Sapropela kūdras, sapropela kokskaidu siltumizolācijas plāksnes un to īpašības

Vaira Obuka¹, Aleksandrs Korjajins², Raitis Brencis³, Ilmārs Preiškis⁴, Oskars Purmalis⁵,
Karina Stankeviča⁶, Māris Kļaviņš⁷,

²Rīga Technical University, ^{3,4}Latvian Agricultural University, ^{1,5-7}University of Latvia

Kopsavilkums. Siltumizolācijas materiāli, kuros par pildvielu tiktu izmantoti vietējie biomasas produkti, bet par saistvielu kalpotu dabiskas izcelsmes saistvielas, piemēram, sapropelis, uzskatāmi par inovatīviem un to pielietošana sekmētu ekoloģiskās būvniecības nozares attīstību. Šādu risinājumu izstrāde ir aktuāla, jo Latvijā ir ievērojami sapropela resursi, kuru izmantošanu kavē to nepietiekama izpēte un ekoloģiskās būvniecības nozares intensīva attīstība. Pētījuma mērķis ir iegūt sapropela-koksnes, kūdras-koksnes siltumizolācijas plāksnes, noteikt optimālās plātnes sastāva attiecības un raksturot iegūto plātņu īpašības. Veikto pētījumu rezultātā tika noteiktas siltumizolācijas materiālu paraugu mehāniskās, siltumvadītspējas un skaņas izolācijas īpašības un izvērtētas iespējas tos izmantot ekoloģiskajā būvniecībā, kā arī veikts salīdzinājums ar šobrīd tirgū esošajiem produktiem.

Atslēgas vārdi: kūdra, sapropelis, sapropela izmantošanas iespējas, ekoloģiski būvmateriāli, siltumizolācijas materiāli, vietējie resursi, ilgtspējīga izmantošana.

I. IEVADS

Ievērojama daļa sabiedrības resursu ir jāizmanto mājokļa uzturēšanai un apsildei, tāpēc īpaši svarīgi ir efektīvu un videi draudzīgu siltumizolācijas materiālu izstrāde, izmantojot vietējos resursus. Ekoloģiskās būvniecības materiālu attīstība un to pieaugošais izmantošanas īpatsvars būvniecībā kļūst arvien plašāks tāpēc, ka tas dod iespēju ekonomēt resursus ražošanas laikā un nerada piesārņojumu apkārtējā vidē. Šādi materiāli ir pilnībā pārstrādājami, turklāt sadalās relatīvi ātri pēc to ekspluatācijas. Siltumizolācijas materiāli, kuros par pildvielu tiktu izmantoti koksnes atkritumi (skaidas), bet par saistvielu kalpotu dabiskas izcelsmes saistvielas, piemēram, sapropelis, uzskatāmi par inovatīviem, un to pielietošana sekmētu būvniecības nozares konkurētspēju. Šādu risinājumu izstrāde ir aktuāla, jo Latvijā ir ievērojami sapropela resursi, kuru izmantošanu kavē to nepietiekama izpēte. Sapropela krājumi Latvijā ezeros sasniedz 700 – 800 milj.m³[1], bet purvos zem kūdras slāņa 1,5 miljardi m³[2]. Tajā pašā laikā sapropela ieguve var sekmēt degradētu un aizaugušu ezeru atjaunošanu, uzlabot saldūdens resursu kvalitāti, palīdzēt attīstīt dažādas saimniecības nozares, piemēram, zivsaimniecību, hidroenerģētiku, lauku tūrismu.

Sapropelis ir organogēns nogulumiezis (recekļveidīga dažādu nokrāsu masa), kas ir veidojies no ūdens augiem un dzīvnieku, galvenokārt planktona, atliekām stāvošos vai vāji cauri tekošos ūdens baseinos [3]. Atkarībā no organisko vielu daudzuma, tās masas veidojošajiem organismiem, sapropela minerālās daļas masas un sastāva, sapropelis tiek iedalīts

3 tipos: biogēnais, klastiskais un jauktais. Par vērtīgāko ar plašām izmantošanas iespējām pieņem biogēno sapropeli, kuru iedala organogēnajā un kramainajā sapropelī. Biogēna sapropela organisko vielu daudzums nav mazāks par 70%, un tā organiskās masas veidotāji var būt zaļalģes, zilaļģes, kramaļģes, ūdens dzīvnieki un kūdras veidotājaugi [4].

Latvijā ezeros apmēram 80% gadījumu organiskās vielas saturs sapropela sausnā ir lielāks par 60% [5], kas norāda uz to, ka sapropela resursi Latvijā ir augstvērtīgi un ar plašām izmantošanas iespējām.

Biogēnam sapropelī ir konstatētas līmvielas īpašības, kuras raksturo – salīmējoša un hidrofofizējoša spēja. Šim sapropelī ir labs plastiskums, viskozitāte, adhēzijas īpašības un adsorbcijas spējas [6], kā arī saistīgums. Lielāko ieguldījumu sapropela līmējošo īpašību izveidei sniedz slāpekli saturošas vielas, tajā skaitā brīvās aminoskābes un humusvielas. Tāpēc sapropelis var būt izmantojams kā saistvielas piedeva kokmateriālu atkritumiem, linu apstrādes, papīra–kartona ražošanas rūpniecības neizmantotajiem atkritumiem [7], kokšķiedru plātņu izgatavošanai, kuras paredzētas celtniecības materiālu izstrādei. Sapropelis izmantots arī cementa un citu saistvielu aizstāšanai, iegūstot sapropelbetonu, kas ir celtniecības materiāls, kuram par saistvielu ir ņemts organiskais sapropelis, bet par pildvielu zāģu skaidas un grants [8], [9]. Tiem var pievienot arī veldzētus kaļķus, smilti, lai palielinātu mehānisko izturību. Sapropela saistvielas īpašības izmantojamas, izgatavojot celtniecībai noderīgus materiālus, gan karstā veidā (līmspiedē paaugstinātā temperatūrā un spiedienā), gan arī izgatavojot tos aukstā veidā – blīvēšanas paņēmieni [8].

Neskatoties uz pētījumu rezultātiem, kas tika veikti 20. gadsimta 60., 70. gados un pierādīja sapropela izmantošanas augsto potenciālu, šis pētījumu un praktiskas izmantošanas virziens neattīstījās. Mūsdienās aktualizējoties jautājumiem par tautsaimniecību, kas izmanto vietējos dabiskas izcelsmes resursus, sapropela izpētes virziens būvmateriālu izmantošanā kļūst aktuāls.

Videi draudzīgas būvniecības pamatā ir izstrādāti šādi principi:

- 1) konstrukcijās un apdarē jāizmanto dabiski materiāli, materiāli pēc ēkas vai tās daļas nokalpošanas otrreizēji jāizmanto;
- 2) būvmateriālu pārstrāde ļauj iegūt jaunus produktus, nenodarot kaitējumu dabai;
- 3) materiālu ekonomija – materiāliem jāsniedz energoresursu ekonomijas iespējas, jāizmanto atjaunojami resursi, kur tiek

iekļauta izejmateriālu ieguve, ražošana, iepakojums, uzstādīšana, lietošana un pārstrāde (utilizācija). Svarīgi ir pieminēt to, ka materiāli neizdala kaitīgus ķīmiskos savienojumus, ir ilgi ekspluatējami [10], [11], [12]. Materiāliem ir jāsniedz visas dizaina funkcijas, jābūt vizuāli un estētiski pievilcīgiem un elpojošiem. Svarīgi ir izvēlēties tādas būvmateriālus, kuriem ir labvēlīga iedarbība uz labsajūtu un veselību, mazs enerģijas patēriņš un nekaitīgs ražošanas process, reģenerēšanās un atkārtotas izmantošanas iespējas, materiāliem ir jābūt piemērotiem un ir jāizmanto decentralizēta ražošana [13], [14].

Svarīgi ir izvairīties no indīgu aizsarglīdzekļu un saistvielu izmantošanas, lai tas neradītu ekoloģisku kaitējumu, ja būvmateriāls nonāk apkārtējā vidē [13]. Ilglaicīga ekonomija un racionāla būvniecība ir iespējama, izmantojot dabiskos būvmateriālus un attīstot videi draudzīgas ražotnes. Vietējo materiālu izmantošana un konkrētai vietai raksturīgais būvniecības veids prasa minimālu transportu, un tādā veidā mājai nepieciešamo būvmateriālu ražošanai patērēto enerģiju samazinātu uz pusi [11], [12].

Viens no svarīgākajiem elementiem, kas ietaupa energoresursus mājoklī ir siltumizolācija. Tās galvenais uzdevums ir pasargāt dzīvojamās platības no siltuma zudumiem vai arī no sasilšanas, piemēram, pagrabu. Siltumizolācijas materiālus izgatavo plātņu, paklāju un lokšņu veidā. Visefektīvākais siltumizolācijas materiāls ir gaiss, kurš atrodas tieši miera stāvoklī. Ir svarīgi siltumizolācijas materiālu lietošanas laikā pasargāt no samitrināšanās, jo mitrums paaugstina siltumvadītspēju, kā arī pazemina mehānisko izturību [15].

Siltumizolācijas materiālus ir iespējams izgatavot no organiskām un arī no neorganiskām vielām. Organiskos siltumizolācijas materiālus gatavo no koksnes atkritumiem, kūdras, vilnas, salmiem, koksnes šķiedrām [16], [17]. Plašāk no organiskajiem siltumizolācijas materiāliem lieto fibrolītu, kokskaudu un kokšķiedru plātnes. Neorganiskie materiāli ir azbests, stiklšķiedras un minerāli [15]. Atkarībā no materiāla izcelsmes vietas to var iedalīt trīs grupās – minerālu, sintētiskie un atjaunojamie. Dažos gadījumos produkti var saturēt maisījumu komponentes, piemēram, kaņepju un kaļķa, fibrolīta – koka, vilnas un cementa sajaukumu [11].

Latvijā viens no dabiskajiem materiāliem, kuru var pielietot siltumizolācijas materiālu ražošanā, ir kūdra, jo kūdra ir salīdzinoši lēts un viegli pieejams materiāls [18].

Pētījumu rezultāti par sapropela izmantošanu būvniecībā liecina, ka sapropelis ir konkurētspējīgs siltumizolācijas materiālu izveides komponents. Sapropelbetons ir izmantojams gan siltuma izolācijai (rūpnīcas ēku, saldētavu sienu un pārsegumu, kā arī ierīču un cauruļvadu, gan arī slodzi nenesošu sienu un šķērssienu veidošanai [19]. Gan sapropelbetons, gan arī kūdras plātnes ir no pilnībā videi draudzīgiem materiāliem veidots, tāpēc sapropela un kūdras siltumizolācijas materiālu izveide ir cieši saistīta ar ekoloģisko būvmateriālu nozari.

Siltumizolācijas materiālu kritērijus vai funkcijas un kvalitātes īpašības nosaka un regulē likumdošana, un tiem ir izstrādāti starptautiski piemērojami standarti. Šie kritēriji ir

izstrādāti, arī balstoties uz vides prasībām, lielā mērā ņemot vērā dzīves cikla ilgumu. Vācijā ir izstrādāta Eiropas kvalitātes zīme „Natureplus”, kas nosaka būvniecības materiālu standartus, kas atbilst materiāla tehniskajiem parametriem un iekļauj arī ekoloģiskā materiāla kvalitātes zīmi. „Naturplus” kvalitātes zīme ir piešķirta tādiem siltumizolācijas materiāliem kā linu, kaņepju, aitu vilnas, korķu un citu izejvielu materiāliem [16], [20].

Pētījuma mērķis ir noskaidrot iespējas iegūt sapropela-koksnes, kūdras-koksnes siltumizolācijas plāksnes, noteikt optimālās plātnes sastāva attiecības un raksturot iegūto plātņu mehāniskās, siltumvadītspējas un skaņas izolācijas īpašības, kā arī to izmantošanas iespēju izvērtējumu ekoloģisko būvmateriālu nozarē.

II. MATERIĀLI UN METODES

Materiāli

Kūdras-kokskaudu kompozītmateriālu izveidē laboratorijā tika izvēlēta Baložu kūdras lauka kūdra ar 73 % mitruma. Darbā izmantotās kokskaudas ir 0-1,5 cm garas priedes koka skaidas [21]. Sapropelis tika iegūts Pilveļu ezerā, kas ir eitrofs ezers, kurš atrodas Latgales augstienē, Rāznas paugurainē. Sapropela viršējais 30 cm biežais slānis tika iegūts ar kameras tipa mīksto iežu urbi. Materiālu izgatavošanā tika izmantots kūdrains sapropelis ar pelnu saturu 11% un organisko vielu saturu – 89%, karbonātu saturu – 0,45%. Izejas sapropela mitrums ir 92% un blīvums ir 1,11 g/cm³ [22].

Kompozītmateriālu izgatavošana

Aktivētās kūdras masa ar saistvielas īpašībām tika iegūta, kūdras apstrādājot mehāniski – termisko ložu planetārajās dzirnavās RETSCH PM 400. Aktivēto kūdras masu sagatavoja, izmantojot 300 g kūdras un ievietojot malšanas traukā kopā ar 8 malšanas bumbām un malšanu veicot 30 min ar 300 apgriezieniem minūtē. Sapropelis pirms siltumizolācijas materiālu iegūšanas netika ne mehāniski, ne termiski apstrādāts, bet uzreiz sajaukts kopā ar skaidām. Sapropela un koksnes skaidu sajaukšana (izejvielu masas attiecības 1:3) tika veikta manuāli līdz vienmērīgas masas iegūšanai. Pēc tam iegūtā masa tika ievietota veidnē (30×30 cm ar regulējamu augstumu) un noblīvēta pie 0,03 MPa spiediena 3 stundas, lai nodrošinātu blīvāku kompozītmateriāla struktūru, paaugstinātu tā mehānisko izturību, samazinātu galaprodukta rukumu, kā arī rukuma plaisu veidošanos. Sapropela-kūdras kompozītmateriāla plāksnes 24 h tika žāvētas 25 °C un 24 h 105 °C.

Kompozītmateriālu testēšana

Kompozītmateriālu testēšanai tika sagatavoti gatavā materiāla paraugi ar atšķirīgu mitruma daudzumu: 0, 5, 10, 15%. Salizturības pārbaude tika veikta, plāksnes izturot pie -18 °C 4 stundas, tad 4 stundas pie +20 °C līdz pilnīgai sasīlšanai un tad atkārtoti atdzesējot. Siltumvadītspējas un mehāniskās pārbaudes tika veiktas pēc 5, 10 un 25 saldēšanas-atkuššanas cikliem. Kompozītmateriālu paraugiem tika noteiktas mehāniskās, siltumizolācijas un akustiskās īpašības, kā arī veikta izgatavoto materiālu degamības testēšana.

Siltumizolācijas īpašības

Siltumvadītspēja tika noteikta sausām (0%) un mitrām plātnēm (15%), kā arī pēc saldēšanas atkuššanas ietekmju izpētes (5, 10, 25 cikli), iegūstot sakarību starp siltumvadītspējas koeficientu un izstrādājuma mitrumu pakāpi. Saldēšanas–atkuššanas ietekmju izpēte tika veikta klimata kamerā (Environmental Chamber JHT Series, Model No. YHT-100 z/07-394B. [23]. Sagatavojot materiālus mehāniskajām pārbaudēm klimata kamerā saldēšanas–atkuššanas apstākļi: temperatūras amplitūda no +20 °C līdz -18 °C, ilgums 8 stundas. Mitruma klimata kamerā pie pozitīvas temperatūras sasniedza 95%.

Siltumizolācija tika mērīta, izmantojot LaserComp FOX 600 siltumizolācijas mērītāju. Tehniskā informācija nosaka, ka paraugu noteikšanas precizitāte ir 0,025mm. Tests tika veikts ar paraugu biezuma automātisko noteikšanu (parametru intervāls: biezums – 203 mm, platums – 610 mm). Ierīcei ir divas horizontālās plātnes, kuras nodrošina nepieciešamo temperatūru no -15°C līdz +85°C. Abās ierīces devēju plātnēs ir iestrādāti jutīgi sensori siltumplūsmas mērīšanai, un tie atrodas plātņu vidū. Ierīces vadītspējas diapazons ir no 0,001 līdz 0,35 W/mK [24].

Papildus iepriekš minētajām metodēm, tika noteikts kompozītmateriāla siltumapmaiņas procesa ātrums. Lai iegūtu rezultātus starp plātnēm, tika ievietots termometrs, kas nosaka materiāla virsmas temperatūras pieaugumu atkarībā no laika. Tas tika veikts, termometru ievieojot starp kompozītmateriāliem, tiem veicot saldēšanas ciklus saldētavā. Process tika vadīts, izmantojot programmatūru Sarmalink_61_offline.

Materiāla mehānisko īpašību testēšana

Lai salīdzinātu kūdras–koksnes plātnes un sapropeļa–koksnes plātnes mehānisko izturību savā starpā un ar citiem siltumizolācijas materiāliem, tiem tika veiktas mehāniskās pārbaudes, tos slogojot speciāli paredzētā iekārtā. Mehāniskās pārbaudes tika veiktas paraugiem, kuriem veikta saldēšanas ciklēšana 5, 10, 25, 54 un 69 reizes un dažāds mitruma saturs: 0, 5, 15%. Mehāniskās pārbaudes tika veiktas uz 5985 Floor Model Universal Testing System iekārtas, kas paredzēta materiālu stiprības noteikšanai statiskā slogojumā, mērījumu precizitāte ir +/- 0.5%, mērījumi tiek nolasīti datorā, kurš ir tieši savienots ar ierīci (Savietojams ar Bluehill ® Software). Būtisku iespaidu uz mehānisko pārbaudžu rezultātiem atstāj slogošanas ātrums, testos izmantotais slogošanas ātrums bija robežās no 0,0005 līdz 1016 mm/min. Iekārtas slodzes devēja spēks ir 250kN. Vertikālā testa telpa ir 1430 mm, bet augstums ir 1930 mm [25].

Paraugu mehāniskā pārbaude spiedē tika īstenota paralēli paraugu formēšanas virzienam, kas tika izvēlēts saistībā ar paraugu struktūras īpatnībām, īpaši ņemot vērā mehāniskai pārbaudei domātu paraugu sagatavošanas specifiku (paraugu šķērsgriezumā pildvielas lielākoties atrodas horizontālā plaknē).

Skaņas izolācijas īpašības

Materiāliem tika veikta arī skaņas izolācijas pārbaude. Iekārtas standarts ir ar numuru LVS EN ISO 10534-2:2002 un nosaukumu – „Akustika - Skaņas absorbcijas koeficienta un pilnās pretestības noteikšana pilnās pretestības caurulēs”, izmantojot pārejas funkcijas metodi [26]. Tiek izmantota 4 mikrofonu metode akustiskā caurulē (Brüel&Kjær. Impedance/Transmission Loss Measurement Tubes. Type 4206. The Four-microphone Method with PULSE Acoustic Material Testings oftware – Type 7758.) [27].

Skaņas izolācija ir pārvades zudums jeb skaņas redukcijas indekss R (dB), ir grīdas, sienas, durvju vai kāda cita šķēršļa, kas ierobežo skaņas kustību, efektivitātes mērvienība. Skaņas pārvades zuduma mērvienība ir decibels (dB). Jo augstāks ir sienas skaņas pārvades zudums, jo labāk tā ierobežo nevēlamu skaņu iekļūšanu [28].

Iekārta darbojas pēc principa, ka tās vidū tiek ievietots paraugs starp 2 ģipša plātnēm, bet caurules galā ir sūklis, kas absorbē skaņu, lai tā neatbalsotos. Parauga diametrs, kas tika ievietots akustiskajā caurulē ir 98 – 99 mm, bet biezums 45 – 50 mm.

Kūdras–kokskaidu un sapropeļa kokskaidu un priedes koka pašaizdegšanās rezultātu salīdzinājums

Lai spriestu par kompozītmateriālu degšanas raksturlielumiem, tika veiktas vienkāršas degšanas pārbaudes. Tika noteikta temperatūra, pie kuras sākas paraugu pašaizdegšanās. Degšanas eksperimentiem tika izmantota mufelkrāsns SNOL. Porcelāna tīģeļos tika ielikti paraugi (kūdras–kokskaidas, sapropelis–kokskaidas, kokskaidas) un ievietoti mufelī, uzstādot vienmērīgu T°C pieaugumu līdz 500°C. No katra materiāla mufelī tika ielikti 3 paraugi, karsēšanas procedūru atkārtojot 3 reizes.

III. REZULTĀTI UN DISKUSIJA

Kompozītmateriālus veido vienā gadījumā aktivētā kūdra (saistviela) un kokskaidas (pildviela), bet sapropeļa–kokskaidu plātnēs, kā saistvielas tiek izmantots neapstrādāts sapropelis, bet pildvielas – kokskaidas. Kūdras–kokskaidu plātnes izgatavošanai tika izmantota [18] izstrādāta metode, bet sapropeļa–kokskaidu plātnes izgatavošanas metode ir oriģināla.

Iegūtās plātnes ir vieglas, porainas un viegli drūpošas. Sapropeļa–kokskaidu plātne ir drupenāka par kūdras–kokskaidu plātņi. Sapropeļa–kokskaidu plātnei krāsa ir zaļgana, gaiši brūna, bet kūdras–koksnes kompozītmateriāla krāsa ir tumši brūna. Izveidoto plātņu augstums ir 4,5 – 5,5 cm, bet platums 29,3 – 30,1 cm. Iegūto plātņu vidējais blīvums ir 234,3 kg/m³. Minēto parametru vērtības ir atkarīgas no plātnes formēšanas apstākļiem. Plātnēm ir sīkporaina uzbūve ar viendabīgu šķiedru struktūru ar vaļējām un savā starpā savienotām porām. Plātņu izgatavošanas procesā nav nepieciešams speciāls apģērbs vai citi īpaši aizsardzības līdzekļi – jo izejvielas nav veselībai kaitīgas un izgatavošanas procesā neveidojas kaitīgi izgarojumi. Ņemot vērā plātņu iegūšanas apstākļus, izmantotā sapropeļa, kūdras un kokskaidu

īpašību variabilitāti, ir iespēja iegūt minētos kompozītmateriālus ar plašu īpašību intervālu.

Tika pētītas iegūto kompozītmateriālu mehāniskās īpašības: noturība pret lieces (1.tabula) un spiedes īpašībām (2.tabula). Laboratorijas apstākļos izveidotajiem paraugiem tika veiktas mehāniskās pārbaudes spiedes pretestības un lieces pretestības noteikšanai.

Mehāniskā stiprība siltumizolācijas kompozītmateriāliem tika pārbaudīta, tos pirms tam testējot pēc sala izturības pārbaudes nosacījumiem, pamatojoties uz N. Brakša pētījumiem par sapropeļbetonu [9]. Salizturības pārbaude ir būtiska, lai pārbaudītu izstrādāto materiālu ekspluatācijas iespējas Latvijas klimatiskajos apstākļos. Atšķirībā no N. Brakša pētījumiem, kad paraugi tieši pirms mehāniskajām pārbaudēm bija pilnībā jāiegremdē ūdenī, šajā pētījumā netika veikta šāda manipulācija. Salizturības testēšana tika veikta pilnībā izžvētam paraugam, kā arī ar mitrumu piesātinātam (15%), kā arī pēc saldēšanas – atkuššanas cikliem (5x, 10x, 25x).

Iegūtie rezultāti sniedz ieskatu par Latvijā pieejamās kūdras un sapropeļa augsti tehnoloģiskās izmantošanas iespējām, tai skaitā būvniecībā, siltumizolācijas materiālos, kā kompozītmateriālos saistvielas veidā. Aktivētas kūdras kā saistvielas iegūšana ļauj izmantot iespēju to aktīvi transportēt un uzglabāt ilgākā laika posmā.

1.TABULA

LIECES MEHĀNISKĀ STIPRĪBA ATKARĪBĀ NO MITRUMA PIESĀTINĀJUMA UN SALDĒŠANAS-ATKUŠANAS CIKLU SKAITA

Testētās plātnes veids	Kūdra–koksne		Sapropeļ–koksne	
	Slodze liecē, N	Lieces stiprība, Mpa	Slodze liecē, N	Lieces stiprība, Mpa
sauss (0 %)	112	0,153	11	0,015
mitrs (15 %)	125	0,164	18	0,021
gaisa sauss (5%)	111	0,284	n.a.	n.a.
5X	232	0,351	20	0,028
10X	269	0,386	20	0,027
25X	341	0,409	20	0,026

Pēc norādīto reižu skaita (X) - sasaldēšanas-atkuššanas ciklu skaits.

Izmantotā tehnoloģija [18], salīdzinot ar plaši izmantotām kūdras un sapropeļa siltumizolācijas materiālu izveides tehnoloģijām, prasa mazāku enerģijas patēriņu, jo pirmkārt tiek izmantoti vietējie resursi, bet materiāla saistvielas izveidošanas laiks un patērētā enerģija ir daudz mazāka. Svarīgi ir pieminēt žāvēšanas laiku, kas tiek pielietots daudz mazākā mērā, un tas liecina par šādas tehnoloģijas zemāku energoietilpību.

Izejvielu un gala produktu pārstrādājāmība atbilst ierobežotu pasaules resursu lietderīgās izmantošanas tendencēm. Tieši runājot par sapropeļa izmantošanu siltumizolācijas materiālos, mērķis ir panākt sapropeļa lietošanu ar mazāku enerģijas pievienošanu pārstrādes laikā, salīdzinot ar kūdras–kokskaudu plātnēm, pievienojot sārnu un tādējādi iegūstot augtākus rezultātus mehāniskajās pārbaudēs.

Rezultāti norāda, ka materiāls ir salizturīgs, jo sasaldējot un atkausējot paraugus, to mehāniskā stiprība, kā apliecina pārbaudes rezultāti uz lieci, nav būtiski samazinājusies. No mitruma daudzuma materiālos mainās plātņu spiedes pretestība. Sapropeļa–kokskaudu vidējā lieces pretestība ir 0,02 MPa, bet kūdras–kokskaudu vidējā spiedes pretestība ir 0,3 MPa.

Lieces rezultātiem pie izvēlēta paraugu mitruma režīma mehāniskās stiprības izmaiņas nav būtiskas. Pēc literatūras datiem, mehānisko pārbaudu lieces rezultātiem atkarībā no mitruma daudzuma paraugā vajadzētu vienmērīgi samazināties, taču iegūtie rezultāti to neparāda. Šādi gatavotiem kompozītmateriāliem to mehāniskās īpašības nepasliktinās uzņemot gaisā esošo mitrumu, kā arī pēc saldēšanas–atkuššanas cikliem, kas paaugstina to potenciālu izmantošanai būvniecībā. Ievērojami mazāka mehāniskā izturība ir sapropeļa–kokskaudu plātnēm, kas ir atkarīgs ne tikai no materiāla, bet arī tā sagatavošanas, jo sapropelis atšķirībā no kūdras netika apstrādāts, taču šādu manipulāciju veicot arī ar sapropeli, tā mehāniskā izturība varētu pieaugt. Jāatzīmē, ka tika izmantots sapropelis ar ļoti augstu mitrumu (92%), kuru samazinot varētu iegūt labākas kompozītmateriāla mehāniskās īpašības.

2.TABULA

SPIEDES STIPRĪBA ATKARĪBĀ NO PARAUGA MITRUMA PIESĀTINĀJUMA UN SALDĒŠANAS-ATKUŠANAS CIKLU SKAITA

Testētās plātnes veids	Kūdra–koksne		Sapropeļ–koksne	
	Slodze spiedē pie 10% deformācijas, N	Kūdras–kokskaudu kompozīta stiprība spiedē pie 10 % lineārām deformācijām, MPa	Slodze spiedē pie 10% deformācijas, N	Sapropeļa–kokskaudu kompozīta stiprība spiedē pie 10 % lineārām deformācijām, MPa
sauss (0 %)	112	0,153	11	0,015
mitrs (15 %)	125	0,164	18	0,021
gaisa sauss (5%)	111	0,284	n.a.	n.a.
5X	232	0,351	20	0,028
10X	269	0,386	20	0,027
25X	341	0,409	20	0,026

Pēc norādīto reižu skaita (X) - sasaldēšanas-atkuššanas ciklu skaits.

Rezultāti norāda uz to, ka materiāls ir sala izturīgs. Atkarībā no mitruma daudzuma mainās plātņu spiedes pretestība. Sapropeļa–kokskaudu vidējā spiedes pretestība ir 0,06 MPa, bet kūdras–kokskaudu vidējā spiedes pretestība ir 0,13 MPa. Spiedes pretestības rezultāti norāda uz to, ka kompozītmateriālu stiprība ir pietiekama, lai ar tiem veiktu montāžas darbus, līmējošus savienojumus.

No iegūtajiem rezultātiem var secināt, ka nejaušās spiediena izmaiņas var manāmi ietekmēt izgatavojamo paraugu izturību, tādēļ šim apstāklim jāvelta īpaša uzmanība.

Spiedes rezultātu variabilitāti pie izvēlēta paraugu mitruma režīma un saldēšanas ciklu skaita varētu izraisīt kompozītmateriālu izgatavošana un to sagriešana, lai noteiktu

mehānisko stiprību. Izstrādāto kompozītmateriālu salizturību ietekmē to izgatavošanas process, kurā ir jāpanāk homogēnāka saistvielas un pildvielas samaisīšana. Samazināt rezultātu izkliedi un paaugstināt mehānisko stiprību varētu, pārejot no roku maisīšanas tehnoloģijas uz mehānisku samaisīšanu.

Tā kā viena no nozīmīgām jebkura būvmateriāla īpašībām ir to spēja izolēt skaņu, tad bakalaura darba ietvaros tika veikta izstrādāto materiālu skaņas izolācijas īpašību izpēte (3. tabula).

3. TABULA

SKAŅAS ISOLĀCIJAS TESTU REZULTĀTI, IZMANTOJOT 4 MIKROFONU METODI

Testētā plātne	Skaņas izolācija, dB
Kūdras –koksne	30
Kūdras –koksne	32
Sapropelis - koksne	32
Sapropelis - koksne	31

Viena no būtiskākajām prasībām ēku būvniecībā ir skaņas izolācija. Pārlietu liels troksnis rada lielu stresa risku un traucē sarunāties, kā arī tiek uztverts kā vides piesārņojums [29].

Iegūtie skaņas izolācijas rezultāti liecina par kompozītmateriāla ļoti labām izolācijas īpašībām. Salīdzinot ar citiem ekoloģiskajiem siltumizolācijas materiāliem, piemēram, linu šķiedru siltumizolācijas materiālu, rezultāti ir sliktāki, un tie atšķiras par 14 vienībām. Linu šķiedru materiālam skaņas absorbcijas rezultāts pēc literatūras datiem ir 45 dB, bet linu – vilnas siltumizolācijas materiāls aiztur 40 dB skaņas absorbciju [30]. Veicot jaunus pētījumus, rezultātus ir iespējams uzlabot.

1. att. Kūdras kokskaudu un sapropeļa – kokskaudu siltumvadītspējas koeficients atkarībā no mitruma piesātinājuma kompozītmateriālā.

2. att. Kūdras – kokskaudu plātnes un sapropeļa – kokskaudu plātnes siltumizolācijas koeficients atkarībā no parauga saldēšanas ciklu skaita.

Nemot vērā skaņas izolācijas īpašības, var secināt to, ka smagāks materiāls ir labāks skaņas izolācijas sfērā. Kā labākos pieejamos skaņas absorbcijas materiālus Latvijā min kokšķiedru universālā pielietojuma plātnes, minerālās vates blīvākos paraugus un korķa izstrādājumus [31].

Siltumvadītspēja ir materiāla spēja caurvadīt siltumu no tā vienas virsmas līdz otrai, ja starp tām ir temperatūru starpība, un to raksturo siltumvadītspējas koeficients. Jo mazāks ir šis koeficients, jo kvalitatīvāks ir siltumizolējošais materiāls. Siltumizolāciju lielā mērā ietekmē tilpummasa, mitrums [15] un porainība.

Sapropeļa–kūdras kompozītmateriāla un kūdras–kokskaudu kompozītmateriāla plātnēm tika veikta siltumvadītspējas pārbaude, mainot plātnes mitruma rādītājus un saldēšanas ciklu skaitu katrai plātnei.

Tika mērīta siltumvadītspēja gan paraugiem, kuriem ir dažāds mitrums (1.attēls), gan paraugiem, kuriem ir dažāds saldēšanas ciklu skaits (2.attēls).

Pēc rezultātiem var spriest, ka kūdras–kokskaudu materiāls un sapropeļa– kokskaudu materiāls ir ar līdzīgiem rādītājiem, tādējādi šiem siltumizolācijas materiāliem ir līdzīgs potenciāls un izmantošanas iespējas.

Kūdras kokskaudu un sapropeļa kokskaudu izveidotajām plātnēm ir raksturīga sīkporaina uzbūve ar viendabīgu šķiedru struktūru ar vaļējām un savā starpā savienotām porām. Ir novērojams tas, ka uz materiāla siltumvadītspēju būtiska ietekme ir mitruma daudzumam. Vidējais sapropeļa–kokskaudu siltumvadītspējas koeficients ir 0,067 W/(mK), bet kūdras–kokskaudu vidējā vērtība ir 0,060 W/(mK). Kūdras–kokskaudu plātnei veicot saldēšanas ciklus, tās siltumvadītspēja nedaudz palielinās, taču sapropeļa–kokskaudu plātnes koeficients samazinās un kļūst labāks. To varētu izskaidrot ar saldēšanas procesa izraisītu plātnes žūšanas procesu un materiālā esošā mitruma zudumu, kā rezultātā kompozītmateriāla poras ūdens tvaiku vietā tiek aizpildītas ar gaisu, kas ir labāks izolējošais materiāls. Kūdras–kokskaudu plāksnēs mitrums sasniedz koksnes šķiedru piesātināšanas punktu, tālāk materiāla mehāniskās īpašības nepasliktinās un briešana, siltumvadītspēja sasniedz maksimālo vērtību un tālāk nepieaug [32]. Pēc pirmajiem rezultātiem, kas ir veikti ar sapropeļa–kokskaudu plātnēm, var spriest, ka to izmantošana

Latvijas apstākļiem ir ieteicama, jo saldēšanas cikli nepasliktina materiāla īpašības.

Papildus siltumvadītspējas koeficienta mērījumiem un saldēšanas cikliem, tika noteikts siltumvadītspējas koeficienta rezultāts plātnei ar mitruma daudzumu 59%, kas bija 0,101 W/(mK). Lai gan tik augsta dabīga materiāla samitrināšanās nenotiek, šie rezultāti norāda uz augsto mitruma ietekmi uz siltumvadītspēju, kas nosaka tās vienlīdzīgas prasības pret visiem izolējošajiem materiāliem, nodrošinot to izolētību no mitruma.

Literatūrā ir atrodamī dati par eksperimentiem, kas ir veikti ar sapropeļa – salmu plātnēm, kas pēc sastāva ir ļoti līdzīgs sapropeļa–kokskaidu plātnei. Salīdzinot ar sapropeļa–kokskaidu plātni, siltumvadītspējas koeficients ir mazāks, tas ir 0,55 W/(mK). Darbā ir uzsvērts, ka mainot, sapropeļa un salmu attiecību, ir iespējams panākt labākus rezultātus siltumvadītspējas koeficientam [33]. 4. tabulā minēto kompozītmateriālu īpašību kopums tika vērtēts, ņemot vērā izmantoto izejvielu (organiska, neorganiska), siltumvadāmības koeficientu, bioloģisko noturību, mitruma ietekmi un ekoloģiskās drošības pakāpi. Izvērtējot siltumizolācijas materiālu siltumvadāmības koeficientus, ir skaidri redzams, ka materiāli, kuros tiek izmantotas dabiskas šķiedras, ir ar zemāku siltumvadāmības koeficientu. Taču pielietojot šādus materiālus būvniecībā, atkarībā no izmantošanas veida un saskares iespējas, ir jānovērtē arī to mehāniskās īpašības, produkta dzīves ilgumu vai nav alerģiju izraisošs.

3. att. Testēto materiālu siltumapmaiņas procesa ātrums.

Eksperimenta rezultāti ar temperatūras izmaiņu kumulatīvo efektu parāda, ka no salīdzinātajiem materiāliem, kūdras–

kokskaidu plātne un sapropeļa–kokskaidu plātne uzrāda labākos rezultātus (3. attēls). Respektīvi, kompozītmateriāls vislētāk atdziest, sasniedzot -20°C 3,8 h laikā, un tas arī vienmērīgāk uzņem siltumu, sasniedzot $+18^{\circ}\text{C}$. Līdz ar to var spriest, ka materiālam ir vienmērīgāks siltumapmaiņas process un ka to izmantojot konstrukcijās, tam ir izteiktākas termoregulācijas īpašības. Materiāls kļūst augstvērtīgāks tieši pasīvo māju celtniecības izmantošanā, jo regulē iekšējo ēkas klimatu [39]. Pēc iegūtās informācijas iekšējās virsmas temperatūras svārstības ietekmē materiālu dažādā spēja uzņemt (akumulēt) siltumu un pēc tam to atdot. Vislabākie siltumietilpības rādītāji ir dabīgam kokam. Ļoti būtisks rādītājs ir tas, cik ātri ārsiena atdod saglabāto siltumu, tas ir, kāds ir tās atdzišanas ātrums. Ja atdzišana notiek ļoti strauji, tad palielinās izmaksas par apkuri, jo, lai uzturētu nemainīgu nepieciešamo iekšējo gaisa temperatūru, biežāk jāieslēdz apkures sistēma [40]. Pateicoties tam, vasaras karstajās dienās telpās tiek nodrošināts patīkams vēsums, bet ziemas periodā – mājīgs siltums.

Tika veikts izstrādāto materiālu degšanas riska novērtējums (5. tabula).

5. TABULA

KŪDRAS – KOKSKAIDU UN SAPROPEĻA KOKSKAIDU UN PRIEDES KOKA PAŠAIZDEĢŠANĀS ĪPAŠĪBU SALĪDZINĀJUMS

Parauga veids	T °C	T °C, vid. aritmēt.
Kūdras - kokskaidu plātne	345	333
	330	
	325	
Sapropeļa - kokskaidu plātne	290	296
	295	
	302	
Priedes koka skaidas	345	345
	340	
	350	

Uz degšanas pārbaudes iegūto datu pamata ir iespējams secināt to, ka kūdras kokskaidu plātnes pašai aizdegšanās temperatūra ir augstāka, nekā sapropeļa–kokskaidu plātnes pašai aizdegšanās temperatūra. Tas izskaidrojams ar to, ka paraugi atšķiras pēc blīvuma un šķiedru izkārtojuma paraugos. Respektīvi, kūdras kokskaidu plātnes šķiedru izkārtojums ir blīvāks un starp tām ir mazāk gaisa, taču sapropeļa–kokskaidu plātne ir trauslāka un ar ievērojami zemāku mehānisko izturību. Izmantojot šādu izgatavošanas metodi, šķiedrainā struktūra, kas rodas paraugā, ir ar lielāku daudzumu gaisa, un tas samazina temperatūru, kurā paraugam sākas pašai aizdegšanās (ir lielāka oksidētāja – gaisa skābekļa daudzums klātbūtnē).

4.TABULA

DAŽĀDU SILTUMIZOLĀCIJAS MATERIĀLU RĀDĪTĀJU SALĪDZINĀŠANAS TABULA [9], [34], [35], [36], [37], [38]

Rādītāji	Izejviela	Siltumvadāmība, W/m ³	Bioloģiskā noturība	Mitruma ietekme	Ekoloģiskā drošība
Ekovate	Celulozes šķiedra, dabas minerāli (borāti)	0,038 – 0,041	Novērš sēnīšu attīstīšanos	Neietekmē	Absolūti nekaitīga
Stikla šķiedra	Smilts, kaļķakmens, soda	0,047 – 0,052	Nav datu	Nosēžas	Nav datu
„Geokars” siltumizolācijas materiāls	Kūdra, kokskaidas	0,047 – 0,08	Nav datu	Neietekmē	Absolūti nekaitīgs
Minerālvates plāksnes	Metalurģijas sārne, kalnu ieži, saistošs – fenola spirts vai bitumens	0,047 – 0,084	Noturīga pret sēnīšu iedarbību	Nav datu	Ekspluatācijas laikā izraisa kaitīgas vielas
Sapropelbetons	Sapropelis, zāģu skaidas, smilts, grants, māli,	0,035	Noturīgs pret sēnīšu iedarbību	Samazinās mehāniskā izturība un siltumvadītspēja	Absolūti nekaitīgs
Sapropela - kokskaidu plātne	Sapropelis, kokskaidas	0,067	Nav datu	samazinās mehāniskā izturība un siltumvadītspēja	Absolūti nekaitīga
Kūdras - kokskaidu plātne	Kūdra, zāģu skaidas	0,06	Nav datu	samazinās mehāniskā izturība un siltumvadītspēja	Absolūti nekaitīga
Aitas vilna	85% ir dabīgā vilna un 15% poliesteris	0,039	Nav datu	Neietekmē	Nav datu
Fibrolīts	koka ēveļskaidas, cements un ūdens	0,068	Noturīgs	Neietekmē	Dabai nekaitīgs materiāls
Perlīts	vulkāniskas izcelsmes stiklveida ieži	0,045 - 0,05	Nav datu	Nav datu	Nav datu
Stiprināti kaņepes spaļi	neapstrādāti un mineralizēti kaņepes spaļi	0,048	Augsta	Nav datu	Nav datu
„Steicoprotect” koka šķiedras	kokmateriālu atgriezumī	0,040	Nav datu	Nav datu	Nav datu
Arbolīts	koksnes sveķainās šķiedrās un minerālas saistvielas (cementa vaimagnija oksīds)	0,09 - 0,10	Augsta	Neietekmē	Nav datu
Uzpūsts korkis	korkžozola mizas	0,032 - 0,045	Augsta	Nav datu	Nav datu
Lins	auga īsās šķiedras, bora sāls, nātrija silikāts	0,037- 0,065	Nav datu	Nav datu	Nav datu
Kaņepju - kaļķa kompozītmateriāls	Kaņepju spaļi, saistviela	0,0713	Nav datu	Nav datu	Nav datu
Fibrolīts	koka ēveļskaidas, cements un ūdens	0,068	Noturīgs	Neietekmē	Dabai nekaitīgs materiāls

Svarīgi ir pieminēt to, ka koksne ir anizotrops materiāls un tās fizikālās, kā arī mehāniskās īpašības ir ciešā sakarā ar to, kāds ir šķiedru virziens, kuras izmanto [32]. Pēc pārbaudēm var spriest, ka iegūtie materiāli ir ieskaitāmi degošu materiālu grupā, jo, iedarbojoties aizdedzināšanas avotam uz kompozītmateriālu, tas aizdegas, gruzd vai pārģojas. Pēc

aizdedzināšanas avota iedarbības izbeigšanās tas turpina degt, gruzdēt vai pārģojoties. Lai uzlabotu kompozītmateriāla aizsardzību pret uguni un paaugstinātu ugunsdrošību, ir jāveic nepieciešamie ugunsdrošības pasākumi, kā arī jānodrošina materiāla izolētība, piemēram, izmantojot ģipškartona loksnes. Siltumizolācijas plātnes uz koksnes pamata ir iespējams

apstrādāt ar antipirēnu, padarot to par grūti degošu vai nedegošu siltumizolācijas materiālu [41], un šis pats risinājums ir izmantojams arī izstrādātajām kūdras-kokskaidu un sapropeļa-kokskaidu plāksnēm, piemēram, pievienojot borskābes piedevas vai citus maztoksiskus antipirētiskus.

Koksnes materiālus apstrādājot ar pretuguns aizsardzības līdzekļiem, tajos samazinās tādi rādītāji, kā liesmas izplatība, degšanas jauda, uguns reakcija. Pastāv divu veidu pretuguns aizsardzības veidi – koksnes piesūcināšana un apdare. Koksnes piesūcināšana ir koksnes virspusēja apstrāde ar darba šķīdumu, to apsmidzinot [42]. Lai pilnveidotu materiālu izmantošanas iespēju, tie ir jāapstrādā ar dažādiem līdzekļiem, kas uzlabo ugunsdrošības rādītāju un bioloģisko noturību, jo tas palielina kompozītmateriālu ilgmūžību un izmantošanas iespējas.

IV. SECINĀJUMI

Izmantojot vietējās izejvielas (kūdras, sapropeli, koksnes skaidas), ir iespējams izstrādāt videi draudzīgus siltumizolācijas materiālus izmantošanai būvniecībā. Izmantojot sapropeli kā līmvielu, pirmo reizi iegūts sapropeļa-kokskaidu siltumizolācijas kompozītmateriāls. Kūdras-kokskaidu un sapropeļa-kokskaidu kompozītmateriāla mehāniskās, skaņas izolācijas un siltumizolācijas rādītāji ir augsti un salīdzināmi ar tirgū piedāvātajiem siltumizolācijas materiāliem. Pētītos kūdras-kokskaidu un sapropeļa-kokskaidu kompozītmateriālus ir iespējams izmantot ekoloģiskajā būvniecībā kā siltumizolācijas materiālu, kā arī, paaugstinot mehānisko izturību, par ēku struktūras elementiem. Iegūtie materiāli teicami nodrošina gāzu apmaiņu (ir "elpojoši"), to sastāvā esošā kūdra un sapropelis spēj absorbēt nepatīkamas smakas un ēkā veidot antibakteriālu vidi. Pētījumā iegūtie rezultāti pierāda, ka sapropeļa-kokskaidu plātnes ir perspektīvas izmantošanai Latvijas apstākļos, jo ir ar augstu salizturību un noturību pret izmaiņām sasalšanas-atkuššanas ciklos.

LITERATŪRAS SARAKSTS

- [1] Segliņš, V., Brangulis, A. Latvijas zemes dzīļu resursi. Rīga: Tehniskās Universitātes tipogrāfija, 1996.
- [2] Brakšs, N., Alksne, A., Āboliņš, J., Kalniņš, A. Sapropeļa un kūdras humīnskābes kā saistviela koksnes atlikumu izmantošanā. *Zinātņu akadēmijas Vēstis*, 1960, 10(159), lpp. 101 – 108.
- [3] Vimba, B. Sapropeļa termiskā šķīdināšana un iegūto produktu ķīmiskais raksturojums. Rīga: Latvijas Lauksaimniecības Akadēmija, 1956.
- [4] Stankeviča, K. Sapropeļa īpašības un tā izmantošanas iespējas: Maģistra darbs. Rīga: Latvijas Universitāte, 2011
- [5] Vucāns, A. Pagaidu ieteikumi sapropeļa pielietošanai augšņu pamatielabošanai un mēslošanai. Rīga: Latvijas zemkopības zinātniskās pētniecības institūts, 1989, lpp. 2 – 13.
- [6] Štins, S. Ezera sapropeli un to kompleksa apguve. Maskava: Maskavas Valsts kalnu universitātes izdevniecība, 2005. (krievu val.)
- [7] Kurzo, B. V. Sapropeļa veidošanās un izmantošanas problēmu likumsakarības. Minska, 2005. (krievu val.)
- [8] Brakšs, N., Miļins, N. Pētījumi par sapropeļa kompleksas izmantošanas iespējām ar hidrolīzes un saustvaices metodi. *LLA raksti*, 1960, IX, p. 471 – 479.
- [9] Gružāns, A. Sapropeļbetons. *LLA raksti*, 1960, IX, lpp. 547 – 561.
- [10] Kreijger, C. Ecological properties of building materials. *Materials and Structures*, 1987, 20, p. 248-254. <http://dx.doi.org/10.1007/BF02485919>
- [11] Indriksone, D. [Rekomendācijas] Using ecological construction materials in the Baltic States. *Baltic Environmental Forum*, 2011.
- [12] Lambie, J. *Environmentally Sustainable Building Materials – Selection*, 2012.
- [13] Kruše, M., Kruše, P., Althaus, D., Gabriēls, I. Ekoloģiskā būvniecība. Rīga: VAK apvienība Arkādija, 1995. 398 lpp.
- [14] Bribiāns, Z., Capilla, V. Life cycle assessment of building materials: Comparative analysis of energy and environmental impacts and evaluation of the eco-efficiency improvement potential. *Building and Environment*, 2011, 46, p. 1133-1140. <http://dx.doi.org/10.1016/j.buildenv.2010.12.002>
- [15] Gorenko, P. Būvniecība. Ozolnieki: Latvijas lauksaimniecības konsultāciju un izglītības atbalsta centrs, 2002.
- [16] Kymäläinen, R., Sjöberg, M. Flax and hemp fibres as raw materials for thermal insulations. *Building and Environment*, 2008, 43, p. 1261–1269. <http://dx.doi.org/10.1016/j.buildenv.2007.03.006>
- [17] Upeniece, L., Bajāre, D., Korjakiņš, A. Heat Insulation Materials Made of Foliage Tree Fibres. In: *Riga Technical University 53rd International Scientific Conference: Dedicated to the 150th Anniversary and the 1st Congress of World Engineers and Riga Polytechnical Institute*. Riga, Latvia, 2012.
- [18] Korjakiņš, A., Toropovs, N., Kara, P., Upeniece, L. Application of Peat, Wood Processing and Agricultural Industry By-products in Producing the Insulating Building Materials. *Journal of Sustainable Architecture and Civil Engineering*, 2013, 1(2), p. 1 – 7. <http://dx.doi.org/10.5755/jol.sace.1.2.2884>
- [19] Gružāns, A. Sapropeļbetons. *Zinātņu Akadēmijas vēstis*, 1958, 12 (137), lpp. 163 – 170.
- [20] Natureplus e.V. [tiešsaiste]. Insulation materials from renewable raw materials - 2009. [skatīts 05.04.2013.]. Pieejams: [http://www.natureplus.org/en/natureplus/issuance-guidelines/?user_natureplus_pi3\[cat\]=01&cHash=d77d398798](http://www.natureplus.org/en/natureplus/issuance-guidelines/?user_natureplus_pi3[cat]=01&cHash=d77d398798)
- [21] Toropovs, N. Kūdras izmantošana siltumizolācijas materiālu ražošanā. Aktivētās kūdras saistvielas iegūšana un tās izmantošana kūdras/kokskaidu siltumizolācijas kompozītos. Maģistra darbs. Rīga: RTU Būvniecības fakultāte, Materiālu un konstrukciju institūts, 2012.
- [22] Stankeviča, K., Klaviņš, M., Rūtiņa, L., Ceriņa, A. Lake Sapropele: a Valuable Resource and Indicator of Lake Development. *Advances in Environment, Computational Chemistry and Bioscience*. 2012, p. 247-252.
- [23] Welltech [tiešsaiste] Environmental Chamber JTH Series – 2013. Sk. 21.04.2013. Pieejams: <http://www.temperature-humidity-chamber.com/download/JTH.pdf>
- [24] Lasercomp, [tiešsaiste] Statistics Sheet for FOX600 -- 2012. Sk. 21.04.2013. Pieejams <http://www.lasercomp.com/product/fox6xx.php>
- [25] Instron The difference is measurable [tiešsaiste] 5900 Series - Advanced Mechanical Testing Systems. Instron, - 2013. Sk. 21. 04. 2013. Pieejams <http://www.instron.co.uk/wa/product/5900-Series-Mechanical-Testing-Systems.aspx>
- [26] SIA "R&D Akustika", [tiešsaiste] Materiālu akustisko īpašību testēšana impedances caurulē. Sk. 21.04.2013. Pieejams: <http://www.akustika.lv/rdakust/pdf/16abstrub.pdf>
- [27] Paroc Group, [tiešsaiste] Skaņas izolācija. Sk. 01.05.2013. Pieejams <http://www.paroc.lv/kompetence/skana/skanas-izolacija>
- [28] Noteikumi par Latvijas būvnormatīvu LBN 016-03 "Būvakustika". Pieņemts 01.07.2004. Latvijas Republikas Ministru kabinets. Skatīts: 01.05.2013. Pieejams: <http://www.likumi.lv>
- [29] Kozłowski, B., Mieleniak, B., Muzyczek, M., Mańkowski, J. Development of Insulation Composite Based on FR Bast Fibers and Wool. In: *International Conference on Flax and Other Bast Plants*. Poznań, Poland, 353 – 363, 2008.
- [30] Biršs, J., Korjakiņš, A. Būvniecībā izmantojamo materiālu perspektīvas un prasības. *RTU zinātniskie raksti*, sēr., *Materiālzinātne un lietišķā ķīmija*, 2009, 1(19), lp. 29.-39.
- [31] Ulpe, J., Kupče, L. Koka un plastmasu konstrukcijas. Rīga: Zvaigzne. 1991, 23 lpp.
- [32] Kasperiušaitė, D., Navickas, J. Sapropele derivatives in new light. *Lithuanian University of Agriculture*. 2006, p. 2 – 32.
- [33] Šinka, M., Korjakiņš, A., Šahmenko, G. Kaņepju spaļu ar hidrauliskā kaļķa saistvielu izmantošana siltumizolācijas materiālos. In: *Biznesa augstskolas Turība konference rakstu krājums XIII starptautiskā zinātniskā konference ilgtspējīga uzņēmējdarbība mainīgos ekonomiskos apstākļos*. Rīga, Latvija, 305. – 312., lpp., 2012
- [34] SIA Eko Siltums PLUS, [tiešsaiste]. Dažādu siltumizolācijas materiālu rādītāju salīdzināšanas tabula. Sk. 01.04.2013. Pieejams: http://www.siltumsplus.lv/lv/?option=technical_description&submenu=c ompare_tables

- [36] Vides Aizsardzības un reģionālās attīstības ministrija [tiešsaiste]. Dabīgā jeb organiskā siltumizolācija. Sk. 01.04.2013 Pieejams http://www.videsrisinajumi.lv/index.php?option=com_content&view=article&id=115&Itemid=208&lang=lv
- [37] LVS EN 13168:2002+AC [Standarts] [tiešsaiste]. Fibrolīta plātnes būvniecībai. Skaits: 01.05.2013. Pieejams: <https://www.lvs.lv/lv/services/catalogue/standardDetails.asp?std=20125>
- [38] Sutton, A. Black, D. Natural fibre insulation: An introduction to low-impact building materials. University of Bath. 2011.
- [39] Berge, B. The ecology of building materials. USA: Architectural Press (an imprint of Elsevier). 2009, 447 lpp.
- [40] Isaksson, C., Karlsson, F. Indoor climate in low-energy houses-an interdisciplinary investigation. *Building and Environment*, 2005, 41, p. 1678–1690. <http://dx.doi.org/10.1016/j.buildenv.2005.06.022>
- [41] Ministru kabineta noteikumi. Pieņemts 01.01.1996 Noteikumi par Būvnormatīvu LBN 201-96 "Ugunsdrošības normas". [skatīts 18.04.2013.]. Pieejams: <http://www.liis.lv/mspamati>.
- [42] Meža attīstības fonds. Koksnes materiālu uguns reakcijas un mehānisko īpašību pētījumi un jaunu produktu izstrāde. Jelgava, LR ZM Lauku atbalsta dienests, 2008.

Vaira Obuka: B.sc.env. (2013), Mg.sc.env. student in Environmental Science at the University of Latvia, Faculty of Geography and Earth Science. 2013 year of studying I was environmental laborant at the laboratory of environmental monitoring (Department of Environmental Sciences, Faculty of Geography and Earth Sciences, University of Latvia). The major interests are related to sustainable development, use of sapropel, ecological

building materials, thermal insulation materials.

Address: University of Latvia, Raiņa bulv. 19, LV-1586, Riga, Latvia. E-mail: vaira.obuka@lu.lv

Aleksandrs Korjajkins, Graduated Riga Technical University (former Polytechnical Institute) in 1985, as engineer of Civil Engineering. PhD degree in 1997. PhD thesis: Interlaminar Fracture Toughness of Glass Fibre Reinforced Polymeric Composites Influenced by Fibre Surface Treatment, Products Author of more than 100 publications and 4 patents. Fields of study: building materials, constructions,

recycling of building materials, ecological building materials, nanoconcrete, porous

ceramics, numerical methods and computer analysis of structures, Head of Chair of Building Materials and Products. Kalku str. 1, LV-1658, Riga, Latvia. E-mail: aleks@latnet.lv

Raitis Brencis, Dr.sc.ing. (2013) Latvia University of Agriculture, Faculty of Rural Engineering, department of Architecture and Building, Jelgava, Latvia Lecturer at Latvia University of Agriculture; Engineer at SIA „Aspectus”, Building Project leader at SIA „Zemgales tehnoloģiskais centrs”. Member of Latvia Civil engineers union.

Address: Akademijas street 19, Jelgava, Latvia
Phone: +37163028791

E-mail: raitis.brencis@llu.lv

Ilmārs Preikšs, Mg.sc.ing. (2011), Latvia University of Agriculture, Faculty of Rural Engineering, Jelgava, Latvia.

Doctoral student, Lecturer and Researcher at Latvia University of Agriculture, Faculty of Rural Engineering, Department of Architecture and Construction.

Field of research: innovative building materials

Address: 19 Akademijas iela, Jelgava, LV-3001, Latvia. E-mail: ilmars.preikss@gmail.com

Oskars Purmalis (PhD student) received his bachelor's degree in environmental sciences from University of Latvia (Faculty of Geography and Earth sciences) in 2006 and master degree in 2008.

Since the 2008 he is PhD Student and researcher at the laboratory of environmental monitoring (Department of Environmental Sciences, Faculty of Geography and Earth Sciences, University of Latvia). The major interests are related to environmental chemistry,

environmental processes and nature conservation. He is a member of the International Humic Substances Society since 2006. Address: Raiņa bulv. 19, LV-1050, Riga, Latvia

E-mail: oskars.purmalis@lu.lv

Karina Stankeviča: Mg.sc.env., Ph.D. student in Environmental Science at the University of Latvia, Faculty of Geography and Earth Science. Professional Bachelor of Landscape Architecture and Planning, Latvian University of Agriculture in 2009. Master degree in Environmental Science earned at the University of Latvia in 2011. The major field of study: water objects in landscape, limnic freshwater ecosystem, lake's organic rich sediments properties and possibilities of use, humic substances. Address: University of Latvia, Raiņa bulv. 19, LV-1586, Riga, Latvia. E-mail: karina.stankevica@lu.lv

Maris Klavins, Dr. hab. chem., Professor at the University of Latvia, Faculty of Geography and Earth Sciences, Department of Environmental Sciences. M. Klavins obtained his scientific degree in chemistry of biologically active compounds at the Moscow State University in 1986 but a habilitation degree at the University of Latvia in 1994. He is a member of the Academy of Sciences of Latvia, coordinator of International Humic Substances Research Society (IHSS). Research interests are related to studies of natural organic matter, wetlands and bogs and environmental pollution problems.

Address: University of Latvia, Raiņa bulv. 19, LV-1586, Riga, Latvia.

E-mail: maris.klavins@lu.lv

Vaira Obuka, Aleksandrs Korjajkins, Raitis Brencis, Ilmārs Preikšs, Oskars Purmalis, Karina Stankeviča, Māris Kļaviņš. Sapropel/Peat-Wood Chip Insulation Materials and Their Properties

We live in the world, where the population rapidly increases, and local municipalities and governments should think about possibilities of providing sustainable development. The building of new constructions demands many resources. At this time when people pay more attention to ecological building and saving energy resources, the research on local resources and their potential use is very topical, especially, when thinking not only of new buildings, but also of the renovation of existing constructions and heat insulation. Therefore, the sustainable use of local resources as thermal insulation materials is innovative.

In Latvia, there are quiet many peat and sapropel resources, which can be successfully used to create new innovative products. The aims of the research are to make heat insulation materials and to establish their optimal composition and properties. In this study, we made thermal insulation materials using activated peat, sapropel and wood chips and described their properties in comparison with the industrially produced materials.

We tested the optimal composition of products as well as their mechanical, heat insulation and acoustic properties. Results have shown that the obtained materials can be successfully used in constructions as heat insulation materials and elements of constructions. Materials have good thermal insulation capability and stability in our climatic conditions. Parameters of materials and their potential applications can be used to evaluate the development of ecological building and the use of local resources.

Вайра Обука, Александр Корякин, Райтис Бренчис, Илмарс Прейкш, Оскар Пурмалис, Карина Станкевича, Марис Клявиньш. Сапрпель- и торфодревесностружечные теплоизоляционные плиты и их свойства

При современных темпах роста городского народонаселения строительная индустрия требует все больше минеральных ресурсов и энергии для создания жилья и инфраструктуры. Одновременно приходится уделять внимание экологическому аспекту экономии ресурсов и энергии. В этом контексте, весьма актуальны возможности использования местных минеральных и биологических ресурсов при создании новых строительных материалов или улучшения свойств существующих (тепло- и звукоизоляции и др.).

Для Латвии, обладающей значительными ресурсами залежей торфа, сапрпеля и высоким уровнем использования древесины в строительстве, весьма актуально создание на их основе новых инновационных материалов.

Полученные показатели механических, звукоизоляционных и теплоизоляционных свойств торфодревесностружечных и сапрпельдревесностружечных композитных плит довольно высокие и сравнимы с представленными на рынке подобными материалами. Исследованные сапрпель- и торфодревесностружечные композитные плиты возможно применить в экологическом градостроительстве как теплоизоляционный материал, а также с целью повышения механической устойчивости конструкций зданий. Полученные материалы хорошо обеспечивают газообмен в помещениях (стены «дышат»), сапрпель и торф, входящие в состав этих плит абсорбируют неприятные запахи и образуют в помещениях антибактериальную среду.

Результаты исследований показывают, что использование сапрпель- и торфодревесностружечных композитных плит в строительстве в условиях Латвии весьма перспективны, поскольку обладают повышенной морозоустойчивостью и устойчивы в периоды всего цикла промерзания и оттаивания.