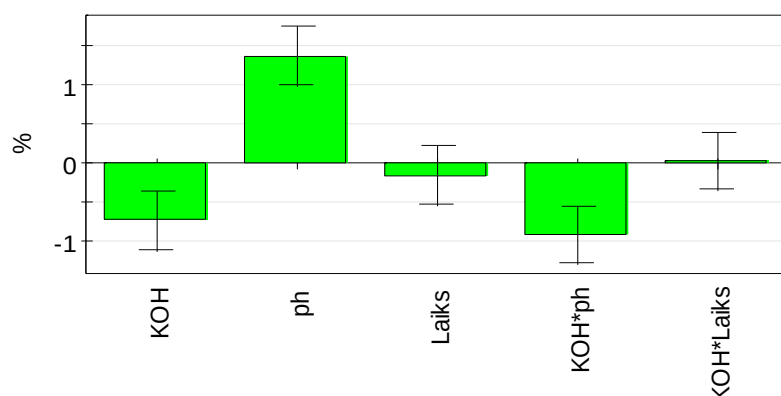
Atņemot no skalošanas ūdeņos atlikušās daļas masas starpību no iegūtās saistvielas masas, aprēķināts, ka reālais suberīnskābju iznākums ir aptuveni 90% no ņemtās bērsa tāss masas, taču jāņem vērā viss sastāvs, kas piedalās saistīšanas procesā. Skatoties uz mehānisko īpašību rezultātiem (3.aktivitātes rezultāti), var secināt, ka saistvielā palikušie KNO₃ sāļi ne tikai netraucē saistvielas sacietēšanas procesam un nemazina iegūto plātņu īpašības, bet pat uzrāda pozitīvu sakarību – palielinoties KOH depolimerizācijas šķīduma koncentrācijai, kā rezultātā pēc paskābināšanas un skalošanas operācijām, paliekot lielākam daudzumam KNO₃ saistvielā, palielinās iegūto plātņu mehāniskās īpašības. Tas ir ļoti pozitīvs rezultāts, jo nav jācenšas izskalot visu KNO₃ no saistvielas, tādā veidā samazinot gan potenciālo notekūdeņu daudzumu, gan izslēdzot papildus tehnoloģiskos procesus, kas samazina saistvielas iegūšanas izmaksas.

Epoksigrupu saturs saistvielā

Faktoru un to mijiedarbības ietekme uz saistvielas epoksigrupu saturu parādīta **8. attēlā**. Redzams, ka epoksigrupu saturu visvairāk ietekmē suberīnskābju sāļu šķīduma paskābināšanas pH, turklāt pozitīvi – jo tas ir augstāks, jo augstāks epoksigrupu saturs.

Investigation: PFE_saistviela_kim (PLS, comp.=2)

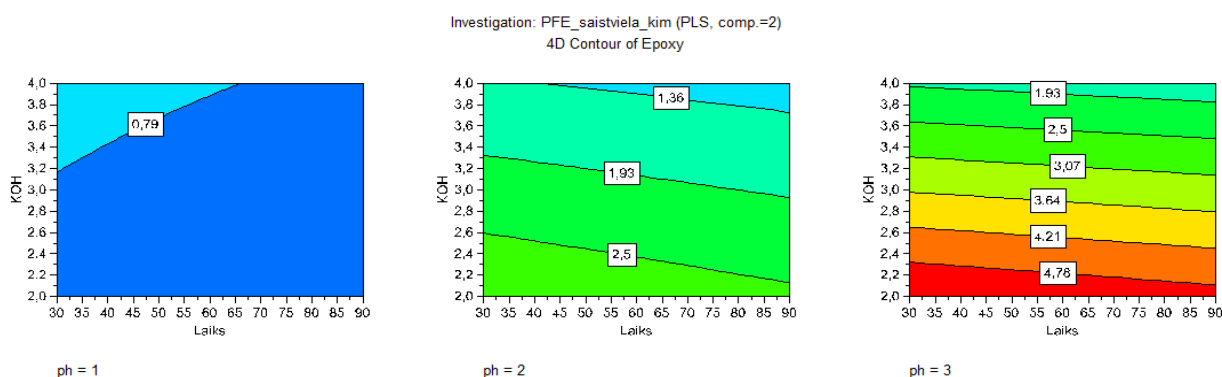
Scaled & Centered Coefficients for Epoxy



18 R²=0,904 R² Adj.=0,864
=12 Q²=0,615 RSD=0,7038 Conf. lev.=0,95

8.att. Faktoru un to mijiedarbība uz saistvielas epoksigrupu saturu

Savukārt KOH koncentrācija epoksigrupu saturu ietekmē otrādāk, t.i. negatīvi – jo KOH koncentrācija depolimerizācijas šķīdumā ir augstāka, jo epoksigrupu saturs tajā ir zemāks. To arī apliecina 4D kontūru attēli (9.attēls), kas iegūti, izmantojot programmu MODDE – augstākās epoksigrupu satura vērtības ir pie augstāka pH un zemākas KOH koncentrācijas.

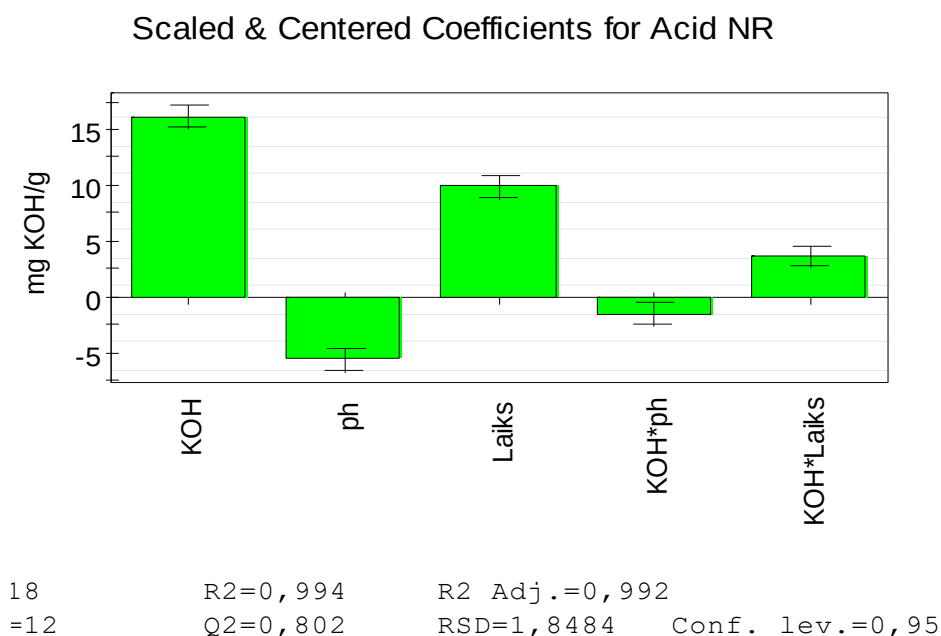


9.att. Saistvielas epoksigrupu satura izmaiņas atkarībā no KOH koncentrācijas, depolimerizācijas laika un paskābināšanas pH.

Šī tendence jau tika novērota iepriekš, ka pie augstāka suberīnskābju sāļu paskābināšanas šķīduma pH uzrādās vairāk epoksigrupas, kas izskaidrojams ar lielāku 18-hidroksi-9,10-epoksi-oktadekānskābes saturu, kura tieši ir jūtīga uz paaugstinātu sārmu koncentrāciju un pazeminātu pH, kā rezultātā hidrolizējās un pāriet dikarbonskābju un hidroksikarbonskābju formā.

Saistvielas skābes skaitlis

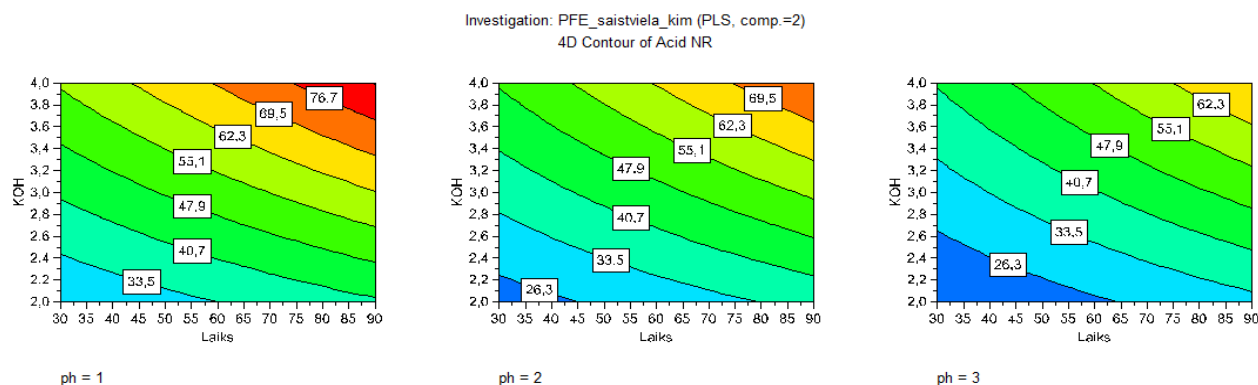
Iepriekš minēto sakarību pierāda skābes skaitļa vērtības atkarība no KOH koncentrācijas un paskābināšanas pH, kas ir apgriezti proporcionāla iepriekšminētajām sakarībām epoksigrupu gadījumā. Faktoru un to mijiedarbības ietekme uz saistvielas skābes skaitli parādīta **10. attēlā**.



MODDE 7 - 06.02.2019. 16:29:25

10.att. Faktoru un to mijiedarbība uz saistvielas skābes skaitli

Skābes skaitļa gadījumā papildus jāņem vērā arī depolimerizācijas procesa laiks, kas iepriekšējās 2 atsauces vērtības (šķīdību DMSO un epoksigrupu saturu) neietekmēja, jo redzams, ka, palielinoties tam, palielinās arī skābes skaitļa vērtība, kas nozīmē, ka suberīnskābes ir vairāk depolimerizētas, kā rezultātā pakļautas tālākām pārvērtībām (oksidācijai) dikarbonskābju virzienā un epoksigrupu hidrolīzei pēc suberīnskābju sāļu paskābināšanas operācijas. To arī apliecina 4D kontūru attēli (**11.attēls**), kas iegūti, izmantojot programmu MODDE – augstākās skābes skaitļa vērtības atrodas KOH koncentrācijas un depolimerizācijas laika maksimumos.



11.att. Saistvielas skābes skaitļa izmaiņas atkarībā no KOH koncentrācijas, depolimerizācijas laika un paskābināšanas pH.

Kopējo ainu varēs savilkt kopā tad, kad būs veiktas visi depolimerizācijas eksperimenti, noteiktas visas saistvielu ķīmiskās un fizikālās īpašības, kā arī iegūto plātņu mehāniskās īpašības.

3. aktivitāte “Mitrumizturīgo šķiedru bio-kompozītu iegūšana”.

Dotās aktivitātes **mērķis** ir izstrādāt optimālos parametrus šķiedru bio-kompozītu iegūšanai, kur kā saistviela tiek izmantotas depolimerizētas un izgulsnētas Suberīnskābes, bet kā pildvielas – bērza skaidas, bērza mizas lūksne un tās lignoceluloze. Rezultātā ar katru no pildvielām tiks izstrādāti 3 šķiedru bio-kompozītu prototipi, lai pārbaudītu, vai tie kvalificējas kā mitrumizturīgas plātnes pēc standarta EN 1087-1. Ar šķiedru bio-kompozītiem tiek domāts kokskaidu plātnes, kuru iegūšanai izejvielas nāk no pirmajām divām projekta aktivitātēm (saistviela no WP2 un pildvielas no WP1).

Šajā pārskata periodā pēc laika grafika tika turpināta **3.2. aktivitāte “Šķiedru biokompozītu iegūšanas optimālo parametru izvēle atkarībā no izejvielas”**. Dotā perioda ietvaros darbi tika sadalīti šādās apakšaktivitātēs:

- 1) plātņu iegūšana un novērtēšana no bērza skaidām un standarta suberīnskābes saturošas saistvielas, kas iegūta, izmantojot gan NaOH, gan KOH, presmasu žāvējot pie dažādām temperatūrām (100, 120, 140°C);
- 2) plātņu iegūšana un testēšana no bērza skaidām un suberīnskābes saturošas saistvielas ar mainīgajiem parametriem,

Visas plātnes tika izgatavotas no bērza skaidu pildvielas ar mērķa blīvumu 850 kg m⁻³ izmantojot 7 mm biezuma ierobežotājus. Izmantoto izejvielu un plātņu iegūšanas parametri ir uzrādīti **5.tabulā**.

5.tabula. Plātņu izejvielu un presēšanas parametri.

Pildviela	Saistviela ¹	Presēšana			
		p _{max} ² , MPa	S ³ , %	T ⁴ , °C	t ⁵ , min
Bērza skaidas Ø 0,4-2 mm	25.DP (NaOH3%/pH2/60min)	3,5	21	220	5
	29.DP (KOH3%/pH2/60min)				
	30.DP (KOH4%/pH3/90min)				
	31.DP (KOH4%/pH1/90min)				
	32.DP (KOH2%/pH3/90min)				
	33.DP (KOH2%/pH1/90min)				
	34.DP (KOH4%/pH3/30min)				
	35.DP (KOH4%/pH1/30min)				
	36.DP (KOH2%/pH3/30min)				
	37.DP (KOH2%/pH1/30min)				

¹Saistvielas mainīgie parametri: sārna (NaOH vai KOH) koncentrācija, pH skaitlis un vārīšanas ilgums;

²maksimālais presēšanas spiediens; ³saistvielas daudzums; ⁴presēšanas temperatūra; ⁵presēšanas laiks.

Presmasas žāvēšanas temperatūras ietekme uz plātņu īpašībām

Līdz šim, izgatavojot plātnes, sajauktā ar skaidām suberīnus saturošā saistviela (presmasa) tika žāvēta ventilējamā žāvskapī līdz mitrumam (W) ≤1% pie 70-80°C temperatūras, kas aizņēma aptuveni 22 stundas. Presmasas mitruma ietekme uz plātņu īpašībām tika novērtēta iepriekšējā pārskata periodā, kur arī atklājās, ka optimālais W ir ≤1%. Ņemot vērā augstu presmasas mitrumu (~70%) pēc sajaukšanas ar saistvielu, tika nolemts paātrināt presmasas žāvēšanas procesu. Šim nolūkam tika sagatavotas saistvielas, kas iegūtas, vārot gan ar NaOH, gan ar KOH šķīdumiem. No bērza skaidām (BS) un 25. un 29. depolimerizācijās (DP) iegūtām suberīnskābēm saturošās saistvielas sagatavotās presmasas tika žāvētas pie T 100, 120 un 140°C līdz W ≤1%. Presmasas, kas sagatavotas atsevišķi pa vienam plātņu paraugam, nožuva līdz W<1%, attiecīgi, pa 15, 10 un 6 stundām. Plātnes tika presētas pie vienādiem apstākļiem (**5.tabula**) un iegūtie rezultāti ir uzrādīti **6.tabulā**.

6.tabula. Plātņu īpašības atkarībā no saistvielas un presmasas žāvēšanas temperatūras.

Paraugs	Blīvums kg/m ³	TS 24h %	MOR N/mm ²	MOE N/mm ²	IB N/mm ²
BS_10DP _{NaOH} _T70	836	14	17,8	2477	2,51
BS_25DP _{NaOH} _T100	857	13	15,8	2706	2,07
BS_25DP _{NaOH} _T120	845	9	16,3	3013	1,82
BS_25DP _{NaOH} _T140	845	11	13,6	2412	1,35
BS_26D _{KOH} _T80	851	14	17,2	2324	2,06
BS_29DP _{KOH} _T100	882	12	19,7	2828	2,08
BS_29DP _{KOH} _T120	846	13	14,5	2015	1,34
BS_29DP _{KOH} _T140	819	13	14,2	2122	1,44
EN 312 P3*	—	≤17	≥15	≥2050	≥0,45

*standarta vērtības plātnēm paredzētām lietošanai mitros apstākļos.

No iegūtiem rezultātiem redzams, ka, paaugstinot presmasas žāvēšanas T no 70 līdz 140°C, samazinās blīvums un IB rādītāji. Plātņu īpašības mainās dažādi atkarībā no saistvielas iegūšanas šķīduma. Blīvums samazinās būtiski saistvielas ar KOH gadījumā, bet saistvielas ar NaOH gadījumā – nē. TS samazinās būtiski (līdz T=120°C) NaOH gadījumā, bet KOH gadījumā paaugstinās par 1%, kas nav būtiski. MOR samazinās būtiski abos saistvielas gadījumos no 31 (ar NaOH) līdz 39% (ar KOH). MOE būtiski paaugstinās līdz T=120°C NaOH gadījumā un līdz T=100°C KOH gadījumā, bet pie T=140°C atkal būtiski samazinās abos saistvielas šķīduma gadījumos. IB rādītāji visvairāk samazinās no pārējām plātņu īpašībām, NaOH gadījumā līdz pat 86%, bet KOH gadījumā – līdz 53%. Kopumā iztīrītie rezultāti noved pie secinājuma, ka optimālā presmasas žāvēšanas temperatūra ir T=120°C – NaOH gadījumā un T=100°C – KOH gadījumā. Šāds secinājums rodas tāpēc, ka, salīdzinājumā ar plātņu īpašībām, kuru presmasa žāvēta pie T=70-80°C, tiek būtiski uzlabotas TS un MOE īpašības NaOH gadījumā, kā arī MOR un MOE īpašības KOH gadījumā, kas pārsniedz arī rūpniecisko plātņu standarta vērtības. Kaut gan, no citas puses, sasniegtās plātņu īpašības ir attiecināmas iegūtajam blīvumam, tāpēc nav pārliecības, ka, samazinoties blīvumam, plātņu īpašības nemainīsies.

Suberīnskābes saturošās saistvielas iegūšanas parametru ietekme uz plātņu īpašībām

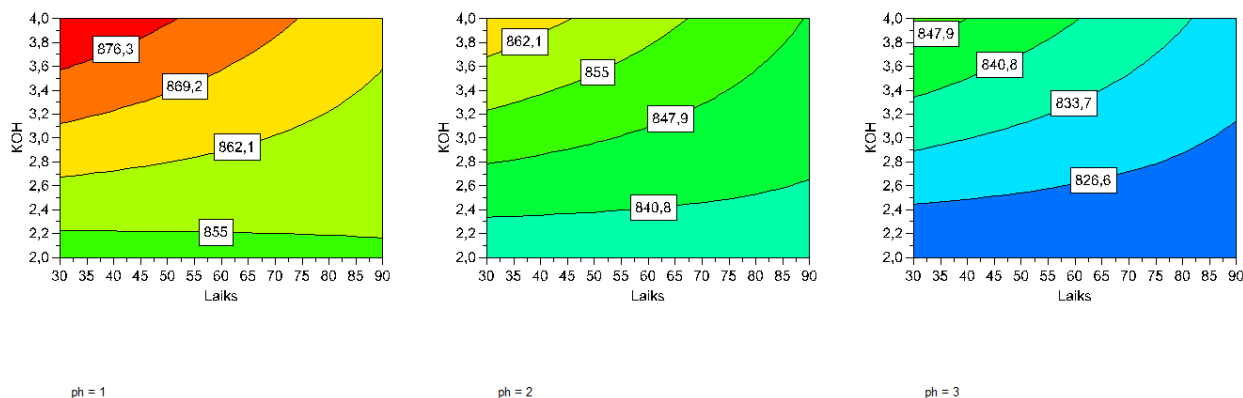
Pārbaudot saistvielas iegūšanas parametru ietekmi uz plātņu īpašībām, tika veikts pilnais faktoru eksperiments (PFE) ar 3 mainīgajiem, kas ir definēti 2.aktivitātes **3.tabulā**. Sagatavojot plātnes, presmasa tika žāvēta pie T=80°C. Iegūto plātņu īpašības ir uzrādītas **7.tabulā**. Parametru ietekme tika novērtēta izmantojot datorprogrammu MODDE 7. Kā var redzēt no iegūtajiem rezultātiem (**7.tabula**), iepriekš iegūtā standarta saistviela tika uzlabota, paaugstinot KOH koncentrāciju līdz 4%, paskābināšanas pH līdz 3 un reakcijas laiku samazinot līdz 30 min. Šādi saistvielas iegūšanas parametri veicināja, pagaidām, vislabākas plātņu īpašības, kas tiek aplūkotas kā viens kopums. Vērā ņemams ir arī saistvielas parametru kopums KOH4%/pH1/30min, kas būtiski samazināja plātņu uzbriešanu (TS), paaugstināja MOE, IB. Diemžēl līdz ar šo īpašību uzlabošanu, pieaug arī blīvums, kas nav vēlams.

7.tabula. Plātņu īpašības atkarībā no saistvielas parametriem.

Saistvielas parametri	Blīvums kg/m ³	TS 24h %	MOR N/mm ²	MOE N/mm ²	IB N/mm ²
KOH3%/pH2/60min	851	14	17,2	2324	2,06
KOH4%/pH3/90min	831	12,2	16,7	2196	2,09
KOH4%/pH1/90min	859	11,8	15,6	2795	2,09
KOH2%/pH3/90min	816	17,8	14,0	1873	1,38
KOH2%/pH1/90min	854	14,3	14,7	2300	1,71
KOH4%/pH3/30min	851	14,3	19,0	2604	2,25
KOH4%/pH1/30min	879	6,5	16,9	3126	2,49
KOH2%/pH3/30min	815	26,7	10,6	1435	1,04
KOH2%/pH1/30min	852	18,0	12,8	2066	1,27
EN 312 P3	–	≤17	≥15	≥2050	≥0,45

Plātņu blīvums

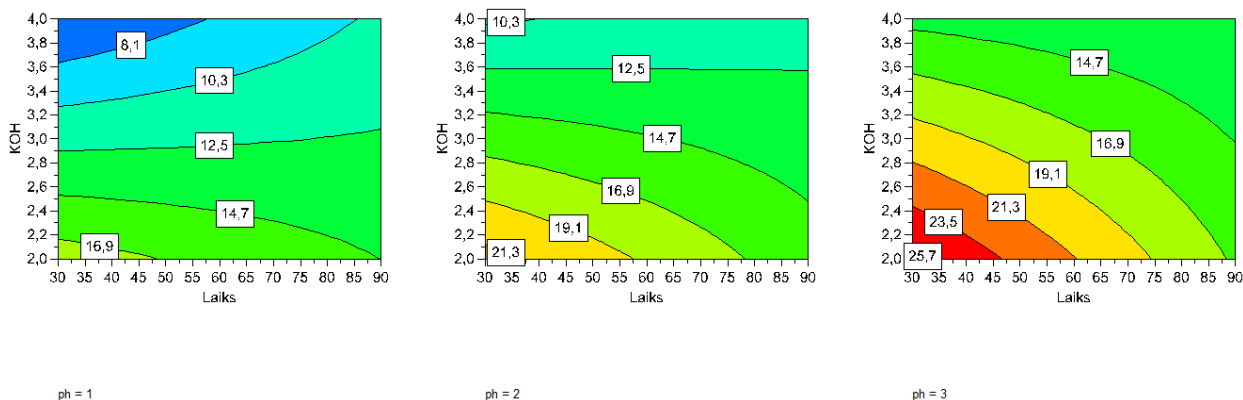
Iegūto plātņu blīvuma izmaiņas atkarībā no saistvielas parametriem ir uzrādītas **1.attēlā**. Palielinoties KOH koncentrācijai, plātņu blīvums būtiski pieaug, bet palielinoties pH, blīvums būtiski samazinās. Saistvielas vārīšanas ilguma izmaiņas no 30 līdz 90 min būtisku izmaiņu blīvumā nedod. No šī PFE izriet, ka optimālie saistvielas parametri zemākā plātņu blīvuma iegūšanai, kas ir priekšrocība, ir sekojošie: KOH 2%, pH 3 un laiks 30 min.



12.att. Plātņu blīvuma izmaiņas atkarībā no saistvielas izgatavošanas parametriem (KOH koncentrācijas, pH un laika).

Plātņu uzbriešana biežumā (TS 24h)

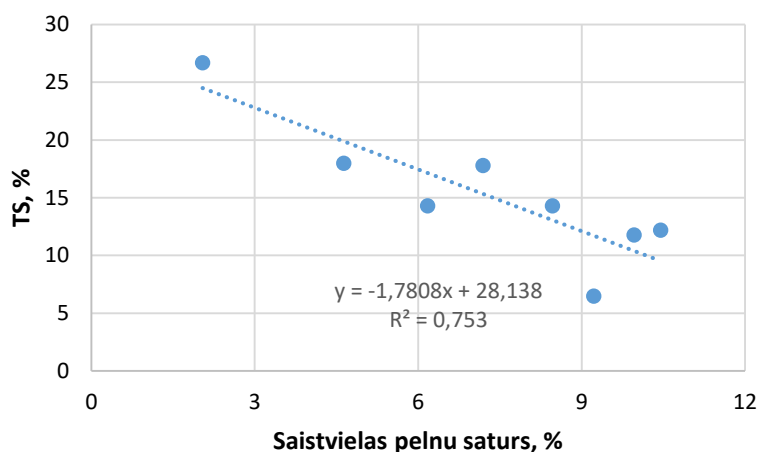
Iegūto plātņu TS izmaiņas atkarībā no saistvielas parametriem ir uzrādītas **13.attēlā**. Redzams, ka TS izmaiņas ir apgriezti proporcionālas plātņu blīvuma rezultātiem.



13.att. Plātņu uzbriešanas biežumā (24 h) izmaiņas atkarībā no saistvielas izgatavošanas parametriem (KOH koncentrācijas, pH un laika).

Palielinoties KOH koncentrācijai, plātņu TS būtiski samazinās, par ko liecina arī novērojama korelācija starp saistvielas pelnu saturu un plātņu TS, kas uzrādīts **14. attēlā**.

Ar varbūtību P95 pastāv būtiska korelācija starp saistvielas pelnu saturu un plātņu TS, ko izsaka būtisks ($p < 0,05$) negatīvās lineārās regresijas vienādojums: pelnu saturam pieaugot par 1% TS samazinās par 1,8%. Tā parāda, ka, palielinoties KOH depolimerizācijas šķīduma koncentrācijai, kā rezultātā pēc paskābināšanas un skalošanas operācijām, saistvielā paliek lielāks daudzums KNO_3 , palielinās iegūto plātņu mitrumizturības īpašības. Šāds iznākums ir negaidīts un, pretēji gaidītajam, uzrāda, ka KNO_3 , kas ir ūdenī šķīstošs savienojums, piedalās iegūto kompozītu saistīšanās procesā karstās presēšanas laikā un ar pildvielu izveido matricu, kas palielina iegūto produktu mitrumizturību.



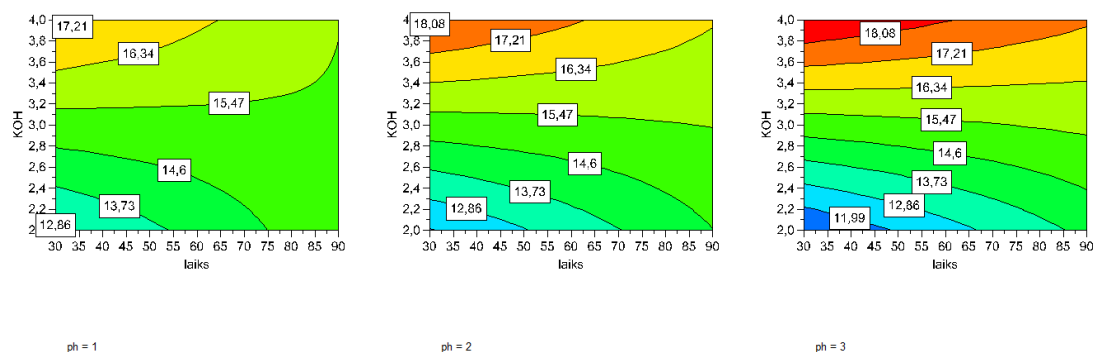
14. att. Saistvielas pelnu satura un iegūto plātņu TS korelācijas taisne.

Savukārt, palielinoties pH, TS būtiski pieaug. Tam ir tieša sakarība ar saistvielā konstatēto epoksigrupu satura pieaugumu līdz ar pH palielināšanos, kas tika konstatēta 2.aktivitātes ietvaros. Vēlreiz apstiprinās fakts, ka epoksigrupas (18-hidroksi-9,10-epoksi-oktadekānskābes saturs) nenodrošina iegūto plātņu ūdensizturību. Tas nozīmē, ka līdz pH 3 paskābinātā un izgulsnētā saistviela nesatur atbilstošu suberīnskābju un ligno-ogļhidrātu kompleksu, kas nodrošina saistvielas pietiekamu cietēšanu un adhēzijas veidošanos ar koksnes pildvielu.

Saistvielas vārīšanas ilguma izmaiņas vismazāk ietekmē iegūto plātņu TS īpašību. Optimālie saistvielas parametri labākajiem TS rādītājiem ir sekojošie: KOH 4%, pH 1 un vārīšanas laiks 30 min. Taču, ņemot vērā TS standarta vērtību ($\leq 17\%$), saistvielas parametru kombinācijas iegūto plātņu sasniegtajām TS vērtībām neatbilst tikai 3 gadījumos, galvenokārt, pie KOH 2% (**7.tabula**).

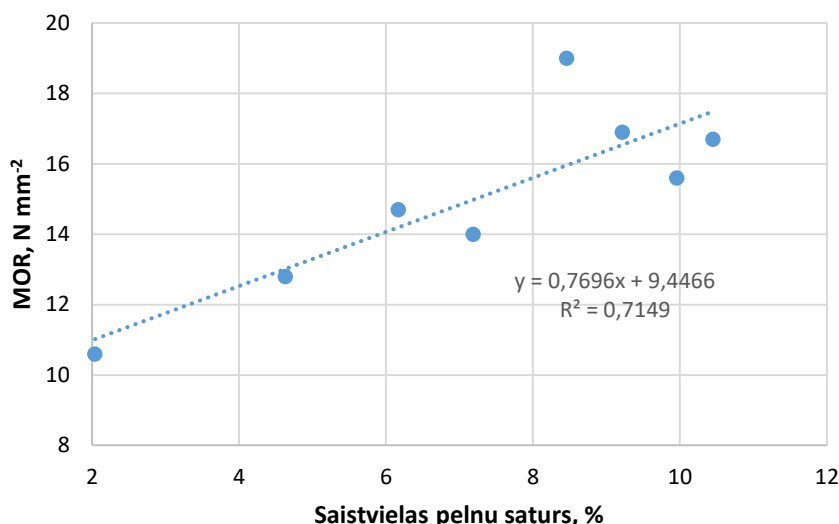
Plātņu lieces stiprība (MOR)

Iegūto plātņu MOR izmaiņas atkarībā no saistvielas parametriem ir uzrādītas **15.attēlā**. No 3 saistvielas iegūšanas mainīgajiem parametriem, vienīgi KOH koncentrācijas palielināšana būtiski paaugstina plātņu MOR. Pārējie saistvielas parametri (pH un vārīšanas ilgums) būtiski neietekmē iegūto plātņu MOR īpašību. Labākie MOR rādītāji tiek sasniegti pie šādiem saistvielas parametriem: KOH 4%, pH 2-3 un vārīšanas laiks 30 min.



15.att. Plātņu MOR izmaiņas atkarībā no saistvielas izgatavošanas parametriem (KOH koncentrācijas, pH un laika).

Palielinot KOH koncentrāciju, palielinās saistvielas pelnu saturs, par ko liecina 2.aktivitātes ietvaros veiktās saistvielas skalošanas ūdeņu analīzes. Interesanti, ka, palielinoties saistvielas pelnu saturam, palielinās arī plātņu MOR, ko uzrāda arī pozitīvā korelācijas grafika tendence **16.attēlā**. Ar varbūtību P95 pastāv būtiska korelācija starp saistvielas pelnu saturu un plātņu MOR, ko izsaka būtisks ($p < 0,05$) pozitīvās lineārās regresijas vienādojums: pelnu saturam pieaugot par 1% MOR paaugstinās par 0,77 vienībām.

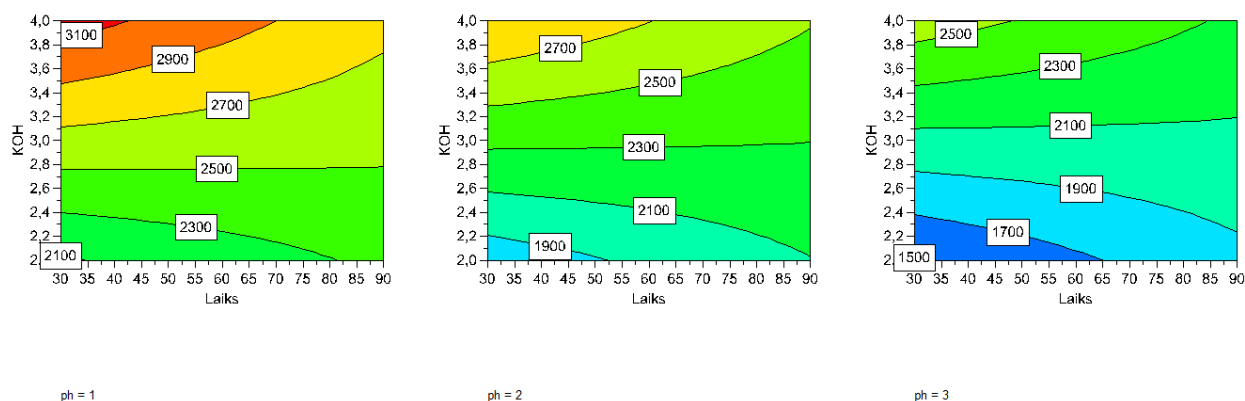


16. att. Saistvielas pelnu satura un iegūto plātņu MOR korelācijas taisne.

Tā parāda, ka, palielinoties KOH depolimerizācijas šķīduma koncentrācijai, kā rezultātā pēc paskābināšanas un skalošanas operācijām, paliek lielāks daudzums KNO_3 saistvielā, palielinās iegūto plātņu mehāniskās īpašības. Šāds iznākums, ka KNO_3 , kas ir ūdenī šķīstošs savienojums, piedalās iegūto kompozītu saistīšanās procesā karstās presēšanas laikā un ar pildvielu izveido matricu, kas palielina ne tikai iegūto produktu mitrumizturību, kas tika secināts iepriekš, bet arī plātņu mehāniskās īpašības. Tas ir ļoti pozitīvs rezultāts, jo nav jācenšas izskalot visu KNO_3 no saistvielas, tādā veidā samazinot gan potenciālo notekūdeņu daudzumu, gan izslēdzot papildus tehnoloģiskos procesus, kas samazina saistvielas iegūšanas izmaksas. Šīs hipotēzes tiks pārbaudītas turpmākajā projekta gaitā.

Plātņu elastības modulis liecē (MOE)

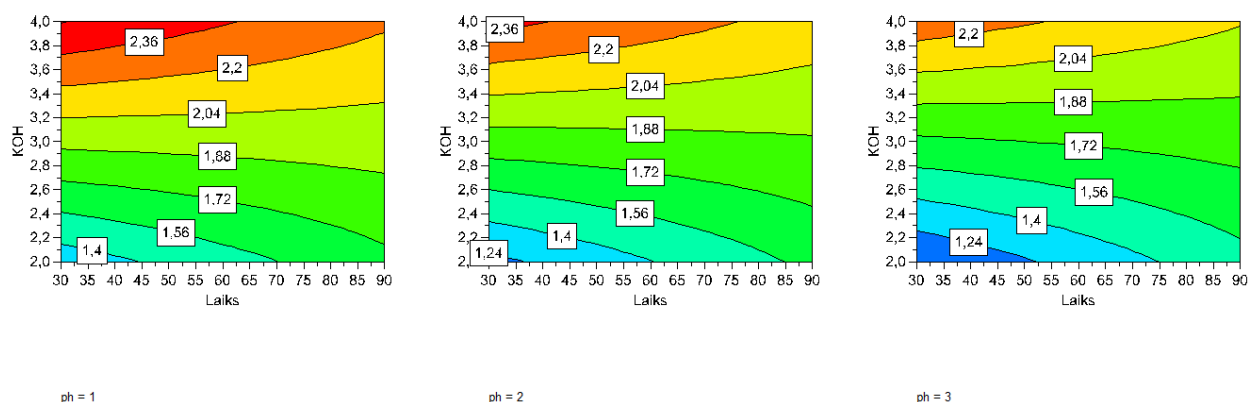
Iegūto plātņu MOE izmaiņas atkarībā no saistvielas parametriem ir uzrādītas **17.attēlā**. Līdzīgi kā plātņu blīvuma gadījumā, palielinoties KOH koncentrācijai, plātņu MOE būtiski pieaug, bet, palielinoties pH, MOE būtiski samazinās. Saistvielas vārīšanas ilguma izmaiņas no 30 līdz 90 min būtisku izmaiņu MOE īpašībām nedod. Labākie MOE rādītāji tiek sasniegti pie šādiem saistvielas parametriem: KOH 4%, pH 1 un vārīšanas laiks 30 min. Taču, ņemot vērā MOE standarta vērtību ($\geq 2050 \text{ N/mm}^2$), saistvielas parametru kombinācijas iegūto plātņu sasniegtajām MOE vērtībām neatbilst tikai 2 gadījumos, galvenokārt, pie KOH 2% un pH 3 (**7.tabula**).



17.att. Plātņu MOE izmaiņas atkarībā no saistvielas izgatavošanas parametriem (KOH koncentrācijas, pH un laika).

Atraušanas pretestība perpendikulāri plātnes plaknei (IB)

Iegūto IB izmaiņas atkarībā no saistvielas parametriem ir uzrādītas **18.attēlā**. KOH koncentrācijas paaugstināšana visvairāk pozitīvi ietekmē plātņu IB vērtības. Palielinoties pH, IB acīmredzami samazinās, bet saistvielas vārīšanas ilgums plātņu IB īpašību būtiski neietekmē. Labākie IB rādītāji tiek sasniegti pie šādiem saistvielas parametriem: KOH 3,8-4%, pH 1-2 un vārīšanas laiks 30 min. Ņemot vērā noteicošo IB standarta vērtību ($\geq 0,45 \text{ N/mm}^2$), iegūto plātņu IB vērtības to pārsniedz 2 līdz vairāk kā 5 reizes, neatkarīgi no saistvielas parametru kombinācijas (**7.tabula**).



18.att. Plātņu IB izmaiņas atkarībā no saistvielas izgatavošanas parametriem (KOH koncentrācijas, pH un laika).

Balstoties uz iegūtajiem saistvielas PFE rezultātiem, optimālas plātņu īpašības ir sasniegtas pie sekojošiem suberīnskābes saturošas saistvielas parametriem: KOH 4%, pH 3 un vārīšanas laiks 30 min. Taču, balstoties uz iegūtajiem datorprogrammas MODDE 7 prognozēšanas modeļiem, plātņu optimālas īpašības var tikt uzlabotas turpinot pētījumu pie šādām saistvielas iegūšanas parametru kombinācijām: KOH 4-5%, pH 2-3, t 20-30 min, ko centīsimies realizēt turpmākajos projekta etapos.

Secinājumi

- Sagatavojot plātnes no bērza skaidām un standarta suberīnskābes saturošas saistvielas optimālā presmasas žāvēšanas temperatūra ir $T=120^{\circ}\text{C}$ izmantojot NaOH šķīdumu saistvielas iegūšanā un $T=100^{\circ}\text{C}$ – KOH gadījumā. Taču eksperimentāli jāpārbauda vai šāds secinājums strādā samazinot plātņu blīvumu.
- Balstoties uz iegūtajiem saistvielas PFE rezultātiem, optimālas plātņu īpašības ir sasniegtas pie sekojošiem saistvielas iegūšanas parametriem: KOH 4%, pH 3 un vārīšanas laiks 30 min.
- Pēc saistvielas iegūšanas tajā palikušais KNO_3 veicina kompozītu saistīšanos karstās presēšanas procesā un ar pildvielu izveido matricu, kas palielina iegūto plātņu mitrumizturības un mehāniskās īpašības.
- Tas ir ļoti pozitīvs rezultāts, jo nav jācenšas izskalot visu KNO_3 no saistvielas, tādā veidā samazinot gan potenciālo notekūdeņu daudzumu, gan izslēdzot papildus tehnoloģiskos procesus, kas samazina saistvielas iegūšanas izmaksas.
- Balstoties uz iegūtajiem datorprogrammas MODDE 7 prognozēšanas modeļiem, plātņu optimālas īpašības var tikt uzlabotas turpinot pētījumu pie šādām saistvielas iegūšanas parametru kombinācijām: KOH 4-5%, pH 2-3, t 20-30 min vienlaikus samazinot plātņu blīvumu.

5. aktivitāte “Rezultātu izplatīšana un tehnoloģiju pārnese”.

Visu projekta aktivitāšu ietvaros notiek rezultātu izplatība starptautiskajā vidē **5.1. aktivitātes „Publikāciju izstrāde iesniegšanai Web of Science vai SCOPUS datubāzēs”** ietvaros kā dalība konferencēs un attiecīgo tēžu rakstīšana, kā arī **5.2. aktivitātes “Publikāciju izstrāde un iesniegšana resursos ar augstu citēšanas indeksu”** ietvaros kā iepriekšminēto datu apkopošana un iesniegšana žurnālos ar augstu citēšanas indeksu, kuras darbība ir uzsākusies septembrī.

1) Iepriekšminēto aktivitāšu rezultātā tika uzrakstīti 2 abstrakti (1.un 2. pielikums) un līdz ar to pieteikta dalība konferencē „27th European Biomass Conference and Exhibition - EUBCE 2019”, kas notiks Lisabonā (Portugālē) no 2019. gada 27. līdz 30. maijam, kurā piedalīsies Pētnieks Prans Brazdausks, Pētnieks Māris Puķe un Vadošais pētnieks Jānis Rižikovs ar stenda referātiem “*Statistically optimal parameters of aluminium sulphate catalysed hydrolysis for furfural production from birch inner bark in the framework of the biorefinery concept*” un “*Effect of the different aluminium sulphate catalysed hydrolysis conditions on the content of polysaccharides in the residue after furfural production*”, kurā tiks prezentēti projekta rezultāti par furfurola iegūšanu no bērza lūksnes un pāri

palikušās lignocelulozes potenciālu tālākai izmantošanai biorefinešanas kontekstā - rezultāti no 1. aktivitātes. Pēc dalības šajā konferencē paplašinātās tēzes tiks indeksētas SCOPUS datu bāzē, tādējādi sasniedzot rezultatīvos rādītājus 5.1. aktivitātē

2) Turpinājām uzlabot rakstus un iesniegt citos žurnālos ar augstu citējamības indeksu, kā rezultātā iznācis raksts “Investigation of suberinic acids-bonded particleboard”, kas iesniegts **European Polymer Journal** ar ietekmes faktoru (**impact factor**) **3.74** (Pielikums Nr. 3).

14.02.2019.

Dr.sc.ing. Jānis Rižikovs
Projekta zinātniskais vadītājs