



Izglītības un zinātnes ministrija



Studiju un zinātnes
administrācija

Valsts pētījumu programma :

Inovatīvi materiāli un viedās tehnoloģijas vides drošumam (IMATEH)

Projekts:

**Inovatīvi un daudzfunkcionāli kompozītmateriāli ilgtspējīgām būvēm
no vietējām izejvielām**

**Metode ekoloģisko kompozītmateriālu
ražošanai no šķiedraugiem un vietējām
minerālām saistvielām**

Sagatavoja: Mg.sc.ing. Māris Šinka

Projekta vadītāja: Prof. Diāna Bajāre

Rīga, 2016

Saturs

Darba uzdevumi.....	3
1. Kaņepju-kaļķa kompozītmateriālu ražošanas tehnoloģijas ietekme uz materiāla gala īpašībām	4
1.1. Ražošanas tehnoloģiju veidi	4
1.1.1. Iestrāde uz vietas objektā ar veidņu palīdzību	4
1.1.2. Pildītu sienas paneļu ražošana rūpnīcā	6
1.1.3. Gatavu bloku ražošana rūpnīcā	10
1.1.4. Pūšanas metode	11
2. Kaņepju spaļu ietekme uz materiāla īpašībām	12
2.1. Spaļu veidi.....	12
2.2. Paraugu izgatavošana.....	14
2.3. Rezultātu analīze	20
3. Ražošanas tehnoloģisko procesu ietekme uz materiāla gala īpašībām.....	23
3.1. Žūšanas apstākļu ietekme uz materiāla īpašībām	23
3.1.1. Paraugu izgatavošana	23
3.1.2. Žūšanas apstākļu ietekme uz gala īpašībām.....	24
3.2. Maisītāju ietekme uz materiāla īpašībām.....	26
4. Materiāla ugunsizturības īpašības	27
4.1. Būvmateriālu ugunsdrošības raksturojums.....	27
4.2. Esošā materiāla ugunsizturības testa pārskats.....	30
4.2.1. Sastāvs	30
4.2.2. Paraugu izgatavošana	31
4.2.3. Testa norise	31
4.3. Ugunsizturības iespējamie uzlabojumi.....	34
5. Rezultātu apkopojums	37

Darba uzdevumi

PĒTĪJUMA MĒRĶIS:

Izstrādāt metodi ekoloģisko kompozītmateriālu ražošanai no šķiedraugiem un vietējām minerālām saistvielām.

UZDEVUMI:

1. Apskatīt un analizēt dažādas kaņepju-kaļķa kompozītmateriālu ražošanas tehnoloģijas, to priekšrocības un trūkumus.
2. Teorētiski un eksperimentāli analizēt Latvijā audzētu kaņepju spaļu ietekmi uz materiāla gala īpašībām – stiprību, siltumvadītspēju, žūšanas ilgumu - izmantojot kaņepju spaļus no lielākajiem Latvijas audzētājiem/pārstrādātājiem. Izstrādāt ieteikumus to atbilstošai izvēlei.
3. Pārbaudīt ražošanas tehnoloģisko procesu ietekmi uz materiāla gala īpašībām.
4. Pārbaudīt un analizēt materiāla ugunsizturības īpašības, to uzlabošanas iespējas, lai noteiktu materiāla lietošanas ierobežojumus.
5. Apkopot iegūtos rezultātus metodē ekoloģisko kompozītmateriālu ražošanai no šķiedraugiem un vietējām minerālām saistvielām.

1. Kaņepju-kaļķa kompozītmateriālu ražošanas tehnoloģijas ietekme uz materiāla gala īpašībām

1.1. Ražošanas tehnoloģiju veidi

Kaņepju-kaļķa kompozītmateriāli galvenokārt tiek lietoti kā siltumizolācijas un norobežojošo konstrukciju materiāli, taču to iestrādes tehnoloģijas ir dažādas un no tām ir atkarīgas materiāla gala īpašības. Galvenokārt tiek lietoti šādi iestrādes/ražošanas veidi:

- Iestrāde uz vietas objektā ar veidņu palīdzību (Att. 1);
- Pildītu sienas paneļu ražošana rūpnīcā (Att. 2);
- Gatavu bloku ražošana rūpnīcā (Att. 3);
- Pūšanas metode (Att. 4);



Att. 1 Iestrāde uz vietas objektā ar veidņu palīdzību



Att. 2 Rūpnīcā ražoti gatavi sienas paneļi

1.1.1. Iestrāde uz vietas objektā ar veidņu palīdzību

Šis ir klasiskais, vissenākais un tehnoloģiski vismazāk ietilpīgais veids kā tiek iestrādāti kaņepju-kaļķa materiāli. Par nesošo konstrukciju tiek izmantots koka statņu karkass, kas tiek būvēts tāpat kā tradicionāli koka karkasu ēku būvniecībā. Pēc karkasa



Att. 3 Kaņepju-kaļķa bloku mūrēšana



Att. 4 Kaņepju-kaļķa iestrāde ar pūšanas metodi

izveides, tam abās pusēs novieto un nostiprina 1 – 1,5 m augstus, iepriekš ieeļļotus veidņus. Tad tiek veikta kaņepju kompozītmateriāla jaukšana – gravitācijas vai piespiedu darbības maisītājā kaņepju spaļiem tiek pievienota saistviela un ūdens, pēc pietiekamas samaisīšanas (aprakstīta zemāk), tiek veikta materiāla iestāde. Materiālu no augšas ver veidņos pa kārtām, ik pa 30-40 cm to noblīvējot.

Šis ir visplašāk lietotais iestrādes veids, jo vienkāršu un divstāvu individuālo ēku būvētājiem (kas ir materiāla galvenais noieta segments) šis ir tehnoloģiski vispieejamākais iestrādes veids, jo neprasa daudz specializētas tehnikas vai ražošanas telpas. Latvijā šādā veidā ir uzceltas vairākas ēkas un ar to nodarbojas divi uzņēmumi - SIA "Hemp Eco System Latvia", kas kaņepju-kaļķa materiāla iestrādes uz vietas objektā ir galvenais darbības virziens, un SIA "Esco Būve", kas darbojas ar nosaukumu "Remember Brothers" un specializējas rūpnieciski pildītu kaņepju paneļu izgatavošanā, taču ir arī izmantojuši šo būvniecības metodi. Attēlā 5. SIA "Hemp Eco System Latvia" celtā ēka Ikšķiles novadā.



Att. 2 SIA "Hemp Eco System Latvia" celtā ēka Ikšķiles novadā

Šī būvniecības veida viens no trūkumiem ir tas, ka materiāla gala īpašības precīzi var prognozēt tikai iepriekš veicot pārbaudes uz konkrētajām sastāvdaļām un iestrādes tehniku, taču tā kā nav iespējams pārbaudīt visas iespējamās materiālu un apstākļu kombinācijas, tālākajās nodaļās tiks apskatītas galveno sastāvdaļu – dažādu kaņepju spaļu un vairāku

hidraulisko kaļķu ietekme uz materiāla gala īpašībām, kā arī galveno iestrādes apstākļu ietekmi uz tām.

Šīs metodes vēl viens no mīnusiem ir kvalitātes kontroles trūkums. Tā kā maisīšana notiek uz vietas būvlaukumā un mazos daudzumos, lai būtu iespējams izstrādāt materiālu, tad nav iespējams no katra maisījuma sērijas ņemt paraugu kvalitātes kontrolei, kā tas ir iespējams rūpnieciski ražojot produktus, tā kā šim procesam iestrādājot ir jāpievērš pastiprināta uzmanība. Arī presēšanas process tiek veikts manuāli un to var kontrolēt tikai vizuāli pēc darbu pabeigšanas, turpretim rūpnīcā ražotiem izstrādājumiem presēšanu var nodrošināt mehāniski un katru reizi ar vienādu pielikto spēku.

Arī materiāla cietēšanas/žūšanas apstākļi šim iestrādes veidam pieskaitāmi pie trūkumiem, jo tos nav iespējams īpaši kontrolēt. Žūšanas apstākļi šajā gadījumā ir atkarīgi no laikapstākļiem, kas nozīmē, ka tos nevar kontrolēt un šis būvniecības veids pakļaujas sezonālībai, jo arī kaņepju-kaļķa materiālus cietēšanas procesā, līdzīgi kā betonu, nedrīkst pakļaut sala iedarbībai, lai tehnoloģiski saistītais, bet vēl neizžuvušais ūdens neizplestos un nesagrautu saistvielas saites. Arī ilgstoša mitruma apstākļi iestrādes brīdī materiālam nav vēlami, jo tas ilgstoši nežūst un var nelabvēlīgi ietekmēt materiāla gala īpašības (apskatīts nākamajās nodaļās). Arī lai veiktu tālāku apdari, materiālu būtu pilnībā jāizžāvē, taču to bez speciālām iekārtām nav iespējams kontrolēt, kas var novest pie paaugstināta mitruma ieslēgšanas materiālā, kam būs jāizžūst jau ēkas ekspluatācijas gaitā, kas nelabvēlīgi ietekmēs iekšējo klimatu un siltumtehnikas īpašības.

Šīs metodes galvenā priekšrocība ir zemā tehnoloģiskā ietilpība, kas tajā pašā laikā ir arī metodes mīnuss. Kā priekšrocība tā uzskatāma priekš individuālo ēku būvētājiem, jo nav nepieciešamas specializētas iekārtas, maisīšanai iespējams izmantot gravitācijas tipa betona maisītāju (tālākās nodaļās apskatīta tā piemērotība), kā veidņus var izmantot rūpnieciski ražotus vai paštaisītus betona veidņus. Iestrāde notiek manuāli berot veidņos materiālu no augšas un ik pēc 30-40 cm nopresējot.

Šī zemā tehnoloģiskā ietilpība ir arī metodes mīnuss, jo tai ir liela cilvēkresursu ietilpība, to nav iespējams mehanizēt vai automatizēt, tādējādi tā nav tik efektīva un ir ierobežota uz individuāla plānojuma mazstāvu koka statņu apbūvi.

1.1.2. Pildītu sienas paneļu ražošana rūpnīcā

Šis ir salīdzinoši jauns kaņepju-kaļķa materiāla iestrādes paņēmieni, kas sācis izplatīties tieši saistībā ar moduļu un saliekamo koka paneļu ēku būvniecības izplatīšanos. Tā

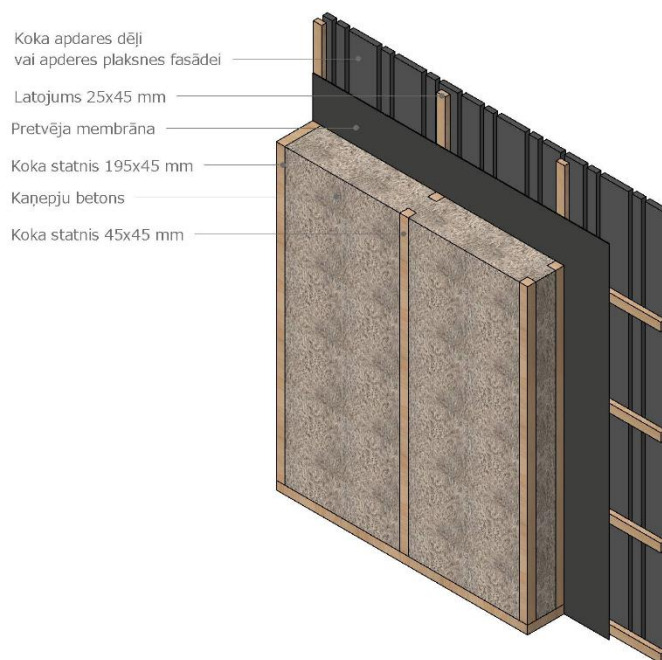
galvenie principi un izgatavošanas/uzstādīšanas metode uz vietas būvlaukumā ir tādi paši kā tradicionālām saliekamo koka paneļu ēkām, vienīgā atšķirība ir pašu paneļu izgatavošanas process rūpnīcā. Montāža uz vietas notiek tik pat ilgi kā saliekamo koka paneļu ēkām, piemēram, 180 m² ēku (Att. 6.) ir iespējams samontēt 5 dienās.

Ātrā montāža uz vietas būvlaukumā ir viena no šīs metodes priekšrocībām, jo ievērojami tiek samazināta būvdarbu darbietilpība, būvlaukuma uzturēšana un kopējais ēkas būvniecības laiks. Vēl viena no šīs metodes priekšrocībām ir tāda, ka montāžu var veikt jebkuros laikapstākļos un gadalaikā, jo paneļi ir iepriekš izžāvēti rūpnīcā, tāpēc sala vai paaugstināta mitruma iedarbība tiem nav kaitīga. Pārējie darbi būvlaukumā pēc paneļu montāžas tiek veikti kā tradicionālām saliekamo koka paneļu ēkām.



Att. 3 180 m² kaņepju-kaļķa paneļu ēkas montāža Ādažos

Kaņepju-kaļķa koka paneļus izgatavo uz vietas rūpnīcā. Tie tiek veidoti no koka statņu karkasa izmantojot standarta biezuma statņus – 195x45 un 45x45 mm (Att. 7). Tad industriāla tipa piespiedu maisītājā tiek samaisīti kaņepju spaļi ar saistvielu un ūdeni un iestrādāti paneļos nopresējot tos ar konkrētu spiedienu. Tad paneļi tiek novietoti žāvēties – vai nu ar piespiedu metodēm (žavkamerās) vai dabiskā veidā, pēc izžūšanas tie tiek transportēti uz būvlaukumu.



Att. 4 Kaņepju-kaļķa pildīts koka statņu panelis

Galvenā priekšrocība šādai ražošanas tehnoloģijai ir iespēja maksimāli mehanizēt darbus, padarot tos daudz mazāk darbietilpīgus, jo visa gatavo un izejmateriālu transportēšana notiek ar iekrāvējiem, tikai paneļu aizpildīšana šobrīd ir darbietilpīgs process, bet nepieciešamības gadījumā arī to var mehanizēt.

Vēl viena priekšrocība ir iespēja kontrolēt un pilnībā izžāvēt materiālu līdz nepieciešamajam mitrumam. Kā jau iepriekš norādīts, tas atļauj izvairīties no materiāla bojāšanās un šāda metode atļauj paneļus, kas ir pilnībā izžuvuši, uzstādīt arī ziemas apstākļos. Žāvēšanas metodi var izvēlēties tādu, kāda ir ekonomiski pamatotākā, lai projektu izpildītu noteiktajā laika periodā, jo var izmantot gan piespiedu darbības metodes, kā žāvēšana kamerās vai skapjos, kas prasa papildus līdzekļus, gan dabiskās žāvēšanas metodes gan telpās, gan, pasargājot no nokrišņiem, ārtelpās, nodrošinot pietiekamu gaisa cirkulāciju un zemu relatīvo gaisa mitrumu.

Ražošanas procesu rūpnīcā ir daudz vienkāršāk kontrolēt arī no kvalitātes viedokļa, jo izlases veidā var ņemt paraugus no maisījuma, lai tos pēc cietēšanas pārbaudītu. Tāpat arī materiāla presēšanu var daudz vienkāršāk kontrolēt, izmantojot vienāda svara vai vienāda pieliktā spēka presi.

Kā mīnusu var minēt to, ka šāda veida ražošanas process savā sākotnējā posmā ir ļoti resursu ietilpīgs, kas nozīmē, ka šādu metodi var izvēlēties, ja tiek plānots šajā sfērā

darboties ilgstoši un tam attiecīgajā brīdī ir pieprasījums, lai tas būtu pietiekami ekonomiski pamatoti.

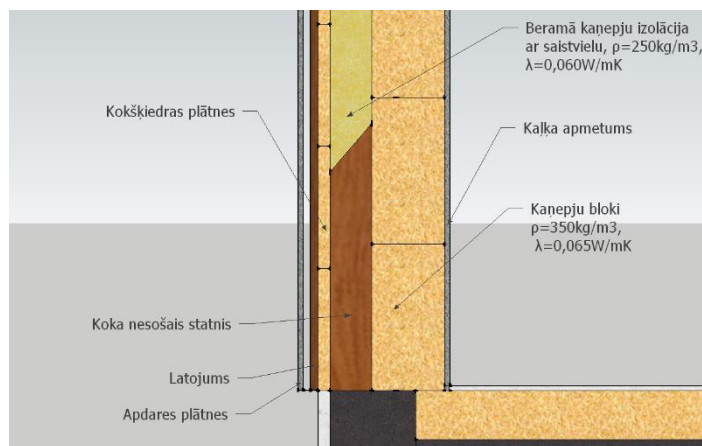
1.1.3. Gatavu bloku ražošana rūpnīcā

Arī šī ir salīdzinoši jauna metode kā iestrādāt kaņepju-kaļķa kompozītmateriālus. Metodes pamatā ir bloki vai plātnes, kas tiek ražoti rūpnīcā, bet uz vietas būvlaukumā tiek montēti vai mūrēti, atkarībā no pielietojuma, jo ar šo metodi ražotus materiālus var izmantot gan esošu ēku siltināšanā, gan arī jaunbūvēs kā siltināšanas un norobežojošās konstrukcijas materiālus.

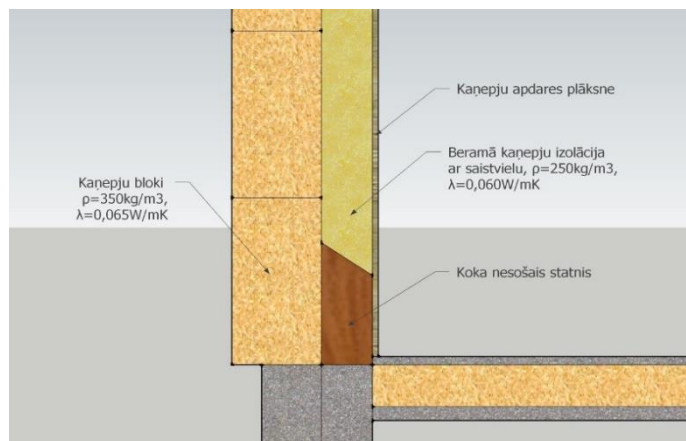
Daži no iespējamajiem pielietojumiem redzami attēlos zemāk (Att. 8 – 11). Šādi ražotus blokus var izmantot koka statņu ēkās, tos var izvietot uz iekšu (Att.8) vai āru (Att. 9) no nesošās statņu konstrukcijas, vai abās pusēs. Vieta starp statņiem tiek aizpildīta ar beramā veida kaņepju izolāciju ar nelielu saistvielas daudzumu. Ar šādiem blokiem var veidot gan ventilējamās, gan neventilējamās fasādes.

Šos blokus plātnes var izmantot, lai siltinātu gan jaunas, gan esošas betona/mūra/bloku ēkas. Blokus no ārpuses iestrādā pēc līdzīga principa kā siltumizolācijas plātnes - pielīmē un piestiprina ar dībeļiem. Perspektīva ir arī metode izmantot blokus siltināšanai no ēkas iekšpuses, taču vēl jāveic pētījumi, par ietekmi uz esošajām konstrukcijām.

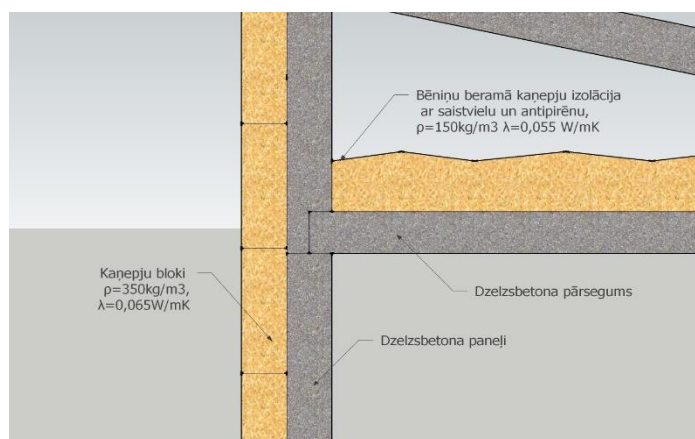
Šādā veidā ražotiem kaņepju-kaļķa siltināšanas materiāliem ir tās pašas pozitīvās īpašības, kā paneļiem, ja ņem vērā ražošanu rūpnīcā, taču ir lielāka darbietilpība uz vietas



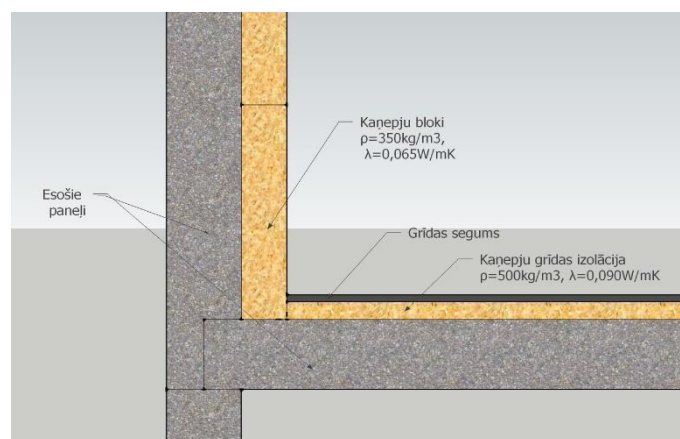
Att. 8 Koka statņu karkass ar bloku izvietojumu iekšpusē



Att. 9 Koka statņu karkass ar bloku izvietojumu ārpusē



Att. 10 Dzelzsbetona paneļu ēkas siltināšana ar kaņepju blokiem



Att. 5 Paneļu ēkas siltināšana ar kaņepju blokiem no iekšpuses

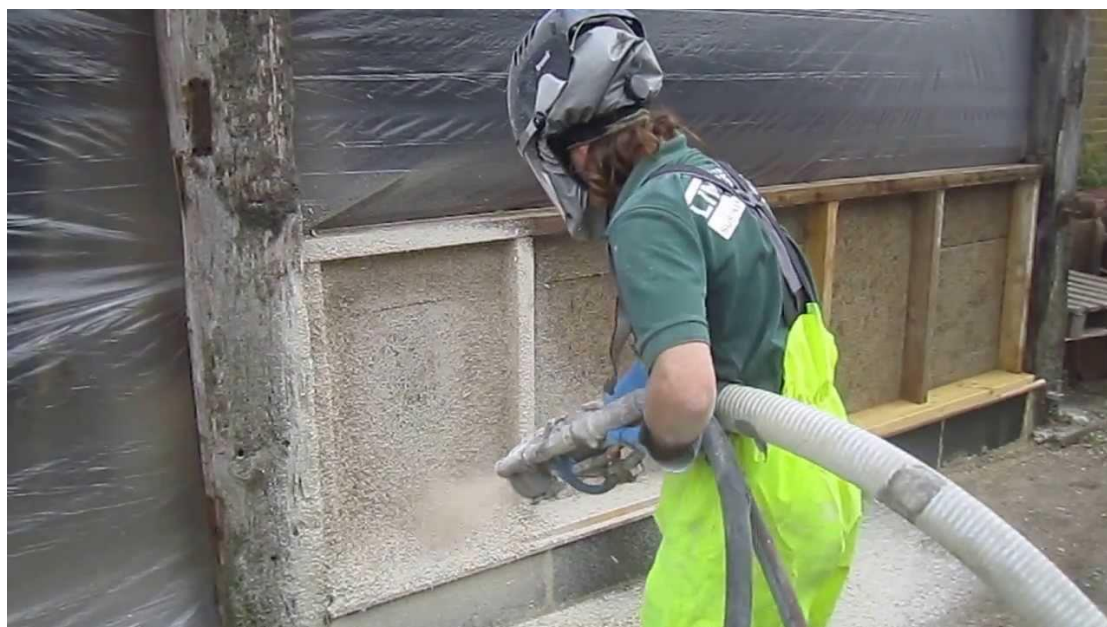
objektā koka statņu ēkas gadījumā. Taču bloki ir pielietojami vietās, kur iepriekšējās tehnoloģijas nav izmantojamas – piemēram esošu daudzstāvu betona/mūra ēku siltināšanā. Arī šīs metodes mīnuss ir augstās sākotnējās izmaksas ražošanas uzsākšanai.

1.1.4. Pūšanas metode

Šī metode tiek plaši lietota Anglijā un Francijā, taču citās valstīs šī metode tiek lietota ļoti ierobežoti. Metode ir līdzīga iestrādei uz vietas ar veidņiem – vispirms tiek veidots koka statņu karkass a veidņiem vienā pusē, pārsvarā iekšpusē. Tad ar speciālas iekārtas palīdzību, līdzīga tai kādu lieto pūšamās celulozes vates iestrādei ar slapjo metodi, kaņepju spaļu un saistvielas maisījums tiek ar spiedienu pūsts uz sienas un pie pašas izejas no caurules, tas sajaucas ar izsmidzinātu ūdeni, kas tiek padots atsevišķi (Att. 12). Pēc tam materiāls tiek izlīdzināts par vadulām izmantojot koka esošos koka statņus.

Šīs metodes galvenais mīnuss ir speciālas tehnikas nepieciešamība, kas nav pielietojama citiem mērķiem, kā arī ar šo metodi materiālā tiek iestrādāts vairāk liekais tehnoloģiskais ūdens, kas paildina žūšanas laiku.

Kā priekšrocību šai metodei var minēt ātro iestrādes laiku, taču tai ir vairāki trūkumi līdzīgi kā iestrādei ar veidņu palīdzību – apgrūtināta kvalitātes kontrole, laikapstākļu ietekme uz iestrādes laiku un žūšanas ilgumu.



Att. 6 Kaņepju-kaļķa kompozīta iestrāde ar pūšanas paņēmieni

2. Kaņepju spaļu ietekme uz materiāla īpašībām

2.1. Spaļu veidi

Lai pārbaudītu kaņepju spaļu ietekmi uz materiāla īpašībām, tika izvēlēti 8 dažādi spaļu veidi no lielākajiem Latvijas kaņepju šķiedru pārstrādātājiem. No katra ražotāja tika izvēlēti vairāku veidu spaļi – tie atšķīrās ar spaļu izmēriem, šķiedras daudzumu un putakļainību, tas viss ir atkarīgs no pārstrādes procesa, jo, lai iegūtu tīrākus un smalkākus spaļus, tie vairākas reizes atkārtoti jāapstrādā.

Pārstrādātā apjoma ziņā lielākā ražotne ir z/s “Rudeņi”, šeit tiek pārstrādāta gan pašas z/s izaudzētā produkcija, gan citu Zemgales audzētāju, kā arī tiek iepirkts materiāls no Lietuvas. Kopējais spaļu apjoms 2014. gadā pārsniedza 140 tonnas. Tika izvēlēti trīs veidu spaļi – 1. mazie(RM)(14. attēls) – vairākkārt pārstrādāti, tādējādi samazinot spaļu izmērus, 2. lielie(RL) – mazāk reizes pārstrādāti, ar lielākiem spaļu izmēriem un spaļi ar šķiedru (RS) – ar lielu šķiedras daudzumu, šo spaļu tālāka attīrīšana no šķiedras ar pieejamo tehnoloģiju vairs nav iespējama.

Otra veida spaļi ņemti no kaņepju spaļu pārstrādes līnijas z/s “Lieplejas”, Salacgrīvas novadā, kopējais pārstrādes apjoms – ap 40 t spaļu gadā. Ņemti divu veidu spaļi – LM ar mazāku frakciju un LL ar lielāku, kas izgājuši mazāku pārstrādes ciklu skaitu.

ZM un ZL spaļi ņemti no SIA “Zalers” kaņepju un linu pārstrādes uzņēmuma Krāslavas rajonā, kopējais pārstrādes daudzums – ap 40 t kaņepju spaļu gadā. Ņemti divu veidu paraugi pa tiešo no pārstrādes – ZM ar mazāku frakciju nekā ZL.

Vēl izmantoti spaļi EE, kas ir nākuši no Latgales Lauksaimniecības zinātnes centra, kur veikta kaņepju tilināšana uz lauka un pēc tam 100% attīrīta un putekļiem un citiem piemaisījumiem. Šis spaļu veids ir eksperimentāls un nav iegūstams lielos daudzumos, taču var aprādīt tendenci vai šāda spaļu apstrāde var uzlabot kaņepju siltumizolācijas materiāla īpašības. Iegūtie spaļi tika sijāti caur sietiem, lai noteiktu to granulometrisko sastāvu, rezultāti redzami tabulā(1. tabula) kā procenti no kopējās masas.



Att. 13 Izvēlētie 8 dažādie spaļu veidi

1. Tabula Kaņepju spaļu granulometriskais sastāvs un fizikālās īpašības

Nr.	Piegādātājs	Reģions	Apzīmējums	Šķiedra	>20mm	10-20mm	0,63-10 mm	Putekļi	Blīvums, kg/m ³	Siltum vadītsp. W/m*K	Mitrums, %
1	z/s "Rudeņi"	Jelgavas novads	RM	1,7%	0,5%	3,7%	92,0%	2,2%	108,36	58,07	11,75%
2	z/s "Rudeņi"	Jelgavas novads	RL	1,7%	4,1%	12,2%	71,4%	10,5%	78,43	55,28	6,15%
3	z/s "Rudeņi"	Jelgavas novads	RS	6,4%	5,2%	9,4%	78,1%	0,9%	64,64	56,89	6,94%
4	z/s "Lieplejas"	Salacgrīvas novads	LM	0,2%	0,2%	11,7%	86,3%	1,5%	87,66	53,48	7,47%
5	z/s "Lieplejas"	Salacgrīvas novads	LL	1,0%	0,8%	27,0%	68,8%	2,4%	87,14	57,43	10,23%
6	Exp.	Vijānu novads	EE	7,8%	4,5%	22,0%	65,1%	0,7%	65,38	56,69	6,87%
7	SIA „Zalers”	Krāslavas novads	ZM	3,3%	3,2%	8,0%	84,2%	1,2%	72,26	51,87	6,77%
8	SIA „Zalers”	Krāslavas novads	ZL	1,7%	4,6%	19,4%	74,1%	0,1%	94,06	57,38	7,75%

2.2. Paraugu izgatavošana

Veidņu sagatavošana

Pirms paraugu izgatavošanas tiek veikti sagatavošanās darbi, vispirms veidņu sagatavošana. Veidņi veidoti no 28 mm bieza mitrumizturīgā finiera, tiem četros stūros izveidoti caurumi M10 vītņstieņu ievietošanai. Veidņi tiek ieeļļoti ar veidņu eļļu, lai paraugi cietējot nepieliptu to virsmām(15. attēls).

Sastāvdaļu sagatavošana

Pirms maisīšanas tiek sagatavotas un iesvērtas visas sastāvdaļas – kaņepju spaļi, saistviela un ūdens. Tiek iesvērts 2 kg spaļi (ja tiek jaukti divu veidu spaļi, tad attiecība ir 1:1) un 3,4 kg saistvielas, to attiecība ir 1:1,7. Izmantotā saistviela sastāv no 60% dolomītkalķa DL60 un 40% hidrauliskas piedevas. Saistviela tiek iepriekš samaisīta. Kopējais lietotais ūdens daudzums ir 4,86 litri.

Maisīšanas process

Maisīšanai tiek izmantots firmas BHS piespiedu darbības laboratorijas maisītājs DKX 0.06 (16. attēls). Sākumā maisītājā tiek ievietots noteiktais spaļu daudzums – 2 kg. Tad maisītājs tiek ieslēgts uz noteikto ātrumu – 58 apgriezieniem minūtē. Spaļiem maisoties, neatkarīgi no to izcelsmes, izdalās putekļi, atšķirīgs ir tikai putekļu daudzums. Tā kā tieši virs maisītāja atrodas gaisa nosūcējs (attēlā), tad gandrīz visi putekļi tiek iesūkti, bez nosūcēja telpā būtu liels daudzums putekļu, kas nozīmē, ka šāds nosūcējs ir svarīga kaņepju bloku ražošanas procesa sastāvdaļa.

Pēc 30 sekundēm maisīšanas procesa, vienmērīgi lejot pār visām kaņepēm no mērtrauka, aptuveni 30 sekunžu laikā tiek izsmidzināts 2 litri ūdens. Pēc sajaukšanās ar ūdeni, putekļi vairs neizdalās, ja aptur maisītāju un uz tausti pārbauda spaļus, tad tie ir viegli mitri.

Spaļiem ļauj vēl minūti maisīties, tad, neapturot maisīšanu, pievieno iepriekš iesvērtu saistvielu. To pievieno vienmērīgi izberot pāri visiem spaļiem, visas saistvielas izbēršana notiek aptuveni 20 sekunžu laikā. Šajā procesā arī neliela daļa no saistvielas putekļu veidā paceļas gaisā un tiek iesūkta nosūcējā, taču ātri aplīp ap spaļiem un tad putekļi vairs neizdalās.

Maisīšana noteikt vēl 30 sekundes, tad tiek pievienots atlikušais ūdens daudzums – 2,86 L – tādā pašā veidā, kā iepriekšējo reizi – vienmērīgi izsmidzinot pus minūtes laikā. Pēc tam spaļiem atļauj maisīties vēl divas minūtes.

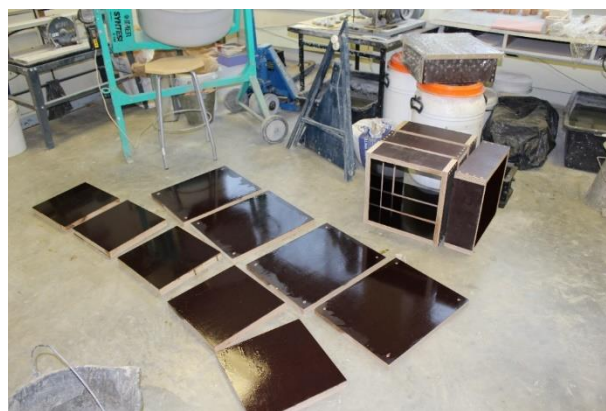
Pēc šīm divām minūtēm, neapturot maisīšanu, ar sviras palīdzību tiek atvērta maisītāja apakšējā lūka, pa kuru, iepriekš apakšā paliktā vannā, izbirst viss kaņepju maisījums. Kad visa masa ir izbirusi, lūka tiek aizvērta un maisītājs tiek izslēgts.

Parauga veidošana

Tad no maisījuma tiek iesvērti 8 kg, kas tiek ievietoti iepriekš saelļotajā veidnī. Ievietošana notiek pa kārtām – aptuveni 4 cm bieziem slāņiem, kur tiek ar roku viegli piespiesti. Uzmanīgi tiek aizpildīti veidņa stūri, lai neveidotos tukšumi. Kad visa masa ir ievietota tā sasniedz veidņa augšējo malu – 14 cm atzīmi. Tad tiek uzlikta presējošā starplika – 4 cm bieza – kura ar vītņstieņu pievilkšanu sakompresē visus paraugus līdz vienādam biezumam – 4 cm (17. attēls).



Att. 7 Zz/s “Rudeņi” kaņepju spaļi RM



Att. 8 Veidņu eļļošana



Att. 16 Piespiedu darbības maisītājs



Att. 17 Maisījuma ievietošana veidnī



Att. 18 Paraugi pēc sakompresēšanas



Att. 19. Paraugu svēršana

Paraugu atveidņošana

Pēc divu diennakšu cietēšanas paraugi tiek atveidņoti atskrūvējot vītņstienus, izspiesti no veidņiem. Pēc divām diennaktīm tie ir pietiekami cieti transportēšanai, tie tiek nosvērti un novietoti vertikāli, lai lielākam virsmas laukumam piekļūtu gaiss. Paraugi cietē laboratorijas apstākļos pie 20 °C un 40% relatīvā gaisa mitruma (22. attēls).

Tā kā no materiāla žūšanas apstākļu testa, kas jau bija veikts (aprakstīts zemāk), tika noskaidrots, ka pēc 30 dienu cietēšanas šādos apstākļos paraugi ir gandrīz pilnībā izžuviši, arī šie paraugi tika žāvēti pēc līdzīga principa, to svars tika regulāri pārbaudīts, pēc 30 dienām tie tika ievietoti žāvējamā skapī uz 5 dienām 50 °C temperatūrā un pēc izņemšanas uzrādīja, ka tie bija gandrīz pilnībā izžuviši jau pirms ievietošanas žāvēšanas skapī.

Paraugu siltumvadītspējas noteikšana

Paraugu siltumvadītspējas testēšana notiek izmantojot kompānijas LaserComp siltumplūsmas mērītāju FOX600 (23. attēls), kas kalibrēts pēc NIST sistēmas. Paraugus ievieto mēraparātā, tiem apkārt tiek novietota minerālvate, jo tie neaizņem visu mēraparāta laukumu, taču 350*350 mm paraugi pilnībā nosedz mēraparāta centrā izvietotos siltuma plūsmas sensorus, kas izvietoti 258*258 mm laukumā.

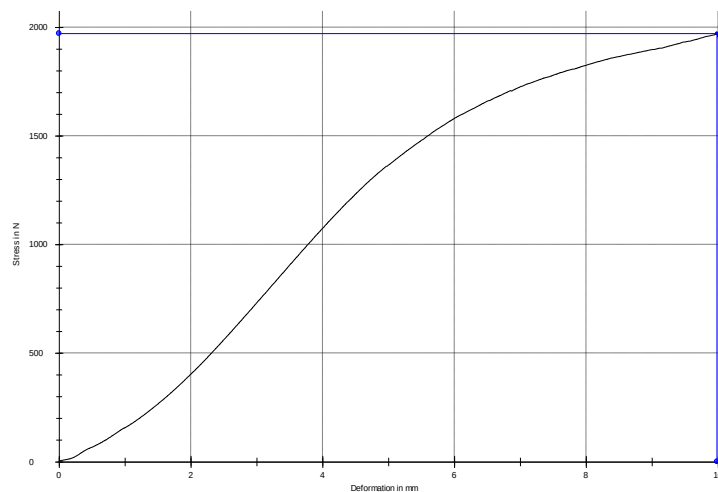
Paraugi tiek testēti sekojot standarta LVS EN 12667 vadlīnijām. Pēc parauga ievietošanas, mērinstruments automātiski nosaka to augstumu, tiek uzstādīti apstākļi – augšējā plāksne 0 °C, apakšējā 20 °C, tādējādi tiek panākta 20 grādu starpība. Pēc testa beigām mēraparāts norāda siltumvadītspējas mērījumu pie augšējās un apakšējās plāksnes, vidējais no šiem lielumiem ir materiāla siltumvadītspēja.

Paraugu spiedes un lieces testēšana

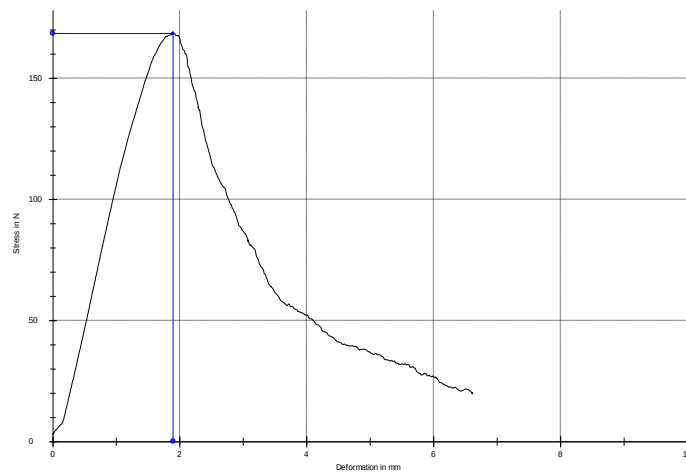
Pēc paraugu siltumvadītspējas noteikšanas tie tika sagatavoti spiedes un lieces testiem. Paraugi tika sazāģēti divos paraugos ar izmēriem 100*100*augstums mm un vienā paraugā ar izmēriem 150*350*augstums mm. Paraugi tika pārbaudīti universālajā testēšanas iekārtā Zwick Z100 (24. un 25. attēls), pielikts spiediens ar 10mm/minūtē, spēka-deformāciju diagramma tiek ierakstīta katrā spiešanas procesā. Spiedē tests tiek izpildīts līdz 10% parauga deformācijām, liecē – līdz sabrukumam. Lai rezultāts būtu precīzāks, tad testā sākumā tiek pielikts 5 N priekšspiediens. Laidums starp lieces punktiem – 250 mm.

Tipiska spiedes diagramma redzama 20. attēlā – sākumā spēka-deformāciju diagramma iet lineāri, tad pie 5mm notiek matricas sabrukums un deformācijas pieaug straujāk kā pieliktais spēks. Atšķirība no citu materiālu spēka deformāciju diagrammām, kaņepju-kaļķa materiālam pēc matricas sabrukuma pieliktais spēks vēl turpina pieaugt, jo tālāk tiek spiesti kaņepju spaļi, taču, kad paraugs tiek atslogots tas vairs neturas kopā.

Tipiska lieces diagramma redzama 8. attēlā – spēks pieaug lineāri līdz apmēram 120-160 N un deformācijām 2-5 mm, tad parādās plaisa (21. attēls) un paraugs sabrūk.



Att. 20 2. parauga spiedes testēšanas diagramma



Att. 21 3. aprauga lieces testēšanas diagramma



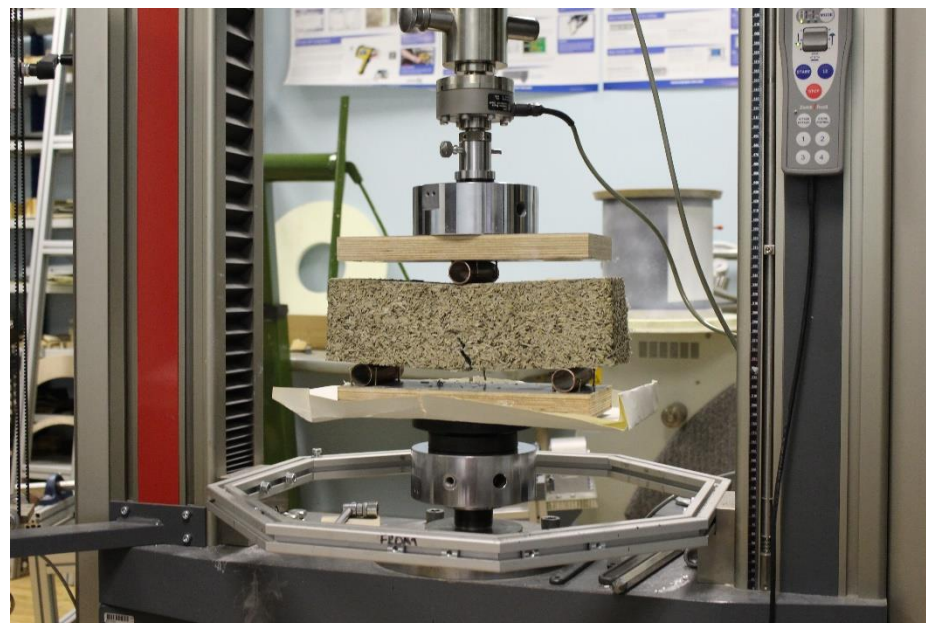
Att. 22 Paraugu žāvēšana



Att. 23 Fox600 siltumplūsmas mērītājs



Att. 24 Spiedes testēšana uz Zwick Z100



Att. 25 Lieces testēšana uz Zwick Z100

2.3. Rezultātu analīze

Dažādu Latvija audzētu spaļu ietekmi uz materiāla gala īpašībām var redzēt apkopotu 2. tabula. Apskatot blīvuma tabulu var redzēt, ka tas nav ievērojami atšķirīgs – no 349,30 līdz 362,87 kg/m³. Blīvums gan ir tikai indikatīvs lielums pārējām materiāla īpašībām un viens pats lielu lomu nespēlē.

Materiālu siltumvadītspēja gan ir atšķirīgāka nekā blīvums - no 0,0708 līdz 0,0778 W/m*K un var redzēt, ka tas tieši nekorelē ar blīvumu, jo EE spaļiem, kam ir viszemākā siltumvadītspēja nav viszemākais blīvums, kā arī RM+LM spaļiem kam ir vissliktākā siltumvadītspēja nav vislielākais blīvums. Ja materiāliem ir vienāds blīvums, tad, kā jau agrāk pierādīts, vislielāko ietekmi uz materiāla siltumvadītspēju dod tieši granulometriskais sastāvs, jo šiem materiāliem ir svarīgi, lai tiktu aizpildīti visi tukšumi ar spaļiem, jo tiem ir slēgtas poras, kas nodrošina labāku siltumvadītspēju kā tukšumi starp spaļiem. Tomēr šis aizpildījums nevar tikt veidots tikai ar maza izmēra spaļiem, tāpēc ka, jo vairāk spaļi tiek drupināti, jo vairāk tiek bojāta to poru struktūra. Tas nozīmē, ka veidojot paraugu no spaļiem, kas visi būtu ar izmēriem mazākiem par 10 mm, tā siltumvadītspēja būtu vēl augstāka. To labi parāda paraugi, kur jaukti kopā divi mazu izmēru spaļi, piemēram, 16.

2. tabula, dažādu spaļu ietekme uz materiāla īpašībām

Nr.	Spaļi	Saistviela	Blīvums, kg/m ³	siltumvadītspēja, W/m*K	Spiede, MPa	Liece, MPa
4	RM	DL	359,15	0,0777	0,213	0,053
9	RL	DL	355,28	0,0737	0,174	0,053
10	LL	DL	361,41	0,0745	0,140	0,021
11	LM	DL	358,67	0,0776	0,203	0,039
12	RS	DL	349,30	0,0771	0,211	0,038
13	EE	DL	355,11	0,0708	0,253	0,043
14	RM+EE	DL	362,87	0,0775	0,218	0,054
15	RM+RL	DL	356,08	0,0762	0,240	0,049
16	RM+LM	DL	361,90	0,0778	0,337	0,039
17	LM+LL	DL	358,51	0,0761	0,241	0,049
18	ZM	DL	356,57	0,0760	0,204	0,039
19	ZL	DL	364,16	0,0766	0,156	0,021

paraugs, kam ir visaugstākā siltumvadītspēja.

Arī materiāla spiede un liece ir ļoti atkarīga no granulometriskā sastāva, diapazons spidei ir no 0,140 – 0,337 MPa, liecei no 0,021 līdz 0,059 MPa. Spiedes/lieces attiecība ap 5:1 ir tipiska kaņepju kaļķa materiāliem. No rezultātiem var redzēt, ka paraugi, kur izmantoti lielākas granulometrijas spaļi uzrāda sliktāku spiedes un lieces stiprību. Tas ir saistīts ar diviem iemesliem – 1. paraugos ar lielāku frakciju ir arī lielāks putekļu daudzums, kas veido slāni apkārt spaļiem, kas neļauj pielipt saistvielai, - 2. dēļ tā, ka ir daudz lieli spaļi, veidojas neviendabīgs sastāvs ar vājākiem ieslēgumiem, kas ātrāk deformējas. Uz to norāda gan EE paraugs, kurā nav putekļi, gan RM+LM paraugs, kurā ir mazu izmēru spaļi abi uzrāda augstu spiedes stiprību.

Analizējot spaļu piemērotību kaņepju-kaļķu kompozītu ražošanai, tad ņemot par atskaiti blīvumu un siltumvadītspēju, var secināt ka visu veidu spaļi, izņemot EE, ir derīgi šo izstrādājumu ražošanai, jo EE spaļi tika izmantoti tikai eksperimentāliem nolūkiem, šobrīd to iegūšana rūpnieciskos apjomos nebūtu iespējama. Un starp pārējiem paraugiem siltumvadītspējas ziņā nav ievērojamas atšķirības, RL un LL uzrāda nedaudz labāku rezultātu, taču to stiprība nav apmierinoša.

Ja vērtē no normatīvu viedokļa, tad pēc šobrīd spēkā esošajiem Noteikumiem par Latvijas būvnormatīvu LBN 002-15 “Ēku norobežojošo konstrukciju siltumtehnika”, tad pieņemot vidējo siltumvadītspēju 0,077 W/m²*K, ar 450 mm biezu sienu būtu pietiekami, lai apmierinātu normatīvās vērtības. No šāda viedokļa ņemot, visi izvēlētie spaļi varētu tikt izmantoti kaņepju-kaļķa siltumizolācijas materiālu ražošanai.

Vērtējot izvēlētos spaļus no stiprības viedokļa, jāņem vērā, ka materiāls ir paredzēts gan pašnesošs, lietojot kopā ar nesošo koka karkasu, gan kā siltumizolācijas bloki un plātnes, kuras, ja uzlabotu materiāla ugunsreakciju, varētu izmantot arī daudzstāvu ēku siltināšanai. Par robežstiprību šādam pielietojumam spiedē tiek pieņemti 0,2 MPa un liecē 0,04 MPa. No šāda viedokļa perspektīvi ir RM, LM, RM+RL, RM+LM, LM+LL paraugi, tātad paraugi, kuru vismaz puse no sastāvdaļām bija mazās frakcijas spaļi. To apstiprina arī iepriekšējos pētījumos iegūtie rezultāti, kuri norāda, ka lai iegūtu pietiekamas stiprības paraugus, vismaz

daļai no izmantotajiem spaļiem jābūt ar mazo frakciju. Spaļu veids neradīja ievērojamas izmaiņas žūšanas ātrumā, visi paraugi bija gandrīz pilnībā izžuvuši 30 dienu laikā.

3. Ražošanas tehnoloģisko procesu ietekme uz materiāla gala īpašībām

3.1. Žūšanas apstākļu ietekme uz materiāla īpašībām

3.1.1. Paraugu izgatavošana

Žūšanas apstākļu ietekmei uz materiāla īpašībām tika izvēlēti 6 dažādi žūšanas apstākļi. Maisīšanas procesi neatšķirās no iepriekšējā nodaļā aprakstītā, arī veidņošanas process 5 no 6 paraugiem neatšķirās. Viens no paraugiem (nr. 2) tika ievietots veidnī, kura visās plaknes šahveidā bija izurbti 20 mm diametra caurumi ar atstarpi 50 mm starp caurumu centriem. Tas tika darīts, lai paraugs sāktu cietēt ātrāk saskarē ar gaisu nekā citi paraugi.

Materiāli tika atveidoti pēc divām diennaktīm un, tad pēc vēl divām nosvērti. Rezultāti ir apkopoti 3. tabulā. Pēc svēršanas paraugs nr. 1. tika ievietots žāvēšanas kamerā uz 7 dienām pie 50 OC temperatūras, bet paraugs nr. 5. tika ietīts plēvē. Vēl pēc desmit dienām paraugi tika nosvērti un arī 6. paraugs tika ievietots žāvēšanas kamerā. Pēc 30 dienām atlikušie paraugi tika nosvērti, 5 paraugs tika iztīts no plēves un visi izņemot 3. paraugu tika ievietoti žāvēšanas skapī uz 5 diennaktīm.

Paraugu testēšana notika tāpat kā iepriekšējajiem paraugiem, tikai 5. paraugs savas zemās stiprības dēļ netika testēts uz stiprību. Rezultāti apkopoti 4. tabulā.

3. Tabula Paraugu žūšanas ātrums atkarībā no metodes

Nr.	Žūšanas apstākļi	Pēc izžāvēšanas, kg/m ³	Pirms žāvēšanas, kg/m ³	30 dienas, kg/m ³	10 dienas, kg/m ³	2 dienas, kg/m ³
1	atveidņo, pēc 2 d. kamerā	355,11	586,04	-	-	586,04
2	caurais veidnis, pēc 30 d. kamerā	355,85	360,34	360,34	443,15	560,57
3	labr. apst.	363,13	-	364,08	462,43	567,37
4	30 dienas, tad kamerā	364,56	369,64	369,64	485,53	594,05
5	plēvē	343,47	556,84	556,84	571,31	587,45
6	10 dienas, tad kamerā	355,87	465,57	-	465,57	587,41

3.1.2. Žūšanas apstākļu ietekme uz gala īpašībām

Apskatot 4. tabulu var redzēt žūšanas apstākļu ietekmi uz materiāla blīvumu. No tabulas var redzēt, ka atvērumu izveidošana veidnī nedeva ievērojamu žūšanas ātruma

4. Tabula Kaņepju-kaļķa kompozītu īpašības atkarībā no žāvēšanas apstākļiem

Nr.	Spaļi	Saistviela	Žūšanas apstākļi	Blīvums, kg/m ³	siltumvadītspēja, W/m*K	Spiede, MPa	Liece, MPa
1	RM	DL	atveidņo, pēc 2 d. kamerā	355,11	0,0795	0,201	0,048
2	RM	DL	caurais veidnis, pēc 30 d. kamerā	358,67	0,0796	0,202	0,055
3	RM	DL	labr. apst.	368,52	0,0798	0,221	0,060
4	RM	DL	30 dienas, tad kamerā	359,15	0,0777	0,213	0,053
5	RM	DL	plēvē	347,04	0,0791	0,000	0,000

pieaugumu, jo pēc divu dienu žūšanas 2. parauga blīvums, lai arī ir viszemākais, tomēr ir tikai par 7 kg/m³ mazāks kā 3. paraugam.

6	RM	DL	10 dienas, tad kamerā	359,88	0,0788	0,209	0,049
---	----	----	--------------------------	--------	--------	-------	-------

1. Paraugs tika ievietots žāvēšanas skapī uz 7 diennaktīm un šajā laika posmā pilnībā izžuva, kas nozīmē, ka kopumā no parauga izgatavošanas līdz pilnībā sausam stāvoklim pagāja 11 dienas. 6. paraugs tika ievietots kamerā pēc 10 dienām cietēšanas un izžuva 5 diennakšu laikā. 2. un 4. paraugs tika ievietots kamerā pēc 30 dienām, bet kā redzams no tabulas, pēc 30 dienu cietēšanas laboratorijas apstākļos, tie jau bija gandrīz izžuvuši. Tāpat žāvēties tika

ielikts 5 paraugs, vispirms tas tika izņemts no plēves.

Apskatot tabulu nr. 4., kur redzama žūšanas apstākļu ietekme uz materiāla īpašībām, var pirmkārt redzēt, ka materiāla ietīšana plēvē un tādejāda pakļaušana ilgstošai mitruma iedarbībai nedod pozitīvu ietekmi uz materiāla mehāniskajām īpašībām, jo materiāls bija tik trausls, ka to nebija iespējams sazāgēt nepieciešamajos izmēros mehānisko īpašību pārbaudei. Šis novērojums ir līdzīgs tam, ka materiāla iekšpuse pēc pārzāģēšanas ir daudz trauslāka un drupanāka nekā ārējā čaula, literatūrā tam ir doti dažādi izskaidrojumi, piemēram:

- Iekšējais materiāls nesaņem gaisa apmaiņu, tādējādi nenotiek kaļķa karbonizēšanās;
- Papildus mitruma ietekmē no kaņepju spaļiem izdalās organiskas vielas, kas traucē saistvielai sacietēt;
- Kaņepju spaļi savas higroskopiskās dabas dēļ uzņem ūdeni no saistvielām, tādējādi atņemot cietēšanas procesam nepieciešamo ūdeni;

Tomēr tas, ka 5. paraugs pēc cietēšanas plēvē bija tik trausls, kā arī līdzīgi pētījumi ar cementa bāzes, magenziālām un iepriekš mineralizētām organiskām pildvielām liek secināt, ka vislielāko efektu uz šo zemo stiprību dod tieši organiskās vielas, kas palēnina vai pat pilnībā aptur cietēšanu. No šādas pazeminātas stiprības var izvairīties kaņepju-kaļķa kompozītus ilgstoši nepakļaujot mitrumam, arī ilgstoša atstāšana veidnī var kaitēt.

Analizējot pārējo paraugu īpašības, var redzēt, ka gan siltumvadītspēja, gan mehāniskā stiprība visiem paraugiem ir ļoti līdzīga. Tas nozīmē, ka ražošanas procesā var izvēlēties jebkuru no šīm piecām žāvēšanas metodēm un iegūt tādus pašus rezultātus, jo iespējams, ekonomiski izdevīgāk ir atveidot paraugus un tad turēt 20 °C nevis ievietot

speciālā žāvēšanas skapī un tērēt papildus enerģiju, vai tieši otrādi – dažkārt, lai ātrāk varētu saražot materiālu ir izdevīgāk to piespiedu kārtā izžāvēt.

3.2. Maisītāju ietekme uz materiāla īpašībām

Sastāvi 4. un 9. tika izgatavoti piespiedu darbības maisītājā, kā aprakstīts iepriekš, paraugi 7. un 8. tika sagatavoti gravitācijas darbības maisītājā (26. attēls). Materiāla proporcijas tika izmantotas tādas pašas kā ar iepriekšējajiem sastāviem, bet jau maisīšanas laikā tika novērotas divas tehnoloģiskas problēmas. Pirmkārt, maisījums lipa pie maisītāja sienām un bija vairākkārtīgi ar roku jānotīra, otrkārt, maisījums sāka veidot kunkuļus (27. attēls), kurus vajadzēja ar roku saspiest, lai veidnī ievietotu kaut cik viendabīgu masu. Visi kunkuļi netika saspiesti. Testēšana notika augstāk aprakstītajā kārtībā, paraugu žūšanas ilgums – 30 dienas.

Apskatot rezultātus 5. tabulā var redzēt, ka uz siltumvadītspēju lielu ietekmi neatstāj maisītāja izvēle, tā abām spaļu grupām ir līdzīga. Arī mehāniskās īpašības krietni neatšķiras, taču nedaudz labāki ir piespiedu darbības maisītāja paraugi, kas skaidrojams ar kunkuļiem un neviendabīgāko maisījumu gravitācijas tipa maisītājā.

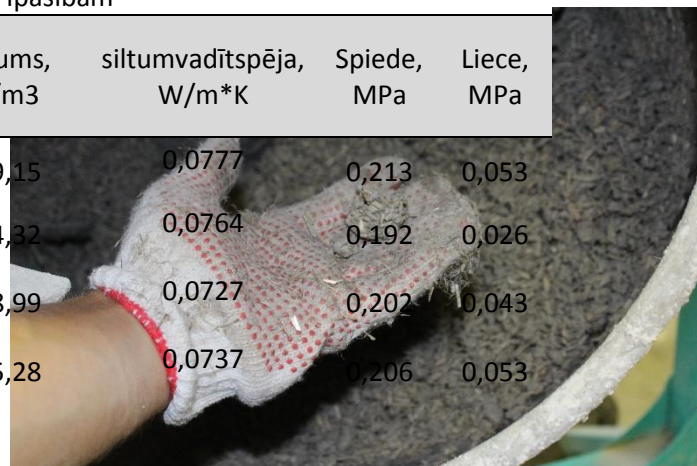
Ņemot vērā tehnoloģiskos trūkumus, kas atklājās maisīšanas laikā, zemākās mehāniskās īpašības un faktu, ka rūpnieciskas ražošanas apjomiem nepieciešamas gravitācijas maisīšanas iekārtas ir reti pieejamas, tiek ieteikts turpmākiem eksperimentu un ražošanas procesiem izmantot tikai piespiedu darbības maisītājus. Maisītāja izvēle neuzrādīja ietekmi uz žūšanas ilgumu.

5. Tabula Maisītāju ietekme uz materiāla īpašībām

Nr.	Spaļi	Saistviela	Maisītājs	Blīvums, kg/m ³	siltumvadītspēja, W/m*K	Spiede, MPa	Liece, MPa
4	RM	DL	piespiedu	359,15	0,0777	0,213	0,053
7	RM	DL	gravitācijas	364,82	0,0764	0,192	0,026
8	RL	DL	gravitācijas	358,99	0,0727	0,202	0,043
9	RL	DL	piespiedu	355,28	0,0737	0,206	0,053



26



Att. 26 Gravitācijas tipa maisītājs

Att. 27 Nesamaisījies materiāla gabals

4. Materiāla ugunsizturības īpašības

4.1. Būvmateriālu ugunsdrošības raksturojums

Metodē apskatītais siltumizolācijas materiāls sastāv no pildvielas - kaņepju spaļiem un saistvielas – hidrauliskā kaļķa. No ugunsdrošības viedokļa tie ir materiāli ar atšķirīgām īpašībām, jo hidrauliskais kaļķis sastāv no dažādām neorganiskām vielām, galvenokārt Ca un Mg savienojumiem, un ir pilnībā nedegošs, savukārt kaņepju spaļi ir organiska pildviela, kas ir degoša, tāpēc ir nepieciešams noteikt, kāda ugunsizturība ir šo abu materiālu kompozītam – kaņepju vieglbetona blokam (Att. 28).



Att 28. Kaņepju vieglbetona bloki

Lai noteiktu būvmateriāla ugunsizturību tiek izmantotas Eiroklases, kas ir ieviestas ar Komisijas 2000. gada 8. februāra Regulu (2000/147/EEK), kas ir saistoša arī Latvijā. Tā radīta, lai kalpotu kā kopīga platforma būvmateriālu ugunsizturības savstarpējai salīdzināšanai.

Lai noteiktu būvmateriālu klasifikāciju pēc to reakcijas uz uguni tiek lietoti sekojoši testi, atbilstoši standartam LVS EN 13501-1:

- LVS EN ISO 11925-2:2011 Ugunsreakcijas testi. Tiešās liesmas saskarsmei pakļauto produktu aizdegtiesspēja. 2. daļa: Atsevišķa liesmas avota tests (ISO 11925-2:2010)
- LVS EN ISO 1182:2011 L Izstrādājumu testēšana pēc to reakcijas uz uguni. Nedegamības tests (ISO 1182:2010)
- LVS EN ISO 1716:2010 Būvizstrādājumu testēšana pēc to reakcijas uz uguni. Kopējā sadegšanas siltuma noteikšana (siltumspēja) (ISO 1716:2010)
- LVS EN 13823+A1:2015 Būvizstrādājumu testēšana pēc to reakcijas uz uguni. Būvizstrādājumi, izņemot grīdas segumus, kas pakļauti atsevišķa degoša priekšmeta siltuma ietekmei

Tab. 7. Būvmateriālu papildus raksturojums atbilstoši Eiroklasēm

- LVS EN ISO 9239-1:2010 Grīdas segumu testēšana pēc reakcijas uz uguni. 1.daļa: Degšanas raksturlielumu noteikšana, izmantojot siltuma starojuma avotu (ISO 9239-1:2010)

Atbilstoši standartam LVS EN 13501-1 būvmateriālus klasificē septiņās kategorijās (Tab. 6.) no A1 līdz F, attiecīgi A1 esot visaugstākajai klasei, kurā ietilpst pilnībā nedegoši materiāli, un F esot viszemākajai, kur materiālu degamība ir tik liela, ka netiek normēta. Papildus tiek klasificēta arī būvmateriālu dūmu izdalīšana un degošu piļu veidošana, ko apzīmē ar papildus indeksiem pie Eiroklases (Tab. 7.), piemēram, D-s3, d2.

Tab. 6. Būvmateriālu raksturojums saskaņā ar Eiroklasēm

Eiroklase	Raksturojums	Piemēri
A1	būvizstrādājums nereaģē uz uguns iedarbību, šīs klases būvizstrādājumi neveicina ugunsgrēka attīstību vispārējas uzliesmošanas gadījumā	Akmens, betons, ķieģeļi, keramika, stikls, tērauds
A2	būvizstrādājums, kas pakļauts uguns iedarbībai, nelielā daudzumā izdala dūmus, vispārējas uzliesmošanas gadījumā nerada uguns slodzi un neveicina ugunsgrēka attīstību	Līdzīgi produkti A1 grupai, bet ar nelielu organisko piedevu/piemaisījumu, akmensvate
B	būvizstrādājums nerada vispārējas uzliesmošanas situācijas, bet tas var uzturēt degšanu attīstīta ugunsgrēka gadījumā	Ģipša plātnes ar plānu virsmas pārklājumu, antipirēni
C	būvizstrādājums var radīt vispārējas uzliesmošanas situāciju, bet ne ugunsgrēka attīstības sākumā	Fenola putas, ģipša plātnes ar dažādu virsmas pārklājumu
D	būvizstrādājums uguns iedarbības dēļ var radīt vispārējas uzliesmošanas situāciju un aktīvi iesaistās degšanas procesā, kad tiek pakļauts uguns iedarbībai	Koksnes produkti ar biezumu lielāku par 10 mm un blīvumu lielāku par 400kg/m ³
E	būvizstrādājums degšanas laikā jau pirmajās divās minūtēs var radīt vispārējas uzliesmošanas situāciju	Skaidu plātnes, EPS un XPS ar antipirēnu
F	būvizstrādājuma ugunsizturības robeža un ugunsreakcijas klase nav noteikta, un tas var strauji degt un ātri radīt vispārēju uzliesmošanu	Netestēti produkti

Papildu klases dūmu attīstībai	Papildu klases degošām pilēm
s1 - būvizstrādājuma ugunsreakcijas laikā dūmu veidošanās ir ļoti neliela	d0 - būvizstrādājums degšanas laikā neizdala degošu pilienu daļiņas
s2 - dūmu izdalīšanās no būvizstrādājuma ir būtiska, dūmu pieauguma apmēra indekss atbilst testēšanas standartā noteiktajiem lielumiem	d1 - būvizstrādājuma degšanas laikā novērojama degošu pilienu klātbūtne, bet to degšanas laiks nav lielāks par testēšanas standartā noteikto un tie ātri nodziest
s3 - testēšanā iegūtie parametri ir lielāki par klasifikācijas standartā s2 intensitātei noteiktajiem parametriem (praktiski dūmu izdalīšanās apmērs nav ierobežots)	d2 - būvizstrādājuma izdalīto degošo pilienu daļiņu degšanas ilgums ir lielāks par testēšanas standartā d1 intensitātei noteikto

Vistiešākās atsaucies normatīvajos aktos uz būvmateriāla ugunsreakciju ir Noteikumos par Latvijas būvnormatīvu LBN 201-15 "Būvju ugunsdrošība". Tā kā pārbaudāmais materiāls ir lielākoties paredzēts kā ārsienu siltumizolācijas materiāls, tad tieši prasības ārsienu siltumizolācijas sistēmām un materiāliem, kas redzamas 8. tabulā ir visaktuālākās.

Tab. 8. Prasības ārsienu siltumizolācijas sistēmām un materiāliem

Būves ugunsnoturības pakāpe	Būves augstākā stāva grīdas līmeņa atzīme (m)		Minimālā būvizstrādājumu ugunsreakcijas klase				
			neventilējamas fasādes			ventilējamas fasādes	
			siltumizolācija	ārējā apdare	siltumizolācijas sistēma ar ārējo apdari*	siltumizolācija	ārējā apdare
U1			A2-s1,d0	A2-s1,d0	A2-s1,d0	A2-s1,d0	A2-s1,d0
	U1b līdz 8 (ieskaitot)		B-s1,d0	A2-s1,d0	B-s1,d0	A2-s1,d0	B-s1,d0**
U2	līdz 28 (ieskaitot)	variants A	B-s1,d0 vai E-d2 ar atdalošām joslām***	A2-s1,d0	B-s1,d0 vai C-s2,d2 ar atdalošām joslām***	A2-s1,d0 vai B-s1,d0 ar atdalošām joslām***	B-s1,d0**
		variants B	A2-s1,d0	B-s1,d0			
	līdz 8 (ieskaitot)	variants A	C-s2,d1 vai E-d2 ar atdalošām joslām***	A2-s1,d0	D-s2,d2	B-s1,d0	D-s2,d0
		variants B	B-s1,d0	C-s2,d2			
U3	līdz 8 (ieskaitot)	netiek normēta	netiek normēta	netiek normēta	netiek normēta	netiek normēta	U3

Saskaņā ar LBN201-15 Tab. 8. redzamo A2-s1, d0 ir augstākā nepieciešamā klase būvmateriālam, lai to varētu lietot jebkuras pakāpes un augstuma ēkai. Taču konkrētajam materiālam par mērķi tiek uzstādīta klase B-s1, d0, sekojošu iemeslu dēļ:

- Līdzīga veida siltumizolācijas materiāliem, kur par pildvielu izmantota koksne, kas pēc ķīmiskā un fizikālā sastāva ir ļoti tuva kaņepju spaļiem, vai arī ar antipirēniem apstrādātam kokam nav iespējams sasniegt ugunsdrošības klasi augstāku par B (tikai vairākkārtēji palielinot blīvumu, tādējādi zaudējot siltumizolācijas spējas), sakarā ar to, ka A klases materiāli ir pilnībā nedegoši, taču kaņepju-kaļķa kompozītmateriālā lietotā pildviela ir organiska un degoša.
- Lai materiālu varētu lietot visu klašu būvēs, izņemot U1a, tad, ja siltumizolācijas materiāls tiek lietots kopā ar nedegošu (A2) ārējo apdari, un tā kā kaņepju-kaļķa kompozīti ir paredzēti galvenokārt lietošanai kopā ar kaļķa apmetumu, tas izpilda prasības arī ar B-s1, d0 klasi neventilējamām fasādēm.

4.2. Esošā materiāla ugunsizturības testa pārskats

4.2.1. Sastāvs

Ugunsizturības testam tika izmantots eksperimentāls sastāvs ar kaņepju spaļu pildvielu un saistvielu – dolomīta būvkaļķus. Kaņepju spaļi nāk no z/s “Rudeņi”, to sastāvs dots Tab. 9., dolomīta būvkaļķi DL60 ražoti SIA “Saulkalne S” sastāvs dots Tab. 10.

Tab. 9. Kaņepju spaļu sastāvs

Šķiedra	>20mm	10-20mm	0,63-10mm	Putekļi	Blīvuma kg/m ³	Siltumvad. W/m*K	Mitrums %
1,7%	0,5%	3,7%	92,0%	2,2%	108,36	58,07	11,75%

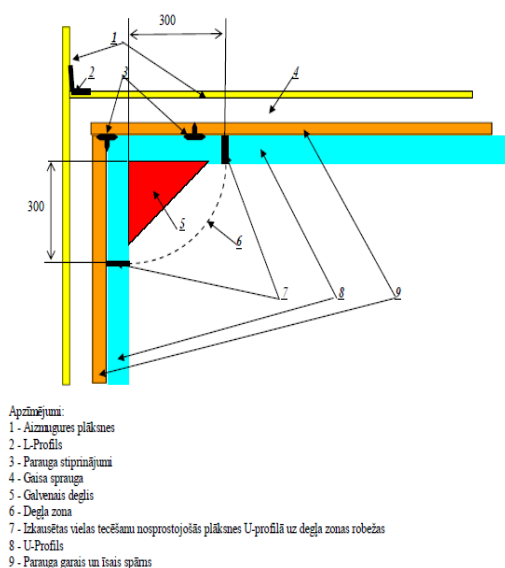
Paraugu sastāvdaļu proporcijas ir sekojošas - spaļi:saistviela ir 1:1,7 masas attiecība, saistviela:ūdens ir 1:1,43. Maisīšana tika veikta piespiedu darbības tipa maisītājā.

Tab. 10. Būvkaļķu DL60 sastāvs

Tehniskie parametri	
CaO + MgO (masas %)	≥ 60
MgO (masas %)	≤ 30
CO ₂ (masas %)	≤ 21
SO ₃ (masas %)	≤ 2
atlikums uz sieta (masas %)	0.2 mm ≤ 1.5
	0.09 mm. ≤ 15
dzēšanas ātrums	≥ 25 min

4.2.2. Paraugu izgatavošana

Tā kā paraugi tiks testēti pēc standarta LVS EN 13823:2010, tie bija jāizgatavo tam atbilstoši. Noteikto ugunsreakcijas klasi var piešķirt izstrādājumiem, kuru biezums ir vienāds vai lielāks par testētā parauga biezumu, tāpēc tika izvēlēts minimālais biezums – 50 mm. Kopējie parauga izmēri attiecīgi īsajam spārnam 495 ± 5 mm, garajam 1000 ± 5 mm platumā, augstums 1500 ± 5 mm (Att. 29.). Šuves minimālais attālums no perpendikulārās virsmas – 300 mm.



Att. 29 Shematisks parauga izvietojums



Att. 30 Garā spārņa paraugs

Katra spārņa paraugs tika veidots no divām daļām – ar šuvi pa vidu – 750 mm augstumā. Stabilitātei paraugi tika pielīmēti ar ģipsi pie 12 mm biezām ģipškartona plātnēm, arī šuve un virsmas defekti tika aiztaisīti ar ģipsi (Att. 30). Paraugu drošai transportēšanai tas papildus tika novietots uz metāla rāmja.

4.2.3. Testa norise

Pirms testa paraugs tika noturēts 10 diennaktis klimata kamerā pie 23°C temperatūras un 50% gaisa relatīvā mitruma, lai materiāls atbilstu standarta prasībām. Paraugs tika nostiprināts iekārtas rāmī L formā, kā var redzēt Att. 31.

Tests kopumā norit 1600 sekundes, sākumā notiek apstākļu normalizēšana kamerā ar papildus degli, tad pēc 300 sekundēm tiek ieslēgts galvenais deglis (Attēls nr. 32). Parauga testēšanas sākumā varēja vizuāli novērot, ka notiek neliela spaļu aizdegšanās, taču tie strauji

nodzisa un degšana turpinājās tikai no degļa. Pārējā testa laikā liesmas pa paraugu neizplatījās, paraugs tikai apdega degļa liesmas iedarbības zonā. Tuvojoties testa beigām, nelielas parauga daļas atdalījās un nokrita. Pēc 1500 sekundēm deglis tika izslēgts, paraugs neturpināja degt, tas tika atdzēsēts aplejot ar ūdeni.



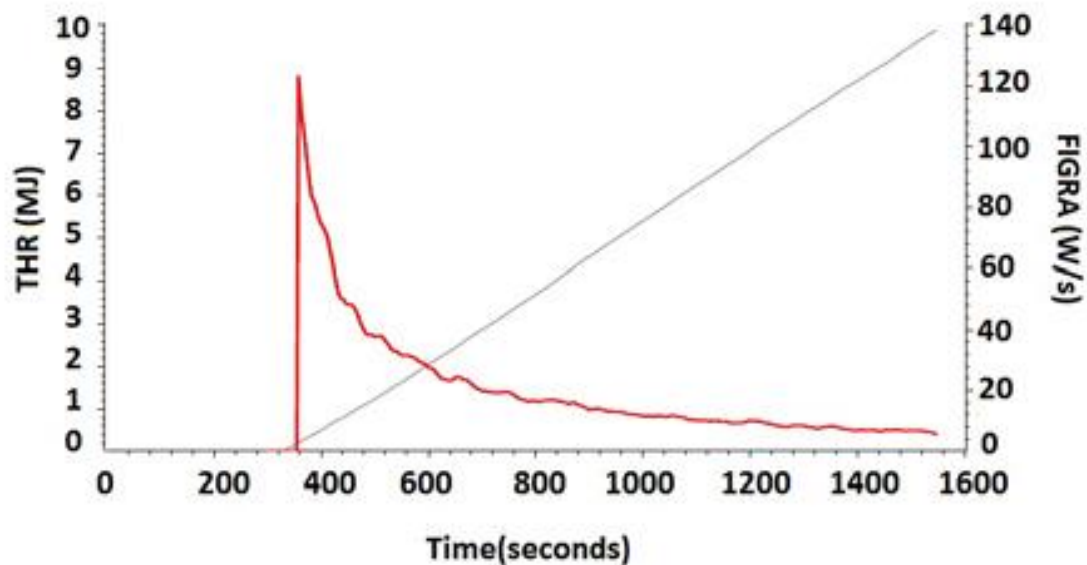
Att. 31 Parauga nostiprināšana iekārtā



Att. 32 Ugunsreakcijas tests

4.2.4. Ugunsreakcijas testa rezultātu analīze

No ugunsreakcijas testa ziņojuma (Tab. 11) var redzēt, ka testētais materiāls ir klasificējams kā C s1, D0. Klasifikācija s1 norāda, ka ļoti neliels dūmu daudzums radās degšanas procesā, šis ir augstākais iespējamais rādītājs būvmateriāliem (izņemot A1 klasi), d0 norāda ka netika radītas degošas piles, šis arī ir augstākais iespējamais novērtējums šajā klasē.



Att.33. THR un FIGRA grafiks

Iegūtā ugunsreakcijas klase – C - ir apmierinoša, tomēr tā norāda, ka uz virsmas ir notikusi materiāla degšana. Skatoties uz FIGRA grafiku (Att. 33) var redzēt, ka līkne ir tikai nedaudz pāri 120 W/s un krītas ļoti strauji, kas nozīmē, ka tikai pašā sākumā virsma apdega un radīja papildus siltuma daudzumu, bet vēlāk degšanas process neturpinājās. No Tab. 11. var redzēt, ka FIGRA(0.2) bija 123,2 W/s pie 357 s, šis rezultāts ir ļoti tuvs B klasei, kurai tas ir zem 120 W/s, kas nozīmē, ka B klasi būtu iespējams iegūt tikai nedaudz uzlabojot konkrētā materiāla ugunsreakciju.

Tab. 11: Ugunsreakcijas testa atskaite

Classification results	
FIGRA(0.2)	123.2 W/s at 357 s
FIGRA(0.4)	81.6 W/s at 387 s
THR(600)	4.6 MJ
SMOGRA	threshold not reached
TSP(600)	44.3 m ²
Classification observations	
LFS to edge?	No
FDP flaming ≤ 10s?	No
FDP flaming > 10s?	No
Potential classification	
Class	C
Smoke production	s1
Flaming droplets/particles	d0

4.3. Ugunsizturības iespējamie uzlabojumi

Esošā materiāla ugunsreakcijas uzlabošanas pasākumus var iedalīt divās kategorijās:

- Ugunsreakcijas uzlabošana ar papildus antipirēnu pievienošanu;
- Esošās ražošanas tehnoloģijas pilnveidošana ugunsreakcijas uzlabošanai bez papildus antipirēnu pievienošanas;

Esošā materiāla ugunsizturības uzlabošanai ar piedevu pievienošanu var pievienot gan gatavus komerciālu produktus, gan atsevišķas vielas. Gatavu komerciālu produktu sastāvs parasti netiek atklāts, tāpēc par to darbību ir zināms tikai princips un pievienoto vielu tips.

No pieejamajiem gatavajiem antipirēniem visefektīvākie kaņepju-kaļķu kompozītiem būtu tieši tie, kurus sastāvā ir neorganisko sāļu un virsmas aktīvu vielu piesātināts ūdens šķīdums. Šie antipirēni ir vislētākie un to darbības princips ir visatbilstošākais kaņepju-kaļķu kompozītiem, jo antipirēni būtu jāpievieno tieši izgatavošanas procesā, nevis tikai uz virsmas. Šādā gadījumā barjeru veidojošie antipirēni savas darbības dēļ nebūs ekonomiski pamatoti, jo barjeras veidošana visā bloku masā nav nepieciešama.

No komerciāli pieejamajiem antipirēniem sekojoši ir pierādījuši savu efektivitāti koksnes aizsardzībā – “Tents” izplatītājs SIA “Katekss”, “Antipirēns” SIA “V Perro Latvija”, “Antipirēns FAP” SIA “Firma Latakva”.

Ir iespējams lietot arī atsevišķus sāļus/minerālu/amīnu piedevas, kurus jāpievieno kaņepju-kaļķu kompozītu izgatavošanas laikā, šajā grupā nav iekļauti halogenētie un organofosfātu antipirēni, kuri, lai arī ļoti efektīvi, tomēr ir ar lielu risku cilvēku veselībai. Šajā kategorijā iekļautie antipirēni satur boru, alumīniju, neorganisko fosfora savienojumus(nesaistītus ar oglekli), slāpekli, kalciju un magniju. Galvenie izmantojamie un ekonomiski pamatotākie ir:

- Alumīnija hidroksīds;
- Magnija hidroksīds;
- Huntitīts ($\text{Mg}_3\text{Ca}(\text{CO}_3)_4$);
- Hidromagnezīts;
- Boraks;
- Borskābe.

Visu šajā sadaļā iekļauto antipirēnu efektivitāte uz kaņepju-kaļķu kompozītiem ir jāpārbauda eksperimentāli, jo iepriekš šādi pētījumi nav veikti, taču apskatot šo antipirēnu iedarbību uz līdzīgiem materiāliem var secināt, ka ar nelielu antipirēnu daudzumu būs iespējams paaugstināt konkrētā materiāla ugunsizturību līdz B klasei.

Šāda maza daudzuma antipirēnu pievienošanai arī ietekmei uz pārējām materiāla īpašībām nebūtu jābūt nozīmīgai, jo pievienotais daudzums nebūs lielāks par pāris procentiem no saistvielas masas, taču padziļināti to varēs secināt tikai pēc eksperimentālām pārbaudēm.

Tāpat šādi materiāli varētu uzlabot vienu svarīgu kaņepju-kaļķu kompozītu īpašību – bioloģisko aizsardzību, jo, piemēram, bora bāzēti materiāli kā boraks un borskābe ir arī izteikti antiseptiķi, kas pievienoti materiāliem var pildīti divas funkcijas vienlaicīgi. Šis faktors ir jāņem vērā izvēloties antipirēnu piedevas.

Kā alternatīva antipirēnu pievienošanai ir ražošanas tehnoloģijas uzlabošana, lai uzlabotu ugunsreakcijas klasi, taču jāņem vērā, ka tas iespaidos arī citas materiāla gala īpašības. Iespējamie uzlabojumi:

- Kopējā materiāla blīvuma palielināšana. Šajā gadījumā būtu jāpielieto vēl lielāks presēšanas spēks, tādējādi palielinot materiāla sapresēšanu un kopējo blīvumu. Šādā veidā tiktu radīta vēl viendabīgāka masa bez gaisa ieslēgumiem, kas samazinātu kopēju ugunij eksponēto virsmas laukumu, kas ievērojami uzlabotu ugunsizturību. Metodes lietošanas gadījumā jāpārdomā, ka tiks ietekmēts materiālu žūšanas laiks, jo tiks nobloķēti mitruma migrācijas ceļi, tiks nedaudz pasliktināta bloku siltumvadītspēja – pētījumi pierādījuši ka lielāks sablīvējums saspiež kaņepju spaļu poras, kurās esošais gaiss darbojas kā galvenais siltumizolators. Tiks pasliktināta arī ūdens tvaiku caurlaidība, taču ar sablīvējuma palielināšanu tiks uzlabota materiāla stiprība spiedē.
- Saistvielas daudzuma palielināšana. Lielāks saistvielas daudzums no kopējas masas uzlabotu materiālu ugunsizturību, jo saistviela ir pilnīgi nedegoša A1 klasē ietilpst. Šāda veida izmaiņas pasliktinātu siltumvadītspēju un sadārdzinātu produktu, taču uzlabotu stiprību.
- Alternatīvas/aizstājošas saistvielas izvēle. Pēc ražotāja sniegtās informācijas (Tab. 10.) šobrīd izmantotās saistvielas sastāvā MgO veido mazāk par 30% no masas, ka nozīmē, ka CaO veido lielāku masas daļu. Ņemot vērā pieredzi, ka

magnija savienojumi ir ar labākām uguns aizsardzības īpašībām, varētu palielināt magnija masas daļu saistvielā, pievienojot to papildus, šādā veidā uzlabojot ugunsizturību. Šādā gadījumā nav iespējams precīzi prognozēt ietekmi uz pārējām materiāla īpašībām, taču tai vajadzētu būt nenozīmīgai, jo pārējo īpašību ziņā MgO un CaO darbības ir ļoti līdzīgas.

5. Rezultātu apkopojums

VPP projekta “1847. Inovatīvi un daudzfunkcionāli kompozītmateriāli ilgtspējīgām būvēm no vietējām izejvielām” pārskata periodā tika izstrādāta metode ekoloģisko kompozītmateriālu ražošanai no šķiedraugiem un vietējām minerālām saistvielām, lai to izstrādātu, tika veiktas sekojošas aktivitātes:

1. Apskatītas un analizētas dažādas kaņepju-kaļķa kompozītmateriālu ražošanas tehnoloģijas, to priekšrocības un trūkumi.
2. Teorētiski un eksperimentāli analizēta Latvijā audzētu kaņepju spaļu ietekme uz materiāla gala īpašībām – stiprību, siltumvadītspēju, žūšanas ilgumu - izmantojot kaņepju spaļus no lielākajiem Latvijas audzētājiem/pārstrādātājiem.
3. Pārbaudīta ražošanas tehnoloģisko procesu ietekme uz materiāla gala īpašībām.
4. Pārbaudītas un analizētas materiāla ugunsizturības īpašības, to uzlabošanas iespējas, lai noteiktu materiāla lietošanas ierobežojumus.

No apskatītajā un analizētajām kaņepju-kaļķa kompozītmateriālu ražošanas tehnoloģijām tiek secināts, ka mazstāvu ēku būvniecībai piemērotākās ir iestrāde uz vietas objektā un rūpnieciskai ražotu sienas paneļu montāža. Iestrāde uz vietas vairāk piemērota individuālu risinājumu ēkām un ir mazāk tehnoloģiski ietilpīga, bet rūpnieciski ražoti paneļi ir efektīvāki tipveida projektu realizēšanā. Daudzstāvu ēku būvniecības un renovācijas gadījumā gatavu bloku mūrēšana uz vietas objektā ir optimālākais risinājums, jo izmantojams kopā ar mūra vai betona nesošajām konstrukcijām.

Apskatot Latvijā audzētu kaņepju spaļu ietekmi uz materiāla gala īpašībām, tiek secināts, ka lielāku spiedes stiprību dod spaļi ar lielu īso spaļu īpatsvaru – 0,63-10 mm spaļu optimālais daudzums ir ap 85%, vislielāko efektu dod divu dažādas izcelsmes mazo spaļu izmantošana kopā. Paraugi ar lielāku stiprību uzrādīja sliktākus siltumvadītspējas rezultātus, taču diezgan nelielus – līdz 0,004 W/m*K lielāka siltumvadītspēja. Materiāla putekļainība deva negatīvu iespaidu uz stiprību, no kā tika secināts, ka putekļiem jābūt zem 2% no masas, lai tie nozīmīgi neietekmētu stiprību.

No ražošanas tehnoloģisko procesu ietekmes uz materiāla gala īpašībām tika secināts, ka piemērotākais maisītājs kaņepju-kaļķa kompozītmateriāliem ir piespiedu darbības, jo paraugi spēj uzrādīt gan augstāku stiprību kā gravitācijas maisītājā, gan tehnoloģiski vieglāk lietojams, jo neprasa papildus apmaisīšanu kā gravitācijas maisītājs.

Pārbaudot žūšanas apstākļu ietekmi tika secināts, ka materiālu nevar pakļaut ilgstošai cietēšanai paaugstināta mitruma ietekmē, jo tā klātbūtnē izdalās paaugstināts lignīnu un citu organisku savienojumu daudzums, kas aizkavē kaļķa cietēšanu. Pārējās žūšanas apstākļu variācijas neuzrādīja ievērojamas atšķirības stiprības vai siltumvadītspējas īpašībās, no kā tika secināts, ka atveidojot paraugus pēc divām dienām, tālāko žāvēšanas metodi jāizvēlas no tehnoloģiskā un ekonomiskā pamatojuma viedokļa.

Pārbaudot materiāla ugunsizturības īpašības, tika iegūta C s1, d0 klase, ar ļoti tuvu rezultātu B s1, d0 klasei. Analīzē secināts, ka augstākā klase, ko ar šiem materiāliem būtu jācenšas panākt ir B s1, d0 klase, jo lai sasniegtu A klasi, materiāls zaudēs savas pārējās pozitīvās īpašības, kā labu ūdens tvaiku caurlaidību un zemu siltumvadītspēju. Kā galvenie perspektīvie ugunsizturības uzlabošanas risinājumi piedāvāti magnija saistvielas daudzuma palielināšana, boru un alumīniju saturošo minerālu piedevu pievienošana, kā arī lielāka materiāla nopresēšana.