

Izpētes rezultātu kopsavilkums (rekomendācijas, priekšlikumi un secinājumi)

Nr.	Risinājuma un pētāmās problēmas īss apraksts	Analīzes rezultāts un uzlabotā (optimizētā) risinājuma raksturojums
1.	<p>Koka ārsienas konstrukcijas ar iekštelpai pietuvinātu siltuma izolācijas slāni mitruma stāvokļa dinamika ilgtermiņā Latvijas klimatā. Jānovērtē konstrukcijas ilgtspēja, un šī “inversā” risinājuma ietekme uz termisko apstākļu stabilitāti telpā gan nekondicionētā režīmā (vasaras periodā), gan cikliskā gaiss – gaiss siltumsūkņa darbības režīmā.</p>	<p>Ja no telpas puses ir nodrošināta kvalitatīva (nepārtraukta) tvaiku barjera, tad ilgtermiņā šādā konstrukcijā ar “inverso” siltuma izolācijas slāņa novietojumu nav kondensāta rašanās un pelējuma sēnīšu augšanas risku un tās ilgtspēja ir nodrošināta. Potenciālo risku mazināšanai siltuma izolācijas slāņa ārpusē nedrīkst lietot tvaiku barjeru un ārpusē (aiz koka frēzbaļķa) nedrīkst lietot apdari ar mazu tvaiku difūzijas koeficientu. Katram konkrētam ārsienas konstruktīvajam risinājumam jāveic ūdens tvaiku difūzijas aprēķins. Tā kā siltuma izolācijas slānis ar mazu termisko inerci ir pietuvināts telpai, tad nekondicionētos apstākļos ventilācijas un solārā starojuma ietekmē termiskā komforta apstākļi telpās līdzinās apstākļiem vieglajās (karkasa) būvēs un iespējama, piem., izteikta pārkaršana vasaras periodā. Temperatūras svārstību mazināšanai nekondicionētā un gaiss – gaiss siltumsūkņu darbības režīmos iekšējā apdarē jāizmanto materiāli ar lielāku siltumietilpību (piem., fibrolīts, apmetums un tml.) un/vai fāžu maiņas materiāli ar atbilstoši izvēlētu kušanas/sacietēšanas temperatūru intervālu. Optimālu termiskā komforta apstākļu nodrošināšana, izmantojot gaiss – gaiss siltumsūkni, nav triviāla – nepieciešama gaisa temperatūras un ātruma lauku skaitliska modelēšana konkrētām telpu ģeometrijām.</p>
2.	<p>Vieglas statņu tipa ārsienas konstrukcijas ar paneļu siltuma izolācijas pildījumu mitruma stāvokļa dinamika ilgtermiņā Latvijas klimatā. Jānovērtē konstrukcijas ilgtspēja, un šīs vieglās konstrukcijas ietekme uz termisko apstākļu stabilitāti telpā nekondicionētā režīmā (vasaras periodā) un cikliskos gaiss – gaiss un gaiss – ūdens siltumsūkņu darbības režīmos.</p>	<p>Ja no telpas puses ir nodrošināta kvalitatīva (nepārtraukta) tvaiku barjera, tad ilgtermiņā šādā vieglajā konstrukcijā nav kondensāta rašanās un pelējuma sēnīšu augšanas risku un tās ilgtspēja ir nodrošināta. Potenciālo risku mazināšanai siltuma izolācijas slāņa ārpusē nedrīkst lietot tvaiku barjeru vai apdari ar mazu tvaiku difūzijas koeficientu. Optimāls ir ventilējamas fasādes risinājums ar pretvēja barjeru siltuma izolācijas slāņa ārpusē. Katram konkrētam ārsienas konstruktīvajam risinājumam ieteicams veikt ūdens tvaiku difūzijas aprēķinu. Tā kā konstrukcijai kopumā ir maza termiskā inerce (laukummasa), tad nekondicionētos apstākļos ventilācijas un solārā starojuma ietekmē temperatūras šādu karkasa tipa būvju telpās var stipri svārstīties, piem., ir izteikta pārkaršana vasaras periodā. Temperatūras svārstību mazināšanai nekondicionētā un gaiss – gaiss siltumsūkņu darbības režīmos iekšējā apdarē jāizmanto materiāli ar lielāku siltumietilpību (piem., fibrolīts, apmetums un tml.) un/vai fāžu maiņas materiāli ar atbilstoši izvēlētu kušanas/sacietēšanas temperatūru intervālu. Optimālu termiskā komforta apstākļu nodrošināšana, izmantojot gaiss – gaiss siltumsūkni, nav triviāla – nepieciešama gaisa temperatūras un ātruma lauku skaitliska modelēšana konkrētām telpu ģeometrijām.</p>

3.	<p>Masīva ārsienas konstrukcijas bez ārējā papildus siltinājuma slāņa, kas veidota no kompozītiem lielgabarīta keramiskajiem blokiem ar putupolistirola siltuma izolācijas granulu pildījumu to dobumos. Jāpētī sākotnējā mitruma dinamika un tās ietekme uz konstrukcijas siltuma caurlaidību, kopējo energopatēriņu un telpu mitrumu 3 gadu pārejas periodā.</p>	<p>Konstrukcija kopumā var optimāli nodrošināt gan lielu siltuma pretestību, gan pietiekamu ūdens tvaiku difūziju, lai, nelietojot tvaika barjeras, nodrošinātu optimālus mitruma apstākļus konstrukcijā Latvijas klimatā. Mitruma difūzijai šīnī gadījumā nav nepieciešama padziļināta izpēte (modelēšana). Būves mehāniskās nestspējas nodrošināšanas prasības praksē limitē dobumu/keramikas proporcijas paaugstināšanu virs 0,65. Izšķiroši ir montāžas periodā aizsargāt sākotnēji sausus konstrukcijas materiālus no ūdens uzkrāšanās bloku dobumos, jo tā izvadīšanai no konstrukcijas būtu nepieciešams ilgāks laika periods (atkarībā no apdares līdz 3 gadiem), tādējādi šajā periodā arī būtiski (līdz 30% virs projektētās vērtības) palielinot konstrukcijas siltuma caurlaidību un integrālos siltuma zudumus caur to.</p> <p>Tā kā konstrukcijai kopumā ir liela termiskā inerce (laukummasa), tad nekondicionētos apstākļos ventilācijas un solārā starojuma ietekmē temperatūras šādu būvju telpās svārstās relatīvi mazāk un Latvijas klimatā vasaras periodā pārkaršanas riski ir būtiski mazāki nekā vieglā tipa būvēs. Tādējādi arī darbinot gaiss – gaiss siltumsūkņus ir vieglāk nodrošināt optimālu termisko komfortu telpās, tomēr, ņemot vērā šo iekāru darbības režīmu specifiku (nestacionaritāti), ieteicama gaisa temperatūras un ātruma lauku skaitliska modelēšana konkrētām telpu ģeometrijām.</p> <p>Industriālās bloku ražošanas tehnoloģijas optimizēšanai putupolistirola granulas ir jāaizstāj ar citu dobumos vienkārši iestrādājamu un fiksējamu siltuma izolācijas materiālu, piem., smalcinātu minerālvati.</p>
4.	<p>Vidējas masivitātes ārsienas konstrukcijas no apmestiem gāzbetona blokiem ar ārējo siltinājuma slāni. Jāpētī ļoti lielā ražošanas tehnoloģijas noteiktā sākotnējā mitruma satura dinamika un tās ietekme uz konstrukcijas siltuma caurlaidību un telpu mitrumu 5 gadu periodā, jo ūdens tvaiku difūzijas un žūšanas procesi ir ļoti lēni.</p>	<p>Konstrukcija kopumā var optimāli nodrošināt gan pietiekamu siltuma pretestību, gan ūdens tvaiku difūzīvo pānesi, lai, nelietojot tvaika barjeras, nodrošinātu optimālus mitruma apstākļus konstrukcijā Latvijas klimatā, bet būtiskas problēmas rada tās lielais sākotnējais ūdens saturs, ko nosaka ražošanas tehnoloģija. Mitruma difūzijai šīnī gadījumā ir obligāta padziļināta izpēte (modelēšana) katram konkrētam konstruktīvajam risinājumam, jo tā izvadīšanai no konstrukcijas ir nepieciešams ilgs laika periods (atkarībā no apdares 3 – 5 gadi), tādējādi šajā periodā arī būtiski (pat vairāk par 50% virs projektētās vērtības) palielinot konstrukcijas siltuma caurlaidību un integrālos siltuma zudumus caur to. Lai telpās nodrošinātu termisko komfortu šajā žūšanas periodā, nepieciešama paaugstināta apkures jauda un relatīvā mitruma normalizēšanai gaisā – paaugstināta ventilācijas intensitāte, kas arī rada papildus enerģijas zudumus. <u>Nepilnīga un arī nekorekta mārketinga informācija šo situāciju klientiem neatklāj.</u> Noteiktā bloku siltuma vadītspēja pie istabas temperatūras un 40% mitruma ir 0,11 W/mK, bet mitrā stāvoklī – 0,23 W/mK. Efektīvs šādu ārsienu žāvēšanas variants ir atstāt tās apjuntas bez apdares vienu ziemas sezonu, kad āra gaisa mitrums mazs. Tomēr tas ne</p>

		<p>vienmēr ir pieņemami no saimnieciskā aspekta, jo pāildzina un sadārdzina kopējo būvniecības procesu.</p> <p>Tā kā konstrukcijai kopumā ir pietiekama termiskā inerence (laukummasa), tad nekondicionētos apstākļos ventilācijas un solārā starojuma ietekmē temperatūras šādu būvju telpās svārstās relatīvi mazāk un Latvijas klimatā vasaras periodā pārkaršanas riski ir būtiski mazāki nekā vieglā tipa būvēs. Tādējādi arī darbinot gaiss – gaiss siltumsūkņus ir vieglāk nodrošināt optimālu termisko komfortu telpās, tomēr ņemot vērā šo iekāru darbības režīmu specifiku (nestacionaritāti) ieteicama gaisa temperatūras un ātruma lauku skaitliska modelēšana konkrētām telpu ģeometrijām.</p>
5.	<p>Viegla karkasa tipa grīdas konstrukcijas ar akmens vates siltuma izolācijas pildījumu un ventilējamu pagrīdi un griestu pārseguma ar kokskaidu vates siltuma izolāciju. Jāpētī mitruma stāvokļa, siltuma caurlaidības un aizpildījuma daļas (sablīvēšanās) dinamika ilgtermiņā Latvijas klimatā, lai novērtētu konstrukcijas ilgtspēju.</p>	<p>Viegla karkasa grīdas jāveido vairākslāņainas, lai novērstu (mazinātu) iespējamās termiskās tiltus karkasa (rāmja) zonās un šo nesošo karkasu jāveido no pēc iespējas mazāk siltumu vadošiem materiāliem un ar mazāku šķērsgriezumu. To limitē nepieciešamās mehāniskās stiprības prasības. Pildījumam nevar izmantot beramos vai mīkstos siltuma izolācijas materiālus, jo tie var būtiski nosēties veidojot gaisa slāņus ar izteiktu konvekciju, kas samazina to siltuma pretestību. Kokskaidu vatei griestu pārsegumā uz bēniņiem ir izteikta tendence nosēties pat tad, ja tās tiek sākotnēji iestrādātas (iepūstas) zem spiediena, tādējādi veidojot gaisa slāņus un samazinot konstrukcijas siltuma pretestību. Ja pildījumu nevar pietiekami vienkārši papildināt, tad to nav ieteicams izmantot bēniņu siltināšanai.</p> <p>Šādos slēgtos vieglajos pārsegumos, ja būvniecības procesā nav nodrošināta kvalitatīva aizsardzība pret ūdens iekļūšanu (piem., veicot izbūvi lietus laikā), var uzkrāties ūdens, kura izvadīšanai no konstrukcijas nepieciešami 3 un vairāk gadi. Šajā periodā konstrukcijai ir būtiski palielināta siltuma caurlaidība un augstā mitruma dēļ tās iekšpusē iespējama sēnīšu augšana. Ja būvtehnoloģija tiek ievērota, tad vairākslāņu risinājums, kurā novērsti termiskie tilti ir optimāls.</p>
6.	<p>Būvju no vieglām (koks, finieris, siltumizolācija) un smagām būvkonstrukcijām (dažādi bloki) pārkaršanas dinamika nekondicionētā režīmā Latvijas klimatā siltajā sezonā un iespējas šo pārkaršanu mazināt, izmantojot dažādus pasīvās un aktīvās ventilācijas režīmus.</p>	<p>Nekondicionētā režīmā reālas vieglās būves vasaras periodā būtiski pārkarst virs āra gaisa temperatūras arī Latvijas klimatā, pie kam būtiski vairāk nekā smagās būves (ar lielu termisko inerci). Galvenie iemesli – solārā radiācija un iekšējie siltuma avoti. Jo lielāks stikloto konstrukciju laukums un mazāks konstrukciju noēnojums, jo lielāka pārkarsuma temperatūra. Optimāls paņēmieni pārkarsuma mazināšanai ir automātiski vadāmas ārējās žalūzijas, kas novērš tiešu saules iespaidēšanu telpā. Iekšējo žalūziju efektivitāte relatīvi zema – darbojas kā sekundārie starotāji. Dzīvojamajām ēkām labs paņēmieni ir arī intensīva nakts ventilācija. Tradicionālie fāzu maiņas materiāli ar kušanas temperatūru no 24 - 28°C Latvijas klimatā dod efektu tikai ļoti īsos laika periodos vasarā un to efektivitāti var nodrošināt tikai kombinācijā ar citām metodēm, piem., nakts ventilāciju.</p>

		Labākais risinājums ir automātiski vadāma ventilācija atkarībā no temperatūras telpās, ārā un CO ₂ līmeņa telpā, kas praktiski robežojas ar nākamo – telpu kondicionēšanas līmeni.
7.	Dažāda veida un izvietojuma fāžu maiņas materiālu izmantošanas iespējas vieglo konstrukciju būvju pārkaruma samazināšanai un termisko apstākļu stabilizācijai telpās nekondicionētos apstākļos Latvijas klimatā siltajā gada laikā.	Priekšrocības Latvijas vasaras klimatiskajos apstākļos ir fāžu maiņas materiāliem ar relatīvi zemāku fāžu pārejas temperatūru, jo temperatūras telpās bez lieliem stiklotiem laukumiem un lielām siltuma avotu jaudām virs 26°C netiek sasniegtas bieži. Izmēģinātie fāžu maiņas materiāli tipiskos Latvijas vasaras apstākļos 2014. un 2015.g. parādīja tikai ierobežotu to lietderību īsos laika periodos, t.i., lielāko laika perioda daļu tie atradās cietā stāvoklī. Katram atsevišķam fāžu maiņas materiālu veidam, lietojumam un novietojumam nepieciešams veikt siltuma bilances aprēķinu (optimizāciju), lai prognozētu izmantošanas efektivitāti, jo specificētie materiālu dati tiešā veidā neļauj novērtēt sagaidāmo FMM lietojuma efektivitāti konkrētos apstākļos.
8.	Gaiss – gaiss tipa siltumsūkņu darbības kombinētā ventilācijas un apsildes/dzesēšanas režīmā būvēs no vieglām un smagām konstrukcijām specifika un A kategorijas termiskā komforta apstākļu telpā nodrošināšanas iespējas Latvijas klimatā.	Izmantojot gaiss – gaiss siltumsūkņus visus A kategorijas termiskā komforta nosacījumus testēšanas standos praktiski grūti nodrošināt. Kritiskie faktori ir temperatūras asimetrija, piem., solārais starojums no loga puses un vēsa gaisa plūsma dzesēšanas režīmā no otras puses, un gaisa plūsmu momentānie ātrumi atsevišķās telpas vietās, piem, tur, kur nāk plūsma no iekārtas iekšējā bloka. Lai situāciju optimizētu, katrai telpas ģeometrijai un ventilācijas/kondicionēšanas bloku novietojumam nepieciešama temperatūru un gaisa plūsmu modelēšana ievērojot procesa nestacionaritāti un solāro starojumu. Apkures režīmā ar šīm iekārtām termisko komfortu ir iespējams nodrošināt nedaudz vieglāk, bet arī te nepieciešama atbilstoša procesu modelēšana konkrētiem apstākļiem.
9.	Gaiss – gaiss un divu dažāda veida gaiss – ūdens tipa siltumsūkņu ar kapilāro siltummaini un zemas temperatūras konvektoru (abiem ir siltuma akumulācijas iespējas) darbības kombinētā ventilācijas un apsildes/dzesēšanas režīmā specifika un termiskā komforta apstākļu atšķirības pie vienādas uzstādītās iekštelpu temperatūras.	Dzesēšanas režīmā ar kapilāro siltummaini, kas novietots pie griestiem, var iegūt optimālus termiskā komforta apstākļus, kas praktiski nav iespējams pārējos apskatītajos gadījumos. Sildīšanas režīmā labākais risinājums ir zemas temperatūras kovektoru lietošana kombinācijā ar gaiss – ūdens siltumsūkni un akumulatoru. Apkures režīmā ar termisko komfortu ir iespējams nodrošināt arī ar gaiss – gaiss siltumsūkņiem, bet arī te nepieciešama atbilstoša procesu modelēšana konkrētiem apstākļiem. Kapilārais siltummainis, kas novietots pie griestiem nav optimāls risinājums apkures režīmā – tad siltummaini nepieciešams ievietot grīdā un pie sienām. Ja ar kapilāro siltummaini grib nodrošināt gan efektīvu dzesēšanu, gan sildīšanu, tad attiecīgie klājumi jāievieto griestos, sienās un grīdā ar atdalītu šo atsevišķo bloku režīmu vadības iespēju.
10.	Trīs dažādu siltumsūkņu (gaiss – gaiss un gaiss – ūdens) ar atšķirīgiem siltummaiņu risinājumiem	Apskatīto trīs veidu siltumsūkņu ar dažādām komplektācijām faktiskā efektivitāte būtiski atšķiras. Efektivitātes ziņā labākais risinājums ir gaiss – ūdens siltumsūknis ar akumulācijas iespēju un zemas temperatūras konvektoru

	faktiskās efektivitātes noteikšana, gan apsildes, gan dzesēšanas (kondicionētos) režīmos Latvijas klimatā.	(stendos sasniedz efektivitāti 2,5 – 3). Gaiss – gaiss siltumsūkņu efektivitāte būtiski atpaliek – 1,5 – 2,0. Gaiss – ūdens siltumsūkņa ar kapilāro siltummaini efektivitāte apkures režīmā ir tuva 1, bet var kļūt arī mazāka par 1, jo siltums izdalās arī ārējā blokā. Iegūtie rezultāti kopumā labi saskaņojas ar siltuma bilances modelēšanas rezultātiem, bet ir būtiski mazāki par ražotāju uzdotajām COP un SCOP vērtībām šīm iekārtām. Tā galvenie iemesli: - iekārtas darbojas ar jaudu, kas vidēji 5 – 10 reizes mazāka par nominālo; - temperatūras ārā relatīvi strauji mainās un ir atšķirīgas (zemākas) no standartizētas testēšanas nosacījumiem. Tomēr monitoringa rezultāti adekvāti atspoguļo iekārtu efektivitātes relatīvo (savstarpējo) novērtējumu. No analizētajiem optimāls risinājums ir gaiss – ūdens siltumsūkņi ar zemas temperatūras siltummaini.
11.	Kapilāra paklāja tipa siltummaiņa pie telpas griestiem izmantošanas iespējas A kategorijas termiskā komforta apstākļu uzturēšanai telpās ar un bez papildus mehāniskās gaisa cirkulācijas.	Dzesēšanas režīmā siltajā periodā šāda sistēma var nodrošināt A kategorijas termiskā komforta apstākļus bez papildus piespiedu gaisa mehāniskās cirkulācijas, jo aukstajam gaisam grimstot uz leju veidojas gaisa konvektīvās cirkulācijas virpuļi. Turpretim apkures režīmā aukstajā gadalaikā šāda sistēma bez papildus piespiedu gaisa mehāniskās cirkulācijas nevar nodrošināt termisko komfortu telpā, jo siltais gaiss krājas pie griestiem un neveidojas izteikti gaisa konvektīvās cirkulācijas virpuļi. Lai nodrošinātu ar šādu sistēmu A kategorijas termisko komfortu apkures režīmā nepieciešama gaisa plūsmu modelēšana konkrētā situācijā.
12.	A kategorijas termiskā komforta apstākļu nodrošināšanas iespēju un tam atbilstošā energopatēriņa salīdzinājums, izmantojot - dažāda veida elektriskos konvektorus; - gaiss – gaiss tipa siltumsūkņi ar ciklisku ieplūstošā gaisa samaisīšanu; - gaiss - ūdens siltumsūkņi ar siltuma akumulatoru un siltā ūdens konvektoru; - gaiss– ūdens siltumsūkņi, ar siltuma akumulatoru un kapilāro paklāja tipa siltummaini.	No energopatēriņa viedokļa elektriskais konvektors nodrošina efektivitāti 1, par pārējo sistēmu efektivitāti skat. p. 10, proti tās adekvāti instalējot un izmantojot sasniedzamā energoefektivitāte ir >1. Pie vienādām vidējām telpas temperatūrām nedaudz paaugstināti siltuma zudumi apsildes režīmā no ēkām ir izmantojot kapilāro siltummaini, kas izvietots pie griestiem un nosaka tur augstāku temperatūru tiešā virsmas tuvumā, kā arī izmantojot elektrisko konvektoru, kas izvietots zem loga, jo loga zonā pieaug gaisa temperatūra, bet loga siltuma caurlaidība ir lielāka nekā ārsienām. Tomēr šīs energopatēriņa atšķirības tipiskos apstākļos nepārsniedz 3 – 5%. Ar elektriskajiem tāpat kā ar ūdens konvektoriem var nodrošināt termisko komfortu telpās, kas atbilst A kategorijas nosacījumiem. Gaiss – gaiss siltumsūkņa gadījumā tas ir sarežģītāk un nepieciešama sistēmas optimizācija katrā konkrētā gadījumā veicot skaitlisko modelēšanu.
13.	Augstas siltumpretestības vakuuma paneļu risinājumu un montāžas	LU VTPMML laboratorijā uzstādītajā termiskajā kamerā būvkonstrukciju siltuma caurlaidības testēšanai vairākos slāņos izmantotie vakuumpaneļi nodrošina ļoti labas siltuma

	<p>specifika, to izmantošanas problēmas un efektivitāte salīdzinājumā ar tradicionālajiem siltuma izolācijas materiāliem, kā arī to lietojumu piemērotība Latvijas klimatam.</p>	<p>izolācijas īpašības relatīvi kompaktā konstrukcijā – kameras ārsienu biezums 2 – 3 reizes mazāks nekā tradicionāli uzbūvētās sistēmās. Termogrāfija apstiprina, ka nav vērā ņemamu termisko tiltu.</p> <p>Standartizēti mērījumi esošajā karstās plates iekārtā materiālu siltuma caurlaidības noteikšanai parādīja, ka vakuumpaneļu faktiskās siltuma vadīšanas īpašības atbilst specificētajām ($\lambda=0,005 - 0,007$ atkarībā no izpildījuma un temperatūras), bet lietojot tos reālās konstrukcijās ir jāņem vērā ar termiskajiem tiltiem un materiālu novecošanos saistītie specifiskie labojuma koeficienti.</p> <p>Šos paneļus var lietot arī Latvijas klimatā, bet to kavē augstās izmaksas, ļoti precīzas tehnoloģijas ievērošana (kvalificēts darbspēks). Negatīvais – paneļi jāizgatavo pēc izmēriem atbilstoši projektam un tiem ir bīstama un viegli iespējama perforācija montāžas un arī ekspluatācijas gaitā. Plašu izplatību ēku siltināšanai Latvijā tuvākajos 5 gados nevar prognozēt.</p>
14.	<p>Stikloto konstrukciju ar 2 un 3 stikliem un dažādiem to speciālajiem pārklājumiem siltuma un solārā starojuma caurlaidība, kā arī to lietojumu piemērotība Latvijas klimatam.</p>	<p>Veicot standartizētus mērījumus VTPMML laboratorijā uzstādītajā termiskajā kamerā konstatēts, ka Latvijas klimatiskajiem apstākļiem ieteicams lietot stiklotās konstrukcijas ar 3 stikliem un speciālajiem pārklājumiem, kas nodrošina $U_g < 0,7 \text{ W/m}^2\text{K}$, kaut arī atbilstošais normatīvs LBN 002-01 pieļauj stiklojumus ar lielākām U vērtībām. Savukārt veicot mērījumus solārās enerģijas caurlaidības mēriekārtā konstatēts, ka solārā faktora ieteicamās vērtības šādām paketēm $g > 0,5$, kaut arī LBN to nereglamentē. Stiklotas konstrukcijas ar 2 stikliem jauncelāmās ēkās Latvijā turpmāk iebūvēt nav ieteicams to relatīvi augstās siltuma caurlaidības dēļ ($U_g > 1,0$).</p>
15.	<p>Atšķirīgas kompozīcijas lapu koku skaidu vates un putu poliuretāna paneļu siltumvadītspēja un tās izmaiņas laikā, kā arī to lietojumu piemērotība Latvijas klimatam.</p>	<p>Izmantojot VTPMML laboratorijā uzstādīto iekārtu materiālu siltuma vadītspējas noteikšanai tika konstatēts, ka</p> <ul style="list-style-type: none"> - pētīto lapu koku skaidu paneļu siltuma vadītspēja ļoti maz mainās atkarībā no to kompozīcijas un ir intervālā no 0,035 – 0,040 W/mK; - pētīto poliuretāna paneļu siltuma vadītspēja ir būtiski atkarīga no gāzes veida materiāla slēgtajās porās ($\lambda=0,023 - 0,034$), bet tā kā gāze no porām daļēji izdalās, tad novecojot šo paneļu siltuma vadītspēja pieaug. <p>Abu veidu siltumizolācijas paneļi ir piemēroti lietojumam Latvijas klimatā, bet projektējot to lietojumu būvkonstrukcijās jāņem vērā to būtiski atšķirīgās ūdens tvaiku caurlaidības īpašības:</p> <ul style="list-style-type: none"> - kokskaidu paneļiem ir liela tvaiku caurlaidība, tomēr mazāka nekā minerālvatei; - poliuretāna paneļiem ir ļoti maza tvaiku caurlaidība, bet tomēr lielāka nekā vakuumpaneļiem, kas kalpo kā tvaiku barjera. <p>Optimālus konstruktīvos risinājumus ar šiem materiāliem var iegūt veicot siltuma un ūdens tvaiku apmaiņas modelēšanu.</p>

16.	Pasīvā zaļā jumta tehnoloģijas ilgtspējas izmēģinājumi un demonstrējumi Latvijas klimatiskajos apstākļos.	Pētījums LU Botāniskā dārza teritorijā izveidotajā zaļā jumta konstrukcijas stendā parādīja, ka pasīvā jumta konstrukcija ar sukulentiem ir ilgtspējīga, labi pārciešot arī ziemas apstākļus, viegli kopjama un vizuāli pievilcīga. Tādējādi, ievērojot samērīgās izmaksas, to var rekomendēt plašiem lietojumiem reālās jumta konstrukcijās.
17.	Lokālu vēja ģeneratoru un solāro paneļu izmantošanas iespējas un to efektivitāte Latvijas klimatiskajos apstākļos	Izmantojot publiski pieejamos un testēšanas poligonā LU BD iegūtos Latvijas meteorodatus tika parādīts, ka periodā no aprīļa līdz septembrim lokāli var pietiekami efektīvi izmantot solāro enerģiju, bet periodā no oktobra līdz martam – vēja enerģiju. Šādā gada griezumā šie energoavoti ir savstarpēji papildinoši. Tomēr, ievērojot tehnoloģiju lietderības koeficientus, tos var izmantot tikai kā papildus atjaunojamās enerģijas avotus, kombinējot ar citiem, piem., dažāda veida siltumsūkņiem. Tādējādi arī Latvijas apstākļos var minimizēt primāro energoresursu patēriņu. Iegūtie dati izmantojami konkrētu lokālu sistēmu optimālai projektēšanai Latvijas klimatā.
18.	Lokālu vēja ģeneratoru konstruktīvie risinājumi, kas nodrošina enerģijas ražošanu pie iespējami mazāka vēja ātruma un tādējādi lielāku kopējo efektivitāti.	Eksperimentālā izpētē vēja tunelī tika parādītas buras tipa vēja rotoru konstrukciju ar 6 un 8 darba virsmām atšķirības un priekšrocības lokāliem lietojumiem. Tomēr netika sasniegta būtiski mazāka par 3 m/s enerģijas ģenerācijas vēja ātruma sliekšņa vērtība, kas ierobežo sistēmas kopējo gada energoefektivitāti. Ņemot vērā visu ar šādu ģeneratoru izmantošanu saistīto apstākļu kompleksu (arī vizuālie un trokšņa efekti), to lietošanas efektivitāte un iespējas Latvijas apstākļos ir gan reģionāli, gan arī urbāni ierobežotas.
19.	Polikristāliskā silīcija solārajiem paneļiem ražošanas tehnoloģijas izmantojot orientētās kristalizācijas metodi optimizācija, lai paaugstinātu iekārtu efektivitātes izmaksu attiecības rādītājus.	Skaitliski un fizikāli modelējot orientētās kristalizācijas fizikālos procesus, tika atrasts optimālo fizikālo parametru diapazons, kas nodrošina vēlamo polikristāliskā silīcija materiāla struktūru solārajiem elementiem elektroenerģijas ražošanai ar relatīvi augstu lietderības koeficientu un zemu pašizmaksu. Šī pētījuma rezultāti veido atbilstošu projektēšanas bāzi tehnoloģisko iekārtu polikristāliskā solārā silīcija iekārtu ražošanai.