

2. SADAĻA – INFORMĀCIJA PAR PROGRAMMAS PROJEKTIEM

2.1. Projekts Nr. 1

nosaukums

Inovatīvi un daudzfunkcionāli kompozītmateriāli ilgtspējīgām būvēm no vietējām izejvielām

projekta vadītājs:

vārds, uzvārds,

zinātniskais grāds

zinātniskā institūcija

amats

kontakti

Diāna Bajāre

Dr.sc.ing.

RTU

Prof.

Tālrunis

29687085

E-pasts

diana.bajare@rtu.lv

2.2. Projekta Nr.1 mērķi

(Norāda projekta mērķi (saskaņā ar apstiprināto projekta pieteikumu un līgumu) un informāciju par mērķa sasniegšanu/izpildi)

Projekta mērķis: Radīt un izpētīt kompozītmateriālus ilgtspējīgām būvēm

Projekts sastāv no trīs pētniecības sadaļām un katrai sadaļai atsevišķi tiek definēts kopējais pamatuzdevums, kas jāveic Valsts pētījumu programmas IMATEH ietvaros:

1.pamatuzdevums: Veikt pētījumus par augstas veikspējas cementa kompozītmateriāliem infrastruktūras un sabiedriskām būvēm, liekot uzsvaru uz to ilgmūžību Latvijas klimatiskajos apstākļos.

2.pamatuzdevums: Veikt pētījumus par ekonomiskiem, ekoloģiskiem un ilgmūžīgiem bituminēto kompozītu sastāviem, izmantojot zemākas kvalitātes vietējos minerālos materiālus, reciklētu (otrreizējo) asfaltbetonu, kā arī siltā asfaltbetona tehnoloģijas.

3.pamatuzdevums: Izstrādāt CO₂ neitrālus ēku būvniecības kompozītmateriālus no šķiedraugiem energoefektīvām būvēm, kas nodrošina cilvēka labsajūtai un veselībai piemērotu iekštelpu klimatu.

Papildus tam katrā projekta realizācijas posmā, kas atbilsts kalendārajam gadam, tiek definēti atsevišķi, konkrētajā posmā veicamie uzdevumi, kas saistīti ar katras projekta sadaļas pamatuzdevuma izpildi.

1. 1.pamatuzdevums: Veikt pētījumus par augstas veikspējas cementa kompozītmateriāliem infrastruktūras un sabiedriskām būvēm, liekot uzsvaru uz to ilgmūžību Latvijas klimatiskajos apstākļos.

1.pamatuzdevuma aktivitāšu izpildes laika grafiks ir pievienots pielikumā 1-A

3.posma uzdevums: Izstrādāt metodes no Latvijas cementa ražotā augstas veikspējas betona korozijas un salturības paaugstināšanai.

Latvijā valdošie klimatiskie apstākļi veicina pastiprinātu betona konstrukciju

koroziju. Lielais relatīvā mitruma daudzums gadā (vidējais gaisa relatīvais mitrums gadā Latvijā ir 81%), kā arī temperatūras svārstības 0°C diapazonā būtiski paaugstina visu veidu betona korozijas procesu intensitāti. Ja līdz šim būvniecībā plaši lietotajam betonam, kas atbilsts C50/60 klasei, ir aprobētas un standartos aprakstītas metodes to ilgmūžības noteikšanai (salturības, hlorīdu iesūkšanās dziļums, sulfātu korozija, sārmu silīcija korozija), tad to nevar apgalvot par augstas veiktspējas cementa kompozītiem AVCK (betoni ar stiprību virs 80 MPa).

Augstas veiktspējas cementa kompozīti, atbilstoši pēdējos gados veiktajiem pētījumiem, tiek uzskatīti par atsevišķu betona grupu, kurai nepieciešams pielietot atšķirīgas testēšanas un datu interpretācijas metodes. Par minētās problēmas aktualitāti liecina RILEM (International union of laboratories and experts in construction materials, systems and structures) aktivitātes, kas saistītas ar pētījumiem un centieniem izveidot jaunus standartus un metodes materiālu ilgmūžības noteikšanai, piem., Technical Committee 246-TDC "Test methods to determine durability of concrete under combined environmental actions and mechanical load", Technical Committee 251-SRT "Sulfate resistance testing" u.c.

Tradicionāla betona (C50/60) ilgmūžība lielā mērā ir atkarīga no apkārtējās vides agresivitātes un betona strukturālām īpašībām, kuras lielā mērā nosaka ūdens /cementa attiecība (ū/c 0.4-0.5), pildvielu pakojums, betona iestrāde un apkope sākotnējā cietēšanas periodā. Augstas veiktspējas cementa kompozītiem (AVCK) ū/c attiecība parasti ir zemāka - starp 0.3 un 0.4, un tas parasti ir par iemeslu augstākai korozijas noturībai, salīdzinot ar tradicionāla sastāva betonu. Tas tāpēc, ka AVCK porainība ir zemāka un poru struktūrā dominē poras ar salīdzinoši mazākiem izmēriem, to kapilārās poras nav savstarpēji savienotas, bet struktūra kopumā ir daudz blīvāka. Šīs struktūras īpatnības ir saistītas ar lielo cementa daudzumu (parasti līdz par 500kg/m³) AVCK kompozīcijā, ar pucolāna tipa vai inertu mikropildvielu izmantošanu, kā arī ar zemo ū/c attiecību un efektīvu plastifikatoru pielietošanu. Līdz ar to betona struktūra ir kompaktāka, ūdens un tvaiku caurlaidība ievērojami zemāka, bet agresīvo vielu iekļūšana tajā ir būtiski apgrūtināta. Sastāva īpatnību dēļ, AVCK apkope sākotnējā cietēšanas periodā ir īpaši svarīga, jo tā nodrošina maksimāli pilnvērtīgu cementa hidratāciju.

Kā jau minēts, augstas veiktspējas betonu var izgatavot, izmantojot paaugstinātu cementa daudzumu kompozīcijā vai/ un arī daļēji to aizstājot ar pucolāna tipa mikropildvielām (piem., mikrosilīciju, elektrofiltu pelniem, metakaolīnu, granulētiem domnu sārņiem u.t.t.). Ternārām sistēmām ir vairākas priekšrocības, kas veidojas sinerģijas procesā starp cementa minerāliem un pucolāna tipa mikropildvielām. Tas uzlabo gan svaiga betona, gan sacietējuša betona īpašības, t.sk. ilgmūžību, kā arī izveidotā kompozīcija kļūst ilgtspējīgāka gan no ekonomiskā, gan ekoloģiskā viedokļa.

Reālo AVCK ilgmūžību ir iespējams noteikt tikai laika gaitā (piem., 25 gados), eksponējot to dabiskos agresīvos apstākļos. Diemžēl šādi dati līdz šim nav pieejami un AVCK ilgmūžība ir grūti prognozējama, jo nav iespējams izmantot pieredzi, kas uzkrājusies veicot pētījumus par tradicionālā betona ilgmūžību. Tas tādēļ, ka šie cementa kompozīti pēc būtības, īpašībām un pielietojuma ir atšķirīgi.

Būtiska ir ieinteresētās sabiedrības daļas (ražotāju, lietotāju, likumdevēju) izpratne par augstas veiktspējas cementa kompozītu īpašībām, t.sk., ilgmūžību. Piemēram, daudzu valstu standartos tiek noteikts, ka betona salturību nodrošina noteikts iesaistītā gaisa daudzums un faktiski pēc tā arī tiek prognozēta betona salturība. Faktiski var uzskatīt, ka iesaistītā gaisa noteikšana svaigā betona masā ir netiešā salturības prognozēšanas metode. Savukārt pēdējo gadu pētījumi ir pierādījuši, ka augstas

veiktspējas cementa kompozīti, ja to sastāvs ir izveidots pareizi un ir veikti nepieciešamie pasākumi, lai nodrošinātu optimālus apstākļus sākotnējās cietēšanas laikā, var sasniegt F500 klasi bez gaisa iesaistošo piedevu izmantošanas. Šāda betona salturības klase būtiski pārspēj spēkā esošajos standartos noteikto. Tas viennozīmīgi parāda, ka ir nepieciešams pārrakstīt nacionālos standartus un no tiem svītrot prasību par obligātu gaisa iesaistošo piedevu izmantošanu, lai nodrošinātu noteiktu salturības klasi, kā arī izņemt pieņēmumu, ka iesaistītā gaisa daudzums materiāla struktūrā var kalpot par netiešu salturības prognozēšanas metodi. Otrs būtiskākais aspekts ir izvēlēties piemērotāko metodi ar kuru noteikt augstas stiprības cementa kompozīta salturību; tai jābūt ātrai un viennozīmīgi interpretējamai. Spēkā esošie standarti šīs prasības nespēj izpildīt. Tas nozīmē, ka ir nepieciešamība pēc standartu koriģēšanas un maiņas. Tas pats attiecas uz citām ilgmūžības pārbaudēm: hlorīdu destruktīvās iedarbības noteikšanu, sārma silīcija reakcijas identificēšanu, karbonizēšanu, sulfātnoturību u.t.t.

3.posma uzdevuma sasniegšanai izgatavoti augstas veiktspējas cementa kompozīti (AVCK) ar spiedes pretestību >80 MPa, izmantojot dažādas mikropildvielas (mikrosilīcijs, metakaolīns, cenosfēras, elektrofiltu pelni), kas 5, 10 un 15% apjomā aizstāj betona kompozīcijās izmantotā cementa daudzumu. Paraugiem, pēc to sacietēšanas (pēc 28 dienām) pārbaudīta to pretestība pret hlorīdu un sulfātu destruktīvo iedarbību, kā arī veiktas salturības pārbaudes, izmantojot dažādas standartizētas metodes, ar mērķi izvēlēties piemērotāko. Pētījumu gaitā novērtēta dažādu mikropildvielu ietekme uz AVCK salturības rādītājiem. AVCK izgatavošanai izmantots SIA "Cemex" (Latvija), lai realizētu projekta mērķi – radīt kompozītmateriālus ilgtspējīgām būvēm no vietējām izejvielām.

Ir publicēti vai pieņemti publicēšanai 5 pilna teksta zinātniskie raksti (1 raksts iekļauts datu bāzēs Web of Science vai Scopus)

1. Bumanis, G., Bajare, D., Korjamins, A. Durability of High Strength Self Compacting Concrete with Metakaolin Containing Waste, Key Engineering Materials, vol. 674, 2016, 65-70;
i. <http://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-84958213606&origin=resultslist&sort=plf-f&src=s&st1=bajare&st2=&sid=825680C2EBD50EF96A423542C8B86583.Vdktg6RVtMfaQJ4pNTCQ%3a210&sot=b&sdt=b&sl=19&s=AUTHOR-NAME%28bajare%29&repos=0&citeCnt=0&searchTerm=>
2. Bajare, D., Bumanis, G. Chloride Penetration and Freeze-Thaw Durability Testing of High Strength Self Compacting Concrete. Proceedings of the International RILEM Conference Materials, Systems and Structures in Civil Engineering 2016 Segment on Service Life of Cement-Based Materials and Structures, Service Life of Cement-Based Materials and Structures, Technical University of Denmark, vol. 2, 2016, 435-442;
3. Bumanis G., Goljandin D., Bajare D., The Properties of Mineral Additives Obtained by Collision Milling in Disintegrator, Key Engineering Materials, vol. 721, 2017, 327-331 (pieņemts publicēšanai);
4. Dembovska, L., Bajare, D., Pundiene, I., Vitola, L. Effect of Pozzolan Additives on the Strength Development of High Performance Concrete, Procedia Engineering 00 (2016) 000–000 (pieņemts publicēšanai);
5. Bumanis G., Bajare D., Compressive strength of cement mortar affected by

sand microfiller obtained with collision milling in disintegrator, Procedia Engineering 00 (2016) 000–000 (pieņemts publicēšanai).

Par zinātniskajiem rezultātiem ziņots 6 konferencēs:

1. Vitola, L., Bajare, D., Bumanis, G., Sahmenko, G. Evaluation of Pozzolanic Properties of Micro- and Nanofillers Made from Waste Products, 18th International Conference on Concrete, Structural and Geotechnical Engineering, 25.-26. 01. 2016, Istanbul, Turkey;
2. Bajare, D., Bumanis, G. Chloride Penetration and Freeze-Thaw Durability Testing of High Strength Self Compacting Concrete. Materials, Systems and Structures in Civil Engineering – 19-22.08.2016, Copenhagen, Denmark;
3. Dembovska L., Bajare D., Pundiene I., Vitola L. Effect of Pozzolanic Additives on the Strength Development of High Performance Concrete. 12th International Conference “Modern Building Materials, Structures and Techniques MBMST 2016”, 26.05-27.05.2016, Vilnius, Lithuania.
4. Bumanis G., Bajare D., Compressive strength of cement mortar affected by sand microfiller obtained with collision milling in disintegrator, 12th International Conference “Modern Building Materials, Structures and Techniques MBMST 2016”, 26.05-27.05.2016, Vilnius, Lithuania.
5. Bumanis G., Goljandin D., Bajare D., The Properties of Mineral Additives Obtained by Collision Milling in Disintegrator, “The 25th International Baltic Conference of Engineering Materials & Tribology”– BALTMATTRIB 2016 3-4.11.2016. Riga, Latvia.
6. Būmanis G., Bajare D., Sahmenko G., Dembovska L., Vitola L., Korjamins A., Augstas veiktspējas īpašību cementa kompozītmateriāli ar mikropildvielām: ieguves metodes, stiprības un ilgmūžības rādītāji, Rīgas Tehniskās universitātes. 57. starptautiskā konference. 14.-18. 10.2016, Rīga, Latvija.

Ir sagatavots un iesniegts 1 abstrakts konferencē, kas notiks 2017. gadā.

1. G. Bumanis, G. Sahmenko, A. Korjamins, D. Bajare “Sākotnējās cietēšanas apstākļu ietekme uz augstas veiktspējas cementa kompozītu salturību”, IMST 2017, Septembris 27-29, Rīga, 2017

Sagatavots pilna teksta raksts, kas paredzēts iesniegt žurnālā ar SNIP>1:

1. G. Bumanis, L. Vitola, L. Dembovska, D. Bajare, “Salturības metožu salīdzinājums augstas veiktspējas cementa kompozītu ilgmūžības novērtējumam” plānots iesniegt žurnālā “Building and Construction”, SNIP 2.124

II. 2. pamatuzdevums: Veikt pētījumus par ekonomiskiem, ekoloģiskiem un ilgmūžīgiem bituminēto kompozītu sastāviem, izmantojot zemākas kvalitātes vietējos minerālos materiālus, reciklētu (otrrreizējo) asfaltbetonu, kā arī siltā asfaltbetona tehnoloģijas.

2. pamatuzdevuma aktivitāšu izpildes laika grafiks ir pievienots pielikumā 1-B

3. posma uzdevums: Izstrādāt receptūru bituminēto kompozītu sastāviem ar augtām ekspluatācijas īpašībām, izmantojot reciklēto asfaltbetonu (RAP), un, turpināt izstrādāt bituminēto kompozītu sastāvus no zemākās kvalitātes vietējā minerālmateriāla.

Asfaltbetona ražošanas nozares visā pasaulē nepārtraukti meklē veidus kā uzlabot asfaltbetona ilgmūžību, palielināt konstrukcijas noturību, kā arī ietaupīt resursus un veicināt sekmīgu vides pārvaldību. Ar sekmīgu vides pārvaldību saprotot mazākus CO₂ izmešus ražošanas laikā, uzlabotus darba apstākļus, strādājot ar asfaltbetonu, kā arī fosilā kurināmā ietaupījumus. Viens no veidiem, kā panākt šādus uzlabojumus, ir asfaltbetona ražošanā izmantot tehnoloģiju, ko sauc par siltiem asfaltbetona maisījumiem.

Latvijas klimata apstākļos tradicionālās karstā asfalta dilumkārtas ieteicams būvēt laika posmā no 15. aprīļa līdz 15. oktobrim. Netradicionālie siltie asfaltbetona maisījumi pārstāv tehnoloģijas grupas, ar kuru palīdzību iespējams samazināt asfalta ražošanas un būvniecības temperatūras. Šīm tehnoloģijām ir tendence samazināt bitumena viskozitāti un nodrošināt vienmērīgāku pildvielu pārklāšanos ar bitumena slāni, samazināt ražošanas temperatūru līdz pat 80° - 90°C, tai pašā laikā nepasliktinot asfaltbetona ekspluatācijas īpašības.

Ieguvumi no siltā asfaltbetona izmantošanas:

1. Ekoloģiskais aspekts:
 - a. samazinās CO₂ emisijas;
 - b. uzlabojas darba apstākļi.
2. Ražošanas aspekti:
 - a. var palielināt reciklētā asfaltbetona saturu, palielinot novecojušā bitumena viskozitāti;
 - b. ilgāks asfaltbetona kalpošanas laiks (samazinās bitumena novecošanās ražošanas laikā);
 - c. sakarā ar zemo izmešu daudzumu var iegūt atļauju ražot asfaltbetonu pilsētas tuvumā.
3. Būvniecība:
 - a. vieglāk sablīvējams (viegli iestrādājams);
 - b. būvniecība pie zemākām temperatūrām – pagarinās būvdarbu sezona;
 - c. īsāks uzbūvētā seguma atdzišanas laiks;
 - d. pagarinās WMA maisījuma transportēšanas attālumi.
4. Ekonomiskie aspekti
 - a. mazāks enerģijas patēriņš;
 - b. mazāks rūpnīcas nolietojums.

Silto asfaltbetona tehnoloģiju pielietošana asfaltbetona maisījumu ražošanā Latvijā ir attīstības stadijā, tādēļ pētījumā tiek analizētas silto asfaltbetonu tehnoloģijas, asfaltbetonu ražošanas principi un ekonomiskais ieguvums. Pētījuma laikā paredzēts izstrādāts bituminēts kompozītmateriāls ar zemāku ražošanas un ieklāšanas temperatūru. Šim materiālam paredzēts noteikt ekspluatācijas īpašības (risu noturība, noturība pret noguruma un termoplaisu veidošanos) un veikt ekonomisko novērtējumu.

Par pētījuma aktualitāti liecina RILEM, (International union of laboratories and experts in construction materials, systems and structures), F. kāstera Bituminous Materials and Polymers aktivitātes, kas saistītas ne tikai ar inovatīvu bitumena materiālu un sistēmu izveidi, piem., Technical Committee 237-SIB “Testing and characterization of sustainable innovative bituminous materials and systems”, bet arī otrreizējo pārstrādi, piem., Technical Committee 264-RAP “Asphalt Pavement Recycling”.

Svarīgi atzīmēt, ka atbilstoši EK prasībām attiecībā uz siltumnīcas efekta izraisīto gāzu emisijas samazinājumu jāsasniedz 20% CO₂ samazinājums līdz 2020.

gadam. Silto asfaltbetonu, frēzētā asfaltbetona (RAP) un vietējo materiālu izmantošana dos lielu ieguldījumu šī mērķa sasniegšanai.

Ir publicēts 1 pilna teksta zinātniskais raksts (iekļauts datu bāzēs Web of Science vai Scopus)

1. Haritonovs, V., Tihonovs, J., Smirnovs. *High Modulus Asphalt Concrete with Dolomite Aggregates J. Transportation, Research Procedia*, vol. 14, 2016, 3485-3492.

<https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-84991268433&origin=resultslist&sort=plf-f&src=s&st1=haritonovs&st2=&sid=58CFA54CB8994A281AED6E4EB9703B6C.wsnAw8kcdt7IPYLO0V48gA%3a30&sot=b&sdt=b&sl=23&s=AUTHOR-NAME%28haritonovs%29&relpos=2&citeCnt=0&searchTerm=>

Par zinātniskajiem rezultātiem ziņots 2 konferencēs:

1. Haritonovs V., Tihonovs J., Smirnovs J., High Modulus Asphalt Concrete With Dolomite Aggregates. *Transport Research Arena Conference -TRA 2016*, 18. -21.04.2016, **Warsaw, Poland**, <http://www.traconference.eu>;
2. Haritonovs V., Tihonovs J., Ilgtspējīgi bituminēti kompozītmateriāli ceļa segas konstrukcijai, Rīgas Tehniskās universitātes. 57. starptautiskā konference, 14.-18. 10.2016, Rīga, Latvija.

Ir sagatavots un iesniegts pilna teksta raksts konferencei, kas notiks 2017. gadā:

1. Rieksts K., Haritonovs V., Izaks R., Tihonovs J., "Investigation of filler properties using Dynamic Shear Rheometer", IMST 2017, Septembris 27-29, *Rīga, 2017*.

Sagatavots pilna teksta raksts, kas paredzēts iesniegt žurnālā ar SNIP>1:

1. Rieksts K., Haritonovs V., Izaks R., The influence of filler type and gradation on the rheological performance of mastics, *Road Materials and Pavement Design (SNIPS 1.3)*.

III. 3. pamatuzdevums: Izstrādāt CO₂ neitrālus ēku būvniecības kompozītmateriālus no šķiedraugiem energoefektīvām būvēm, kas nodrošina cilvēka labsajūtai un veselībai piemērotu iekštelpu klimatu.

3. pamatuzdevuma aktivitāšu izpildes laika grafiks ir pievienots pielikumā 1-C.

3.posma uzdevums: Izstrādāt metodi dabisko šķiedru kompozītmateriālu dzīves cikla aprēķināšanai.

Šī posma viens no mērķiem ir izstrādāt metodi dabisko šķiedru kompozītmateriālu dzīves cikla aprēķināšanai, kas atsaucas uz projekta pamatuzdevumu: "Izstrādāt CO₂ neitrālus ēku būvniecības kompozītmateriālus no šķiedraugiem energoefektīvām būvēm". CO₂ neitrāli būvmateriāli ir īpaši aktuāli mūsdienās, kad pasaulē tiek noslēgtas arvien vairāk vienošanās par emisiju samazināšanu globālās sasilšanas ierobežošanai, piemēram, Parīzes līgums, ko 2015. gadā parakstīja ES un citas vadošās valstis, kā arī dažādas direktīvas, piemēram 2010/31/EU – kas nosaka samazināt CO₂ emisiju līmeni par 20% līdz 2020. gadam,

salīdzinot ar 1990. gadu.

Lai varētu izpildīt šīs saistības un direktīvas būvmateriālu nozarei, kas ir viena no lielākajām siltumnīcas efekta gāzu radītājām, nepieciešams radīt jaunus būvmateriālus, ar neitrālu vai negatīvu CO₂ bilanci. Vieni no šādiem materiāliem ir dabisko šķiedru kompozītmateriāli, kas savas dzīves cikla laikā patērē vairāk CO₂, nekā tiek radīts ekspluatācijas un utilizācijas laikā. Lai veicinātu iepriekšminēto līgumu un direktīvu ieviešanu tautsaimniecībā, trešajā pētījuma periodā tika izstrādāta un uzņēmumā SIA "Ekobūve" aprobēta metode dabisko šķiedru kompozītmateriālu ražošanai no vietējām izejvielām.

Lai objektīvi novērtētu ekoloģiskos ieguvumus, projekta ietvaros izstrādāta šķiedru kompozītmateriālu dzīves cikla aprēķināšanas metode. Šīs metodes izstrādāšanai dabisko šķiedru kompozītmateriālu atsevišķo tehnoloģisko procesu dati tika apstrādi ar programmas SimaPro palīdzību, izmantojot Ecoinvent dzīves cikla datubāzi. Dzīves cikla un CO₂ balances aprēķins veikts kaņepju šķiedru / kaļķu saistvielas paneļiem, kas rūpnieciski ražoti uzņēmumā un uz vietas būvlaukumā samontēti, ka arī uz vietas būvlaukumā ražotam kaņepju-kaļķa materiālam. Izmantojot šo metodi, ražotājiem tiek dota izvēles iespēja alternatīvas metodes izmantošanai ražošanā, lai mazinātu ietekmi uz vidi, kā arī var pārbaudīt šī materiāla priekšrocības salīdzinot ar tradicionāliem materiāliem un kopējo, uzņemot CO₂ daudzumu.

Otrs posma mērķis ir iegūt un analizēt datus no siltuma un mitruma migrācijas datu apkopošanas sistēmas, kas ļauj izpildīt pamatuzdevumu: "*...energoefektīvām būvēm, kas nodrošina cilvēka labsajūtai un veselībai piemērotu iekštelpu klimatu.*" Šo datu analīze pierāda, ka dabisko šķiedru kompozītmateriāli nodrošina samērā konstantu gaisa mitrumu (40-60% RH), kas ierobežo sēnīšu un pelējuma veidošanos, kā arī ierobežo iekštelpu temperatūras svārstības mainīgos laika apstākļos.

Testu laikā tika fiksēta materiāla mitruma akumulācijas spēja, kas ļauj nodrošināt vienmērīgu un cilvēka veselībai piemērotu telpu mikroklimatu, uzņemot īslaicīgu paaugstinātu telpu mitrumu un atdodot to, kad gaisa mitrums telpās samazinās. Testa gaitā tika konstatēts, ka 200 mm bieža, neapmesta paneļa iekšējās virsmas temperatūra sasniedz maksimumu vidēji 6 stundu laikā pēc āra temperatūras maksimuma sasniegšanas, savukārt 350 mm biezs panelis – apmēram 10 stundu laikā. Tas liecina, ka materiāla siltumnerce reālos apstākļos ir lielāka nekā tradicionāliem šāda biezuma sienu materiāliem (ķieģelim, gāzbetonam), kas saistīts ar augstu kaņepju spaļu daudzumu, kas pēc ķīmiskā sastāva un uzbūves ir tuvs kokam.

Iegūtie rezultāti nākamā posma laikā tiks papildināti un apkopoti priekšlikumos LBN 002-15 "Ēku norobežojošo konstrukciju siltumtehnika" papildināšanai ar dabisko šķiedru kompozītu būvmateriālu siltumtehniskajām īpašībām. Standarta papildināšana nodrošinātu materiālu plašāku pielietojumu, jo ražotājiem un ēku projektētājiem būtu pieejama objektīva un uzticama informācija par šiem materiāliem.

Par zinātniskajiem rezultātiem ziņots 2 konferencē:

1. Sahmenko G., Sinka M., Bajare D., Energy-efficient and CO₂ neutral building materials from natural fibers, Riga Technical University, 57th International Scientific Conference, 14-18.10.16., Riga, Latvia;
2. Sahmenko G., Sinka M., "Dabisko šķiedru materiāli ilgtspējīgai būvniecībai". Latvijas Betona savienības XXV zinātniski tehniskā konference, Rīga, 2016.gada 10.novembrī.

Ir sagatavoti un iesniegti 2 abstrakti vai pilna teksta raksti 2 konferencēs, kas notiks 2017. gadā.

1. Sahmenko G., Sinka M., Bajare D., Lime-hemp concrete (LHC) enhancement using magnesium based binders, International Conference on Bio-Based Building Materials, June 21st - 23rd 2017, Clermont-Ferrand, France;
2. Sahmenko G., Sinka M., Bajare D., Hygrothermal properties of lime-hemp concrete (LHC) measured on site IMST „Innovative Materials, Structures and Technologies” 2017, 27.09.-29.09.2017, Riga, Latvia.

Sagatavots pilna teksta raksts, kas paredzēts iesniegt žurnālā ar SNIP>1:

1. M. Sinka, G. Sahmenko, D. Bajare, Life cycle analysis of pre-fabricated and in-situ made lime-hemp concrete, measuring of carbon footprint, Renewable and Sustainable Energy Reviews.

Projekta Nr.1 ietvaros ir vadīti un aizstāvēti 2 maģistra un 3 bakalaura darbi:

Maģistra darbi:

1. E. Zelčs “Saliekamā dzelzsbetona ēkas stinguma elementu aprēķina metožu salīdzinājums”, vadītājs A.Korjamins;
2. M. Jansons “Autoceļu segas uzturēšana, bedrīšu remonts ar bitumena emulsiju un šķembām”, vadītājs V. Haritonovs.

Bakalaura darbi:

1. K. Juška “Koka siju starpstāva veidi, to optimāla izvēle”, vadītājs A.Korjamins;
2. A. Novikovs “Monolītu dzelzsbetona plātņu optimizācija”, vadītājs A.Korjamins;
3. J. Sadijeva “Ekoloģiskie siltumizolācijas materiāli”, vadītājs A.Korjamins.

Projekta ietvaros tiek izstrādāti sekojoši promocijas darbi:

1. J. Justs „Sevišķi augstu īpašību betona ar samazinātu autogēno rukumu tehnoloģija”, vadītājs D. Bajāre, paredzēts aizstāvēt 2016.gadā.
2. J.Tihonovs „Asfaltbetona sastāvi no vietējā minerālmateriāla ar augstām ekspluatācijas īpašībām” vadītājs J. Smirnovs, V. Haritonovs, paredzēts aizstāvēt 2017. gadā.
3. M. Šinka „Dabīgo šķiedru siltumizolācijas materiāli” vadītājs G. Šahmenko, paredzēts aizstāvēt 2017. gadā.
4. N. Toropovs „Augstas veiktspējas betona ugunsturība”, vadītājs G. Šahmenko, paredzēts aizstāvēt 2016. gadā.

Sagatavoti attiecīgi dokumenti, kas apraksta 1 projekta 3. posma laikā izstrādātās metodes (pielikums elektroniski):

1. Metode ekoloģisko kompozītmateriālu ražošanai no šķiedraugiem un vietējām minerālām saistvielām (3. pamatuzdevums);
2. Rekomendācija betona korozijas un salturības paaugstināšanai (1. pamatuzdevums);
3. Rekomendācija bituminēto kompozītu maisīšanas procesa parametru optimizēšanai (2 pamatuzdevums);
4. Metodes dabisko šķiedru kompozītmateriālu dzīves cikla aprēķinam (3. pamatuzdevums).

Projekta ietvaros izstrādātās jaunās metodes, kas aprobētas uzņēmumos:

1. “Augstu ekspluatācijas īpašību asfaltbetona sastāvu ražošanas metodes no zemas kvalitātes minerālmateriāliem”, aprobēta uzņēmumā SIA “Ceļi un

- Tilti", apliecinājums datēts ar 16.09.2016.
2. "Augstu ekspluatācijas īpašību cementa kompozītmateriālu ražošanas metode, daļēji aizstājot cementu ar mikropildvielām", aprobēta uzņēmumā SIA "Warm House", apliecinājums datēts ar 20.09.2016.
 3. "Metode ekoloģisko kompozītmateriālu ražošanai no šķiedraugiem un vietējām minerālām saistvielām", aprobēta uzņēmumā SIA "ESCO būves", apliecinājums datēts ar 21.10.2016.

Kvalifikācijas celšana un jaunu zināšanu iegūšana, starptautiskās sadarbības veicināšana:

1. Māris Šinka, pētnieks, Būvmateriālu un būvizstrādājumu katedra, 21. - 27.11.2016. Gentes universitāte, Ghene, Beļģija - apmācības dzīves cikla analīzes datorprogrammas SimiPro pamatos. Uzdevums - apgūt programmas pamatus un datu ievadīšanas un apstrādes mehānismu, patstāvīgam darbam ar programmu. (No citiem līdzekļiem).
2. Diāna Bajāre, prof. Būvmateriālu un būvizstrādājumu katedra 3-7.07.2016, Technical University of Denmark, Lyngby, Dānija - tikšanās par jauna Horizon2020 projekta sagatavošanu saistībā ar inovatīvu konstruktīvo risinājumu izstrādi ilgtspējīgai būvniecībai. Tikšanās tika organizēta Technical University of Denmark un tur piedalījās 5 pārstāvji no 3 dažādām Eiropas universitātēm. Tikšanās ietvaros tika apspriestas iespējas jauna projekta pieteikuma sagatavošanai saistībā ar plānotajiem projektu uzsaukumiem un tika apspriestas studentu apmaiņas iespējas. Vizītes laikā tika apspriesta pētniecības projekta iespējamās tēmas un sasniedzamie rezultāti. Tika nolemts uzsākt zinātniskā projekta sagatavošanu, iesniegšanai š.g. rudenī. (No citiem līdzekļiem).
3. Laura Vītola, asistents, Būvmateriālu un būvizstrādājumu katedra, 26.02.16.- 30.04.16. Eduardo Torroja konstrukciju zinātņu institūts Madride, Spānija, - komandējuma laikā tikai izgatavotas vairākas paraugu sērijas ar mērķi izpētīt metakaolīna un elektrofiltru pelnu ietekmi uz sārnu aktivizētu cementu struktūru. Tika apgūtas makro un mikrostruktūras pētīšanas metodes (SEM, u.c.), kā arī vairākas ķīmiskās un termiskās analīzes metodes (XRD, FTIR, DTA). (Daļējs finansējums).
4. Diāna Bajāre, prof. Būvmateriālu un būvizstrādājumu katedra, 17-19.06.2016 Varšava, Polija - tikšanās ar projekta COST TU1404 kolēģiem par jauna Horizon 2020 projekta sagatavošanu saistībā ar inovatīvu konstruktīvo risinājumu izstrādi ilgtspējīgai būvniecībai. Piedalījās 12 pārstāvji no 6 dažādām Eiropas universitātēm, kā arī industrijas pārstāvji. Tikšanās ietvaros tika apspriestas iespējas jauna projekta pieteikuma sagatavošanai saistībā ar plānotajiem projektu uzsaukumiem. Vizītes laikā tika apspriesta pētniecības projekta iespējamās tēmas un sasniedzamie rezultāti. Pirms tam prof.D.Bajāre piedalījās Lafarge (Polilija) cementa ražošanas jaunās līnijas demonstrēšanā un speciāli organizētā pasākumā iepriekš minētajiem dalībniekiem un potenciāliem projekta partneriem. Tika nolemts uzsākt zinātniskā projekta sagatavošanu, iesniegšanai š.g. rudenī. (No citiem līdzekļiem).
5. Laura Dembovska, Slovēnija, pētn. Būvmateriālu un būvizstrādājumu katedra, Nacionālais Slovēnijas Būvzinātņu institūts, Ļubļana, Slovēnija, 18.- 29.01.2016. Vizītes laikā tika izgatavotas vairākas sērijas no cementa bāzes kompozītiem ar mērķi veikt mikrostruktūras analīzi izmantojot mikrotomogrāfijas metodi un DTA/TG, kā arī apgūt iepriekšminētās metodes,

to darbības principus un rezultātu interpretāciju. Kā arī stiprināt kontaktus starp abām zinātniskajām institūcijām.

6. Diāna Bajāre, prof. Būvmateriālu un būvizstrādājumu katedra, 02-05.03.2016, Zagrebas universitāte, Zagreba, Horvātija - "piedalīšanās pasākumā "Phosphor gypsum brainstorm", kurā tika apspriestas idejas projektu sagatavošanai jaunajiem Horizon 2020 uzsaukumiem. Piedalījās 17 cilvēki no 10 dažādām valstīm. (No projekta līdzekļiem).

Jauni pētniecības projekti, to pieteikumu izstrāde un dalība:

Balstoties uz Projekta Nr.1 rezultātiem un sadarbības aktivitātēm 2016. gadā projekta realizētāji iesniedza 4 ERAF (Eiropas Reģionālā attīstības fonda) projektu pieteikumus pirmajā projektu iesniegumu atlases kārtā, kuru specifiskais atbalsta mērķis bija „Palielināt Latvijas zinātnisko institūciju pētniecisko un inovatīvo kapacitāti un spēju piesaistīt ārējo finansējumu, ieguldot cilvēkresursos un infrastruktūrā” (aktivitāte „Praktiskas ievirzes pētījumi”). Pēc starptautiskā zinātniskā izvērtējuma, tika apstiprināti sekojošie projekta pieteikumi (realizācijas ilgums 36 mēneši), kas saistīti ar Projekta Nr.1 mērķiem:

1. „Development, optimisation and sustainability evaluation of smart solutions for nearly zero energy buildings in real climate conditions”, Sadarbība ar Latvijas Universitāti, (2016-2018), kopējā projekta summa **Euro 580 000**.
2. „Innovative use of reclaimed asphalt pavement for sustainable road construction layers”, (2016-2018), kopējā projekta summa **Euro 648000**.
3. “A New Concept for Sustainable and Nearly Zero-Energy Buildings”, (2016-2018), kopējā projekta summa **Euro 648 648.00**.
4. “Zero Energy Solutions for Special Purpose Buildings”, (2016-2018), kopējā projekta summa **Euro 634 615**.

Dalība starptautiskās sadarbības projektos:

1. COST programmas akcijā *TU1301* NORM for Building materials (NORM4BUILDING), akcijas ilgums no 2013. gada 8. jūlija līdz 2017. gada 15. maijam.
2. COST programmas akcijā *TU1404* “Towards the next generation of standards for service life of cement-based materials and structures”, akcijas ilgums no 2014. gada 14. maijam līdz 2018. gada 13. maijam.
3. COST akcijas programmas akcijā *CA15202* “Self-healing As preventive Repair of COncrete Structures”, akcijas ilgums no 2016. gada 30. septembris līdz 2020. gada 29. septembris.

Iesniegtie H2020 projekti, kas ir izvērtēšanas stadijā:

1. Call H2020-EE-2016-CSA, Type of action CSA Draft proposal ID SEP-210360903, Deep_Renov. Projekta mērķis ir veicināt nekustamā īpašuma īpašniekus veikt ēku renovāciju atbilstoši likumdošanai un labai praksei, ņemot vērā projekta laikā izstrādātos palīginformāciju, datu bāzes, finanšu mehānismus un instrumentus, kā arī palielināt šādu ēku renovāciju īpatsvaru būvniecības sektorā.
2. Call H2020-NMBP-2017-two-stage, Type of action RIA, Draft proposal ID SEP-210400265, SMARTmat. Projekta mērķis ir izstrādāt rīku, kas ļauj projektēt adekvātu betona sastāvu atbilstošu pasūtītāja vajadzībā, iekļaujot apkārtējās vides aizsardzības direktīvas un ekoloģiskās interese.

Programmas un projekta popularizēšanas rezultatīvie rādītāji:

Projekta pārstāvji 14.10.2016. un 16.11.2016. ir piedalījušies VPP IMATEH seminārā par projekta norisi un īstenošanu.

Žurnālam „Būvzinātnieks” sagatavots un publicēts populāri – zinātnisks raksts: „Asfaltbetona sastāviem vietējie materiāli”, 2016.gada oktobris, Nr. 52 (autori - V.Haritonovs, J. Tihonovs).

Projekta popularizēšanas ietvaros M. Šinka un G. Šahmenko 19.04.2016. piedalījās zinātnisko diskusiju vakarā “Eko materiāli būvniecībā”, kur iepazīstināja klātesošos ar eko-būvniecības nozares aktualitātēm un pētījumu programmas pirmo posmu rezultātiem.

Uzsākts darbs pie starptautiskās konferences IMST „Innovative Materials, Structures and Technologies” 2017, 27.09.-29.09.2017 organizēšanas (sagatavots uzsaukums un mājas lapa, izplatīta informācija par konferences tēmām, norises vietu un laiku).

2016. gadā noorganizēta studentu zinātniskā konference 27.04.2016.

Rīgas Tehniskās universitātes 57. Starptautiskās zinātniskās konferences (14.-18.10.2016) laikā tika informēti klātesošie (Latvijas un ārtvalstu zinātnieki, studenti un industrijas pārstāvji, kā arī pārstāvji no zinātniskās komisijas) par projekta sasniegumiem un iegūtajiem zinātniskajiem rezultātiem.

10.11.2016. par projekta sasniegumiem un iegūtajiem zinātniskajiem rezultātiem tika ziņots Latvijas Betona Savienības zinātniski tehniskajā konferencē. Konferencē piedalījās studenti un Latvijas industrijas pārstāvji, kā arī zinātniskais personāls no RTU un LLU.

Programmas popularizēšanai studējošo vidū 2016.gada 13.aprīlī tika organizēta Betona olimpiāde (betona pagatavošanas sacensību 1.posmu), kurā komandām, kas sastāv no 3 cilvēkiem, tiks dota iespēja izgatavot betona paraugus, kuriem pēc 28 dienām tiks pārbaudīta to stiprība spiedē, tā nosakot, kura komanda ir izveidojusi betonu ar augstāko spiedes stiprību. Betona sacensību mērķis ir veicināt universitātē apgūto zināšanu izmantošanu praksē un mudināt studentus uz tehnisko jaunradi. Betona sacensību 2. posms norisinājās 2016.gada 12.maijā, kad tika pārbaudīta 7 studentu komandu izgatavoto betona paraugu stiprība spiedē, tādējādi noskaidrojot sacensību uzvarētāju komandu.

IMATEH mājas lapā <http://imateh.rtu.lv/> ir ievietota detalizēta informācija gan par 1. projekta gan VPP IMATEH aktivitātēm un aktualitātēm.

Privātā sektora līdzfinansējums un ieņēmumi no līgumdarbiem, kas balstās uz 1.projektā ietvaros radītajiem rezultātiem 3.posmā sasniedz 16449 Eur.

Noslēgtie līgumdarbi 01.01.2016 - 31.12.2016:

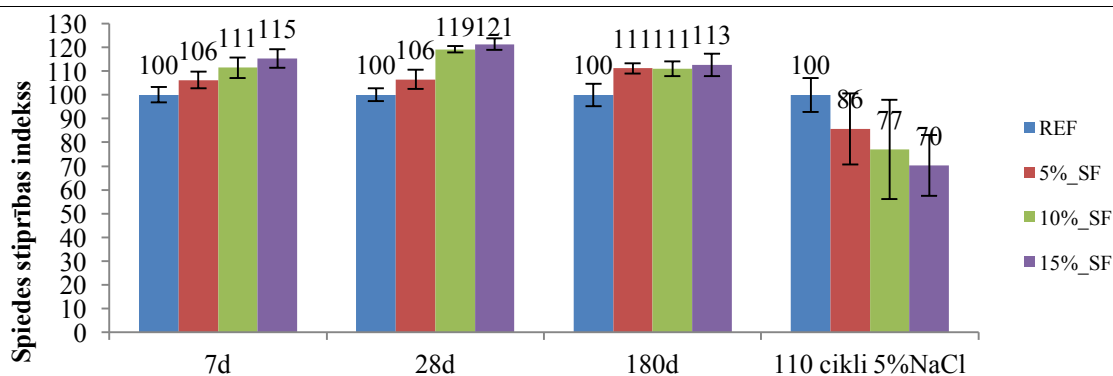
RTU Nr.	Vadītājs	Nosaukums	Pasūtītājs	Līgumcena EUR (iesk. PVN)	Darbības laiks
L8283	A.Korjaks	Ēkas Dagdas ielā 3 k-2, Rīgā pagraba pārseguma tehniskā stāvokļa un tā nestspējas apsekošana	SIA Rīgas namu pārvaldnieks	1080,-	29.08.16-30.09.16
L8302	A.Korjaks	Salizturības un UV tests sagatavotajiem paraugiem un atzinums par BCM jaunā materiāla atbilstību būvniecības apdares materiālu standartiem	SIA Green Industry Innovation Center	2892,-	29.08.16-30.11.16

L7030	A.Korjamins	Būvmateriālu un būvkonstrukciju kvalitātes pētījumi	SIA RBSSKALS Būv vadība, SIA Transportbetons MB, SIA Ceļu eksperts	12477,-	01.01.16- 31.12.16
			Kopā	16449,-	

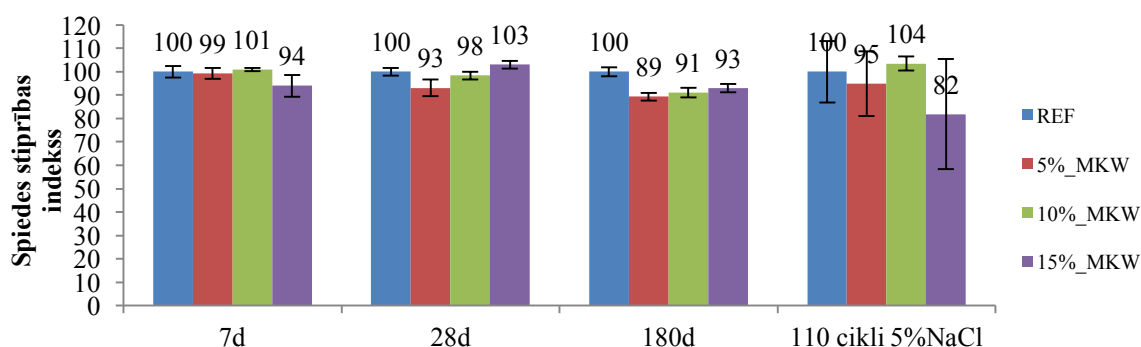
2.3. Projekta Nr.1 uzdevumi

(Norāda projekta pārskata periodā plānotās darbības un galvenos rezultātus. Kopējais saturiskais izklāsts nepārsniedz divas A4 lapas)

Darba uzdevumi	Galvenie rezultāti
1. Izstrādāt metodes no Latvijas cementa ražotā betona korozijas un salturības paaugstināšanai	Rekomendācija augstas veiktspējas cementa kompozītu (AVCK) korozijas un salturības paaugstināšanai, 1 zinātniskais raksts
Pārbaužu rezultāti liecina, ka augstas veiktspējas cementa kompozītiem (AVCK) ar spiedes stiprību virs 70MPa (pēc 28 dienu cietēšanas) salturības rādītāji būtiski atšķiras atkarībā no tā, kādas mikropildvielas ir izmantotas cementa daļējai aizstāšanai. Paraugi ar mikrosilīciju sastāvā (5-15% no cementa daudzuma), uzrāda augstāko spiedes stiprību (94MPa pēc 180 dienu cietēšanas), tomēr tiem ir ievērojami spiedes stiprības zudumi pēc 110 sasalšanas-atkušanas cikliem sālsūdens vidē (16-33%) (LVS 156 pielikums C) (attēls 1). References sastāvam (bez mikropildvielām) stiprība pēc 110 sasalšanas-atkušanas cikliem sālsūdens vidē paliek nemainīga vai pat nedaudz pieaug, kas liecina par cietēšanas turpināšanos sālsūdens vidē. Savukārt, izmantojot metakaolīnu mikropildvielu 10% no cementa daudzuma, tika iegūts betona sastāvs, kurš iztur 150 sasalšanas-atkušanas ciklus saskaņā ar LVS 156 pielikumu C bez būtiskiem stiprības zudumiem, kas atbilst F500 sasalšanas-atkušanas cikliem ūdenī (attēls 2). Salīdzinoši zemā salturība augstas veiktspējas cementa kompozītiem ar mikrosilīcija mikropildvielu izskaidrojama ar to, ka minerāliem, kas rodas mikrosilīcija un cementa minerālu reakcijas rezultātā, rodas izmaiņas straujās temperatūras svārstībās (-20°C līdz +20°C) (tiek turpināti pētījumi, lai izskaidrotu šos rezultātus). Šīs izmaiņas, iespējams, izraisa iekšējas deformācijas un mikroplaisu veidošanos, ko vēl straujāk paātrina ūdens sasalšanas rezultātā radītie iekšējie spriegumi. Tā rezultātā šiem sastāviem ir zemāka salturība salīdzinot ar references sastāvu. Salturības rezultātu interpretācijai un aprēķina metodikai var būt būtiska ietekme uz salturības rezultātu novērtējumu. Līdz ar to jāveic papildus pētījumi, lai izstrādātu metodiku, augstas veiktspējas cementa kompozītu salturības novērtēšanai, balstoties uz iegūtajiem rezultātiem.	



Attēls 1. Stiprības indekss augstas veiktspējas betonam ar mikrosilīciju (SF) 7, 28 un 180d vecumā un pēc 110 sasaldšanas-atkuššanas cikliem.

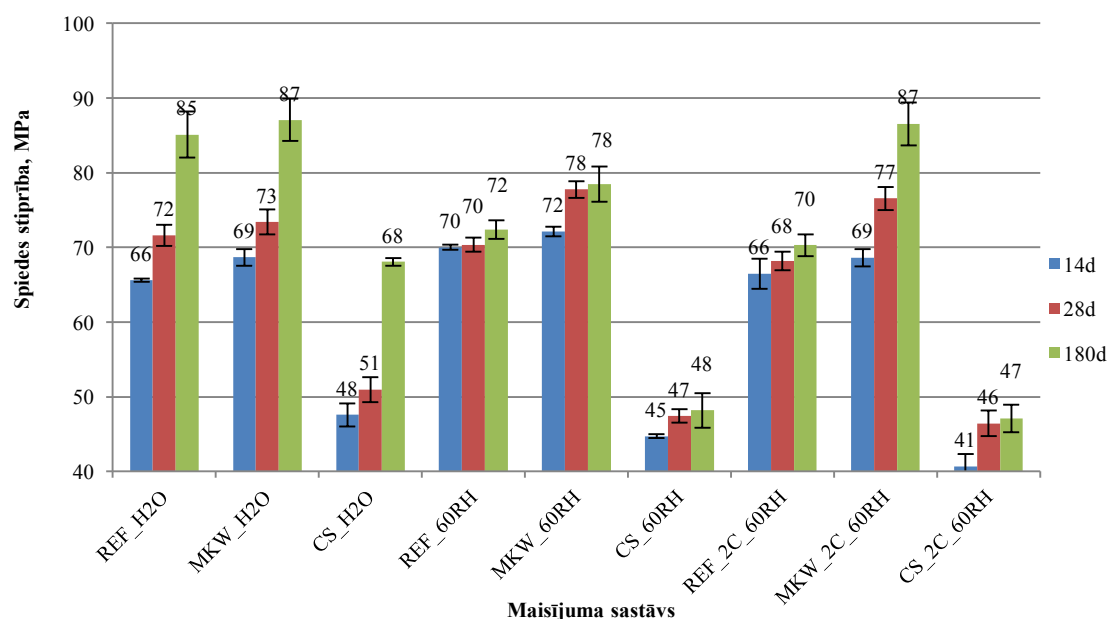


Attēls 2. Stiprības indekss veiktspējas betonam ar metakaolīnu (MKW) 7, 28 un 180d vecumā un pēc 110 sasaldšanas-atkuššanas cikliem.

Tā kā šobrīd būvniecībā plaši lietotā betona (C50/60) īpašības lielā mērā ir atkarīgas no agrārās cietēšanas apstākļiem, tika veikts pētījums, kurā 24 stundas pēc augstas veiktspējas cementa kompozīta iestrādes, paraugi tika pakļauti 28 dienas dažādiem cietēšanas apstākļiem (paraugi izturēti ūdens vidē, istabas temperatūrā (60% RH) bez papildus mitrināšanas, 2°C temperatūrā (60% RH) bez papildus mitrināšanas). Pēc tam paraugi tika uzglabāti istabas temperatūrā līdz tie sasniedza 180 dienu vecumu. Pētījumā pārbaudīta metakaolīna, censofēru (10% no cementa masas) un references sastāva (100% cements) cietēšanas apstākļu ietekme uz betona īpašībām, t.sk. salturību.

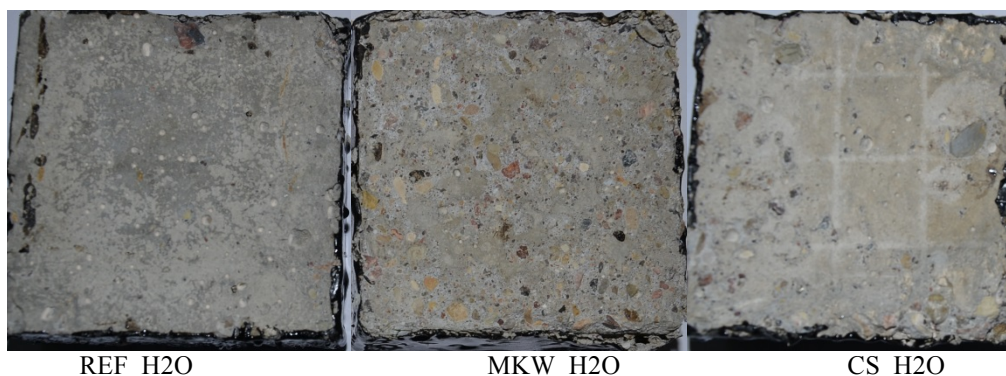
Betona spiedes stiprības izmaiņas atkarībā no vecuma, sastāva un cietēšanas apstākļiem dotas attēlā 3. Pazemināta temperatūra (2°C) vai cietēšanas vides relatīvais mitrums būtiski neietekmē augstas veiktspējas cementa kompozītu (bez mikropildvielām) sākotnējās cietēšanas dinamiku (līdz 28 dienu vecumam). Tomēr ūdens vidē cietinātiem paraugiem spiedes stiprība laikā pieaug straujāk. Daudz lielāka nozīmē no mehānisko īpašību un ilgmūžības viedokļa ir betona kompozīcijai, šajā gadījumā - izmantoto mikropildvielu veidam un daudzumam. Lai gan censofēru (CS) izmantošanas mērķis bija uzkrāt to porainajā struktūrā papildus mitrumu (līdzīgi kā tas notiek pievienojot superabsorbentus), kas, iespējams, varētu nodrošināt optimālu cietēšanas mitrumu kompozīta struktūrā, to funkcionalitāte izpaužas tikai tajā gadījumā, kad paraugi sākotnēji tika cietināti ūdens vidē. Turklāt, būtisks stiprības pieaugums, salīdzinot ar stiprību pēc 28 dienām, tika konstatēts tikai vēlīnā paraugu vecumā (pēc 180 dienām). Savukārt metakaolīna (MK) mikropildvielas izmantošana daļējai cementa aizstāšanai AVCK sastāvā, ne tikai paaugstina mehāniskās īpašības, salīdzinot ar references sastāvu, visos tā cietēšanas posmos, bet nodrošina būtisku stiprības pieaugumu neatkarīgi no sākotnējās cietēšanas apstākļiem (vides temperatūras un

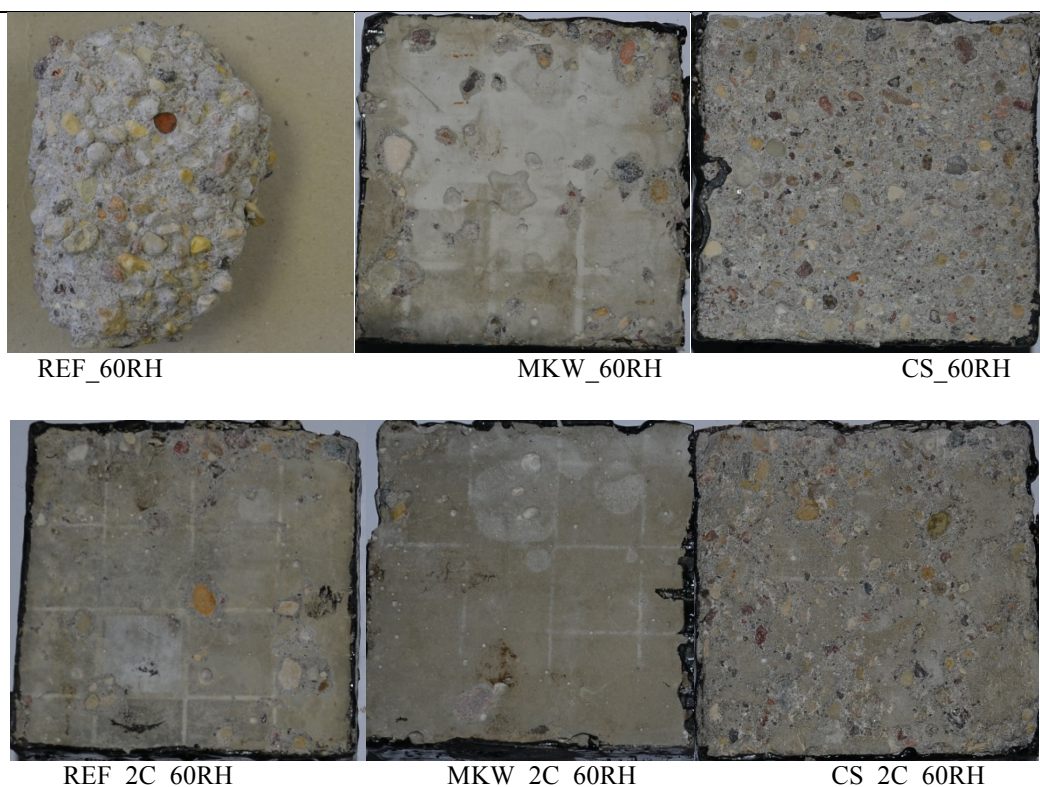
mitruma).



Attēls 3. Betona spiedes stiprība atkarībā no mikropildvielu veida un cietēšanas apstākļiem: REF_H2O, MKW_H2O un CS_H2O – atsauces sastāvs ar 100% cementu (REF), metakaolīnu (MKW) un cenosfērām (CS), kas cietējuši normālos cietēšanas apstākļos (ūdens vidē, 20°C); REF_60RH, MKW_60RH, CS_60RH – atsauces sastāvs, sastāvs ar metakaolīnu un cenosfērām, kuru paraugi cietējuši gaisā (20°C, 60% RH); REF_2C_60RH, MKW_2C_60RH un CS_2C_60RH – paraugi, kas cietējuši gaisā, pazeminātā temperatūrā (2°C, 60%RH).

Iepriekš minētajiem AVCK noteikta virsmas pretestība sala izraisītai destrūkcijai pēc 52 sasalšanas-atkuššanas cikliem 3% NaCl (CDF tests - RILEM TC 117-FDC) dots attēlā 4. Virsmas zudumi pēc 52 sasalšanas-atkuššanas cikliem doti tabulā 1. Ūdens vidē cietējušiem AVCK paraugiem pretestība virsmas izdrupumiem sasalšanas-atkuššanas rezultātā ir 1.5-3.3 kg/m². Virsmas nodrupumi galvenokārt veidojas kontaktzonā starp cementa akmeni un pildvielām. AVCK references paraugiem, kas sākotnēji cietējuši istabas temperatūrā (REF_60RH) pretestība sasalšanas-atkuššanas cikliem ir ievērojami zemāka, salīdzinot ar paraugiem, kas cietējuši pazeminātā temperatūrā vai ūdens vidē. Tomēr vislielāko lomu spēlē mikropildvielu ietekme uz salturības parametriem. Līdzīgi kā iepriekšējā pētījumā augstākus salturības rādītājus uzrāda AVCK ar metakaolīna mikropildvielu. Tātad, cietēšana zemā temperatūrā būtiski neietekmē pretestību sasalšanas-atkuššanas ciklu graužošajai iedarbībai un virsmas zudumi ir salīdzinoši nelieli (tab.1).





Attēls 4. Paraugu virsmas pretestība sasalšanas-atkuššanas ciklu iedarbībai un tās izraisītajai destrukcijai.

Tabula 1. Virsmas zudumi sasalšanas-atkuššanas ciklu iedarbībā.

Sastāvs	Virsmas zudumi, kg/m ³	
	44 cikli	52 cikli
REF H2O	3.1	3.3
MKW H2O	1.2	1.9
CS H2O	1.0	1.5
REF 60RH	32.4	65.0
MKW 60RH	0.4	0.7
CS 60RH	0.3	2.6
REF 2C 60RH	0.2	0.4
MKW 2C 60RH	0.2	0.3
CS 2C 60RH	0.3	1.6

AVCK noteikts hlorīdu iespiešanās dziļums atkarībā no dezintegrētu smilšu veida un apjoma (tabula 2). Rezultāti liecina, ka atsaucē sastāvs (REF) ar augstāko cementa saturu uzrāda hlorīdu iespiešanās dziļuma (migrācijas) koeficientu $D_{nssm} 9.2 \times 10^{-12} \text{m}^2/\text{s}$. Aizstājot cementu 5-15% pēc masas ar dezintegrētām kaļķakmens-kvarca smiltīm, hlorīdu migrācijas koeficients pieaug no 12.2 līdz $15.5 \times 10^{-12} \text{m}^2/\text{s}$ (sastāvi QD5, QD10, QD15). Savukārt dezintegrētas kvarca smiltis, kuras aizstāj 5% no cementa masas, samazina D_{nssm} līdz $6.3 \times 10^{-12} \text{m}^2/\text{s}$ (Q5), bet ar 10 un 15% dezintegrētu smilšu D_{nssm} pieaug līdz $10.0-11.2 \times 10^{-12} \text{m}^2/\text{s}$ (Q10 un Q15). Secināts, ka dezintegrētas dabīgas kaļķakmens-kvarca smiltis neuzrāda aktivitāti betona cietēšanas procesā un hidratēta cementa pasta ar samazinātu cementa daudzumu zaudē savas necaurlaidības īpašības un pazemina betona pretošanos hlorīdu migrācijai betona struktūrā. Savukārt dezintegrētas kvarca smiltis (5% apjomā no cementa masas) uzlabo betona pretestību hlorīdu migrācijai betona struktūrā un tas tiek saistīts ar hidratētas cementa pastas blīvuma uzlabošanos, bet palielinot dezintegrēto smilšu apjomu, cementa akmens zaudē savas necaurlaidības īpašības.

AVCK sastāviem ar dezintegrētajām smiltīm noteikti arī virsmas masas zudumi sasalšanas-atkušanas ciklu iedarbībā (RILEM TC 117-FDC metode). Rezultāti liecina (tabula 3), ka, aizstājot cementu 15% ar dezintegrētām smiltīm, ievērojami palielinās virsmas zudumi. Jau pēc 28 sasalšanas-atkušanas cikliem tiek zaudēts 1.7-1.8 kg/m² betona virsmas un pēc 84 cikliem tas pieaug līdz 9.6-10 kg/m², pilnībā atsedzot betona struktūru un novērojami pildvielu izdrupumi. Betonam ar 5-10% dezintegrētām smiltīm zudumi pēc 84 sasalšanas-atkušanas cikliem ir 0.3-1.5 kg/m², bet atsauces sastāvam ar 100% cementu tie ir 0.5kg/m².

Tabula 2. Hlorīdu iespiešanās dziļuma koeficients atkarībā no dezintegrētu smilšu apjoma betonā

Sastāvs	D _{nssm} [10 ⁻¹² m ² /s]
REF	9.2±0.1
QD5	12.9±1.2
QD10	15.5±1.4
QD15	12.2±1.2
Q5	6.3±0.9
Q10	11.2±0.7
Q15	10.0±0.2

Tabula 3. Virsmas zudumi sasalšanas-atkušanas ciklu iedarbībā atkarībā no dezintegrētu smilšu apjoma betonā

Cikli skaits	Masas zudumi [kg/m ²]						
	REF	Q5	QD10	QD15	QD5	QD10	QD15
28	0.0	0.0	0.0	1.8	0.0	0.0	1.7
42	0.2	0.0	0.0	4.2	0.2	0.2	4.3
56	0.3	0.1	0.1	7.1	0.3	0.3	7.0
70	0.3	0.1	0.6	8.2	0.5	1.2	8.4
84	0.5	0.3	0.8	10.0	0.7	1.5	9.6

AVCK ar dažādām mikropiedevām tiek veikta sulfātu korozijas pārbaude. Izgatavotie betona paraugi pakļauti nātrija sulfāta iedarbībai, kā rezultātā betona struktūrā var rasties sulfātu sāļi (etringīts, ģipsis) ar palielinātu tilpumu. Tas izraisa betona tilpuma izplešanos, kas var novest pie plaisu rašanās un betona struktūras destrukcijas. Pārbaužu laikā paraugiem tiek kontrolētas masas izmaiņas un garuma izmaiņas. Rezultāti liecina, ka pēc 28 dienu iegremdēšanas sulfātu šķīdumā atsauces sastāvam pieaugusi masa par 0.5%, kas var liecināt par sulfātu produktu uzkrāšanos betona poru struktūrā, savukārt AVCK ar metakaolīna mikropiedevu masas pieaugums ir no -0.7 līdz 0.38%. Izplešanās deformācijas pārbaudes periodā nav konstatētas, bet novērojams betona rukums no 0.11 līdz 0.07%, kas ir normāla betona parādība cietēšanas procesā.

Uz veikto pētījumu pamata izstrādāta **Rekomendācija augstas veiktspējas cementa kompozītu (AVCK) korozijas un salturības paaugstināšanai. Iegūtie dati publicēti zinātniskos izdevumos.**

2. Izstrādāt receptūru bituminēto kompozītu sastāviem ar augtām ekspluatācijas īpašībām, izmantojot reciklēto asfaltbetonu (RAP), un, turpināt izstrādāt bituminēto kompozītu sastāvus no zemākās kvalitātes vietējā minerālmateriāla.

Rekomendācija bituminēto kompozītu maisīšanas procesa parametru optimizēšanai. Piedalīšanās starptautiskā konferencē ar ziņojumu, 1 zinātniskais raksts.

Šajā periodā turpinās asfaltbetona sastāvu ar augstu frēzētā asfaltbetona saturu (RAP) izstrāde (virs 25%). Tiek veikta RAP bitumena atjaunināšana ar mērķi sasniegt tehniskiem

noteikumiem atbilstošu bitumena klasi (B50/70). Turpinās granulometriskā sastāva aprēķins, kura mērķis samazināt smalko daļiņu ($< 0,063\text{mm}$) saturu. Izmantojot namogrammu (*Wirtgen Cold Milling Manual*), veikts reciklētā materiāla homogenitātes novērtējums. Analizētas metodes RAP materiāla izmantošanai High Modulus Asphalt Concrete (HMAC) maisījumu izstrādei. Veikta novecojušā (RAP bitumens) atjaunināšana ar bitumeniem B70/100 ar mērķi iegūt HMAC maisījumu radīšanai atbilstošu bitumena klasi B20/30. Veikts maisījuma granulometriskā sastāva aprēķins, lai sasniegt asfaltbetonu ACb16 un ACb 22 reglamentētas robežas. Baltoties un *Wirtgen Cold Milling Manual* noteikta jauna RAP bitumenu proporcija, lai iegūtu bitumenu B50/70.

Šajā periodā turpināta High Modulus Asphalt Concrete (HMAC) maisījumu īpašību analīze. Atbilstoši plānām izstrādātas rekomendācijas šī asfaltbetona tipa maisīšanas parametru un transportēšanas optimizācijai.

Šajā pētījuma periodā uzprojektētiem bituminēto kompozītmateriālu sastāviem ar RAP veiktas deformatīvo īpašību eksperimentālās pārbaudes, lietojot ekspluatācijas īpašību testēšanas metodes – riteņu sliežu veidošanās testu, stinguma un noguruma testus, termoplaisu veidošanas testus, kā arī ūdensjūtību (bitumena un minerālmateriāla adhēziju). Rezultāti salīdzināti ar references sastāviem, kuri izgatavoti no jaunām izejvielām. Analizējot rezultātus, konstatēts, ka risu noturība asfaltbetoniem ar 30% RAP ir augtāka (WTSair0.1), salīdzinājumā ar references sastāvu risu noturības klasi (WTSair 0,3). Savukārt nogurumizturības klases gan references sastāvam, gan asfaltbetonam ar 30% RAP ir vienādas - ϵ_6 -130 (10Hz, 10°C). Palielinot RAP saturu līdz 50% saglabājas augsta risu noturība, bet ievērojami pasliktinās nogurumizturība. Secināts, ka augstākas ekspluatācijas īpašības asfaltbetons ar RAP, kuram novecojis bitumens atjaunināts ar zemākas viskozitātes bitumenu B70/100, sasniedz pie RAP satura 30%.

Šajā periodā veikta silto asfaltu tehnoloģiju klasifikācija, apkopota informācija par piedevām un tehnoloģijām ražošanas un būvniecības temperatūras samazināšanai. Analizēti silto asfaltbetonu ražošanas principi. Definētas šīs tehnoloģijas negatīvas īpašības. Apkopota metodika ražošanas izmaksu novērtēšanai.

Šajā periodā uz veikto pētījumu bāzes izstrādāti 4 nodevumi: Metodika reciklētā materiāla izmantošanai, Augstu ekspluatācijas īpašību bitumena kompozītu ekspluatācijas ekonomiskais novērtējums, Priekšlikumi ceļu tehnisko noteikumu pilnveidošanai un Rekomendācija par augstas viskozitātes bitumena izmantošanu, izmantojot siltā asfalta ražošanas piedevas.

Uz veikto pētījumu pamata izstrādāta ***Rekomendācija bituminēto kompozītu maisīšanas procesa parametru optimizēšanai. Iegūtie dati publicēti zinātniskos izdevumos.***

3. Izstrādāt metodi dabisko šķiedru kompozītmateriālu dzīves cikla aprēķināšanai.

Metode ekoloģisko kompozītmateriālu ražošanai no šķiedraugiem un vietējām minerālām saistvielām. Metode dabisko šķiedru kompozītmateriālu dzīves cikla aprēķinam. Piedalīšanās starptautiskā konferencē ar ziņojumu.

Atbilstoši laika grafikam, projekta 3. posmā bija paredzēts ne tikai izstrādāt metodi dabisko šķiedru kompozītmateriālu dzīves cikla aprēķināšanai, bet arī turpināt iegūt un analizēt datus, kas iegūti no siltuma un mitruma migrācijas datu apkopošanas sistēmas, kā arī sākt modeļa izstrādi, balstoties uz iegūtajiem datiem. Sākotnēji tika veikta eksperimentāla sienas paneļa siltuma un mitruma datu uzkrāšana, lai novērtētu procesus, kas noris pie vienmērīga iekštelpu mikroklimata.

Sienas panelis, kas tika izgatavots 2016. gada janvārī sadarbībā ar SIA “ESCO Būve”, ceturtajā dienas pēc tā izgatavošanas tika iestrādāts esošā sienas konstrukcijā, tādējādi žūšanu un cietēšanu turpinot reālos ēkas sienas ekspluatācijas apstākļos. Izgatavotā paneļa biezums ir 200 mm, bez apdares abās pusēs. Paneļa blīvums 400kg/m^3 , siltumvadītspēja $0,075\text{ W/m}\cdot\text{K}$. Panelī dažādos tā dziļumos tika uzstādīti 3 sensori (50, 100 un 150 mm dziļumā) mitruma migrācijas un temperatūras kontrolei, 2 sensori iekštelpas un 2 sensori ārā apstākļu reģistrēšanai (vides un virsmas relatīva mitruma un temperatūras fiksēšanai), kā arī siltuma plūsmas sensors (plākšņveida), reālās siltumvadāmības noteikšanai. Signāli no sensoriem tiek uzkrāti datu apkopošanas modulī un ar mobilā tīkla palīdzību elektroniskas tabulas formā tika regulāri nosūtīti uz e-pastu. Datu analīzes rezultāti liecina par to, ka paneļa mitruma stāvokļa stabilizācijas laiks šajos apstākļos ir vismaz 70 dienas.

Eksperimenta laikā tika fiksēta materiāla mitruma akumulācijas spēja, kas ļauj nodrošināt vienmērīgu un cilvēka labsajūtai piemērotu telpu mikroklimatu, īslaicīgi uzņemot paaugstinātu telpas mitrumu un atdodot to, kad gaisa mitrums telpā samazinās. Testa gaitā tika konstatēts, ka lietojot šāda blīvuma (400kg/m^3) neapmestu paneli, iekšējās virsmas temperatūras maksimums tiek sasniegts vidēji 6 stundu laikā pēc āra temperatūras maksimuma sasniegšanas, kas liecina, ka materiāla siltumnerce reālos apstākļos ir lielāka nekā tradicionāliem šāda biezuma sienu materiāliem (ķieģelim, gāzbetonam), kas saistīts ar augstu kaņepju spaļu daudzumu, kas pēc ķīmiskā sastāva un uzbūves ir tuvs kokam. Optimālais laika intervāls temperatūras gradienta izlīdzināšanai ir apmēram 10 stundām, un to ir iespējams sasniegt, jo paneļa biezums tiek palielināts no 200 mm līdz 350 mm. Jāpiezīmē, ka eksperimentos tika izmantots panelis bez iekšējās un ārējās apdares. Turpmākie pētījumi plānoti veikt panelim ar iekšējo un ārējo apdari.

Atbilstoši plānam projekta 3. periodā tika izstrādāta metode ekoloģisko kompozītmateriālu ražošanai no šķiedraugiem un vietējām minerālām saistvielām (nodevums, sk. pielikumos). Šī metode balstās uz iepriekšējos posmos iegūtajiem rezultātiem un tai ir šādas galvenās sadaļas:

1. Kaņepju-kaļķa kompozītmateriālu ražošanas tehnoloģijas ietekme uz materiāla gala īpašībām;
2. Kaņepju spaļu ietekme uz materiāla īpašībām;
3. Ražošanas tehnoloģisko procesu ietekme uz materiāla gala īpašībām;
4. Materiāla ugunsizturības īpašības.

Šī metode izstrādāta priekš esošiem un topošiem CO_2 neitrālā kaņepju-kaļķa kompozīta ražotājiem, jo ietver vairāku tehnoloģisko faktoru un sastāvdaļu ietekmi uz būvmateriāla ekspluatācijas īpašībām. Apskatot Latvijā audzētu kaņepju spaļu ietekmi uz materiāla īpašībām, tiek secināts, ka augstāku spiedes stiprību dod spaļi ar lielu īso spaļu īpatsvaru – 0,63-10 mm spaļu optimālais daudzums ir aptuveni 85%. Efektīvi ir izmantot divu dažādas izcelsmes mazo spaļu kombināciju. Paraugiem ar augstāku stiprību (0,340 MPa pret 0,218 MPa) piemīt nedaudz zemāka siltumvadītspēja, tomēr siltumvadītspējas pieaugums diezgan neliels – līdz $0,004\text{ W/m}\cdot\text{K}$. Tika konstatēts, ka spaļu materiāla putekļainība dod negatīvu iespaidu uz stiprību, tāpēc rekomendēts, ka putekļu pieļaujamais daudzums nedrīkst pārsniegt 2% no izmantoto kaņepju spaļu masas.

Materiāla ugunsizturības testu rezultāti liecina, ka izstrādāto CO_2 neitrālo ēku būvniecības kompozītmateriālu no šķiedraugiem var klasificēt kā C s1, d0 pēc LVS EN 13823:2010.

Klasifikācija s1 norāda, ka ļoti neliels dūmu daudzums rodas degšanas procesā. Tas tiek uzskatīts par augstāko iespējamo rādītāju būvmateriāliem (izņemot A1 klasi). Savukārt d0 norāda, ka netiek radītas degošas piles un arī šī klasifikācija ir augstākais iespējamais novērtējums šajā klasē. Testā iegūtā C s1, d0 klase ir tuva B s1, d0 klasei. Rezultātā secināts, ka augstākā ugunsizturības klase, kas varētu tikt piešķirta šiem materiāliem b ir B s1, d0 klase, jo lai sasniegtu A klasi, saistvielas daudzumu un blīvumu ir jāpalielina līdz apmēram 1000 kg/m^3 tādējādi siltumvadītspēja tuvotos apmēram $0,2 \text{ W/m}^2\text{K}$, kas neatbilst projektā izvirzītajiem mērķiem un uzdevumiem. Kā galvenie, perspektīvie ugunsizturības uzlabošanas risinājumi tiek piedāvāti alternatīvas saistvielas izvēle (magneziālās saistvielas), boru un alumīniju saturošo minerālo piedevu izmantošana, kā arī materiāla sablīvēšana, veicot papildus nopresēšanu.

Lai uzlabotu izstrādātā kompozīta īpašības, 3. projekta posmā papildus plānotajam tika turpināti pētījumi par dažādu veidu alternatīvām saistvielām un to ietekmi uz materiāla īpašībām.

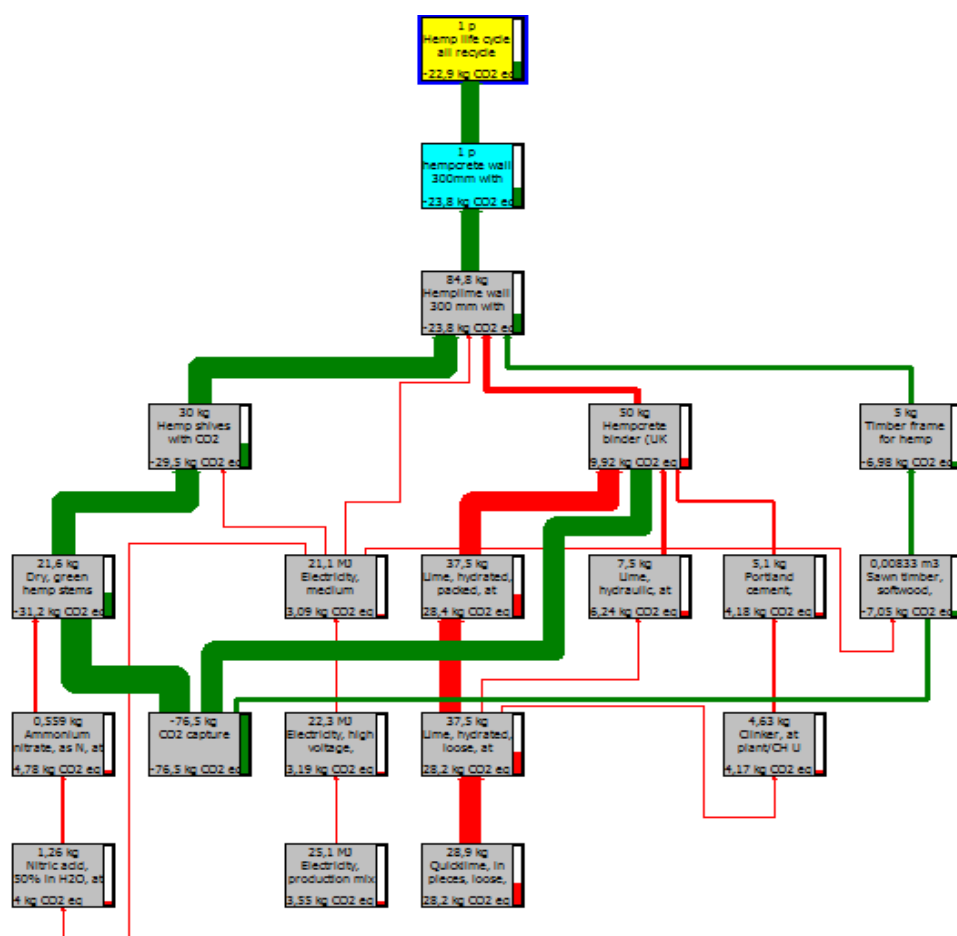
Magnija bāzes saistvielas tika pētītas, lai uzlabot kompozītu ugunizsturību. Izgatavotā kompozītmateriāla spiedes pretestība sasniedza $1,80 \text{ MPa}$, bet blīvums 500 kg/m^3 , kas ir ievērojami labāki rezultāti, salīdzinot ar kaņepju-kaļķa kompozītiem. Šo saistvielu izmantošana perspektīvā paver iespējas dabisko šķiedru kompozītu izmantošanai pašnesošu konstrukciju izgatavošanai (neizmantojot koka karkasu), kas spēj uzņemt nelielas vertikālas slodzes (līdz 1-1,5 stāva mājas). Lai iegūtos rezultātus un atziņas pielietotu praksē, nepieciešams veikt papildus pētījumus, kas plānoti nākamajā pētījuma posmā.

Atsevišķi tiek turpināti pētījumi par sapropeļa un kaļķa-sapropeļa saistvielu izmantošanu CO_2 neitrālu būvmateriālu ražošanā. Šim kompozītam ir līdzvērtīga stiprība ar kaņepju-kaļķa kompozītiem, taču tā CO_2 bilance ir būtiski labāka, jo CO_2 emisijas radošās saistvielas – kaļķa vietā, tiek izmantots organiskas izcelsmes saistviela – sapropelis.

Kompozītiem tika pievienoti ALINA organomāli ar iekapsulētām aktīvajām vielām, kas palēnina materiālu biodegradāciju. Paraugiem, kas apstrādāti ar ALINA organomāliem un references paraugiem tika veiktas paātrinātas novecošanas testi klimatiskajā kamerā ultravioletā starojuma un mainīgas temperatūras ietekmē. Lai iegūtos rezultātus un atziņas pielietotu praksē, nepieciešams veikt papildus pētījumus, kas plānoti nākamajā pētījuma posmā.

No ražošanas tehnoloģisko procesu viedokļa, piespiedu darbības maisītājs ir piemērotākā iekārta kaņepju-kaļķa kompozītmateriāla izejvielu samaisīšanai, jo tā nodrošina daudz viendabīgākas masas izgatavošanu, salīdzinot ar gravitācijas maisītāju, kas savukārt nodrošina augstākas mehāniskās īpašības sacietējušam materiālam.

Pārbaudot žūšanas apstākļu ietekmi uz materiāla mehāniskām, fizikālām un ekspluatācijas īpašībām, tika secināts, ka to nav ieteicams ilgstoši pakļaut cietēšanai paaugstinātā mitruma apstākļos, jo mitruma klātbūtnē izdalās paaugstināts lignīna, cukuru un citu organisku savienojumu daudzums, kas aizkavē kaļķa karbonizēšanos.



Attēls 5 Kaņepju-kaļķa funkcionālās vienības CO₂ procesu koks

Papildus tam, atbilstoši trešā perioda darba uzdevumiem, tika izstrādāta metode dabisko šķiedru kompozītmateriālu dzīves cikla aprēķināšanai. Tā izstrādāta, veicot atsevišķo procesu datu ieguvu un apstrādi ar programmas SimaPro palīdzību, izmantojot Ecoinvent dzīves cikla inventarizācijas datubāzi.

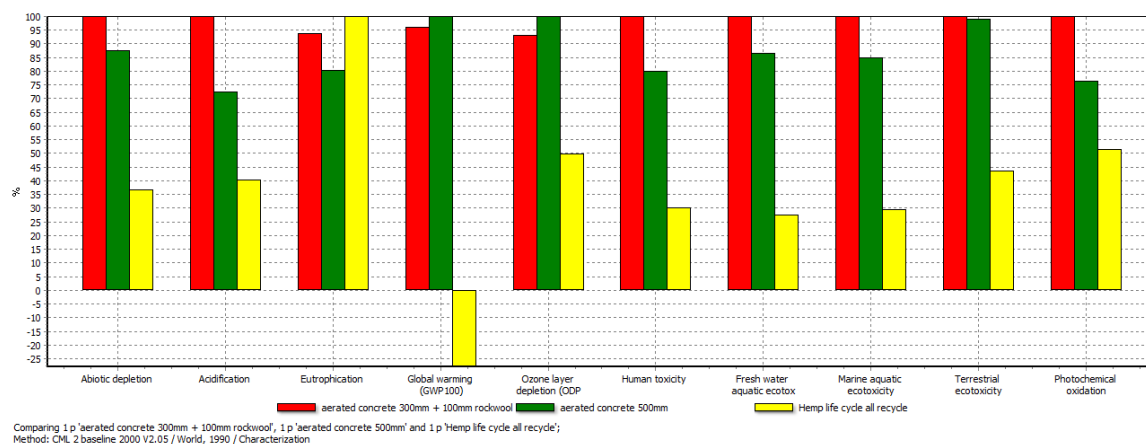
Kaņepju audzēšanas un pārstrādes dati pielāgoti Latvijas apstākļiem, par pamatu ņemot pētījumus par kaņepju pārstrādes dzīves cikla analīzi un papildinot tos ar vidējām vērtībām par procesiem un resursiem, kas iegūti no datiem, kas iegūti no galvenajiem kaņepju audzētājiem un pārstrādātājiem Latvijā. Funkcionālā vienība veidota kā 300mm biezs 1000x1000mm panelis, kas sastāv no 275 kg/m³ kaņepju-kaļķa betona un diviem 100x50mm nesošajiem statņiem. Dzīves cikls rēķināts uz 100 gadu periodu.

Tā kā viens no pamatzdevumiem definē uzdevumu izstrādāt CO₂ neitrālus būvmateriālus, tad šīs metodes ietvaros tika modelēti dažādi iespējamie materiāla sastāvi un iespējamie dzīves cikli saskaņā ar IPCC 2007 GWP 100 metodi, kas ir visplašāk izmantotā metode šādiem aprēķiniem. Viens funkcionālās vienības procesu koks redzams Attēlā 5, kur redzams scenārijs ar visu materiālu reciklēšanu pēc 100 gadu dzīves perioda.

Apskatot rezultātus par radīto/uzkrāto CO₂ daudzumu dažādo veidu kaņepju-kaļķa materiāliem, redzams, ka lielākā daļa, tāpat kā Attēlā 5 redzamais, ir CO₂ negatīvi, kas nozīmē, ka tie ir uzkrājuši vairāk CO₂ nekā tiks izdalīts to dzīves laikā, ieskaitot ražošanu. Uzkrātais daudzums svārstās no 15 līdz 30 kg uz funkcionālo vienību, kas ir 50 līdz 100 kg uz 1m³ materiāla. Šāds daudzums ir iespējams, jo kaņepes augšanas laikā ir uzkrājušas lielu daudzumu oglekļa dioksīda, ap 1 kg CO₂ un 1kg kaņepju spaļu, ņemot vērā iepriekšējos

pārstrādes posmos izdalīto.

Veicot materiāla dzīves cikla aprēķinu, tika veikti salīdzinājumi arī ar citiem alternatīviem materiāliem, ar analoģu U vērtību ($0,19 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$). Attēlā 6 redzams salīdzinājums ar 500 mm gāzbetona sienu (sarkans) un 300 mm gāzbetona sienu ar 100 mm akmens vates siltinājumu (zaļš), aprēķins veikts pēc CML2 Baseline metodes. No grafika var redzēt šo materiālu lielās priekšrocības – gandrīz visos rādītājos tie uzrāda ievērojami mazākas vērtības, 65-75 % mazākas, CO_2 gadījumā 125% mazāku. Vienīgais rādītājs, kur šis materiāls nevar uzrādīt tik labus rezultātus ir eitrofikācija, sakarā ar liela daudzuma fosfāta mēslojuma nepieciešamību kaņepēm, tomēr tas ir tikai par 10-20% augstāks kā pārējiem materiāliem.



Attēls 6 Kaņepju-kaļķa funkcionālās vienības salīdzinājums ar siltinātu un nesiltinātu sienas fragmentu pēc CML2 Baseline metodes

Uz veikto pētījumu pamata izstrādāta *Metode ekoloģisko kompozītmateriālu ražošanai no šķiedraugiem un vietējām minerālām saistvielām* un *Metodes dabisko šķiedru kompozītmateriālu dzīves cikla aprēķinam*. Iegūtie dati publicēti zinātniskos izdevumos.

2.4. Projekta Nr. 1 izvirzīto uzdevumu izpildes rezultāti

(Novērtē, kādā mērā ir sasniegti plānotie mērķi un uzdevumi. Raksturo rezultātu zinātnisko un praktisko nozīmību, kā arī rezultātu praktisko lietojumu (lietišķiem pētījumiem). Raksturo problēmas, to iespējamās risinājumus, turpmākā darba virzienus. Kopējais saturiskais izklāsts nepārsniedz četras A4 lapas)

Valsts programmas un šī projekta mērķis ir radīt inovatīvus un ilgtspējīgus materiālus (cementa, bitumena un šķiedraugu kompozītus), izmantojot vietējās izejvielas.

Šajā atskaites periodā plānotie mērķi sasniegti pilnībā.

Pārskata periodā veiktas cementa kompozītmateriālu ilgmūžības pārbaudes, kā arī turpinās iesāktās ilgmūžības pārbaudes izgatavotajiem augstas veiktspējas betona paraugiem. Veiktas sekojošas ilgmūžības pārbaudes: salturības pārbaudes 5% NaCl šķīdumā (150 cikli, 1 cikls dienā, pārbaudes ilgums 7-8 mēneši, LVS 156 pielikums C), salturības pārbaude – virsmas pārbaude CDF tests), hlorīdu iesūkšanās dziļuma pārbaudes (NT Build 492), sārnu-silīcija (RILEM AA2) un sulfātnoturības (SIA 262-1) pārbaudes. Pārbaudīti augstas veiktspējas cementa kompozīti ar metakaolīnu saturošu atkritumproduktu, mikrosilīcija un elektrifiltru pelnu mikropildvielu, cenosfērām, kas no 5 līdz 15% aizvieto cementu AVCK sastāvā. Salturības metožu salīdzinājuma veikšanai un piemērotākās metodes noteikšanai, tiek turpināti salturības pārbaudes, paraugus saldējot -52.5°C un virsmas nodrupuma tests sala destruktīvās

iedarbības rezultātā (saskaņā ar LVS 156 pielikumu C un RILEM TC 117-FDC). Turpinās ilgmūžības pārbaudes augstas veiktspējas cementa kompozītiem, kas izgatavoti, izmantojot dezintegrētas smiltis (īpaša smilšu sasmalcināšanas metode). Dezintegrētas tika dolomīta un kvarca smiltis (Saulkalne-S, frakcija 0.3-2.5) un kvarca smilti (Saulkalne-S, frakcija 0-1mm).

Realizējot pārskata periodā paredzētos uzdevumus secināts, ka mikropildvielu (piem., metakaolīnu saturoši atkritumprodukti) iekļaušana betona sastāvā būtiski uzlabo betona ilgmūžības rādītājus. Betona struktūras pretošanās hlorīdu iespiešanās dziļumam palielinās līdz 3.5 reizēm, kas ir svarīgs rādītājs, projektējot dzelzsbetona konstrukcijas, kurās stiegrojums jāaizsargā no korozijas. Izmantojot metakaolīna mikropildvielu AVCK kompozīcijā tiek ierobežotas sārma-silīcija reakcijas, kā rezultātā samazinās betona plaisāšanas risks, tā gāzu un ūdens caurlaidība. Noskaidrots, ka salturību iespējams paaugstināt līdz 500 sasalšanas-atkušanas cikliem, ja AVCK kompozīcijā tiek iekļauts 10% metakaolīna saturošu atkritumproduktu kā cementa aizvietotājs. Savukārt betons ar mikrosilīciju ievērojami uzlabo spiedes stiprības rādītājus, bet betona salizturība ievērojami samazinās, tādējādi nepieciešams izmantot tradicionālas salturību uzlabojošas metodes (piem., gaisa iesaistošās piedevas). Cenofēras porainās struktūras dēļ samazina betona spiedes stiprību, tomēr ilgtermiņā, cietējot augsta mitruma cietēšanas apstākļos, spiedes stiprība tuvojas references sastāvu spiedes stiprībai. Dezintegrētu smilšu aktivitāte un spiedes stiprības uzlabošanās novērojama cementa javas paraugos, tomēr betonā ievērojams spiedes stiprības pieaugums nav novērojams.

Rezultātu zinātniskais nozīmīgums ir saistīts ar padziļinātām zināšanām un izpratni par augstu veiktspējas cementu kompozītu fizikālo, mehānisko un ilgmūžības īpašību testēšanu, piemērotāko metožu izvēli un iegūto datu interpretāciju. Veiktie pētījumi ļauj izprast mikropildvielu nozīmi, analizēt mikropildvielu īpašības un to ietekmi uz betona salturību, sulfānoturību, pretestību hlorīdu iespiešanās dziļumam AVCK struktūrā, sārma-silīcija reakcijām.

Rezultātu praktiskais nozīmīgums lielā mērā ir saistīts ar nozares speciālistu informēšanu un apmācību, kas veicinās inovatīva un augstvērtīga augstu īpašību betona praktisku izmantošanu būvniecībā. Lielā mērā jaunu materiālu izmantošana ir saistīta ar aizspriedumiem, neziņu un neuzticību. Izprotot dažādu mikropildvielu ietekmi uz AVCK īpašībām (piemēram, salturību, pretestību sulfātu vai hlorīdu iedarbībai), iespējams izvēlēties optimālāko mikropildvielu un tās apjomu. Efektīva mikropildvielu izvēle ļauj samazināt cementa patēriņu AVCK ražošanā, saglabājot un pat uzlabojot tā mehāniskās un ilgmūžības īpašības. Veiktie pētījumi, izstrādātās metodes un rekomendācijas dos pārliecību un uzdrīkstēšanos būvniecībā izmantot jauna veida betonu, kas faktiski pieļauj jauna veida būvju projektēšanu, izmantojot inovatīvus konstruktīvos paņēmienus. Uzņēmumā SIA Warm House aprobētā metode "Augstas veiktspējas cementa kompozītu ražošanas metode", pierāda šī AVCM piemērotību industriālai ražošanai.

Turpmākais darba virziens saistīts ar inovatīvu stiegru cementa kompozītmateriālu izgatavošanu un pārbaudēm. Projekta laikā iegūtajiem augstas veiktspējas betona sastāviem ar efektīvām mikropildvielām tiks pievienots disperss stiegrojums (dažāda veida stiklšķiedra) un pārbaudīta šo kompozītmateriālu fizikālās un mehāniskās īpašības. Stiklšķiedrai un stikla materiāliem ir risks veidot sārma-silīcija reakcijas betona struktūrā, kas ir nevēlama parādība un var radīt būtiskus betona struktūras bojājumus. Tiks noteikta mikropildvielu un stiklašķiedras ietekme uz sārma-silīcija reakcijām un sagatavots nodevums par iegūtajiem rezultātiem.

Svarīgs ekonomiskais un ekoloģiskais risinājums ir siltā asfaltbetona tehnoloģiju pielietošana asfaltbetona maisījumā ar augstām ekspluatācijas īpašībām radīšana. Ieviešot siltā asfaltbetona tehnoloģijas Latvijā, būtu iespēja palielināt melno segumu īpatsvaru ceļos ar zemāku ceļa klasifikāciju, kā arī atjaunot garākus ceļa posmus valsts galvenajiem autoceļiem, tādā veidā uzlabojot kopējo ceļu stāvoklī valstī. Tas būtu iespējams pateicoties silto

asfaltbetonu samazinātajam enerģijas patēriņam, līdz ar to samazinot asfaltbetona ražošanas izmaksas, kuras var novirzīt ceļu uzturēšanai, jaunu ceļu būvniecībai vai esošo rekonstrukcijai un atjaunošanai. Svarīgi atzīmēt, ka šī pētījuma praktiskais nozīmīgums ir tas, ka asfaltbetona ražotājiem nav jāveic būtiskā rūpnīcas modifikācija, lai ražotu siltu asfaltbetonu. Projekta ietvaros izstrādātos asfaltbetona maisījums vidēji un smagi noslogotiem ceļiem, izmantojot siltā asfaltbetona tehnoloģiju, kā arī, pielietojot Latvijā iegūtus minerālmateriālus plānots aprobēt reālā ražošanā (SIA Ceļi un Tilti). Plānots, ka 2017. gadā tiks noslēgts līgums ar VAS Latvijas Valsts ceļi, kur tiks turpināta šīs aktuālās tēma izpēte, lai izstrādāt rādīto bituminēto maisījumu specifiskācijai.

Rezultātu zinātniskā vērtība ir attiecināma uz bitumena un piedevas īpašību noteikšanu, kā arī to mijiedarbības ietekmi uz *vieglieštrādājamības* uzlabošanu zemākās ražošanas un iekļāšanas temperatūrās. Viegliestrādājamības novērtēšanai laboratorijā uzprojektēti un izgatavoti, izmantojot speciālas piedevas, siltā asfaltbetona maisījumi un noteikta to sablīvējamība zemākās temperatūrās. Nosakot zemāko sablīvējamības temperatūru un, veicot sablīvējuma temperatūras salīdzinājumu ar tradicionālo karsto asfaltbetonu, veikts ekonomiskais novērtējums un piedāvātas rekomendācijas projekta ietvaros radītā bituminētā kompozīta projektēšanai.

Lai sasniegtu 3. posma mērķus tika izstrādātas divas metodes - “Metode ekoloģisko kompozītmateriālu ražošanai no šķiedraugiem un vietējām minerālām saistvielām” un “Metode dabisko šķiedru kompozītmateriālu dzīves cikla aprēķināšanai”. Šīs metodes ir svarīgas projekta kopējo mērķu sasniegšanai, kā arī tām ir praktisks pielietojums.

“Metode ekoloģisko kompozītmateriālu ražošanai no šķiedraugiem un vietējām minerālām saistvielām” izstrādāta esošiem un topošiem ekoloģisko būvmateriālu ražotājiem, jo ietver gan sastāvdaļu, gan tehnoloģisko procesu ietekmi uz būvmateriāla mehāniskām, fizikālām un ekspluatācijas īpašībām. Piemēram, apkopotā informācija par dažādu Latvijā audzētu kaņepju spalvu ietekmi uz materiāla īpašībām ļauj ražotājiem izvēlēties saviem mērķiem atbilstošākos kaņepju spalvus vai to kombinācijas. Svarīgas ir piedāvātās iespējas materiāla ugunsizturības paaugstināšanai, kuras iespējams izmantot atkarībā no projektā norādītajām prasībām.

Izstrādātā metode “Metode ekoloģisko kompozītmateriālu ražošanai no šķiedraugiem un vietējām minerālām saistvielām” nodota aprobācijā SIA “ESCO būve”, kas nodarbojas ar kaņepju-kaļķa kompozītu sienas paneļu ražošanu un ēku būvniecību.

“Metode dabisko šķiedru kompozītmateriālu dzīves cikla aprēķināšanai” sagatavota tā, lai industrijas pārstāvji bez būtiskām un padziļinātām zināšanām varētu salīdzināt pēc dažādiem tehnoloģiskajiem paņēmieniem ražotu kaņepju-kaļķa kompozītu CO₂ bilanci. Izmantojot šo metodi, ražotājiem tiks dota iespēja prognozēt izvēlētas tehnoloģijas un izejvielu kombinācijas ietekmi uz materiāla īpašībām, kā arī izvēlēties alternatīvas metodes, lai mazinātu ietekmi uz vidi. Metodi “Metode dabisko šķiedru kompozītmateriālu dzīves cikla aprēķināšanai” uzņēmumos plānots aprobēt nākamā posma laikā.

Projekta 3. posmā bija paredzēts iegūt un analizēt datus no siltuma un mitruma migrācijas datu apkopošanas sistēmas, kā arī sākt modeļa izstrādi, balstoties uz iegūtajiem datiem. Sākotnēji tika veikta eksperimentāla sienas paneļa siltuma un mitruma datu uzkrāšana, lai novērtētu procesus, kas noris pie vienmērīga iekštelpu mikroklimata.

Lai sasniegtu projekta mērķi, projekta 4.posmā paredzēts:

1. *Inovatīvu stiegrotu cementa kompozītmateriālu izgatavošanas metodes infrastruktūras un sabiedriskām būvēm;*
2. *Metodikas izstrāde reciklēta asfalta izmantošanai; Augstu ekspluatācijas īpašību bitumena kompozītu ekspluatācijas ekonomiskā novērtējuma izstrāde;*
3. *Izstrādāt un izveidot datu apkopošanas sistēmu, kas piemērota energoefektīvu būvju konstrukciju siltuma un mitruma migrācijas kontrolei. Sagatavot datu apkopošanas sistēmas izstrādes vadlīnijas. Sagatavot priekšlikumus LBN 002-01 papildināšanai.*

Ceturtā pētījumu perioda ietvaros 1 pamatizdevuma mērķu sasniegšanai paredzēts veikt inovatīvi stiegrotu augstas veiktspējas cementa kompozītmateriālu izgatavošanu un pārbaudes. Projekta laikā iegūtajiem augstas veiktspējas betona sastāviem ar efektīvām mikropildvielām (cenosfēras, metakaolīns, mikrosilīcijs, apvadkanālu cementa putekļi) tiks pievienots dispersais stiegrojums - dažāda veida stiklšķiedras (atkritummateriāli un komerciāli) un pārbaudīta iegūto kompozītmateriālu fizikālās un mehāniskās īpašības. Dispersais stiegrojums ierobežo AVCK strukturālās deformācijas iekšējo spriegumu iedarbības rezultātā, samazina betona trauslumu, palielina stiepes izturību. Tomēr stiklšķiedra un stikla stiegrojums var reaģēt ar cementa minerāliem un sārnu-silīcija reakcijas destruktīvās iedarbības rezultātā samazināt AVCK ilgmūžību. Projekta posmā paredzēts noteikt mikropildvielu spēju samazināt sārma-silīcija reakcijām destruktīvo iedarbību AVCK struktūrā. Pārbaudes tiks veiktas saskaņā ar RILEM AAR-2 testa metodiku un tiks sagatavots nodevums par iegūtajiem rezultātiem.

Lai realizētu pētījumus par bitumena kompozītiem, projekta ceturtajā posmā paredzēts turpināt veikt bituminēto kompozītmateriālu (HMAC, RAP un siltā asfaltbetona) maisījumu deformatīvo īpašību eksperimentālās pārbaudes, izmantojot ekspluatācijas īpašību testēšanas metodes – riteņu sliežu veidošanās testus, stinguma un noguruma testus, termoplaisu veidošanas testus, kā arī ūdensjūtību (bitumen un minerālmateriāla adhēziju).

Paredzēts turpināt izstrādāt inovatīvus bituminētā kompozītmateriāla maisījumus, izmantojot šķembas ar $LA > 20$, un salīdzināt to īpašības ar tradicionālajiem asfaltbetona veidiem.

Liela uzmanība tiks pievērsta bitumena mastikai un polimērmodificētā bitumena īpašībām, kuras vislielākā mēra nosaka asfaltbetona ekspluatācijas īpašības un vieglu iestrādājamību. Bitumena mastika tiks izveidota, izmantojot dažādas izcelsmes pildvielas (kaļķu, dolomīta, granīta). Plānots noteikt bitumena mastikas reoloģiskās īpašības, lai atbilstoši SUPERPAVE metodikai novērtētu to risu un noguruma plaisu noturību. Tāpat bitumena mastikas izstrādei tiks izmantots modificēts un nemodificēts bitumens.

Apkopojot iegūtos rezultātus, projekta posma beigās paredzēts sagatavot ekonomisku novērtējumu (asfaltbetona maisījumi no zemākās kvalitātes vietējā minerālmateriāla), metodiku (reciklētā materiāla izmantošanai) rekomendācijas (bitumena viskozitātes samazinājumam izmantojot siltā asfaltbetona tehnoloģijas) un priekšlikums vietējo tehnisko noteikumu pilnveidošanai, kā arī iesniegt viens patenta pieteikums.

Projekta 4. posma trešā pamatuzdevuma ietvaros tiks turpināti temperatūras, mitruma un siltuma plūsmas mērījumi esošās ēkās un sienu posmos, kur izmantoti dabisko šķiedru būvmateriāli, tiks veikta modeļa izstrāde, balstoties uz iegūtajiem datiem un izstrādātas datu apkopošanas sistēmas izstrādes vadlīnijas.

Dati ziemas/pavasara posmā, galvenokārt, tiks vākti no esošas un ekspluatācijā esošas dzīvojamās ēkas ar patstāvīgu cilvēku klātbūtni, tādējādi nodrošinot pētījumam nepieciešamo iekštelpu mikroklimatu. Datu uzkrāšana notiks sadarbībā ar SIA "ESCO Būve", kas nodarbojas ar kaņepju-kaļķu paneļu ēku būvniecību. Šie dati nepieciešami, lai novērtētu dabisko šķiedru būvmateriālu gaisa relatīvā mitruma akumulācijas spējas, nodrošinot nemainīgu un cilvēka labsajūtai un veselībai piemērotu iekštelpu klimatu. Paralēli šajā periodā tiks ievākti dati no jau iepriekš testētajām konstrukcijām – eksperimentālā sienas paneļa, no iekšpuses siltinātās sienas posma, u.c., lai salīdzinātu ar iepriekšējā sezonā iegūtajiem datiem.

Vasaras/rudens posmā dati tiks vākti, galvenokārt no diviem avotiem - no ekspluatācijā esošās ēkas un ēkas, kas plānotas celt 2017. gada pavasara/vasaras sezonā. Ekspluatācijā esošās ēkas dati nepieciešami, lai verificētu materiāla siltuminerci reālos apstākļos un noteiktu, ar cik lielu nobīdi notiek siltuma spararata efekts (*thermal flywheel effect*). Dati no jaunbūves nepieciešami, lai pārbaudītu materiāla žūšanu vasaras apstākļos un varētu to salīdzināt ar iepriekšējiem rezultātiem.

Balstoties uz iegūtajiem datiem, tiks izstrādāts modelis siltuma un mitruma migrācijas procesu kontrolei, kā arī tiks izveidotas datu apkopošanas sistēmas izstrādes vadlīnijas.

Projekta 4. posma ietvaros ir paredzēts arī izstrādāt priekšlikumus LBN 002-15 “Ēku norobežojošo konstrukciju siltumtehnika” papildināšanai ar dabisko šķiedru kompozītu būvmateriālu siltumtehniskajām īpašībām. Šie priekšlikumi ietvers dabisko šķiedru būvmateriālu vidējos blīvumus un atbilstošo siltumvadītspēju, īpašo siltumietilpību un ūdens tvaika pretestības faktoru, kas noteikti gan eksperimentāli, gan apkopojot informāciju literatūrā. Šādi papildinājumi LBN 002-15 nodrošinātu šo materiālu plašāku pielietojumu, jo ēku projektētājiem būtu pieejama objektīva informācija par šiem materiāliem.

Lai uzlabotu izstrādātā kompozīta īpašības, 4. projekta posmā papildus plānotajam paredzēts turpināt pētījumus par dažādu veidu alternatīvām saistvielām un to ietekmi uz materiāla īpašībām. Tāpat arī paralēli tiks veikti pētījumi par kaņepju / kaļķa, magnija vai sapropēja saistvielu / kaņepju spaļu kompozītmateriālu bioloģisko noturību un iespējām to paaugstināt.

* Minētie skaitļi ir budžeta finansēšanas klasifikācijas kodi.

2.6. Projekta Nr. 1 rezultatīvie rādītāji

(Norāda pārskata periodā plānotos un sasniegtos rezultātus rādītājus. Informāciju atspoguļo tabulā un pielikumā)

Rezultatīvais rādītājs	Rezultāti					
	plānots	sasniegts				
	2014.– 2017. g.	gads				
		2014	2015	2016.	t. sk. iepriek- šējā periodā uzsākts	2017.
Zinātniskie rezultatīvie rādītāji						
1. Zinātnisko publikāciju skaits:	17	0	9	6	15	
oriģinālo zinātnisko rakstu (SCOPUS)(SNIP>1) skaits	3	0	0	0	0	
oriģinālo zinātnisko rakstu skaits ERIH(A un B) datubāzē iekļautajos žurnālos vai konferenču rakstu krājumos	14	0	9	6	15	
recenzētu zinātnisku monogrāfiju skaits	0	0	0	0	0	
2.Programmas ietvaros aizstāvēto darbu skaits:	26	7	16	5	28	
promocijas darbu skaits	4	0	2	0	2	
maģistra darbu skaits	22	5	4	2	11	
bakalaura darbu skaits	0	2	10	3	15	
Programmas popularizēšanas rezultatīvie rādītāji						
1.Programmas gaitas un rezultātu popularizēšanas interaktīvie pasākumi, kuru mērķu grupās iekļauti arī izglītojamie, skaits:	31	1	10	18	29	
konferences	14	0	4	10	14	
semināri	7	0	2	4	6	
rīkoti semināri un konferences	4	1	2	2	5	
populārzinātniskas publikācijas	3	0	1	1	2	
izstādes, demonstrācijas	0	0	0	0	0	
Betona olimpiāde	3	0	1	1	2	
2.Interneta mājas lapu populārie ziņojumi	30	12	5	7	24	
Tautsaimnieciskie rezultatīvie rādītāji						
1.Zinātniskajai institūcijai	421000	163526	231397	16449	411372	

programmas ietvaros piesaistītā privātā finansējuma apjoms, t. sk.:						
1.1. privātā sektora līdzfinansējums programmā iekļauto projektu īstenošanai	180000	22321	0	16449	38770	
1.2. ieņēmumi no programmas ietvaros radītā intelektuālā īpašuma komercializēšanas (rūpnieciskā īpašuma tiesību atsavināšana, licencēšana, izņēmuma tiesību vai lietošanas tiesību piešķiršana par atlīdzību)	0	0	0	0	0	
1.3. ieņēmumi no līgumdarbiem, kas balstās uz programmas ietvaros radītajiem rezultātiem un zinātnības	241000	141205	231397	0	372602	
2. Programmas ietvaros pieteikto, reģistrēto un spēkā uzturēto patentu vai augu šķirņu skaits:	3	0	0	0	0	
Latvijas teritorijā	3	0	0	0	0	
ārpus Latvijas	0	0	0	0	0	
3. Programmas ietvaros izstrādāto jauno tehnoloģiju, metožu, prototipu vai pakalpojumu skaits, kas aprobēti uzņēmumos	3	0	0	3	3	
4. Ieviešanai nodoto jauno tehnoloģiju, metožu, prototipu, produktu vai pakalpojumu skaits (noslēgtie līgumi par intelektuālā īpašuma nodošanu)	2	0	0	0	0	
5. Noslēgtie līgumi par praktisko pētījumu projektu realizāciju saistībā ar projekta mērķiem un RIS 3.	0	0	0	2511263	2511263	

* Norāda pēc programmas īstenošanas.

Projekta Nr. 1 vadītājs

_____/Diāna Bajāre/
(paraksts¹) (vārds, uzvārds) (datums¹)

Zinātniskās institūcijas vadītājs _____

(paraksts¹) (vārds, uzvārds) (datums¹)

Piezīme. ¹ Dokumenta rekvizītus "paraksts" un "datums" neaizpilda, ja dokuments ir sagatavots atbilstoši normatīvajiem aktiem par elektronisko dokumentu noformēšanu.

Izglītības un zinātnes ministre

Ina Druviete

1.projekta 1. pamatuzdevuma aktivitāšu izpildes laika grafiks

	2014		2015				2016				2017			
	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV
1. Augstas veiktspējas īpašību cementa kompozītmateriālu (spiedes pretestība >100MPa) infrastruktūras un sabiedriskām būvēm ražošanas metode, daļēji aizstājot cementu ar vietējām mikropildvielām	X	X	X	X	X									
1.1.1. augstas stiprības betona sastāvu izstrāde	X	X	X	X	X									
1.2. mehāniskoun fizikālo īpašību noteikšana	X	X	X	X	X									
1.3.augstu ekspluatācijas īpašību cementa kompozītmateriālu ražošanas metode, daļēji aizstājot cementu ar mikropildvielas (nodevums)					X									
2. Rekomendācijas no Latvijas cementa ražotā betona korozijas un salturības paaugstināšanai			X	X	X	X	X	X	X	X				
2.1. izstrādāto betona sastāvu sulfātizturība novērtējums			X	X	X	X	X	X						
2.2. izstrādāto betona sastāvu pretestības sārumsilīcija reakcijai noteikšana							X	X	X	X				
2.3. izstrādāto betona sastāvu noturība pret karbonizāciju			X	X	X	X	X	X	X	X				
2.4. izstrādāto betona sastāvu noturība pret hlorīdu iedarbību					X	X	X	X						
2.5. izstrādāto betona sastāvu noturībasalturības noteikšana			X	X	X	X	X	X	X					
2.6. rekomendācija betona korozijas un salturības paaugstināšanai (nodevums)										X				
3. Inovatīvu stiegrotu cementa kompozītmateriālu izgatavošanas metodes infrastruktūras un sabiedriskām būvēm											X	X	X	X
3.1. betona kompozītu sastāvu izstrāde ar stiklašķiedras stiegrojumu											X			

3.2. izstrādāto kompozītu fizikālo un mehānisko īpašību noteikšana											X	X	X	
3.3. sārnu-silīcija reakcijas novērtšana, izmantojot pucolāna tipa piedevas, betona kompozītos, kas satur stiklašķiedras stiebrojumu												X	X	
3.4. Inovatīvu un uzlabotu cementa kompozītmateriālu izgatavošanas metodes infrastruktūras un sabiedriskām būvēm (nodevums)														X
4. Cementa kompozītu maisīšanas procesa parametrus optimizēšana											X	X		
2.1. rekomendācija cementa kompozītu maisīšanas procesa parametrus optimizēšana (nodevums)												X		
4. Publikācijas, Scopus										1				
5. Konferences				2	1			1				1		
6.Promocijasun maģistrdarbu vadīšana	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

Pielikums 1-B

1.projekta 2. pamatuzdevuma aktivitāšu izpildes laika grafiks

	2014		2015				2016				2017			
	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV
1. Ekonomisku, ekoloģisku un ilgmūžīgu bituminēto kompozītu sastāvu ražošanas metodes izstrāde, izmantojot zemākas kvalitātes vietējos minerālos materiālus.	X	X	X	X	X	X								
1.1. izejmateriālu izvēle, piegāde, īpašību noteikšana	X	X	X	X	X	X								
1.2. bitumena kompozītu ar augstām ekspluatācijas īpašībām sastāvu projektēšana izmantojot vietējās dolomīta šķembas un bitumenu B20/30			X	X	X	X								
1.3. Augstu ekspluatācijas īpašību asfaltbetona sastāvu ražošanas metodes no zemas kvalitātes minerālmateriāliem (nodevums)						X								

[illegible]

[illegible]

Pielikums 1-C

1. projekta 3. pamatzdevuma aktivitāšu izpildes laika grafiks

[illegible]

[illegible]

