

Zinātniskais pārskats par valsts pētījumu programmas izpildes gaitu

1. SADAĻA – INFORMĀCIJA PAR PROGRAMMAS IZPILDI

1.1. Programmas nosaukums:

INOVATĪVI MATERIĀLI UN VIEDĀS TEHNOLOĢIJAS VIDES DROŠUMAM

1.2. Programmas nosaukuma saīsinājums, mājaslapa internetā:

IMATEH, <http://imateh.rtu.lv>

1.3. Programmas vadītājs: Andris Čate

1.4. Kontaktpersona: Diāna Bajāre, 29687085, diana.bajare@rtu.lv

1.5. Pārskata periods: no 2014. gada 1. novembra līdz 2017. gada 31. decembrim

1.6. Programmas mērķis un tā izpilde

(Norāda programmas mērķi un tā izpildi (saskaņā ar apstiprināto projekta pieteikumu un līgumu))

VPP mērķis:

Nodrošināt plašas un dziļas pasaules līmeņa zināšanu bāzes radīšanu uz inovācijām balstītas ekonomikas attīstībai ar inovatīviem un uzlabotiem materiāliem, viedām tehnoloģijām un cilvēka dzīves vides drošuma nodrošināšanu, izmantojot starpdisciplināro pieeju zinātnisko, tehnoloģisko un sabiedrības problēmu risināšanai.

VPP mērķa sasniegšanai ir izvirzīti sekojoši uzdevumi, kas tiek risināt sešu projektu ietvaros:

1. Veikt pētījumus par augstas veiktspējas cementa kompozītmateriāliem infrastruktūras un sabiedriskām būvēm, liekot uzsvāru uz to ilgmūžību Latvijas klimatiskajos apstākļos (aktivitāšu izpildes laika grafiks ir pievienots pielikumā 1-A);
2. Veikt pētījumus par ekonomiskiem, ekoloģiskiem un ilgmūžīgiem bituminēto kompozītu sastāviem, izmantojot zemākas kvalitātes vietējos minerālos materiālus, reciklētu (otrreizējo) asfaltbetonu, kā arī siltā asfaltbetona tehnoloģijas (aktivitāšu izpildes laika grafiks ir pievienots pielikumā 1-B);
3. Izstrādāt CO₂ neitrālus ēku būvniecības kompozītmateriālus no šķiedraugiem energoefektīvām būvēm, kas nodrošina cilvēka labsajūtai un veselībai piemērotu iekštelpu klimatu (aktivitāšu izpildes laika grafiks ir pievienots pielikumā 1-C);
4. Izpētīt polimēru kompozītu materiālu virsmu agrīno sabrukšanu, izstrādāt diagnostikas metodes un analizēt metožu pielietojuma iespējas uzņēmumos (aktivitāšu izpildes laika grafiks ir pievienots pielikumā 5-A);
5. Izpētīt Latvijas autoceļu tiltu dinamiskos raksturojumus un noskaidrot to ietekmi uz konstrukciju drošumu, izstrādāt konstrukciju risku, drošuma un robustuma noteikšanas metodes (aktivitāšu izpildes laika grafiks ir pievienots pielikumā 3-A);
6. Izstrādāt metodoloģiju konstruktīvo elementu bojājumu vai ar bojājumu (dažādu veidu materiāla degradācijas formas) dinamisko parametru (svārstību frekvenču, svārstību modu, svārstību dziļšanas parametru, utt.) eksperimentālai noteikšanai un to pielietošanai konstrukciju tehniskā stāvokļa monitoringam (aktivitāšu izpildes laika grafiks ir pievienots pielikumā 3-B);

7. Izstrādāt inovatīvās viedas konstrukcijas ar uzsvaru uz atjaunojamo dabas resursu izmantošanu ar paaugstinātu ilgtspējību un drošumu, kas ir vērsti uz būvniecības un infrastruktūras objektiem (aktivitāšu izpildes laika grafiks ir pievienots pielikumā 3-C);
8. Izstrādāt metodikas jauna inovatīva slāņaina koksnes kompozītmateriāla ar šūnu tipa dobām ribām, struktūras projektēšanai, nodrošinot nepieciešamo lieces nestspēju ar samazinātu koksnes patēriņu (aktivitāšu izpildes laika grafiks ir pievienots pielikumā 4-A);
9. Izstrādāt saplākšņa I-serdes tipa sendviča paneļus, kas no mehāniskā stinguma/stiprības viedokļa ir efektīva alternatīva masīvam bērza finiera saplāksnim, integrējot un vienlaikus uzlabojot siltuma pretestības, vibrācijas/triecienu slāpēšanas īpašības (aktivitāšu izpildes laika grafiks ir pievienots pielikumā 2-A);
10. Izstrādāt metodoloģiju un optimizēšanas kritērijus metālisku materiālu īpašību uzlabošanai, virsmas apstrādei vai pārklāšanai, lai samazinātu berzi un nodilumu berzes pāros t.sk. mijiedarbībā metālam ar ledus virsmu (aktivitāšu izpildes laika grafiks ir pievienots pielikumā 6-A).

1.7. Kopsavilkums par programmas izpildes gaitu

(Anotācijas veidā norāda pārskata periodā veiktās darbības un galvenos rezultātus. Raksturo problēmas un novērtē, kādā mērā ir sasniegti plānotie mērķi un uzdevumi. Raksturo turpmākā darba virzienus. Apjoms – ne vairāk kā divas lapas)

Šajā atskaites periodā plānotie mērķi Valsts pētījumu programmai IMATEH kopumā un katram projektam atsevišķi ir sasniegti pilnībā. Plānotie darba uzdevumi ir izpildīti un galvenie rezultāti ir iegūti. Sīkāka informācija par katra projekta zinātniskajiem sasniegumiem ir sniegta šīs atskaites 2.sadaļā.

Programmas ietvaros kopumā npublicēti 84 zinātniskie raksti (1. projekta rezultatīvais rādītājs ir 22 pilna teksta zinātniskie raksti, 2.projekta ietvaros publicēti 7 zinātniskie raksti, 3.projekta ietvaros publicēti – 31 raksti, 4. projekta ietvaros – 13 raksti, 5. projekta ietvaros – 5 raksti, 6. projekta ietvaros – 6 raksti). Projekta zinātniskās atskaites Pielikumā ir pieejamas visas publicētās zinātniskās publikācija pilnā apjomā elektroniskā veidā.

Projekta dalībnieki piedalījušies 76 starptautiskās konferencēs, kur uzstājušies ar ziņojumiem vai stenda referātiem.

33 zinātniskie raksti par VPP IMATEH svarīgākajiem rezultātiem iesniegti vai publicēti zinātniskos žurnālos ar SNIP >1.

Programmas ietvaros aizstāvēto maģistru darbu skaits ir 55, bet aizstāvēto bakalaura darbu skaits – 46.

Programmas ietvaros vadīto un aizstāvēto maģistru darbu skaits ir mazāks nekā plānotas saistībā studējošo skaitu samazināšanos ekonomisku un demogrāfisku iemeslu dēļ, kā arī ar lielo studējošo īpatsvaru, kuri studiju laikā uzsāk savas darba gaitas ar nozari saistītās profesijās un neturpina vai nepabeidz studijas maģistratūrā

Atskaites periodā ir licenzēta šāda Viļņas Ģedimina Tehniskās universitātes un Rīgas Tehniskās universitātes kopējā maģistru programma. Programmas nosaukums: “Inovativā Ceļu un tiltu inženierija”, paredzēta 1.5 gadu apmācība angļu valodā, apmācību veic VGTU un RTU akadēmiskais personāls.

Atbilstoši plānotajam, VPP IMATEH ir iesaistīti doktorantūrā studējošie jaunieši un programmas 4. posma laikā paralēli plānoto pētījumu veikšanai, tiek **izstrādāti sekojošie promocijas darbi:**

1. J. Justs „Sevišķi augstu īpašību betona ar samazinātu autogēno rukumu tehnoloģija”, zinātniskais vadītājs profesore, Dr.sc.ing. D. Bajāre, paredzēts aizstāvēt 2018.gadā;
2. N. Toropovs „Augstas veiktspējas betonu ugunsturība”, zinātniskais vadītājs Dr.sc.ing. G. Šahmenko, paredzēts aizstāvēt 2019.gadā;

3. I. Paeglīte “Kustīgās slodzes iedarbība uz tiltu dinamiskajā īpašībām”, zinātniskais vadītājs profesors, Dr.sc.ing. J. Smirnovs, aizstāvēšana paredzēta 2018. gadā;
4. A. Freimanis „Risku ievērtēšana drošām, efektīvām un ilgtspējīgām tiltu būvēm”, zinātniskais vadītājs ir profesors, Dr.sc.ing. A. Paeglītis, aizstāvēšana paredzēta 2018. gadā;
5. R. Janeliukštis „Bojājumu identifikācijas metožu izstrāde konstrukciju tehniskā stāvokļa monitoringam”, zinātniskais vadītājs ir profesors, Dr.sc.ing. A. Čate, aizstāvēšana paredzēta 2018. gadā;
6. A. Vilguts “Kārtaini līmētas koksnes kompozīta daudzstāvu ēkas racionālas konstrukcijas” zinātniskais vadītājs ir profesors, Dr.sc.ing. D. Serdjuks, aizstāvēšana paredzēta 2018. gadā;
7. A. Kukule “Plātņu saplākšņa ribojuma darbs mainīga mitruma apstākļos” zinātniskais vadītājs ir profesors, Dr.sc.ing. J. Šliseris, aizstāvēšana paredzēta 2019. gadā;
8. E. Jansons “Virsmas raupjuma ietekme uz slīdes pāra metāls – ledus slīdamību”, vadītāji Prof. J.Rudzītis, A/Prof. K.A.Gross. aizstāvēšana paredzēta 2019. gadā;
9. J. Lungevičs “A method for predicting tribological properties of materials used in mechanical engineerin” vadītājs Dr.sc.ing. J. Rudzītis, aizstāvēšana paredzēta 2019. gadā.

Šajā posmā aizstāvētie promocijas darbi, kas saistīti ar VPP IMATEH uzdevumiem:

1. E. Labans aizstāvēja promocijas darbu “Saplākšņa sendviča-konstrukcijas multifunkcionālo īpašību integrācija un optimizācija” (2016.gada 6.aprīlī), darba vadītājs – K. Kalniņš.
2. U. Lencis aizstāvēja promocijas darbu „Metodoloģija ultraskaņas impulsu metodes pielietošanai konstrukciju betona stiprības novērtēšanā” (18.06.2015.), vadītājs A. Korjajkins, un ieguva inženierzinātņu doktora grādu.
3. Sprince aizstāvēja promocijas darbu “Metodoloģija īpaši smalkgraudainu cementa kompozītu ilglaicīgo īpašību noteikšanai un plaisu attīstības izpētei” (10.04.2015.), vadītājs A. Korjajkins, un ieguva inženierzinātņu doktora grādu.

Projekta ietvaros veiktās promocijas darbu priekš aizstāvēšanas:

1. J.Tihonovs „Asfaltbetona sastāvi no vietējā minerālmateriāla ar augstām ekspluatācijas īpašībām” vadītājs J. Smirnovs, V. Haritonovs, paredzēts aizstāvēt 2018. gadā.
2. M. Šinka „Dabīgo šķiedru siltumizolācijas materiāli” vadītājs G. Šahmenko, paredzēts aizstāvēt 2018. gadā.
3. Ģ. Frolovs “Koksnes kompozītmateriālu racionālu struktūru un konstrukciju elementu aprēķini” zinātniskais vadītājs ir profesors, Dr.sc.ing. J. Šliseris, aizstāvēšana paredzēta 2018.gadā.
4. O. Bulderberga. “Polimēru kompozītmateriāla izstrāde ar mehānisko bojājumu indicēšanas funkciju”, vadītājs Dr.sc.ing. A. Aniskevičs, aizstāvēšana paredzēta 2018.gadā.
5. M.Ķirpluks “No atjaunojamām izejvielām iegūtu poliuretāna putuplasta un nano izmēra dabas izcelsmes pildvielu kompozītu īpašības”. Darba vadītājs – U.Cābulis. (Priekš aizstāvēšana veikta KĶI zinātniskā komisijā darba aizstāvība norīkota 2018.)
6. A. Fridrihsone: „Dzīves cikla analīze poliuretānu materiāliem, kas iegūti no atjaunojamām izejvielām”. Darba vadītājs – U.Cābulis. (Priekš aizstāvēšana veikta KĶI zinātniskā komisijā darba aizstāvība norīkota 2018.)

Iepriekš minētos promocijas darbus bija paredzēts aizstāvēt VPP IMATEH realizācijas laikā, bet nepietiekamā finansējuma dēļ doktoranti izvēlējās savu zinātnisko darbību turpināt ārvalstu universitātēs (piem., J. Justs un N. Toropovs noslēguši divu gadu darba līgumu EMPA, Šveices

zinātniskajā institūtā (Swiss Federal Laboratories for Materials Science and Technology)) vai celt savu profesionalitāti praktiski darbojoties Būvniecības industrijā. Savā ziņā to var uzskatīt par veiksmīgu karjeru, kas vainagojas panākumiem. Doktorantūras studiju pārtraukšana RTU tiek saistīta ar nepietiekamu finansējumu un finansiāli izdevīgāku piedāvājumu pieņemšanu. To nevar ietekmēt VPP IMATEH realizētāji un vadītāji.

Tiek uzturēti 2 patenta pieteikumi:

1. LV14979 „Ribotu plātņu izgatavošanas paņēmiens” (K. Rocēns, A. Kukule, Ģ. Frolovs, J. Šliseris, Ģ. Bērziņš) (LV patentu valde oficiālais vēstnesis 20.06.2015, 785. lpp <http://www.lrpv.gov.lv/sites/default/files/20150620.pdf>)
2. LV15083 “Ribotas kompozītplātnes izgatavošanas paņēmiens un iekārta, izmantojot tās centrālā nesošā slāņa veidošanai gofrētu sagatavju sistēmu uz koksnes bāzes” (K. Rocēns, Ģ. Frolovs, A. Kukule, J. Šliseris) (LV patentu valde oficiālais vēstnesis 20.12.2015., 1749. lpp. <http://www.lrpv.gov.lv/sites/default/files/20151220.pdf>)

Iesniegtie patenta pieteikumi LV Patentu valdē:

1. M. Šinka, D. Bajāre, G. Šahmenko, A. Korjamins, A. Šiškins, “Magnija fosfāta cementa (MFC) un bioloģiskas izcelsmes pildvielu ātri cietējoši celtniecības bloki un to izgatavošanas paņēmiens” (iesniegts 14.11.2017)
2. M. Šinka, D. Bajāre, G. Šahmenko, A. Korjamins, A. Šiškins, Bioloģiskas izcelsmes pildvielu un magnija oksihlorīda (MOC) cementa daudzslāņu celtniecības panelis ar paaugstinātu uguns izturību un tā izgatavošanas paņēmiens (iesniegts 13.10.2017.)
3. V. Haritonov, J. Tihonovs, R. Īzaks, A. Šiškins, Pašdziedējošs asfaltbetons ar skaņu slapējošām īpašībām (iesniegts 21.12.2017);
4. J. Lungevičs, E. Jansons, K. A. Gross, K. Stiprais Slīdēšanas īpašību noteikšanas iekārta un paņēmiens (iesniegts 21.04.2017).
5. J. Dehtjars, S. Kronberga, M. Romanova, Ē. Dombrovskis, I. Kozaks. Nanostrukturēta kompozīta izgatavošanas paņēmiens. (ieteikums iesniegts 20.12.2017.)

Sagatavoti attiecīgi dokumenti, kas apraksta programmas IMATEH realizēšanas laikā izstrādātās metodes, metodikas, rekomendācijas, vadlīnijas, priekšlikumus (pielikumi elektroniski).

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. (1.projekts);
2. “Augstu ekspluatācijas īpašību cementa kompozītmateriālu ražošanas metode, daļēji aizstājot cementu ar mikropildvielām”, aprobēta uzņēmumā SIA “Warm House”, apliecinājums datēts ar 20.09.2016., (1.projekts);
3. “Metode ekoloģisko kompozītmateriālu ražošanai no šķiedraugiem un vietējām minerālām saistvielām”, aprobēta uzņēmumā SIA “ESCO būves”, apliecinājums datēts ar 21.10.2016. (1.projekts).
4. “Metode slīdamības mērīšanai laboratorijas apstākļos”, aprobēta Latvijas bobsleja un skeleto federācijas izmēģinājuma poligonā, apliecinājums datēts ar 5.10.2016. (6.projekts).
5. “Polimēru kompozītu materiālu virsmu agrīnas sabrukšanas diagnostikas metode, izmantojot ar sabrukšanu inducēto nokrāsošanu” aprobēta SIA Aviatest, apliecinājums datēts ar 7.11.2016. (5.projekts).
6. “Polimēru kompozītu materiālu virsmu agrīnas sabrukšanas diagnostikas metode,

izmantojot in situ elektronu emisijas spektroskopiju” aprobēta SIA Evopipes, apliecinājums datēts ar 8.11.2016. (5.projekts).

7. “Metode transportlīdzekļu svara un kustības ātruma ietekmes novērtēšana uz konstrukcijas dinamiskajām īpašībām”, aprobēta uzņēmumā SIA “Inženierbūve”, apliecinājums datēts ar 16.09.2016. (3.projekts).
8. “Metode iedarbju uz tiltiem teorētisko varbūtību sadalījuma modeļu aprobācijai Latvijas apstākļiem”, aprobēta uzņēmumā SIA “Inženierbūve”, apliecinājums datēts ar 11.11.2016. (3.projekts).
9. “Tiltu dinamisko raksturojumu rekomendējamo robežvērtību noteikšana”, aprobēta uzņēmumā SIA “Inženierbūve”, apliecinājums datēts ar 16.03.2017 (3.projekts).

Programmas ietvaros izstrādāto jauno tehnoloģiju, metožu, prototipu vai pakalpojumu skaits, kas aprobēti uzņēmumos:

1. Līgums starp Latvijas Valsts koksnes ķīmijas institūtu un PolyLabs SIA par tiesībām izmantot LV KĶI izstrādātu tehnoloģiju rapšu un tallu eļļas poliolu ražošanai, amidizācijas vai esterifikācijas rezultātā (2.projekts).
2. AS Latvijas Finieris un Latvijas Valsts koksnes ķīmijas institūtu ir veici vairāku secīgu pētījumu sēriju par bērza saplākšņa paraugu priekšapstrādi šķidrā slāpekļī, lai noskaidrotu saplākšņa līmējuma kvalitāti (2.projekts).
3. LV KĶI sadarbības līgums ar SIA Latvāņi – Pētnieciski un sagatavošanas darbi par cieto putupoliuretānu siltumizolācijas izveidošanu ēku ārējo sienu jaunradītās konstrukcijās (2.projekts).
4. Rīgas Tehniskās universitātes, Materiālu un Konstrukciju Institūta un A/S “Latvijas Finieris” līgums par saplākšņa produktu testēšanu MNKC programmas 2. Fāzē (2.projekts).
5. Līgums starp Rīgas Tehnisko universitāti un VAS Latvijas valsts ceļi par tiesībām izmantot RTU izstrādāto tehnoloģiju saistībā ar plānkārtas ceļa segas nodilumkārtas slāņu (BBTM) un citu bitumēto segumu atjaunošanu (1.projekts).
6. Līgums starp Rīgas Tehnisko universitāti un AS BMGS par tiesībām izmantot RTU izstrādātās metodes saistībā ar būvmateriālu kvalitātes pārbaudēm (1.projekts).

Projekta pārstāvji ir piedalījušies VPP IMATEH 12 semināros par programmas norisi un īstenošanu.

Sagatavots un publicēts populāri – zinātnisks raksts:

1. D.Bajare, “Innovative materiāls and smart technologies fro environmental safety, IMATEH” Rīgas Tehniskās universitātes izdotajā žurnālā “Safety and security”, 2015, 4 izdevums, lpp. 10-12. lpp
2. V.Haritonovs, J. Tihonovs „Asfaltbetona sastāviem vietējie materiāli”, „Būvinženieris”, 2016.gada oktobris, Nr. 52, 4 lpp
3. A.Paeglītis, Līmēta koka gājēju pārvads pār autoceļu P103 Dobeles-Bauska 17.44 km Tērvetē, “Latvijas būvniecība”, 2016, Nr.3, 79-85 lpp.
4. K.A Gross., J. Lungevičs, L. Plūduma, K. Stiprais, E. Jansons, Jauna metode palīdzēs uzlabot drošību uz ledus, “Ilustrētā Zinātne”, decembris, 2016, Nr.133, 12.lpp.

Programmas 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.

Programmas realizēšanas periodā organizētās zinātniskās konferences:

1. 2015. gadā organizēta starptautiskā zinātniskā konference – IMST „Innovative Materials, Structures and Technologies” 2015, 30.09.-02.10.2015, <http://imst.rtu.lv/node/42>

2. 2017. gadā organizēta starptautiskā zinātniskā konference IMST „Innovative Materials, Structures and Technologies” (27.09.-29.09.2017.), <http://imst.rtu.lv/node/46>
3. Studentu zinātniski tehniskās konferences - organizētas 2015., 2016., 2017. gadā (28.04.2015., 27.04.2016. un 27-29.04.2017), <http://imateh.rtu.lv/konferences/>.

Rīgas Tehniskās universitātes 56. un 57. Starptautiskās zinātniskās konferences (14-16.10.2015, 14.-18.10.2016. un 12-15.10.2017) 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.

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

Programmas popularizēšanai studējošo vidū 2015.gada 16.aprīlī, 2016.gada 13.aprīlī un 2017. gada 20. 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 pēc četrām nedēļām, kad tika pārbaudīta 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 sasniedz **1 197 000 Eur**, kā arī moslēgti līgumi par praktisko pētījumu projektu realizāciju saistībā ar projekta mērķiem un RIS 3 par kopējo summu **3 215 446 Euro**.

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 IMATEH 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 648 000**.
3. “A New Concept for Sustainable and Nearly Zero-Energy Buildings”, (2016-2018), kopējā projekta summa **Euro 648 000**
4. ERA-Net projekts “Development of eco-friendly composite materials based on geopolymer matrix and reinforced with waste fibers”, (2016-2018), kopējā summa **Euro 69 960**
5. “Zero Energy Solutions for Special Purpose Buildings”, (2016-2018), kopējā projekta summa **Euro 634 615**.
6. Rigid polyurethane polyisocyanurate foam thermal insulation material reinforced with nano/micro cellulose, (2016-2020), projekta kopējā summa **Euro 630 000**.
7. RTU Zinātniskās pētniecības projektu konkursa 2016/2017, Zinātnei un Inovācijām RTU pētniecības platformās projekts “Augstas veiktspējas cementa kompozīti transformātoru apakšstaciju atvieglojam korpusam, AS Energofirma „JAUDA”, 2.01.2017-31.012.2017, **Euro 186290**.

8. Projekta Nr. ZP-2016/29. (RTU ID 2335), "Cementu kompozītu minerālo pildvielu aktivizēšana ar dezintegrācijas metodi", **Euro 3000.**
9. Sagatavots un apstiprināts Eiropas Reģionālā attīstības fonda (ERAF) projekta pieteikums praktiskās ievirzes pētījumam "Virsmas īpašību ietekmes uz slīdamību pa ledu pētījumi" (The quest for disclosing how surface characteristics affect slideability). Projekta Nr.1.1.1.1/16/A/129, projekta īstenošanas laiks: 01.04.2017. – 31.03.2020, projekta kopējais finansējums: **Euro 594 054.**

1.8. Programmas rezultatīvie rādītāji un to izpilde

Rezultatīvais rādītājs	Rezultāti					
	plānots	sasniegts				
	2014.– 2017. g.	gads				
		2014	2015	2016	2017	kopā
Zinātniskie rezultatīvie rādītāji						
1.Zinātniskajai institūcijai programmas ietvaros piesaistītā privātā finansējuma apjoms, t. sk.:	50	2	23	23	36	84
oriģinālo zinātnisko rakstu skaits ERIH(A un B) datubāzē iekļautajos žurnālos vai konferenču rakstu krājumos (SNP >1)	17	0	6	12	15	33
oriģinālo zinātnisko rakstu skaits ERIH(A un B) datubāzē iekļautajos žurnālos vai konferenču rakstu krājumos	33	2	16	11	21	50
recenzētu zinātnisku monogrāfiju skaits	0	0	1	0	0	1
2. Programmas ietvaros aizstāvēto darbu skaits:	51	6	42	32	26	106
promocijas darbu skaits	10	0	2	1	2	5
maģistra darbu skaits	41	4	19	19	13	55
bakalaura darbu skaits	0	2	21	12	11	46
Programmas popularizēšanas rezultatīvie rādītāji						
1. Programmas gaitas un rezultātu popularizēšanas interaktīvie pasākumi, kuru mērķu grupās iekļauti arī izglītojamie, skaits:	88	6	52	52	51	161
konferences	35	1	27	26	22	76
semināri	20	1	11	12	10	34
rīkotie semināri un konferences	20	2	10	8	10	30

populārzinātniskas publikācijas	8	1	2	3	4	10
izstādes, demonstrācijas	2	1	1	2	3	7
Betona olimpiāde	3	0	1	1	2	4
2.Interneta mājas lapu populārie ziņojumi	138	43	30	33	43	149
Tautsaimnieciskie rezultātīvie rādītāji						
1.Zinātniskajai institūcijai programmas ietvaros piesaistītā privātā finansējuma apjoms, t. sk.:	540000	388496	639799	49322	119383	1197000
1.1. privātā sektora līdzfinansējums programmā iekļauto projektu īstenošanai	295000	40670	208402	41250	115933	406255
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	0
1.3. ieņēmumi no līgumdarbiem, kas balstās uz programmas ietvaros radītajiem rezultātiem un zinātnības	245000	347826	431397	8072	3450	790745
2.Programmas ietvaros pieteikto, reģistrēto un spēkā uzturēto patentu vai augu šķirņu skaits:	7	1	1	0	5	7
Latvijas teritorijā	7	1	1	0	5	7
ārpus Latvijas	0	0	0	0	0	0
3.Programmas ietvaros izstrādāto jauno tehnoloģiju, metožu, prototipu vai pakalpojumu skaits, kas aprobēti uzņēmumos	19	1	0	6	3	10
4.Ieviešanai nodoto jauno tehnoloģiju, metožu, prototipu, produktu vai pakalpojumu skaits (noslēgtie līgumi par intelektuālā īpašuma nodošanu)	8	1	0	8	4	13
5.Noslēgtie līgumi par praktisko pētījumu projektu realizāciju saistībā ar projekta mērķiem un RIS 3.	0	0	0	3193817	21629	3215446

* Norāda pēc programmas īstenošanas.

1.9. Programmas īstenošanas analīze

Stiprās puses	Vājās puses
1. RTU ir starptautiski atzīts zinātnes centrs, kuram ir liela pieredze un sekmes VPP veidošanā un vadīšanā, kā arī materiālzinātnes. 2. Valsts pētījumu programmas vadītājs un projektu vadītāji ir kvalificēti zinātnieki ar augstu Hirša indeksu un pieredzi starptautisku projektu īstenošanā un VPP IMATEH programmas īstenošana notiek saskaņā ar aktivitāšu izpildes grafiku (sk. pielikumus). 3. Gan jaunie, gan pieredzējušie pētnieki darbojas/ darbojās ES 7 FP, Horizon, Cost, Eureka, Era-net, ESF, ERAF un citās programmās un saimniecisku projektu aktivitātēs, kas atbilst VPP uzdevumiem. 4. RTU ir radīta laba zinātniskā infrastruktūra, kas nodrošinās VPP izvirzīto uzdevumu sekmīgu izpildi. 5. RTU zinātniskajiem institūtiem ir cieša sadarbība ar ražošanas uzņēmumiem, kuri ir ieinteresēti VPP ietvaros veikto pētījumu ieviešanai ražošanā, vai izmantošanai tautsaimniecisku problēmu risināšanai. 6. RTU ir liela pieredze zinātnisko projektu administrēšanā.	1. Zinātniskā personāla un studentu motivācijas trūkums dalībai zinātniskajā darbībā kopumā un arī šajā VPP nepietiekama vai aizkavēta finansējuma rezultātā. 2. Samazināta finansējuma apstākļos var pieaugt institūtu infrastruktūras uzturēšanas, un administratīvo izdevumu īpatsvars, salīdzinot ar izdevumiem pētniecisko uzdevumu veikšanai, apdraudot institūciju darbību kopumā. 3. Finansējuma samazinājums var apdraudēt arī pētnieciskās aparātūras uzturēšanu, materiālas bāzes nodrošinājumu un adaptāciju VPP uzdevumu veikšanai. 4. Var mainīties pētījumu rezultātos ieinteresēto uzņēmumu prioritātes, līdz ar to var rasties grūtības jauno produktu vai tehnoloģiju aprobācijā ražošanas apstākļos. 5. Mainīgā ekonomiskā situācijā var mainīties programmas realizācijai nepieciešamo materiālu, aparātūras un pakalpojumu cenas.

Iespējas	Draudi
1. VPP realizācijas gaitā tiks izstrādātas jaunas tehnoloģijas un produkti, kas nodrošinās iespēju vietējiem uzņēmumiem izmantot šīs, uz zināšanām balstītās, konkurētspējīgās tehnoloģijas, veicinot eksportu un Latvijas tautsaimniecības izaugsmi. 2. VPP realizācijā tiks iesaistīti dažāda līmeņa un dažādu nozaru studenti un jaunie zinātnieki, kas paaugstinās viņu kvalifikāciju, ļaujot sekmīgāk iekļauties darba tirgū. 3. Atbilstoši VPP tēmai, katrs no paredzētiem pētījumu uzdevumiem dos individuālu rezultātu ar nozīmīgu sinerģētisku sociālo un tautsaimniecības efektu.	1. Finansējuma samazinājums pašreizējā situācijā tieši VPP vai zinātniskajai darbībai un augstākajai izglītībai kopumā var būtiski apdraudēt programmas realizāciju un tās iespējamo pienesumu. 2. Organizatoriskas izmaiņas, kas varētu būtiski mainīt viena vai vairāku izpildītāju statusu (institūtu apvienošana, likvidācija, cita veida reorganizācija). 3. Būtiski VPP realizāciju varētu ietekmēt straujas, normatīvajos aktos noteiktas nozaru pārvaldības izmaiņas saistībā ar zinātnisko darbību. 4. Ražotāju, pamatā vietējo, intereses un tiem pieejamo līdzekļu trūkums pašreizējā situācijā un globālās konkurences apstākļos var apgrūtināt sadarbību un virzību uz lietisšķo pētījumu rezultātu ieviešanu.

1.10. Identificēto risku samazināšanas vai novēršanas pasākumi

Finansējuma samazinājums zinātniskajai darbībai un augstākajai izglītībai kopumā ietekmēja programmas realizāciju un tās iespējamo pienesumu, piem., vairākus promocijas darbus bija paredzēts aizstāvēt VPP IMATEH realizācijas laikā, bet nepietiekamā finansējuma dēļ doktoranti izvēlējās savu zinātnisko darbību turpināt ārvalstu universitātēs (piem., J. Justs un N. Toropovs noslēguši divu gadu darba līgumu EMPA, Šveices zinātniskajā institūtā (Swiss Federal Laboratories for Materials Science and Technology)) vai celt savu profesionalitāti praktiski

darbojoties Būvniecības industrijā. Savā ziņā to var uzskatīt par veiksmīgu karjeru studējošajiem, kas vainagojusies ar panākumiem. Tāpat programmas IMATEH ietvaros vadīto un aizstāvēto maģistru darbu skaits ir mazāks nekā plānots, saistībā ar studējošo skaitu samazināšanos ekonomisku un demogrāfisku iemeslu dēļ, kā arī ar lielo studējošo īpatsvaru, kuri studiju laikā uzsāk savas darba gaitas ar nozari saistītās profesijās un neturpina vai nepabeidz studijas maģistratūrā. Doktorantūras studiju un pamatstudiju pārtraukšana RTU tiek saistīta ar nepietiekamu finansējumu un finansiāli izdevīgāku piedāvājumu pieņemšanu. To nevar ietekmēt VPP IMATEH realizētāji un vadītāji.

Tomēr IMATEH Programmas vadītājs un projektu vadītāji, kā arī vadošie pētnieki ir augsti kvalificēti zinātnieki, kas spēj piesaistīt un piesaista finansējumu gan no privātā sektora, gan rada ieņēmumus no līgumdarbiem, kas balstās uz programmas ietvaros radītajiem rezultātiem un zinātnībām, kā arī dažādu veidu zinātnes finansēšanas fondiem (Horizonts 2020, Life + u.tml., ERAF).

Iespējamās organizatoriskas izmaiņas, kas varētu būtiski mainīt viena vai vairāku izpildītāju statusu (institūtu apvienošana, likvidācija, cita veida reorganizācija) bija zemas kategorijas risks, jo atbilstoši zinātnisko institūciju zinātniskajam novērtējumam (sagatavoja IZM, sadarbojoties ar Ziemeļvalstu ministru padomes sekretariātu Latvijā, 2013.gadā) ir paredzēta četru IMATEH projektu vadošās institūcijas apvienošana vienā, tādējādi stiprinot to zinātnisko kapacitāti.

Būtiski VPP realizāciju varēja ietekmēt straujas, normatīvajos aktos noteiktas nozaru pārvaldības izmaiņas saistībā ar zinātnisko darbību. Atbilstoši iepriekšminētajam zinātnisko institūciju zinātniskajam novērtējumam, zinātnisko institūciju reformas RTU ir jau uzsāktas un tās ir orientētas uz konkurētspējīgu struktūrvienību izveidi, kuru rīcībā ir Eiropas vidējam līmenim atbilstoša zinātniskā infrastruktūra un cilvēkkapitāls.

Ražotāju, pamatā vietējo, intereses un tiem pieejamo līdzekļu trūkums pašreizējā situācijā un globālās konkurences apstākļos ir apgrūtinājis sadarbību un virzību uz lietišķo pētījumu rezultātu ieviešanu, tomēr apgūstot ārējos tirgus un pieejamos struktūrfondu līdzekļus, kuru apjoms šajā plānošanas periodā ir būtiski palielinājies, salīdzinot ar iepriekšējo, nepieciešamība piesaistīt zinātniskās institūcijas inovatīvu materiālu radīšanai ir būtiski palielinājusies. Par uzņēmēju interesi ieviest ražošanā inovatīvas metodes liecina šajā laika posmā aprobētās metodes un noslēgtie līgumi, par VPP izstrādāto metožu pārņemšanu.

Lai novērstu finanšu riskus, kas saistīti ar programmai piešķirtā finansējuma pārskaitījuma aizkavēšanos, katra IMATEH posmu posmu izmaksas un iepirkumu procedūras tiks plānotas, ņemot vērā finansējuma piešķiršanas aizkavējumu un nodrošinot priekšfinansējumu no struktūrvienību rīcībā esošā finansējuma.

Lai mazinātu risku, ka finansējuma pārskaitījuma aizkavēšanās ir saistīta ar aizkavētu atskaišu (finanšu vai zinātnisko) iesniegšanu kontrolējošai iestādei, dokumenti tika sagatavoti/ iesniegti pirms plānotā iesniegšanas datuma.

Sasniegtie rezultāti un iepriekš minēto problēmu novēršanas apsteidzošie plānotie pasākumi veicināja IMATEH programmas realizāciju atbilstoši sākotnējam pieteikumam.

Līdz ar to IMATEH programmas visu plānoto uzdevumu izpilde ir novērtēta kā apmierinoša.

1.11. Programmas kopējais plānotais finansējums (euro): 1 100 000 Euro

1.12. Programmā apgūtais finansējums (euro):

		1. posms	2. posms	3. posms	4. posms
1000–9000*	IZDEVUMI – KOPĀ	175654.00	254830.00	255574.00	413942.00
1000	Atlīdzība	107764.40	210352.00	198410.16	331608.76
2000	Preces un pakalpojumi (2100+2200+2300)	50017.89	50241.46	46564.43	77425.15
2100	Mācību, darba un dienesta komandējumi, dienesta, darba braucieni	5878.70	16137.74	12317.01	14395.99

2200	Pakalpojumi	20700.43	31275.62	22258.59	52680.33
2300	Krājumi, materiāli, energoresursi, preces, medicīniskās ierīces, medicīniskie instrumenti, laboratorijas dzīvnieki un to uzturēšana	23260.64	2828.07	3054.45	7259.34
5000	Pamatkapitāla veidošana	17871.70	3985.95	850.00	4908.09

Programmas vadītājs _____
(paraksts¹)

/A. Čate/
(vārds, uzvārds) (datums¹)

Piezīmes.

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

2. * Minētie skaitļi ir budžeta finansēšanas klasifikācijas kodi atbilstoši Ministru kabineta 2005. gada 27. decembra noteikumiem Nr. 1031 "Noteikumi par budžetu izdevumu klasifikāciju atbilstoši ekonomiskajām kategorijām".

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

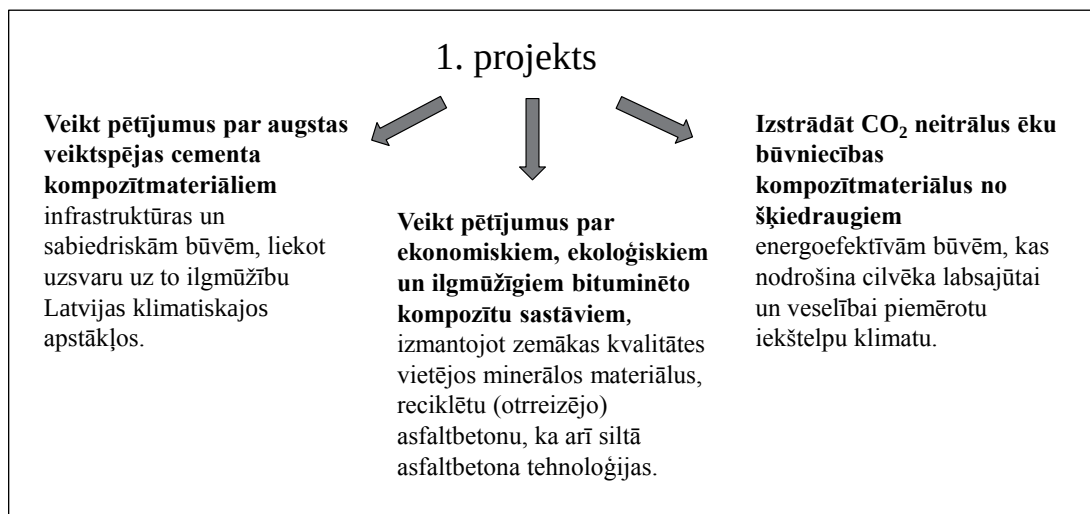
diana.bajare@rtu.lv

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:



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

1.posma uzdevums:	Izstrādāt receptūru augstas veiktspējas cementa kompozītmateriāliem (spiedes pretestība >100MPa) infrastruktūras un sabiedriskām būvēm no vietējām izejvielām
2.posma uzdevums:	Ilgmūžības pārbaudes augstas veiktspējas cementa kompozītmateriāliem (spiedes pretestība >100MPa) infrastruktūras un sabiedriskām būvēm no

	vietējām izejvielām
3.posma uzdevums:	Izstrādāt metodes no Latvijas cementa ražotā betona korozijas un salturības paaugstināšanai
4.posma uzdevums:	Inovātīvu stiegru cementa kompozītmateriālu izgatavošanas metodes infrastruktūras un sabiedriskām būvēm

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

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.*

1.posma uzdevums:	Izstrādāt receptūru ekonomisku, ekoloģisku un ilgmūžīgu bituminēto kompozītu sastāviem, izmantojot zemākas kvalitātes vietējos minerālos materiālus
2.posma uzdevums:	Izstrādāt receptūru bituminēto kompozītu sastāviem ar paaugstinātu viskozitāti, izmantojot zemākas kvalitātes vietējos minerālos materiālus
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
4.posma uzdevums:	Metodikas izstrāde reciklēta asfalta izmantošanai; Augstu ekspluatācijas īpašību bitumena kompozītu ekspluatācijas ekonomiskā novērtējuma izstrāde

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

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

1.posma uzdevums:	Izstrādāt un izveidot datu apkopošanas sistēmu, kas piemērota energoefektīvu būvju konstrukciju siltuma un mitruma migrācijas kontrolei
2.posma uzdevums:	Izstrādāt un izveidot datu apkopošanas sistēmu, kas piemērota energoefektīvu būvju konstrukciju siltuma un mitruma migrācijas kontrolei
3.posma uzdevums:	Izstrādāt metodi dabisko šķiedru kompozītmateriālu dzīves cikla aprēķināšanai
4.posma uzdevums:	Izstrādāt un izveidot datu apkopošanas sistēmu, kas piemērota energoefektīvu būvju konstrukciju siltuma un mitruma migrācijas kontrolei

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

VPP IMATEH 1. projekta ietvaros publicētie zinātniskie raksti:

1. Obuka V., Sinka M., Klavins M., Stankevica K., Korjamins A., Sapropel as a binder: Properties and application possibilities for composite materials, IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, Volume 96, Issue 1, 2015

<https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-84960411855&origin=resultslist&sort=plf-f&src=s&st1=M.+Sinka&st2=&sid=9706ec80452d4f6545a15b836dac47ef&sot=b&sdt=b&sl=21&s=AUTHOR-NAME%28M.+Sinka%29&relpos=12&citeCnt=0&searchTerm=>

2. Sinka M., Radina L., Sahmenko G., Korjamins A., Bajare D., Enhancement of lime-hemp concrete properties using different manufacture technologies, Proceedings of First International Conference on Bio-based Building Materials”, RILEM Publications, 1-8, 2015

<http://toc.proceedings.com/33854webtoc.pdf>

3. Sinka M., Sahmenko G., Korjamins A., Radina L., Bajare D., Hemp thermal insulation concrete with alternative binders, analysis of their thermal and mechanical properties, IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, Volume 96, Issue 1, 2015

<https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-84960359582&origin=resultslist&sort=plf-f&src=s&st1=Hemp+Thermal+insulation+Concrete+with+Alternative+Binders%2c+Analysis+of+their+Thermal+and+>

[Mechanical+Properties&st2=&sid=9706ec80452d4f6545a15b836dac47ef&sot=b&sdt=b&sl=125&s=TITLE-ABS-KEY%28Hemp+Thermal+insulation+Concrete+with+Alternative+Binders%2c+Analysis+of+their+Thermal+and+Mechanical+Properties%29&relpos=0&citeCnt=0&searchTerm=](https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-84969522954&origin=resultslist&sort=plf-f&src=s&st1=Experimental+justification+for+sapropel+and+hemp+shives+use+as+thermal+insulation+material+in+Latvia&st2=&sid=9706ec80452d4f6545a15b836dac47ef&sot=b&sdt=b&sl=125&s=TITLE-ABS-KEY%28Hemp+Thermal+insulation+Concrete+with+Alternative+Binders%2c+Analysis+of+their+Thermal+and+Mechanical+Properties%29&relpos=0&citeCnt=0&searchTerm=)

4. Pleiksnis S., Sinka M., Sahmenko G., Experimental justification for sapropel and hemp shives use as a thermal insulation in Latvia, Environment, Technology, Resources, Volume 1, 2015, 175-181

<https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-84969522954&origin=resultslist&sort=plf-f&src=s&st1=Experimental+justification+for+sapropel+and+hemp+shives+use+as+thermal+insulation+material+in+Latvia&st2=&sid=9706ec80452d4f6545a15b836dac47ef&sot=b&sdt=b&sl=115&s=TITLE-ABS-KEY%28Experimental+justification+for+sapropel+and+hemp+shives+use+as+thermal+insulation+material+in+Latvia%29&relpos=0&citeCnt=2&searchTerm=>

5. Bumanis G., Toropovs N., Dembovska L., Bajare D., Korjamins A., The effect of heat treatment on the properties of ultra high strength concrete, Environment, Technology, Resources, Volume 1, 2015, 22-27

<https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-84969498433&origin=resultslist&sort=plf-f&src=s&st1=The+Effect+of+Heat+Treatment+on+the+Properties+of+Ultra+High+Strength+Concrete&st2=&sid=9706ec80452d4f6545a15b836dac47ef&sot=b&sdt=b&sl=93&s=TITLE-ABS-KEY%28The+Effect+of+Heat+Treatment+on+the+Properties+of+Ultra+High+Strength+Concrete%29&relpos=2&citeCnt=1&searchTerm=>

6. Baronins J., Setina J., Sahmenko G., Lagzdina S., Shishkin A., Pore distribution and water uptake in a cenosphere-cement paste composite material, IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, Volume 96, Issue 1, 2015

<https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-84960340505&origin=resultslist&sort=plf-f&src=s&st1=Pore+Distribution+and+Water+uptake+in+a+Cenosphere+--+Cement+Paste+Composite+Material&st2=&sid=9706ec80452d4f6545a15b836dac47ef&sot=b&sdt=b&sl=100&s=TITLE-ABS-KEY%28Pore+Distribution+and+Water+uptake+in+a+Cenosphere+--+Cement+Paste+Composite+Material%29&relpos=1&citeCnt=1&searchTerm=>

7. Izaks R., Haritonovs V., Klasa I., Zaumanis M., Hot Mix Asphalt with High RAP Content, Procedia Engineering, Volume 114, 2015, 676-684

<https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-84946042865&origin=resultslist&sort=plf-f&src=s&st1=Hot+Mix+Asphalt+with+High+RAP+Content&nlo=&nlr=&nls=&sid=0e4cd62fb6f8792fe727d6ebded4b2bc&sot=b&sdt=sir&sl=52&s=TITLE-ABS-KEY%28Hot+Mix+Asphalt+with+High+RAP+Content%29&ref=%28haritonovs%29&relpos=0&citeCnt=3&searchTerm=>

8. Haritonovs V., Tihonovs J., Smirnovs J., High modulus asphalt concrete with dolomite aggregates, Transportation Research Procedia, Volume 14, 2016, 3485-3492

<https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-84991268433&origin=resultslist&sort=plf-f&src=s&st1=High+Modulus+Asphalt+Concrete+With+Dolomite+Aggregates&nlo=&nlr=&nls=&sid=f57378f411c9f41818776c43ffb793f9&sot=b&sdt=sir&sl=69&s=TITLE-ABS-KEY%28High+Modulus+Asphalt+Concrete+With+Dolomite+Aggregates%29&ref=%28haritonovs%29&relpos=1&citeCnt=0&searchTerm=>

9. Bumanis G., Bajare D., 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, Segment on Service Life of Cement-Based Materials and Structures, Volume 2, 2016, 435-442

10. Bumanis G., Bajare D., Korjamins A., Durability of high strength self compacting concrete with metakaolin containing waste, Key Engineering Materials, Volume 674, 2016, 65-70

<https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-84958213606&origin=resultslist&sort=plf-f&src=s&st1=Durability+of+High+Strength+Self+Compacting+Concrete+with+Metakaolin+Containing+Waste&st2=&sid=9706ec80452d4f6545a15b836dac47ef&sot=b&sdt=b&sl=100&s=TITLE-ABS-KEY%28Durability+of+High+Strength+Self+Compacting+Concrete+with+Metakaolin+Containing+Waste%29&relpos=0&citeCnt=0&searchTerm=>

11. Bumanis G., Bajare D., Korjamins A., Durability of high strength self compacting concrete with metakaolin containing waste, Key Engineering Materials, Volume 674, 2016, 65-70

[https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-84958213606&origin=resultslist&sort=plf-f&src=s&st1=Durability+of+High+Strength+Self+Compacting+Concrete+with+Metakaolin+Containing+Waste&st2=&sid=53ac62b5d4da0d03e13e2c967b04aa2d&sot=b&sdt=b&sl=100&s=TITLE-ABS-](https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-84958213606&origin=resultslist&sort=plf-f&src=s&st1=Durability+of+High+Strength+Self+Compacting+Concrete+with+Metakaolin+Containing+Waste&st2=&sid=53ac62b5d4da0d03e13e2c967b04aa2d&sot=b&sdt=b&sl=100&s=TITLE-ABS-KEY%28Durability+of+High+Strength+Self+Compacting+Concrete+with+Metakaolin+Containing+Waste%29&relpos=0&citeCnt=0&searchTerm=)

[KEY%28Durability+of+High+Strength+Self+Compacting+Concrete+with+Metakaolin+Containing+Waste%29&relpos=0&citeCnt=0&searchTerm=](#)

12. Bumanis G., Goljandin D., Bajare D., The properties of mineral additives obtained by collision milling in disintegrator, Key Engineering Materials, Volume 721 KEM, 2017, 327-331

<https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85009074898&origin=resultslist&sort=plf-f&src=s&st1=The+Properties+of+Mineral+Additives+Obtained+by+Collision+Milling+in+Disintegrator&st2=&sid=53ac62b5d4da0d03e13e2c967b04aa2d&sot=b&sdt=b&sl=97&s=TITLE-ABS-KEY%28The+Properties+of+Mineral+Additives+Obtained+by+Collision+Milling+in+Disintegrator%29&relpos=0&citeCnt=0&searchTerm=>

13. Dembovska L., Bajare D., Pundiene I., Vitola L., Effect of Pozzolanic Additives on the Strength Development of High Performance Concrete, Procedia Engineering, Volume 172, 2017, 202-210

<https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85016290676&origin=resultslist&sort=plf-f&src=s&st1=Effect+of+Pozzolanic+Additives+on+the+Strength+Development+of+High+Performance+Concrete&st2=&sid=53ac62b5d4da0d03e13e2c967b04aa2d&sot=b&sdt=b&sl=102&s=TITLE-ABS-KEY%28Effect+of+Pozzolanic+Additives+on+the+Strength+Development+of+High+Performance+Concrete%29&relpos=0&citeCnt=2&searchTerm=>

14. Bumanis G., Bajare D., Compressive Strength of Cement Mortar Affected by Sand Microfiller Obtained with Collision Milling in Disintegrator, Procedia Engineering, Volume 172, 2017, 149-156

<https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85016263368&origin=resultslist&sort=plf-f&src=s&st1=Compressive+strength+of+cement+mortar+affected+by+sand+microfiller+obtained+with+collision+milling+in+disintegrator&st2=&sid=841910af87891eb29d5297bdceafe08f&sot=b&sdt=b&sl=130&s=TITLE-ABS-KEY%28Compressive+strength+of+cement+mortar+affected+by+sand+microfiller+obtained+with+collision+milling+in+disintegrator%29&relpos=0&citeCnt=1&searchTerm=>

15. Bumanis G., Bajare D., The effect of curing conditions on the durability of high performance concrete, IOP Conference Series: Materials Science and Engineering

<https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85034417559&origin=resultslist&sort=plf-f&src=s&st1=bajare&st2=&sid=3962b8950a534884079f0b9072d12927&sot=b&sdt=b&sl=19&s=AUTHOR-NAME%28bajare%29&relpos=0&citeCnt=0&searchTerm=>

16. S. Lima M. S., Thives L.P., Haritonovs V., Bajars K., Red mud application in construction industry: review of benefits and possibilities, IOP Conference Series: Materials Science and Engineering

<https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85034432535&origin=resultslist&sort=plf-f&src=s&st1=Haritonovs&st2=&sid=3962b8950a534884079f0b9072d12927&sot=b&sdt=b&sl=23&s=AUTHOR-NAME%28Haritonovs%29&relpos=0&citeCnt=0&searchTerm=>

17. Vitola L., Sahmenko G., Erdmane D., Bumanis, G. Bajare, D., The effect of various pozzolanic additives on the concrete strength index, IOP Conference Series: Materials Science and Engineering

<https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85034442669&origin=resultslist&sort=plf-f&src=s&st1=bajare&st2=&sid=3962b8950a534884079f0b9072d12927&sot=b&sdt=b&sl=19&s=AUTHOR-NAME%28bajare%29&relpos=3&citeCnt=0&searchTerm=>

18. Barbash M., Bashinsky Y., Korjamins A., Stress-strain state of the structure in the service area of underground railway, IOP Conference Series: Materials Science and Engineering

<https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85034445915&origin=resultslist&sort=plf-f&src=s&st1=korjamins&st2=&sid=3962b8950a534884079f0b9072d12927&sot=b&sdt=b&sl=22&s=AUTHOR-NAME%28korjamins%29&relpos=0&citeCnt=0&searchTerm=>

19. Sinka M., Sahmenko G., Korjamins A., Bajare D., Lime-hemp concrete (LHC) enhancement using magnesium based binders, Proceedings of the 2nd International RILEM Conference on Bio-Based Building Materials, RILEM Publications, 238-245, 2017

[https://pure.qub.ac.uk/portal/en/publications/proceedings-of-the-second-international-conference-on-biobased-building-materials-icbbm2017-proc-119\(770d9a73-947c-4a29-a8f6-ac94a997fb7a\)/export.html](https://pure.qub.ac.uk/portal/en/publications/proceedings-of-the-second-international-conference-on-biobased-building-materials-icbbm2017-proc-119(770d9a73-947c-4a29-a8f6-ac94a997fb7a)/export.html)

Zinātniskās publikācijas izdevumos ar augstu citēšanas indeksu:

1. K. Rieksts, M. Pettinari, V. Haritonovs, The influence of filler type and gradation on the

rheological performance of mastics, Road Materials and Pavement Design (RMPD-15-12-22R1, apstiprināts publicēšanai).

2. M. Sinka, P. Van den Heede, N. De Belie, D. Bajare, G. Sahmenko, A. Korjamins, Magnesium binders as an alternative for hemp concrete, comparative study using life cycle assessment, Resources, Conservation & Recycling, (04.12.17. pieņemts recenzēšanai).
3. G.Bumanis, L.Dembovska, D.Bajare. Applicability of freeze-thaw resistance methods at extreme -52.5°C and standard -18°C testing conditions for high strength concrete, Case Studies in Construction Materials (CSCM_2017_227. apstiprināts publicēšanai).

Konferences:

1. 2nd International Conference on Innovative Materials, Structures and Technologies, IMST 2015; Riga; Latvia; 30 September 2015 through 2 October 2015
2. 1st International Conference on Bio-based Building Materials (ICBBM 2015) Clermont-Ferrand, France 22 – 24 June 2015
3. 2015 10th International Scientific Practical Conference on Environment. Technology. Resources; Rezekne; Latvia; 18 June 2015 through 20 June
4. 24th International Baltic Conference on Engineering Materials and Tribology, BALTMATTRIB and IFHTSE 2015; Tallinn; Estonia; 5 November 2015 through 6 November 2015
5. Materials, Systems and Structures in Civil Engineering – 19 - 22.08.2016, Copenhagen, Denmark
6. 18th International Conference on Concrete, Structural and Geotechnical Engineering, 25.-26. 01. 2016, Istanbul, Turkey
7. 12th International Conference Modern Building Materials, Structures and Techniques, MBMST 2016; Vilnius; Lithuania; 26 May 2016 through 27 May 2016
8. 25th International Baltic Conference of Engineering Materials and Tribology – BALTMATTRIB; Riga; Latvia; 3 November 2016 through 4 November 2016
9. Riga Technical University, 57th International Scientific Conference, Riga, Latvia, 14-18 October 2016
10. Transport Research Arena Conference -TRA 2016, 18. -21.04.2016, Warsaw, Poland
11. Latvijas Betona savienības XXV zinātniski tehniskā konference, Rīga, 2016. gada 10. novembrī.
12. 6th Eurasphalt and Eurobitume Congress, Prague, Czech Republic, 1.06. – 3.06.2016.
13. 3rd International Conference „Innovative Materials, Structures and Technologies” IMST 2017, Riga, Latvia, 27. 09.-29. 09. 2017
14. 2nd International Conference of Bio-based Building Materials and First International Conference on ECOlogical valorisation of GRANular and Fibrous materials), 21.-23.06.17. Clermont-Ferrand, France

Projekta Nr.1 ietvaros vadīto un aizstāvēto maģistru darbu skaits atbilst plānotajam. Tomēr studējošo skaits būtiski samazinās ekonomisku un demogrāfisku iemeslu dēļ, kā arī palielinās studējošo īpatsvars, kas studiju laikā uzsāk savas darba gaitas ar nozari saistītās profesijās un neturpina vai nepabeidz studijas maģistratūrā. Papildus plānotajam vadīti 20 bakalaura nobeiguma darbi, kas saistīti ar VPP IMATEH 1. projekta uzdevumiem.

Maģistra darbi:

1. J. Ruskuls “Pucolāntipa piedevu ietekme uz betona stiprības indeksu”, vadītāja D.Bajāre, 2014;
2. Ofkante „Kaņepju spaļu kompozītmateriāls ar kaļķu-māla saistvielām” vadītājs G.Šahmenko, 2014;
3. Aleksejeva „Nanodispersās piedevas betona ražošanā” vadītājs A.Korjamins, 2014;

4. J.Jankovskis „Augstas veiktspējas šūnu betona sastāva un mikrostruktūras ietekme uz materiāla īpašībām” vadītājs G.Šahmenko, 2014;
5. M.Jaungailis-Gailis „Nanomateriālu un nanosistēmu izmantošana būvmateriālu ražošanā” vadītājs A.Korjamins, 2015;
6. R.Latkovska „Dzelzsbetona konstrukciju betona bojājumu agresīvas vides ekspluatācijas rezultātā” vadītājs A.Korjamins, 2015;
7. N.Pleiko, „Augstas veiktspējas betons ar dolomīta atsijām” vadītājs G.Šahmenko, 2015;
8. I.Talanovs „Inovatīvo būvmateriālu attīstība uz nanosistēmu pamata” vadītājs A.Korjamins, 2015;
9. E.Zelčs “Saliekamā dzelzsbetona ēkas stinguma elementu aprēķina metožu salīdzinājums”, vadītājs A.Korjamins, 2016;
10. L.Lavniks “Augstas stiprības betona korozijas noturība”, vadītāja D.Bajāre, 2016;
11. M.Jansons “Autoceļu segas uzturēšana, bedrīšu remonts ar bitumena emulsiju un šķembām”, vadītājs V. Haritonovs, 2016;
12. E.Bella "Alternatīvās adhēzijas metodes bitumena un minerālmateriāla mijiedarbības novērtēšanai" vadītājs V. Haritonovs, 2017;
13. I.Zaharova "Auksto bituminēto maisījumu pielietošanas izpēte seguma virsmas atjaunošanai", vadītājs V. Haritonovs, 2017;
14. D.Varņeckā “Kaņepju betons koka paneļu mājā”, vadītājs G. Šahmenko, konsultants M. Šinka. 2017;
15. E. Prockāns “SBS modificētā bitumena īpašību izpēte”, vadītājs V. Haritonovs, 2017;
16. J. Baumanis “Sala ietekme uz hidrauliski saistītām gruntīm”, vadītājs V. Haritonovs, 2017,
17. A.Jakovļevs “Korozijas bojāto ekspluatējamo dzelzsbetona konstrukciju nestspēju novērtēšana, vadītājs A. Korjamins, 2017;
18. A.Bučinskis “Siltumizolācijas būvizrādājumu izveidošana, izmantojot kūdras saistvielu”, vadītājs A. Korjamins, 2017;
19. M.Sergejevs “Efektīva putubetona iegūšana izmantojot magnija oksīdu”, vadītājs A. Korjamins, 2017;
20. A.Jarovoja “Ēku energoefektivitātes pasākumu izvērtējums” vadītājs A. Korjamins, 2017;
21. A.Strateičuks “Trapeceveida tērauda kopņu režģojuma tipa un izvietojuma biežuma ietekme uz kopmes izmaksām”, vadītājs A. Korjamins, 2017.

Bakalaura darbi:

1. M.Demenkovs, „Betona sastāvu projektēšana aizsardzībai pret radiāciju” vadītājs A.Korjamins, 2014;
2. G.Balahovičs, „Tirgū pieejamo portlandcementu mikro-granulometriskais sastāvs” vadītājs A.Korjamins, 2014;
3. M.Luriņa „Nanomateriālu attīstība un izmantošana būvmateriālu nozarē” vadītājs A.Korjamins, 2015;
4. E.Namsone „Divkomponentu beramā siltumizolācija”, vadītājs G. Šahmenko, 2015;
5. J.Jankovskis “Augstas veiktspējas šūnu betona sastāva un mikrostruktūras ietekme uz materiāla īpašībām” vadītājs G. Šahmenko, 2015;
6. I.Cikanovičs “Dzelzsbetona konstrukciju pastiprināšana ar oglekļa šķiedras kompozītmateriāliem” vadītājs A.Korjamins, 2015;
7. V.Stirāne “Dažādu būvmateriālu masas, tilpummasas un blīvuma vērtību korektums būvprojektēšanā” vadītājs A.Korjamins, 2015;
8. M.Šķēle “Armējuma ietekmes novērtējums šķiedru kompozītmateriāliem liecē” vadītājs A.Korjamins, 2015;
9. V.Politiko “Betona grīdas ar disperso stiegrojumu” vadītājs A.Korjamins, 2015;
10. V.Ignatjevs “Pablīvējošo betona maisījuma ar pārstrādāto betona pildvielu izstrāde” vadītājs A.Korjamins, 2015;

11. J.Krauklitis "Ekoloģiskais pašblīvējošais betons ar samazinātu cementa un aizvietoto dabīgo šķembu daudzumu" vadītājs A.Korjamins, 2015;
12. J.Umbrovskis "Metodoloģija sienu siltumizolācijas materiālu optimālai izvēlei" vadītājs G. Šahmenko, 2015;
13. I.Klasi "Bitumena struktūras un īpašību noteikšana, izmantojot atomspēka mikroskopu" vadītājs V. Haritonovs, 2015;
14. A.Riekstiņš "Plānkārtas ceļa segas dilumkārtu slāņu (AC-TL) īpašību un pielietojuma izpēte" vadītājs V. Haritonovs, 2015;
15. I.Zaharova "Minerālmateriālu un bitumena mijiedarbības noteikšana un analīze" vadītājs V. Haritonovs, 2015;
16. K.Juška "Koka siju starpstāva veidi, to optimāla izvēle", vadītājs A.Korjamins, 2016;
17. A.Novikovs "Monolītu dzelzsbetona plātņu optimizācija", vadītājs A.Korjamins, 2016;
18. J.Sadijeva "Ekoloģiskie siltumizolācijas materiāli", vadītājs A.Korjamins, 2016.
19. K. Kalniņš "Grunts mehānisko īpašību uzlabošana izmantojot koksnē pelnus", vadītājs V. Haritonovs, 2017.
20. A. Balodis "Bitumena un minerālmateriāla adhēzijas īpašību noteikšana ar fotoattēlu apstrādes metodi", vadītājs V. Haritonovs, 2017.

Projekta ietvaros aizstāvētie promocijas darbi:

1. 18.06.2015. U. Lencis aizstāvēja promocijas darbu „Metodoloģija ultraskaņas impulsu metodes pielietošanai konstrukciju betona stiprības novērtēšanā”, vadītājs A. Korjamins, un ieguva inženierzinātņu doktora grādu.
2. 10.04.2015. A. Sprince aizstāvēja promocijas darbu “Metodoloģija īpaši smalkgraudainu cementa kompozītu ilglaicīgo īpašību noteikšanai un plaisu attīstības izpētei”, vadītājs A. Korjamins, un ieguva inženierzinātņu doktora grādu.

Projekta ietvaros veiktās promocijas darbu priekšizstāvēšanas:

1. J.Tihonovs „Asfaltbetona sastāvi no vietējā minerālmateriāla ar augstām ekspluatācijas īpašībām” vadītājs J. Smirnovs, V. Haritonovs, paredzēts aizstāvēt 2018. gadā.
2. M. Šinka „Dabīgo šķiedru siltumizolācijas materiāli” vadītājs G. Šahmenko, paredzēts aizstāvēt 2018. gadā.

Projekta ietvaros tiek izstrādāti sekojoši promocijas darbi:

1. J. Justs „Sevišķi augstu īpašību betona ar samazinātu autogēno rukumu tehnoloģija”, vadītājs D. Bajāre, paredzēts aizstāvēt 2018.gadā.
2. N. Toropovs „Augstas veiktspējas betona ugunsturība”, vadītājs G. Šahmenko, paredzēts aizstāvēt 2018. gadā.

Iepriekš minētos promocijas darbus bija paredzēts aizstāvēt VPP IMATEH realizācijas laikā, bet nepietiekamā finansējuma dēļ, doktoranti izvēlējās savu zinātnisko darbību turpināt ārvalstu universitātēs (piem., J. Justs un N. Toropovs noslēguši divu gadu darba līgumu EMPA, Šveices zinātniskajā institūtā (Swiss Federal Laboratories for Materials Science and Technology)) vai celt savu profesionalitāti praktiski darbojoties būvniecības industrijā. Savā ziņā to var uzskatīt par veiksmīgu karjeru, kas vainagojas panākumiem. Doktorantūras studiju pārtraukšana RTU tiek saistīta ar nepietiekamu finansējumu un finansiāli izdevīgāku piedāvājumu pieņemšanu. To nevar ietekmēt VPP IMATEH realizētāji un vadītāji.

Iesniegtie patenta pieteikumi LV Patentu valdē:

1. M. Šinka, D. Bajāre, G. Šahmenko, A. Korjamins, A. Šiškins, “Magnija fosfāta cementa un bioloģiskas izcelsmes pildvielu ātrās cietēšanas celtniecības bloks un tā izgatavošanas paņēmiens” (P-17-86 no 13.12.2017).

2. M. Šinka, D. Bajāre, G. Šahmenko, A. Korjaks, A. Šiškins, Bio-šķiedru un magnija oksihlorīda cementa daudzslāņu celtniecības panelis un tā izgatavošanas paņēmieni (P-17-77 no 28.11.2017.).
3. V. Haritonov, J.Tihonovs, R. Īzaks, A. Šiškins, Pašdziedējošs asfaltbetons ar skaņu slapējošām īpašībām (no 28.11.2017.).

Sagatavoti dokumenti, kas apraksta 1 projekta laikā izstrādātās metodes, rekomendācijas, priekšlikumus u.tml. (pielikums elektroniski):

Nr. p.k.	Apraksts	Rezultāts	Skaitis/ mērvienība
2	Rekomendācijas no Latvijas cementa ražotā betona korozijas un salturības paaugstināšanai (2016)	rekomendācijas	2
1	Augstu ekspluatācijas īpašību cementa kompozītmateriālu ražošanas metode, daļēji aizstājot cementu ar mikropildvielām (2015)	metode	1
3	Augstu ekspluatācijas īpašību asfaltbetona sastāvu ražošanas metodes no zemas kvalitātes minerālmateriāliem (2015)	metode	1
4	Inovatīvu un uzlabotu cementa kompozītmateriālu izgatavošanas metodes infrastruktūras un sabiedriskām būvēm (2017)	metode	2
5	Rekomendācijas cementa un bitumena kompozītu maisīšanas procesa parametrus optimizēšanai (2016., 2017)	rekomendācija	2
6	Bitumena kompozītu maisījuma transportēšanas un iestrādāšanas rekomendācijas (2017)	rekomendācija	1
7	Metodika reciklēta asfalta izmantošanai (2017)	metodika	1
8	Augstu ekspluatācijas īpašību bitumena kompozītu ekspluatācijas ekonomiskais novērtējums (2017)	ekonomiskais novērtējums	1
9	Priekšlikumi ceļu tehnisko noteikumu pilnveidošanai (2017)	priekšlikums	1
10	Rekomendācija par augstas viskozitātes bitumena izmantošanu, izmantojot siltā asfalta ražošanas piedevas (2017)	rekomendācija	1
11	Metode ekoloģisko kompozītmateriālu ražošanai no šķiedraugiem un vietējām minerālām saistvielām (2016)	metode	1
12	Vadlīnijas ekoloģisko dabisko šķiedru kompozītmateriālu izmantošanai ēku būvniecībā Latvijas klimatiskajos apstākļos (2017)	vadlīnijas	1
13	Metode dabisko šķiedru kompozītu būvmateriālu dzīves cikla aprēķins (2016)	metode	1
14	Priekšlikumi LBN 002-01 papildināšanai par dabisko šķiedru kompozītu būvmateriālu siltumtehniskām īpašībām (2017)	priekšlikums	1

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.

Ieviešanai nodoto jauno tehnoloģiju skaits: noslēgti divi līgumi par intelektuālā īpašuma nodošanu.

1. Līgums starp Rīgas Tehnisko universitāti un VAS Latvijas valsts ceļi par tiesībām izmantot

RTU izstrādāto tehnoloģiju saistībā ar plānkārtas ceļa segas nodilumkārtas slāņu (BBTM) un citu bitumēto segumu atjaunošanu.

2. Līgums starp Rīgas Tehnisko universitāti un AS BMGS par tiesībām izmantot RTU izstrādātās metodes saistībā ar būvmateriālu kvalitātes pārbaudēm.

Kvalifikācijas celšana un jaunu zināšanu iegūšana, starptautiskās sadarbības veicināšana:

1. Māris Šinka, 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, Būvmateriālu un būvizstrādājumu katedra 3-7.07.2016, uz Technical University of Denmark, Lyngby, Dānija - tikšanās par jauna Horizon 2020 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, Būvmateriālu un būvizstrādājumu katedra, 26.02.16.- 30.04.16., uz Eduardo Torroja konstrukciju zinātņu institūtu, Madride, Spānija, - komandējuma laikā tikai izgatavotas vairākas paraugu sērijas ar mērķi izpētīt metakaolīna un elektrofiltru pelnu ietekmi uz sārmu 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, Būvmateriālu un būvizstrādājumu katedra, 17-19.06.2016. uz Varšavu, 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, Būvmateriālu un būvizstrādājumu katedra. Vizīte Nacionālajā Slovēnijas Būvzinātņu institūtā, 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, Būvmateriālu un būvizstrādājumu katedra, 02-05.03.2016, uz 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).
7. Laura Vītola, Būvmateriālu un būvizstrādājumu katedra, 9.01.2017-20.01.2017, apgūtas metodes augstas veiktspējas betonu īpašību un korozīvās/destruktīvās vides ietekmes sakarību noteikšanai (piem., korozijas noturības sārmainā vidē atkarība no augstas veiktspējas betona strukturālajām īpašībām). Tika izgatavotas paraugu sērijas ar atšķirīgām mikropildvielām un atšķirīgiem to procentuālajiem daudzumiem sastāvā. Noteiktas fizikālās (ūdensuzsūce, porainība) un strukturālās īpašības (poru izmēru sadalījums) izgatavotajiem

- paraugiem un tie pakļauti agresīvas vides ietekmei atbilstoši standartizēto metožu aprakstiem. Atbilstoši rezultātu analīzei noteikta kapilārās ūdenssūzūces ietekme uz betona sulfātizturību un sārnu-silīcija reakciju. Papildus tam noteiktas paraugu mehāniskās īpašības pirms un pēc sulfātizturības testa un noturības noteikšanu sārmainā vidē. Iegūtas praktiskas iemaņas darbam ar iekārtām kapilārās ūdenssūzūces noteikšanai un poru struktūras analīzei, kuras nav pieejamas RTU, BI. Iegūtie rezultāti atspoguļoti starpposma zinātniskā atskaitē un tiks izmantoti VPP posma uzdevuma zinātniskā atskaitē, kas tiks sagatavota gada beigās.
8. Diāna Bajāre, Ģirts Būmanis, Būvmateriālu un būvizstrādājumu katedra 24.01.2014-28.01.2017, uz Angel Palomo / Eduarda Torroja konstrukciju institūtu. Sanāksmes un konferences dienas kārtība pievienota komandējuma atskaitei. Sanāksmes laikā tika diskutēts un pieņemti lēmumi par kopējas publikācijas radīšanu un iespējamo sadarbību, piem., jaunu projektu pieteikumu sagatavošanu un iesniegšanu. Konferences laikā tika ziņots, par katra dalībnieka pieredzi pašatjaunojoša betona pētīšanas jomā, kā arī sniegta informācija par iestādi. Vizītes laikā Eduardo Torroja institūtā tika diskutēts par kopējas publikācijas sagatavošanu augstas klases zinātniskam izdevumam, kā arī par turpmāko sadarbību jaunu zinātnisko projektu pieteikumu sagatavošanai un izstrādāts darba plāns turpmāko zinātnisko pētījumu veikšanai.
 9. Laura Vītola, Būvmateriālu un būvizstrādājumu katedra 24.01.2017.-27.04.2017 uz Angel Palomo / Eduarda Torroja konstrukciju institūtu. Komandējuma laikā tika apgūta augstas veiktspējas betona ilgmūžības pārbaužu analizēšana ar Furjē infrasarkanā spektroskopiju un rentgenstaru difraktometriju. Cementa kompozīti testēti un pārbaudīti pirms un pēc ilgmūžības pārbaudēm. Paraugi ar trim dažādām pucolānu piedevām (kopā 10 dažādi sastāvi) tika testēti ar Furjē infrasarkanā spektrometru ar mērķi izanalizēt jaunu ķīmisko saišu veidošanos un esošo saišu noārdīšanos materiālā pēc sulfātizturības un salizturības testiem. Mineraloģiskās izmaiņas materiālā tika pētītas ar rentgenstaru difraktometru. Iegūtie dati apkopoti grafikos un izanalizēti saskaņā ar literatūru. Komandējuma laikā iegūtas praktiskās iemaņas darbam ar datu apstrādes programmām Origni, Omnic un Eva. Iegūtas praktiskas iemaņas darbam ar iekārtām kapilārās ūdenssūzūces noteikšanai un poru struktūras analīzei, kuras nav pieejamas RTU, BI. Iegūtie rezultāti atspoguļoti starpposma zinātniskā atskaitē un tiks izmantoti VPP posma uzdevuma zinātniskā atskaitē, kas tiks sagatavota gada beigās.
 10. Diāna Bajāre, Būvmateriālu un būvizstrādājumu katedra. Sanāksme National Institute of Health. Sanāksmes un simpozija dienas kārtība pievienota pielikumā. Simpozija laikā tika diskutēts un pieņemti lēmumi par kopējas publikācijas radīšanu un iespējamo sadarbību, piem., jaunu projektu pieteikumu sagatavošanu un iesniegšanu. Konferences laikā tika ziņots par katra dalībnieka pieredzi dažādu atkritumveida izejvielu izmantošanu būvmateriālu ražošanā un to drošību cilvēka veselībai un apkārtējai videi, kā arī sniegta informācija par iestādi. Vizītes laikā National Institute of Health tika diskutēts par kopējas publikācijas sagatavošanu augstas klases zinātniskam izdevumam, kā arī par turpmāko sadarbību jaunu zinātnisko projektu pieteikumu sagatavošanai un izstrādāts darba plāns turpmāko zinātnisko pētījumu veikšanai.
 11. Diāna Bajāre, Būvmateriālu un būvizstrādājumu katedra. Sadarbību veicinošas vizītes. University of Sevilla, Institute of Architecture and Building Science un University of Sevilla, Institute of Architecture and Building Science. Sanāksmju laikā tika diskutēts un pieņemti lēmumi par kopējas publikācijas radīšanu un iespējamo sadarbību, piem., jaunu projektu pieteikumu sagatavošanu un iesniegšanu programmā Apvārsnis 2020. Vizītes laikā tika sniegta informācija par jaunu pētījumu virzienu attīstībai. Pieņemts lēmums strādāt pie projekta pieteikuma sagatavošanas par energoefektīvām ēkām. Potenciālais projekta nosaukums "Next generation framework to overcome market barriers and to promote DEEP RENOVation of buildings".
 12. Diāna Bajāre, Laura Dembovska, Būvmateriālu un būvizstrādājumu katedra. Sadarbības

veicinoša vizīte Vilnius Gediminas Technical University un materiālu korozijas noturības testēšana metodikas apguve. Sanāksmes laikā tika diskutēti un pieņemti lēmumi par kopējas publikācijas sagatavošanu un iesniegšanu saistībā ar projekta rezultātiem. Tika apspriesti rezultāti, lai turpinātu sagatavot kopēju publikāciju par alternatīvām saistvielām betona izgatavošanai ar mērķi iesniegt un publicēt to žurnālā ar augstu SNIP (virs nozares vidējā). Papildus tam tika apgūta metode betona korozijas novērtēšanai.

13. Ģirts Būmanis, Būvmateriālu un būvizstrādājumu katedra, 5.03.2017.-19.03.2017. Pieredzes apmaiņas vizītes laikā Department of Materials and Ceramic Engineering/CICECO- Aveiro (Aveiro universitātes CICECO institūtā) veiktas iepriekš sagatavoto augstas veiktspējas cementa kompozītu paraugu pārbaudes. Cementa ķīmisko analīžu veikšana - ķīmiskā, mineraloģiskā sastāva noteikšana, granulometriskās pārbaudes, saistīšanās laika noteikšana. Mikropiedevu pārbaudes, ķīmiskā sastāva noteikšana, skenējošā elektronu mikroskopija. Augstas veiktspējas cementa kompozītu mehānisko īpašību pārbaudes. Sārnu-pildvielu reakciju pārbaudes augstas veiktspējas cementa kompozītu korozijizturības noteikšanai, novērtēšanai un korozijas uzlabošanai. Valsts pētījumu programmas 1.apakšprojekta augstas veiktspējas cementa kompozītmateriālu rezultātu apspriešana ar institūta darbiniekiem, rekomendāciju uzklauššana turpmākajiem pētījumiem un rezultātu uzlabošanai.

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**.
5. RTU Zinātniskās pētniecības projektu konkursa 2016/2017, Zinātnei un Inovācijām RTU pētniecības platformās projekts “Augstas veiktspējas cementa kompozīti transformātoru apakšstaciju atvieglojam korpusam, AS Energofirma „JAUDA”, 2.01.2017-31.012.2017, **Euro 186290.00**
6. Projekta Nr. ZP-2016/29. (RTU ID 2335), “Cementu kompozītu minerālo pildvielu aktivizēšana ar dezintegrācijas metodi”, **Euro 3000.00**

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 ir piedalījušies VPP IMATEH 15 semināros par projekta norisi un īstenošanu.

Sagatavots un publicēts populāri – zinātnisks raksts “Innovative materials and smart technologies for environmental safety, IMATEH” Rīgas Tehniskās universitātes izdotajā žurnālā “Safety and security”, 2015, 4 izdevums, lpp. 10-12.

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.

2015. gadā organizētas divas zinātniskās konferences – IMST „Innovative Materials, Structures and Technologies” 2015, 30.09.-02.10.2015, <http://imst.rtu.lv/node/42>

2017. gadā organizēta starptautiskā konference IMST „Innovative Materials, Structures and Technologies” (27.09.-29.09.2017.), <http://imst.rtu.lv/node/46>

2015., 2016., 2017. gadā noorganizētas studentu zinātniski tehniskās konferences (28.04.2015., 27.04.2016. un 27-29.04.2017), <http://imateh.rtu.lv/konferences/>.

Rīgas Tehniskās universitātes 56. un 57. Starptautiskās zinātniskās konferences (14-16.10.2015, 14.-18.10.2016. un 12-15.10.2017) laikā tika informēti klātesošie (Latvijas un ārvalstu 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 2015.gada 16.aprīlī, 2016.gada 13.aprīlī un 2017. gada 20. 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 pēc četrām nedēļām, kad tika pārbaudīta 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 projekta realizācijas laikā saniedz 509 636 Eur.

Noslēgtie līgumdarbi 01.01.2014 - 31.12.2014:

RTU Nr.	Vadītājs	Nosaukums	Pasūtītājs	Līgumcena EUR (iesk.PVN)	Darbības laiks
L8044	V.Haritonovs	Asfaltbetona un bitumena pētījumi	SIA MNKC	125489.10	01.07.14-31.03.15
L8046	A.Korjamins	Rīgas Doma velvju plaisu monitorings un ēkas ekspluatācijas drošības novērtēšana	Latvijas Evaņģēliski luteriskā baznīca	11261.13	01.07.14-30.06.15
L7030	A.Korjamins	Ēku būvkonstrukciju un būvmateriālu pārbaudes	dažādi SIA	15716.15	01.07.14-31.03.15
L8061	A.Korjamins	Ēkas Jēkaba ielā 2, Rīgā atsevišķu konstrukciju tehniskā stāvokļa pārbaudes	SIA RBS SKALS Būvvadība	8119.10	01.08.14-31.03.15
L8122	A.Korjamins	Veikt ekspertīzi izstrādātās ražošanas tehnoloģijai un saņemt rekomendācijas par trūkumu novēršanu, ja tādi tiks identificēti	SIA Green industry innovation centre	2940.30	01.12.14-20.02.15
			Kopā	163525.78	

Noslēgtie līgumdarbi 01.01.2015 - 31.12.2015:

RTU Nr.	Vadītājs	Nosaukums	Pasūtītājs	Līgumcena EUR (iesk. PVN)	Darbības laiks
L8154	A.Korjamins	Apkārtojo ēku monitorings, Kalēju iela 53 kvartāls, kurš ierobežots ar Kalēju, Alksnāja, Mazās Peitavas un Peitavas ielām	SIA ATTOR	4585.90	01.05.15-31.12.15
L8175	A.Korjamins	Jaunā inovatīvā siltumizolācijas materiāla, kas ir GPS un Izoproc savienojums, īpašību pētījumi	SIA THERMEKO	24200.00	27.06.15-01.03.16
L8181	A.Korjamins	Veikt klimata kameras salturības testu sagatavotajiem paraugiem ar pievienotu ALINA additives	SIA Green Industry Innovation center	2940.30	18.05.15-20.06.15
L8201	A.Korjamins	Rīgas Doma, Herdera laukumā 6, Rīgā, LV-1050 monitoringa darbi (Doma baznīca un klostera ansamblis)	Latvijas evaņģēliski luteriskā baznīca	2943.93	01.09.15-30.10.15
L8216	A.Korjamins	Videi draudzīgu granulu tehnoloģiskā ekspertīze, lai būtu faktoloģiski pierādījumi fizikālajām īpašībām	SIA Green Industry Innovation center	943.80	14.10.15-27.10.15
L8223	A.Korjamins	Rīgas Doma velvju plaisu monitorings un ēkas ekspluatācijas drošības novērtēšana	SIA Rīgas Doma pārvalde	10830.71	02.11-31.07.17
L8178	V.Haritonovs	Latvijā pieejamā reciklētā asfalta īpašību analīze un vadlīniju izstrāde, izmantošanai karstajos asfalta maisījumos	VAS Latvijas Valsts ceļi	66977.70	01.06.15-15.05.17
L8193	V.Haritonovs	Pelnu izmantošana meža autoceļos	AS Latvijas Valsts meži	72600.00	10.09.15-01.04.17
			Kopā	231397.34	

Noslēgtie līgumdarbi 01.01.2016 - 31.12.2016:

RTU Nr.	Vadītājs	Nosaukums	Pasūtītājs	Līgumcena EUR (iesk. PVN)	Darbības laiks
L8283	A.Korjamins	Ēkas Dagdas ielā 3 k-2, Rīgā pagraba pārseguma tehniskā stāvokļa un tā nestspējas apsekošana	SIA Rīgas namu pārvaldnieks	1080.00	29.08.16-30.09.16

L8302	A.Korjamins	Salizturības un UV tests sagatavotajiem paraugiem un atzinums par BCM jaunā materiāla atbilstību būvniecības apdares materiālu standartiem	SIA Green Industry Innovation Center	2892. 00	29.08.16-30.11.16
L7030	A.Korjamins	Būvmateriālu un būvkonstrukciju kvalitātes pētījumi	SIA RBSSKALS Būv vadība „SIA Transportbetons MB,SIA Ceļu eksperts	12477.00	01.01.16-31.12.16
			Kopā	16449.00	

Noslēgtie līgumdarbi 01.01.2017 - 31.12.2017:

RTU Nr.	Vadītājs	Nosaukums	Pasūtītājs	Līgumcena EUR (iesk.PVN)	Darbības laiks
L7030	A.Korjamins	Būvmateriālu un būvkonstrukciju kvalitātes pētījumi	BMGS AS,Nordic Granit SIA,Saulkalnes S SIA,AAEKK consulting SIA	4315.02	01.01.17-31.12.17
L8345	A.Korjamins	Lokāla apsekošana pazemes autostāvvietas sienai un pamatiem objektam Cēsu ielā 31	SIA Barona kvartāls	2153.80	08.12.16-31.03.17
L8390	A.Korjamins	Jaunā inovatīvā siltumizolācijas materiāla, kas ir GPS (grafta polistirola bumbiņas) un Izoprak savienojums, īpašību pētījumi	SIA THERMEKO	17 252.02	10.03.17-31.12.17
L8399	A.Korjamins	Trīs ceļa zīmju stiprības un stigrības aprēķini un novērtējums par atbilstību standarta NE 12899-1 prasībām	SIA CKD D	1306.80	05.04.17-03.05.17
L8408	A.Korjamins	Produkta (kūdras špahtelmasas) tehniskās specifikācijas pārbaude un vērtējums par tehniskajām specifikācijām	SIA Green Industry Innovation centre	2722.50	10.04.17-21.04.17
L8409	A.Korjamins	Rīgas Doma velvju plaisu monitorings un ēkas ekspluatācijas drošības novērtēšana	SIA Rīgas Doma pārvalde	8984.25	01.02.17-31.01.18
L8440	V.Haritonovs	Asfalta maisījuma noturība pret plastiskām deformācijām. Plānkārtas ceļa segas nodilumkārtas slāņu (BBTM) un citu bitumēto segumu atjaunošanas un pārbūves tehnoloģiju izpēte (2.kārta)	VAS Latvijas Valsts ceļi	58080.00	12.06.17-31.12.18
L8373	A.Čate	Ēkas apšuvuma kasetes konstrukcijas termomehāniskās uzvedības aprēķins	AS UPB	3450.00	26.01.17-31.03.17
			Kopā	98264.39	

2.3. Projekta Nr.1 uzdevumi

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

Darba uzdevumi 4. posmam	Galvenie rezultāti 4. posmam
1. Inovatīvu stiegru cementa kompozītmateriālu izgatavošanas metodes infrastruktūras un sabiedriskām būvēm	Metode inovatīvu, stiegru cementa kompozītmateriālu izgatavošanai; 1 zinātniskais raksts; 1 patenta pieteikums
Tradicionāli betona stiepes un lieces stiprības uzlabošanai tiek lietotas tērauda stiegras un tiek izgatavotas dzelzsbetona konstrukcijas. Šādu konstrukciju izgatavošana ir darbietilpīgs process,	

pakļauts stiegru korozijas riskam, un tērauda ražošanas saistās ar paaugstinātu CO₂ izmešu daudzumu (1.25-3.8 t CO₂ uz 1 t tērauda)¹. Aizvien lielāku popularitāti iegūst dispersi stiegrotas betona konstrukcijas, kur par stiegrojumu tiek izmantots haotiski orientētas īsas šķiedras, kas var būt izgatavotas gan no tērauda, gan minerāliem (stiklšķiedras) vai organiskiem (polipropilēns) materiāliem. Šāda pieeja ļauj uzlabot betona darbību stiepē, kā arī samazina plaisāšanas iespēju cietēšanas procesā, slodžu iedarbībā un agresīvas vides apstākļos, savukārt ilgtermiņā atsevišķu elementu korozija būtiski samazina momentānu stiprības samazinājumu konstrukcijai. Plašākā dispersā stiegrojuma betona izmantošana saistās ar tā izmantošanu grīdu konstrukciju izbūvē, kur ir lieli nepārtraukti laukumi un ir liela iespēja rasties plaisām. Aizvien plašāku popularitāti dispersi stiegroti materiāli iegūst arī nesošo konstrukciju (siju u.c.) ražošanā.

Pārskata periodā veikti eksperimentāli pētījumi par inovatīvu stiklšķiedras izmantošanas veidu kā disperso un orientēto stiegrojumu cementa kompozītos. Pētījumā izmantotas stiklšķiedras piegādātas no AS “Valmieras stikla šķiedras”. Izmantotas divu veidu šķiedras – E stikla šķiedra un K stikla šķiedra, kas galvenokārt atšķiras ar ķīmisko sastāvu. E stikla šķiedru ķīmiskais sastāvs - SiO₂ 52.3%, Al₂O₃ 14.1%, CaO + MgO 23.4%, Fe₂O₃ <0.37%, Na₂O + K₂O < 0.9%, B₂O₃ <8.5%, F₂ <0.05%, ZrO₂ <0.1%, SO₃ <0.15%, TiO₂ <0.05%, K stikla šķiedru ķīmiskais sastāvs - SiO₂ 76%, Al₂O₃ 2,8%, Na₂O 21%, Fe₂O₃ <0,1%, Na₂O + K₂O < 22%. Šķiedru diametrs ir 6-11 μm.

No stikla ražošanas pārpalikumiem sagatavotas dispersas šķiedras un stiegru kūļi, kuri izmantoti cementu kompozītu izgatavošanā (attēls 1.1). Šķiedras pievienots 1% apjomā no cementa kompozīcijas masas.



Attēls 1.1. No stikla atsijām sagatavotie stiklašķiedru kūļi, dispersais stiegrojums un izgatavotie paraugi ar kūļveida stiegrojumu stieptajā zonā pēc lieces stiprības pārbaudes.

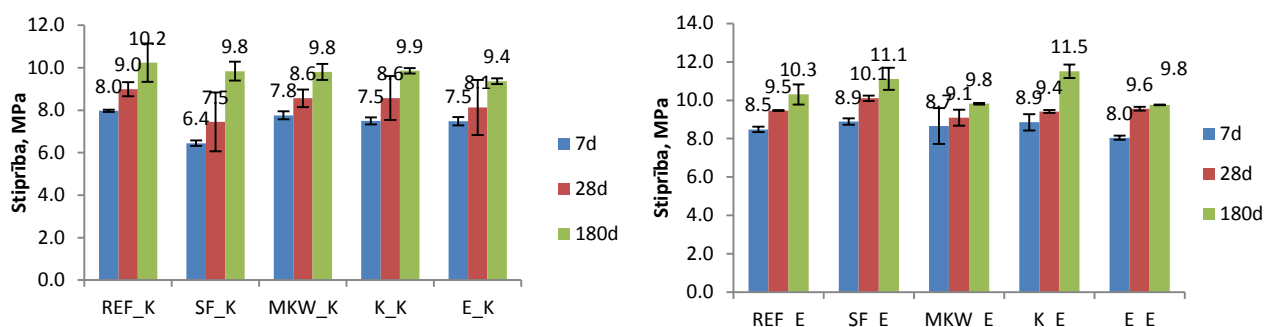
Izmantojot no stikla veidotus materiālus (stiegras) betona kompozītos, ir jāņem vērā iespējamās sārmu–silīcija reakcijas, kas var noritēt betona struktūrā starp cementa akmeni un stiklā esošo aktīvo SiO₂. Aktīvais SiO₂ ir sastopams arī dabiskās un plaši izplatītās betona pildvielās (intruzīvo, vulkānisko iežu pildvielas) un šo reakciju problēma kļūst arvien aktuālāka betona industrijas pārstāvju vidū. Reakcijas rezultātā notiek stikla daļiņu ķīmiska pārveidošanās, un gala produkti var izraisīt plaisas betonā vai pat radīt betona atslāņošanos. Lai novērtētu stiklšķiedras ietekmi uz cementa kompozītiem, veikta eksperimentāla sērija ar dažādām mikropiedevām – mikrosilīciju (SF), metakaolīnu (M), E un K stikla mikropiedevu (E un K), reakciju intensitātes mazināšanai un sniegta rekomendācijas šo reakciju minimizēšanai.

Pētījumos izgatavotas vairākas paraugu sērijas:

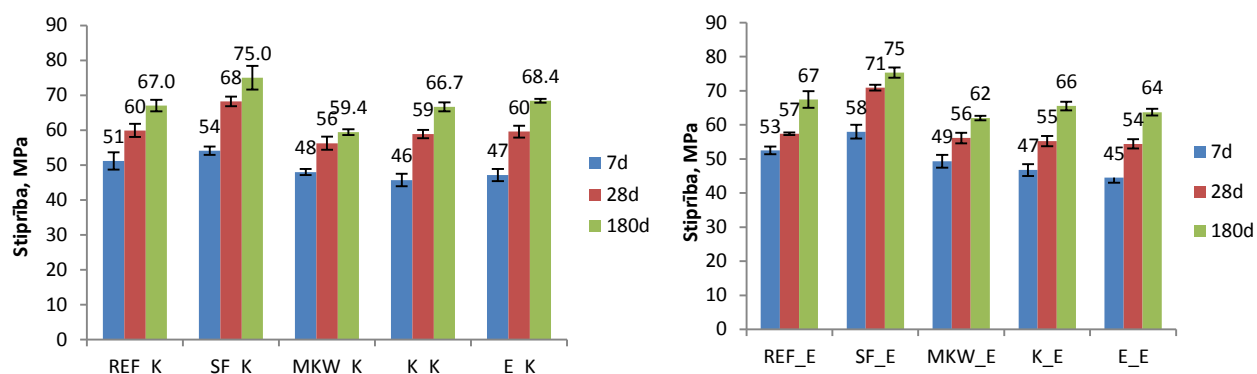
1. Atsauces cementa kompozītu sastāvi ar 4 veidu mikropiedevām kā 10% cementa aizvietotāji (kopā 5 sastāvi);
2. Cementa kompozīti ar disperso K stikla šķiedru stiegrojumu un dažādām mikropiedevām (5 sastāvi);
3. Cementa kompozīti ar disperso E stikla šķiedru stiegrojumu un dažādām mikropiedevām (5 sastāvi);
4. Cementa kompozīti ar orientētu K stikla šķiedru kūļu stiegrojumu un dažādām mikropiedevām (5 sastāvi);
5. Cementa kompozīti ar orientētu E-stikla šķiedru kūļu stiegrojumu un dažādām mikropiedevām (5 sastāvi);

¹ <https://www.globalccsinstitute.com/insights/authors/dennisvanpuyvelde/2013/08/23/ccs-iron-and-steel-production>

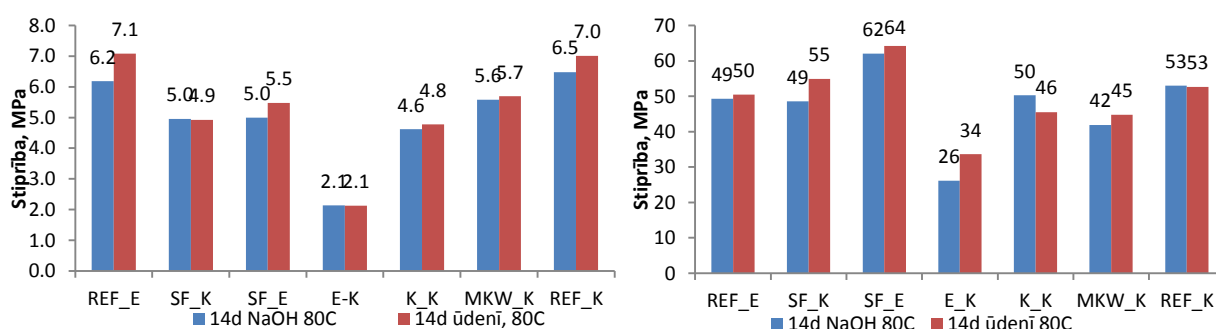
Sastāviem noteiktas mehāniskās īpašības lieces un spiedes stiprība 7, 28 un 180 dienu vecumā standarta cietēšanas apstākļos (attēli 1.2 un 1.3). Papildus tam, noteikta sārnu silīcija reakciju intensitāte cementa kompozītiem ar dažādām mikropiedevām 1., 2., un 3. paraugu sērijai (attēls 1.4).



Attēls 1.2. Lieces stiprība cementa kompozītiem ar dažādām mikropiedevām un ar disperso K šķiedras stieģojumu (indekss K) un E šķiedras stieģojumu (indekss E).



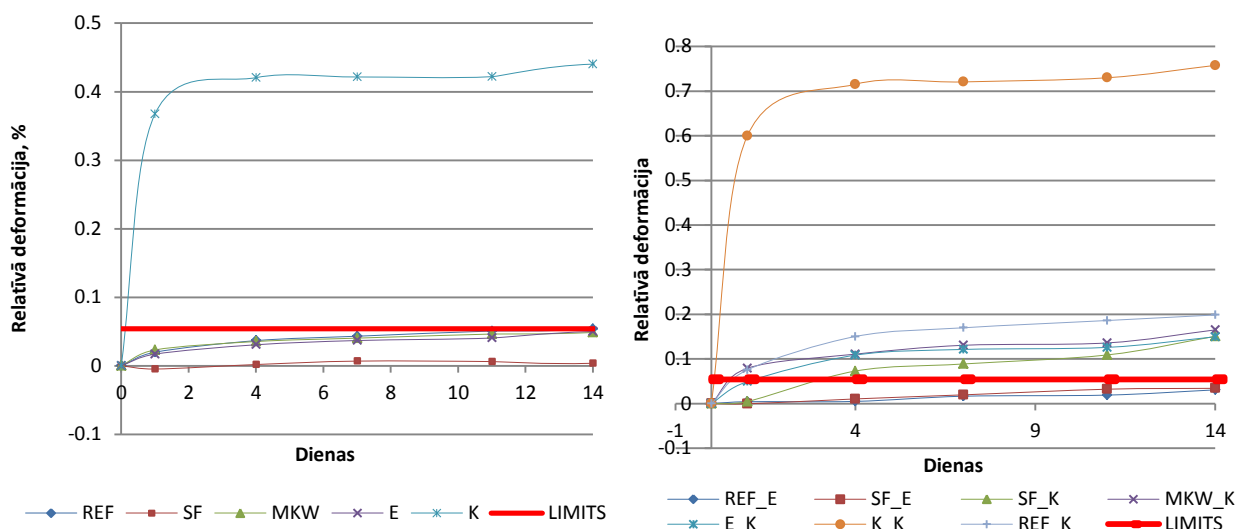
Attēls 1.3. Spiedes stiprība cementa kompozītiem ar dažādām mikropiedevām un ar disperso K šķiedras stieģojumu (indekss K) un E šķiedras stieģojumu (indekss E).



Attēls 1.4. Lieces un spiedes stiprība atkarībā no cietēšanas apstākļiem (ūdenī 80°C, vai 1M NaOH šķīdumā 80°C) cementa kompozītiem ar dažādām mikropiedevām un disperso stiklšķiedras stieģojuma.

Pārbaudot sārnu-silīcija reakciju noturību betonam ar dažādām mikropiedevām (bez šķiedrām), konstatēts, ka visas piedevas, izņemot K tipa stikla mikropiedevu, nesamazina betona sārnu-silīcija reakcijas noturību (Attēls 1.5). Minimāla dimensiju palielināšanās betona paraugiem novērota sastāvam ar mikrosiliku. Tika konstatētas būtiskas plaisas paraugiem ar K tipa mikropiedevu, savukārt paraugiem, kuri cietējuši normālos apstākļos, šādas plaisas netika konstatētas (attēls 1.6). Iekļaujot cementa kompozītā stiklšķiedras stieģojumu, reakciju intensitāte

palika nemainīga sastāviem ar E tipa šķiedrām. Relatīvās deformācijas saglabājās pieļaujamās robežās. Savukārt sastāviem ar K tipa šķiedrām, konstatētas būtiskas dimensiju izmaiņas, kas var liecināt par nevēlamām reakcijām betona struktūrā. Konstatēts, ka paraugu spiedes stiprības samazinās pēc sārma-silīcija reakcijas noturības testa veikšanas (attēls 1.4).



Attēls 1.5. Sārma-silīcija reakciju pārbaudes cementa kompozītiem ar dažādu mikropiedevu un disperso stiklšķiedras stiegrojumu.



Attēls 1.6. Mikroplaisu tīkls sārma-silīcija reakciju ietekmē paraugiem ar K tipa mikropiedevu.

Balstoties uz VPP IMATEH realizācijas laikā iegūtajiem rezultātiem un zināšanām, izstrādāta metode “Inovātīvu un uzlabotu cementa kompozītmateriālu izgatavošanas metodes infrastruktūras un sabiedriskām būvēm”. Par iegūtajiem zinātniskajiem rezultātiem ziņots starptautiskās zinātniskās konferencēs un publicēti zinātniskie raksti.

2. Metodikas izstrāde reciklēta asfalta izmantošanai; Augstu ekspluatācijas īpašību bitumena kompozītu ekspluatācijas ekonomiskā novērtējuma izstrāde

Metodika reciklēta asfalta izmantošanai; Augstu ekspluatācijas īpašību bitumena kompozītu ekspluatācijas ekonomiskais novērtējums; 1 zinātniskais raksts; 1 patenta pieteikums

Efektīvākais veids frēzētā (turpmāk tekstā RAP – recycled asphalt pavement) asfaltbetona izmantošanai ir to atkārtotā izmantošana bituminētā ceļa segumā jeb asfaltbetonā. RAP izmantošana 10-15% daudzumā neprasa veikt ievērojamas asfaltbetona ražotnes pārbūves, tomēr ekonomiskais ieguvums no tāda daudzuma nav liels. Savukārt 50-100% RAP izmantošana prasa ievērojamu

asfaltbetona ražotnes pārbūvi, RAP drupināšanu un frakcionēšanu, kā arī ilglaicīgu asfaltbetona sastāva projektēšanu (homogenitātes novērtējums, atjaunojošās piedevas izmantošana, nogurumizturības problēmu risināšana, u.c.). Šajā pētījumā asfaltbetona sastāvi ar augstām ekspluatācijas īpašībām izstrādāti izmantojot 15 līdz 50% RAP asfaltbetonu. Šis daudzums no ekonomiskā aspekta, kā arī pie salīdzinoši neliela būvdarbu apjoma (kāds ir Latvijā) varētu būt visefektīvākais (optimālākais), jo neprasīs lielus finansiālus ieguldījumus asfaltbetona rūpnīcas modifikācijai. Šajā pētījumā radīts ilgtspējīgs ar $\leq 50\%$ RAP daudzumu SMA (šķembu mastikas asfaltbetons) tipa bituminēts kompozītmateriāls. Līdz ar to pētījumā kombinētas divas ilgtspējīgas tehnoloģijas – SMA struktūras bituminēts kompozītmateriāls un RAP materiāls līdz 50%.

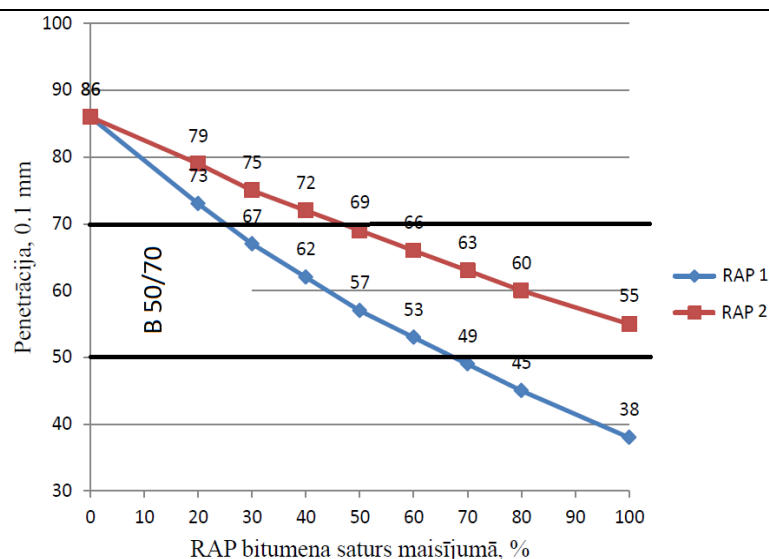
Šajā pētījumā veikta RAP bitumena raksturošana un atjaunināšana, lai sasniegtu atbilstību EN 12591 standarta prasībām. 2.1. attēlā parādīta bitumena atgūšana no RAP materiāla. Pēc bitumena atgūšanas veikta RAP un “svaigā” bitumena raksturošana (skat. 2.2. att.) un atjaunināšana (skat. 2.3. att.). RAP materiāla viendabības novērtējums veikts atbilstoši *Wirtgen Cold Milling Manual. Technology and Application. 2013*. Viendabību raksturojošie lielumi ir granulometrija ($< 0,063\text{mm}$; $0,063\text{--}2\text{mm}$; $> 2\text{mm}$), saistvielas saturs un mīksttapšanas temperatūra. Analizējot viendabības rezultātus (balstoties uz Wirtgen namogrammu) tika konstatēts, ka RAP viendabības rādītāji ļauj to izmantot $\geq 50\%$.



Attēls 2.1. Bitumena atgūšana ar rotācijas tvaicētāju.

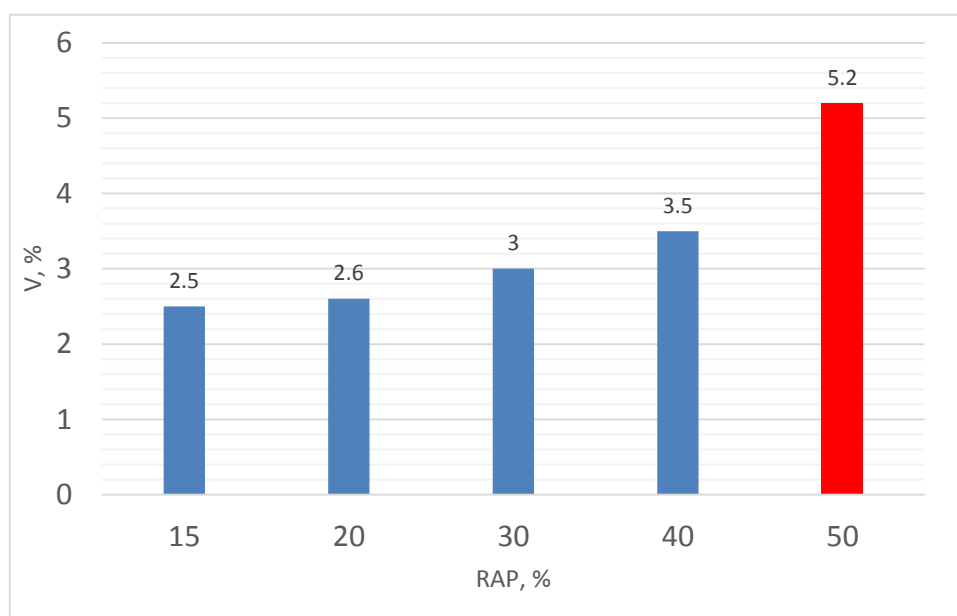


Attēls 2.2. Bitumena mīksttapšanas temperatūras noteikšana.



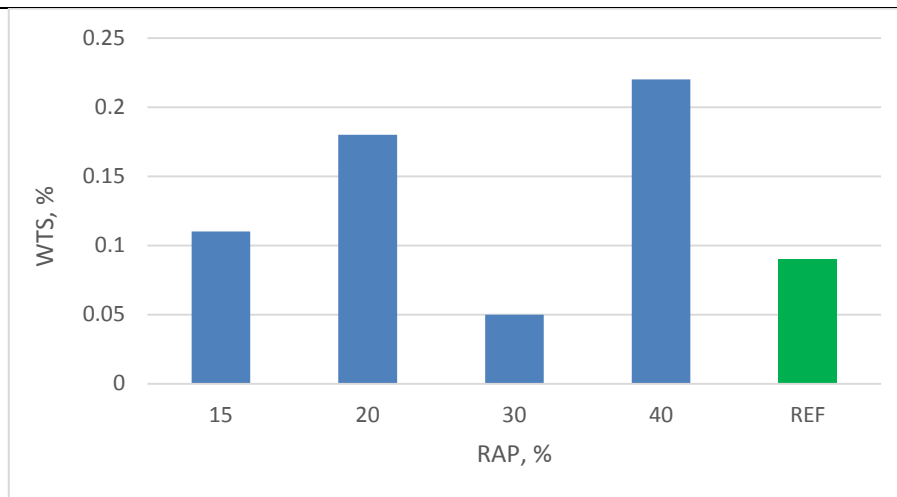
Attēls 2.3. RAP bitumena atjaunināšana mērķa bitumena klases B50/70 sasniegšanai.

Pēc RAP izejmateriālu īpašību novērtējuma, veikta izejmateriālu izvēle (granīta šķembas, bitumens B70/100), lai projektētu SMA asfaltbetona sastāvus. Bitumena daudzuma optimizācija veikta, balstoties uz sablīvējuma īpašību analīzi. Laboratorijas apstākļos sasniegts 3.5% sablīvējums ar RAP saturu 40%, kas atbilst rekomendējamām sablīvējuma robežām 2-5% (skat. 2.4. att.).



Attēls 2.4. Sablīvējums atkarībā no RAP daudzuma.

Turpmākajā pētījumā veikta SMA bituminēto kompozītmateriālu ar augsto RAP saturu ekspluatācijas īpašību analīze. Noturība pret risu veidošanos novērtēta atbilstoši LVS EN 12697-22 standartam, nosakot risu veidošanās ātrumu (WTS_{air}) un risu dziļumu (RD_{air}). Testu veikšanai izgatavoti priznveida asfaltbetona paraugi ar augstumu 40mm. Salīdzinot iegūtos rezultātus ar references sastāvu (SMA bez RAP), konstatēts, ka augstākā risu noturība ir SMA bituminētām kompozītmateriālam ar 30% RAP (skat 2.5.att.). Svarīgi atzīmēt, ka atbilstoši tehnisko noteikumu prasībām pēc risu noturības visi sastāvi ir piemēroti lietošanai vidējas un augstas satiksmes intensitātes ceļiem.



Attēls 2.5. Risu veidošanās ātrums atkarībā no RAP daudzuma

Pētījumi rāda, ka asfaltbetoniem ar RAP ir paaugstināts noguruma plaisu veidošanās risks. Tāpēc izgatavotajiem sastāviem veikta nogurumizturības novērtēšana izmantojot četru punktu lieces testu (10°C, 10Hz). Par nogurumizturības kritēriju izvēlēts stinguma samazinājums $\leq 50\%$ no sākotnējās vērtības kontrolētas izlieces apstākļos (paraugam pielikta cikliskā slodze – 10^6 cikli). Apkopojot rezultātus secināts, ka SMA ar 40% RAP uzrāda zemāku noguruma izturību (nogurumizturības klase – $\epsilon_{6.70}$), savukārt SMA ar 15-30% RAP un references sastāvs uzrādīja augstāku noguruma izturību (nogurumizturības klase – $\epsilon_{6.115}$). No iegūtajiem rezultātiem var secināt, ka ir iespējams izstrādāt SMA bituminētos kompozītus ar augstām ekspluatācijas īpašībām, ja jaunie materiāli (pildviela, aizpildītājs, saistviela) ir daļēji aizvietoti ar frēzēto asfaltbetonu (RAP). Šajā pētījumā izdevās rādīt augstu ekspluatācijas īpašību SMA bituminēto kompozītu ar 30% RAP.

Pārskata periodā izstrādāta metodika reciklētā asfaltbetona izmantošanai, lai samazinātu pieprasījumu pēc asfaltbetona saistvielas un līdz ar to, samazinātu izdevumus asfaltbetona segumu maisījumu ražošanā. Pamatnostādnes asfaltbetona pārstrādei:

- Bituminētie maisījumiem, kas satur RAP, jābilst tādām pašām maisījumu prasībām, kā maisījumiem, kas satur tikai jaunus materiālus.
- Bituminētiem maisījumiem, kas satur RAP, jābūt vienādiem vai labākiem, nekā maisījumiem, kas satur tikai jaunus materiālus.

Metodika izstrādāta, balstoties uz pētījumu rezultātiem, kuri iegūti šajā pārskata periodā, kā arī pirmajos projekta realizācijas periodos. Metodika iekļauj informāciju par frēzēta asfaltbetona uzglabāšanu, drupināšanu, testēšanu (viendabības novērtējumu) un bituminēto kompozītmateriālu ar RAP projektēšanu. Šī informācija, ļauj maksimāli efektīvi (asfaltbetona maisījumos, nevis ceļa segas apakšējos slāņos) izmantot reciklēto asfaltbetonu. Balstoties uz iegūtajiem rezultātiem, rekomendēts “Ceļu specifikācijas 2017”, kas ir ceļu būves tehniskie noteikumi, palielināt maksimālu pieļaujamā RAP izmantošanas daudzumu no 20 uz 30%, kā arī atļaut izmantot RAP SMA tipa asfaltbetona sastāvu izstrādei.

RAP izmantošana ietver sevī neatsveramus vides aizsardzības ieguvumus un ekonomiskos ietaupījumus. Vides aizsardzības ieguvumi ietver ļoti daudz dažādu pakārtotu ieguvumu, piemēram, emisijas samazināšanos un degvielas patēriņa samazināšanos, jo samazinās jaunu materiālu ieguve un transportēšana, samazinās pieprasījums pēc neatjaunojamajiem resursiem. Šajā pārskata periodā veiktais ekonomiskais novērtējums ietver materiālu izmaksu ekonomiju aizstājot jaunus minerālmateriālus un bitumena saistvielu ar RAP materiālu, kā arī novērtē izmaksu samazinājumu, kas saistīti ar jaunu materiālu transportēšanu.

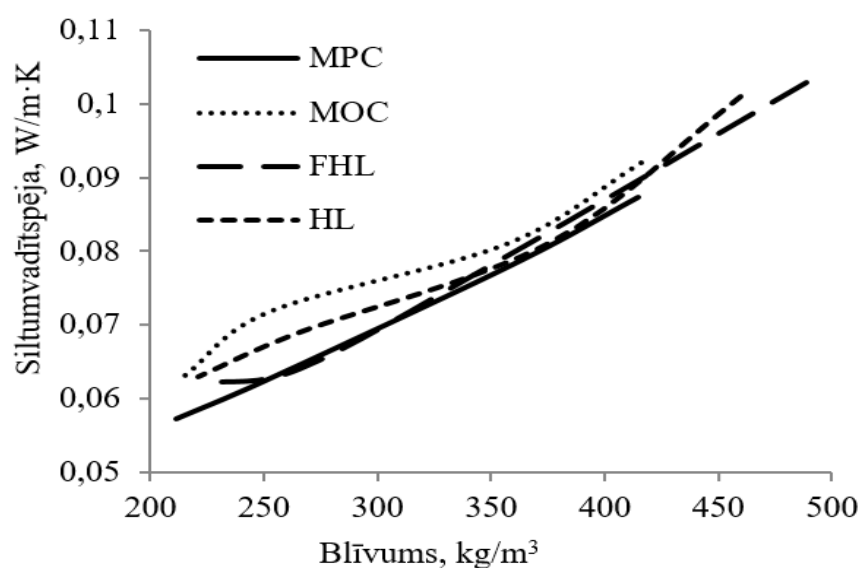
Izmantojot RAP materiālu HMA maisījumu ražošanā, var rasties papildus izmaksas, kas saistītas ar RAP izmantošanu asfaltbetona maisījumos. Izmaksu pieaugums atkarīgs no izmantotā RAP materiāla daudzuma HMA maisījumā. Izmantojot RAP vairāk par 25 % būs nepieciešamas

vairākas papildus testēšanas un pārstrādes tehnoloģijas, lai nodrošinātu gala HMA maisījuma atbilstību specifikācijām. Tipiskās izmaksas saistītas ar RAP materiāla iegūšanu un pārstrādi, lai to pilnvērtīgi varētu izmantot jaunu HMA maisījumu ražošanā.

Balstoties uz VPP IMATEH realizācijas laikā iegūtajiem rezultātiem un zināšanām, izstrādāta rekomendācijas “Bitumena kompozītu maisījuma transportēšanas un iestrādāšanas rekomendācijas” un “Rekomendācija par augstas viskozitātes bitumena izmantošanu, izmantojot siltā asfalta ražošanas piedevas”, izstrādāts ekonomiskais novērtējums “Augstu ekspluatācijas īpašību bitumena kompozītu ekspluatācijas ekonomiskais novērtējums”, kā arī izstrādāti priekšlikumi “Priekšlikumi ceļu tehnisko noteikumu pilnveidošanai”. Par iegūtajiem rezultātiem ziņots starptautiskajās zinātniskajās konferencēs un publicēti zinātniskie raksti.

3. Izstrādāt un izveidot datu apkopošanas sistēmu, kas piemērota energoefektīvu būvju konstrukciju siltuma un mitruma migrācijas kontrolei	Datu apkopošanas sistēmas izstrādes vadlīnijas; Priekšlikumi LBN 002-01 papildināšanai par dabisko šķiedru kompozītu būvmateriālu siltumtehnikām īpašībām; 1 zinātniskais raksts; 1 patenta pieteikums
--	--

Efektīvais kaņepju kompozītmateriāla blīvums ir diapazonā no 250 – 500 kg/m³. Zemāka blīvuma (<250 kg/m³) kaņepju kompozītmateriālam nav pietiekami augsti stiprības rādītāji, lai to izmantotu nesošām vai arī nenesošām konstrukcijām. Savukārt kaņepju kompozītmateriāli ar blīvumu virs 500 kg/m³, nav efektīvi no funkcionālā viedokļa, jo to siltumvadītspēja ir pārāk augsta, lai materiāls tiktu klasificēts kā siltumizolācijas materiāls, vai nesošais materiāls ar unikālām siltumizolējošām īpašībām. Kaņepju kompozītmateriālu blīvuma pieaugums lineāri korelē ar siltumvadītspējas pieaugumu, diapazonā no 200 – 600 kg/m³. Šo attiecību labi ilustrē gan dažādu autoru pētījumi, gan projekta laikā veiktie eksperimentālie pētījumi par kaņepju kompozītmateriālu izgatavošanas metodēm, izmantojot dažādas saistvielas (gan Latvijā ražotas, gan importētas) un Latvijā audzētus kaņepju spaļus. Attēlā 3.1. redzama dažādu kaļķa un magnija saistvielu kaņepju kompozītmateriālu blīvuma-siltumvadītspējas attiecība. (M. Sinka, G. Sahmenko, D. Bajare, A. Korjajkins, E. Namsone, P. Van den Heede, N. De Belie, *Magnesium binders as alternative for hemp concrete, their environmental impacts*).

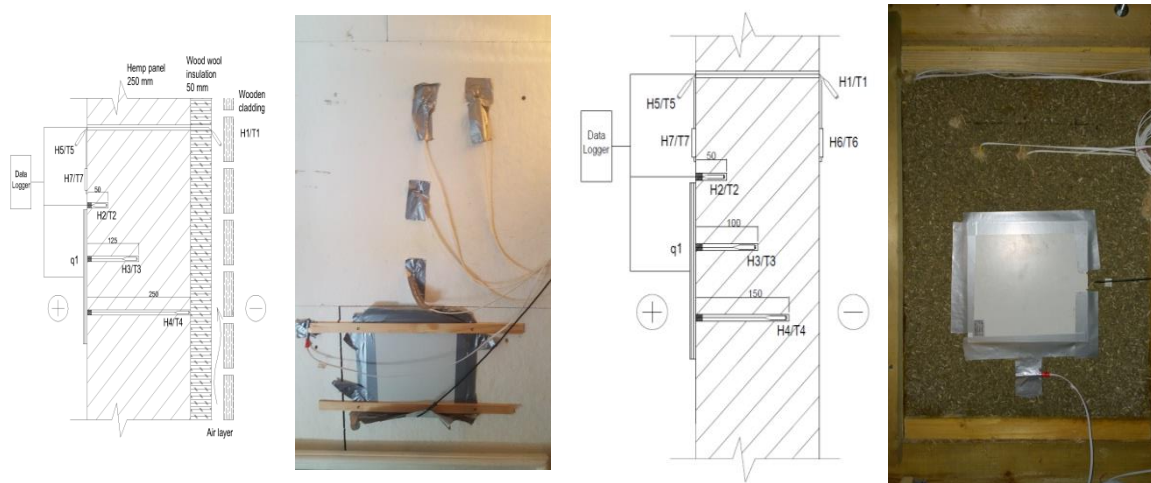


Attēls 3.2. Blīvuma un siltumvadītspējas attiecība kaņepju betonam no Latvijā audzētiem kaņepju spaļiem (Sinka et al., 2017)

Pirmajā daļā pēc būvnormatīva analīzes tiek secināts, ka tā kā tajā nav atrodamas kaņepju

betona siltumtehnisko raksturlielumu aprēķina vērtības, būvnormatīvs ir jāpapildina ar šādu informāciju. Šāda papildināšana ļaus daudz plašāk pielietot šo vietējās izcelsmes būvmateriālu, jo gan projektētājiem, gan potenciālajiem pasūtītājiem būs daudz plašāka informācija, un nebūs šķēršļi pilnvērtīgi šādu materiālu integrēt būvprojektā.

Kaņepju kompozītmateriāliem ar blīvumu 250 un 500 kg/m³ noteiktas siltumtehniskās īpašības – siltumvadītspēja, īpatnējā siltumietilpība un ūdens tvaiku pretestības faktors. Balstoties uz iegūtajiem rezultātiem, sagatavoti priekšlikumi Latvijas Būvnormatīva "Ēku norobežojošo konstrukciju siltumtehnika" LBN 002 7. tabulu 5. papildināšanai.



Attēls 3.3. Mitruma un temperatūras datu apkopošanas sistēma, eksperimentālajā panelī (pa labi) un rūpnieciski veidotā panelī esošā ēkā (pa kreisi).

Pārskata periodā izstrādātas datu uzkrāšanas un apkopošanas sistēmas izveides vadlīnijas. Tās izstrādātas, balstoties uz pētījumu rezultātiem, kuri iegūti pirmajos projekta realizācijas periodos. Izstrādātā datu uzkrāšanas un apkopošanas sistēma integrēta objektos, kuri tiek ekspluatēti reālos apstākļos. Sistēma testēta vairākas sezonas, bet iegūtie rezultāti analizēti. Tā rezultātā novērtēta datu uzkrāšanas un apkopošanas sistēmas efektivitāte un precizitāte. Datu uzkrāšanas un apkopošanas sistēmas vadlīnijas satur informāciju par izmantotajām iekārtām, datu apstrādes ierīcēm un optimālām datu apstrādes metodēm, kā arī pievienotas datu nesēju specififikācijas, darbības diapazoni un precizitāte, darbības principi u.t.t.

Vadlīnijas aprakstīti datu uzkrāšanas un apkopošanas sistēmas izmantošanas pamatprincipi. Attēlā 3.2. doti shematiski attēlojumi datu uzkrāšanas un apkopošanas sistēmas izmantošanai reālas ēkas (uzbūvēta no projekta laikā izstrādāta kaņepju kompozītmateriāla) mitruma un temperatūras monitorēšanai, kā arī mitruma migrācijas un siltumtehnisko parametru kontrolei esošā ēkā iestrādātam eksperimentālam, rūpnieciskos apstākļos izgatavotam panelim.

Papildus tam vadlīnijās doti ieteikumi datu uzkrāšanas un apkopošanas sistēmas efektīvai ekspluatācijai un iespējamiem uzlabojumiem nākamās paaudzes datu uzkrāšanas un apkopošanas sistēmas izstrādei.

Pārskata periodā iesniegts publicēšanai zinātniskais raksts, kurā aprakstīti iepriekšējos periodos izstrādātie dabisko šķiedru kompozītmateriāli, to īpašības un pielietojums, kā arī aprakstīts to dzīves cikla aprēķins, kas satur informāciju par dabisko šķiedru kompozītmateriālu ar dažādām saistvielām) ietekmi uz vidi un to savstarpējais salīdzinājums. Savstarpēji salīdzināti dabisko šķiedru (kaņepju) kompozītmateriāli, kuru izgatavošanai par saistvielu izmantoti iepriekš izstrādāti formulēti hidrauliskie kaļķi, kas izgatavoti no veldzētas kaļķu saistvielas un rūpniecības blakusprodukta – metakaolīna, rūpnieciski ražota saistviela, kas sastāv no veldzēto un hidraulisko kaļķu maisījuma, kā arī divu veidu magnija bāzes saistvielas – magnija oksihlorīda cements un magnija fosfāta cements. Kā pildviela kaņepju kompozītmateriālu izgatavošanai izmantoti Latvijā ražotie kaņepju spaļi. Variējot ar saistvielas daudzumu, iegūti dažāda blīvuma sastāvi. Dzīves cikla

analīzei un ietekmei uz vides novērtējumam izmantoti kompozītmateriāli ar spiedes pretestību 0,15 un 0,5 MPa.

Dzīves cikla analīzes aprēķini veikti pēc ISO 14040, izmantojot dzīves cikla aprēķina programmu SimaPro un Ecoinvent 2.0 datubāzi. Funkcionālā vienība veidota kā 1 m² sienas posms ar mainīgu biezumu, lai nodrošinātu normatīvo U vērtību Latvijas apstākļiem 0.18 W/m²*K.

No iegūtajiem rezultātiem var secināt, ka kaļķa bāzes saistvielas aizvietošanai ar magnija bāzes saistvielām ir efektīva, jo iespējams panākt ievērojamu nepieciešamas saistvielas daudzuma samazinājumu (3 līdz 4 reizes), lai iegūtu kaņepju kompozītmateriālu ar salīdzinoši augstāku spiedes pretestību pēc 28 dienu cietēšanas, augstāku agro stiprību un labākām siltumtehniskām īpašībām. Papildus tam pētīta magnija saturošo saistvielu savietojamība ar bioloģiskas izcelsmes pildvielām un konstatēts, ka bioloģiskā savietojamība ir ievērojama labāka, ja tiek izmantotas magnija saturošās saistvielas, un tas izpaužas augstākos stiprības rādītājos.

Savukārt pēc dzīves cikla analīzes un datu apkopošanas, var secināt, ka magnija fosfāta saturošo saistvielu un no tā izgatavoto kaņepju kompozītmateriālu ietekme uz vidi ir ievērojami negatīvāka (neskatoties uz to salīdzinoši augsto stiprību), salīdzinot ar materiāliem, kuri izgatavoti uz hidraulisko vai dzēsto kaļķu saistvielas bāzes. Gandrīz visās dzīves cikla aprēķinā ietvertajās kategorijās magnija fosfāta saturošo saistvielu izmantošana kaņepju kompozītmateriāla izgatavošanai uzradīja lielāku ietekmi uz vidi nekā pārējās analizētās saistvielas, kas skaidrojams ar cietinātāja – kālija ortofosfāta augsto ietekmi uz vidi, kas grafiski redzams attēlā 3.3.

Pēc dzīves cikla un ietekmes uz vidi analīzes datiem, magnija oksihlorīda cementa biokompozīts ir materiāls ar salīdzinoši zemāko ietekmi uz vidi vairāk nekā pusē no pētītajām kategorijām (*Eitifikācija, Ozona slāņa samazināšana, Fotoķīmiskā oksidēšanās, Toksicitāte cilvēkiem, abiotiskā noplūcināšanās*). Paskābināšanās, kas skaidrojams ar salīdzinoši zemo saistvielas patēriņu biokompozīta izgatavošanas procesā un cietinātāja MgCl₂ salīdzinoši zemo ietekmi uz vidi (Attēls 3.3.). Tā rezultāta materiālam ir aprēķināts zems Globālās sasilšanas potenciāls (-12,68 kg CO₂ ekv.).

Kaļķa bāzes saistvielas biokompozītu ietekme uz vidi arī ir salīdzinoši zema, globālās sasilšanas potenciāls šim materiālam ir vismazākais. Tas saistīts ar to, ka kaļķu saistvielas cietējot gaisā piesaista CO₂, t.i., karbonizējās. Salīdzinoši eksperimentālā kaļķa bāzes saistviela uzradīja viszemāko Globālās sasilšanas potenciālu (-30,91 kg CO₂ ekv.), komerciāli lietotā veldzētā un hidrauliskā kaļķa saistviela nedaudz augstāku (-19,28 kg CO₂ ekv.). Tas saistīts ar to, ka eksperimentālās saistvielas izgatavošanai tika izmantots ievērojams daudzums metakaolīna, kas ir rūpniecības atkritumprodukts, kam ir zema ietekme uz vidi, jo tiek izmantots ekonomiskais ietekmes sadalījums.



Attēls 3.4. Dažādu dabisko šķiedru kompozītu ietekme uz vidi izmantojot dzīves cikla aprēķinu.

Atbilstoši laika grafikam, projekta 4. posmā tika izstrādāti “Priekšlikumi LBN 002 papildināšanai par dabisko šķiedru kompozītu būvmateriālu siltumtehniskām īpašībām”. Priekšlikumi sastāv no trīs daļām – LBN 002 analīze, dabisko šķiedru materiālu siltumtehnisko īpašību apkopojums un priekšlikumi LBN 002-15 papildināšanai.

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)

Lai sasniegtu projekta 1. apakšmērķi, veikta augstas veiktspējas cementa kompozītmateriālu receptūras izstrāde un paraugu izgatavošanai, izmantots Latvijā ražots Cemex CEM I 42.5N cements un potenciāli efektīvas mikropiedevas, kas ļautu samazināt nepieciešamo cementa patēriņu augstas veiktspējas cementa kompozītmateriālu izgatavošanai un uzlabot cementa kompozītmateriāla mehāniskās un ilgmūžības īpašības. Ir veikti pētījumi par mikropiedevu efektivitāti kā potenciālu daļēju cementa aizvietošanu augstas veiktspējas betonā. Ar metakaolīnu saturošiem blakusproduktiem un mikrosilīciju tika racionāli samazināts cementa patēriņš līdz 425 kg/m³, kas pēc cementa daudzuma atbilstu normālas stiprības (40-50 MPa) tradicionālam betonam (cementa samazinājums līdz 15%), saglabājot betona mehāniskās īpašības 60-80MPa robežās vai pat augstākas. Eksperimentāli pārbaudīta inovatīva mikropiedevas izgatavošanas metode – smilšu

malšana dezintegratorā (iegūtie dati publicēti). Izgatavotā receptūra nodrošina augstu betona iestrādājamību visos pārbaudītajos gadījumos – tas ir pašplūstošs un pašblīvējošs betons ar augstu iestrādes efektivitāti, jo nav nepieciešama iestrādes laikā betonu vibrēt. Lai salīdzinātu piedevu efektivitāti, visiem betona maisījumiem saglabāta konstanta ūdens-cementējošo vielu attiecība – 0.38. Noteikta mikropiedevu ietekme uz betona plūstamības īpašībām un noskaidrots nepieciešamais plastificējošo piedevu daudzums, lai saglabātu pašplūstoša betona īpašības.

Iegūtie rezultāti liecina, ka aizstājot cementu 5-15% apjomā no cementa masas ar metakaolīnu saturošiem atkritumproduktiem, spiedes stiprība betonam 28 dienu vecumā ir no 65 līdz 75 MPa, kas atbilst 93-103% no kontroles sastāva stiprības. Aizstājot cementu ar mikrosilīciju 5-15% apjomā no cementa masas, spiedes stiprība betonam 28 dienu vecumā ir no 78 līdz 90 MPa, kas liecina par šīs mikropiedevas efektivitāti.

Betonam noteikta ilgmūžības īpašība – hlorīdu migrācijas koeficients, kas raksturo betona spēju pretoties hlorīdu iekļūšanai betona struktūrā. Tās ir svarīgs aspekts ar metāla stiegrām stiegrota betona konstrukcijām, jo betons nodrošina stiegrojuma aizsardzību pret koroziju, kas īpaši intensīvi notiek hlorā jonu iedarbībā. Secināts, ka, aizstājot 15% cementa ar metakaolīnu saturošiem atkritumproduktiem, tiek iegūts augstu īpašību betons ar uzlabotu pretestību hlorīdu saturošu sāļu iekļūšanai tā struktūrā. Hlorā jonu migrācijas koeficients tika samazināts līdz pat 3.5 reizēm. Analizējot iegūtos rezultātus, var secināt, ka, lai sasniegtu īpaši augstas stiprības betonu (80-100 MPa), nepieciešams samazināt ūdens-cementa attiecību, kā arī izmantot efektīvas mikropiedevas kā mikrosilīciju un metakaolīnu.

Analizējot betona sastāvus, secināts, ka izstrādātie un pārbaudītie cementa kompozītmateriālu sastāvi pēc cementa patēriņa īpatsvara ir līdzvērtīgi tradicionālajiem betoniem, bet betona iestrādājamības un mehāniskās īpašības ir uzlabotas un augstvērtīgākas. Tas ļauj iegūtos sastāvus reāli izgatavot ar esošo materiālu un iekārtu bāzi bez radikālām atšķirībām no tradicionālajām betona ražošanas tehnoloģijām.

Nosakot augstas veiktspējas cementa kompozītu (AVCK) ilgmūžības īpašības, secināts, ka augsta betona stiprība automātiski nenodrošina betona salizturību. Cementu saturošo kompozītmateriālu paraugiem ar mikrosilīciju sastāvā konstatēta salīdzinoši augstākā spiedes stiprība (94MPa pēc 180 dienu cietēšanas), bet spiedes stiprības zudumi pēc 110 sasalšanas-atkuššanas cikliem sālsūdens vidē ir 16-33%. Savukārt atsaucēs sastāvam (bez mikropiedevām) stiprība saglabājas salturības pārbaudes metodikas atbilstības robežās, un tika novērtos pat stiprības pieaugums, kas liecina par cietēšanas turpināšanos sālsūdens vidē. Savukārt izmantojot metakaolīnu saturošu mikropiedevu 10% apmērā no cementa masas, tika iegūts cementa kompozītmateriāla sastāvs, kas iztur 150 sasalšanas-atkuššanas ciklus sālsūdens vidē saskaņā ar LVS 156 pielikumu C (atbilst 500 sasalšanas-atkuššanas cikliem ūdenī).

Tika aprobežota ultra-paātrinātā salturības metode -52.5°C temperatūrā, lai noteiktu augstas stiprības cementa kompozītu salturību pēc iespējas īsākā laikā periodā. Pierādīts, ka 10-15 sasalšanas-atkuššanas cikli (pārbaudes laiks 2-3 nedēļas) var efektīvi aizstāt 110-150 ciklus standarta -18°C temperatūras režīmā (pārbaude var aizņemt 4-8 mēnešus) augstas stiprības cementa kompozītmateriāliem ar dažādām mikropiedevām salturības noteikšanai. Pētījuma laikā salīdzināta dažāda sastāva kompozītmateriālu sabrukšanas intensitāte salturības pārbaudes laikā, izmantojot iepriekš aprakstītās metodes. Pētījumos izmantota arī virsmas zudumu salturības metode saskaņā ar standartu (LVS EN 1338).

Veikti pētījumi sārnu-silīcija reakciju ierobežošanai cementa kompozītos un novērtēta dažādu mikropiedevu ietekme. Pārbaudot sārnu-silīcija reakciju noturību kompozītmateriālam ar dažādām mikropiedevām (bez šķiedrām), konstatēts, ka visas piedevas, izņemot K tipa stikla mikropiedevu ir atbilstošas sārnu-silīcija reakciju kritērijiem. Mazāk izteiktās deformācijas novērotas sastāviem ar mikrosilīku. Tika konstatētas būtiskas plaisas paraugiem ar K tipa mikropiedevu, savukārt paraugiem, kuri cietējuši normālos apstākļos, šādas plaisas netika konstatētas. Iekļaujot cementa kompozītā stiklšķiedras stiegrojumu, reakciju intensitāte palika nemainīga sastāviem ar E tipa šķiedrām un paraugu relatīvās deformācijas saglabājās standartos pieļaujamās robežās. Savukārt

sastāviem ar K tipa šķiedrām, konstatētas būtiskas paraugu dimensiju izmaiņas un spiedes stiprības zudumi pēc iepriekš minēta testa veikšanas.

Pievienojot 15% mikrosilīciju, nevēlamās paraugu deformācijas, kas izraisa plaisāšanu un paaugstina betona gāzu un šķīdumu caurlaidību, tiek samazinātas līdz pat 2 reizēm. Balstoties uz iegūtajiem ilgmūžības pārbažu rezultātiem izstrādātas rekomendāciju betona korozijas un salturības paaugstināšanai.

Ir veikti eksperimentāli pētījumi par inovatīvu stiklšķiedras izmantošanas veidu kā disperso un orientēto stiegrojumu cementa kompozītos. Pētījumā izmantotas divu veidu stiklšķiedras ražošanas atkritumi (E un K stikla šķiedra). Izmantojot E stikla šķiedru kā stiegrojumu cementu kompozītos, lieces stiprības pieaugums sasniedz 23%, savukārt K stikla šķiedra (agresīvās ķīmiskās reaktivitātes rezultātā) veicina stiprības samazinājumu. Stikla šķiedras korozijas noturība cementu kompozītos ar dažādām mikropiedevām pārbaudīta ar sārmu-silīcija reakciju testu.

Otrā projekta mērķa sasniegšanai 1. pārskata periodā veikta izejmateriālu izvēle, izejmateriālu paraugu ņemšana un testēšana. Bitumena saistvielas paraugiem noteikta mīksttapšanas temperatūra, penetrācija un Frasa trausluma temperatūra. Laboratorijā piegādātas dolomīta un grants šķembas ar zemu drupināšanas izturības klasi ($LA \geq 30$). Atbilstoši SPENS D08 specifikācijam ([*Laboratory and field implementation of high modulus asphalt concrete*](#)) sastādīts eksperimenta plāns HMAC tipa asfaltbetona sastāvu no zemākās kvalitātes minerālmateriāla ar augstām ekspluatācijas īpašībām izstrādei. Aprobētas metodes bituminēto kompozītmateriālu ekspluatācijas īpašību noteikšanai (noguruma tests, termoplaisu un rišu veidošanas tests). Paralēli tam projekta pirmajā posmā tika izstrādāti references sastāvi, atbilstoši tehnisko noteikumu "Ceļu specifikācijas 2014" prasībām, kuri piemēroti lietošanai Latvijas klimatiskajos apstākļos, izmantojot tradicionālās izejvielas. Šajā pārskata periodā teorētiski aprēķināts sastāvs (receptūra) ekonomiskam, ekoloģiskam un ilgmūžīgam bituminētajam kompozītmateriālam, izmantojot zemākas kvalitātes vietējos minerālos materiālus.

2. pārskata periodā turpināta izvēlēta izejmateriāla testēšana. Piegādāta HMAC sastāvu izstrādei SPENS specifikācijās rekomendētā bitumena saistviela B20/30 un PMB 20/25-60. Izvēlētajam minerālmateriālam noteikta drupināšanas izturība, forma, tekstūra un granulometrija. Izgatavotajiem references bituminētiem maisījumiem, izmantojot bitumena saistvielu B70/100 un granīta šķembas, noteiktas ekspluatācijas īpašības. Šajā periodā veikta HMAC tipa asfaltbetona sastāvu projektēšana. Projektēšanas laikā veikta bitumena daudzuma optimizācija, lai sasniegtu rekomendētās sablīvējuma robežas 2-5%. Saistvielas optimizācija veikta, balstoties uz Maršala metodes prasībām. Pēc bitumena daudzuma optimizācijas veikta projektēto sastāvu pamatīpašību (V-porainība, VMA – minerāla karkasa porainība, VFB – ar bitumenu aizpildīto poru) noteikšana un ekspluatācijas īpašību testu veikšana. Šajā atskaites periodā, izmantojot zemākās kvalitātes dolomīta un grants šķembas kopā ar bitumeniem B20/30 un PMB20/25-60, izstrādāti HMAC tipa asfaltbetona sastāvi ar augstām ekspluatācijas īpašībām. Radītie asfaltbetona sastāvi no zemākas kvalitātes minerālmateriāliem uzrādīja ievērojami augstākas ekspluatācijas īpašības, nekā references sastāvi. Balstoties uz iegūtajiem rezultātiem izstrādāta receptūra (bituminēts kompozītmateriāla sastāvs ar paaugstinātu viskozitāti, izmantojot zemākas kvalitātes vietējos minerālos materiālus) un asfaltbetona sastāvu ar augstām ekspluatācijas īpašībām projektēšanas metodika.

3. periodā turpināta High Modulus Asphalt Concrete (HMAC) sastāvu īpašību analīze ar mērķi izstrādāt rekomendācijas šī asfaltbetona tipa maisīšanas parametru optimizācijai un transportēšanai. Sākta asfaltbetona sastāvu ar augstu frēzētā asfaltbetona saturu (RAP) izstrāde. Tiek veikta RAP bitumena atjaunināšana ar mērķi sasniegt tehniskajiem noteikumiem atbilstošu bitumena klasi. Turpinās granulometriskā sastāva aprēķins, kura mērķis ir 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) sastāvu izstrādei. Veikta novecojušā (RAP bitumens) bitumena atjaunināšana ar bitumenu B70/100 ar mērķi iegūt HMAC sastāvu, kas atbilsts bitumena klasei B20/30. Veikts

granulometriskā sastāva aprēķins, lai sasniegtu asfaltbetonu Acb 16 un ACb 22 reglamentētās robežas. Balstoties un *Wirtgen Cold Milling Manual* noteikta jauna RAP bitumenu proporcija, lai iegūtu B50/70 klases bitumenu.

Šajā pētījuma periodā projektētajiem bituminēto kompozītmateriālu sastāviem ar RAP veikta 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 adhēzija). Balstoties uz iegūtajiem rezultātiem, izstrādāta receptūra bituminēto kompozītu sastāviem ar augtām ekspluatācijas īpašībām.

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

Lai sasniegtu 4. posma mērķi tika izstrādāta metodika reciklēta asfalta izmantošanai un veikts ekonomiskais novērtējums augstu ekspluatācijas īpašību bitumena kompozītam. Šajā atskaites periodā radīts ilgtspējīgs bituminēts kompozītmateriāls ar RAP daudzumu $\leq 50\%$. Mērķa sasniegšanai pētījumā tika kombinētas divas ilgtspējīgas tehnoloģijas – SMA struktūras bituminēts kompozītmateriāls un RAP materiāls līdz 50%.

Projekta realizācijas laikā iegūtie rezultāti apkopoti zinātniskajā publikācijā “The influence of filler type and gradation on the rheological performance of mastics”, kura pieņemta publicēšanai zinātniskajā žurnālā *Road Materials and Pavement Design* ar SNIP>1.

Lai sasniegtu projekta 3. apkašmērķi, 1. pārskata periodā tika izstrādāta nepieciešamā datu apkopošanas sistēmas shēma, sagatavots iepirkums un tehniskā specifikācija. Iepirkuma rezultātā izstrādātā sistēma sākotnēji tika pārbaudīta un aprobēta laboratorijas apstākļos, kā arī tās darbība testēta lauka pētījuma apstākļos.

Izstrādātā un aprobētā iekārta sastāv no temperatūras un mitruma sensoriem, siltumvadītspējas sensora, kabeļu komplekta, datu savācēja/uzkrājēja, mērdatu uzkrāšanas, apstrādes un nosūtīšanas ierīces, barošanas avota un konstruktīvā korpusa. Izstrādātā sistēma ļauj veikt daudzpakāpju datu savākšanu un pārraidi - nodrošina datu pārraidi bezvadu mobilā telefona tīklā uz e-pasta serveri.

Paralēli tam projekta pirmajā posmā tika izstrādāti pamatsastāvi Latvijas klimatiskajiem apstākļiem piemērotu kompozītmateriālu ražošanai, izmantojot saistvielas uz hidraulisko kaļķu bāzes un speciālas piedevas. Tika izgatavoti paraugi, cietināti dažādos kontrolētos vides apstākļos (temperatūra, gaisa mitrums), noteikta saistvielas saistīšanās dinamika, kā arī testētas mehāniskās un siltumtehnikas īpašības.

Lai izpildītu 2. periodā uzstādīto mērķi izstrādātā datu apkopošanas sistēma tika testēta lauka un laboratorijas apstākļos un tai veikti attiecīgi uzlabojumi:

- Lai nodrošinātu atsevišķus mērījumus gan apkārtējas vides relatīvajam mitrumam un temperatūrai, gan noteiktu temperatūru uz konstrukciju virsmas, kas nepieciešama siltumvadītspējas aprēķināšanai, esošā sistēma tika papildināta ar diviem Sensirion SHT75 sensoriem.
- Tika veikta sistēmas papildināšana ar atsevišķu zemējuma vadu barošanai, jo testēšana ar dažādiem strāvas avotiem uzrādīja, ka iespējamas siltuma plūsmas mērījumu novirzes ar nesazemētu sistēmu.
- Izstrādāta sagatave un metode iegūto datu ērtai apstrādei.
- Sistēma testēta un kalibrēta laboratorijas apstākļos izmantojot FOX600 siltumplūsmas mērītāju, bet lauka apstākļos izmantojot Ahlborn Almeno 8590-9 datu uzkrājēju.

Pēc datu uzkrāšanas sistēmas pilnveidošanas, tā tika izmantota, lai noteiktu mitruma migrācijas un siltuma plūsmas procesus sienas blokam tūlīt pēc ražošanas. Bloka izveidē izmantotas dabīgās šķiedras – kaņepju spaļi no vietējiem ražotājiem, kā arī kaļķa bāzes veidota, vietējas izcelsmes minerālā saistviela. Sākotnēji iegūtie dati sakrīt ar laboratorijā noteikto biokompozīta siltumvadītspējas koeficientu un tā izmaiņām žūšanas laikā.

Paralēli tam, otrajā posmā tika veikta šķiedru kompozītmateriālu mehānisko un fizikālo

īpašību noteikšana. Tika izstrādāti sastāvi, izmantojot dažādas vietējas izejvielas – uz kaļķa, ģipša u.c. saistvielu bāzes, kopā ar hidrauliskajām piedevām – metakaolīnu, mikrosilīku u.tml. Tāpat tika izmantoti dažādos veidos apstrādāti kaņepju spaļi, kuru piegādāja visi lielākie vietējie ražotāji. Noteiktas mehāniskās un fizikālās īpašības – spiedes un lieces stiprība, siltumvadītspēja, ugunsizturība, salīdzinātas ar līdzīgu materiālu īpašībām.

Par pirmo divu posmu rezultātiem sagatavoti četri zinātniskie raksti, par tiem ziņots trīs konferencēs.

Atbilstoši plānam projekta 3. periodā tika izstrādāta metode “Ekoloģisko kompozītmateriālu ražošanai no šķiedraugiem un vietējam minerālām saistvielām.” Šī metode balstās uz iepriekšējos posmos iegūtajiem rezultātiem un tā sastāv no sekojošām sadaļām:

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 CO₂ neitrālā kaņepju-kaļķa kompozītmateriālu 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 vielu un dažādas izcelsmes mazo spaļu kombināciju. Paraugiem ar augstāku stiprību (0,340 MPa pret 0,218 MPa) piemīt nedaudz zemāka siltumvadītspēja, tomēr siltumvadītspējas pieaugums ir diezgan neliels – līdz 0,004 W/m*K. Tika konstatēts, ka spaļu materiāla puteklainība dod negatīvu ietekmi uz stiprību, tāpēc rekomendēts, ka putekļu pieļaujamais daudzums nedrīkst pārsniegt 2% no izmantoto kaņepju spaļu masas.

Materiāla ugunsizturības testu rezultāti liecina, ka izstrādāto CO₂ 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/m³, tādējādi siltumvadītspēja tuvotos 0,2 W/m*K vērtībai, kas neatbilst projektā izvirzītajiem mērķiem un uzdevumiem. Kā galvenie, perspektīvie ugunsizturības uzlabošanas risinājumi tiek piedāvātas alternatīvas saistvielas (magneziālās saistvielas) vai tiek rekomendēta boru un alumīniju saturošo minerālo piedevu izmantošana, kā arī materiāla sablīvēšana, veicot papildus nopresēšanu.

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, kurus deklarē lielākie kaņepju audzētāji un pārstrādātāji 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 pamatuzdevumiem ir 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.

Analizējot rezultātus par radīto/uzkrāto CO₂ daudzumu dažādo veidu kaņepju-kaļķa

materiāliem tika secināts, ka lielākā daļa no tiem ir CO₂ negatīvi, kas nozīmē, ka tie ir uzkrājuši vairāk CO₂ nekā tiks izdalīts to dzīves laikā, ieskaitot to 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 dioksīdu, apmēram 1 kg CO₂ uz 1kg kaņepju spaļu, ņemot vērā iepriekšējos pārstrādes posmos izdalīto.

Veicot materiāla dzīves cikla aprēķinu, tika veikti salīdzinājumi arī ar citiem alternatīviem materiāliem, kam piemīt analoga U vērtība (0,19 W/m²*K). Tika veikts salīdzinājums ar 500 mm biezu gāzbetona sienu un 300 mm gāzbetona sienu ar 100 mm akmens vates siltinājumu. Aprēķins veikts pēc CML2 Baseline metodes. Tika secināts, ka kaņepju-kaļķa materiāliem ir lielas priekšrocības – gandrīz visos rādītājos tie uzrāda ievērojami mazākas vērtības (samazinājums par 65-75 %), CO₂ gadījumā par 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, salīdzinot ar pārējiem materiāliem.

4. posma mērķi tika sasniegti pilnībā, lai tos sasniegtu tika izstrādātas vadlīnijas - “Datu apkopošanas sistēmas izstrādes vadlīnijas” un priekšlikumi - “Priekšlikumi LBN 002-01 papildināšanai par dabisko šķiedru kompozītu būvmateriālu siltumtehniskām īpašībām”. Šīs vadlīnijas un priekšlikumi ir svarīgi projekta kopējo mērķu sasniegšanai, kā arī tiem ir praktisks pielietojums.

“Priekšlikumi LBN 002-01 papildināšanai par dabisko šķiedru kompozītu būvmateriālu siltumtehniskām īpašībām” izstrādāti, lai mazinātu šķēršļus dabisko šķiedru kompozītmateriālu pielietošanai būvprojektos. LBN 002 "Ēku norobežojošo konstrukciju siltumtehnika" nosaka ēku ārējo norobežojošo konstrukciju būvelementu siltumtehniskās projektēšanas kārtību jaunbūvējamām, pārbūvējamām un atjaunojamām apkurināmām ēkām. Taču tajā nepieciešams iekļaut informāciju arī par dabisko šķiedru kompozītmateriāliem, šāda papildināšana ļaus daudz plašāk pielietot šo vietējās izcelsmes būvmateriālu, jo gan projektētājiem, gan potenciālajiem pasūtītājiem būs daudz plašāka informācija, un nebūs šķēršļi pilnvērtīgi šādu materiālu integrēt būvprojektā. Nodevumā saskaņā ar analizēto un apkopoto informāciju doti priekšlikumi par normatīva papildināšanu ar dabisko šķiedru materiāla siltumtehniskajām īpašībām. Šis nodevums projekta zinātniskos rezultātus padara praktiski pielietojamus un nozīmīgus tautsaimniecībai.

Izstrādātas vadlīnijas “Datu apkopošanas sistēmas izstrādes vadlīnijas”. Tajās, balstoties uz pieredzi izstrādājot datu apkopošanas sistēmu, kas piemērota energoefektīvu būvju konstrukciju siltuma un mitruma migrācijas kontrolei projekta ietvaros, dotas vadlīnijas šādu sistēmu izstrādei. Vadlīnijās aprakstīta projektā izvēlēta sistēma, tās uzbūves un komponentu izvēles kritēriji un nostādnes, sistēmas darbības principi, kā arī mērījumu metodoloģija, lai veiktu šādus mērījumus reālos apstākļos esošos objektos. Doti arī priekšlikumi, kādi uzlabojumi būtu veicami esošās sistēmas darbības izlabošanai, un ieteikumi un rekomendācijas, kas būtu jāņem vērā jaunu sistēmu uzbūves un komponentu izvēlei, kā arī darbības koncepcijas pilnveidošanai. Šīs vadlīnijas dod praktisku pienesumu tālākiem zinātniskiem pētījumiem, jo ievērojami atvieglo šādu mērsistēmu izstrādi nākotnē plašākiem pētījumiem.

Iegūto rezultātu šībrīža aktualitāti apliecina RILEM Technical Committee 236-BBM “Bio pildvielu bāzēti būvniecības materiāli”, kas 2017. gadā publicējuši rekomendāciju par kaņepju spaļu testēšanu (Recommendation of the RILEM TC 236-BBM: characterization testing of hemp shiv to determine the initial water content, water absorption, dry density, particle size distribution and thermal conductivity) un vienu State-of-art ziņojumu par bio-šķiedru būvniecības materiāliem (State-of-the-Art Report of the RILEM 23 Bio-aggregates Based Building Materials).

Kā arī izstrādāta zinātniskā publikācija, kas pieņemta publicēšanai žurnālā ar SNIP>1 (M. Sinka, G. Sahmenko, D. Bajare, A. Korjamins, E. Namsone, P. Van den Heede, N. De Belie, Magnesium binders as alternative for hemp concrete, their environmental impact).

2.5. Projekta Nr. 1 apgūtais finansējums (euro)

		Plānots 2014.– 2017. g.	1.posms	2.posms	3.posms	4.posms
1000–9000*	IZDEVUMI – KOPĀ	282703.00	45510.00	66057.00	70092.00	112893.00
1000	Atlidzība	190128.00	31263.89	52318.69	58038.16	91423.36
2000	Preces un pakalpojumi (2100+2200+2300)	86183.00	8810.38	12631.20	12053.84	21469.64
2100	Mācību, darba un dienesta komandējumi, dienesta, darba braucieni	34230.00	2255.02	5754.20	4448.86	7397.12
2200	Pakalpojumi	43850.00	4014.60	6618.72	6378.54	10273.65
2300	Krājumi, materiāli, energoresursi, preces, medicīniskās ierīces, medicīniskie instrumenti, laboratorijas dzīvnieki un to uzturēšana	8103.00	2540.76	258.28	520.28	709.38
5000	Pamatkapitāla veidošana	6392.00	5435.73	1107.11	0.00	0.00

* Minētie skaitļi ir budžeta finansēšanas klasifikācijas kodi.

2.6. Projekta Nr. 1 rezultatīvie rādītāji

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

Rezultatīvais rādītājs	Rezultāti					
	plānots	sasniegts				
	2014.– 2017. g.	gads				
		2014	2015	2016.	2017.	Projektā kopā
Zinātniskie rezultatīvie rādītāji						
1. Zinātnisko publikāciju skaits:	17	0	7	4	11	22
oriģinālo zinātnisko rakstu (SCOPUS)(SNIP>1) skaits	3	0	0	0	3	3
oriģinālo zinātnisko rakstu skaits ERIH(A un B) datubāzē iekļautajos žurnālos vai konferenču rakstu krājumos	14	0	7	4	8	19
recenzētu zinātnisku monogrāfiju skaits	0	0	0	0	0	0
2.Programmas ietvaros aizstāvēto darbu skaits:	26	6	19	6	12	43
promocijas darbu skaits	4	0	2	0	0	2
maģistra darbu skaits	22	4	4	3	10	21
bakalaura darbu skaits	0	2	13	3	2	20
Programmas popularizēšanas rezultatīvie rādītāji						
1.Programmas gaitas un rezultātu popularizēšanas interaktīvie pasākumi, kuru mērķu grupās iekļauti arī izglītojamie, skaits:	31	1	10	16	15	42
konferences	14	0	4	8	2	14
semināri	7	0	2	4	6	12
rīkotie semināri un konferences	4	1	2	2	5	10
populārzinātniskas publikācijas	3	0	1	1	1	3
izstādes, demonstrācijas	0	0	0	0	0	0
Betona olimpiāde	3	0	1	1	1	3
2.Interneta mājas lapu populārie ziņojumi	30	12	5	7	6	30
Tautsaimnieciskie rezultatīvie rādītāji						
1.Zinātniskajai institūcijai programmas ietvaros piesaistītā privātā finansējuma apjoms, t. sk.:	421000	163526	231397	16449	98264	509636
1.1. privātā sektora līdzfinansējums programmā	180000	22321	0	16449	98264	137034

iekļauto projektu īstenošanai						
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	0
1.3. ieņēmumi no līgumdarbiem, kas balstās uz programmas ietvaros radītajiem rezultātiem un zinātnības	241000	141205	231397	0	0	372602
2. Programmas ietvaros pieteikto, reģistrēto un spēkā uzturēto patentu vai augu šķirņu skaits:	3	0	0	0	0	3
Latvijas teritorijā	3	0	0	0	0	3
ārpus Latvijas	0	0	0	0	0	0
3. Programmas ietvaros izstrādāto jauno tehnoloģiju, metožu, prototipu vai pakalpojumu skaits, kas aprobēti uzņēmumos	3	0	0	3	0	3
4. Ieviešanai nodoto jauno tehnoloģiju, metožu, prototipu, produktu vai pakalpojumu skaits (noslēgtie līgumi par intelektuālā īpašuma nodošanu)	2	0	0	0	2	2
5. Noslēgtie līgumi par praktisko pētījumu projektu realizāciju saistībā ar projekta mērķiem un RIS 3.	0	0	0	2511263	21629	2532892

* 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

2. SADAĻA – INFORMĀCIJA PAR PROGRAMMAS PROJEKTIEM

2.1. Projekts Nr. 2

nosaukums

Inovatīvi un daudzfunkcionāli koksnes kompozītmateriāli ilgtspējīgām būvēm

projekta vadītājs:

vārds, uzvārds,

zinātniskais grāds

zinātniskā institūcija

Kaspars Kalniņš

Dr.sc.ing.

Rīgas Tehniskā universitāte, Materiālu un Konstrukciju
Institūts

amats

Vadošais pētnieks

kontakti

tālrunis

+371 26751614

e-pasts

Kaspars.kalnins@rtu.lv

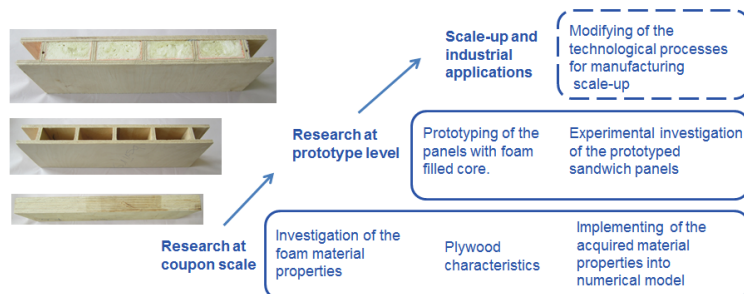
2.2. Projekta Nr.2 mērķi

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

Projekta mērķis: *Izstrādāt saplākšņa I-serdes tipa ar poliuretāna putām pildītus sendviča paneļus, kas no mehāniskā stinguma/stiprības viedokļa ir efektīva alternatīva masīvam bērza finiera saplāksnim, integrējot un vienlaikus uzlabojot siltuma pretestības, vibrācijas/trieciena slāpēšanas īpašības.*

Projekta galvenie uzdevumi:

Izstrādāt saplākšņa I-serdes tipa sendvičapaneļus ar paaugstinātu termiskās izolācijas, vibrāciju un trieciena absorbcijas spējam. Šo mehānisko īpašību paaugstināšanu risināt ar poliuretāna putu integrāciju prototipēšanas/ražošanas procesā. Novērtēt dažādu poliuretāna receptūru, tai skaitā komerciāli pieejamu piemērojamību sandviča paneļu izveidē un atspaidu uz termiskām/mehāniskām īpašībām. Eksperimentāli iegūtās termiski mehāniskās īpašības integrēt dator aprēķinos ar galīgo elementu metodi, veicot efektīvāko konfigurāciju optimizāciju. Iegūtos optimālos risinājumus sākotnēji verificēt laboratorijas mēroga prototipu izveidē, pēcāk mērogot atbilstoši plātņu ražotāju nominālizmēriem. Projekta ietvarā izvērtēt gan ekonomisko, gan dzīves cikla un vides ietekmes aspektus. Šī pētījuma rezultātus disseminēt ne tikai zinātniskos un industriālos forumos, bet arī plašsaziņas līdzekļos tai skaitā skolu jaunatnei un rīkojot demonstrācijas „Zinātnieku nakts” ietvaros.



Projekta uzdevumu diagramma.

VPP IMATEH 2. projekta ietvaros publicētie zinātniskie raksti:

1. Fridrihsone A., Romagnoli F., Cabulis U., Life Cycle Inventory of rapeseed cultivated in Northern Europe for biobased polyurethane production, Journal of Cleaner production, vol. 177, 2018, pp. 79–88 (accepted)
2. Kirpluks M., Cabulis U., Andersons J., Japins G., Kalnins K., Modeling the effect of foam density and strain rate on the compressive response of polyurethane foams. Resubmitted to SAE International, Journal of Materials & Manufacturing (accepted).
3. Labans E., Kalnins K., Bisagni C., Flexural behavior of sandwich panels with cellular wood, plywood stiffener/foam and thermoplastic composite core, Journal of Sandwich Structures & Materials, 2017, Impact Factor 2.933

<http://journals.sagepub.com/doi/pdf/10.1177/1099636217699587>

4. Labans E., Zudrags K., Kalnins K., Structural Performance of Wood Based Sandwich Panels in Four Point Bending, Procedia Engineering, vol.172, 2017, pp. 628-633

<https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85016243021&origin=resultslist&sort=plf-f&src=s&st1=Structural+Performance+of+Wood+Based+Sandwich+Panels+in+Four+Point+Bending&st2=&sid=b8abcf0be359e7f31ecc1ff97ca9a45f&sot=b&sdt=b&sl=81&s=TITLE%28Structural+Performance+of+Wood+Based+Sandwich+Panels+in+Four+Point+Bending%29&relpos=0&citeCnt=1&searchTerm=>

5. Kirpluks M., Kalnbunde D., Walterova Z., Cabulis U., Rapeseed Oil as feedstock for high functionality polyol synthesis, Journal of Renewable Materials, vol, 5(3-4), 2017, pp. 258–270

<https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85024405179&origin=resultslist&sort=plf-f&src=s&st1=Rapeseed+Oil+as+feedstock+for+high+functionality+polyol+synthesis&st2=&sid=b8abcf0be359e7f31ecc1ff97ca9a45f&sot=b&sdt=b&sl=72&s=TITLE%28Rapeseed+Oil+as+feedstock+for+high+functionality+polyol+synthesis%29&relpos=0&citeCnt=0&searchTerm=>

6. Labans E., Kalnins K., Experimental Validation of the Stiffness Optimisation for Plywood Sandwich Panels with Rib-Stiffened Core, Wood Research, vol.59(4), 2014, pp.793-802

<https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-84995680636&origin=resultslist&sort=plf-f&src=s&st1=Experimental+Validation+of+the+Stiffness+Optimisation+for+Plywood+Sandwich+Panels+with+&st2=&sid=b8abcf0be359e7f31ecc1ff97ca9a45f&sot=b&sdt=b&sl=94&s=TITLE%28Experimental+Validation+of+the+Stiffness+Optimisation+for+Plywood+Sandwich+Panels+with+%29&relpos=0&citeCnt=3&searchTerm=>

7. COST Action TU1104 - Smart Energy Regions – Skills, knowledge, training and supply chains, Editors: J. R. Calzada, I. Kaltenegger, J. Patterson and F. Varriale. *Latvian timber supply and innovative plywood applications* N. Kunicina, A. Zabasta, K. Kalnins, G. Asmanis, E. Labans., 181-185 lpp. The Welsh School of Architecture, Cardiff University, 2016. ISBN: 978-1-899895-21-2

Konferences:

1. Fridrihsone A., Cabulis U., Romagnoli F., Life cycle assesment of rapeseed oil based polyols for biobased polyurethane, The 6th International Conference on Biobased and Biodegradable Polymers (BIOPOL-2017), Belgium, Mons, 11-13 September, 2017
2. Japins G., Labans E., Fridrihsone A., Kirpluks M., Kalnins K., Zudrags K., Experimental investigation of shear properties of plywood sandwich panels, 23rd Annual internacional scientific conference: Research for Rural Development 2017, Latvia, Jelgava 15-17 March, 2017
3. Fridrihsone A., Cabulis U., Romagnoli F., Cellulose production by-products as a raw material for polyurethane industry – a life cycle assessment approach, 8th Workshop on Green Chemistry and Nanotechnologies in Polymer Chemistry, Czech Republic, Prague, 6–8 September, 2017
4. Kalnins K., Jekabsons G., Labans E., Optimisation for scaling up of plywood sandwich panels with rigid PU foam-cores, 11th ASMO UK / ISSMO conference on Engineering Design Optimization Product and Process Improvement / NOED2016, TU. Munich, 18-20 July, 2016
5. Kirpluks M., Kalnbunde D., Benes H., Cabulis U., Rapeseed Oil as Feedstock for High

- Functionality Polyol Synthesis, 7th Workshop on Green Chemistry and Nanotechnologies in Polymer Chemistry, Costa Rica, San Jose, 21-23 September, 2016
6. Kalnins K., Overview of research towards multifunctional plywood sandwich panels, 12th meeting of the Northern European Network for Wood Science and Engineering (WSE) Riga, 12-13. September, 2016
 7. Kirpluks M., Labans E., Kalnins K., Japins G., Plywood rib stiffened sandwich panels filled with bio-based rigid polyurethane foams, 12th meeting of the Northern European Network for Wood Science and Engineering (WSE), Riga, 12-13. September, 2016
 8. Labans E., Jekabsons G., Kalnins K., Zudrags K., Rudzite S., Kirpluks M., Cabulis U., Evaluation of plywood sandwich panels with rigid PU foam-cores and various configurations of stiffeners, 3d International Conference – Optimization and Analysis of Structures, Tartu, Estonia August 23-25, 2015
 9. Cabulis U., Kirpluks M., Paberza A., Fridrihsone-Girone A., Vitkauskene I., Balance between renewable and recyclable feedstock for rigid polyurethane foams, 6th Workshop on Green Chemistry and Nanotechnologies in Polymer Chemistry, Braganca, Portugal, July 2015
 10. Kirpluks M., Kalnbunde D., Cabulis U., High functionality polyols from rapeseed oil as raw material for polyurethane thermal insulation, Baltic Polymer Symposium, Sigulda, Latvia September 16-18, 2015
 11. Kalnins K., Labans E., Cabulis U., Kirpluks M., Sinerģija starp 7-IP un VPP – sendviča paneļu izstrādē. WIRE Riga, Latvia, June 3-5, 2015
 12. Labans E., Kalnins K., Japins G., Zudrags K., Rudzite S., Smart sandwich structures of plywood and GF/PP, EuroNanoForum, Riga, June 10-12, Latvia, 2015

Projekta ietvaros aizstāvētie promocijas darbi:

1. E.Labans "Saplākšņa sendviča-konstrukcijas multifunkcionālo īpašību integrācija un optimizācija". Darba vadītājs – K. Kalniņš. Aizstāvēts 2016. gada 6. aprīlī. Šobrīd kā postdoc stažējas TU Delft.

Projekta ietvaros veiktās promocijas darbu priekšizstāvēšanas:

2. M.Ķirpluks "No atjaunojamām izejvielām iegūtu poliuretāna putuplasta un nano izmēra dabas izcelsmes pildvielu kompozītu īpašības". Darba vadītājs – U.Cābulis. (Priekšizstāvēšana veikta KĶI zinātniskā komisijā darba aizstāvība norīkota 2018.)
3. Anda Fridrihsone: „Dzīves cikla analīze poliuretānu materiāliem, kas iegūti no atjaunojamām izejvielām”. Darba vadītājs – U.Cābulis. (Priekšizstāvēšana veikta KĶI zinātniskā komisijā darba aizstāvība norīkota 2018.)

Iepriekš minētos promocijas darbus bija paredzēts aizstāvēt VPP IMATEH realizācijas laikā, bet, piemēram, M.Ķirpluka kvalifikācijas celšanas stažēšanās Dienvidamerikā ½ gada ilgumā un un A. Fridrihsones gandrīz divu gadu bērna kopšanas atvaļinājums pārcēla šos plānus uz 2018. gadu.

Projekta ietvaros aizstāvētie maģistra darbi:

1. Laine Seršāne, “Dažādu katalizatoru ietekme uz tallu eļļas polioliu sintēzi”. Darba zinātniskie vadītāji: dr.sc.ing.Uģis Cābulis un prof. Andris Actiņš, Latvijas Universitāte, Ķīmijas fakultāte, 2016.
2. Edgars Vanags, “Augstas funkcionalitātes polioliu sintēze no epoksidētas tallu eļļas; Cieto poliuretāna putuplastu iegūšana un to fizikāli-mehānisko īpašību raksturošana”
3. Darba zinātniskie vadītāji: dr.sc.ing. Uģis Cābulis un prof., dr. chem. Arturs Vīksna. Latvijas Universitāte, Ķīmijas fakultāte, 2016.
4. Dainis Kalnbunde, “Augsti funkcionālu polioliu sintēze no Epoksidētas rapšu eļļas cieto Poliuretānu putu izstrādāšanai”, Darba zinātniskie vadītāji: dr.sc.ing. Uģis Cābulis dr. chem.

Iveta Ancāne, Latvijas Universitāte, Ķīmijas fakultāte, 2015.

5. Arnis Āboliņš, „Poliolu sintēze no reciklēta PET un rapšu eļļas poliuretānu materiālu iegūšanai”, Darba zinātniskie vadītāji: dr.sc.ing. S. Gaidukovs, m.sc.ing., A. Pabērza, Rīgas Tehniskā universitāte, 2015.

Projekta ietvaros aizstāvētie bakalaura darbi:

1. Andris A. Avots “No atjaunojamām izejvielām iegūta putu poliuretāna degamības samazināšana ar ilgtspējīgiem antipirēniem”. Darba zinātniskie vadītāji: m.sc.ing. M. Ķirpluks, dr.sc.ing. S. Gaidukovs, Rīgas Tehniskā universitāte, 2016.
2. Romāns Vaivodišs, „Poliuretānu pēdu stimulācijas celiņa izstrāde”, Darba zinātniskie vadītāji: dr.sc.ing. S. Gaidukovs, m.sc.ing., A. Pabērza, Rīgas Tehniskā universitāte, 2015.

Sagatavoti dokumenti, kas apraksta 2 projekta laikā izstrādātās metodes, rekomendācijas, priekšlikumus u.tml. (pielikums elektroniski):

Nr. p.k.	Apraksts	Rezultāts	Skaits/mērvienība
1	Projekta banneris	Projekta publicitātes materiāls	1 baneris
2	Licences līguma kopija (Latvijas Valsts koksnes ķīmijas institūts un SIA PolyLabs)	Licences līgums, tehnoloģiju pārnesei	1 līgums
3	Tehnoloģiju līguma kopija (AS „Latvijas Finieris”) Pētījums par saplākšņa kompozītmateriālu nestspēju vienmērīgi izkliedētā un koncentrētā slodzē”.	Iepirkuma līgums, tehnoloģiju pārnesei	1 līgums
4	Tehnoloģiju līguma kopija (SIA „Meža Nozares Kompetences centrs”) Pētījums par saplākšņa kompozītmateriālu nestspēju vienmērīgi izkliedētā un koncentrētā slodzē”.	Iepirkuma līgums, tehnoloģiju pārnesei	1 līgums
5	Eiropas kosmosa aģentūras Projekta iesnieguma apstiprinājums: „Development and validation of methodology for assesment of damage resitance properties of sandwich structures for European Space Sector: Phase 2.”	Projekta pieteikums, zinātfbu pārnese	1 dokuments
6	Eiropas kosmosa aģentūras Projekta iesnieguma apstiprinājums: „Light Weight Polyurethane insulation for Bulkhead of Ariane Rocket, produced with next Generation Blowing Agents and Environmentally Friendly Catalyst (CRYAFOAMS-LV).”	Projekta pieteikums, zinātfbu pārnese	1 dokuments
7	Publikācija: A.Fridrihsone, F.Romagnoli, U.Cabulis. Life Cycle Inventory of rapeseed cultivated in Northern Europe for biobased polyurethane production. Journal of Cleaner production. Volume 177 , 10 March 2018, Pages 79–88. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.12.214	Tehnoloģiju pārnese publikācija.	1 publikācija
8	Publikācija: E.Labans, K.Kalnins, C.Bisagni Flexural behavior of sandwich panels with cellular wood, plywood stiffener/foam and thermoplastic composite core, Journal of Sandwich Structures & Materials, 2017 doi: 10.1177/1099636217699587. Impact Factor 2.933	Tehnoloģiju pārnese publikācija.	1 publikācija
9	Publikācija: COST Action TU1104 - Smart Energy Regions – Skills, knowledge, training and supply chains, Editors: J. R. Calzada, I. Kaltenegger, J. Patterson and F. Varriale. <i>Latvian timber supply and innovative plywood applications</i> N. Kunicina, A. Zabasta, K. Kalnins, G. Asmanis, E. Labans., 181-185 lpp. The Welsh School of Architecture, Cardiff University, 2016. ISBN: 978-1-899895-21-2	Tehnoloģiju pārnese publikācija.	1 publikācija

Jauni pētniecības projekti, to pieteikumu izstrāde un dalība:

Balstoties uz Projekta Nr.2 uzkrātajiem rezultātiem un sadarbības aktivitātēm 2017. gadā abu sadarbības partneru Rīga Tehniskās universitātes, materiālu un konstrukciju institūta un Latvijas Valsts koksnes ķīmijas institūta vadošie pētnieki: K.Kalniņš un U. Cābulis iesniedza pētniecības projektu pieteikumu Eiropas Kosmosa aģentūrai, kas ir zinātību pārnese no valsts pētījuma programmas pētījuma rezultātiem. Pieteiktie projekti: *Light Weight Polyurethane insulation for Bulkhead of Ariane Rocket, produced with next Generation Blowing Agents and Environmentally Friendly Catalyst (CRYAFOAMS-LV)* un *Developement and validation of methodology for assesment of damage resitance properties of sandwich structures for European Space Sector: Phase 2.*

Programmas un projekta popularizēšanas rezultatīvie rādītāji:

Projekta popularizēšanai jau pašā projekta sākumā tika izveidots projekta plakāts/baneris, kas tika aktīvi izstādīts vairākos publisko pasākumos. 2015. gadā integrējoties Latvijas prezidentūras Eiropas Padomē aktivitātēs, projekts tika prezentēts Euronano 2015 un Wire 2015 konferencēs. Papildus 2016. gadā tika publicēts raksts laikrakstā Dienas Bizness 2016, <http://www.db.lv/zinas/rtu-rakesu-zinatne-kopa-ar-nasa-427620>, reklamējot darbu pie sandviča paneļiem. 2016. gadā tika rīkota Northern European Network for Wood Science & Engineering konference 2016. gada 12-13. septembrī. Kurā plenārā prezentācija tika sniegta tieši par IMATEH 2 projekta rezultātiem. 2017. gadā, Zinātieku nakts ietvaros tika prezentētas pētījuma aktivitātes, kā arī nofilmēts LTV-1 raidījumam „Vides fakti”: http://www.videsfakti.lv/skatities-raidiujumus/?content_id=3de59. Par pētījumiem:

Latvijas Zinātņu akadēmija atzinusi kā vienu no nozīmīgākajiem sasniegumiem zinātnē 2017. gadā, Latvijas Valsts koksnes ķīmijas institūtā Izstrādāts efektīvs siltumizolācijas materiāls: putupoliuretāna kompozīcija, kur izmantota Latvijā iegūstamā rapšu eļļa. Pētnieku komanda: Dr.habil.chem. Uldis Stirna, LZA korespondētājloceklis Uģis Cābulis, Dr.sc.ing. Vladimirs Jakušins, Mg.sc.ing. Miķelis Kirpluks, Mg. Anda Fridrihsone.

Noslēgtie līgumdarbi 01.01.2014 - 31.12.2014:

RTU Nr.	Vadītājs	Nosaukums	Pasūtītājs	Līgumcena EUR (iesk.PVN)	Darbības laiks
L8012; L8043-1	K.Kalniņš	Savienojumu stiprības pārbaudes.	SIA "A.D.H." un SIA "FCSM"	476.00	2014. gads
L8022	K.Kalniņš	Nestspējas pārbaudes.	Transeuropean Trade LP	2 872.80	2014. gads
FLPP- RIBRE- CON-0007	U.Cābulis	Future Launcher Preperatory Programm	Airbus SL (šobrīd ArianeGroup)	200 000.00	2014-2017. gadi.

Noslēgtie līgumdarbi 01.01.2015 - 31.12.2015:

RTU Nr.	Vadītājs	Nosaukums	Pasūtītājs	Līgumcena EUR (iesk. PVN)	Darbības laiks
400011453 2/15/NL/N De	U.Cābulis	CRYOFOAMS: Rigid Polyurethane Foams for External Tank Insulation for Launcher Upper Stages	Eiropas Kosmosa aģentūra	196 777.00	2015-2017.gads
L7954	K.Kalniņš	Saplākšņa un tā kompozītu izturības noteikšana dinamiskā slodzē	SIA „MNKC”,	9 163.35	2014.-2015.gads

L8043-4	K.Kalniņš	Pretplūdu barjeras/paneļu pārbaudes	SIA Aquafence	822.84	2015.gads
L8043-7	K.Kalniņš	Koka paneļu savienojuma pārbaudes	SIA Huglock	1 497.37	2015.gads
L8043-13	K.Kalniņš	Mehāniskās preses slodzes devēja kalibrācija	AS "Inspecta Latvia",	142.09	2015.gads
AO/1-7516/13/N L/KML	K.Kalniņš	Vizuāli grūti konstatējumu Bojājumu Novērtējuma Metodikas Izstrāde un Validācija Eiropas Kosmosa Sektora sendviča tipa konstrukcijām	Eiropas Kosmosa aģentūra	200 000.00	2015-2017.gads

Noslēgtie līgumdarbi 01.01.2016 - 31.12.2016:

RTU Nr.	Vadītājs	Nosaukums	Pasūtītājs	Līgumcena EUR (iesk. PVN)	Darbības laiks
L8043-16	K.Kalniņš	Daudzasu armējuma elementu pstiprības pārbaudes	SIA "LEMMINKAINEN LATVIJA",	3 121.22	2016.gads
0135/KC/16/12	K.Kalniņš	"Pētījums par saplākšņu kompozītmateriālu nestspēju vienmērīgi izkliedētā un koncentrētā slodzē".	AS "Latvijas Finieris"	21 680.00	2016-2018.gads

Noslēgtie līgumdarbi 01.01.2017 - 31.12.2017:

RTU Nr.	Vadītājs	Nosaukums	Pasūtītājs	Līgumcena EUR (iesk. PVN)	Darbības laiks
L8043-19	K.Kalniņš	Apdares plātņu statikas un trieciena dinamikas testēšana	SIA „Pillar”	632.66	2017.gads
L8043	K.Kalniņš	Nesagraujoša testēšana	SIA Aerodium technologies	1 646.77	2017.gads
LU 2017/53_I_ERAf	U.Cābulis	Paraugu izgatavošana pētniecības vajadzībām	LU MMI/ ERAF	15 390.00	2017-2018.gads

2.3. Projekta Nr.2 uzdevumi

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

Darba uzdevumi 4. posmam	Galvenie rezultāti 4. posmam
1.Sendvičtipa paneļu izgatavošanas tehnoloģijas optimizācija. Liela laiduma paneļu izgatavošana. 2.Apkopot datus par optimālām polioliu sintēzes metodēm, lai iegūtu sendvičtipa paneļu ražošanai atbilstošu putupoliuretānu ar maksimālu atjaunojamo izejvielu saturu. 3.Dzīves cikla analīze (LCA) gatavajam produktam	Izstrādāta laboratorijas mēroga prototipa iekārta paredzēta poliuretāna liešanai saplākšņa paneļos. Tehnoloģiskā iekārta pilnīga aprobācija plānota 2018* gadā, jo ražošanas iekārtas izveide sākotnēji nebija uzstādīta kā projekta uzdevums.

Mechanical performance in longitudinal direction similar to 50 mm plywood



Core type	Reference 50 mm plywood	Vertical stiffeners and foam	Vertical stiffeners	Corrugated thermoplastic composite core
Mass, kg/m ²	34 (100%)	21.1 (-34 %)	13.8 (-59 %)	13.6 (-60 %)
Thermal conductivity, W/mK	0.12 (100%)	0.07 (-41%)		
Vibration damping, LF, %	1.5 (100%)	1.4 (-7 %)	1.8 (+20 %)	1.7 (+14 %)
Plywood thickness corresponding to impact energy, A	50 mm	23 mm	21 mm	23 mm
Plywood thickness corresponding to impact energy, B	9/6.5 mm	12 mm (+25 %)	9 mm	9 mm (+30 %)
Transverse stiffness, (relative to longitudinal%)	90	85	31	55
Raw material cost, EUR/m ²	25	35	18	55
Complicity of production	1	55	55	55
Additional benefits		Rapid manufacturing, improved fire resistance		Increased biological resistance

Veikta sendivā paneļu efektīvāko risinājumu novērtējums, apkopoti rezultāti vairākās zinātniskās publikācijās 2017. gadā.

E.Labans, K.Kalnins, C.Bisagni Flexural behavior of sandwich panels with cellular wood, plywood stiffener/foam and thermoplastic composite core, Journal of Sandwich Structures & Materials, 2017 doi: 10.1177/1099636217699587. Impact Factor 2.933

E. Labans, K. Zudrags, K. Kalnins. Structural Performance of Wood Based Sandwich Panels in Four Point Bending. In Procedia Engineering, 2017, Vol.172, pp. 628-633, doi: 10.1016/j.proeng.2017.02.073.

Izanalizēti un noteikti optimālākās poliuretāna sintēzes metodes, apkopoti rezultāti pieejami:

M.Kirpluks, D.Kalnbunde, Z.Walterova, U.Cabulis, Rapeseed Oil as feedstock for high functionality polyol synthesis, Journal of Renewable Materials, 2017, 5(3-4), 258–270. doi: 10.7569/JRM.2017.634116

Veikta dzīves cikla analīze (LCA) gatavajam poliuretāna un saplākšņa sedviča paneļa produktam, iegūtie rezultāti apkopoti publikācijā ļoti augstas ietekmes indeksa 5.715 žurnālā: A.Fridrihsone, F.Romagnoli, U.Cabulis. Life Cycle Inventory of rapeseed cultivated in Northern Europe for biobased polyurethane production. Journal of Cleaner production. Volume 177, 10 March 2018, Pages 79–88. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.12.214>

2.4. Projekta Nr. 2 izvirzīto uzdevumu izpildes rezultāti

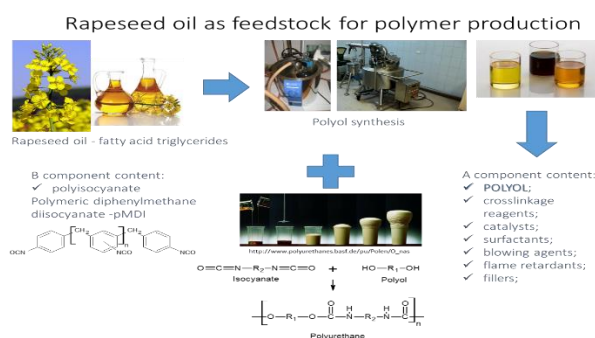
(Novērtē, kādā mērā ir sasniegti plānotie mērķi un uzdevumi. Raksturo rezultātu zinātnisko un praktisko nozīmību, kā arī rezultātu praktisko lietojumu (lietišķiem pētījumiem). Raksturo problēmas, to iespējamos risinājumus, turpmākā darba virzienus. Kopējais saturiskais izklāsts nepārsniedz četras A4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

Projekta nr.2 mērķis sasniegts pilnībā – pirmo reizi izstrādāti un prototipēti saplākšņā saplākšņa I-serdes tipa ar poliuretāna putām pildīti sendviča paneļi. Eksperimentāli pierādīts, kas šie paneļi, salīdzinot ar tradicionālu saplākšni, pie vienādām nestspējas prasībām var būt līdz 35% vieglāki. Vienlaikus uzrādot par 40% uzlabotām siltumpretestības īpašībām un par 25% uzlabotām trieciena absorbcijas īpašībām. Relatīvie zaudējumi par 5% samazināts šķērsvirziena stingums un vibrāciju slāpēšana salīdzinoši ir mazi zaudējumi, jo, piemēram, saplākšņa I-serdes panelis bez poliuretāna putu pildījuma šo īpašību samazinājums ir par 65% apjomā. (Galvenie rezultāti pieejami: Publikācija: E.Labans, K.Kalnins, C.Bisagni Flexural behavior of sandwich panels with cellular wood, plywood stiffener/foam and thermoplastic composite core, Journal of Sandwich Structures & Materials, 2017 doi: 10.1177/1099636217699587. Journal Impact Factor 2.933).

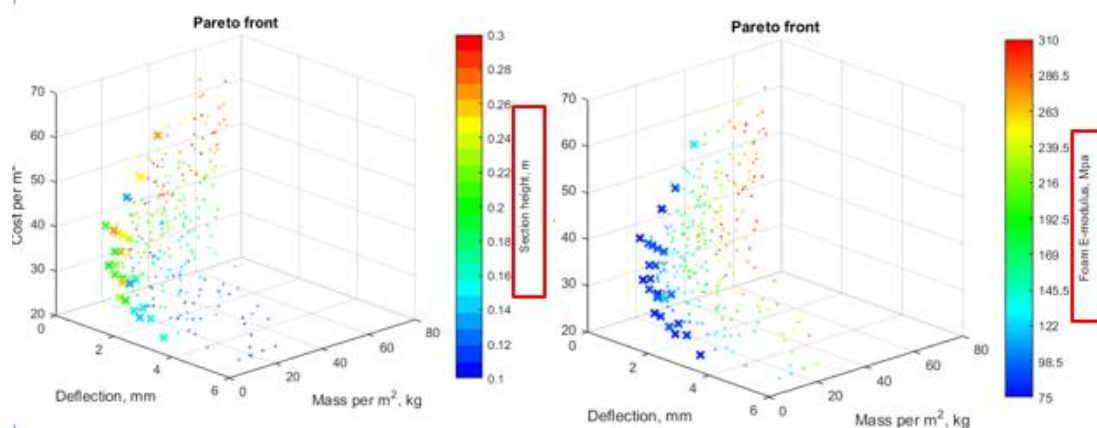
Projekta laikā statistiski apjomīgā eksperimentālā pētījumā noteiktas un pilnvērtīgi apkopotas mehāniskās īpašības daudzveidīgām poliuretāna putu receptūrām. Papildus izveidoti bīdes un adhēzijas testu uzstādījumi un noteiktas mehāniskās īpašības, kuras līdz šim ierobežoja paneļu pilnvērtīgas uzvedības simulācijas ar datoraprēķina programmām. ()

Foam	Density	Modulus	Compressive strength	Tensile strength	Shear modulus	Shear strength	Adhesive strength
	kg/m3	GPa	MPa	MPa	GPa	MPa	MPa
Baymer 757	+/- 55	+	+	+	+	+	+
EH-7	+/- 55	+	+	+	+	+	+
EFN		+	+	+	+	+	+
EH80	80	+	+				
EH100	100	+	+				
EH200	200	+	+	+			
EH300	300	+	+				

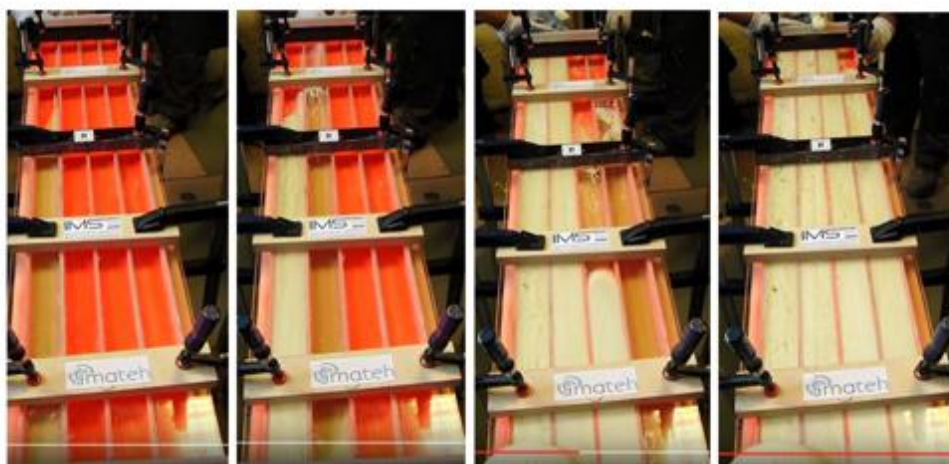
Liels uzsvars projekta izpildē tika veltīts rūpnieciska mēroga inovācijai - PU putuplastu iegūšana, izmantojot Ziemeļeiropā pieejamu atjaunojamo izejvielu - rapšu eļļu. Dotā pētījuma rezultātā tika sintezēts daudzfunkcionālu poliols kā pamatizejviela cietā PU putuplasta ražošanai no rapšu eļļas. (Galveni rezultāti apkopoti: M.Kirpluks, D.Kalnbunde, Z.Walterova, U.Cabulis, Rapeseed Oil as feedstock for high functionality polyol synthesis, Journal of Renewable Materials, 2017, 5(3-4), 258–270. doi: 10.7569/JRM.2017.634116)



Datoraprēķinu un skaitlisku eksperimentu plānošana, rezultātu aproksimācijas bija par pamatu projektēšanas vadlīniju formulēšanā un efektīvāko risinājumu izstrādei. Optimizācijas procedūra apstiprināja, ka zema blīvuma PU putas ir efektīvākais tai skaitā ekonomiskākais risinājums. Tomēr tehnoloģiski zema blīvuma putas ir daudz reizes sarežģītāk integrēt putu integrēšanas procesā. Vēl jo vairāk tika apstiprināta standarta biežumu plātņu efektivitāte sendča paneļu izveidē, kas ilgtermiņā dod potenciālu ražošanas izmaksu samazinājumu izstrādātajam produktam.



Paneļu prototipēšanas gaitā tika pilveidoti vairāki ražošanas paņēmieni, kā rezultātā tika izstrādāta laboratorijas mēroga prototipa iekārta paredzēta poliuretāna liešanai saplākšņa paneļos. Jaunizstrādātās tehnoloģiskā iekārtas pilnīga aprobācija ir plānota 2018. gadā, jo RTU Būvniecības fakultātes ēkas rekonstrukcija un pārkārtošanās samazināja tehnoloģisko eksperimentu bāzes laukumu un fizisku vietu.



Visbeidzot veikta veikta pilnvērtīga ekonomiskā zaudējumu/ieguvuma un poliuretāna produkta dzīves cikla novērtējums. Šis novērtējums izstrādāts integrējot ISO 14040 (2006) un ISO 14044 (2006) norādes, apskatot ne tikai Latvijā audzētus poliuretāna izejmateriālus – rapšu eļļu, bet analizēte veikta visā Ziemeļeiropas kontekstā. Galvenie rezultāti pieejami: A.Fridrihsone, F.Romagnoli, U.Cabulis. Life Cycle Inventory of rapeseed cultivated in Northern Europe for biobased polyurethane production. Journal of Cleaner production. Volume 177, 10 March 2018, Pages 79–88. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.12.214>. Journal Impact Factor 5.83) un COST Action TU1104 - Smart Energy Regions – Skills, knowledge, training and supply chains, Editors: J. R. Calzada, I. Kaltenegger, J. Patterson and F. Varriale. *Latvian timber supply and innovative plywood applications* N. Kunicina, A. Zabasta, K. Kalnins, G. Asmanis, E. Labans., 181-185 lpp. The Welsh School of Architecture, Cardiff University, 2016. ISBN: 978-1-899895-21-2.

2.5. Projekta Nr. 2 apgūtais finansējums (euro)

		Plānots 2014.– 2017. g.	1.posms	2.posms	3.posms kalnins	4.posms
1000– 9000*	IZDEVUMI – KOPĀ	282703.00	45510.00	66057.00	20364.00	37,630.00
1000	Atlīdzība	190128.00	31263.89	52318.69	17107.68	33,083.46
2000	Preces un pakalpojumi (2100+2200+2300)	86183.00	8810.38	12631.20	3256.32	29,930.84
2100	Mācību, darba un dienesta komandējumi, dienesta, darba braucieni	34230.00	2255.02	5754.20	807.37	6,314.78
2200	Pakalpojumi	43850.00	4014.60	6618.72	1903.37	4,546.54
2300	Krājumi, materiāli, energoresursi, preces, medicīniskās ierīces, medicīniskie instrumenti, laboratorijas dzīvnieki un to uzturēšana	8103.00	2540.76	258.28	545.58	1,241.20
5000	Pamatkapitāla veidošana	6392.00	5435.73	1107.11	0.00	658.80

* Minētie skaitļi ir budžeta finansēšanas klasifikācijas kodi.

2.6. Projekta Nr. 2 rezultatīvie rādītāji

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

Rezultatīvais rādītājs	Rezultāti					
	plānots	sasniegts				
	2014.– 2017. g.	gads				
		2014	2015	2016	2017	Kopā
Zinātniskie rezultatīvie rādītāji						
1. Zinātnisko publikāciju skaits:	4	1	1	0	5	7
oriģinālo zinātnisko rakstu	1	0	0	0	2	2
oriģinālo zinātnisko rakstu skaits <i>ERIH</i> (A un B) datubāzē iekļautajos žurnālos vai konferenču rakstu krājumos	3	1	0	0	3	4
recenzētu zinātnisku monogrāfiju skaits	0	0	1	0	0	1
2. Programmas ietvaros aizstāvēto darbu skaits:	4	0	3	4	2	9
promocijas darbu skaits	1	0	0	1	2	3
maģistra darbu skaits	3	0	2	2	0	4
bakalaura darbu skaits	0	0	1	1	0	2
Programmas popularizēšanas rezultatīvie rādītāji						
1. Programmas gaitas un rezultātu popularizēšanas interaktīvie pasākumi, kuru mērķu grupās iekļauti arī izglītojamie, skaits:	3	2	7	8	8	25
konferences	0	1	3	4	4	12
semināri	3	0	3	2	0	5
rīkoti semināri un konferences, uzņēmēju un darba devēju informēšanas aktivitātes	0	0	0	1	0	1

populārzinātniskas publikācijas	0	0	0	0	1	1
izstādes, demonstrācijas	0	1	1	1	3	6
Betona olimpiāde	0	0	0	0	0	0
2. Interneta mājas lapu populārie ziņojumi	30	8	5	5	12	30
Tautsaimnieciskie rezultatīvie rādītāji						
1. Zinātniskajai institūcijai programmas ietvaros piesaistītā privātā finansējuma apjoms, t. sk.:	0	203349	408402	24801	17669	654221
1.1. privātā sektora līdzfinansējums programmā iekļauto projektu īstenošanai	0	3349	208402	24801	17669	254221
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	0
1.3. ieņēmumi no līgumdarbiem, kas balstās uz programmas ietvaros radītajiem rezultātiem un zinātnības	0	200000	200000	0	0	400000
2. Programmas ietvaros pieteikto, reģistrēto un spēkā uzturēto patentu vai augu šķirņu skaits:	0	0	0	0	0	0
Latvijas teritorijā	0	0	0	0	0	0
ārpus Latvijas	0	0	0	0	0	0
3. Programmas ietvaros izstrādāto jauno tehnoloģiju, metožu, prototipu vai pakalpojumu skaits, kas aprobēti uzņēmumos	1	1	0	0	0	1
4. Ieviešanai nodoto jauno tehnoloģiju, metožu, prototipu, produktu vai pakalpojumu skaits (noslēgtie līgumi par intelektuālā īpašuma nodošanu)	3	1	0	2	0	3
5. Noslēgtie līgumi par praktisko pētījumu projektu realizāciju saistībā ar projekta mērķiem un RIS 3.	0	0	0	0	0	0

* Norāda pēc programmas īstenošanas.

Projekta Nr. 2 vadītājs

(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

2. SADAĻA – INFORMĀCIJA PAR PROGRAMMAS PROJEKTIEM

2.1. Projekts Nr. 3

nosaukums

Risku ievērtēšana drošām, efektīvām un ilgtspējīgām būvēm

projekta vadītājs:

vārds, uzvārds,

zinātniskais grāds

zinātniskā institūcija

amats

kontakti

Ainārs Paeglītis

Dr.sc.ing.

Rīgas Tehniskā universitāte

Profesors

Tālrunis

+371 29269448

E-pasts

Ainars.paeglitis@rtu.lv

2.2. Projekta Nr. 3

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

Projekta mērķis: *Izstrādāt jaunas metodes riska izvērtēšanai būvēm un konstrukcijām, lai nodrošinātu to drošu, efektīvu un ilgtspējīgu ekspluatāciju*

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.pamatuzdevums: *Izpētīt Latvijas autoceļu tiltu dinamiskos raksturojumus un noskaidrot to ietekmi uz konstrukciju drošumu, izstrādāt konstrukciju risku, drošuma un robustuma noteikšanas metodes.*

1.posma uzdevums:	Transportlīdzekļa un brauktuves konstrukcijas mijiedarbības izpēte.
2.posma uzdevums:	Satiksmes slodzes iedarbības uz tiltu konstrukcijām analīze.
3.posma uzdevums:	Transportlīdzekļu svara un kustības ātruma ietekmes novērtēšana uz konstrukcijas dinamiskajām īpašībām. Iedarbju uz tiltiem teorētisko varbūtību sadalījuma modeļu aprobācija Latvijas apstākļiem
4.posma uzdevums:	Tiltu dinamisko raksturojumu rekomendējamo robežvērtību noteikšana. Drošuma indeksa un atlikušās nestspējas novērtēšana ekspluatācijā esošiem tiltiem.

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

2. pamatuzdevums: *Izstrādāt metodoloģiju konstruktīvo elementu nebojātu vai ar bojājumu (dažādu veidu materiāla degradācijas formas) dinamisko parametru (svārstību frekvenču, svārstību modu, svārstību dzišanas parametru, utt.) eksperimentālai noteikšanai un to pielietošanai konstrukciju tehniskā stāvokļa monitoringam.*

1.posma uzdevums:	Konstrukciju elementu bojājuma zonas lieluma un vietas lokalizācijas noteikšanas metožu izpēte.
2.posma uzdevums:	Bojājuma zonas konfigurācijas un vietas lokalizācijas noteikšanas metodes izpēte.
3.posma uzdevums:	Sendviča tipa konstruktīvo elementu ekspluatācijas laikā radušos bojājumu identifikācijas metodikas izstrāde. Iepriekš saspiesto dzelzsbetona konstruktīvo elementu skaitliskā modelēšana un simulācijas.
4.posma uzdevums:	Iepriekš saspiesto dzelzsbetona konstruktīvo elementu iepriekšējā saspieguma zuduma novērtēšanas metodes izstrāde.

	Skaitliskie un eksperimentālie pētījumi par bojājuma datu klasifikāciju ar mērķi prognozēt bojājuma lokalizācijas varbūtību.
--	--

2. pamatuzdevuma aktivitāšu izpildes laika grafiks ir pievienots 3-B pielikumā.

3. pamatuzdevums: *Izstrādāt inovatīvās viedas konstrukcijas ar uzsvaru uz atjaunojamo dabas resursu izmantošanu ar paaugstinātu ilgtspējību un drošumu, kas ir vērsti uz būvniecības un infrastruktūras objektiem.*

1.posma uzdevums:	Konstrukcijas no šķērsvirzienā kārtainas līmētas koksnes aprēķina metodikas izstrāde.
2.posma uzdevums:	Konstrukcijas no krusteniski līmētiem kokmateriāliem aprēķina metodikas izstrāde
3.posma uzdevums:	Konstrukcijas no krusteniski līmētiem kokmateriāliem topoloģiju optimizācija un to racionālo no materiāla patēriņa viedokļa parametru noteikšana
4.posma uzdevums:	Izstrādāt nesošo konstrukciju, kas sastāv no galvenajiem stieptajiem nesošajiem elementiem un sekundārajiem elementiem no šķērsvirzienā kārtaini līmētas koksnes. Izstrādāt konstrukcijas galīgo elementu modeli. Izstrādāt konstrukcijas fizisko modeli.

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

VPP IMATEH 3. projekta ietvaros publicētie zinātniskie raksti:

1. Janeliukstis, R., Rucevskis, S., Wesolowski, M., Chate, A. Experimental structural damage localization in beam structure using spatial continuous wavelet transform and mode shape curvature methods (2017) Measurement: Journal of the International Measurement Confederation, 102, pp. 253-270. **(SNIP>1)**

<https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85013304475&doi=10.1016%2fj.measurement.2017.02.005&partnerID=40&md5=4e6d656c83426146dc9133cc02665074>

2. Janeliukstis, R., Rucevskis, S., Wesolowski, M., Chate, A. Multiple Damage Identification in Beam Structure Based on Wavelet Transform (2017) Procedia Engineering, 172, pp. 426-432.

<https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85016306328&doi=10.1016%2fj.proeng.2017.02.023&partnerID=40&md5=0f5b96587d8bf84579871b4e55900ab2>

3. Janeliukstis, R., Rucevskis, S., Wesolowski, M., Chate, A. Damage identification in beam structure based on thresholded variance of normalized wavelet scalogram (2017) IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 251 (1), art. no. 012089.

4. Kovalovs, A., Rucevskis, S., Akisins, P., Kolupajevs, J. Numerical Investigation on Detection of Prestress Losses in a Prestressed Concrete Slab by Modal Analysis (2017) IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 251 (1), art. no. 012090.

5. Rucevskis, S., Janeliukstis, R., Akishin, P., Chate, A., Mode Shape-Based Damage Detection in Plate Structure without Baseline Data (2016) Structural Control and Health Monitoring, 23 (9), pp. 1180-1193. **(SNIP>1)**

<https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-84980416733&doi=10.1002%2fstc.1838&partnerID=40&md5=903a6a4e35760dc9037047314003ffb5899X%2f111%2f1%2f012005&partnerID=40&md5=ef79106a55600aca5e2849cfb9828a3b>

6. Janeliukstis, R., Rucevskis, S., Wesolowski, M., Chate, A. Damage Identification Dependence on Number of Vibration Modes Using Mode Shape Curvature Squares (2016) Journal of Physics: Conference Series, 744 (1), art. no. 012054.

<https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-84966430791&doi=10.1088%2f1757-899X%2f111%2f1%2f012005&partnerID=40&md5=ef79106a55600aca5e2849cfb9828a3b>

7. Janeliukstis, R., Rucevskis, S., Wesolowski, M., Kovalovs, A., Chate, A., Damage

Identification in Polymer Composite Beams Based on Spatial Continuous Wavelet Transform (2016) IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 111 (1), art. no. 012005.

<https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-84966430791&doi=10.1088%2f1757-899X%2f111%2f1%2f012005&partnerID=40&md5=ef79106a55600aca5e2849cfb9828a3b>

8. Janeliukstis, R., Rucevskis, S., Akishin, P., Chate, A. Wavelet Transform Based Damage Detection in a Plate Structure (2016) Procedia Engineering, 161, pp. 127-132.

<https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-84997719815&doi=10.1016%2fj.proeng.2016.08.509&partnerID=40&md5=3ade9e9b3219beb061f2ea6b0f6ee6ea>

9. Rucevskis, S., Janeliukstis, R., Akishin, P., Chate, A. Vibration-based approach for structural damage detection (2016) ICSV 2016 - 23rd International Congress on Sound and Vibration: From Ancient to Modern Acoustics.

<https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-84987922684&partnerID=40&md5=689a54e80d3c118df5bbfb568c0f5956>

10. Wesolowski, M., Rucevskis, S., Janeliukstis, R., Polanski, M., Damping Properties of Sandwich Truss Core Structures by Strain Energy Method (2015) IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 96 (1), art. no. 012022.

<https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-84960345051&doi=10.1088%2f1757-899X%2f96%2f1%2f012022&partnerID=40&md5=a58963b76089f9bae3cd190d12a5c2df>

11. Janeliukstis, R., Rucevskis, S., Wesolowski, M., Kovalovs, A., Chate, A., Damage Identification in Beam Structure using Spatial Continuous Wavelet Transform (2015) IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 96 (1), art. no. 012058.

<https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-84960443038&doi=10.1088%2f1757-899X%2f96%2f1%2f012058&partnerID=40&md5=5dd318a96658ae9a0a8dce6537ae3f3a>

12. Mironov, A., Doronkin, P., Priklonsky, A., Chate, A. Effectiveness of application of modal analysis for the monitoring of stressed or operated structures (2015) Aviation, 19 (3), pp. 112-122.

<https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-84947058997&doi=10.3846%2f16487788.2015.1104860&partnerID=40&md5=e78f9d2a86660297515bb3957d9a27d5>

13. R. Janeliukstis, S. Rucevskis, A. Kovalovs, A. Chate. "Numerical Investigation on Multiclass Probabilistic Classification of Damage Location in a Plate Structure" (2017) Proceedings of the International Conference on Structural Engineering Dynamics ICEDyn 2017.

14. R. Janeliukstis, A. Clark, S. Rucevskis, S. Kaewunruen. "Vibration-based damage identification in railway concrete sleepers" (2017) Proceedings of the SMAR 2017 – Fourth Conference on Smart Monitoring, Assessment and Rehabilitation of Civil Structures.

15. Paeglīte I., Paeglītis A., Smirnovs J. (2015) The Dynamic Amplification Factor for bridges with span length from 10 to 35 meters. // Journal Engineering Structures and Technologies, 2015, pp.1-8 10.3846/2029882X.2014.996254

16. Freimanis A., Paeglītis A., Analysis of yearly traffic fluctuation on Latvian highways, IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 96 (2015)

<http://iopscience.iop.org/resursi.rtu.lv/article/10.1088/1757-899X/96/1/012064/pdf>

<https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-84960384889&doi=10.1088%2f1757-899X%2f96%2f1%2f012064&partnerID=40&md5=58423e70b2cb510a5ed77f80c4b99e6b>

17. Paeglīte I., Smirnovs J. Dynamic effects caused by vehicle – Bridge interaction. In. 5th International Scientific Conference Proceedings, Vol. 5 Latvia, Jelgava, Latvia University of Agriculture, 14-15 May 2015, pp. 11-14. ISSN 2255-7776

18. Paeglītis A., Freimanis A. Modeling of traffic loads for bridge spans from 200 to 600 meters. In. 5th International Scientific Conference Proceedings, Vol. 5 Latvia, Jelgava, Latvia University of Agriculture, 14-15 May 2015, pp. 15-23. ISSN 2255-7776

19. Saknīte T., Serdjuks D., Goremikins V., Pakrastins L., and Vatin N. „Fire Design of Archetype Timber Roof”. Magazine of Civil Engineering, 2016, ISSN 2071-0305, 2071-4726, Volume 64, Issue 4.

<https://www.scopus-com.resursi.rtu.lv/record/display.uri?eid=2-s2.0-84994651633&origin=resultslist&sort=plf->

[f&src=s&sid=357b7fb9bbbc99c209979f9fbd9d491&sot=autdocs&sdt=autdocs&sl=17&s=AU-ID%286508223358%29&relpos=2&citeCnt=0&searchTerm=](https://www.scopus-com.resursi.rtu.lv/record/display.uri?eid=2-s2.0-85009388609&origin=resultslist&sort=plf-f&src=s&sid=357b7fb9bbbc99c209979f9fbd9d491&sot=autdocs&sdt=autdocs&sl=17&s=AU-ID%286508223358%29&relpos=2&citeCnt=0&searchTerm=)

20. Gusevs E., Serdjus D., Artebjakina G., Afanasjeva E., Goremikins V. „Behaviour of Load-Carrying Members of Velodromes' Long-span Steel Roof". Magazine of Civil Engineering, 2016, ISSN 2071-0305, 2071-4726, Volume 65, Issue 5.

<https://www.scopus-com.resursi.rtu.lv/record/display.uri?eid=2-s2.0-85009388609&origin=resultslist&sort=plf-f&src=s&sid=357b7fb9bbbc99c209979f9fbd9d491&sot=autdocs&sdt=autdocs&sl=17&s=AU-ID%286508223358%29&relpos=3&citeCnt=0&searchTerm=>

21. Hirkovskis A., Serdjus D., Goremikins V., Pakrastins L., and Vatin N. „Behaviour Analyze of Load-bearing Members from Aluminium Alloys". Magazine of Civil Engineering, 2015, ISSN: 2071-0305, 2071-4726, Volume 57, pp 86-96.

<https://www.scopus-com.resursi.rtu.lv/record/display.uri?eid=2-s2.0-84991284383&origin=resultslist&sort=plf-f&src=s&sid=357b7fb9bbbc99c209979f9fbd9d491&sot=autdocs&sdt=autdocs&sl=17&s=AU-ID%286508223358%29&relpos=7&citeCnt=2&searchTerm=>

22. Buka-Vaivade K., Serdjus D., Goremikins V., Vilguts A. and Pakrastins L. Experimental verification of design procedure for elements from cross-laminated timber. Procedia Engineering 172: 1212-1219, 2017.

<https://www.scopus-com.resursi.rtu.lv/record/display.uri?eid=2-s2.0-85016277042&origin=resultslist&sort=plf-f&src=s&sid=357b7fb9bbbc99c209979f9fbd9d491&sot=autdocs&sdt=autdocs&sl=17&s=AU-ID%286508223358%29&relpos=1&citeCnt=1&searchTerm=>

23. Goremikins V., Serdjus D., Buka-Vaivade K. and Pakrastins L. Choice of rational structural solution for smart innovative suspension structure. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering 251 012083, 2017.

<https://www.scopus-com.resursi.rtu.lv/record/display.uri?eid=2-s2.0-85034456512&origin=resultslist&sort=plf-f&src=s&sid=357b7fb9bbbc99c209979f9fbd9d491&sot=autdocs&sdt=autdocs&sl=17&s=AU-ID%286508223358%29&relpos=0&citeCnt=0&searchTerm=>

24. Stuklis A., Serdjus D., Goremikins V. Materials Consumption Decrease for Long-span Prestressed Cable Roof. Proceedings of the 10th International Scientific and Practical Conference „Environment. Technology. Resources", Volume I, pp 209-215, 2015, ISSN 1691-5402, DOI:

<http://dx.doi.org/10.17770/etr2015voll.231>

25. Vilguts A., Serdjus D., Goremikins V. Design Methods for Load-bearing Elements from Cross-Laminated Timber. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering 96 012054, 2015.

26. Paeglitis, A., Freimanis, A. (2016) Comparision of constant-span and influence line methods for long-span bridge load calculations. The Baltic Journal of Road and Bridge Engineering, (2016), Vol.11, No.1, pp.84–91. ISSN 1822-427X. Available from: doi:10.3846/bjrbe.2016.10. [M.kr.: 02T]; [Citav. rod.: 0.76(F) (2016)].

<https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-84964311654&doi=10.3846%2fbjrbe.2016.10&partnerID=40&md5=04764ea433ac1a418d98fc83e50e>

27. Paeglite I., Smirnovs J., Paeglitis A., Traffic load effects on dynamic bridge performance // Proceedings of the Eight International IABMAS Conference (IABMAS 2016) Bridge Maintenance, Safety, Management, Resilience and Sustainability , Brazil, Foz do Iguacu, 26.-30. June, 2016, pp. 2364-2369.

<https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85000925934&partnerID=40&md5=74631bb904fd257113a99c7656968c8d>

28. Rozentale, I., Paeglitis, A., “Criteria for assessment of bridge aesthetic and visual quality”, (2017) IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 251 (1), art. no. 012073, . DOI: 10.1088/1757-899X/251/1/012073.

<https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85034450046&doi=10.1088%2f1757-899X%2f251%2f1%2f012073&partnerID=40&md5=3a1a66f2f8152f81012e24a7b2313800>

29. Freimanis, A., Paeglitis, A. “Modal analysis of isotropic beams in peridynamics”, (2017) IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 251 (1), art. no. 012088, . DOI: 10.1088/1757-899X/251/1/012088

<https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85034422755&doi=10.1088%2f1757->

[899X%2f251%2f1%2f012088&partnerID=40&md5=892205087cd8608f880e2d04c0e2e0ab](https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-899X%2f251%2f1%2f012088&partnerID=40&md5=892205087cd8608f880e2d04c0e2e0ab)

30. Freimanis, A., Paeglitis, A. "Mesh Sensitivity in Peridynamic Quasi-static Simulations", (2017) Procedia Engineering, 172, pp. 284-291.

[https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-](https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85016329821&doi=10.1016%2fj.proeng.2017.02.116&partnerID=40&md5=32231bfe3a53c789a49b7850068276b7)

[85016329821&doi=10.1016%2fj.proeng.2017.02.116&partnerID=40&md5=32231bfe3a53c789a49b7850068276b7](https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85016329821&doi=10.1016%2fj.proeng.2017.02.116&partnerID=40&md5=32231bfe3a53c789a49b7850068276b7)

31. Paeglite, I., Smirnovs, J., Paeglitis, A. "Dynamic Behavior of Pre-stressed Slab Bridges", (2017) Procedia Engineering, 172, pp. 831-838. DOI: 10.1016/j.proeng.2017.02.13

[https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-](https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85016313412&doi=10.1016%2fj.proeng.2017.02.132&partnerID=40&md5=a9be3cc358f5ba4cca388ee7675c04ff)

[85016313412&doi=10.1016%2fj.proeng.2017.02.132&partnerID=40&md5=a9be3cc358f5ba4cca388ee7675c04ff](https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85016313412&doi=10.1016%2fj.proeng.2017.02.132&partnerID=40&md5=a9be3cc358f5ba4cca388ee7675c04ff)

Konferences:

1. Janeliukstis, R., Rucevskis, S., Wesolowski, M., Chate, A. Damage identification in beam structure based on thresholded variance of normalized wavelet scalogram, IMST 2017 – 3rd International Conference „Innovative Materials, Structures and Technologies”, 27. - 29. septembris, 2017, Rīga, Latvija.
2. Kovalovs, A., Rucevskis, S., Akisins, P., Kolupajevs, J. Numerical Investigation on Detection of Prestress Losses in a Prestressed Concrete Slab by Modal Analysis, IMST 2017 – 3rd International Conference „Innovative Materials, Structures and Technologies”, 27. - 29. septembris, 2017, Rīga, Latvija.
3. R. Janeliukstis, S. Rucevskis, A. Kovalovs, A. Chate. "Numerical Investigation on Multiclass Probabilistic Classification of Damage Location in a Plate Structure", International Conference on Structural Engineering Dynamics ICEDyn 2017, 3. – 5. jūlijs, Ericeira, Portugāle.
4. R. Janeliukstis, A. Clark, S. Rucevskis, S. Kaewunruen. "Vibration-based damage identification in railway concrete sleepers", SMAR 2017 – Fourth Conference on Smart Monitoring, , Assessment and Rehabilitation of Civil Structures, 13. – 15. septembris, Čīrihe, Šveice.
5. R. Janeliukstis, S. Rucevskis, M. Wesolowski, A. Chate, Damage Identification Dependence on Number of Vibration Modes Using Mode Shape Curvature Squares, MoViC & RASD 2016 – „Joint International Conference: Motion and Vibration Control & Recent Advances in Structural Dynamics” 2016, 3.–6. jūlijs, Southamptona, Lielbritānija.
6. R. Janeliukstis, S. Rucevskis, P. Akishin, A. Chate, Wavelet Transform Based Damage Identification in a Plate Structure, WMCAUS – „World Multidisciplinary Civil Engineering Architecture Urban Planning Symposium” 2016, 13.–16. jūnijs, Prāga, Čehija.
7. R. Janeliukstis, S. Rucevskis, M. Wesolowski, A. Chate, Multiple Damage Identification in Beam structure Using Wavelet Transform Technique, MBMST 16 – 12th International Conference „Modern Building Materials, Structures and Techniques”, 2016, 26.–27. maijs, Viļņa, Lietuva.
8. S. Rucevskis, R. Janeliukstis, P. Akišins, A. Čate, Vibration-Based Approach for Structural Damage Detection, 23rd International Congress on Sound and Vibration, 2016, 10.-14. Jūlijs, Atēnas, Grieķija.
9. R. Janeliukstis, S. Rucevskis, M. Wesolowski, A. Kovalovs, A. Chate, Damage identification in beam structure using spatial continuous wavelet transform, IMST 2015 - 2nd International Conference „Innovative Materials, Structures and Technologies”, 30. septembris – 2. oktobris, 2015, Rīga, Latvija;
10. R. Janeliukstis, S. Rucevskis, M. Wesolowski, A. Kovalovs, A. Chate, Damage identification in beam structure using mode shape data: from spatial continuous wavelet transform to mode shape curvature methods, ICoEV 2015 - IFTOMM International Conference on Engineering Vibration, 2015, 7.-10. septembris, Ļubļana, Slovēnija;
11. R. Janeliukstis, S. Rucevskis, M. Wesolowski, A. Kovalovs, A. Chate, Damage identification in polymer composite beams using spatial continuous wavelet transform, BPS 2015 – Baltic Polymer Symposium, 2015, 16.-18. Septembris, Sigulda, Latvija.

12. Paeglīte I., Paeglītis A. (2014) Dynamic Amplification factors of some city bridges, ICSCE 2014: XII International Conference on Structural and Construction Engineering, London, United Kingdom, 22-23 December 2014.
13. Paeglīte I., Smirnovs J. Dynamic effects caused by vehicle – Bridge interaction. // 5th International Scientific Conference of Civil Engineering, Architecture, Land management and Environment, 14-15 May 2015, Jelgava, Latvia.
14. Paeglītis A., Freimanis A. Modeling of traffic loads for bridge spans from 200 to 600 meters. // 5th International Scientific Conference of Civil Engineering, Architecture, Land management and Environment, 14-15 May 2015, Jelgava, Latvia.
15. 10th International Scientific and Practical Conference „Environment. Technology. Resources”, Rēzekne, Latvia, 2015, June 18 – 20 ar posteru Stuklis A., Serdjūks D., Goremikins "Materials Consumption Decrease for Long-span Prestressed Cable Roof".
16. 2nd International Conference „Innovative materials, Structures and Technologies” (IMST 2015, 30.09.15. – 02.10.15, Rīga, Latvia) ar ziņojumu Vilguts A., Serdjūks D., Goremikins V. "Design Methods for Load-bearing Elements from Cross-Laminated Timber".
17. Paeglīte I., Smirnovs J., Paeglītis A., Traffic load effects on dynamic bridge performance // 8 International IABMAS Conference (IABMAS 2016) Bridge Maintenance, Safety, Management, Resilience and Sustainability, Proceedings of the, Brazil, Foz do Iguacu, 26.-30. June, 2016,
18. Paeglīte I., Smirnovs J., Paeglītis A., Dynamic behaviour of pre-stressed slab bridges // 12th International conference “Modern Building Materials, Structures and Techniques”, (MBMST 2016), 26.-27.maijs, 2016, Viļņa, Lietuva,
19. Freimanis A., Paeglītis A., Mesh sensitivity analysis for quasi-static simulations // 12th International conference “Modern Building Materials, Structures and Techniques”, (MBMST 2016), 26.-27.maijs, 2016, Viļņa, Lietuva.
20. Riga Technical University International Scientific Conference 2016, 14.10.16. – 18.10.16, Rīga, Latvija ar ziņojumu "Inovatīvas viedas konstrukcijas izstrādē ar uzsvāru uz atjaunojamo dabas resursu izmantošanu ar paaugstinātu ilgtspējību un drošumu, kas ir vērstas uz būvniecības un infrastruktūras objektiem".
21. 12th International Conference „Modern Building Materials, Structures and Techniques”, Viļņa, Lietuva, 2016, Maijs 26 – 27 ar referātu "Experimental Verification of Design Procedure for Elements from Cross-Laminated Timber".
22. 29th International Baltic Road Conference, Tallinn (Estonia), 27 - 30 Aug 2017, A.Paeglītis ar referātu “New opportunities of timber bridges in Latvia”.

Maģistra darbi:

1. Kristaps FREIMANIS, „Nesošo elementu no Z profiliem darbības analīze” (vadītājs Dr.sc.ing. prof. D.Serdjūks) (2015).
2. Jāna JURČUKA, „Krustiski līmētas koksnes nesošo elementu darbības analīzē” (vadītājs Dr.sc.ing. prof. D.Serdjūks) (2015).
3. Jānis MŪRNIĒKS, „Koka pārseguma nestspējas palielinājuma analīze” (vadītāji Dr.sc.ing. prof. D.Serdjūks, M.sc.ing. asist. A. Kukule) (2015)
4. Tatjana SAKNITE, „Lokveida koka pārseguma ugunsizturības analīze” (vadītājs Dr.sc.ing. prof. D.Serdjūks) (2015).
5. Inese VIRBULE, „Trīsstāvu koka karkasa ēkas nesošo elementu darbības analīze” (vadītājs Dr.sc.ing. prof. D.Serdjūks) (2015).
6. Kristaps FREIMANIS, „Nesošo elementu no Z profiliem darbības analīze” (vadītājs Dr.sc.ing. prof. D.Serdjūks). (2015)
7. Jāna JURČUKA, „Krustiski līmētas koksnes nesošo elementu darbības analīzē” (vadītājs Dr.sc.ing. prof. D.Serdjūks). (2015)
8. Jānis MŪRNIĒKS, „Koka pārseguma nestspējas palielinājuma analīze”

- (vadītāji Dr.sc.ing. prof. D.Serdjuks, M.sc.ing. asist. A. Kukule) (2015)
9. Tatjana SAKNITE, „Lokveida koka pārseguma ugunsizturības analīze” (vadītājs Dr.sc.ing. prof. D.Serdjuks). (2015)
 10. Reinis Tukišs, “Satiksmes drošības pilnveides pasākumu analīze Liepājā”, vad. prof. J.Smirnovs. (2016)
 11. Mārtiņš Jākobsons, “Satiksmes organizācijas ietekme uz vides kvalitāti Liepājā”, vad. prof. J.Smirnovs. (2016)
 12. Vaivods Edgars, “Lokveida ceļa mezglu satiksmes drošības līmeņa analīze Latvijā”, vad. prof. J.Smirnovs. (2016)
 13. Vaivods Edgars, “Satiksmes drošības problēmu analīze Ogres pilsētā”, vad. prof. J.Smirnovs. (2016)
 14. Renārs Krišānovskis “Tērauda tiltu elementu bojājumu ietekme uz konstrukciju veiktspēju”, vad. prof. Ainārs Paeglītis. (2016)
 15. Zigmārs Krūmiņš “PPP piemērotākā modeļa noteikšana autoceļa E67/A7 Ķekavas apvedceļa posma izbūvei”, vad. prof. Ainārs Paeglītis. (2016)
 16. Linards Malmeisters, „Kompozītā nesoša elementa darbības analīzē”, vadītājs Dr.sc.ing. prof. D.Serdjuks. (2016)
 17. Inga Drobis-Drobiševska, „Ugunsizturības analīzē koka lokveida pārsegumam” (vadītājs Dr.sc.ing. prof. D.Serdjuks). (2016)
 18. Kaspars Spricis, „Kompozītā stiepta nesoša elementa parametru analīzē”, vadītājs Dr.sc.ing. prof. D.Serdjuks). (2016)
 19. Jānis Stepanovs, „Kombinētā tilta konstrukciju darbības izpētē”, vadītājs Dr.sc.ing. prof. D.Serdjuks. (2016)
 20. Andris Vētra, “Lokveida ceļu mezglu ietekme uz satiksmes drošības līmeni”, vadītājs prof. Juris Smirnovs (2017)
 21. Roberts Koops, “Rīgas un Valmieras apvedceļu vienlīmeņa ceļu mezglu satiksmes drošības analīze”, vadītājs prof. Juris Smirnovs (2017)

Bakalaura darbi:

1. R.Ruža “Stīgbetona siju nestspējas izpēte” (vad. Prof. A.Paeglītis) (2015);
2. R.Martinsons “Ilgspējīgas koka tiltu laiduma konstrukcijas” (vad. Prof. A.Paeglītis) (2015);
3. M.Jansons “Ceļa zīmju un apzīmējumu izmantošanas efektivitātes analīze” (vad. Prof. J.Smirnovs). (2015);
4. M.Cepurnieks “Satiksmes organizācijas un drošības analīze un iespējamie uzlabojumi Limbažu pilsētā”, inženierprojekts “Rostokas ielas pārbūve Rīgā”, vad. J.Smirnovs. (2015)
5. Karina BUKA-VAIVADE „Aprēķina metodiku pārbaude šķērsvirzienā kārtaini līmētam koka elementam. Veselības aprūpes centrs” (vadītājs Dr.sc.ing. prof. D.Serdjuks) (2016)
6. Aleksandrs Trokšs-Traško “Šķērssiņu nepieciešamības analīze saspriegotos saliekamos dzelzsbetona tiltos (inženierprojekts: Ceļa pārvada rekonstrukcija pār autoceļu V972 Madliena – Lēdmane)”, vad. prof. Ainārs Paeglītis. (2016)
7. Andris Vētra “Drošības barjeru lietošanas analīze Latvijā (inženierprojekts: Rāmavas ielas rekonstrukcija Rāmavā, Ķekavas novadā)”, vad. prof. Juris Smirnovs. (2016)
8. Jānis Praličs “Tiltu balstu izskalojumi un to radītās sekas (inženierprojekts: Autoceļa P5 Ulbroka-Ogre pārbūve)”, vad. prof. Ainārs Paeglītis. (2016)
9. Lauris Spiģeris “Satiksmes drošības problēmu analīze Siguldā (inženierprojekts: Autoceļa A12 posma Rēzekne – Ludza pārbūve)”, vad. prof. Juris Smirnovs. (2016)
10. Mārtiņš Cepurnieks “Satiksmes organizācijas un drošības analīze un iespējamie uzlabojumi Limbažu pilsētā (inženierprojekts: Rostokas ielas pārbūve Rīgā, posmā no Zolitūdes ielas līdz Jāņa Endzelīna ielai)”, vad. prof. Juris Smirnovs. (2016)
11. Ivars Loits “Dzelzsbetona konstrukciju aizsargkārtas izbūves precizitātes analīze (2016) saskaņā ar 2.Eiropas kodeksu (inženierprojekts: Gājēju pārvads pār autoceļu A5)”, vad. lekt. Ilze

- Paeglīte. (2016)
12. J. Gerasimova “Koka kupola racionāla konstruktīva risinājuma analīze”, vad. prof. D.Serdjuks. (2017)
 13. L. Lubgans „Koka karkasa elementu nestspējas palielinājuma analīze”, vad. prof. D.Serdjuks. (2017)
 14. K. Beridze „Konektoru koka kopnes nesošo elementu darbības analīze”, vad. prof. D.Serdjuks. (2017)
 15. Endija Namsone, “Racionālas formas koka loka tiltu optimizācija”, Vadītājs, Profesors Ainārs Paeglītis (2017)

Projekta ietvaros tiek izstrādāti šādi promocijas darbi:

1. **Rims Janeliukštis** „Bojājumu identifikācijas metožu izstrāde konstrukciju tehniskā stāvokļa monitoringam”, zinātniskie vadītāji – profesors Dr.sc.ing. Andris Čāte un vadošais pētnieks Dr.sc.ing. Sandris Ručevskis, aizstāvēšanās ir paredzēta 2018. gadā.
2. **Ilze Paeglīte** “Kustīgās slodzes iedarbība uz tiltu dinamiskajā īpašībām”, zinātniskais vadītājs – profesors Dr.sc.ing. Juris Smirnovs, aizstāvēšana paredzēta 2018. gadā.
3. **Andris Freimanis** „Risku ievērtēšana drošām, efektīvām un ilgtspējīgām tiltu būvēm”, zinātniskais vadītājs – profesors Dr.sc.ing. Ainārs Paeglītis, aizstāvēšana paredzēta 2018. gadā.
4. **Aivars Vilguts** „Kārtaini līmētas koksnes kompozīta daudzstāvu ēkas racionālas konstrukcijas”, zinātniskais vadītājs – profesors Dr.sc.ing. Dmitrijs Serdjuks, aizstāvēšana paredzēta 2018. gadā.
5. **K.Buka-Vaivade** „Krusteniski līmētu kokmateriālu izmantošanas efektivitātes paaugstināšana stieptajās konstrukcijās”, vadītājs D.Serdjuks, aizstāvēšana paredzēta 2021. gadā.

Sagatavoti dokumenti, kas apraksta 3. projekta laikā izstrādātās metodes, rekomendācijas, priekšlikumus u.tml. (pielikums elektroniski):

Nr. p.k.	Apraksts	Rezultāts	Skaitis/ mērvienība
1	Nepārtrauktā veivletu transformācijas (NVT) metode konstrukciju elementu bojājuma zonas lieluma un vietas lokalizācijas noteikšanai (Nodevums nr.3.2.1)	Metode	1
2	Pašsvārstību formu liekuma kvadrātu moduļa (PFLKM) metode konstrukciju elementu bojājuma zonas lieluma un vietas lokalizācijas noteikšanai (Nodevums nr.3.3.1)	Metode	1
3	Metode iepriekš saspriegto dzelzsbetona konstruktīvo elementu iepriekšējā sasprieguma zuduma novērtēšanai (Nodevums nr.3.3.2).	Metode	1
4	Metodoloģija tilta un transportlīdzekļa mijiedarbības modelēšanai, ņemot vērā transportlīdzekļa veidu, laiduma konstrukcijas tipu, balstījuma veidu un brauktuves segas gludumu	Metodoloģija	1
5	Metode transportlīdzekļu svara un kustības ātruma ietekmes novērtēšana uz konstrukcijas dinamiskajām īpašībām	Metode	1
6	Tiltu dinamisko raksturojumu rekomendējamo robežvērtību noteikšana.	Rekomendācija	1
7	Metode iedarbju uz tiltiem teorētisko varbūtību sadalījuma modeļu aprobācijai Latvijas apstākļiem	Metode	1

8	Metode būvmateriālu fizikālo nenoteiktību ietekmes uz nestspēju matemātiskā modeļa noteikšanai	Metode	1
9	Eiropas būvnormatīvos definētā drošuma indeksa un atlikušās nestspējas novērtēšana ekspluatācijā esošiem tiltiem	Rekomendācija	1
10	Aprēķina metodika konstrukcijas elementam no šķērsvirzienā kārtainas līmētas koksnes	metodika	1
11	Inovatīva vieda konstrukcija	Optimizācijas algoritms Konstrukcija	1 1

Kvalifikācijas celšana un jaunu zināšanu iegūšana, starptautiskās sadarbības veicināšana:

1. Rims Janeliukštis, Kompozītmateriālu un konstrukciju katedra, 09.01.2017.-20.06.2017. Birmingemas universitāte, Birmingema, Lielbritānija - prakse ERASMUS + programmas ietvaros. Uzdevums - dzelzceļa betona gulšņu statiskā slogošana un plaisu raksturošana, izmantojot eksperimentālo modālo analīzi un akustisko emisiju.
2. Ilze Paeglīte, Ceļu un tiltu katedra 2015.g. 7.-11.jūlijā un 17.-20.augustam piedalījās Karaliskās Tehnoloģiju universitātes (KHT) rīkotajosursos "Advanced Structural Dynamics Modelling and Measurements" Zviedrijā.

Projekta ietvaros izstrādātās jaunās metodes, kas aprobētas uzņēmumos:

1. "Metode transportlīdzekļu svara un kustības ātruma ietekmes novērtēšana uz konstrukcijas dinamiskajām īpašībām", aprobēta uzņēmumā SIA "Inženierbūve", apliecinājums datēts ar 16.09.2016.
2. "Metode iedarbju uz tiltiem teorētisko varbūtību sadalījuma modeļu aprobācijai Latvijas apstākļiem", aprobēta uzņēmumā SIA "Inženierbūve", apliecinājums datēts ar 11.11.2016.
3. "Tiltu dinamisko raksturojumu rekomendējamo robežvērtību noteikšana", aprobēta uzņēmumā SIA "Inženierbūve", apliecinājums datēts ar 16.03.2017.

Kvalifikācijas celšana un jaunu zināšanu iegūšana, starptautiskās sadarbības veicināšana:

1. Tika veidota sadarbība starp RTU Būvniecības un rekonstrukcijas institūtu un Sanktpēterburgas Politehniskās universitātes Inženieru-būvniecības institūtu projektā Competition for Young Researchers No. ZP-2016/9 (projekta finansējums 3000 EUR).

Jauni pētniecības projekti, to pieteikumu izstrāde un dalība:

1. RTU Zinātniskais projekts „Iepriekšsaspriegtas trošu kopnes un kārtaini līmētās koksnes klāja mijiedarbība ” Nr. ZP-2016/9. Projekta vadītājs – Vad. pētn. V.Goremikins.

Dalība starptautiskās sadarbības projektos:

1. COST Action TU1406 Transport and Urban Development. Quality specifications for roadway bridges, standardization at a European level (BridgeSpec)(2014-2017).
2. FP7 SCP3-GA-2013-605404-DURABROADS „Cost effective DURABLE ROADS by green optimizes construction and maintenance” 2013 – 2016.

Programmas un projekta popularizēšanas rezultatīvie rādītāji:

Projekta pārstāvji ir piedalījušies VPP IMATEH 15 semināros par projekta norisi un īstenošanu.

2015. gadā tika noorganizētas divas zinātniskās konferences – IMST „Innovative Materials, Structures and Technologies” 2015, 30.09.-02.10.2015, kā arī studentu zinātnisko konference 28.04.2015.

2015. gadā un 2017. gadā organizēta starptautiskā konference IMST „Innovative Materials, Structures and Technologies” (30.09.-02.10.2015. un 27.09.-29.09.2017.)

2015., 2016., 2017. gadā noorganizētas studentu zinātniskās konferences (28.04.2015., 27.04.2016. un 27-29.04.2017)

Rīgas Tehniskās universitātes 56. un 57. Starptautiskās zinātniskās konferences (14-16.10.2015, 14.-18.10.2016. un 12-15.10.2017) laikā tika informēti klātesošie (Latvijas un ārvalstu zinātnieki, studenti un industrijas pārstāvji, kā arī pārstāvji no zinātniskās komisijas) par projekta sasniegumiem un iegūtajiem zinātniskajiem rezultātiem.

Starptautiskā zinātniskā seminārā „Design of Steel and Timber Structures” (SPbU 2015, 21.05.15., Sanktpēterburgs, Krievija) ar ziņojumu "Design Methods of Elements from Cross-Laminated Timber".

Novadīts starptautiskais zinātniskais seminārs „Design of Timber Structures by EN 1995-1-1” (SPbU 2016, 24.02.16., Sanktpēterburga, Krievija).

Novadīts starptautiskais zinātniskais seminārs „Fire Design of Timber Structures by EN 1995-1-1” (SPbU 2016, 26.03.16., Sanktpēterburga, Krievija).

Novadīts starptautiskais zinātniskais seminārs „Design of Timber Structures by EN 1995-1-1” (RTU 2016, 17.11.16, Rīga, Latvija).

IMATEH mājas lapā <http://imateh.rtu.lv/> ir ievietota detalizēta informācija gan par 3. projekta gan VPP IMATEH aktivitātēm un aktualitātēm.

Žurnāliem „Būvinženieris” un “Latvijas būvniecība” sagatavoti un publicēti populāri – zinātniski raksti:

1. Paeglītis, A. (2015) Koka tilti Latvijā – vēsture un perspektīvas (Timber bridges in Latvia – history and perspective). // Būvinženieris, 2015. gada decembris, Nr.47, 156-163.lpp. ISSN 1691-9262.
2. Paeglītis, A. (2015) “Saspriegta stīgbetona siju tilta nestspējas izpēte”// Būvinženieris, 2015. gada februāris Nr.42, 102-108.lpp. ISSN 1691-9262.
3. Paeglītis A., Līmēta koka gājēju pārvads pār autoceļu P103 Dobeles-Bauska 17.44 km Tērvetē // Latvijas būvniecība, 2016, Nr.3, 79-85 lpp. ISSN 1691-4058.

Privātā sektora līdzfinansējums un ieņēmumi no līgumdarbiem, kas, balstās uz 3. projektā ietvaros radītajiem rezultātiem, projekta realizācijas laikā sasniedz **28 522 Eur**.

Noslēgtie līgumdarbi 01.01.2014 - 31.12.2014:

RTU Nr.	Vadītājs	Nosaukums	Pasūtītājs	Līgumcena EUR (iesk.PVN)	Darbības laiks
L8063	S. Ručevskis	Transformatora 330kV izvada un 330kV kabeļa savienojuma drošības vārsta aprēķini	SIA Energoremonts	2000	25.08.14-08.09.14
L8071	A. Čate	Iepriekš saspriegto dzelzsbetona konstruktīvo elementu iepriekšējā sasprieguma zuduma novērtēšana, izmantojot konstrukcijas dinamiskos parametrus	SIA Sweco Structures Latvija	15000	22.09.14-22.09.15

Noslēgtie līgumdarbi 01.01.2016 - 31.12.2016:

RTU Nr.	Vadītājs	Nosaukums	Pasūtītājs	Līgumcena EUR (iesk. PVN)	Darbības laiks
L8278	S. Ručevskis	Telpiskas kopnes no kārbveida profiliem spriegum-stāvokļa aprēķins un eksperimentālā testēšana	AS „UPB”	4080,00	25.04.2016–30.05.2016
L8043_16	A. Paeglītis	Ģeorežģu testēšana	SIA “Lemmikainen Latvia	3121.23	29.08.16. – 30.09.16.
L8043_17	A. Paeglītis	Ar cementu saistītu paraugu elastības moduļu testēšana saskaņā ar LVS NE 13286-43	SIA Ceļu eksperts	871.31	1.08.16. – 22.09.16

Noslēgtie līgumdarbi 01.01.2017 - 31.12.2017:

RTU Nr.	Vadītājs	Nosaukums	Pasūtītājs	Līgumcena EUR (iesk.PVN)	Darbības laiks
L8373	A. Čate	Ēkas apšuvuma kasetes konstrukcijas termo-mehāniskās uzvedības aprēķins	AS „UPB”	3450,00	26.01.2017 – 28.02.2017

2.3. Projekta Nr.3 uzdevumi

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

Darba uzdevumi 4. posmam	Galvenie rezultāti 4. posmam
1.	
1.1. Tiltu dinamisko raksturojumu rekomendējamo robežvērtību noteikšana.	Rekomendācijas robežvērtībām.

Pārskata periodā turpināts darbs pie tiltu dinamisko īpašību izpētes un rekomendējamo robežvērtību noteikšanas. Dinamikas novērtēšanas metode izstrādāta 4 Latvijā sastopamu tiltu veidiem, jo katrai no šīm tiltu konstrukcijām ir citādāki raksturlielumi un parametri, kas ietekmē konstrukcijas dinamiskumu.

Tika noskaidrots, ka galvenie parametri, kas ietekmē dinamiskumu ir laiduma garuma/augstuma attiecība, pirmo pašsvārstību frekvence, statiskā izliece un svārstību rimšanas koeficients. Visi parametri ir nosakāmi konstrukcijai projektēšanas stadijā, izstrādājot matemātisko FEM modeli.

Svarīgi ir ņemt vērā, vai konstrukcijai ir kāds no dinamiskumu palielinošajiem konstruktīvajiem faktoriem, kas ir: tilts novietots slīpi pret brauktuves asi vai plāna līknē. Brauktuve atrodas uz šķērsgrīzes konsoles daļas, laiduma konstrukcija šķērsvirzienā ir slīpa uz vienu pusi.

Tomēr neņemot vērā visus norādītos kritērijus, svarīgākais ir seguma gludums, jo nelīdzens tilta segums neatkarīgi no tilta parametriem radīs paaugstinātu tilta dinamiskumu.

Tabulās 4.1. līdz 4.4 parādīti 4 tiltu veidu novērtējuma kritēriji:

Tabula 4.1. Dzelzsbetona plātņu tiltu palielināta dinamiskuma novērtējuma tabula

Tilta nosaukums:		
Materiāls:	Dzelzsbetona plātņu tilti	Paaustināta dinamiskuma robežvērtība
Sistēma:	Vienkārši balstīts	Jā
Dinamiskumu palielinoši faktori:	Novietojums leņķī pret brauktuves asi	Jā
Laiduma garuma/augstuma attiecība:		>30
Pašsvārstību frekvence:		<3,25Hz vai >6 Hz
Statiskā izliece:		> 4,7 mm
Svārstību rimšanas koeficients:		<0,02

Tabula 4.2. Spriegbetona siju tiltu palielināta dinamiskuma novērtējuma tabula

Tilta nosaukums:		
Materiāls:	Spriegbetona sijas	
Sistēma:	Vienkārši balstīta pārtrauktas sistēmas tilti	Paaustināta dinamiskuma robežvērtība
Laiduma garuma/augstuma attiecība:		>19
Pašsvārstību frekvence:		>5Hz
Statiskā izliece:		<3,7mm
Svārstību rimšanas koeficients:		>0,02

Tabula 4.3. Spriegbetona plātņu tiltu palielināta dinamiskuma novērtējuma tabula

Tilta nosaukums:		
Materiāls:	Saspriegta plātne	
Sistēma:	Nepārtraukts rāmja sistēmas tilts	Paaustināta dinamiskuma robežvērtība
Dinamiskumu palielinoši faktori:	Plāna līkne(rādiuss)	Jā
	Brauktuve uz ietves konsoles	Jā
Laiduma garuma/augstuma attiecība:		>25
Pašsvārstību frekvence:		>4,3Hz
Statiskā izliece:		4,2 - 4,6 mm
Svārstību rimšanas koeficients:		>0,03

Tabula 4.4. Sprigbetona ribotu plātņu tiltu palielināta dinamiskuma novērtējuma tabula

Tilta nosaukums:		
Materiāls:	Saspriegta ribota plātne	
Sistēma:	Nepārtraukts rāmja sistēmas tilts	Paaustināta dinamiskuma robežvērtība
Dinamiskumu palielinoši faktori:	Plāna līkne	Jā
	Brauktuve uz konsoles	Jā
	Laiduma konstrukcija vertikāli slīpa	Jā
Laiduma garuma/augstuma attiecība:		>25
Pašsvārstību frekvence:		>3,9 - 4,8Hz
Statiskā izliece:		>5,4 mm
Svārstību rimšanas koeficients:		>0,03

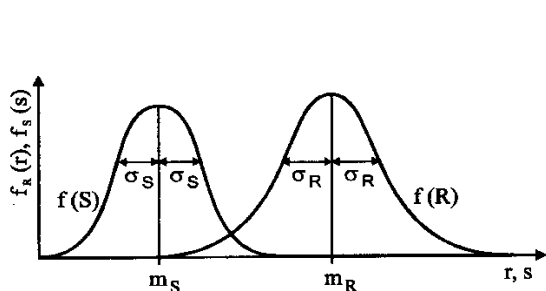
1.2 Drošuma indeksa un atlikušās nestspējas novērtēšana ekspluatācijā esošiem tiltiem.

Rekomendācija drošuma indeksam.

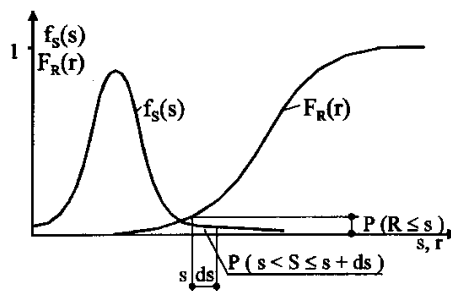
Drošuma indeksa un atlikušās nestspējas novērtēšana ekspluatācijā esošiem tiltiem tika izmantota 0.Eiropas kodeksā dotā metode. Tiek pieņemts, ka robežstāvoklis (sabrukšana) visai konstrukcijai vai tās daļai iestājas tad, ja tās materiāla pretestība R ir vienāda ar pielikto slodzi S . Ar pielikto slodzi saprot iedarbību kombināciju, kas vienlaicīgi iedarbojas uz aplūkojamo konstrukciju. Tādēļ jebkuru robežstāvokli var aprakstīt ar formulu:

$$R = S$$

Tiltiem, praktiski, gan R gan S nav tieši nosakāmi, jo tie ir nejauši mainīgie. Tos var salīdzināt un aprakstīt ar atbilstošām $f_R(r)$ un $f_S(s)$ blīvuma funkcijām (1.att.).



1.att. R un S varbūtības blīvuma funkcijas



2.att. Sabrukuma gadījuma varbūtības grafiskā interpretācija

Blīvuma funkcijas r un s var pārklāties (1.att.). Šādi gadījumi ir iespējami, ja nejaušā pretestība ir mazāka par vienlaicīgi pieliktās iedarbes lielumu un to sauc par konstrukcijas sabrukuma gadījumu. Izmantojot 1.6.att, var noteikt, ka sabrukuma gadījuma varbūtība galvenokārt ir atkarīga no izkliedes lieluma. Palielinoties $f_R(r)$ un $f_S(s)$ izkliedei, palielinās sabrukuma varbūtība.

Matemātiski sabrukuma iespējas varbūtību var atrast izmantojot iedarbes s varbūtības blīvumu un pretestības r varbūtības sadalījuma funkciju (2.att.), ko intervālā ds var izteikt kā:

$$P(s < S \leq s + ds) = f_S(s) ds$$

Saskaņā ar varbūtības sadalījuma funkciju:

$$P(R \leq s) = F_R(s).$$

Pieņemot notikumu vienlaicību, var tikt aprēķinātā šāda varbūtība:

$$P\{(s < S \leq s + ds) \cap (R \leq s)\} = F_R(s) f_s(s) ds.$$

Sabrukums notiks, ja izpildīsies vienādojuma kreisā daļa, t.i. ja iedarbe s atrodas intervālā $(s; s+ds)$ un tai pašā laikā pretestība r ir mazāka vai vienāda ar iedarbi s . Tādēļ tā ir nosacīta varbūtība. Lai iegūtu beznosacījumu varbūtību sabrukuma gadījumam, iepriekšējo vienādojumu integrē visām iespējamām s vērtībām:

$$P_f = \int_{-\infty}^{+\infty} F_R(s) f_s(s) ds$$

Starpība $Z = R - S$, apzīmē drošības zonu. Sakarība starp drošības zonu un sabrukuma gadījuma varbūtību ir ir parādīta 3.att.. Jo lielāka ir drošības zona, jo mazāka ir sabrukuma varbūtība. Var izšķirt divas drošības zonas. Centrālo drošības zonu, ko veido attālums starp pretestības m_R un iedarbes m_S vidējām vērtībām. Nominālās drošības zona atrodas starp vērtībām R_p un S_q .

Ja lielumi S un R ir savstarpēji neatkarīgi un tos var raksturot ar normāla sadalījuma līkni, tad arī Z raksturojums ir analogs. Lieluma Z vidējo, standartnovirzi un variāciju koeficientu var noteikt izmantojot kļūdas izplatīšanās likumu:

$$m_z = m_R - m_S;$$

$$\sigma_z = \sqrt{(\sigma_R^2 + \sigma_S^2)};$$

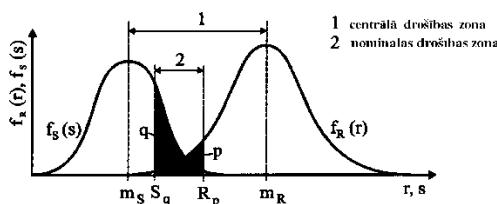
$$V_z = \frac{\sigma_z}{m_z};$$

Ja vidējā m_z vērtība ir definēta, kā standarta novirzes σ_z reizinājums ar koeficientu β :

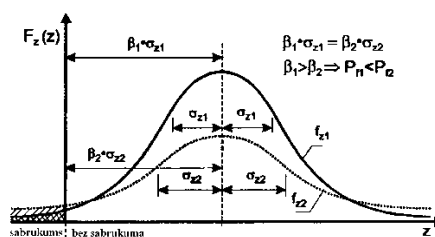
$$m_z = \beta \cdot \sigma_z,$$

tad sabrukuma varbūtību var aprakstīt ar vienādojumu:

$$p_f = \int_{-\infty}^0 f_z(z) dz = F_z(z=0) = \Phi\left(-\frac{m_z}{\sigma_z}\right) = \Phi(-\beta);$$



3.att. Drošības zonas



4.att. Drošuma koeficienta grafiskā interpretācija divām dažādām dispersijas līknēm

Tas nozīmē, ka ar dažādām β vērtībām var raksturot dažādu drošumu. Pieaugot β vērtībai pieaug drošums, tādēļ koeficientu β sauc par drošuma koeficientu.

Attiecība starp sabrukuma varbūtību p_f un drošuma koeficientu β attiecināta uz 1 un 50 gadu periodu ir dota 1.tabulā.

1.Tabula

Sabrukuma varbūtība p_f	10^{-1}	10^{-2}	10^{-3}	10^{-4}	10^{-5}	10^{-6}	10^{-7}
Drošuma koeficients β_1	1.3	2.3	3.1	3.7	4.2	4.7	5.2

(1 gada periodam)							
Drošuma koeficients β_{50} (50 gadu periodam)		0.21	1.67	2.55	3.21	3.83	4.41

Jebkuram laika periodam R (izteiktam gados), lielākam par 1 gadu, drošuma koeficientu var noteikt pēc formulas:

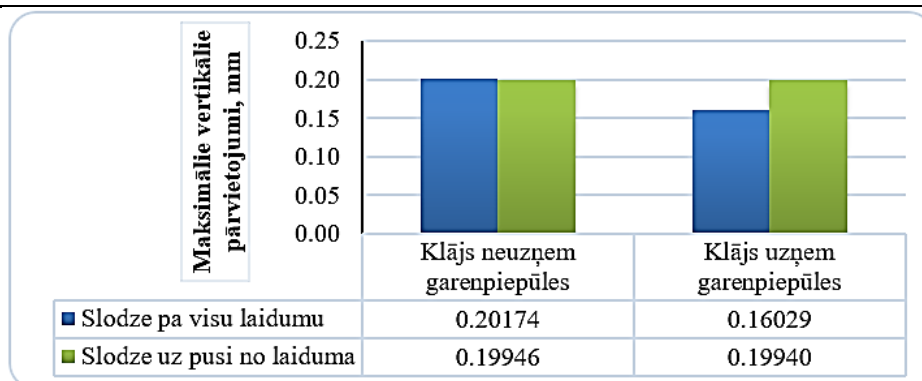
$$\beta_R = \Phi^{-1}\{[\Phi(\beta_1)]^R\}.$$

Konstrukciju drošums ir svarīgs tādēļ, ka jebkura negadījuma rezultātā var ciest cilvēki. Konstrukciju sabrukuma varbūtību, salīdzinot ar cita veida darbībām, kuru rezultātā var ciest cilvēki, var pieņemt vienādu ar 10^{-6} . No ekonomiskā viedokļa konstrukcijas drošuma līmenis ir atkarīgs no sabrukuma izraisīto seku un drošības nodrošināšanas pasākumu izmaksu līdzsvara.

LVS ENV-1991-1 pieņemtā drošuma koeficienta β vērtība ir 4.7 - nestspējas robežstāvoklim un 3.0 - lietojamības robežstāvoklim (1 gada periodam).

2.1. Iepriekš saspiiegto dzelzsbetona konstruktīvo elementu iepriekšējā saspiieguma zuduma novērtēšanas metodes izstrāde.	Metode iepriekš saspiiegto dzelzsbetona konstruktīvo elementu iepriekšējā saspiieguma zuduma novērtēšanai
Pārskata periodā turpināts darbs pie iepriekš saspiiegtais dzelzsbetona dobās pārseguma plātnes dinamiskas skaitliskiem aprēķiniem galīgo elementu programmatūrā ANSYS. Darbs ir veikts ar mērķi noteikt iepriekšējā saspiieguma zuduma un stiegrojuma bojājumu ietekmes uz iepriekš saspiiegtais plātnes dinamiskiem raksturlielumiem pie dažādiem betona elastības moduļa lielumiem. Izmantojot veikta skaitliskā parametriskā pētījuma rezultātus ir izstrādāta eksperimentāli-skaitliskā nesagraujošā metode iepriekšējā saspiieguma zuduma noteikšanai un novērtēšanai dzelzsbetona konstruktīvajos elementos. Metode izmanto eksperimentāli iegūtus konstruktīvo elementu dinamiskos raksturlielumus – pašsvārstību (rezonanses) frekvences un ļauj, veicot tipveida dzelzsbetona konstruktīvā elementa pašsvārstību frekvenču vērtību salīdzināšanu ar etalona elementa raksturlielumiem, kvalitatīvi noteikt iepriekšējā saspiieguma zudumu. Konstruktīvā elementa paralēlas vai iepriekš veiktas skaitliskās analīzes gadījumā metode dod iespēju veikt arī kvantitatīvu iepriekšējā saspiieguma zuduma novērtēšanu. Metodes jūtīgums un efektivitāte ir analizēta ar skaitliskiem aprēķiniem, izmantojot iepriekš izstrādātus saspiiegto dzelzsbetona dobo pārseguma plātņu galīgo elementu modeļus.	
2.2. Skaitliskie un eksperimentālie pētījumi par bojājuma datu klasifikāciju ar mērķi prognozēt bojājuma lokalizācijas varbūtību.	Sagatavots raksts konferences raksta krājumam
Pārskata periodā sākts darbs pie klasifikācijas modeļu izstrādes bojājumu lokalizēšanai plātņu tipa konstrukcijās. Dotajā pētījumā ir piedāvāta metodoloģija bojājumu lokalizācijai plātņu konstrukcijās, balstoties uz informācijas klasifikāciju. Izveidots kompozīta konsolplātnes skaitlisks modelis, kurā plātne sadalīta 18 zonās. Šīs zonas tiek izmantotas kā klasifikācijas klases. Punktveida masa (5 % un 10 % no plātnes masas) tiek pielikta 9 punktos katrā no 18 plātnes zonām ar mērķi iegūt vairāk datu katrai klasei. Katrā masas pielikšanas solī tiek veikta modālā analīze, un plātnes deformācija tiek reģistrēta ar 11 plātnē iestrādātiem deformāciju sensoriem. Deformāciju dati tiek ievadīti <i>k-tuvāko kaimiņu</i> un <i>lēmumu pieņemšanas koku</i> klasifikācijas algoritmos. Klasifikācijas modeļu parametri tiek optimizēti ar mērķi samazināt klasifikācijas kļūdas. Klasifikatoru efektivitāte tiek pārbaudīta, izmantojot nekārtības matricas. Pārbaude uzrāda augstu klasifikācijas kvalitāti abu algoritmu gadījumā. Visbeidzot, divi mākslīgi bojājumi tiek simulēti, tāpat pieliekot punktveida masu plātnes vietās ar iepriekš nezināmām koordinātēm. Šī informācija tiek ievadīta izveidotajos klasifikatoru modeļos ar mērķi klasificēt nezināmos bojājumus kā piederīgus kādai no 18 plātnes klasēm (zonām). Bojājumu klasifikācijas rezultāti kļūdas robežas sakrīt, izmantojot abas klasifikācijas metodes pie 5 % un 10 % punktveida masām. Iegūtie rezultāti rāda, ka metode spēj dot ticamus bojājumu identifikācijas rezultātus. Pētījums	

tālāk tiks attīstīts eksperimentāli - ir izgatavotas oglekļa šķiedras kompozītmateriāla plātnes ar integrētiem sensoriem eksperimentālo dinamisko raksturlielumu iegūšanai.	
1. Konstruktīvo elementu no šķērsvirzienā kārtaini līmētas koksnes aprēķina metodikas izstrāde.	Piedāvāta aprēķina metodika liektiem un spiesti-liektiem konstruktīviem elementiem no šķērsvirzienā kārtaini līmētas koksnes. Paveiktas piedāvātas aprēķinā metodikas eksperimentālas pārbaudes, apskatot dažādas liekto un spiesti-liekto elementu statiskās shēmas.
Ir piedāvāta aprēķina metodika liektiem un spiesti-liektiem konstruktīviem elementiem no šķērsvirzienā kārtaini līmētas koksnes, kas balstās LVS EN 1995-1-1 un reducētā šķērsgriezuma metodi. Tika paveikti četru veidu eksperimenti. Par pētījuma objektiem ir izvēlēti šķērsvirzienā kārtaini līmēti koka paneļi ar izmēriem 2x0.35 m un kopējo biezumu 60 mm. Paneļi tika pārbaudīti četrpunktu liecē, kā liekto elementu, piekarinot paneli četros punktos, kā spiesti-liekto paneli, piekarinot paneli ar slīpumu un trīs punktu liecē, slogojot līdz sabrukumam. Paveikto eksperimentu sērija dod iespēju secināt, ka piedāvāta aprēķina metodika, ļauj aprēķināt liektos un spiesti-liektos elementus no šķērsvirzienā kārtaini līmētas koksnes ar pietiekami augstu precizitātes līmeni, kas ir salīdzināms ar eksistējošajām aprēķinā metodēm, tādām kā: Gamma metode, Bīdes analogiju metode, Kompozītu metode; un raksturojas ar samazināto aprēķinā darbietilpību. Analizējot eksperimentāli un analītiski iegūtos rezultātus, var secināt, ka atšķirība starp rezultātiem, kas iegūti ar reducēto šķērsgriezuma metodi, GEM un eksperimentāli atrodas robežās no 0.1 līdz 20.23 %. Piedāvātās aprēķina metodikas izmantošana ir efektīva liekto un spiesti-liekto šķērsvirzienā kārtaini līmētas koksnes elementu projektēšanai.	
2. Konstrukcijas no krusteniski līmētiem kokmateriāliem topoloģiju optimizācija un to racionālo no materiāla patēriņa viedokļa parametru noteikšana.	Izstrādāts konstrukcijas, kas sastāv no galvenajiem stieptajiem nesošajiem elementiem un sekundārajiem elementiem no šķērsvirzienā kārtaini līmētas koksnes, optimizācijas algoritms. Paveikta konstrukcijas no šķērsvirzienā kārtaini līmētas koksnes topoloģijas optimizācija un noteikti tās racionālie parametri no materiāla patēriņa viedokļa.
Tiek paveikta konstrukcijas no šķērsvirzienā kārtainas līmētas koksnes topoloģiju optimizācija ar mērķi noteikt tādas konstruktīvo parametru vērtības, pie kurām tiek iegūts vismazākais materiāla patēriņš, maksimālajām pārvietojumu un spriegumu vērtībām nepārsniedzot attiecīgās robežvērtības. Konstrukcijas optimizācija tiek veikta ar ANSYS programmā iestrādāto optimizācijas algoritmu. Par pētniecisko objektu ir pieņemts vidēja izmēra Latvijas apstākļiem piemērots gājēju - velosipēdistu iekārtais tilts ar galveno konstruktīvo elementu trošu kopni un klāju no krusteniski līmētās koksnes. Saskaņā ar optimizācijas procesā iegūtajiem datiem, ievērojot klāja darbības efektu tilta garenvirzienā darbojošos piepūļu uzņemšanā, var samazināt maksimālos vertikālos pārvietojumus no vienmērīgi izkliedētās slodzes pa visu laidumu līdz pat 20%, nepalielinot materiāla patēriņu.	



1.attēls. Maksimālie vertikālie pārvietojumi ar klāju, kas uzņem un neuzņem garenpiepūles.

Apkopojot optimizācijas procesā iegūtos rezultātus, ir iegūts, ka izmantojot klāju no krusteniski līmētās koksnes paneļiem, kas uzņem garenpiepūles, ir iespējams samazināt trošu materiāla patēriņu. Iekārtā tilta konstrukcijai ar klāju, kas uzņem garenpiepūles, tērauda materiāla patēriņu ir iespējams samazināt par 25% salīdzinājumā ar gadījuma, kad tilta klājs neuzņem garenpiepūles.

3. Izstrādāt nesošo konstrukciju, kas sastāv no galvenajiem stieptajiem nesošajiem elementiem un sekundārajiem elementiem no šķērsvirzienā kārtaini līmētas koksnes.

Izstrādāta nesoša konstrukcija, kas sastāv no galvenajiem stieptajiem nesošajiem elementiem un sekundārajiem elementiem no šķērsvirzienā kārtaini līmētas koksnes. Izstrādāti divi (2D un 3D) konstrukcijas galīgo elementu modeļi un divi fiziskie modeļi.

Tiek piedāvāta inovatīva konstrukcija ar galvenajiem stieptajiem nesošajiem elementiem un sekundārajiem nesošajiem elementiem no krusteniski līmētiem kokmateriāliem (CLT), ar uzsvaru uz atjaunojamo dabas resursu izmantošanu, ko var pielietot būvniecības un infrastruktūras objektiem. Par pētniecisko objektu ir pieņemts vidēja izmēra Latvijas apstākļiem piemērots gājēju - velosipēdistu iekārtais tilts ar garumu 60 m un platumu 5 m, kur galvenais konstruktīvais elements ir trošu kopne. Balsta konstrukcijas ir pieņemtas kā absolūti stingas. Klājs balstās uz stabilizējošajām trosēm un ir veidots no krusteniski līmētiem kokmateriāliem. Inovatīvai konstrukcijai ir paredzēts izmantot CLT plātnes, nevis tikai kā klāju, bet arī iesaistīt tās piepūli, kas darbojas tilta garenvirzienā, uzņemšanā, tādā veidā atslogojot troses, līdz ar to arī samazinot trošu materiāla patēriņu. Piedāvātā konstrukcija raksturojas ar efektīvu augstas stiprības materiāla izmantošanu, jo tiek noteikta un izmantota labākā jeb racionālākā, no materiāla patēriņa viedokļa, trošu kopne, kā arī ir veikta klāja konstrukcijas, kas uzņem tilta garenvirzienā darbojošās piepūles, izpēte ar nolūku gūt iespēju daļēji aizstāt neatjaunojamus resursus, no kuriem tiek izgatavotas troses ar atjaunojamo vietējo resursu.

Tiek izstrādāti iekārtā tilta 2D un 3D skaitliskie modeļi. Skaitlisko modeļu izstrāde tiek veikta ar ANSYS datorprogrammas 12.1 versijas palīdzību, izmantojot parametrisko projektēšanas valodu APDL. Lai pārbaudītu skaitliskas modelēšanas pieejas pareizību, ir izstrādāti divi fiziskie modeļi iepriekš saspriegta iekārta tilta prototipam ar laidumu 2.17 m un platumu 0.5 m, ar kuru palīdzību ir veikta skaitlisko modeļu verifikācija diviem gadījumiem – ar klāju, kas uzņem tilta garenvirzienā darbojošās piepūles un ar klāju, kas neuzņem tās. Skaitlisko modeļu salīdzinājums ar fiziskajiem modeļiem tiek veikts pēc maksimālajiem vertikālajiem pārvietojumiem pie attiecīgā slogojuma un balstu reakcijas izmaiņām stabilizējošajā trosē. Izanalizējot ar ANSYS programmu izstrādāto 2D un 3D skaitlisko modeļu salīdzinājumus ar fiziskajiem modeļiem, var secināt, ka iegūtie skaitliskie modeļi ir ticami precīzi un izvēlēta modelēšanas pieeja ir piemērojama apskatāmā iekārtā tilta konstrukcijas ar 60 metru laidumu projektēšanai.

2.4. Projekta Nr. 3 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)

Atbilstoši 3.projekta 1.uzdevumam “Izpētīt Latvijas autoceļu tiltu dinamiskos raksturojumus un noskaidrot to ietekmi uz konstrukciju drošumu, izstrādāt konstrukciju risku, drošuma un robustuma noteikšanas metodes” veikti pētījumi autoceļu tiltu dinamisko raksturojumu izpētē: transportlīdzekļa un brauktuves mijiedarbības izpēte, transportlīdzekļa svara un kustības ātruma ietekme uz kā arī pētītas satiksmes slodzes un to iedarbība uz konstrukciju drošumu. Plānotie izpētes mērķi ir sasniegti.

Pētījumu rezultātā ir publicētas 7 SCOPUS datu bāzē indeksētas publikācijas un rezultāti ziņoti 5 starptautiskās zinātniskās konferencēs. Projekta ietvaros izstrādātas 4 metodes un 2 rekomendācijas:

1. Metodoloģija tilta un transportlīdzekļa mijiedarbības modelēšanai, ņemot vērā transportlīdzekļa veidu, laiduma konstrukcijas tipu, balstījuma veidu un brauktuves segas gludumu
2. Metode transportlīdzekļu svara un kustības ātruma ietekmes novērtēšana uz konstrukcijas dinamiskajām īpašībām
3. Rekomendācija - Tiltu dinamisko raksturojumu rekomendējamās robežvērtības.
4. Metode iedarbju uz tiltiem teorētisko varbūtību sadalījuma modeļu aprobācijai Latvijas apstākļiem
5. Metode būvmateriālu fizikālo nenoteiktību ietekmes uz nestspēju matemātiskā modeļa noteikšanai
6. Rekomendācija - Eiropas būvnormatīvos definētā drošuma indeksa vērtības atlikušās nestspējas novērtēšanai ekspluatācijā esošiem tiltiem.

Iegūtie rezultāti tiek izmantoti promocijas darbu izstrādāšanai: Ilze Paeglīte “Kustīgās slodzes iedarbība uz tiltu dinamiskajā īpašībām” un Andris Freimanis „Risku ievērtēšana drošām, efektīvām un ilgtspējīgām tiltu būvēm”.

Atbilstoši 3. Projekta 1.posma uzdevumam 1.1. tika pētīta transportlīdzekļu ietekme uz tilta laiduma konstrukcijām, noteikti dinamiskuma koeficienti. Konstatēts, ka dinamiskuma koeficients ir atkarīgs no autoceļa seguma līdzenuma un automašīnas braukšanas ātruma. Automašīnai braucot pa nelīdzenu brauktuves segumu ar 20km/h dinamiskuma koeficients pieauga līdz 1,5 reizēm. Automašīnai pārvietojoties pa līdzenu brauktuves segumu, dinamiskuma koeficients nepārsniedz Eirokodeksā paredzēto vērtību 1,4. Sasprīgtas konstrukcijas dzelzsbetona tiltiem DAF vērtības samazinās palielinoties laiduma garumam braucot ar ātrumu 20km/h pa nelīdzenu brauktuvi.

Atbilstoši 3. projekta 2.posma uzdevuma 2.1. ietvaros pētīta satiksmes slodzes iedarbība uz tiltu konstrukcijām, kuru laidums lielāks par 200 m, jo Eirokodeksā paredzētās slodzes attiecas uz laidumiem līdz 200 m. Tā kā drīzumā paredzēts būvēt vanšu tiltu pār Daugavu Jēkabpilī, kura centrālais laidums būs ap 320 m, tad veiktais pētījums attiecas uz slodzes noteikšanu drošai tilta ekspluatācijai. Izmantojot datus par Latvijas satiksmi, aprēķinātas slodzes tiltu laidumiem no 200 līdz 600 m. Konstatēts, ka pat visnelabvēlīgākajiem satiksmes scenārijiem, aprēķinātās slodzes ir zemākas par standartos dotajām un palielinoties slogotajam garumam, tās vēl vairāk samazinās. Uzsākta pētniecība par Weigh-in-motion sistēmu datu tīrīšanu, lai iegūtu maksimāli precīzus datus tālākiem aprēķiniem.

Atbilstoši 3. Projekta 3.posma uzdevumam 3.1. tika pētīta Transportlīdzekļu svara un kustības ātruma ietekmes novērtēšana uz konstrukcijas dinamiskajām īpašībām. Iegūti šādi pētījuma rezultāti:

- 1.tiltu dinamiskie raksturlielumi (pašsvārstību frekvence, rimšanas koeficients, dinamiskuma koeficients) ir atkarīgi no tilta konstrukcijas materiāla veida un statiskās shēmas, savukārt dinamisko koeficientu stipri ietekmē seguma gludums.
- 2.Automašīnas svars pats par sevi maz ietekmē Dinamiskuma koeficientu un Pašsvārstību frekvences.

3. Automašīnas svara palielinājums virs normālas satiksmes automašīnu svara nav tieši saistīts ar konstrukcijas dinamiskuma pieaugumu.

Uzdevuma 3.2. ietvaros ir pētīts iedarbju teorētisko varbūtību sadalījuma modeļu pielietojums tiltiem. Pētījuma rezultātā iegūta metode slodžu aprēķinam.

Atbilstoši 3. projekta 4. posma uzdevumam 4.1. tika iegūtas rekomendējamās tiltu dinamisko raksturojumu vērtības, kuras rekomendējams izmantot veicot tiltu pārbaudes ar dinamisku slodzi. Iegūtie rezultāti uzlabos tiltu drošību.

Atbilstoši 3. Projekta izvirzītajam 2. uzdevumam „Izstrādāt metodoloģiju konstruktīvo elementu bojātu vai ar bojājumu (dažādu veidu materiāla degradācijas formas) dinamisko parametru (svārstību frekvenču, svārstību modu, svārstību dzišanas parametru, utt.) eksperimentālai noteikšanai un to pielietošanai konstrukciju tehniskā stāvokļa monitoringam” plānotie mērķi ir sasniegti pilnībā.

Pētījumu rezultāti ir publicēti 12 WoS un Scopus datu bāzēs indeksētās publikācijās un ziņoti 11 starptautiskās zinātniskās konferencēs. Projekta ietvaros ir izstrādātas 3 metodes:

1. Nepārtrauktā veivletu transformācijas (NVT) metode konstrukciju elementu bojājuma zonas lieluma un vietas lokalizācijas noteikšanai (Nodevums nr.1)

2. Pašsvārstību formu liekuma kvadrātu (PFLK) metode konstrukciju elementu bojājuma zonas lieluma un vietas lokalizācijas noteikšanai (Nodevums nr.1)

3. Metode iepriekš saspriegto dzelzsbetona konstruktīvo elementu iepriekšējā sasprieguma zuduma novērtēšanai (Nodevums nr.2).

Tāpat jāatzīmē, ka projekta ietvaros tiek sekmīgi izstrādāts promocijas darbs „Bojājumu identifikācijas metožu izstrāde konstrukciju tehniskā stāvokļa monitoringam” (doktorants Rims Janeliukštis, zinātniskie vadītāji – profesors Dr.sc.ing. Andris Čate un vadošais pētnieks Dr.sc.ing. Sandris Ručevskis), kura aizstāvēšana ir paredzēta 2018. gadā.

Nodevumā nr. 1 izstrādātās metodes paredzētas tādu konstruktīvo elementu kā sijas, plātnes un sendviča tipa paneļi bojājumu identifikācijai, izmantojot konstrukciju dinamiskos raksturlielumus - pašsvārstību frekvences un to svārstību formas. Metodēm nepieciešamā informācija - eksperimentālās konstrukciju pašsvārstību frekvences un atbilstošās šo frekvenču svārstību formas - var tikt iegūta, izmantojot gan bez-kontakta lāzera vibrometrijas iekārtas, gan tādas būvniecības nozarē plaši izmantotas iekārtas kā akselometri un deformāciju mērītāji. Metožu jutības pārbaudei tika veikta, izmantojot skaitliskās simulācijas, kurās svārstību formām mākslīgi tika pielikti dažādi trokšņa līmeņi, kā arī bojājumu lokalizācijas rezultāti tika novērtēti atkarībā no bojājuma intensitātes un samazināta svārstību formu datu apjoma ar mērķi izpētīt sensoru tīkla blīvuma ietekmi. Skaitliskās simulācijas veiktas ar galīgo elementu programmu ANSYS, savukārt visi bojājumu lokalizācijas aprēķini veikti ar programmatūru MATLAB.

Metožu efektivitāte bojājumu noteikšanai tika pārbaudīta arī eksperimentāli, izmantojot sekojošus paraugus:

1. alumīnija sijas ar vienu bojājumu;
2. alumīnija ar vairākiem bojājumiem;
3. oglekļa šķiedras polimēra kompozīta sijas ar vienu bojājumu;
4. alumīnija plātne ar vienu bojājumu;
5. dzelzceļa sliežu dzelzsbetona gultņi ar vairākiem bojājumiem.

Eksperimentālās konstrukciju pašsvārstību frekvences un atbilstošās šo frekvenču svārstību formas tiks iegūtas, izmantojot POLYTEC bez-kontakta lāzera vibrometrijas iekārtu. Iegūtie rezultāti rāda, ka metode spēj dot ticamus bojājumu identifikācijas rezultātus gan ierobežota skaita, gan trokšņainu dinamisko parametru datu pieejamības gadījumos, gan arī pie dažādām bojājumu intensitātes pakāpēm.

Izmantojot izstrādātās metodes ir iespējams noteikt bojājuma vietu, kas nav redzama no ārpuses, gan homogēniem materiāliem, gan kompozītmateriāliem. Bojājumu noteikšanas indeksi ir izstrādāti gan vienas dimensijas, gan divu dimensiju telpās, tādējādi nodrošinot bojājumu noteikšanu gan sijas tipa, gan plātnes tipa konstrukcijās. Izstrādātās metodes konstrukciju elementu bojājuma zonas

lieluma un vietas lokalizācijas noteikšanai, izmantojot eksperimentāli iegūtos dinamiskos parametrus un atbilstošās signāla apstrādes metodes, ļauj novērtēt mašīnbūves, avio būves, tiltu un ēku konstruktīvo elementu drošumu.

Nodevumā nr. 2 izstrādātā metode paredzēta iepriekš saspriegto dzelzsbetona konstruktīvo elementu iepriekšējā sasprieguma zuduma novērtēšanai. Metodes pamatā ir iepriekš saspriegtās dzelzsbetona dobās pārseguma plātnes dinamiskas skaitliskie aprēķini galīgo elementu programmatūrā ANSYS. Izmantojot veikta skaitliskā parametriskā pētījuma rezultātus ir izstrādāta eksperimentāli-skaitliskā nesagraujošā metode iepriekšējā sasprieguma zuduma noteikšanai un novērtēšanai dzelzsbetona konstruktīvajos elementos. Metode izmanto eksperimentāli iegūtos konstruktīvo elementu dinamiskos raksturlielumus – pašsvārstību frekvences un ļauj, veicot tipveida dzelzsbetona konstruktīvā elementa pašsvārstību frekvenču vērtību salīdzināšanu ar etalona elementa raksturlielumiem, kvalitatīvi noteikt iepriekšējā sasprieguma zudumu. Konstruktīvā elementa paralēlas vai iepriekš veiktas skaitliskās analīzes gadījumā metode dod iespēju veikt arī kvantitatīvu iepriekšējā sasprieguma zuduma novērtēšanu. Metodes jūtīgums un efektivitāte ir analizēta ar skaitliskiem aprēķiniem, izmantojot iepriekš izstrādātus saspriegto dzelzsbetona dobo pārseguma plātņu galīgo elementu modeļus.

Projekta 4. posmā ir uzsākts pētījums pie klasifikācijas modeļu izstrādes bojājumu lokalizēšanai plātņu tipa konstrukcijās. Pētījumu objekts – oglekļa šķiedras kompozītmateriāla plātne ar integrētiem sensoriem eksperimentālo dinamisko raksturlielumu iegūšanai. Šajā gadījumā konstrukciju dinamiskie raksturlielumi tiek iegūti no konstrukcijās integrētiem sensoriem, izmantojot konstrukciju dabiskās svārstības ekspluatācijas laikā, vai arī sensoru ierosinātās svārstības, izmantojot konstrukciju aktīvo kontroli. Tādējādi izstrādātās konstrukciju elementu bojājumu identifikācijas metodes un instrumenti (Nodevums nr.1 un nr. 2) un integrēto sensoru tehnoloģija būs pamats tālākiem pētījumiem konstrukciju tiešsaistes režīma (reālā laikā) tehniskā stāvokļa monitoringa metožu izstrāde.

3. Projekta 3. uzdevumam aktivitātes veiktas atbilstoši laika grafikam, un atskaites periodā, kā arī visa projekta plānotie mērķi ir sasniegti. To apliecina:

- Izstrādāta konstrukcijas no krusteniski līmētiem kokmateriāliem aprēķina metodika. Piedāvātās metodikas pamatā ir LVS EN 1995-1-1 un reducētā šķērsgriezuma metode. Paveiktas aprēķina metodikas eksperimentālas pārbaudes CLT elementiem, apskatot dažādas liekto un spiesti-liekto elementu statiskās shēmas. Atšķirība starp rezultātiem, kas iegūti ar reducēto šķērsgriezuma metodi, GEM un eksperimentāli atrodas robežās no 0.1 līdz 20.23 %. Piedāvātās aprēķina metodikas izmantošana ir efektīva liekto un spiesti-liekto šķērsvirzienā kārtaini līmēto koksnes elementu projektēšanai.
- Piedāvāta inovatīva konstrukcija ar galvenajiem stieptajiem nesošajiem elementiem un sekundārajiem nesošajiem elementiem no krusteniski līmētiem kokmateriāliem (CLT), ar uzsvaru uz atjaunojamo dabas resursu izmantošanu, ko var pielietot būvniecības un infrastruktūras objektiem. Par pētniecisko objektu ir pieņemts vidēja izmēra gājēju - velosipēdistu iekārtais tilts, ar galveno konstruktīvo elementu trošu kopni. Izmantojot tilta klāja konstrukcijai tādu atjaunojamu būvmateriālu, kā CLT, tiek nodrošināta ilgtspējība, jeb vides saglabāšana nākamajām paaudzēm. Izstrādātā tilta konstrukcija ļauj, pazeminot sasprieguma līmeni trosēs, viegli un īsā laikā nomainīt nolietoto CLT klāju. Izstrādāta konstrukcija ļauj samazināt tērauda patēriņu par 25%.
- Konstrukcijas no šķērsvirzienā kārtaini līmētas koksnes topoloģiju optimizācija tika veikta ar mērķi noteikt tādas konstruktīvo parametru vērtības, pie kurām tiek iegūts minimālais materiāla patēriņš, maksimālajām pārvietojumu un spriegumu vērtībām nepārsniedzot attiecīgās robežvērtības. Konstrukcijas topoloģiju optimizācija tika paveikta pēc izstrādātā algoritma, izmantojot ANSYS iestrādāto optimizācijas rīku. Ir izstrādāti iekārtā tilta 2D un 3D skaitliskie modeļi. Lai pārbaudītu skaitliskas modelēšanas pieejas pareizību, ir izstrādāti divi fiziskie modeļi, skaitlisko modeļu verifikācijai pie diviem gadījumiem – ar klāju, kas uzņem tilta garenvirzienā darbojošās piepūles un ar klāju, kas neuzņem tās.

Rezultātu zinātniskā un praktiskā nozīmība, kā arī rezultātu praktisko lietojumu raksturojums

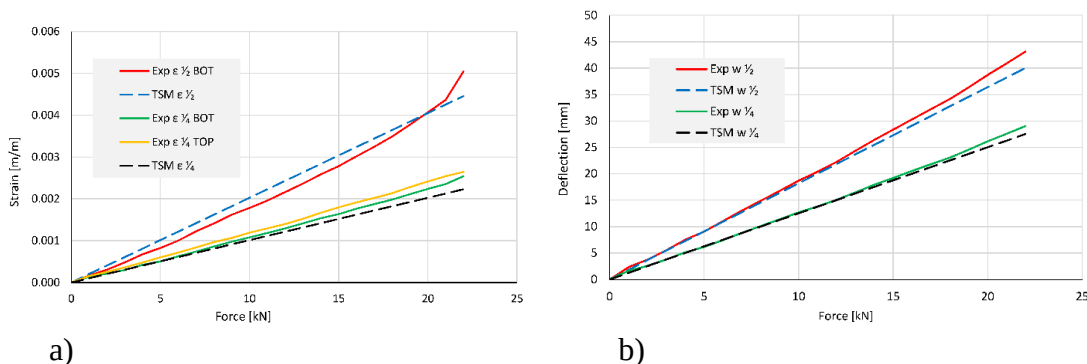
Piedāvāta aprēķina metodika, kuras pamatā ir aprēķina procedūras, kas ir aprakstītas LVS EN 1995-1-1 liekiem un spiesti-liekiem elementiem un reducētā šķērsgriezuma metode. Piedāvāta metodika ļauj pārbaudīt liekto un spiesti-liekto konstruktīvo elementu no krusteniski līmētas koksnes atbilstību nestspējas (ULS) un lietojamības (SLS) robežstāvokļiem, ka arī prognozēt elementu uzvedību statistiska slogojuma gadījumā.

Piedāvāta aprēķina metodika atšķiras ar samazināto aprēķina darbietilpību un pietiekamo precizitāti salīdzinājumā ar eksistējošām aprēķina metodēm (kompozītu metode, salikto siju metode, bīdes analogiju metode). Aprēķina metodikas eksperimentālā pārbaude ir veikta, izmantojot CLT paraugus ar izmēriem 2×0.35 m (sk. att. 2.) un kopējo biezumu 60 mm. Paneļa garuma un laiduma attiecība ir vienāda ar 5.71.



2.attēls. CLT paneļa stāvoklis pirms sabrukuma un sabrukuma aina

Analizējot eksperimentāli un analītiski iegūtos rezultātus, var secināt, ka atšķirība starp rezultātiem, kas iegūti ar reducēto šķērsgriezuma metodi, GEM un eksperimentāli atrodas robežās no 0.1 līdz 20.23 %. Par pētījuma objektiem tika izvēlēti šķērsvirzienā kārtaini līmēti koka paneļi ar izmēriem 2×0.35 m (sk. att. 2.) un kopējo biezumu 60 mm. Paneļa garuma un laiduma attiecība ir vienāda ar 5.71. Ārējo un vidējo dēļu šķērsgriezumi ir 20×110 mm. Ārējos slāņos šķiedru virziens orientēts paneļa garākās malas virzienā. Vidējās kārtas šķiedras ir orientētas 90° leņķī pret ārēja slāņa šķiedru virzienu. Slāņi tiek salīmēti kopā ar putupoliuretāna līmi zem 600 kg/m^2 liela spiediena. Paneļu izgatavošanai izmantota C24 stiprības klases priede.



a)

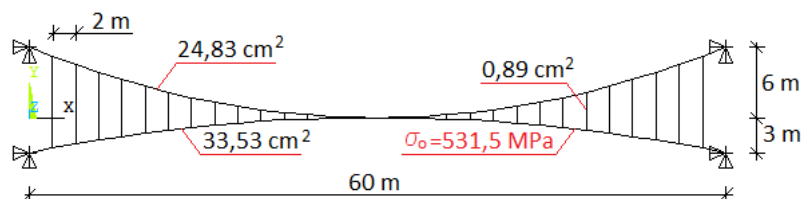
b)

3. attēls. Sakarības starp vertikāli pielikto slodzi un a) teorētiski un eksperimentāli noteiktajām relatīvajām deformācijām un b) maksimālajiem vertikālajiem pārvietojumiem CLT panelim, kas ir parādīts 2. attēlā. Kur Exp $w/2$ – rezultāti, kas ir iegūti eksperimentāli laiduma vidū; Exp $w/4$ – rezultāti, kas ir iegūti eksperimentāli laiduma ceturtdaļā; TSM – rezultāti, kas ir iegūti ar reducētā šķērsgriezuma metodi.

Nemot vērā piedāvātās aprēķina metodikas pietiekami augstu precizitātes līmeni un aprēķina gaitas vienkāršību, šī metode tiek atzīta par efektīvu un tiek rekomendēta izmantošanai liekto un spiesti-liekto elementu no šķērsvirzienā kārtaini līmētas koksnes aprēķiniem.

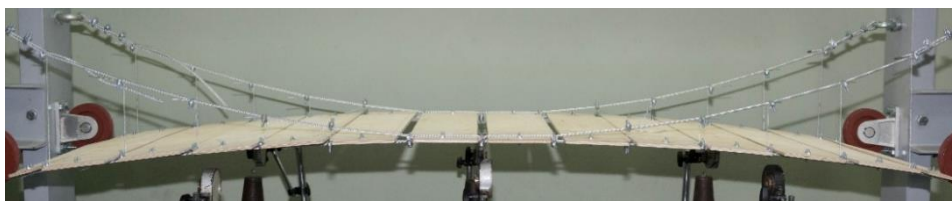
Ir izstrādāta konstrukcija, kura ļauj samazināt tērauda materiāla patēriņu par 25%. Ir izstrādāts vidējā izmēra gājēju - velosipēdistu koka-vanšu iekārtais tilts ar garumu 60 m un platumu 5 m.

Iekārtā tilta klāju veido no krusteniski līmētu kokmateriālu paneļiem, kas veidoti no C24 klases priedes, ar laidumu 5 m un platumu 2 m. Paneļu nepieciešamais augstums, pamatojoties uz lietojamības robežstāvokļa prasībām ir noteikts kā 180 mm, tas ir L5s(40-30-40-30-40). Trošu kopne ar vertikālajiem piekariem, kurai kopnes augšējā un apakšējā josla laiduma vidū savietojas vienā mezglā, ir izvēlēta no vairākiem konstruktīvajiem variantiem kā racionālāka pēc materiāla patēriņa. Izmantojamās troses ir tērauda stieple troses no kūļiem ar tērauda serdi ar elastības moduli 100 GPa. Piekari izvietoti ar soli 2 m. Nesošās troses nokare tiek pieņemta konstruktīvi un sastāda $L/10 = 6$ m, stabilizējošajai trosei – $L/20 = 3$ m. Iepriekšējā sasprieguma līmenis, ko jānodrošina stabilizējošajā trosē ir 531.5 MPa, kas sastāda 63.3% no troses aprēķina pretestības stiepi. Trošu šķēsgriezuma laukumi ir redzami 4. attēlā.



4. attēls. Izstrādātās iekārtā tilta konstrukcijas trošu kopnes parametri.

Izstrādāti divi fiziskie modeļi iepriekš saspriegta iekārta tilta prototipam ar laidumu 2.17 m un platumu 0.5 m ar kuru palīdzību ir veikta skaitlisko modeļu verifikācija diviem gadījumiem – ar klāju, kas uzņem tilta garenvirzienā darbojošās piepūles un ar klāju, kas neuzņem tās. Apskatāmā tilta prototipa nesošās troses nokare ir $f_1 = 1/10 L = 0.217$ m un stabilizējošai trosei – $f_2 = 1/20 L = 0.109$ m. Tilts ir sadalīts 14 daļās ar vertikālajiem piekariem, kuru solis $s = 0.155$ m. Konstrukcijas klāju veido 14 paneļi, kas ir piestiprināti pie stabilizējošās troses tikai vertikālā virzienā, atstājot slīdēšanas iespēju starp paneļiem un trosi. Trošu tērauda aprēķina stiepes stiprība – 840 MPa. Iekārtā tilta modelim tiek izmantotas tērauda WSC tipa troses. Fiziskajos modeļos iepriekšējais saspriegums ir realizēts ar uzgriežņa rotāciju un stieņa kustību. Modelim ar klāju, kas neuzņem garenpiepūles, stabilizējošajā trosē no abām pusēm ir nodrošināts 905 kg liels iepriekšējā sasprieguma līmenis; modelim ar klāju, kas uzņem garenpiepūles - 907 kg. Iekārtā tilta prototipa modeļa klāju veido no 6.5 mm biezām un 600 mm garām 5-kāršu saplākšņa Riga Ply slīpētām loksnēm, kas strādā līdzīgi kā CLT un ir slāņains kokmateriāls ar ortotropām īpašībām. Elementu savstarpējais savienojums tiek nodrošināts ar U-veida vītņotajām skavām.

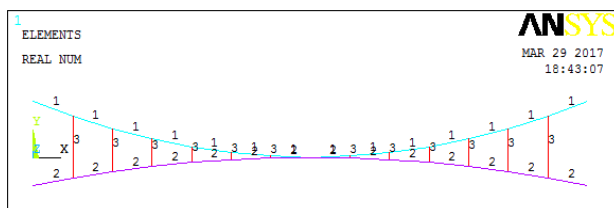


5. attēls. Fiziskais modelis ar klāju, kas neuzņem garenpiepūles.

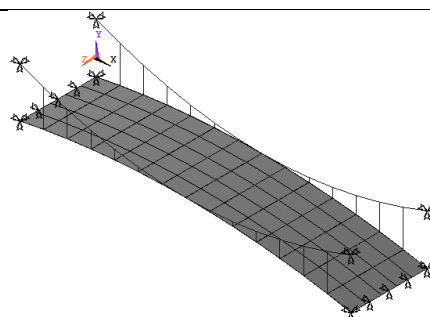


6. attēls. Fiziskais modelis ar klāju, kas uzņem garenpiepūles.

Izstrādāti divi (2D un 3D) konstrukcijas galīgo elementu skaitliskie modeļi. Skaitlisko modeļu izstrāde ir veikta ar ANSYS 12.1 palīdzību, izmantojot parametrisko projektēšanas valodu APDL. Lai pārbaudītu skaitlisko modeļu izstrādes metodiku, sākotnēji modeļi ir izstrādāti ar iekārtā tilta prototipa parametriem, saskaņā ar fiziskajiem modeļiem.



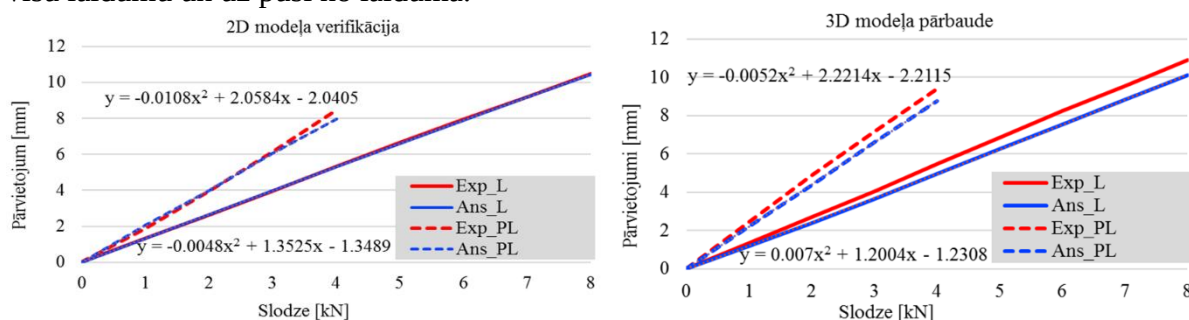
a)



b)

7. attēls. Iekārtā tilta prototipa 2D(a)) un (b)) 3D skaitliskie modeli.

Izstrādātajiem modeļiem ir iegūti analītiskie modeļi, ar kuru palīdzību ir iespējams noteikt tilta modeļa maksimālus vertikālus pārvietojumus atkarībā no pieliktās izkliegtās slodzes lieluma uz visu laidumu un uz pusi no laiduma.



8. attēls. Maksimālie vertikālie pārvietojumi pie dažādām slodzes pakāpēm, kur Exp – eksperimentālās vērtības; Ans – ar ANSYS aprēķinātās vērtības; L – slodze uz visu laidumu; PL – uz pusi no laiduma.

Pie slodzes ar izkliegtu slodzi uz pusi no laiduma analītiskais modelis tilta modelim ar klāju, kas neuzņem garenpiepūles ir $y = -0,0108x^2 + 2,0584x - 2,0405$, savukārt pie slodzes ar izkliegtu slodzi uz visu laidumu tas ir $y = -0,0048x^2 + 1,3525x - 1,3489$. Apkopojot ar skaitlisko 3D modeli iegūtos datus, var noteikt, ka analītiskais modelis, kas apraksta iekārtā tilta prototipa ar laidumu 2.17 m un ar klāju, kas uzņem tilta garenvirzienā darbojošās piepūles uzvedību pie slodzes uz pusi no laiduma ir $y = -0,0052x^2 + 2,2214x - 2,2115$, savukārt pie slodzes ar izkliegtu slodzi uz visu laidumu tas ir $y = 0,007x^2 + 1,2004x - 1,2308$.

Izanalizējot ar ANSYS programmu izstrādāto 2D un 3D skaitlisko modeļu salīdzinājumus ar fiziskajiem modeļiem, var secināt, ka iegūtie skaitliskie modeļi ir ticami precīzi un izvēlētajā modelēšanas pieeja ir piemērojama apskatāmā iekārtā tilta konstrukcijas ar 60 metru laidumu projektēšanai.

Pamatojoties uz trošu kopņu variantu salīdzinājumā iegūtajiem datiem, par inovatīvās iekārtās konstrukcijas trošu kopni tiek izmantots variants, kas ļauj efektīvāk izmantot trošu materiālu līdz pat 55 % salīdzinājumā ar citiem trošu kopņu variantiem.

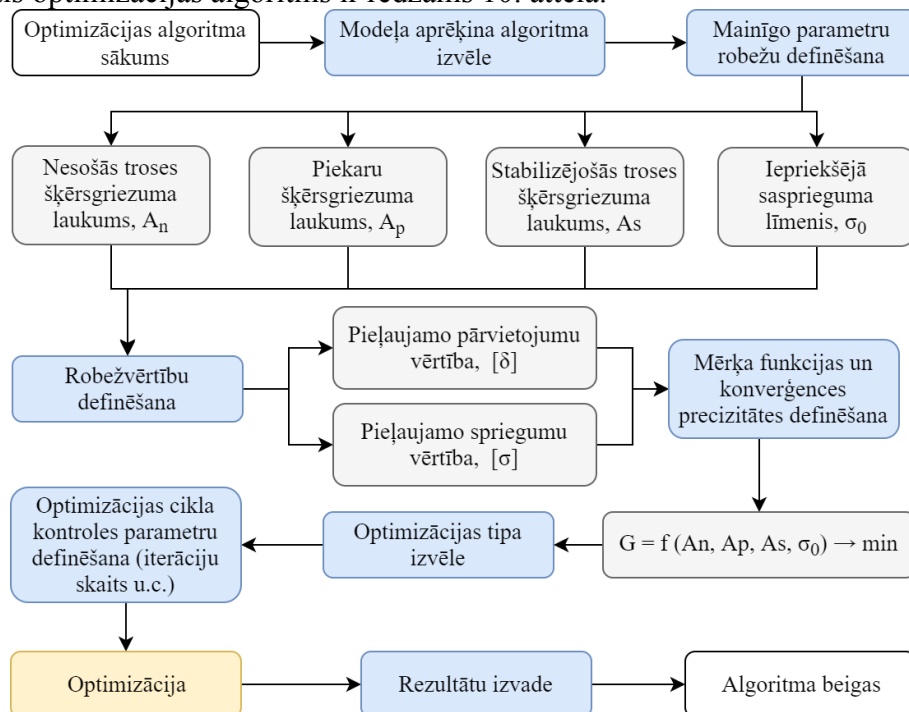


9. attēls. Racionālākais no materiāla patēriņa viedokļa trošu kopnes variants.

Apkopojot optimizācijas procesā iegūtos rezultātus, ir iegūts, ka izmantojot klāju no krusteniski līmētās koksnes paneļiem, kas uzņem garenpiepūles, ir iespējams samazināt trošu materiāla patēriņu. Iekārtā tilta konstrukcijai ar klāju, kas neuzņem garenpiepūles, tērauda materiāla

patēriņš uz vienu trošu kopni sastāda 0.484 m^3 , jeb 3.77 tonnas pie izmantojamā tērauda blīvuma 7800 kg/m^3 , savukārt, ievērojot klāja darbību tilta garenvirzienā, ir iespējams samazināt neatjaunojama materiāla patēriņu pat par ceturtdaļu, sasniedzot 0.363 m^3 jeb 2.83 tonnas tērauda uz vienu trošu kopni. Rezultāta, ir izstrādāta konstrukcija, kura ļauj samazināt tērauda materiāla patēriņu par 25%.

Izmantotais optimizācijas algoritms ir redzams 10. attēlā.



10. attēls. Optimizācijas algoritms

Saskaņā ar optimizācijas procesā iegūtajiem datiem, ievērojot klāja kā patstāvīgās lokveida konstrukcijas darbības efektu, var samazināt maksimālos vertikālos pārvietojumus no vienmērīgi izkliegtās slodzes pa visu laidumu līdz pat 20%, nepalielinot materiāla patēriņu.

2.5. Projekta Nr. 1 apgūtais finansējums (euro)

		Plānots 2014.–2017. g.	1.posms	2.posms	3.posms	4.posms
1000–9000*	IZDEVUMI – KOPĀ	377263.00	60681.00	87963.00	77540.00	366383.00
1000	Atlīdzība	293737.00	48589.86	71912.00	60668.00	296240.91
2000	Preces un pakalpojumi (2100+2200+2300)	81037.00	10152.14	15501.0	16872.00	243523.79
2100	Mācību, darba un dienesta komandējumi, dienesta, darba braucieni	26763.00	90.00	3649.0	6641.00	55879.28
2200	Pakalpojumi	47599.00	5431.75	10331.0	8748.00	66162.00
2300	Krājumi, materiāli, energoresursi, preces, medicīniskās ierīces, medicīniskie instrumenti, laboratorijas dzīvnieki un to uzturēšana	6675.00	4630.39	1521.0	1483.00	13497.44
5000	Pamatkapitāla veidošana	2489.00	1939.00	550.0	0.00	4867.90

* Minētie skaitļi ir budžeta finansēšanas klasifikācijas kodi.

2.6. Projekta Nr. 1 rezultatīvie rādītāji

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

Rezultatīvais rādītājs	Rezultāti					
	plānots	sasniegts				
	2014.– 2017. g.	gads				
		2014	2015	2016.	2017.	Projektā kopā
Zinātniskie rezultatīvie rādītāji						
1. Zinātnisko publikāciju skaits:	15	0	10	9	12	31
oriģinālo zinātnisko rakstu skaits (SCOPUS)(SNIP>1) skaits	6	0	5	9	8	22
oriģinālo zinātnisko rakstu skaits ERIH(A un B) datubāzē iekļautajos žurnālos vai konferenču rakstu krājumos	9	0	5	0	4	9
recenzētu zinātnisku monogrāfiju skaits	0	0				
2. Programmas ietvaros aizstāvēto darbu skaits:	12	0	13	16	6	35
promocijas darbu skaits	3	0				0
maģistra darbu skaits	9	0	9	10	2	21
bakalaura darbu skaits	0	0	4	6	4	14
Programmas popularizēšanas rezultatīvie rādītāji						
1. Programmas gaitas un rezultātu popularizēšanas interaktīvie pasākumi, kuru mērķu grupās iekļauti arī izglītojamie, skaits:	21	1	15	19	8	43
konferences	9	1	11	12	5	22
semināri	0	0	0	3	0	3
rīkoti semināri un konferences	9	0	3	3	3	9
populārzinātniskas publikācijas	3	0	1	1	0	3
izstādes, demonstrācijas	0	0	0	0	0	0
Betona olimpiāde	0	0	0	0	0	0
2. Interneta mājas lapu populārie ziņojumi	25	9	5	5	10	29
Tautsaimnieciskie rezultatīvie rādītāji						
1. Zinātniskajai institūcijai programmas ietvaros piesaistītā privātā finansējuma apjoms, t. sk.:	99000	17000	0	80720	3450	28522
1.1. privātā sektora līdzfinansējums programmā iekļauto projektu īstenošanai	95000	15000	0	0	0	15000
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	0
1.3. ieņēmumi no līgumdarbiem, kas balstās uz programmas ietvaros radītajiem rezultātiem un zinātnības	4000	2000	0	80720	3450	135220
2. Programmas ietvaros pieteikto, reģistrēto un spēkā uzturēto patentu vai augu šķirņu skaits:	0	0	0	0	0	0
Latvijas teritorijā	0	0	0	0	0	0
ārpus Latvijas	0	0	0	0	0	0
3. Programmas ietvaros izstrādāto jauno tehnoloģiju, metožu, prototipu vai pakalpojumu skaits, kas aprobēti uzņēmumos	12	0	0	2	1	3
4. Ieviešanai nodoto jauno tehnoloģiju, metožu, prototipu, produktu vai pakalpojumu skaits (noslēgtie līgumi par intelektuālā īpašuma nodošanu)	3	0	0	0	0	0

5. Noslēgtie līgumi par praktisko pētījumu projektu realizāciju saistībā ar projekta mērķiem un RIS 3.	0	0	0	0	0	0
---	----------	----------	----------	----------	----------	----------

* Norāda pēc programmas īstenošanas.

Projekta Nr. 3 vadītājs _____ Ainārs Paeglītis
(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 Druvieta

2. SADAĻA – INFORMĀCIJA PAR PROGRAMMAS PROJEKTIEM

2.1. Projekts Nr.4

Nosaukums

Slāņains koksnes kompozītmateriāls ar racionālu struktūru un palielinātu īpatnējo lieces nestspēju

projekta vadītāja

vārds, uzvārds,

zinātniskais grāds

Institūcija

ieņemamais amats

Kontakti

Jānis Šliseris

Dr. sc. ing.

RTU Būvniecības un rekonstrukcijas institūts

Vadošais pētnieks

Tālrunis

26214882

E-pasts

janis.sliseris@gmail.com

2.2. Projekta Nr. 4 mērķi

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

Projekta mērķis: Slāņainu slodzi nesošu koksnes kompozītmateriālu izveide ar racionālu struktūru (aktivitāšu izpildes laika grafiks ir pievienots pielikumā 4-A).

Slāņainu slodzi nesošu koksnes kompozītmateriālu izveide ar racionālu struktūru (standarta saplākšņa plātnēm ir neracionāls materiāla izvietoējums pa plātnes augstumu), kas nodrošina palielinātu īpatnējo lieces nestspēju (nestspēju uz masas vienību), samazinātas izmaksas, materiālu un enerģijas patēriņu, salīdzinot ar tradicionāli lietotajiem koksnes materiāliem (Latvijas Republikas patents Nr. LV14979; LV15083).

Projektā piedāvāts jauna veida materiāls-konstrukcija ar speciālām šūnu tipa dobām ribām un saplākšņa vai cita materiāla apšuvumiem. Šāds risinājums dod iespēju regulēt plātņu lieces nestspēju un samazināt koksnes patēriņu plātnes šķēlumu mazāk noslogotajās daļās. Šīm plātnēm ribojuma uzbūve ļauj plašā intervālā variēt ar lieces nestspēju pretēji standarta saplākšnim un citām slāņainām plātnēm, kurām šī iespēja ir ierobežota. Šāda veida materiāls var tikt plaši pielietots mēbeļu izgatavošanā, mašīnbūvē, kā arī civilajā būvniecībā, paverot iespējas pielietošanai gan vienkāršu, gan daudzstāvu koka ēku būvniecībā. Atkarībā no pielietojuma mainās šī materiāla piepūļu lauks un racionālā struktūra. Lai harmonizētu piepūļu lauku ar materiāla struktūras pretestības lauku, nepieciešams izstrādāt atbilstošas materiāla nestspējas un struktūras aprēķina metodikas.

Projektā veiktas šādas aktivitātes:

1. Lieces nestspējas aprēķinu metodikas izstrāde un konceptuāla eksperimentālā pārbaude plātnēm ar šūnu tipa dobām ribām
2. Īpatnējās lieces nestspējas noteikšanas metodikas izstrāde plātnēm ar šūnu tipa dobām ribām un īpatnējās nestspējas vērtību noteikšana ribojumam ar tipiskākajām ģeometrisku parametru vērtībām
3. Plātņu modeļu izgatavošana ar tipiskākām šūnu tipa dobām ribām un to pārbaudes liecē, īpatnējās lieces nestspējas, materiālu, enerģijas un izmaksu noteikšana
4. Rekomendāciju izstrāde plātņu ar šūnu tipa dobām ribām struktūras ģeometrisku parametru projektēšanai
5. Ribojuma izgatavošanas un iestrādes tehnoloģijas pamatprincipu izstrāde un plātņu

demonstrācijas modeļu izgatavošana

Izstrādāta lieces nestspējas aprēķinu metodika plātnēm ar šūnu tipa dobām ribām, kas pierakstīta ANSYS programmēšanas valodā (APDL) un ļauj skaitliski sarēķināt plātnes deformatīvos raksturotājlīkumus atkarībā no plātnes veidojošo elementu (apšuvumu biezumi, dobo ribu ģeometrijas un biezumiem) parametriem, ievērtējot nelineārās elementu savienojšanās zonas (CZM) darbības un materiālu deformatīvos raksturotājlīkumus.

Veikta plātņu paraugu izgatavošana un konceptuālas eksperimentālās pārbaudes, dažādu biezumu plātnēm (biezums 25; 30; 50; 100 un 150 mm) atbilstoši LVS EN 789:2000 plātnes ribojuma garenvirzienā, kā arī atsevišķos gadījumos (biezums 25; 50 un 100 mm) ribojuma šķērsvirzienā. Atšķirība starp aprēķinu un eksperimentāli iegūtajiem rezultātiem, slogojot, četru punktu liecē līdz lietojamības robežstāvokļa (izliecei 1/200 no plātnes laiduma) sasniegšanai nepārsniedz 15%.

Izstrādāta īpatnējās lieces nestspējas aprēķinu metodika, kas balstās uz speciāli izstrādātu algoritmu, kas ģenerē ievades failu APDL valodā un optimizē plātnes veidojošo elementu ģeometriskos parametrus atkarībā no uzdotā mērķa un mainīgo parametru ierobežojumiem. Piemēram, lai nodrošinātu tādu pašu lieces nestspēju ribojuma garenvirzienā, kāda ir 30 mm biežam bērza saplāksnim (E klase, EN 636:2012+A1:2015), izmantojot globālos polinomus ar iegūtajiem koeficientiem, noteikts, ka plātņu ar šūnu tipa dobām ribām nepieciešamais biezums ir par 14% lielāks, turpretī koksnes materiālu patēriņš samazinās par 50%.

Izstrādātas rekomendācijas plātnēm ar šūnu tipa dobām ribām vadlīniju veidā, kas ietver plātnes projektēšanas pamatprincipus racionālas struktūras ģeometrisko parametru projektēšanai, ievērtējot projektējamās struktūras ģeometriju un uzņemamās slodzes lielumu, harmonizējot plātnes pretestības lauku un tās piepūļu lauku.

Izstrādāti pamatprincipi plātņu izgatavošanas tehnoloģijai, kas ietver paņēmieni šūnu tipa dobo ribu iegūšanai un šī ribojuma iestrādi plātnēs. Ribojuma izgatavošanas paņēmiens balstās uz ribas viļņotās daļas formas iegūšanu un nepieciešamo dobumu platumu nodrošināšanu ar distancējošo līstu palīdzību un salīmēšanu viļņu virsotnēs ar taisno daļu veidojošo loksnī un/vai distancējošām līstēm. Detalizēts paņēmiena apraksts aplūkots saņemtajos patentos LV14979 un LV15083.

Daļa no iegūtajiem rezultātiem mērķa sasniegšanas izpildē atspoguļota 13 publikācijās un 2 uzturētajos patentos.

Izvirzītā mērķa sasniegšanai visi paredzētie uzdevumi projekta laikā ir atrisināti.

VPP IMATEH 4. projekta ietvaros ir publicēti 13 pilna teksta zinātniskie raksti.

Publicēti raksti starptautiski zinātniskos žurnālos:

1. Sliseris, J., Andrā, H., Kabel, M., Wirjadi, O., Dix, B., & Plinke, B. (2016). Estimation of fiber orientation and fiber bundles of MDF. *Materials and Structures/Materiaux Et Constructions*, 49(10), 4003-4012. doi:10.1617/s11527-015-0769-1 (SNIP 2016 1.533)

<https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-84951917178&origin=resultslist&sort=plf-f&src=s&sid=28dc041dbae47f52964087758063be4d&sot=autdocs&sdt=autdocs&sl=18&s=AU-ID%2836133799800%29&relpos=7&citeCnt=1&searchTerm=>

2. Sliseris, J., Andrā, H., Kabel, M., Dix, B., & Plinke, B. (2017). Virtual characterization of MDF fiber network. *European Journal of Wood and Wood Products*, 75(3), 397-407. doi:10.1007/s00107-016-1075-5 (SNIP 2016 1.056)

<https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-84976318982&origin=resultslist&sort=plf-f&src=s&sid=28dc041dbae47f52964087758063be4d&sot=autdocs&sdt=autdocs&sl=18&s=AU-ID%2836133799800%29&relpos=3&citeCnt=1&searchTerm=>

Publicēti raksti starptautiski zinātnisko konferenču rakstu krājumos (ar uzstāšanos attiecīgajās konferencēs):

3. Frolovs G., Sliseris J., Rocens K., Optimal design of plate with cell type hollow core, IOP Conference Series: Materials Science and Engineering Volume 251, Issue 1, 25 October 2017.

<https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85034435002&origin=resultslist&sort=plf-f&src=s&sid=20af7ca55f5dc9694e72ee826fa1b093&sot=autdocs&sdt=autdocs&sl=18&s=AU-ID%2855986835100%29&relpos=0&citeCnt=0&searchTerm=>

4. Sliseris J., Gaile L., Pakrastins, L. Rocens K. Numerical analysis of behaviour of cross laminated timber (CLT) in blast loading. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering Volume 251, Issue 1, 25 October 2017

<https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85034450921&origin=resultslist&sort=plf-f&src=s&sid=f2f54296c162e9e34643ec5dc124af3d&sot=autdocs&sdt=autdocs&sl=18&s=AU-ID%2836133799800%29&relpos=1&citeCnt=0&searchTerm=>

5. Kukule A., Rocens K. Bending behaviour of insulated ribbed plywood plate during drying of accumulated moisture IOP Conference Series: Materials Science and Engineering Volume 251, Issue 1, 25 October 2017

<https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85034433303&origin=resultslist&sort=plf-f&src=s&sid=5372fec3bc19bde83fe14f037b3e41e2&sot=autdocs&sdt=autdocs&sl=18&s=AU-ID%2855927991900%29&relpos=0&citeCnt=0&searchTerm=>

6. Sliseris J., Gaile L., Pakrastins, L. Rocens K. Non-Linear beam finite element based on extended-multiscale method for modeling of complex natural fiber reinforced beams. Vide. Tehnologija. Resursi - Environment, Technology, Resources Volume 3, 2017, Pages 304-309

<https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85028387902&origin=resultslist&sort=plf-f&src=s&sid=f86c73123ad98393260a904503b6c370&sot=autdocs&sdt=autdocs&sl=18&s=AU-ID%2836133799800%29&relpos=4&citeCnt=0&searchTerm=>

7. Frolovs G., Rocens K., Sliseris J. Shear and tensile strength of narrow glued joint depending on orientation of plywood plys Procedia Engineering, Volume 172, 2017, Pages 292-299

<https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85016310467&origin=resultslist&sort=plf-f&src=s&sid=024428cf66e2e42c3b7c7c37d6d353b5&sot=autdocs&sdt=autdocs&sl=18&s=AU-ID%2855927991900%29&relpos=3&citeCnt=0&searchTerm=>

8. Kukule A., Rocens K., Lukasenoks A., Frolovs G. Change of Moisture Distribution in Ribbed Plate with Different Opposite Surface Temperatures Procedia Engineering, Volume 172, 2017, Pages 612-619

<https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85016309510&origin=resultslist&sort=plf-f&src=s&sid=d20469def772b59494b55737c247d5f1&sot=autdocs&sdt=autdocs&sl=18&s=AU-ID%2855927991900%29&relpos=4&citeCnt=2&searchTerm=>

9. Sliseris J., Gaile L., Pakrastins L. Deformation process numerical analysis of T-stub flanges with pre-loaded bolts Procedia Engineering, Volume 172, 2017, Pages 1115-1122

<https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85016250149&origin=resultslist&sort=plf-f&src=s&sid=388d9cc02fdb5bc0e746c26e33a485e4&sot=autdocs&sdt=autdocs&sl=18&s=AU-ID%2836133799800%29&relpos=5&citeCnt=0&searchTerm=>

10. Sliseris J., Gaile L., Pakrastins L. Non-linear buckling analysis of steel frames Proceedings of the 5th international conference Advanced Construction 2016. ISSN 2029-1213

https://www.researchgate.net/profile/Jurate_Kamicaityte-Virbasiene2/publication/312231432_Subjective_Identity_of_Kaunas_Cityscape_Research_Results_and_Their_Relation_with_Objective_Indicators_of_Urban_Structure/links/58779c6a08aebf17d3bb9661/Subjective-Identity-of-Kaunas-Cityscape-Research-Results-and-Their-Relation-with-Objective-Indicators-of-Urban-Structure.pdf

11. Frolovs G., Rocens K., Sliseris J. Glued Joint Behavior of Composite Plywood Plates with Cell Type Core, IOP Conference Series: Materials Science and Engineering Volume 96, Issue 1, 2 November 2015, Article number 012048.

<https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-84960329140&origin=resultslist&sort=plf-f&src=s&sid=795791af09828ea077af13d62046c5fd&sot=autdocs&sdt=autdocs&sl=18&s=AU-ID%2855927991900%29&relpos=7&citeCnt=1&searchTerm=>

12. A. Kukule, K. Rocens Prediction of Moisture Distribution in Closed Ribbed Panel for Roof, IOP Conference Series: Materials Science and Engineering Volume 96, Issue 1, 2 November 2015, Article number 012034.

<https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-84960461862&origin=resultslist&sort=plf-f&src=s&sid=98f4b800465cc58e1067474db31e056f&sot=autdocs&sdt=autdocs&sl=18&s=AU-ID%2855927991900%29&relpos=6&citeCnt=0&searchTerm=>

13. Frolovs G., Rocens K., Sliseris J. Comparison of a Load Bearing Capacity for Composite Sandwich Plywood Plates, Vide. Tehnologija. Resursi - Environment, Technology, Resources Volume 1, 2015, Pages 39-45

<http://journals.ru.lv/index.php/ETR/article/download/633/609>

Pētījumu rezultāti tika ziņoti konferencēs:

1. 3rd International Conference „Innovative Materials, Structures and Technologies” , Riga, Latvia, 29.09-30.09.2017.
2. 11th International Scientific and Practical Conference “Environment. Technology. Resources” Rezekne, Latvia, June 15-17, 2017.
3. 12th International Conference “Modern Building Materials, Structures and Techniques” in Vilnius, Lithuania, on 26.05 – 27.05.2016.
4. 5th International Conference “Advanced Construction” in Kaunas, Lithuania on 06.10. – 07.10.2016.
5. 2nd International Conference „Innovative Materials, Structures and Technologies”, Riga, Latvia, 30.09-02.10.2015.
6. 10th International Scientific and Practical Conference “Environment. Technology. Resources” Rezekne, 18.06. – 20.06.2015

Saņemtie un spēkā uzturētie patenti:

1. LV14979 „Ribotu plātņu izgatavošanas paņēmieni” (K. Rocēns, A. Kukule, Ģ. Frolovs, J. Šliseris, Ģ. Bērziņš) (LV patentu valde oficiālais vēstnesis 20.06.2015, 785. lpp <http://www.lrpv.gov.lv/sites/default/files/20150620.pdf>
2. LV15083 “Ribotas kompozītplātnes izgatavošanas paņēmieni un iekārta, izmantojot tās centrālā nesošā slāņa veidošanai gofrētu sagatavju sistēmu uz koksnes bāzes” (K. Rocēns, Ģ. Frolovs, A. Kukule, J. Šliseris) (LV patentu valde oficiālais vēstnesis 20.12.2015., 1749. lpp. <http://www.lrpv.gov.lv/sites/default/files/20151220.pdf>

Projekta ietvaros veiktās promocijas darbu priekšizstrādēšanas:

1. 07.09.2017. Rīkota Būvniecības un rekonstrukcijas institūta paplašinātā sēde, kuras ietvaros tika veikta promocijas darba “Plātņu ar koksnes šūnu tipa dobām ribām racionālas struktūras projektēšanas pamatprincipi” veiksmīga priekšizstrādēšana. (Dalībnieku skaits ap 15, protokola Nr. 1/2017.

Projekta ietvaros tiek izstrādāti sekojoši promocijas darbi:

1. A.Kukule “Plātņu saplākšņa ribojuma darbs mainīga mitruma apstākļos” (vad. K. Rocēns)

Par projekta tēmām izstrādāti un aizstāvēti šādi maģistra darbi:

1. I. Ucelnciece “Sniega slodzes ietekme uz pārsegumiem atkarībā no to formas” vadītāji D. Serdjuks un Ģ. Frolovs 2015;
2. A. Žukovska-Kečedži, „Vēja iedarbes uz dažādu formu pārsegumiem izpēte” vadītāji D. Serdjuks un A. Kukule 2015;
3. A.Levics “3D printētā fibrobetona spiedes un lieces īpašību eksperimentāls salīdzinājums ar monolītu fibrobetonu” vadītājs J.Šliseris 2016.

Par projekta tēmām izstrādāti un aizstāvēti šādi bakalaura darbi ar inženierprojektu:

1. I. Matveja "Nesošo plātņu (paneļu) ģeometrisko parametru optimizācija." vadītājs Ģ. Frolovs 2017.
2. G. Švalbe “ Trīsslāņu koksnes frēzbaļķa uzvedība mainīga mitruma apstākļos atkarībā no šķiedru orientācijas vadītājs J.Šliseris 2017.

Sagatavoti attiecīgi dokumenti, kas apraksta 4 projekta izstrādātās metodes rekomendācijas,

priekšlikumus u.tml. (pielikums elektroniski):

Nr. p.k.	Apraksts	Rezultāts
1	Lieces nestspējas aprēķinu metodika plātnēm ar šūnu tipa dobām ribām	Metodika
2	Īpatnējās lieces nestspējas noteikšanas metodiku plātnēm ar šūnu tipa dobām ribām	Metodika
3	Modeļu pārbaužu rezultāti plātnēm ar tipiskākajām šūnu tipa dobām ribām	Pārbaužu rezultāti
4	Rekomendācijas plātņu ar šūnu tipa dobām ribām materiālu un to elementu ģeometrisku parametru izvēlei	Tehnoloģiskie pamatprincipi
5	Tehnoloģiskie principi plātņu ar šūnu tipa dobām ribām izgatavošanai	Rekomendācijas

Programmas un projekta popularizēšanas rezultatīvie rādītāji:

Projekta pārstāvji ir piedalījušies visās rīkotajās VPP IMATEH sanāksmēs par projekta norises gaitu un ar īstenošanu saistītajiem jautājumiem.

Projekta darbības laikā 3. posmā iegūta pirmā vieta starptautiskā izgudrojumu un inovāciju izstādē MINOX 2016 07.10 – 08.10.2016. Rīga, ar patentiem LV14979 un LV15083 (skatīt pie uzturētajiem patentiem).

Valsts pētījumu programmas 4. projekta ikgadējie atskaides ziņojumi IMATEH sekcijās starptautiskajās zinātniskajās konferencēs.

Rīkoti vairāki semināri ar atbalstītājfirmām u.c. kompānijām, kas ieinteresēti par 4. projektā veiktajiem pētījumiem.

IMATEH mājaslapā ir ievietota detalizēta informācija par 4. projekta norisi (<http://imateh.rtu.lv/slanains-koksnes-kompozitmaterials-ar-palielinatu-ipatnejo-lieces-nestspeju/>).

Projekta darbības laikā realizēts sadarbības projekts starp RTU Būvniecības un rekonstrukcijas institūtu, Fraunhofer ITWM institūtu un Baltijas-Vācijas augstskolu biroju.

Izveidota sadarbība ar SIA „Meža un koksnes produktu pētniecības un attīstības institūtu” MeKA, kuru veido A/S “Latvijas Valsts meži”, “Latvijas Kokrūpniecības federācija” u.c. firmas. Šīs sadarbības ietvaros notiek MeKA interesējošo produktu pētniecības un attīstības darbs kopīgi veicot šos pētījumus, iesaistot tajā maģistrantus, kuri saņem atlīdzību no MeKA par veiktajiem darbiem.

Jauni pētniecības projekti, to pieteikumu izstrāde un dalība:

Dalēji pētījums tiek paplašināts arī ERANet ELAC 2015/T02-0721 projekta “Development of eco-friendly composite materials based on geopolymer matrix and reinforced with waste fibers” ietvaros (2017. gadā 18998,40 EUR;), kā arī, izmantojot Rīgas Tehniskās universitātes konkursā iegūtos grantus 2015./16. gadā J. Šliserim (granta summa 8000 EUR) un 2016./17. gadā Ģ. Frolovam (granta summa 8000 EUR). Tika veidota sadarbība starp RTU Būvniecības un rekonstrukcijas institūtu, Fraunhofer ITWM institūtu un Baltijas-Vācijas augstskolu biroju. Sagatavots ERAF (Eiropas Reģionālā attīstības fonda) pasākuma „Praktiskas ievirzes pētījumi” projekta pieteikums (“Viedas, resursu taupošas koksnes, kompozītstruktūras saturošas, ilgtspējīgas un drošas daudzstāvu ēkas”) Sadarbībā ar RTU arhitektūras fakultāti sagatavots un iesniegts pieteikums RTU Zinātniskās pētniecības projektu konkursam 2017/2018 Zinātnei un Inovācijām.

2.3. Projekta Nr. 4 uzdevumi 4. posmam

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

Darba uzdevumi 4. posmam	Galvenie rezultāti 4. posmam
<i>Izgatavot plātņu modeļus ar tipiskākajām šūnu tipa dobām ribām un tos eksperimentāli pārbaudīt liecē, un noteikt īpatnējo lieces nestspēju, materiālu un enerģijas izmaksas</i>	<i>Izgatavotas plātņu modeļu paraugu sērijas un veiktas eksperimentālās plātņu modeļu pārbaudes liecē un salīdzinātas ar skaitliski iegūtajām vērtībām.</i>
Izgatavotas plātņu paraugu sērijas (> 5 paraugi katrā) plātnes biezumiem 25 mm un 50 mm (atbilstoši mašīnbūves un mēbeļu rūpniecības prasībām) pārbaudēm ribojuma garenvirzienā un tādas pašas sērijas arī pārbaudēm ribojuma šķērsvirzienā, kā arī konceptuāli pārbaudītas biežākās plātnes (50 mm 100 mm un 150 mm atbilstoši civilās būvniecības prasībām) gan ar trīsslāņu (4,0 mm) saplāksņa apšuvumu, gan arī ar piecu slāņu (6,5 mm) apšuvumiem vadoties pēc EN 789. Eksperimentāli noteikta lieces nestspēja slogojot četru punktu liecē līdz lietojamības robežstāvokļa sasniegšanai (no izgatavošanas viedokļa tipiskākajam gadījumam, kuram ribas taisno daļu veidojošās sloksnes biezums ir 6,5 mm un viļņotā daļa ar 4 viļņiem pa laidumu, ticamības intervāla robežās pie varbūtības 95%). Tika noteikts, ka, piemēram, 50 mm biežajām plātnēm lieces nestspēja ribojuma garenvirzienā ir $2162 \pm 55 \text{ N}\cdot\text{m/m}$, bet ribojuma šķērsvirzienā ir $960 \pm 33 \text{ N}\cdot\text{m/m}$. Atšķirība starp teorētiski un eksperimentāli noteiktajām nestspējas vērtībām nepārsniedza 15%.	
<i>Rekomendāciju izstrāde plātņu ar šūnu tipa dobām ribām struktūras ģeometrisko parametru projektēšanai</i>	<i>Izstrādātas rekomendācijas, kurās dotas norādes šādu plātņu struktūras projektēšanai, nodrošinot iespējami lielāko īpatnējo lieces nestspēju uzdotai plātnes lieces nestspējai un/vai biezumam.</i>
Izpētīta šādu plātņu ribojuma struktūra, un piedāvātas rekomendācijas vadlīniju veidā to racionālas struktūras ģeometrisko parametru projektēšanai, harmonizējot plātnes pretestības lauku un tās piepūļu lauku. Izveidotas rekomendācijas skaitlisko aprēķinu veidā, kas ļauj aprēķināt plātnes struktūras elementu parametrus, atkarībā no uzdotās plātnes ģeometrijas ierobežojumiem, slogojuma veida un robežnosacījumiem. Visos gadījumos plātnes struktūra un struktūras noteikšanas metodika tiek pielāgota atbilstoši pielietojumam. Noteikts, ka ar šādām plātnēm iespējams aizstāt saplāksni vai krusteniski līmēto koksni (CLT), sasniedzot ekvivalentu lieces nestspēju vienlaikus samazinot konstrukcijas masu, turklāt salīdzinājumā ar saplāksni līdz 60% palielināt īpatnējo lieces nestspēju (nestspēju dalītu ar laukuma vienības masu). Plātnes ar šūnu tipa dobām ribām, atkarībā no to biezuma un ribojuma topoloģijas, var lietot plašā apgabalā – mašīnbūvē, mēbeļu rūpniecībā un civilajā būvniecībā un būvražošanā.	
<i>Ribojuma izgatavošanas un iestrādes tehnoloģijas pamatprincipu izstrāde un plātņu demonstrācijas modeļu izgatavošana</i>	<i>Izstrādāti pamatprincipi ribojuma sagataves izgatavošanas tehnoloģijai un izgatavoti plātņu demonstrācijas modeļi</i>
Izstrādāti pamatprincipi plātņu izgatavošanas tehnoloģijai, kas ietver paņēmieni šūnu tipa dobo riba iegūšanai un šī ribojuma iestrādi plātnēs. Ribojuma izgatavošanas paņēmiens balstās uz ribas viļņotās daļas formas iegūšanu un nepieciešamo dobumu platumu nodrošināšanu ar distancējošo līstu palīdzību un salīmēšanu viļņu virsotnēs ar taisno daļu veidojošo loksni un/vai distancējošām līstēm. Izveidotās viļņotas dobā ribojuma sagataves tiek sazāģētas sloksnēs ar platumu, kas vienāds ar veidojamā ribojuma biezumu un eksperimentāli noskaidrots, ka apšuvumu pielīmēšanai, līmēšanas spiediens līmes šuvēs starp ribojumu un apšuvumiem ietekmē līmes slāņa bīdes stiprības un stiepes stiprības vērtību izklīdē - palielinot spiedienu no 0,3 līdz 0,5 MPa savienojuma stiprības variācijas koeficients samazinās vidēji par 30%, bet palielinot spiedienu no	

0,3 līdz 1,0 MPa tas samazinās vidēji par 50%. Tehnoloģisko principu ievērošanai ir papildus izgatavota iekārta, ar kuru tiek nodrošināts plātnes salīmēšanai nepieciešamais spiediens. Izgatavoti 3 veidu demonstrācijas modeļi, ar atšķirīgām ribojuma struktūras intensitātēm, vai struktūru veidojošajiem materiāliem.

2.4. Projekta Nr. 4 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)

Projekta aktivitātes veiktas atbilstoši laika grafikam, un atskaites periodā, kā arī visa projekta plānotie mērķi sasniegti.

To apliecina:

- Izstrādātā aprēķinu metodika lieces nestspējas noteikšanai plātnēm ar šūnu tipa dobām ribām, ievērtējot līmes šuves bīdes un stiepes deformējamības robežlielumus šaurai šuvei starp saplākšņa virsmu un ribas malu, kā arī sabrukuma kritērijus saplāksnim. Eksperimentālās pārbaudes apliecina izstrādātās aprēķinu metodikas adekvātumu. Slogojot līdz izliecei 1/200 no plātnes laiduma atšķirība starp aprēķinātajiem pēc izstrādātās metodikas un eksperimentāli noteiktajiem rezultātiem nepārsniedz 15 %.
- Izstrādātā aprēķinu metodika īpatnējās lieces nestspējas (nestspējas uz masas vienību) noteikšanai plātnēm ar šūnu tipa dobām ribām un racionālas plātnes struktūras piemeklēšana (izmantojot speciāli pielāgotu ģenētisko algoritmu) iespējami lielākai īpatnējai lieces nestspējai uzdotajam slogojumam. Slogojot līdz izliecei 1/200 no plātnes laiduma atšķirība starp aprēķināto un eksperimentāli noteikto īpatnējo nestspēju nepārsniedz 15%.
- Uzprojektētas un izgatavotas plātnes ar tipiskākajām šūnu tipa dobām ribām un biezumiem (25, 30, 50, 100 un 150). Eksperimentālās pārbaudēs noskaidrotas deformējamības un sabrukuma īpatnības atkarībā no plātnes struktūras topoloģijas. Iegūtie rezultāti apliecināja, ka galvenās deformējamības un sabrukuma īpatnības tiek ievērtētas izstrādātajā aprēķinu modelī.
- Izstrādātie pamatprincipi plātņu izgatavošanas tehnoloģijai, kas ietver paņēmieni šūnu tipa dobo ribu iegūšanai un šī ribojuma iestrādi plātnēs.
- Piedāvātās rekomendācijas vadlīniju veidā to racionālas struktūras ģeometrisku parametru projektēšanai, harmonizējot plātnes pretestības lauku un tās piepūli lauku.

Rezultātu zinātniskā un praktiskā nozīmība, kā arī rezultātu praktisko lietojumu raksturojums

Izstrādātā lieces nestspējas aprēķinu metodika plātnēm ar šūnu tipa dobām ribām ļauj detalizēti modelēt, un noteikt plātnes deformatīvās īpašības ar iespēju optimizējot tās ģeometriskos parametrus, maksimizēt īpatnējo lieces nestspēju (gan plātnes garenvirzienā, gan arī šķērsvirzienā). Plātnes lieces nestspējas aprēķinu metodikas pamatā ir šī projekta ietvaros speciāli izstrādāta programma ANSYS ADPL programmēšanas valodā, kurā tiek parametriskā veidā definēta plātnes ģeometrija, robežnosacījumi un mehānisko īpašību raksturotājlīelumi. ANSYS galīgo elementu aprēķinu modulis, izmantojot šo kodu, izskaitļo plātnes stingumu un spriegumu-deformāciju lauku. ANSYS ADPL programmā tiek izšķirti divi gadījumi – plātnes uzvedība vispārīgā veidā ar to, rēķinot plātnes stingumu, nepieciešams ievērtēt nelineārās līmes šuves un saplākšņa materiāla mehāniskās īpašības, kuras saistītas ar plaisu veidošanos līmes šuvēs un to apkārtnē, ka arī sabrukuma kritēriji plātnes elementos, un otrs gadījums, kad plātnes mezgli tiek stingi savienoti savā starpā un sabrukuma kritērijus tiešā veidā neievērtē. Nelineārās uzvedības aprēķinu modelis var tikt izmantots arī projektējot racionālas enerģiju - vibrāciju slāpējošas konstrukcijas. Tiek detalizēti modelēti saplākšņa elementi (ribas un apšuvumi), izmantojot tilpuma SOLSH190 galīgos elementus, kas balstīts uz elastības teoriju un telpisku spriegumstāvokli. Līmētā savienojuma nelineāro uzvedību plātnes aprēķina vispārīgajā gadījumā simulē izmantojot kohēzijas galīgos elementus, kuri ievērtē arī plaisu veidošanos līmes slānī. Šajā gadījumā tas realizēts ar INTER205 galīgajiem elementiem, kuri simulē atdalīšanās procesu līmes šuvē. Līmes šuves atvērums tiek

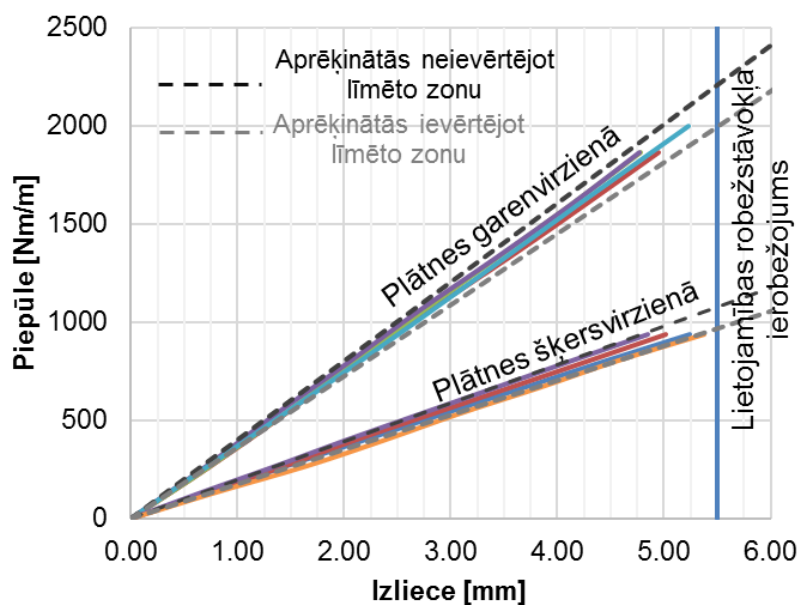
sadalīts normālajā un tangenciālajā komponentē. Tiek definēti arī maksimālie normālspriegumi un maksimālie tangenciālie spriegumi. Tika noskaidrotas vidējā aritmētiskā vērtības ticamības intervāla robežās pie 95% varbūtības ar standartnovirzi, kas nevienā gadījumā nepārsniedz 15%. Līmes slāņa vidējais bīdes robežstiprības lielums ir 7,11 MPa un vidējais pārvietojums sabrukšanas brīdī – 0,64 mm. Līmes slāņa vidējais stiepes robežstiprības lielums – 3,39 MPa un vidējais pārvietojums sabrukšanas brīdī – 0,15 mm. Izmantojot iegūtos datus, kontaktzonas materiāls tiek ģenerēts plātnes ribojuma sadurvietās, ja nepieciešams arī distancējošo līstu un saplākšņa sadurvietās, kā arī apšuvumu pielīmēšanai pie ribojuma vai arī atsevišķi tikai apšuvuma pielīmēšanai pie ribojuma. Noskaidrotie eksperimentālie rezultāti izmantoti par ievadi ANSYS APDL programmēšanas kodā un iegūts, ka aprēķinātās spriegumu pārvietojumu līknes līmētiem savienojumiem raksturs ir nelineārs un atrodas eksperimentāli noteiktajās apgabalu robežās. Tādā veidā līmes šuves īpašības var izmantot plātņu modeļu simulācijās. Aprēķinu rezultātā ir iespējams noteikt spriegumstāvokļus plātnes elementos un to līmējuma sadurvietās.

Tika izgatavotas un veiktas konceptuālas eksperimentālās pārbaudes dažādu biezumu (25; 30; 50; 100 un 150 mm) plātnēm (1. attēls) ar šūnu tipa dobām ribām četru punktu liecē (vadoties pēc EN 789) gan dobā ribojuma garenvirzienā, gan arī šķērsvirzienā.



1. attēls Paraugi plātnes ar šūnu tipa dobām ribām lieces nestspējas noteikšanai: Biezums 25 mm; 30 mm; 50 mm; 100 mm un 150 mm.

Tipveida ribojuma gadījumiem plātnēm ar šūnu tipa dobām ribām iegūtās piepūļu-izlieču sakarības uzrādītas 2. attēlā.



2. attēls. Plātņu raksturīgās piepūļu-izlieču skaitliski aprēķinātās un eksperimentāli noteiktās līknes līdz lietojamības robežstāvokļa sasniegšanai, 50 mm biežām plātnēm ar šūnu tipa dobām ribām. (laidums 1100 mm; apšuvumu biezums - 4,0 mm; dobo ribu taisno daļu veidojošās sloksnes biezums - 6,5 mm; dobo ribu viļņoto daļu veidojošās sloksnes biezums - 4,0 mm).

Izskaitļotie plātņu deformatīvie lielumi atrodas eksperimentāli noteikto variācijas koeficientu robežās un ir vidēji 5% garenvirzienam un 9% šķersvirzienam, kas liecina par plātnes deformatīvo īpašību nelielu izkliedi.

Ja plātnes biezuma un laiduma attiecība ir līdz 1/22, tad teorētiski iegūtā nestspēja pēc lietojamības robežstāvokļa ir vairāk nekā 4 reizes mazāka, salīdzinot ar stiprību robežstāvokli. Tomēr šī attiecība samazinās, ja biezuma/laiduma attiecība ir 1/10. Tad par noteicošo kļūst stiprības robežstāvoklis. Aplūkotajos gadījumos tas ir apšuvuma materiāla sabrukums. Savukārt plātnes šķersvirzienā attiecība starp nestspēju pēc stiprības robežstāvokļa saglabājas 4 reizes lielāka nekā pēc lietojamības robežstāvokļa līdz biezuma un laiduma attiecībai ne lielākai par 1/10.

Noteikta maksimālo pieļaujamo slodžu atkarība no plātnes ribojuma un apšuvumu ģeometriskajiem parametriem, un plātnes ģeometrisko parametru ietekme uz plātnes īpatnējo lieces nestspēju. Galvenie faktori, kas ietekmē maksimālo pieļaujamo slodžu vērtības, ko var uzņemt plātne ir plātnes kopējais biezums, augšējā un apakšējā apšuvuma, dobās ribas taisno daļu veidojošās sloksnes biezumi, kā arī liekto ribu forma. No izgatavošanas viedokļa tiek pieņemts nemainīgs ribojuma izvietojums un galīgo elementu modelis.

Tipiskākajam ribojuma veidam no izgatavošanas viedokļa (plātnes parauga garums 1200 mm, platums 300 mm, ar 5 savstarpēji salīmētām ribām, kuras katra 60 mm plata, apšuvumu un ribas viļņotās daļas biezums 4,0 mm, bet ribas taisno daļu veidojošās sloksnes biezums 6,5 mm) noteiktas īpatnējās nestspējas (vai stinguma) vērtības (vidējā aritmētiskā vērtības ticamības intervāla robežās pie 95% varbūtības ar standartnovirzi, kas nepārsniedz nevienā gadījumā 15%). Piemēram, 25 mm biežām plātnēm garenvirzienā īpatnējais stingums $1,08 \text{ kNm}^2/\text{kg}$, bet šķersvirzienā $0,67 \text{ kNm}^2/\text{kg}$, un 50 mm plātnēm - garenvirzienā $3,51 \text{ kNm}^2/\text{kg}$, bet šķersvirzienā $1,61 \text{ kNm}^2/\text{kg}$.

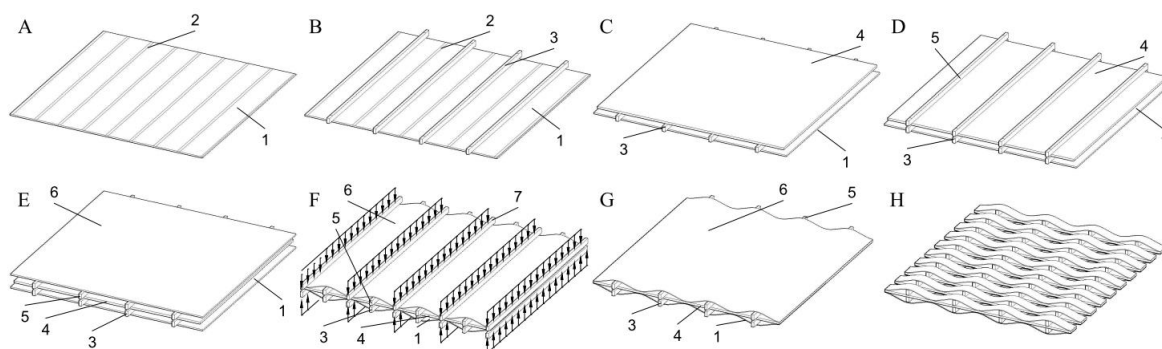
Šāda pieeja ļauj racionāli projektēt plātnes apšuvumu biezumus un ribojuma ģeometriskos parametrus atkarībā no slodzes lieluma un nepieciešamās plātnes ģeometrijas, ievērtējot arī kopīgo ribojuma un apšuvumu darbību līmējuma zonās.

Lai paplašinātu rezultātu praktisko pielietojumu, papildus projektā paredzētajiem uzdevumiem, ir veikti pētījumi tērauda savienojumu mezglu analīzi un rāmju noturības jautājumu pētīšanu, ko varētu izmantot par nesošajiem elementiem šādām plātnēm. Tāpat papildus pētītas arī temperatūras un mitruma maiņas ietekme uz koksnes materiāla ribojuma un apšuvumu uzvedību. Izstrādāti

speciāli stienveida galīgie elementi, kas ievērtē materiālu nelineārās īpašības un plaisu veidošanos.

Atšķirībā no iepriekš zināmajiem plātņu veidiem, plātnēm ar šūnu tipa dobo ribojumu no aprēķina viedokļa jāņem vērā plātnes ģeometriskie parametri un līmes šuvju darbs. No izgatavošanas viedokļa ir izstrādāts dotais ribojuma izgatavošanas paņēmieni, kā arī izstrādāti tehnoloģiskie pamatprincipi ribojuma iestrādāšanai.

Izgatavošanas principa pamatā ir viļņotu sagatavju uz koksnes materiālu bāzes izgatavošanas paņēmieni, ja viļņotās daļas veidojošo sloksņu viļņotā forma tiek iegūta ar distancējošām līstēm, atsevišķās zonās tās salīmējot ar viļņoto daļu veidojošajām loksnēm un/vai taisno daļu veidojošajām loksnēm. Iegūtās viļņotās sagataves tiek sazāģētas sloksnēs, kuru platums vienāds ar veidojamā ribojuma biezumu, lai galarezultātā iegūtu ribotu vienlaidu konstrukciju pa garumu un/vai platumu. Ribojuma izgatavošanai raksturīgas operācijas, ar kuru palīdzību no standarta saplākšņa vai kāda cita materiāla loksnēm tiek iegūta ribojuma sagatave un pēc tam arī ribojums, veicot 3. attēlā parādītās darbības.

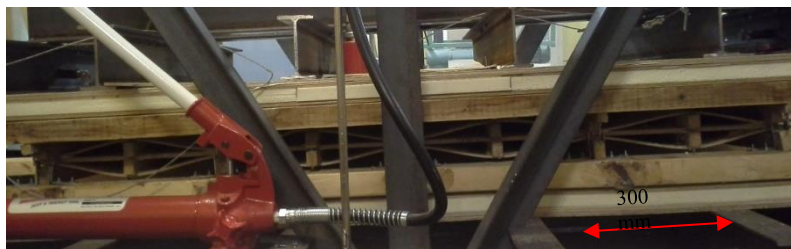


3. attēls. Plātņu ar šūnu tipa dobām ribām izgatavošanas paņēmieni

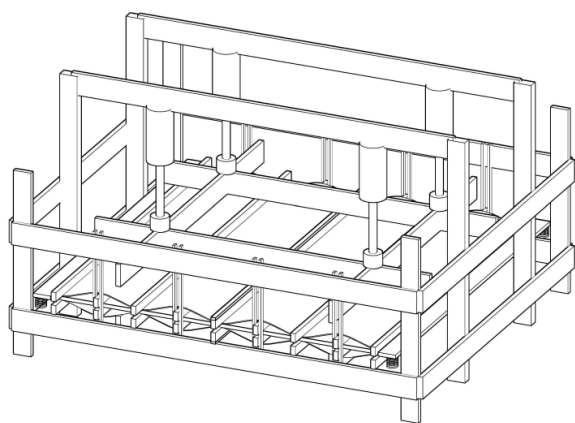
1 – saplākšņa loksne viļņotās daļas veidošanai; 2 – uzklātais līmes slānis; 3, 5 – līstes, kuru biezums vienāds ar veidojamā dobuma maksimālo augstumu; 4 – saplākšņa loksne taisnās daļas veidošanai; 6 – saplākšņa loksne viļņotās daļas veidošanai; 7 – slodzes pielikšanas elementi

Plātnēm ar šūnu tipa dobām ribām ribojuma iestrāde ietver šādus etapus:

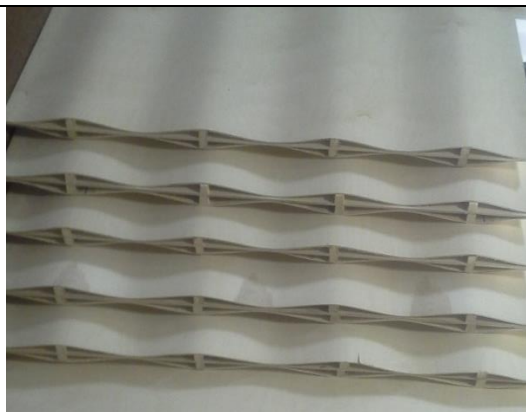
- a) plakanu ārējo apšuvumu uz koksnes bāzes sagādāšanu;
- b) viļņoto bloku sagatavju, kas iegūtas saskaņā ar 4. attēlu, savstarpēju savienošanu blokos, tās savienojot ar līmi viļņu virsotņu zonās;
- c) solī b iegūto viļņu bloku savstarpēju savienošanu ar līmi, iegūto dobo ribu struktūru dimensionāli salāgojot ar solī a izvēlēto apšuvumu gabarītmēriem;
- d) solī c iegūtās dobās ribas struktūras laminēšanu vienlaikus no abām pusēm vai secīgi no vienas puses un pēc tam no otras puses, izmantojot solī a minētos ārējos apšuvumus un iedarbojoties ar spiedienu un karstumu tā, lai saistviela vismaz daļēji sacietētu;



4. attēls. Plātņu ar šūnu tipa dobām ribām izgatavošanas iekārta, fragments, kad plātne atrodas saspīestā stāvoklī



5. attēls. Šūnu tipa dobā ribojuma izgatavošanas iekārtas skice



6. attēls. Šūnu tipa dobā ribojuma sagataves

Ribojuma izgatavošanas un iestrādes tehnoloģisko pamatprincipu izstrāde aprakstīta patentos LV14979 un LV15083. Noteiktas tehnoloģiskās iespējas dobās ribas veidojošajos viļņotajos elementos, kā arī spriegumi, kas rodas veicot vienmērīgu saspiešanu, un noteikti pieļaujamie ribu platumi, bez papildus atsperu pielāgošanas – šādā veidā iespējams veidot ribas ar platumu līdz 50 mm, ja dobās ribas taisno daļu veidojošās loksnes biezums 6,5 mm un liecāmo viļņoto daļu veidojošās loksnes biezums 4,0 ar ārējo šķiedru lobskaidu orientāciju paralēlu attiecībā pret distancējošo līstu virzienam.

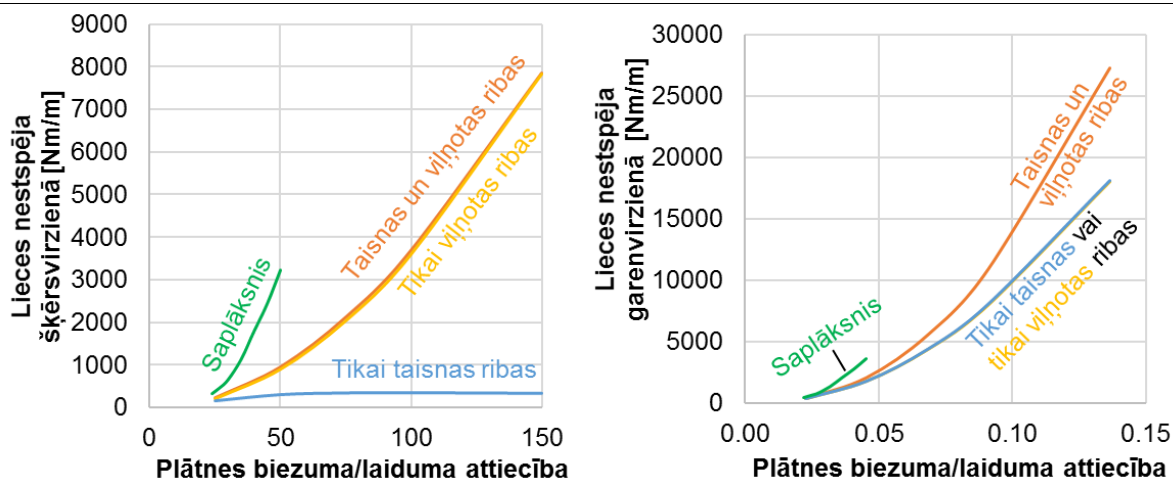
Izgatavota iekārta (4. - 6. attēls) ribojuma un plātņu salīmēšanai. Sloģošanai izmantots hidrauliskais domkrats (50 kN). Pieliktā spēka mērīšanai izmanto dinamometru, kas dod iespēju izmērīt līmēšanas spiedienu ar precizitāti $\pm 0,01$ MPa. Iekārtas kustīgā plakne nodrošina vienmērīgu spiediena sadalījumu pa iekārtas nekustīgo plakni. Iekārtā var izgatavot plātnes ar izmēriem 1500×850 mm, biezums līdz 250 mm. Speciāli pielāgojot izgatavoto iekārtu, var realizēt arī projekta ietvaros izstrādāto izgatavošanas paņēmieni, kas aprakstīts patentā LV15083. Demonstrācijas modeļi (samazināta mēroga prototipi) veidoti atbilstoši EN 789 standartam un papildus arī biezākām plātnēm, nepalielinot paraugu lielumu (platumu un garumu).



7. attēls. Demonstrācijas paraugs ar pārstrādātu beramo siltumizolāciju, bez siltumizolācijas, ar poliuretāna putu siltumizolāciju

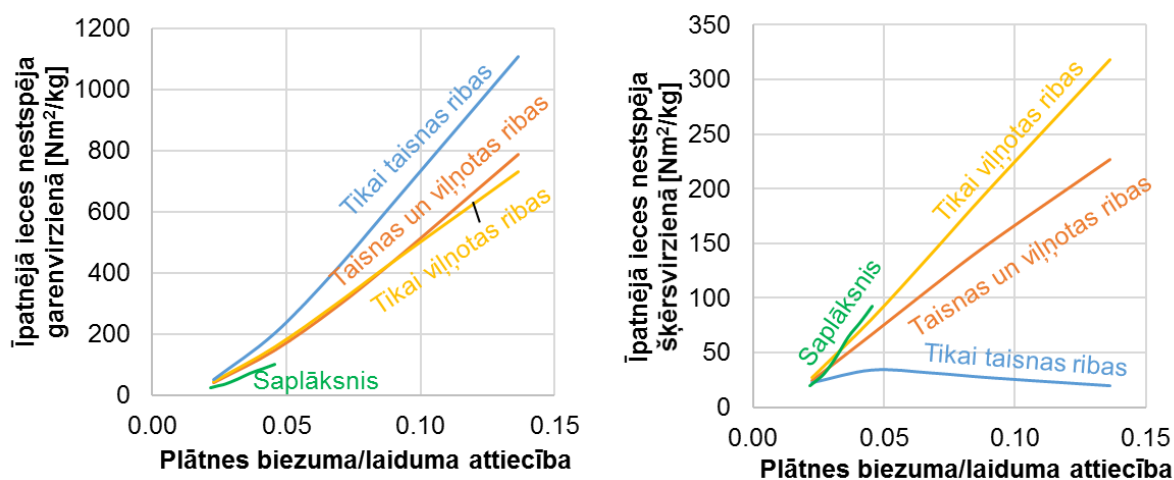
Balstoties uz izstrādātajām metodikām ir izstrādātas rekomendācijas plātņu ar šūnu tipa dobām ribām projektēšanai, pēc kurām vadoties ir iespējams sarēķināt nepieciešamos plātnes parametrus, uzprojektējot racionālu plātnes struktūru, un kurās ir dotas galvenās norādes šo plātņu pielietošanā.

Salīdzinot īpatnējo nestspēju atkarībā pēc lietojamības robežstāvokļa, visas aplūkotās ribotās plātnes uzrāda augstāku īpatnējo lieces nestspēju – plātnes ar šūnu tipa dobām ribām un plātnes tikai ar viļņotām ribām uzrāda līdz 50% lielāku, bet plātnes ar taisnām ribām – līdz 100% lielāku īpatnējo nestspēju salīdzinājumā ar saplāksni (8. attēls)



8. attēls. Saplākšņa, plātņu ar taisnām ribām un plātņu ar šūnu tipa dobām ribām nestspējas salīdzinājums A – garenvirzienā; B – šķērsvirzienā.

Ja salīdzina nestspēju pēc lietojamības robežstāvokļa plātnes šķērsvirzienā, tad var secināt, ka tikai plātnes ar viļņotām ribām uzrāda labākus rādītājus (par 17% lielāku īpatnējo nestspēju) attiecībā pret plātnēm ar šūnu tipa dobām ribām, jo ribu taisno daļu veidojošā sloksne ir perpendikulāra laidumam un tādā veidā pa garumu nekādu nestspējas pieaugumu nedod, bet materiālu patēriņu palielina. Savukārt salīdzinājumā ar plātnēm ar taisnām ribām nestspēja šķērsvirzienā ir par 58% augstāka 50 mm biezajām plātnēm un šī atšķirība pieaug, palielinot plātnes biezumu, līdz ar to arī biezuma un laiduma attiecību (9. attēls). Saplāksnim ir līdzīgs īpatnējās nestspējas pieaugums šķērsvirzienā kā plātnēm ar viļņotām ribām.



9. attēls. Saplākšņa, plātņu ar taisnām ribām un plātņu ar šūnu tipa dobām ribām īpatnējās nestspējas salīdzinājums A – garenvirzienā; B – šķērsvirzienā.

Iegūts, ka aplūkotajā apgabalā (slogojot līdz izliecei 1/200 no plātnes laiduma) viļņoto daļu veidojošajām sloksnēm šķiedru orientācijas ietekme uz nestspēju ir nebūtiska, tādēļ tehnoloģiski izdevīgāk ir veidot plātnes ar ribu taisno daļu veidojošās sloksnes ārējo šķiedru orientāciju plātnes garenvirzienā, savukārt viļņoto daļu veidojošo sloksņu ārējo slāņu orientāciju plātnes biezuma virzienā. Tādā veidā tiek samazināti spriegumi viļņotās daļas sloksnēs un ir vienkāršāka plātnes izgatavošana (nepieciešams mazāks saspiešanas spēks, veidojot šūnu tipa dobās ribas).

Izstrādātās rekomendācijas paredz ne tikai vadlīnijas plātnes ģeometrisku parametru projektēšanai pēc plātnes nestspējas, bet arī siltumtehnisko parametru prasību ievērtēšanu un plātņu uzvedības novērtēšanu mainīga mitruma apstākļos.

Iegūto rezultātu un pētāmā objekta aktualitāti raksturo iegūtā pirmā vieta starptautiskā izgudrojumu un inovāciju izstādē MINOX 2016 07.10 – 08.10.2016, kuru organizēja LIB un

„Connect Latvia” un atbalsta arī Latvijas Tirdzniecības un rūpniecības kamera.

Projekta darbinieku atalgojums pārskata periodā sastāda 71 052 eiro (bruto algas – 57 932 EUR + VSAOI – 13120 EUR)

Problēmas, iespējamie risinājumi:

Visi izvirzītie uzdevumi un mērķis ir sasniegti.

2.5. Projekta Nr.4 apgūtais finansējums (euro)

		Plānots 2014.– 2017. g.	1. posms	2. posms	3. posms	4. posms
1000– 9000*	IZDEVUMI – KOPĀ	94315.00	15170.00	22019.00	19345.00	37632.00
1000	Atlīdzība	65385.00	6259.27	18570.37	16397.86	29932.74
2000	Preces un pakalpojumi (2100+2200+2300)	21150.00	7719.73	3448.63	4236.14	7699.26
2100	Mācību, darba un dienesta komandējumi, dienesta, darba braucieni	4500.00	0.00	1181.09	796.64	0.00
2200	Pakalpojumi	10684.00	1734.29	2022.19	1757.84	4517.45
2300	Krājumi, materiāli, energoresursi, preces, medicīniskās ierīces, medicīniskie instrumenti, laboratorijas dzīvnieki un to uzturēšana	5966.00	5985.44	245.35	392.66	3181.81
5000	Pamatkapitāla veidošana	7780.00	1191.00	0.00	0.00	0.00

* Minētie skaitļi ir budžeta finansēšanas klasifikācijas kodi.

2.6. Projekta Nr. 4 rezultatīvie rādītāji

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

Rezultatīvais rādītājs	Rezultāti					
	Plānots	sasniegts				
	2014.– 2017. g.	gads				Kopā
		2014	2015	2016	2017	
Zinātniskie rezultatīvie rādītāji						
1. Zinātnisko publikāciju skaits:	6	0	4	5	4	13
oriģinālo zinātnisko rakstu (SCOPUS)(SNIP>1) skaits	2	0	1	1	0	2
oriģinālo zinātnisko rakstu skaits ERIH(A un B) datubāzē iekļautajos žurnālos vai konferenču rakstu krājumos	4	0	3	4	4	11
recenzētu zinātnisku monogrāfiju skaits	0	0	0	0	0	0
2. Programmas ietvaros aizstāvēto darbu skaits:	4	0	2	2	1	5
promocijas darbu skaits	1	0	0	0	0	0

maģistra darbu skaits	3	0	2	1	0	3
bakalaura darbu skaits	0	0	0	1	1	2
Programmas popularizēšanas rezultātie rādītāji						
1. Programmas gaitas un rezultātu popularizēšanas interaktīvie pasākumi, kuru mērķu grupās iekļauti arī izglītojamie, skaits:	14	2	8	10	6	26
konferences	6	0	3	6	4	13
semināri	4	1	4	2	1	8
rīkoti semināri un konferences	4	1	1	1	1	4
populārzinātniskas publikācijas	0	0	0	0	0	0
izstādes, demonstrācijas	0	0	0	1	0	1
Betona olimpiāde	0	0	0	0	0	0
2. Interneta mājas lapu populārie ziņojumi	0	0	0	0	0	0
Tautsaimnieciskie rezultātie rādītāji						
1. Zinātniskajai institūcijai programmas ietvaros piesaistītā privātā finansējuma apjoms, t. sk.:	20000	4621	0	0	0	4621
1.1. privātā sektora līdzfinansējums programmā iekļauto projektu īstenošanai	20000	0	0	0	0	0
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	0
1.3. ieņēmumi no līgumdarbiem, kas balstās uz programmas ietvaros radītajiem rezultātiem un zinātnības	0	4621	0	0	0	4621
2. Programmas ietvaros pieteikto, reģistrēto un spēkā uzturēto patentu vai augu šķirņu skaits:	1	1	2	2	2	2
Latvijas teritorijā	1	1	2	2	2	2
ārpus Latvijas	0	0	0	0	0	0
3. Programmas ietvaros izstrādāto jauno tehnoloģiju, metožu, prototipu vai pakalpojumu skaits, kas aprobēti uzņēmumos	0	0	0	0	0	0
4. Ieviešanai nodoto jauno tehnoloģiju, metožu, prototipu, produktu vai pakalpojumu skaits (noslēgtie līgumi par intelektuālā īpašuma nodošanu)	0	0	0	0	0	0
5. Noslēgtie līgumi par praktisko pētījumu projektu realizāciju saistībā ar projekta mērķiem un RIS 3.	0	0	0	88500	0	88500

Projekta Nr. 4 vadītājs _____

(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.

2. SADAĻA – INFORMĀCIJA PAR PROGRAMMAS PROJEKTIEM

2.1. ProjektsNr.5

Nosaukums

Materiālu mehāniskās mikro-, nano- mēroga īpašības un to ietekme uz cilvēka drošību

projekta vadītājs:
vārds, uzvārds,
zinātniskais grāds
zinātniskā institūcija

Jurijs Dehtjars

Dr. habil. phys.

Rīgas Tehniskā universitāte, Biomedicīnas inženierzinātņu un nanotehnoloģiju institūts

Amats

Institūta direktors, profesors

Kontakti

Tālrunis

29469104

E-pasts

jurijs.dehtjars@rtu.lv

2.2. Projekta Nr.5 mērķi

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

Projekta mērķis: Izpētīt polimēru kompozītu materiālu virsmu agrīno sabrukšanu, izstrādāt diagnostikas metodes un analizēt metožu pielietojuma iespējas uzņēmumos.

Papildus tam projekta realizācijas posmā, kas atbilst kalendārajam gadam, tiek definēti atsevišķi, konkrētajā posmā veicamie uzdevumi, kas saistīti ar projekta mērķa izpildi.

1.posma uzdevumi:	1.uzdevums. Pētījumu metožu izstrāde polimēru kompozītu materiālu virsmu agrīnas sabrukšanas diagnostikai: ūdens mikroorganismu ietekmes uz materiālu agrīno sabrukšanu pētījumu metode. 2.uzdevums. Pētījumu metožu izstrāde polimēru kompozītu materiālu virsmu agrīnas sabrukšanas diagnostikai: agrīnas sabrukšanas vizuālās atpazīšanas metode, izmantojot ar sabrukšanu inducēto nokrāsošanu.
2.posma uzdevumi:	1.uzdevums. Pētījumu metožu izstrāde polimēru kompozītu materiālu virsmu agrīnas sabrukšanas diagnostikai: ūdens mikroorganismu ietekmes uz materiālu agrīno sabrukšanu pētījumu metode. 2.uzdevums. Pētījumu metožu izstrāde polimēru kompozītu materiālu virsmu agrīnas sabrukšanas diagnostikai: agrīnas sabrukšanas vizuālās atpazīšanas metode, izmantojot ar sabrukšanu inducēto nokrāsošanu.
3.posma uzdevumi:	1.uzdevums. Polimēru kompozītu materiālu agrīnas sabrukšanas diagnostikas metožu izstrāde: agrīnas sabrukšanas diagnostikas metode, izmantojot <i>in situ</i> elektronu emisijas spektroskopiju; agrīnas sabrukšanas diagnostikas metode, novērtējot ūdens mikroorganismu ietekmi. 2.uzdevums. Polimēru kompozītu materiālu agrīnas sabrukšanas diagnostikas metožu izstrāde: agrīnas sabrukšanas vizuālās atpazīšanas diagnostikas metode, izmantojot ar sabrukšanu inducēto nokrāsošanu.
4.posma uzdevumi:	1.uzdevums. Izanalizēt polimēru kompozītu materiālu virsmu agrīno sabrukšanas diagnostikas metožu pielietojumu iespējas uzņēmumos – dzeramā ūdens cauruļu ražošanā. 2.uzdevums. Izanalizēt polimēru kompozītu materiālu virsmu agrīno sabrukšanas diagnostikas metožu pielietojumu iespējas uzņēmumos – mašīnu un konstrukciju ražošanā.

5.projekta aktivitāšu izpildes laika grafiks ir pievienots pielikumā 5-A.

Par projekta rezultātiem ziņots 11 starptautiskajās konferencēs:

1. S. Kronberga, J. Dehtjars, I. Kozaks, A. Aņiskevičs. Influence of nanoparticles with charged surface on mechanical properties of a composite material. *Riga Technical University 58th International Scientific Conference*, October 13, 2017, Riga, Latvia.
2. K. Gruskevica, V. Denisova, I. Kozaks, A. Lobanovs, J. Dehtjars, M. Romanova. The effect of bacteria on the destruction of the drinking water distribution system polymer pipes. *3rd International Conference "Innovative Materials, Structures and Technologies"*, September 27-29, 2017, Riga, Latvia
3. J. Dehtjars, K. Gruškeviča, M. Romanova, A. Aniskevich, O. Bulderberga. Material mechanical micro- nano- scaled features and their impact on human safety. *3rd International Conference "Innovative Materials, Structures and Technologies"*, September 27-29, 2017, Riga, Latvia
4. A. Aniskevich, O. Bulderberga, Yu. Dekhtyar, A. Korvena-Kosakovska, I. Kozak, M. Romanova. Electron emission of the carbon nanotube-reinforced epoxy surface nano layer towards detection of its destruction induced by elastic deformation. *International Nanotechnology Conference & Expo (Nanotech-2016)*, April 4-6, 2016, Baltimore, USA.
5. D. Zeleniakiene, V. Leisis, P. Griskevicius, O. Bulderberga, A. Aniskevich. A Numerical Simulation of Mechanical Properties of Smart Polymer Composite with Microcapsules for Damage Sensing Applications. Poster No. PO-3-02, *ECCM17 – 17th European Conference on Composite Materials*, June 26-30, 2016, Munich, Germany.
6. E. Chimbars, Yu. Dekhtyar, I. Kozaks, A. Aniskevich. Influence of high-frequency radiation on early collapse of composite material with embedded nanotubes. *Riga Technical University 57th International Scientific Conference*, October 17, 2016, Riga, Latvia.
7. J. Dehtjars, A. Aņiskevičs, O. Bulderberga, M. Romanova, K. Gruškeviča, A. Balodis. Material mechanical micro- nano- scaled features and their impact on human safety. *Riga Technical University 57th International Scientific Conference*, October 17, 2016, Riga, Latvia. (prezentēts konferences sekcijā "Inovatīvi materiāli un viedās tehnoloģijas vides drošumam (IMATEH)")
8. Ē. Dombrovskis, I. Kozaks, K. Gruškeviča, J. Dehtjars. Diagnostic method for early collapse of polymer pipes under mechanical load. *Riga Technical University 56th International Scientific Conference*, October 14-16, 2015, Riga, Latvia.
9. A. Aniskevich, V. Kulakov. Express procedure for evaluation of durability of complex shape pultruded composite profiles. *Baltic Polymer Symposium 2015*, September 16-18, 2015, Sigulda, Latvia
10. D. Zeleniakiene, V. Leisis, P. Griskevicius, O. Bulderberga, A. Aniskevich. A numerical study to analyse mechanical properties of polymer composites with smart microcapsules for high performing sensing applications. *Baltic Polymer Symposium 2015*, September 16-18, 2015, Sigulda, Latvia
11. A. Aniskevich, O. Bulderberga, Y. Dekhtyar, V. Denisova, K. Gruskevica, T. Juhna, I. Kozak, M. Romanova. Coloured reactions and emission of electrons towards early diagnostics of polymer materials overloading. *2nd International Conference "Innovative Materials, Structures and Technologies"*, September 30- October 2, 2015, Riga, Latvia

Projekta ietvaros publicēti zinātniskie raksti:

1. D.S. Ivanov, Y.M. Le Chain, S. Arafati, A. Dattin, S.G. Ivanov, A. Aniskevich. Novel method for functionalising and patterning textile composites: liquid resin print. *Composites Part A: Applied Science and Manufacturing*, 2016, Vol. 84, p.175-185 (Scopus, SNIP 2015 2.055).

<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1359835X16000336>

2. T. Glaskova-Kuzmina, A. Aniskevich, A. Martone, M. Giordano, M. Zarrelli. Effect of moisture on elastic and viscoelastic properties of epoxy and epoxy-based carbon fibre

reinforced plastic filled with multiwall carbon nanotubes. Composites Part A: Applied Science and Manufacturing, 2016, Vol. 90, pp.522-527 (Scopus, SNIP 2015 2.055).

<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1359835X16302822>

3. O. Bulderberga, A. Aniskevich, S. Vidinejevs. A glass-fiber-reinforced composite with a damage indication function. Mechanics of Composite Materials, 2016, Vol. 52, pp. 155-162. (Scopus)

<https://link.springer.com/article/10.1007/s11029-016-9568-1>

4. D. Zeleniakiene, V. Leisis, P. Griskevicius, O. Bulderberga, A. Aniskevich. A Numerical Simulation of Mechanical Properties of Smart Polymer Composite with Microcapsules for Damage Sensing Applications. Proceedings of 17th European Conference on Composite Materials (ECCM17), 2016, pp. 1-8
5. Yu. Dekhtyar, S. Kronberga, M. Romanova. Towards polymer composite reinforced by electrically charged nanoparticles. International Journal of Adhesion and Adhesives, Elsevier, 10 lpp. (notiek recenzēšana, Scopus)

Izstrādāts promocijas darbs:

O. Bulderberga. Polimēru kompozītmateriāla izstrāde ar mehānisko bojājumu indicēšanas funkciju (vadītājs Dr.sc.ing. A. Aniskevičs).

Darba priekšizstrādēšana notika LU Materiālu mehānikas institūtā 2017. gada 17. novembrī. (Aizstrādēšana paredzēta 2018.gadā.)

Izstrādāti un aizstāvēti 4 maģistra darbi:

1. Ēriks Dombrovskis. Uzlādētu mikro/nano daļiņu ietekme uz kompozīta agrīno sabrukšanu. Vadītājs: Dr.habil.phys. Jurijs Dehtjars, RTU, 2017.
2. Anda Pujate. Polimērkompozīta ar lādētām mikro- un nanodaļiņām homogenitāte. Vadītājs A.Homko, RTU, 2016.
3. Inguna Krista Anspoka, Kompozītmateriāla sagraušanas ietekme uz kompozītmateriāla virsmas elektronu emisiju. Vadītājs prof. A.Balodis, RTU, 2015.
4. Irina Golovko. Plastikāta ūdensvada materiāla ietekmē uz dzeramā ūdens kvalitāti. Vadītājs asoc. prof., vad. pētnieks, K. Tihomirova, RTU, 2015.

Izstrādāti un aizstāvēti 7 bakalaura darbi:

1. Artūrs Lobanovs. Dzeramajā ūdenī esošo mikroorganismu ietekme uz polimēra cauruļu agrīnu sabrukšanu. Vadītājs Dr.Sc.Ing. Marina Romanova, RTU, 2017.
2. Rolands Brenčs. Kompozītmateriāla ar C - nanocaurulēm mehānisko īpašību atkarība no apstarošanas ar augstfrekvenču elektromagnētisko starojumu. Vadītāji Dr.habil.phys. Jurijs Dehtjars, RTU, 2017.
3. Sanda Kronberga. Nanodaļiņu ar uzlādētu virsmu ietekme uz kompozītmateriāla mehāniskajām īpašībām. Vadītāji Dr.habil.phys. Jurijs Dehtjars, RTU, 2017.
4. Edgars Čimbars. Augstfrekvenču starojuma ietekme uz kompozītmateriāla ar nanocaurulēm agrīno sabrukšanu. Vadītājs Dr.habil.phys. prof. J. Dehtjars, RTU, 2016.
5. Anna Korvena-Kosakovska. Kompozītmateriāla agrīna sabrukšana mehāniskā noslogojumā, vadītājs Dr.Sc.Ing. A. Balodis, RTU, 2015.
6. Ēriks Dombrovskis. Polimēra cauruļu agrīnas sabrukšanas diagnostikas metode mehāniskā noslogojumā. Vadītājs Dr.habil.phys. prof. J.Dehtjars, RTU, 2015.
7. Toms Vāvere. Polimēru matricas sfēriskas pildvielas mehānisko īpašību noteikšana netiešā veidā. Vadītāji Dr. Sc. Ing. Andrejs Aņiskevičs, MSc. Olga Bulderberga, LU, 2015.

Sagatavoti dokumenti, kas apraksta projekta laikā izstrādātās metodes un rekomendācijas (pielikums elektroniski):

Nr. p.k.	Apraksts	Rezultāts	Skaitis/mērvienība
1	Pētījumu metode polimēru kompozītu materiālu virsmu agrīnas sabrukšanas diagnostikas izstrādei, izmantojot <i>in situ</i> elektronu emisijas spektroskopiju (2015)	metode	1/gab.
2	Pētījumu metode polimēru kompozītu materiālu virsmu agrīnas sabrukšanas diagnostikas izstrādei, izmantojot ar sabrukšanu inducēto nokrāsošanu (2015)	metode	1/gab.
3	Polimēru kompozītu materiālu virsmu agrīnas sabrukšanas diagnostikas metode, izmantojot <i>in situ</i> elektronu emisijas spektroskopiju (2016)	metode	1/gab.
4	Polimēru kompozītu materiālu virsmu agrīnas sabrukšanas diagnostikas metode, izmantojot ar sabrukšanu inducēto nokrāsošanu (2016)	metode	1/gab.
5	Rekomendācijas par diagnostikas metožu pielietojumu dzeramā ūdens cauruļu ražošanā (2017)	rekomendācijas	1/komplekts
6	Rekomendācijas par diagnostikas metožu pielietojumu mašīnu un konstrukciju ražošanā (2017)	rekomendācijas	1/komplekts

Izstrādātās 2 jaunās metodes, kas aprobētas uzņēmumos:

1. “Polimēru kompozītu materiālu virsmu agrīnas sabrukšanas diagnostikas metode, izmantojot ar sabrukšanu inducēto nokrāsošanu”, SIA Aviatest, apliecinājums datēts ar 7.11.2016.
2. “Polimēru kompozītu materiālu virsmu agrīnas sabrukšanas diagnostikas metode, izmantojot *in situ* elektronu emisijas spektroskopiju”, SIA Evopipes, apliecinājums datēts ar 8.11.2016.

Izstrādāts patenta pieteikums:

J. Dehtjars, S. Kronberga, M. Romanova, Ē. Dombrovskis, I. Kozaks. Nanostrukturēta kompozīta izgatavošanas paņēmieni. (Pieteikums iesniegts LR Patentu valdē 25.12.2017.)

Programmas un projekta popularizēšanas rezultatīvie rādītāji:

Informācija par projekta rezultātiem ir ievietota IMATEH mājas lapā <http://imateh.rtu.lv/materialu-meroga-ipasibas-un-to-ietekme-uz-cilveka-drosibu/>

Projekta rezultāti prezentēti 3 semināros:

1. 2017. gada 14. decembrī seminārs SIA “EVOPIPES”, Jelgavā, Langervaldes ielā 2a, kur projekta dalībnieki prezentēja projekta rezultātus polimērcauruļu agrīnas sabrukšanas diagnostikai.
2. Projekta rezultāti tika prezentēti Drošības un aizsardzības klastera (DAK) INOVĀCIJU DOMNĪCĀ, kas notika Rīgā, 2017. gada 31. maijā. Tika apspriests rezultātu potenciālais pielietojums drošības un aizsardzības jomās. DAK Inovāciju domnīcā piedalījās uzņēmumu, zinātnisko institūciju un valsts pārvaldes pārstāvji, kas ieinteresēti sadarboties augstas pievienotās vērtības produktu un pakalpojumu radīšanā drošības un aizsardzības sektoros. <http://www.federacija.lv/lv/pasakumi/drosibas-un-aizsardzibas-klastera-dak-inovaciju-domnica-31majja>
3. 2015. gada 26. maijā projekta rezultāti tika prezentēti seminārā par IMATEH programmas zinātniskās izpētes virzību un sasniegtajiem rezultātiem, kas notika RTU Būvniecības inženierzinātņu fakultātē.

Projekta ietvaros tika rīkoti 6 semināri:

1. 2017. gada 20. septembrī tika rīkota diskusija-seminārs ar Rīgas Stradiņa universitātes un Zemessardzes pārstāvjiem par projektu rezultātu izmantošanu cilvēka miesas aizsardzības

identifikācijai.

2016. gada 3. martā SIA "Aviatest", Rīgā, Rēzeknes ielā 1, tika rīkots seminārs, kurā uzņēmēji tika iepazīstināti ar projekta rezultātiem un tika pārrunāti turpmākās sadarbības iespējas.
2015. gadā rīkoti 4 semināri projekta rezultātu apspriešanai (13.04.2015, 13.05.2015, 10.09.2015, 21.12.2015). Apmeklēt seminārus tika aicināti projektā iesaistītu struktūrvienību darbinieki, kā arī studenti, kuri piedalījās pētījumos, un biznesa pārstāvji.

Nopublicēti 3 populārzinātniskie raksti:

- Populārzinātniskais raksts "Zinātnieki piedāvā metodes, kā agrīni paredzēt materiālu sabrukšanu", 2017.gada 6.decembrī, <https://www.rtu.lv/lv/universitate/masu-medijiem/zinas/atvert/zinatnieki-piedava-metodes-ka-agrini-paredzet-materialu-sabruksanu>
- "Dienas bizness", 2017.gada 6.decembrī, "Latvijas zinātnieki izstrādājuši metodes, kā agrīni paredzēt materiālu sabrukšanu" <http://www.db.lv/ekonomika/razosana/latvijas-zinatnieki-izstradajusi-metodes-ka-agrini-paredzet-materialu-sabruksanu-469612>
- "Ilustrētā Zinātne", 2018. gada janvāra numurs. Raksts "Agrīnas prognozes par materiālu sabrukšanu – jaunas metodes ļaus pamanīt materiālu bojājumus ātrāk".

Citi projekta rezultātu izplatīšanas pasākumi:

2015. gadā 2. oktobrī projekta rezultatīvie rādītāji tika prezentēti konferences "Innovative Materials, Structures and Technologies (IMST 2015)" atsevišķā sekcijā, kas veltīta IMATEH programmai: J.Dehtjars "Material mechanical micro- nano- scaled features and their impact on human safety"
2016. gada 16. augusta SIA "EVOPIPES", Jelgavā, Langervaldes ielā 2a, tika rīkota diskusija, kuras laikā uzņēmējam tika prezentēta projektā izstrādātās polimēru kompozītu materiālu virsmu agrīnas sabrukšanas diagnostikas metodes
- Latvijas Radio 1 raidījums par zinātņi «Zināmais nezināmajā», 2017. gadā 12. decembrī. Raidījuma tēma "Drošība – galvenā prioritāte aviācijā", prof. Jurijs Dehtjars stāsta, kā var uzlabot aviācijas drošību, savlaicīgi atklājot nano un mikro plaisu rašanās aviācijā izmantojamajos kompozītmateriālos.

<http://lr1.lsm.lv/lv/raksts/zinamais-nezinamaja/drosiba-galvena-prioritate-aviacija.a96383/>

- LTV7 raidījumā «Dzīve šodien», 2017.gada 20.decembrī. Prof. Jurijs Dehtjars stāsta par projektā izstrādātām materiālu agrīnās sabrukšanas diagnostikas metodēm.

<https://youtu.be/L9VWwOL-mec>

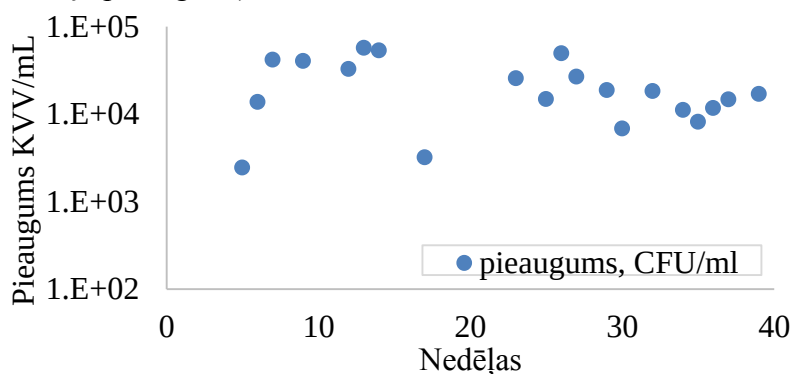
2.3. Projekta Nr.5 uzdevumi

(Norāda projekta pārskata periodā plānotās darbības un galvenos rezultātus.)

Darba uzdevumi 4. posmam	Galvenie rezultāti 4. posmam
1. Izanalizēt polimēru kompozītu materiālu virsmu agrīno sabrukšanas diagnostikas metožu pielietojumu iespējas uzņēmumos – dzeramā ūdens cauruļu ražošanā.	1. Izstrādāta metode 2. Noskaidrots, ka baktēriju klātbūtnē mainās polimērcauruļu elastības modulis. Baktērijas paātrina polimēra agrīno sabrukšanu. 3. Polimēra mehānikā noslogošana neietekmē baktēriju koncentrāciju ūdenī.
Izanalizēta projektā izstrādātās <i>in situ</i> elektronu emisijas spektroskopijas (EES) metodes pielietojamība dzeramā ūdens polimērcauruļu agrīnās sabrukšanas diagnostikai. Metode tika testēta, ņemot vērā polimērcauruļu ražotāja SIA "EVOPIPES" vajadzības.	
1.1. No polimērcauruļu sienām izdalīto organisko vielu un ūdenī esošā hlora ietekme uz baktēriju koncentrācijas pieaugumu dzeramajā ūdenī	
Tika veikti <i>in vitro</i> eksperimenti ar mērķi noteikt ūdensapgādes tīkla baktēriju un hlora	

ietekmi uz polimērcauruļu stiprību. Stikla pudeles tika uzpildītas ar piecas reizes koncentrētu krāna ūdeni (ūdens baktērijas tika nofiltrētas un tad no filtra pievienotas mazākam ūdens daudzumam) vai ūdenī ar 20 reizes palielinātu hlora koncentrāciju (4 mg/L). Tad ūdenī tika pievienoti cauruļu paraugi un pudeles tika novietotas uz orbitālā kratītāja. Reizi septiņās dienās ūdens pudelēs tika nomainīts pret svaigi sagatavotu hlora vai baktēriju suspensiju. Paraugos tika noteikta baktēriju koncentrācija ar kultivēšanas metodi (KVV/mL) (KVV – kolonijas veidojošā vienība) un plūsmas citometriju (šūnas/mL), kā arī tika noteikta hlora koncentrācija.

Sākotnējā vairoties spējīgu baktēriju koncentrācija (KVV/ml) suspensijā bija $5,23 \cdot 10^3$ šūnas/mL, bet pēc septiņām dienām koncentrācija pieauga līdz $1,94 \cdot 10^4$ šūnām/mL. Šeit ir svarīgi atzīmēt, ka līdzīgs baktēriju koncentrācijas pieaugums tika novērots arī kontroles paraugos (bez pievienotiem cauruļu paraugiem).



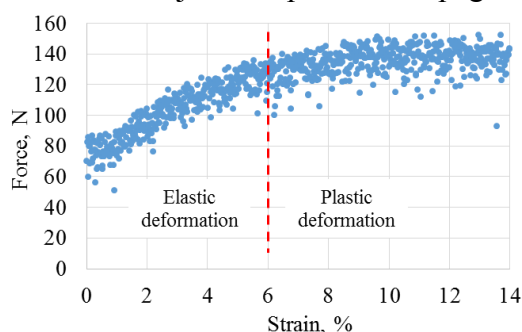
1.attēls. Vairoties spējīgu baktēriju pieaugums ūdenī ar polimērcaurulēm.

Sākotnējās kopējā un brīva hlora koncentrācijas bija respektīvi $4,40 \pm 1,02$ mg/L un $3,56 \pm 1,13$ mg/L. Pēc septiņām dienām gan brīvā, gan kopējā hlora koncentrācijas bija 0 mg/L. Tas nozīmē, ka hlors noreagēja ar ūdenī esošām baktērijām vai ūdenī esošām organiskām vielām.

Iegūtie rezultāti parāda, ka baktēriju koncentrācija ūdenī pieaug neatkarīgi no cauruļu paraugu klātbūtnes. Baktēriju skaita palielināšanos var ietekmēt augstāka temperatūra (20 °C istabas temperatūra pret 10 °C ūdensvada tīklā) vai ūdenī esošo organisko vielu sakoncentrēšana.

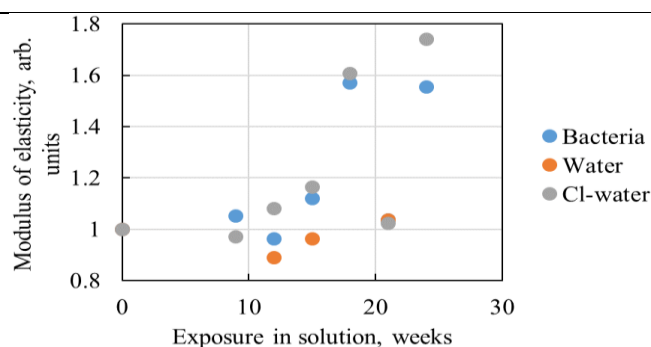
1.2. Polimērcauruļu mehāniskās īpašības atkarībā no apstrādes laika ar baktērijām vai hloru

PE80 cauruļu tipiskā relatīvā pagarinājuma-spēka līkne, kas iegūta stiepes slogošanā, ir parādīta 2.attēlā. Caurules plastiskā deformācija sākas pie relatīvā pagarinājuma $\epsilon=6\%$.



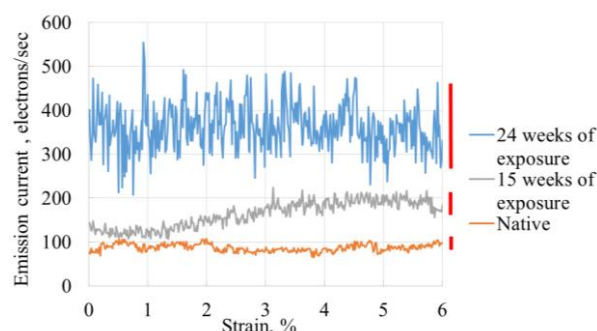
2. attēls. PE80 caurules tipiskā relatīvās deformācijas-spēka līkne.

Lai noteiktu hlora vai ūdens baktēriju ietekmi uz cauruļu mehāniskām īpašībām, cauruļu paraugi tika izturēti piecas reizes koncentrētajā krāna ūdenī (baktērijas koncentrētas ar filtra palīdzību) vai ūdenī ar 20 reizes palielinātu hlora koncentrāciju (4 mg/L). Pēc cauruļu apstrādes ar baktērijām vai hloru cauruļu paraugi tika slogoti stiepē, un vienlaicīgi ar slogošanu tika mērīta fotoelektronu emisija (FE) no slogošanas vietas. FE tika ierosināta, apgaismojot slogošanas vietu ar UV starojumu. No iegūtajām pagarinājuma-spēka līknēm tika aprēķinātas polimērcauruļu elastības moduļa relatīvās izmaiņas atkarībā no cauruļu apstrādes laika ar baktērijām vai hloru. Elastības modulis pieaug, palielinoties cauruļu atrašanās laikam ūdenī ar baktērijām vai hloru (3.attēls).



3.attēls. Polimērcauruļu elastības moduļa relatīvais pieaugums atkarībā no cauruļu apstrādes ilguma ar baktērijām vai hloru.

PE80 cauruļu agrīna sabrukšana tika pētīta, analizējot FE strāvas izmaiņas elastīgās deformācijas apgabalā (līdz relatīvam pagarinājumam 6%). Tika novērots, ka FE strāvas oscilāciju vēziens pieaug, palielinoties cauruļu apstrādes laikam ar baktērijām (4. attēls). 2016.gada pārskata periodā tika pierādīts, ka FE strāvas pieaugums ir saistīts ar nano/mikro plaisu rašanos materiālā, jo plaisas virsmas elektriskais potenciāls ir samazināts salīdzinājumā ar materiālu apkārt. Iegūtie rezultāti liecina, ka polimērcauruļu sienās veidojas nano/mikro plaisas ūdens baktēriju iedarbības rezultātā.



4.attēls. FE strāvas oscilāciju vēziens atkarībā no polimērcauruļu apstrādes laikā ar ūdenī esošām baktērijām.

Pēc polimērcauruļu izturēšanas ūdenī ar hloru, FE strāvas oscilāciju amplitūdas pieaugums netika novērots.

Pamatojoties uz iegūtajiem rezultātiem, tika izstrādāta rekomendācija EES metodes pielietošanai polimērcauruļu agrīnas sabrukšanas detektēšanai:

Lai pētītu polimērcauruļu agrīnu sabrukšanu, ir nepieciešams polimērcauruļu slogošanas laikā reģistrēt FE no slogošanas vietas un novērot FE izmaiņas elastīgās deformācijas apgabalā. Par polimērcauruļu agrīnās sabrukšanas iestāšanos (mikro-nano plaisu rašanos) liecina FE strāvas oscilāciju vēziena pieaugums.

2. Izanalizēt polimēru kompozītu materiālu virsmu agrīno sabrukšanas diagnostikas metožu pielietojumu iespējas uzņēmumos – mašīnu un konstrukciju ražošanā.

1. Parādīta EES metodes piemērotība detektēt kompozītmateriālu agrīnu sabrukšanu.

2. Parādīta EES piemērotība kompozītmateriālu mehānisko īpašību (elastības modulis, stiprība) regulēšanas (ar elektromagnētisko starojumu un lēģēšana ar uzlādētām nanodaļiņām) noteikšanai.

3. Izstrādāts un iesniegts patenta pieteikums par nanostrukturēta kompozīta ar uzlādētām nanodaļiņām izgatavošanas paņēmieni.

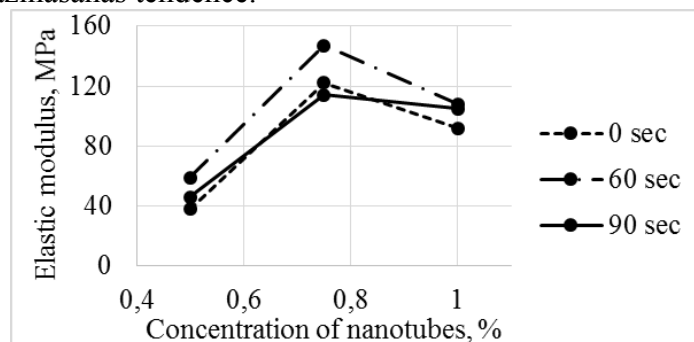
4. Noteikts mikrokapsulu mehānisko parametru kopums un izstrādāts mehāniskais modelis, kas ļauj izgatavot viedo kompozītmateriālu ar agrīnas sabrukšanas vizuālās detektēšanas iespējām atbilstoši uzņēmumu vajadzībām.

2.1. Izanalizēta EES metodes piemērotība detektēt ar elektromagnētisko starojumu apstarotu un jaunizveidotu kompozītmateriālu agrīnu sabrukšanu.

2.1.1. Ar elektromagnētisko starojumu apstarotu kompozītu agrīna sabrukšana

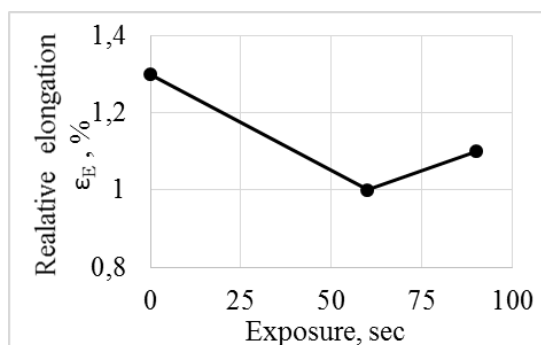
Tika izanalizēta EES metodes piemērotība testēt kompozītmateriālu agrīnu sabrukšanu, ņemot vērā Latvijas industrijas pārstāvja SIA "AVIATEST LTD" vajadzības. Uzņēmums testē kompozītmateriālus aviācijas vajadzībām, kas tiek ekspluatēti paaugstināta elektromagnētiskā starojuma apstākļos (radari un tml. ar frekvenci ≥ 1 MHz^{2,3}, jauda 160–1500 W⁴).

Tika analizētas ar oglekļa nanocaurulēm (ONC) pildītā kompozītmateriāla mehānisko īpašību izmaiņas elektromagnētiskā starojuma iedarbības rezultātā. Kompozītmateriāls ar ONC tika apstarots ar elektromagnētisko starojumu (600 W, 2,450 MHz), un pēc tam tika noteikts kompozīta elastības modulis. Tika noskaidrots, ka gan ONC koncentrācija, gan apstarošana palielina kompozīta elastības moduli (5. attēls). Tomēr, pie ONC koncentrācijas virs 0,75 % ir novērota elastības moduļa samazināšanas tendence.



5. attēls. Elektromagnētiskā starojuma ekspozīcijas ietekme uz ar ONC pildītā kompozītmateriāla elastības moduli.

Izmantojot ESS metodi, novēro elektronu emisijas parādīšanos, kad elastīgā deformācija sasniedz jau 1–1,5%, kas atbilst 30% no elastīgās deformācijas posma garuma. FE sākumam atbilstošā deformācija samazinās, palielinoties elektromagnētiskā starojuma ekspozīcijai (6. attēls). Tomēr, palielinot ekspozīciju no 60 līdz 90 sekundēm, FE sākumam atbilstošai deformācijai ir tendence pieaugt. Tas sniedz iespēju izvirzīt hipotēzi, ka palielināta ekspozīcija padara materiālu cietāku.



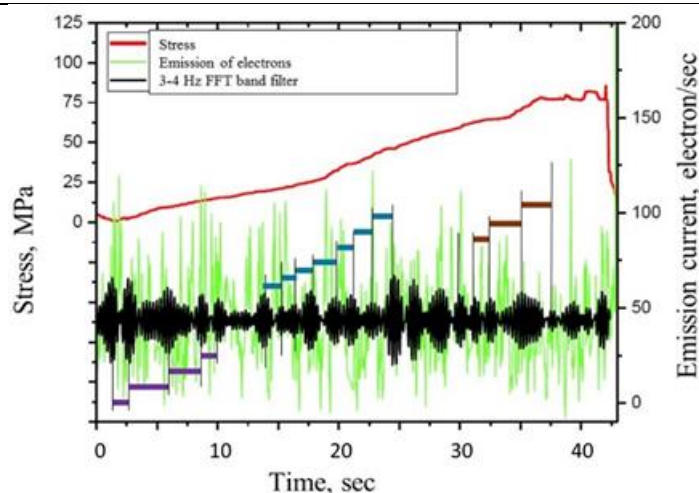
6. attēls. Elektromagnētiskā starojuma (600 W, 2,450 MHz) ietekme uz ar ONC pildītā kompozītmateriāla (ONC koncentrācija 0,5 %) relatīvo pagarinājumu, kas atbilst FE strāvas parādīšanas brīdim

Ir arī novērots, ka FE strāvas signāla filtrēts Furjē attēls (frekvence 3,5 Hz, filtra logs $\pm 0,5$ Hz) veido sablīvējumu kopu (7. attēls).

² https://en.wikipedia.org/wiki/Air_traffic_control_radar_beacon_system#The_interrogation; 2017.16.11.

³ https://www.itu.int/dms_pub/itu-r/oth/0A/0E/R0A0E0000710001PPTE.ppt; 2017.16.11.

⁴ https://en.wikipedia.org/wiki/Airport_surveillance_radar; 2017.16.11.



7. attēls. Laika intervāli starp filtrētā FE signāla sablīvējumiem, kas veidojas kompozīta stiepes deformācijas laikā

Pirms relatīvā pagarinājuma, kas atbilst FE parādīšanas brīdim, reģistrē emisijas trokšņa veida signālu, un laika posmi starp sablīvējumiem (violetie taisni segmenti) nav vienādi (to garumi mainās nejaušā veidā). Sasniedzot pagarinājumu, kas atbilst FE parādīšanas brīdim, laika intervāli starp sablīvējumiem (zilie taisni segmenti) kļūst aptuveni vienādi. Kompozīta plastiskās deformācijas posmā laika intervāli starp sablīvējumiem (brūnie taisni segmenti) atkal nav vienādi.

Pamatojoties uz sasniegtiem rezultātiem, tika rekomendēts:

1. Izgatavojot kompozītmateriālus ar ONC, priekšrocība jābūt ONC koncentrācijai ne mazāk kā 1%. Tādā gadījumā ir iespējams sasniegt materiālu ar palielināto noturību pret elektromagnētisko starojumu augstfrekvenču diapazonā.
2. Izmantojot EES metodi kompozītmateriāliem ar ONC, agrīna sabrukšana atspoguļojas: emisijas strāvas pieaugumā, emisijas signāla Furjē filtrētā attēlā laika intervālos starp sablīvējumiem (vienādo laika intervālu veidošanas informē par elastīgo deformāciju, bet turpmāka laika distanču "haotiskā" uzvedība signalizē par plastiskās deformācijas sākumu).
3. Lai detektētu kompozītmateriālu ar ONC agrīnu sabrukšanu, EES metodi var izmantot elastīgās deformācijas posmā, sākot no 30 % no elastības posma garuma, t.i. 70 % līdz elastīgā posma beigām.

2.1.2. Jaunizveidotu kompozītmateriālu agrīna sabrukšana

2.1.2.1. Ar uzlādētām nanodaļiņām pildītie kompozītmateriāli

Nanodaļiņas izmanto, lai uzlabotu polimēru kompozītu mehāniskās īpašības. Lai to panāktu, nodrošina nanodaļiņu virsmas saķeri ar polimēru matricu. Šim nolūkam nanodaļiņu virsmu funkcionalizē, piemēram, veidojot pārklājumu, kas ķīmiski savienojas ar matricu⁵.

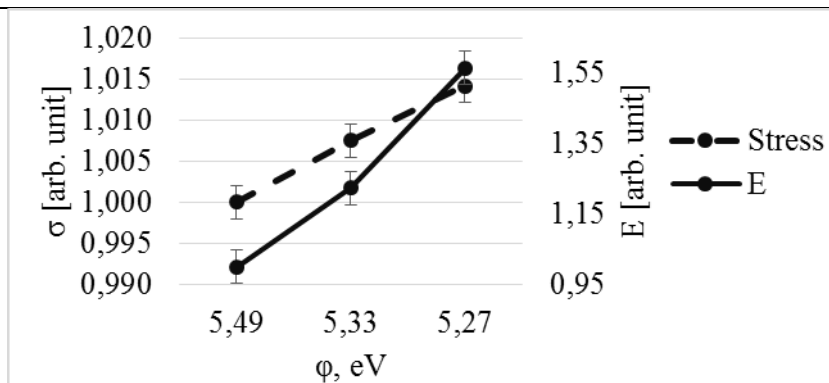
Atbilstoši vispārējai adhēzijas teorijai⁶ pievilksanas un atgrūšanas spēki konkurē, lai savienotu nanodaļiņas virsmu ar matricu. Ņemot vērā, ka atgrūšanā darbojas elektriskie spēki, nanodaļiņas ar elektriski uzlādētu virsmu var būt izmantojamas, lai iegūtu polimēru kompozītu ar kontrolējamām mehāniskām īpašībām. Projektā pirmo reizi demonstrēta kompozīta ar elektriski uzlādētām nanodaļiņām iegūšanas iespēja.

Silīcija dioksīda (SiO_2) nanodaļiņas ar diametru 10–20 nm tika uzlādētas ar ultravioleto starojumu. Uzlādēšanu kontrolēja, mērot fotoelektrisko izejas darbu no nanodaļiņām (izejas darbs pieaug, kad nanodaļiņu virsma uzlādējas negatīvi).

Tika noteikts, ka uzlādējot nanodaļiņas pozitīvi, pieaug kompozītmateriāla stiprībā (σ) un elastības modulis (E) (8. attēls).

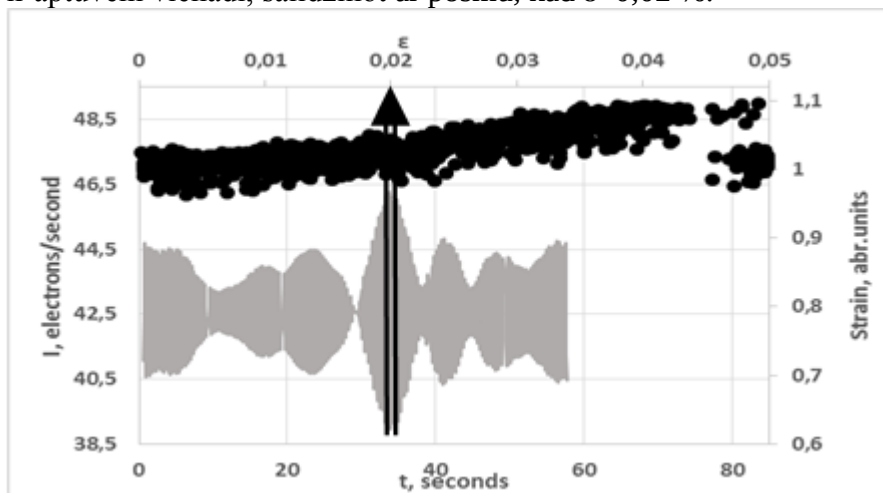
⁵ Q.Yuan, R.D.K. Misra. Polymer nanocomposites: current understanding and issues. *Materials Science and Technology*. 2006, Volume 22, Issue 7, 15.

⁶ Derjaguin B.V., Landau L.D. *Acta Physic Chimica*, USSR, **14**, 633-642, (1941)



8. attēls. σ un E korelācija ar nanodaļiņu (koncentrācija 1.5%) fotoelektrisko izejas darbu (ϕ)

Tika pārbaudīta EES metodes piemērotība novērot kompozītmateriāla ar elektriski uzlādētām nanodaļiņām agrīnu sabrukšanu. Elektronu emisijas filtrēts Furjē attēls liecina, ka sablīvējumu amplitūda palielinās pie elastīgas deformācijas $\epsilon=0,02\%$, kas sastāda 35% no visa elastīgās deformācijas posma (9. attēls). Bez tam, līdzīgi kā 7. attēlā, sākot ar $\epsilon=0,02\%$, laika intervāli starp sablīvējumiem ir aptuveni vienādi, salīdzinot ar posmu, kad $\epsilon<0,02\%$.



9. attēls. Filtrēts (frekvence 2,8 Hz, filtrēšanas logs $\pm 0,1$ Hz) emisijas signāla attēls un deformācijas līkne kompozītmateriālam ar nanodaļiņām

Pamatojoties uz sasniegtiem rezultātiem, tika rekomendēts:

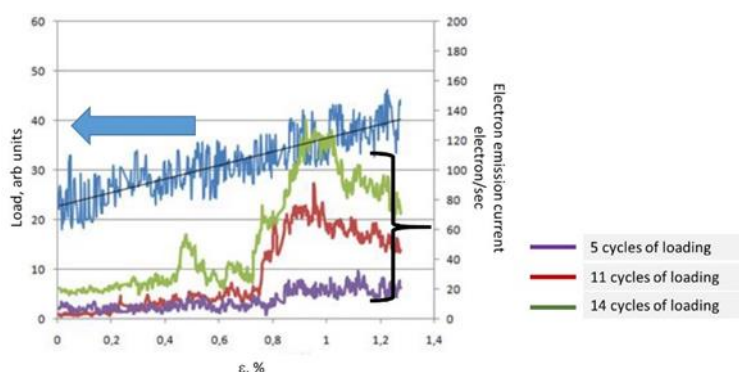
1. Ir iespējams veidot kompozītmateriālus ar dielektriskām nanodaļiņām, kuru virsma ir elektriski uzlādēta: virsmas pozitīvā uzlādēšana dod iespēju palielināt materiāla stiprību un elastības moduli.
2. Pielietojot EES metodi kompozītmateriāliem ar uzlādētām nanodaļiņām, agrīna sabrukšana atspoguļojas: emisijas signāla Furjē filtrēta attēlā amplitūdas straujā pieaugumā, aptuveni vienādos laika intervālos starp sablīvējumiem (vienādu laika intervālu veidošanās informē par sabrukšanas sākumu).
3. Lai detektētu kompozītmateriālu ar uzlādēto nanodaļiņu agrīnu sabrukšanu, EES metodi var izmantot elastīgās deformācijas posmā, sākot no 35 % no elastīgās deformācijas posma garuma, t.i. 65 % līdz elastīgās deformācijas posma beigām.

2.1.2.2. Ar stiklšķiedru pastiprinātie kompozītmateriāli

Tika pārbaudīta EES metodes piemērotība detektēt ar stikla šķiedrām pastiprinātā kompozītmateriāla agrīnu sabrukšanu daudzkārtējās noslogošanas apstākļos elastīgās deformācijas posmā.

Dauzkārtējā slogošana atspoguļojas emisijas strāvas pieaugumā, kaut gan slogošanas diagrammas forma paliek nemainīga (10. attēls). 10. attēls arī liecina, ka emisijas strāva neatkarīgi

no slogošanas skaita parādās pie $\varepsilon \geq 0,4\%$, t.i. aptuveni pie 30 % no elastīgās deformācijas posma garuma.



10. attēls. Elektronu emisijas signāls atkarībā no slogošanas skaita elastīgās deformācijas posmā

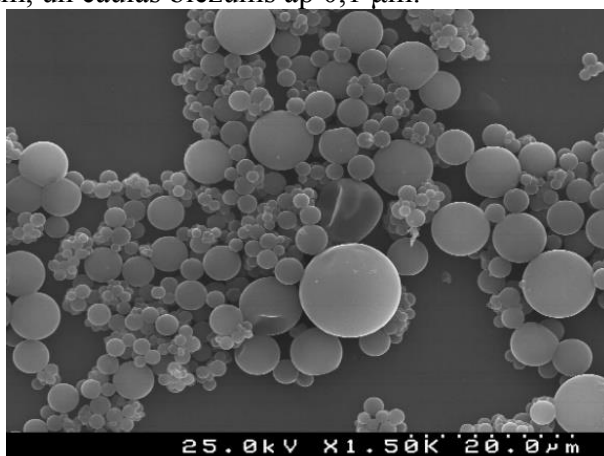
Pamatojoties uz sasniegtiem rezultātiem, tika rekomendēts:

1. Izmantojot EES metodi kompozītmateriāliem ar stikla šķiedrām, agrīna sabrukšana atspoguļojas: emisijas signāla pieaugumā, sākot no 30% no elastīgās deformācijas posma garuma, t.i. 70 % līdz elastīgās deformācijas posma beigām.
2. Kompozītmateriālu ar stikla šķiedrām vairākkārtēja deformācija palielina emisijas strāvu elastīgās deformācijas posmā, liecinot par sabrukšanas procesu intensifikāciju.

2.2. Izanalizēta vizuālās atpazīšanas metodes piemērotība kompozītu agrīnas sabrukšanas detektēšanai

2.2.1. Mikrokapsulu mehāniskās uzvedības matemātiskā modeļa izveide un verificēšana

Mikrokapsulu mehāniskās īpašības ietekmē jūtīgā slāņa mehāniskās īpašības. Jūtīgā slāņa mehānisko īpašību prognozēšana notika, pielietojot struktūras mehānikas principus. Jūtīgā slāņa īpašību aprēķinos kā parametrs tika izmantots tilpuma pildīšanas koeficients, kas ir cieši saistīts ar kapsulu ģeometriskiem parametriem. Kapsulu diametrs (vidējā vērtība un dispersija) tika noteikts no skenējošās elektronu mikroskopijas (SEM) attēliem. Tika noteikts, ka mikrokapsulu diametru intervāls sastāda 0,7–12 μm , un čaulas biezums ap 0,1 μm .



11. attēls. Mikrokapsulu ar krāsvielu SEM attēls

Mikrokapsulu mehānisko īpašību noteikšanai (efektīvais stingums un stiprums) tika pielietota apgriezto aprēķinu metode. Tika mērītas kompozīta (plēves) īpašības ar iepriekš zināmām mikrokapsulu koncentrāciju. Tālāk tika rēķināti mikrokapsulu efektīvie parametri.

Kompozīta paraugi – plēves ar integrētām mikrokapsulām, kā matrica tika izmantoti dažādi materiāli. Plēves tika uzklātas uz plakana stikla substrāta. Tipiskais plēves biezums sastādīja 0,8 mm. Pēc izgatavošanas plēves tika mehāniski testētas.

Ekspérimenta rezultāti tika izmantoti tālākos aprēķinos. Elastības moduļa kompozītmateriāla

ar mikrokapsulām noteikšanai netiešā veidā tika izmantots paņēmieni “Rule of mixture”:

Voight model $E_c = E_f \cdot V_f + E_m \cdot V_m$

Reuss model $E_c = \left[\frac{V_f}{E_f} + \frac{V_m}{E_m} \right]^{-1}$,

kur E_m ir matricas un E_f mikrokapsulu elastības modulis, V_m ir matricas un V_f mikrokapsulu tilpuma daļa, pie nosacījuma ka $V_m + V_f = 1$.

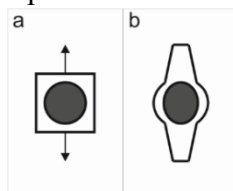
Pielietojot *Rule of mixture*, var noteikt teorētisko vērtību augšējo (*Voight model*) un apakšējo (*Reuss model*) robežu, kur reālie mērījumi atradīsies robežu ietvaros. Eksperimentālu vērtību iegūšanai tika izgatavoti paraugi – plēves ar integrētām mikrokapsulām un veikti mērījumi stiepē. Pēc datu apstrādes tika noteiktas E-moduļa vērtības atkarībā no mikrokapsulu koncentrācijas paraugos.



12. attēls. Plēves testēšana stiepē.

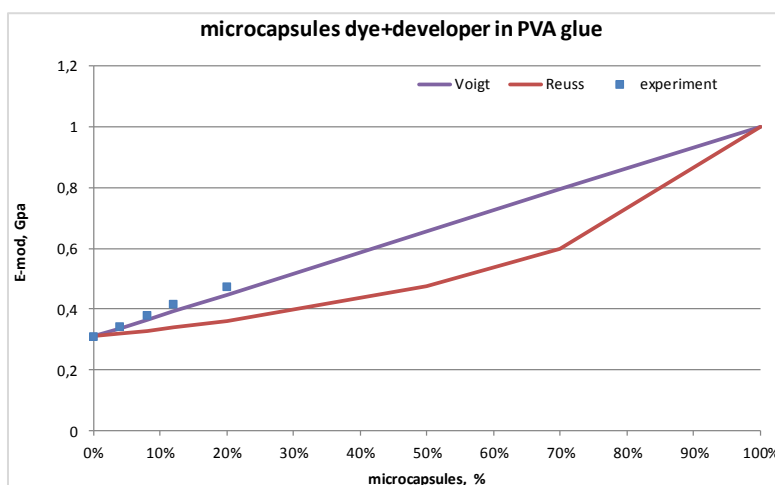
Darba gaitā tika izskatītas divas situācijas:

- 1) Matricas E-moduļa vērtība ir mazāka par pildvielas E-moduļa vērtību (13.attēls): $E_m \ll E_f$



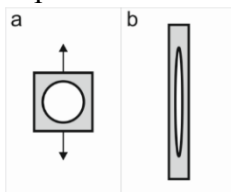
13.attēls. Pirms (a) un pēc (b) pieliktas slodzes

Šādā gadījumā:

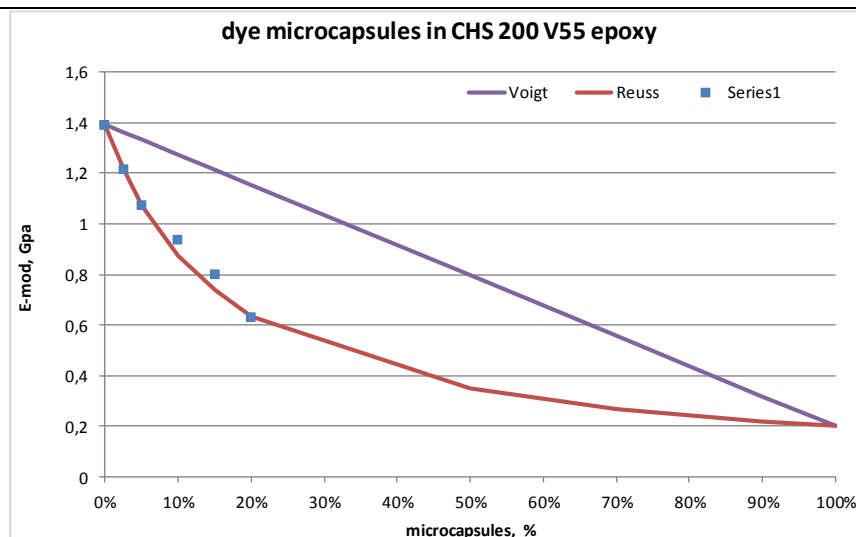


14. attēls. Eksperimentālās (■) un teorētiskās (—) vērtības: E-modulis atkarībā no mikrokapsulu koncentrācijas paraugos (PVA līme)

- 2) Matricas E-moduļa vērtība ir lielāka par pildvielas E-moduļa vērtību (15.attēls): $E_f \ll E_m$



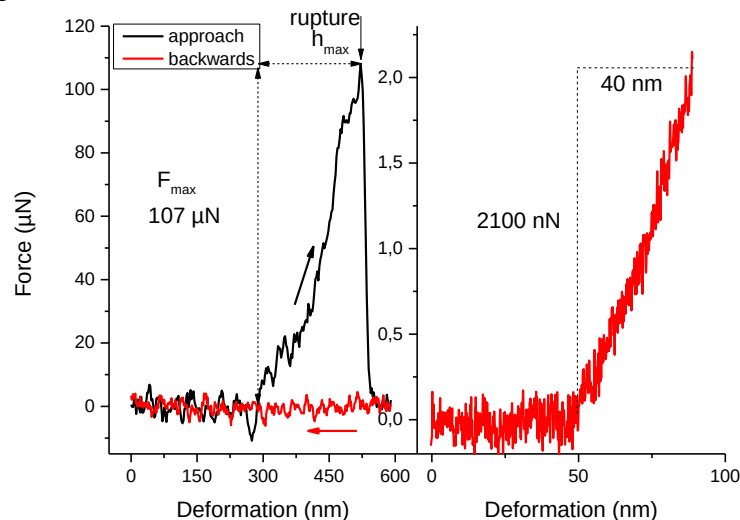
15. attēls. Pirms (a) un pēc (b) pieliktas slodzes



16. attēls. Eksperimentālās (■) un teorētiskās (—) vērtības: E-modulis atkarībā no mikro kapsulu koncentrācijas paraugos (epoksīda sveķi)

Pirmajā gadījumā labākie rezultāti tika iegūti ar *Voight model*, otrajā ar *Reuss model*.

E-moduļa noteikšanai tiešā veidā tika veikti atomspēka mikroskopijas (AFM) mērījumi. Nanoindentēšana ļauj noteikt maksimālo spēku, kas ir nepieciešams kapsulu sabrukšanai, kā arī aprēķināt E-moduli. Raksturīga līkne ar noslogošanu līdz kapsulu sabrukšanai (deformācija atkarībā no pieliktā spēka) ir parādīta 17. attēlā.



17. attēls. Raksturīgs nanoindentēšanas procesa attēls: tiešais dimanta indentora kontakts ar mikro kapsulu

Moduļa vērtība tika aprēķināta, pielietojot plāno čaulu teoriju ar formulu $E = 0,43 \cdot FR / (dH^2)$, kur E – mikro kapsulu modulis, d – $\frac{1}{2}$ no nomērītās deformācijas, H – čaulu biezums, R – mikro kapsulu rādiuss, F – pieliktais spēks. Aprēķinos tika izmantots nanoindentēšanas lineārais apgabals. No AFM mērījumiem aprēķinātais vidējais E-modulis ir 3,5 GPa.

Šī posma rezultāti, izmantojot iegūtās mikro kapsulu mehāniskās īpašības, ļauj modelēt materiāla mehānisko uzvedību pirms un pēc pieliktas slodzes.

Projekta iegūto rezultātu kopums ļauj izgatavot viedo kompozītmateriālu ar agrīnas sabrukšanas detektēšanas iespējām atbilstoši uzņēmumu vajadzībām. Proti, ir atstrādātas dažādas materiālu izgatavošanas metodes, novērtēts kompozītmateriāla jutīguma sliekšnis un metodes to kontrolei, zināmas materiāla mehāniskās īpašības, noteikti vairāki materiāla parametri matemātisko modeļu izveidei.

2.4. Projekta Nr. 5 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)

Projekta mērķis ir sasniegts pilnībā. Lai sasniegtu projekta mērķi, tika izstrādātas divas jaunas metodes polimēru un kompozītmateriālu agrīnās sabrukšanas pētīšanai un detektēšanai, un tika noteikta šo metožu piemērotība rūpniecisko problēmu risināšanai.

Pirmā izstrādātā metode (EES metode) pamatojas uz *in situ* FE detektēšanu no mikro/nano plaisām, kas veidojas kompozītmateriālā, iestājoties tā agrīnai sabrukšanai. Mikro un nano plaisas, kas veidojas sabrukšanas sākumā, ietekmē virsmas elektriskās īpašības, līdz ar to agrīnās sabrukšanas procesa detektēšanai ir nepieciešamas pētīt virsmas elektriskās īpašības. Plaisas materiāla virsmas slānī veidojas haotiski, līdz ar to šo procesu lokalizāciju grūti paredzēt un novērot, fokusējot mērījumus nano mērogā. Izstrādātā *in situ* FE spektroskopijas metode ļauj kontrolēt virsmas laukumu milimetru mērogā, bet sniedz informāciju par procesiem, kas notiek virsmas nano slānī.

Ir zināms, ka materiāla virsmas slāņa sabrukšanas gadījumā no materiāla tiek emitēti elektroni⁷. Enerģija emisijai tiek piegādāta plaisas veidošanas rezultātā. Šādu emisiju, kuru novēro bez papildus stimulācijas, izmanto sabrukšanas konstatēšanai. Tomēr plaisas veidošanas vietā, atomiem pārgrupējoties, mainās elektronu blīvums, līdz ar to mainās arī elektronu izejas darbs (ϕ). *Izstrādātās metodes novitāte* ir elektronu emisijas ierosināšana, izmantojot gaismas fotonus, kuru enerģija (E) nedaudz (ar kT precizitāti, k – Bolcmana konstante, T – temperatūra Kelvīnos) pārsniedz ϕ . Šajā gadījumā FE strāva (I) būs atkarīga no ϕ : $I \sim (E - \phi)^m$, $E \geq \phi$, $m > 1$.

Tā kā pakāpes rādītājs $m > 1$, I nozīmīgi atsaucas ("pastiprina") uz ϕ izmaiņām. Tiek izmantoti ultravioletās (UV) gaismas fotoni.

Projekta 1. pārskata periodā tika noregulēta un pielāgota iekārta, kas reģistrē FE no parauga deformācijas vietas, slogojot paraugu stiepē. Optimizēti FE optiskās stimulācijas režīmi. Izstrādāta paraugu izgatavošanas metode un optimizēta paraugu forma slogošanai stiepē. Uzsākti eksperimenti par polimērcauruļu spēju izdalīt dzeramajā ūdenī organiskās vielas, kas var kalpot kā barības vielas ūdenī esošām baktērijām.

Projekta 2. pārskata periodā noteikts, ka par polimēru kompozītmateriālu agrīnu sabrukšanu liecina FE izmaiņas elastīgās deformācijas apgabalā. Šīs izmaiņas ir izskaidrojamas ar strukturālām izmaiņām materiālā, kas maina elektronu emisijas intensitāti. Tika noteikts, ka ūdenī pēc kontaktā ar polimērcaurulēm vairojas gan Evian konsorcijs ūdens baktērijas (kas ir normāla parādība, jo tā ir ūdens baktērijām ierasta vide), gan *E.coli* baktērijas. Savukārt *E.coli* baktēriju vairošanās norāda uz to, ka polimēra caurules var sekmēt fekālo baktēriju vairošanos tīkla netīša (vai tīša) piesārņojuma gadījumā.

Projekta 3. pārskata periodā tika parādīts, ka uz parauga virsmas ir nepieciešams veidot iegriezumus – mehānisko spriegumu koncentratorus, vietā, kur paraugs tiek apgaismots ar UV starojumu. Šajā gadījumā deformācijas vieta sakrīt ar UV kūļa lokalizāciju. Tika izmērīts, ka reģistrēto spēku atšķirība paraugiem ar koncentratoru nepārsniedz reģistrējamo spēku izkliedi paraugiem bez koncentratoriem. Tika piemeklēts gaismas filtrs, lai nodrošinātu nosacījumu $E \geq \phi$, izgriežot attiecīgo viļņa garumu no gaismas avota starojuma spektra. Izmantojot AFM Kelvina zondes metodi, tika pierādīts, ka mikro/nano plaisām un materiālam apkārt plaisām ir atšķirīgi virsmas elektriskie potenciāli – plaisas virsmas elektriskais potenciāls ir samazināts salīdzinājumā ar materiālu apkārt. Samazinātais potenciāls var sekmēt lokālās emisijas strāvas pieaugumu no plaisas. Tas apstiprinājās, novērojot elektronu emisijas strāvas pieaugumu, materiālu stiepjot. Vienlaikus tika novērotas emisijas strāvas zāģveida svārstības, kas varētu būt saistītas ar atomu/molekulāru

⁷ Dekhtyar Yu., Kawaguchi Y., Arnautov A. Failure and relaxation of carbon fibre-reinforced plastic tested by exoemission and luminescence methods. Int. journal Adhesion and Adhesives. 1997, V.17, N 1., 75-78.

saišu saraušanu/restrukturizāciju deformācijas laikā.

Tika uzsākta jaunā epoksīda sveķu kompozītmateriāla izstrāde, kur kā pildvielu izmanto uzlādētas SiO_2 nanodaļiņas. Nanodaļiņu virsmas elektriskais lādiņš veicina saķeri starp nanodaļiņām un epoksīda matricu, tādā veidā uzlabojot kompozīta mehāniskās īpašības.

Tika parādīts, ka temperatūras ietekmē (paātrinātas novecošanas procesā) polimēra caurules izdala ūdenī organiskās vielas, kas sekmē baktēriju vairošanos.

Projekta 4. pārskata periodā tika pētīta EES metodes piemērotība rūpniecisko problēmu risināšanai. Ņemot vērā SIA "Aviatest Ltd" vajadzības, tika pētīta kompozītmateriālu, kurus izmanto paaugstināta elektromagnētiskā starojuma apstākļos aviācijā, agrīna sabrukšana. Kā piemērs tika analizēts ar ONC pildīts kompozītmateriāls, modelējot ekspluatācijas apstākļus aviācijā. Tika noskaidrots, ka paaugstinātā starojuma iedarbībā materiāls kļūst cietāks, un ONC koncentrācija 1% uzlabo materiāla noturību pret starojumu. Par materiāla agrīnas sabrukšanas iestāšanos liecina FE strāvas pieaugums un vienādi laika intervāli starp sablīvējumiem emisijas signāla filtrētā Furjē attēlā. Izstrādāto EES metodi var izmantot elastīgās deformācijas posmā, sākot no 30% no elastīgās deformācijas posma garuma.

Tika pierādīts, ka ir iespējams veidot kompozītmateriālus ar dielektriskām nanodaļiņām, kuru virsma ir elektriski uzlādēta: virsmas pozitīvā uzlādēšana dod iespēju palielināt materiāla stiprību un elastības moduli. Tika iesniegts LV patenta pieteikums par nanokompozīta ar uzlādētām nanodaļiņām iegūšanas paņēmieni. Lai detektētu kompozītmateriāla ar uzlādētām nanodaļiņām agrīnu sabrukšanu, EES metodi var izmantot elastīgās deformācijas posmā, sākot ar 35% no elastīgās deformācijas posma garuma.

Lai detektētu kompozītmateriālu ar stikla šķiedrām agrīnu sabrukšanu, EES metodi var izmantot elastīgās deformācijas posmā, sākot no 30% no elastīgās deformācijas posma garuma.

Ņemot vērā SIA "Evopipes" vajadzības, tika izpētīta polimērcauruļu agrīna sabrukšana ūdens baktēriju iedarbības rezultātā. Tika noskaidrots, ka standarta apstākļos (bez mehāniskās iedarbības un paaugstinātas temperatūras) baktēriju koncentrācija dzeramajā ūdenī palielinās neatkarīgi no polimērcauruļu klātbūtnes ūdenī. Acīmredzot vislielākais daudzums organisko vielu no caurulēm izdalās ūdenī mehāniskās slodzes ietekmē. Toties tika noskaidrots, ka cauruļu elastības modulis pieaug, palielinoties cauruļu izturēšanas laikam ūdenī ar baktērijām. Arī tika novērots, ka palielinoties cauruļu izturēšanas laikam ūdenī ar baktērijām, pieaug FE strāvas oscilāciju amplitūda. Šis rezultāts liecina, ka polimērcauruļu sienās veidojas nano/mikro plaisas ūdens baktēriju iedarbības rezultātā.

Otrā projektā izstrādātā metode izmanto agrīnas sabrukšanas vizuālo atpazīšanu. Mikro un nano plaisas, kas veidojas sabrukšanas sākumā, darbojas kā kapilāri, kas var iesūkt šķidrumu ar lielu slapināšanas spēju. Ja šķidrums ir iekrāsots, veidojas iespēja vizuāli atpazīt materiāla sabrukšanas sākumu un tā lokalizāciju. Projektā pirmo reizi šāda metode bija realizēta kompozītmateriāliem. Kompozītā tiek iekapsulētas krāsvielas un tās attīstītājs, materiāla sabrukšanas laikā kapsulu sieniņas pārplīst, iekapsulētās vielas izspiežas no kapsulām un savstarpēji reaģē, veidojot reakcijas produktus, kas iekrāso noslogoto vietu.

Projekta 1. pārskata periodā tika atstrādāta mikrokapsulu ievadīšana kompozītmateriālā, proti, izvēlēti divi auduma varianti – stikla šķiedras, ja audums ar mikrokapsulām tiek pielietots kā konstruktīvais elements, un neilona audums, ja to izmanto kā ārējo slāni. Abiem audumiem tika izstrādāta tehnoloģija mikrokapsulu izvietojumam uz audumu virsmas un to piestiprināšana. Audumu ievadīšanai kompozītmateriālā bija izmantota VARTM () metode. Tika noteikts pielikšanas spēka sliekšnis kas izraisa materiāla nokrāsošanu, kā arī sliekšņa regulēšanas iespējas.

Projekta 2. pārskata periodā tika novērtēta ieviesto mikrokapsulu ietekme uz kompozītmateriāla mehāniskām īpašībām. Novērtēts krāsu izmaiņas ātrums pēc pieliktas slodzes, kā arī novērtēta materiāla darbība pie dažādām temperatūrām, proti, materiālam tika pielikta slodze pie dažādām temperatūrām un tika mērīts krāsu izmaiņas laiks.

Projekta 3. pārskata periodā tika uzsākta mikrokapsulu pētīšana – izmēru noteikšana, mehānisko īpašību noteikšana tiešā un netiešā veidā. Veikts iegūto rezultātu apkopojums mehānisko

īpašību modelēšanai.

Projekta 4. pārskata periodā tika turpināta mikrokapsulu pētīšana. Tika noteikti visi nepieciešami mikrokapsulu parametri mehāniskā modeļa izveidei. Tika veikta modelēšana. Darba rezultāti apkopoti zinātņu kopumā, kas ļauj izgatavot viedo kompozītmateriālu ar agrīnas sabrukšanas detektēšanas iespējām atbilstoši uzņēmumu vajadzībām.

Papildus tika atrisināti daži tehniskie jautājumi – piemēram, tika noteiktas mikrokapsulu optimālas koncentrācijas materiālu masas un kā rezultāta cenas samazināšanai gala produktā.

Izstrādāto metožu pielietojumu iespējami virzieni:

- Aviācijas kompozītu kvalitātes pārbaude.
- Lidaparātu neredzamo bojājumu detektēšana.
- Laivu kompozītu kvalitātes pārbaude.
- Polimēru cauruļu kvalitātes pārbaude.
- Militārās vajadzības, piemēram, sitiena spēka noteikšana aizsargvestēs.

2.5. Projekta Nr.5 apgūtais finansējums (euro)

		Plānots 2014.– 2017. g.	1. posms	2. posms	3. posms	4. posms
1000 – 9000 *	IZDEVUMI – KOPĀ	129062.00	20580.88	20380.00	21382.00	35750.00
1000	Atlīdzība	85559.00	6132.72	17005.28	18775.32	28888.12
2000	Preces un pakalpojumi (2100+2200+2300)	35653.00	8657.36	3374.72	2606.63	4670.13
2100	Mācību, darba un dienesta komandējumi, dienesta, darba braucieni	11663.00	1385.00	1177.02	573	00.00
2200	Pakalpojumi	15231.00	2798.61	1878.90	1955.46	3722.81
2300	Krājumi, materiāli, energoresursi, preces, medicīniskās ierīces, medicīniskie instrumenti, laboratorijas dzīvnieki un to uzturēšana	8759.00	4473.75	318.80	78.17	947.32
5000	Pamatkapitāla veidošana	7850.00	5790.80	0	0	2191.75

* Minētie skaitļi ir budžeta finansēšanas klasifikācijas kodi.

2.6. Projekta Nr. 5 rezultatīvie rādītāji

(Norāda pārskata periodā plānotos un sasniegtos rezultatīvos rādītājus. Informāciju atspoguļo tabulā unpielikumā)

Rezultatīvais rādītājs	Rezultāti					
	plānots	sasniegts				
	2014.– 2017. g.	gads				
		2014.	2015.	2016.	2017.	Projektā kopā
Zinātniskie rezultatīvie rādītāji						
1. Zinātnisko publikāciju skaits:	5	0	0	4	1	5
oriģinālo zinātnisko rakstu (SCOPUS)(SNIP>1) skaits	2	0	0	2	0	2
oriģinālo zinātnisko rakstu skaits ERIH(A un B) datubāzē iekļautos žurnālos vai konferenču rakstu krājumos	3	0	0	2	1	3
recenzētu zinātnisku monogrāfiju skaits	0	0	0	0	0	0
2. Programmas ietvaros aizstāvēto darbu skaits:	3	0	5	2	5	12
promocijas darbu skaits	1	0	0	0	1	1

maģistra darbu skaits	2	0	2	1	1	4
bakalauru darbu skaits	0	0	3	1	3	7
1. Programmas gaitas un rezultātu popularizēšanas interaktīvie pasākumi, kuru mērķu grupās iekļauti arī izglītojamie, skaits:	10	0	9	5	8	22
konferences	3	0	4	4	3	11
semināri	3	0	1	0	2	3
rīkoti semināri	3	0	4	1	1	6
populārzinātniskas publikācijas	1	0	0	0	2	2
izstādes, demonstrācijas	0	0	0	0	0	0
2. Internēta mājas lapu populārie ziņojumi	3	0	3	1	1	5
1. Zinātniskajai institūcijai programmas ietvaros piesaistītā privātā finansējuma apjoms, t. sk.:	0	0	0	0	0	0
1.1. privātā sektora līdzfinansējums programmā iekļauto projektu īstenošanai	0	0	0	0	0	0
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	0
1.3. ieņēmumi no līgumdarbiem, kas balstās uz programmas ietvaros radītajiem rezultātiem un zinātnības	0	0	0	0	0	0
2. Programmas ietvaros pieteikto, reģistrēto un spēkā uzturēto patentu vai augu šķirņu skaits:	1	0	0	0	1	1
Latvijas teritorijā	1	0	0	0	1	1
ārpus Latvijas	0	0	0	0	0	0
3. Programmas ietvaros izstrādāto jauno tehnoloģiju, metožu, prototipu vai pakalpojumu skaits, kas aprobēti uzņēmumos	2	0	0	2	0	2
4. Ieviešanai nodoto jauno tehnoloģiju, metožu, prototipu, produktu vai pakalpojumu skaits (noslēgtie līgumi par intelektuālā īpašuma nodošanu)	0	0	0	0	0	0
5. Programmas ietvaros izstrādāto jauno rekomendāciju skaits (komplekts)	2	0	0	0	2	2
6. Ieviešanai nodoto jauno rekomendāciju skaits(komplekts)	0	0	0	0	0	0

* Norāda pēc programmas īstenošanas.

Projekta Nr.5 vadītājs
(paraksts¹)

/Jurijs Dehtjars/
(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.

2. SADAĻA – INFORMĀCIJA PAR PROGRAMMAS PROJEKTIEM

2.1. Projekts Nr.6

Nosaukums
projekta vadītāja
vārds, uzvārds,
zinātniskais grāds
Institūcija
ieņemamais amats
Kontakti

Metāla virsmas apstrāde berzes un nodiluma samazināšanai

Kārlis Agris Gross

PhD

Rīgas Tehniskā universitāte

Asoc. profesors un vadošais pētnieks

Tālrunis

2020 8554

E-pasts

kgross@rtu.lv

2.2. Projekta Nr. 6 mērķi

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

6. projekta mērķis: *Izstrādāt metodoloģiju un optimizēšanas kritērijus metālisku materiālu īpašību uzlabošanai, virsmas apstrādei un pārklāšanai, lai samazinātu berzi un nodilumu berzes pāros t.sk. mijiedarbībā metālam ar ledus virsmu.*

6.projekta aktivitāšu izpildes laika grafiks ir pievienots pielikumā 6-A.

1.uzdevums: Raksturot metāla virsmas un noteikt vislabākās testēšanas metodes.

Galvenie rezultāti:

Uzsākot projektu, tika prognozēts, ka gludāka metāla virsma veicinās vieglāku kustību starp ledu un metālu. Tādēļ tika meklēta visinformatīvākā un ātrākā metode, lai noteiktu metāla virsmas gludumu. Nelīdzenumi tika definēti kā skrāpējumi un tika izmantotas četras metodes, lai tos detektētu. Tika izmantotas divas kontakta metodes (profilometrija un atomspēka mikroskopija) un divas bezkontakta metodes (gaismas mikroskopija un elektrona mikroskopija). No izmantotajām metodēm, profilometrija bija visnejūtīgākā, jo pats gals ar 2 mikrona diametru nespēja detektēt ļoti smalkus skrāpējumus. Atomspēka mikroskopija bija visjūtīgākā, bet nespēja izpētīt lielas virsmas, tātad vispiemērotākā metode bija gaismas mikroskopija. Tikai izveidota viena publikācija par šo tēmu.

2.uzdevums: Izstrādāt standu un sagatavot klimata simulatoru metāla virsmas berzes un nodiluma samazināšanas pārbaudēm.

NODEVUMS: Metode slīdamības mērīšanai laboratorijas apstākļos.

Galvenie rezultāti:

Sniega kustība uz slīpā metāla ir sarežģīta galvenokārt tāpēc, ka, ledum kustoties pa metāla virsmu, notiek maiņas ledus virsmā. Lai varētu labāk saprast ietekmējošos faktorus, kas veicina ledus-metāla pāra vieglāku kustību, tika apskatīta metāla kustība pa ledus virsmu. Daudzi iepriekšējie pētījumi balstās uz atkārtotu metāla kustību pa ledus vienu un to pašu vietu, veicinot ledus izkušānu. Lai varētu labāk pētīt ledus-metāla pāra kustību, tika attīstīta slīpā plakne ar ledus virsmu, pa kuru slidināja metāla paraugus. Klimata simulatoru aprīkoja ar dzesēšanas iekārtu, nodrošinot iespēju mainīt temperatūru līdz pat -20 °C. Slīpā plakne tika aprīkota ar optiskajiem sensoriem, lai noteiktu objekta ātrumu trases sākumā un beigās. Par izstrādāto testēšanas metodi ir sagatavots un iesniegts viens patenta pieteikums.

3.uzdevums: Modificēt metāla virsmas, noteikt slīdamības atkarību no veiktajām modifikācijām.

NODEVUMS: Rekomendāciju izstrāde par virsmas modifikācijām, kas visvairāk palielina

slīdamību metālam pa ledu.

Galvenie rezultāti:

Tika apskatīts raupjuma, cietības un hidrofbicitātes iespads uz slīdamību. Metāla cietība tika modificēta, izmantojot rūdīšanas metodi. Pie 4 dažādiem apstākļiem rūdītam tēraudam tika noteikta slīdamība. Četras dažādas polimēru virsmas tika izvēlētas, lai apskatītu virsmas hidrofbicitātes iespaidu uz slīdamību. Cietība nerādīja nekādus uzlabojumus slīdamībā. Polimēru virsmas ar lielāku hidrofbicitāti uzrādīja ātrāku slīdamību, taču, salīdzinot ar tērauda virsmu, uzlabojums netika novērots. Virsmas raupjuma modificēšana sniedza vislabākos slīdamības rezultātus.

4.uzdevums: Aprakstīt likumsakarību slīdamībai starp metāla virsmām un ledu (NODEVUMS).

Galvenie rezultāti: Tika izveidots jauns raupjuma parametra vienādojums, kas parāda slīdamības un parauga virsmas raupjuma savstarpējo sasaisti.

5.uzdevums: Izstrādāt metodes slīdamības uzlabošanai lielākai virsmai reālos apstākļos.

NODEVUMS: Metode slīdamības noteikšanai pa garāku ledus virsmu reālos apstākļos, salīdzinājums ar laboratorijas iekārtu.

NODEVUMS: Rekomendācija metāla virsmas modificēšanai, lai uzlabotu slīdamību reālos apstākļos, modificētā materiāla pielietojums.

Galvenie rezultāti:

Izstrādāta slīdamības mērīšanas metode pa slīpo plakni, izmantojot lielāku slodzi, garāku nobraucieni un lielāku metālu virsmu, salīdzinot ar laboratorijas trasi. Šī metode ļauj pētīt paraugu uzvedību lielākā mērogā. No veiktajiem eksperimentiem secināms, ka lielākā mērogā vislabākā slīdamība tēraudam uz ledus virsmas novērojama tad, ja tā virsma ir apstrādāta ar 1500 smilšpapīru (ar auduma pamatni), izmantojot 10N slodzi.

Pilna teksta zinātniskie raksti:

1. Z. Butans, K.A. Gross, A. Gridnevs, E. Karzubova. Road safety barriers, the need and influence on road traffic accidents. Proceedings of 2nd International Conference “Innovative Materials, Structures and Technologies”, IOP Conference Series-Materials Science and Engineering, 2015, Volume 96. (Scopus)
2. E. Jansons, J. Lungevics, K.A. Gross. Surface roughness measure that best correlates to ease of sliding. Engineering for Rural Development, Volume 2016-January, Pages 687.-695., ISSN 1691-5976. (Scopus)
3. J.Lungevics, E.Jansons, K.A.Gross. An ice track equipped with optical sensors for determining the influence of experimental conditions on the sliding velocity. Latvian Journal of Physics and Technical Sciences, 55 (1), 2018. (Scopus, Open Access, *saņemta izziņa, ka raksts ir pieņemts un tiks publicēts*)
4. E.Jansons, J.Lungevics, K.Stiprais, L.Pluduma, K.A.Gross. Measurement of sliding velocity on ice, as a function of temperature, runner load and roughness, in a skeleton push-start facility. Cold Regions Science and Technology. (SNIP>1; Iesniegta labota versija atbilstoši recenzentu komentāriem, šobrīd ir atkārtotā recenzēšanas stadijā).
5. K.Gross, J.Lungevics, L.Pluduma, J.Zavickis. A comparison of quality control techniques for scratch detection on polished metal surfaces. Measurement, 2018. (SNIP >1; Pieņemts publicēšanai, statusa apstiprinājums sistēmā)

Populārzinātniska publikācija:

1. Jauna metode palīdzēs uzlabot drošību uz ledus. Laboratorijā atveido apstākļus uz slidena ledus un pēta materiālu slīdamību. Ilustrētā zinātne, decembris, 2016 (133), 12.lpp.

Dalība konferencēs ar mutisku vai stenda referātu:

1. Z. Butans, K. A. Gross, A. Gridnevs, E. Karzubova. Road safety barriers, the need and the

- impact on road traffic accident mechanism. *2nd International Conference "Innovative Materials, Structures and Technologies"*, September 30.- October 2., Riga, Latvia.
2. J.Lungevics, J. Zavickis, L. Pluduma, K. A. Gross. *European Material Research Society (EMRS) Conference "EMSR Fall meeting 2015"*, 15.-18.09.2015, Warsaw, Poland.
 3. E. Jansons, J. Lungevics, K. A. Gross, Surface roughness measure that best correlates to ease of sliding, *15th International Scientific Conference Engineering for Rural Development*, 25.-27.05.2016, Jelgava, Latvia.
 4. E. Jansons, J. Lungevics, J. Rudzitis, K. A. Gross, Use of inclined plane with additional time measurements for investigating surface slidability on ice, *The 12th International Conference Mechatronic Systems and Materials 2016*, 3.-8.07.2016, Bialystok, Polija.
 5. J. Lungevics, K.A. Gross, Metāla virsmas modificēšana berzes un diluma samazināšanai, *Rīgas Tehniskās universitātes. 57. starptautiskā konference*, 14.-18.10.2016.
 6. K. Stiprais, K.A. Gross. "Polimēru virsmas enerģijas ietekme uz slīdamību pa ledu", *RTU 58. studentu zinātniski tehniskā konference*, 28.04.2017, Rīga, Latvija.
 7. J. Lungevičs. "Virsmas tekstūras parametru izvēle berzes pāra metāls-ledus raksturošanai", *RTU 58. studentu zinātniski tehniskā konference*, 28.04.2017, Rīga, Latvija.
 8. E. Jansons. "Berzes pāra metāls-ledus slīdamības pētījumi Siguldas treniņu estakādē", *RTU 58. studentu zinātniski tehniskā konference*, 28.04.2017, **Rīga, Latvija.**
 9. K. Stiprais, L. Pluduma, H. Sansonetti, K.A. Gross. "Influence of polymer contact energy on the ease of sliding over ice", *2nd International Conference "Innovative Materials, Structures and Technologies"*, 27.-29.09.2017, Rīga, Latvija.
 10. J.Lungevičs. Slīpās plaknes izmantošana ledus berzes izpētē". RTU 58. starptautiskā zinātniskā konference (sekcija: Inženiertehnika, mehānika un mašīnbūvniecība), 12.10.2017, Rīga, Latvija
 11. E.Jansons. "Nerūsējošā tērauda slīdēšanas pa ledu likumsakarību pētījumi, izmantojot liela mēroga slīpo plakni". RTU 58. starptautiskā zinātniskā konference (sekcija: Inženiertehnika, mehānika un mašīnbūvniecība), 12.10.2017, Rīga, Latvija

Dalība zinātniskos semināros:

1. Dalība zinātniskā seminārā par optisko mikroskopiju "*Meeting of s-SNOM practioners*", Garmisch, Vācija, 9.-11.06.2015.
2. Apmeklēta Baltijas reģiona lielākās triboloģijas nozares konferences Baltmattrib 2016 sekcija "Hardening, Coatings, Surface Engineering and Tribology". 3.-4.11.2016. Rīga, Latvija.
3. Apmeklēta viena no Eiropā lielākajām starptautiskajām triboloģijas konferencēm *44th Leeds Lyon Symposium on Tribology*, 04.-06.09.2017, Lyon, France.

Aizstāvēti maģistra darbi:

1. Jānis Lungevičs, Berzi un dilumu samazinošu virsmas apstrādes metožu triboloģisko īpašību novērtēšanas metodika, vadītājs Prof. J.Rudzītis (konsultants: A/Prof. K.A.Gross)
2. Ernests Jansons, Virsmas raupjuma ietekme uz slīdes pāra metāls – ledus slīdamību, vadītājs Prof. J.Rudzītis (konsultants: A/Prof. K.A.Gross)

Aizstāvēts bakalaura darbs:

1. Klāvs Stiprais, Metāla ķīmiskā apstrāde berzes mazināšanai, vadītājs A/Prof. K.A.Gross.

Uzsākti promocijas darbi:

1. Jānis Lungevičs, Mašīnbūves detaļu triboloģisko īpašību prognozēšanas metode, vadītājs Prof. J. Rudzītis (plānots aizstāvēt 2019. gadā)
2. Ernests Jansons, Kritērija izstrādāšana berzes pāra metāls-ledus slīdamības noteikšanai, vadītājs Prof. J. Rudzītis (plānots aizstāvēt 2019. gadā)

Pieteikts patents:

1. Iesniegts Latvijas patents (P-17-25 no 21.04.2017): Slīdēšanas īpašību noteikšanas iekārta un paņēmieni (J.Lungevičs, E.Jansons, K.A.Gross, K.Stiprais).

Projekta ietvaros izstrādāta metode, kas aprobēta uzņēmumā:

1. Saņemts apliecinājums no biedrības "Latvijas Bobsleja un Skeletona Federācija" (2016)
2. Saņemta vēstule no V-Reasearch, GmbH (Austrija) par uzņēmuma interesi par izstrādāto ierīci un mērīšanas metodi (2017)

Noslēgtie līgumi par projektu realizāciju:

1. Sagatavots un apstiprināts Eiropas Reģionālā attīstības fonda (ERAF) projekta pieteikums praktiskās ievirzes pētījumam "Virsmas īpašību ietekmes uz slīdamību pa ledu pētījumi" (The quest for disclosing how surface characteristics affect slideability). Projekta Nr.1.1.1.1/16/A/129, projekta īstenošanas laiks: 01.04.2017. – 31.03.2020, projekta kopējais finansējums: **594054,28 EUR**.

Sagatavoti dokumenti, kas apraksta izstrādātās metodes, rekomendācijas, priekšlikumus u.tml. (pielikums elektroniski)

Nr.p.k.	Apraksts	Rezultāts	Skaitis
1	Metode slīdamības mērīšanai laboratorijas apstākļos	Nodevums (rakstisks ziņojums)	1 gab.
2	Rekomendāciju izstrāde par virsmas modifikācijām, kas visvairāk palielina slīdamību metālam pa ledu	Nodevums (rakstisks ziņojums)	1 gab.
3	Likumsakarība slīdamībai starp metāla virsmām un ledu	Nodevums (rakstisks ziņojums)	1 gab.
4	Metode slīdamības noteikšanai pa garāku ledus virsmu reālos apstākļos, salīdzinājums ar laboratorijas iekārtu	Nodevums (rakstisks ziņojums)	1 gab.
5	Rekomendācija metāla virsmas modificēšanai, lai uzlabotu slīdamību reālos apstākļos, modificētā materiāla pielietojums	Nodevums (rakstisks ziņojums)	1 gab.

Rezultātu izplatīšana:

Projekta ietvaros organizētas sanāksmes projektā iesaistītajiem darbiniekiem un nozares pārstāvjiem, kurās tika diskutēts par projekta uzdevumiem un sasniegtajiem rezultātiem. Regulāri (vismaz reizi divās nedēļās) tiek noturētas iekšējās sanāksmes, kurās projekta vadītājs ar projektā tieši iesaistītajiem darbiniekiem pārrunā darbu progresu.

2.3. Projekta Nr. 6 uzdevumi

(Norāda projekta pārskata periodā plānotās darbības un galvenos rezultātus.)

Darba uzdevumi	Galvenie rezultāti
1. Pētīt kā virsmu modificēšana ietekmē to slīdēšanas ātrumu	Nodevums: Virsmas modifikācijas, kas visvairāk palielina slīdamību metālam pa ledu
Berzes procesu pa ledu pētījumus var realizēt divējādi – pārvietojot ledu pa metāla pamatni, vai metālu pārvietojot pa ledus pamatni. Tā kā ledus ir mīksts materiāls, tam slīdot pa cietāku metāla pamatni mainās tekstūra un tiek pakāpeniski samazināta masa, kas ļauj saprast, ka eksperimenti ar labāku atkārtojamību ir realizējami gadījumā kad metāls slīd pa ledus pamatni. Šāda pieeja ir drošāka uzsākot ledus berzes pētniecību, jo šajā pētījumu virzienā joprojām ir virkne neatbildētu	

jautājumu, tādēļ nepieciešams pēc iespējas samazināt mainīgos faktorus. Lielākā daļa līdzšinējo pētījumu orientēti uz metāla slīdamību pa ledu, līdz ar to līdzīga pieeja ļauj salīdzināt šajā pētījumā iegūtos rezultātus ar līdzšinējiem pētījumiem, kā arī paver iespēju objektīvāk pārrunāt rezultātus ar pētniekiem, kuri darbojušies šajā pētījumu virzienā.

Apskatītajiem paraugiem tika veiktas trīs idejiski atšķirīgas virsmas modifikācijas: tekstūras (raupjuma) maiņa, cietības maiņa un hidrofobitātes maiņa. Sākotnēji tika veikti primārie paraugu slīdēšanas ātruma mērījumi laboratorijas apstākļos, lai noskaidrotu, vai pastāv likumsakarības starp virsmas modificēšanu un slīdēšanu, kam seko padziļināti testi, ja nepieciešams.

Raupjuma ietekme

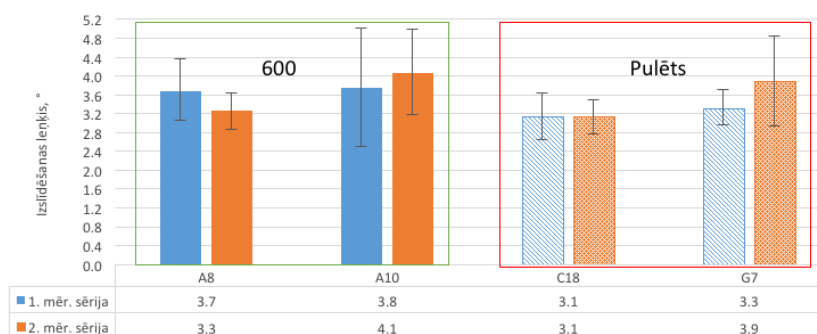
Paraugu virsmas raupjums tika mainīts, izmantojot dažādus smilšpapīrus, un iegūtā virsmas kontrole veikta, izmantojot profilometru. Izejas pozīcijā paraugu virsmas tika pulētas ar autopulētāju un tad skrāpētas, pārvietojot paraugus turp-atpakaļ pa diskreeta garuma smilšpapīra virsmu 10 reizes. Vienāda parauga piespiešanas spēka nodrošināšanai izmantots 1kg smags atsvārs, kurš apstrādes brīdī uzlikts uz parauga. Skrāpējumu paralelitate tiek nodrošināta ar smilšpapīra sānos izveidotu atbalsta sienīņu palīdzību. Iegūtā tekstūra tika noteikta ar kontakttipa profilometra palīdzību. Tā kā skrāpējumi ietekmē ne tikai virsmas raupjumu, bet arī viļņainību tika konstatēts, ka līdz šim izmantotais raupjumu raksturojošais parametrs brīvi izvēlētā virzienā nesniedz pilnvērtīgu raksturojumu par virsmu, tāpēc izveidota metodika, kuras ietvaros tiek skanēta visa parauga virsma un no iegūtā virsmas attēla tiek izdalīti paralēli profili kustības virzienā, kuriem tālāk noteikti būtiskākie augstuma un soļa parametri. Šāda detalizēta virsmas raksturošanas pieeja līdz šim nekad nav bijusi izmantota pētījumos par virsmu slīdēšanu pa ledu.

Pētījuma iesākumā tika salīdzināta paraugu spēja slīdēt, ja skrāpējumi izdarīti paralēli vai perpendikulāri slīdēšanas virzienam. Kā gaidāms, tika konstatēts, ka skrāpējumi perpendikulāri kustības virzienam uzrāda mazākus slīdēšanas ātrumus, kas skaidrojams ar to, ka viļņainības un raupjuma kombinācija perpendikulāri kustībai rada lielāku berzes pretestību, kas mazina parauga paātrināšanos un no tā izrietošo ātrumu.

Tika pētīts, kā variē paraugos izveidoto skrāpējumu amplitūda, izmantojot vairāku ražotāju piedāvātos smilšpapīrus ar vienādām markām (graudu izmēriem). Liela uzmanība tika pievērsta pamatnes tipam uz kura uzklāti smilšpapīra graudi, t.i. salīdzināti uz papīra un auduma izgatavoti smilšpapīri. Tika noskaidrots, ka smilšpapīri uz papīra pamatnes paraugu virsmās atstāj ievērojami lielāks skrāpējumu pēdas. Piemēram, Klingspor 600 grauda izmēra smilšpapīrs uz papīra bāzes paraugiem veido raupjumu $Ra = 0,17 \mu m$, kamēr tāda paša grauda izmēra 3M un Radex kompāniju smilšpapīri uz auduma bāzes veido vairs tikai $Ra = 0,08 \mu m$. Vadoties no šī pētījuma datiem, tika pieņemts lēmums visa projekta garumā izmantot tikai uz auduma bāzes veidotus smilšpapīrus.

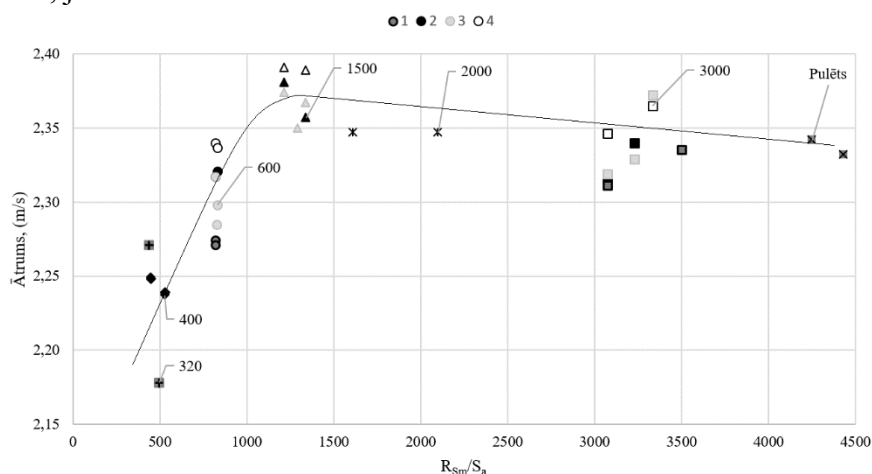
Tika izveidota jauna zinātniskā iekārta, kuras darbības balstīta uz slīpās plaknes principa, kurš ļauj noteikt slīpuma leņķi, pie kāda paraugs sāk slīdēt pa ledu, bet papildus četri optiskie sensori, ļauj realizēt paraugu slīdēšanas ātruma mērījumus. Šī iekārta ievietota speciāli veidotā klimata simulācijas kamerā, kurā ar kondicioniera palīdzību iespējams iegūt gaisa temperatūras līdz pat $-20^{\circ}C$.

Sākotnēji tika pārbaudīts, vai virsmas modificēšana ietekmē parauga izslīdēšanas leņķi (1. att.). Tika salīdzinātas no raupjuma viedokļa krasi atšķirīgas virsmas, t.i. pulēta un ar 600. markas smilšpapīru skrāpēta virsma. Tests atkārtots divās dažādās dienās un izmantoti divi paraugi no katra apstrādes veida. Pirmās dienas rezultāti (stabiņi zilā krāsā) rāda, ka pulētās virsmas spēj izslīdēt pie mazāka leņķa, savukārt otrās dienas rezultāti vairs nedod viennozīmīgu tendenci, kas kavē izdarīt objektīvus slēdzienus par tekstūras ietekmi.



1.att. Pulēts un ar 600. markas smilšpapīru apstrādātas tekstūras izslīdēšanas leņķu salīdzinājums. Pirmās dienas rezultāti attēloti zilā krāsā, bet otrās dienas oranžā. A8, A10, C18 un G7-paraugu numuri.

Virsmas raupjuma iespaids pilnvērtīgāk redzams, salīdzinot paraugu slīdēšanas ātrumus. Ar autopulētāju sākotnēji sagatavotie paraugi tika skrāpēti ar 320, 400, 600, 1500, 2000 un 3000 marku smilšpapīriem. Paraugiem veikta slīdēšanas ātruma noteikšana pie konstanta plaknes slīpuma leņķa (2. att.). Virsmas raupjums tiek raksturots izmantojot raupjuma parametru attiecību R_{Sm}/S_a , kura nosaka negludumu slīpumu. Ja attiecība $R_{Sm}/S_a > 1000$, vairs nav būtiskas nozīmes veidot raupjuma negludumus ar mazāku slīpumu, jo ietekme uz slīdēšanas ātrumu ir minimāla.



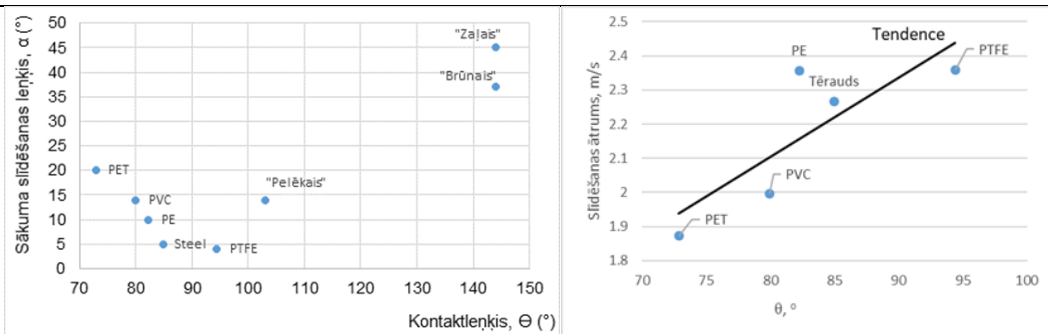
2.att. Raupjuma parametru attiecības R_{Sm}/S_a ietekme uz slīdēšanas ātrumu. Paraugu raupjums variēts izmantojot dažādu marku smilšpapīrus, kuri norādīti attēlā.

Cietības ietekme

Raupjuma pētījumos izmantotajiem paraugiem tika veikta virsmas rūdīšana, kam sekoja slīdēšanas īpašību pārbaude pie -7°C . Paraugu cietība pēc Brinela skalas (HB) tika paaugstināta no 370 uz 435 un 490 vienībām, kas kopumā dod $\sim 25\%$ cietības izmaiņu. Trīs tērauda paraugi no katras cietības grupas uzrādīja atšķirīgus paternus katrā mērījumu dienā. Tā kā rezultāti nebija atkārtojami, tika konstatēts, ka rūdīšana neuzrāda viennozīmīgu iespaidu uz slīdēšanas procesu.

Hidrofobitātes (kontaktleņķa) ietekme

Hidrofobitātes efekta sākotnējie pētījumi izdarīti, izmantojot četrus dažādu polimēru materiālus, jo tiem ir atšķirīgi slapināšanas kontaktleņķi. Izmantotie polimēri atradās kontaktleņķu diapazonā star 72° un 95° (3. att.). Identiski kā raupjuma pētījumos tika noteikts gan paraugu izslīdēšanas leņķis, gan slīdēšanas ātrums garākā trasē pie konstanta leņķa. Tika noskaidrots, ka polimēru paraugi ar lielāku slapināšanas kontaktleņķi uzrādīja mazāku izslīdēšanas leņķi, kas arī sasaucās ar slīdēšanas ātruma rezultātiem, t.i. virsmas ar lielāku kontaktleņķi uzrāda lielākus slīdēšanas ātrumus.



3.att. Slapināšanas kontaktleņķu korelācija ar: a) Paraugu izslīdēšanas leņķi; b) Slīdēšanas ātrumu. Polimēru slīdēšanas īpašības salīdzinātas ar tērauda. Izslīdēšanas leņķa grafikā iekļautas divas virsmas ar superhidrofobām īpašībām, t.i. kontaktleņķi $\Theta = 145^\circ$.

Apskatītās superhidrofobās virsmas veidotas no cietas pamatnes uz kuras veikta mikro tekstūras izveide. Paraugu pamatne pati ļauj iegūt kontaktleņķi starp 100° un 110° , bet tālākas modifikācijas iespējamās ar mikro teksturēšanas palīdzību. Tika izvēlēta iespēja uz pamatnes uzklāt divu veidu hidroforus pulverus ar graudu izmēriem $8\ \mu\text{m}$ un $120\ \mu\text{m}$. Iegūtajiem paraugiem bija ievērojami lielāks izslīdēšanas leņķis kā paraugiem ar monolītu cietu virsmu, kas rāda ka primāri labās slīdēšanas nodrošināšanai ir jāveido stingra un monolīta virsma, jo superhidrofobas īpašības vēl negarantē labus praktiskā pielietojuma rādījumus.

No iegūtajiem pētījumiem par raupjuma, cietības un hidroforitātes ietekmi tiek secināts, ka lielāko ietekmi uz slīdēšanas procesu iespējams panāks mainot tekstūras raupjumu, kam seko kontaktleņķa ietekme, bet virsmas cietība tiešā veidā neuzrāda viennozīmīgu ietekmi uz paraugu slīdēšanas īpašībām.

Šis apkopojums izveidots no 30 lpp. gara nodevuma "Virsmas modifikācijas, kas visvairāk palielina slīdamību metālam pa ledu", kurā ietilpst 24 paskaidrojošie attēli un 7 tabulas (pievienots atskaitei kā pielikums).

2. Aprakstīt likumsakarību slīdamībai starp metāla virsmām un ledu.

Nodevums: Likumsakarības slīdamībai starp metāla virsmām un ledu

Eksperimentālie dati no mērījumiem, kā modificētas metāla virsmas slīd pa ledu, ir ļāvušas apstiprināt pamata tendences, kas saistās ar šo procesu. Rezultāti rāda, ka parauga svars, atbalsta virsmas laukums, berzes koeficients un ledu raksturojošie parametri ietekmē slīdēšanas īpašības.

Matemātiskais modelis sevī iekļauj līdz šim tikai teorētiski noteiktu šķidrā slāņa biezumu uz ledus un eksperimentāli noteiktu ūdens viskozitāti pie zemām temperatūrām un berzes koeficientu, kurš nosakāms tikai aptuveni. Pārējie parametri ir vairāk vai mazāk stingri definēti un nosakāmi.

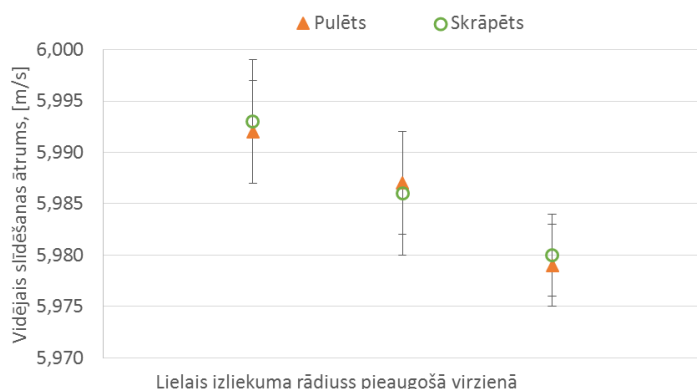
Slīdēšanas ātrumu v var noteikt:

$$v = \frac{h \cdot \mu \cdot F_N}{\eta \cdot A}$$

kur:

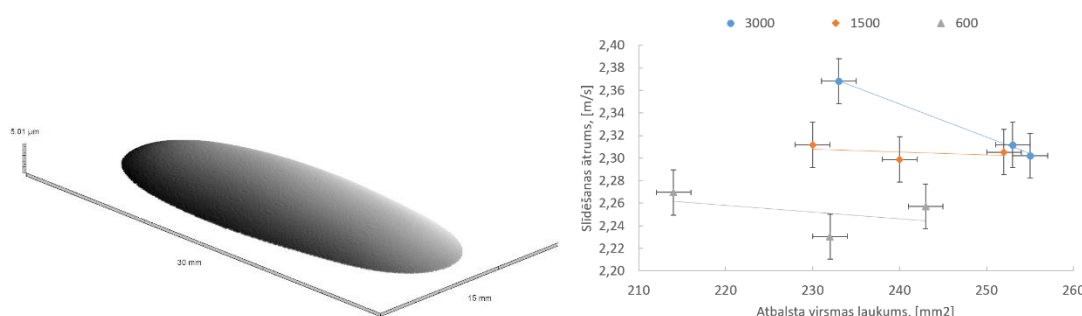
- A – Kontaktējošās atbalsta virsmas laukums starp metālu un ledu;
- h – Ūdens slāņa biezums uz ledus virskārtas;
- v – Slīdēšanas ātrums;
- η – Ūdens viskozitāte;
- F_N – Parauga svars;
- μ – Berzes koeficients.

Kontaktējošās atbalsta virsmas laukums līdz šim aprēķināts tikai no makro ģeometrijas viedokļa un šo laukuma vērtību var viegli izmainīt, variējot ar kontaktējošās virsmas izliekuma rādītājus. Samazinot izliekuma rādītājus, samazinās arī virsmas daļa, kas ir kontaktā ar ledu. Tika veikti teorētiskā pieņēmuma apstiprināšanas testi skeletoņa starta treniņu estakādē, izmantojot 1m garas skeletoņa slieces, kuras uzrāda, ka, palielinot to izliekuma rādītājus, slīdēšanas ātrums mazinās. Likumsakarība paliek spēkā gan gludām, gan skrāpētām sliecēm.



1. att. Mazāks slieces izliekuma rādiuss nodrošina lielāku slīdēšanas ātrumu.

Arī laboratorijā izmantotajiem paraugiem ir vērojams izliekums, kurš veidojas autopulēšanas procesā pakāpeniski noņemot materiāla stūrus un sānus. Formas izliekums tika noteikts ar kontakktipa profilometru. Pieņemot, ka konkrētajos klimatiskajos apstākļos uz ledus virsmas veidojas aptuveni 5 μm ūdens slānis (Kietzig et al. 2010) no iegūtā virsmas 3D modeļa digitāli nošķelts tās fragments, kurš kontaktē ar ledu (2.att.). Tiek konstatēts, ka paraugiem reālais atbalsta virsmas laukums sastāda 40-70% no nominālās parauga virsmas. Apskatīto paraugu virsmas laukumi variē 10% robežās, kas ir pārāk maza izmaiņa, lai iegūtu tik viennozīmīgu likumsakarību kā eksperimentos ar skeletonu.



2.att. Piemērs eksperimentālā parauga virsmas šķēlumam 5 μm distancē no augstākā virsmas punkta un līkne, kas rāda atbalsta virsmas laukuma ietekmi uz slīdēšanas ātrumu.

Noteikta arī likumsakarība starp eksperimentālo paraugu slapināšanas kontaktleņķi un uzrādīto slīdēšanas ātrumu. Eksperimentāli iegūtā lineārā sakarība ļāvusi noteikt, ka slīdēšanas ātrumu var iegūt sareizinot parauga kontaktleņķi ar 0,022 un iegūtajam rezultātam piesummējot 0,36m/s konstanti. Mazais gradients norāda, ka ietekme uz slīdēšanas ātrumu nav liela, taču tas kopumā ietekmē virsmas spēju slīdēt.

Šis kopsavilkums izveidots no 10 lpp. gara nodevuma “Likumsakarības slīdamībai starp metāla virsmām un ledu”, kurā ir 8 paskaidrojošie attēli un 8 vienādojumi (pievienots atskaitei kā pielikums).

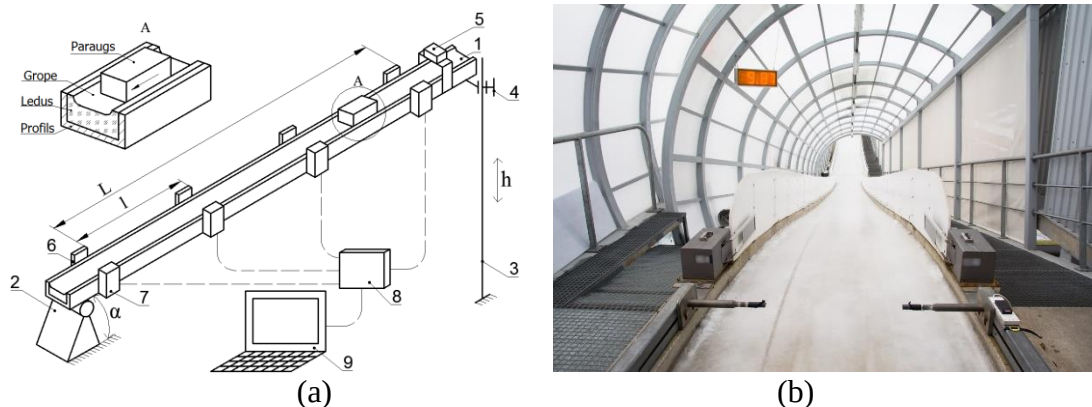
3. Noteikt, kā slīdamība laboratorijas apstākļos korelē ar slīdamību estakādē

Nodevums: Metode slīdamības noteikšanai pa garāku ledus virsmu reālos apstākļos, salīdzinājums ar laboratorijas iekārtu

Aktivitātes mērķis tika izvirzīts izstrādāt slīdēšanas ātruma mērīšanas metodi pa 24m garu slīpo plakni un salīdzināt iegūtās tendences ar laboratorijā iegūtajiem rezultātiem. Lai veiktu pētījumus pa garu slīpo plakni, tika izvēlēta skeletoņa starta treniņu estakāde, kas ir pasargāta no vēja, saules un sniega. Estakāde nav pilnībā noslēgta, caur grīdas režģiem un nelieliem atvērumiem tās galos notiek gaisa iekļūšana tajā. Līdz ar to tiek nodrošināta gaisa brīva cirkulācija un apstākļi estakādē ir līdzīgi apstākļiem ārpus tās, bet krietni stabilāki.

Skeletoņs no starta pozīcijas tiek palaists, atvienojot tapu, tādējādi tās uzsāk kustību lejup no miera stāvokļa. Tāpat kā laboratorijā, estakādes trases malā atrodas 4 sensoru pāri, kas fiksē laiku,

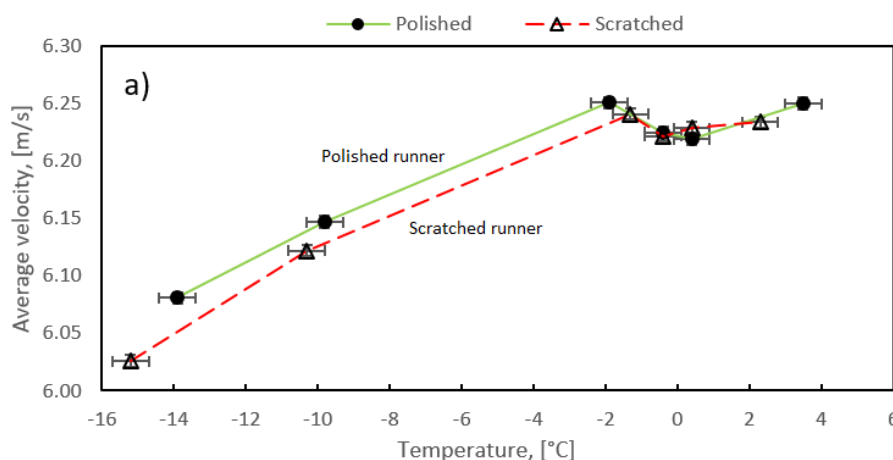
kad kamanas tos šķērso. Iegūtie dati tika izmantoti, lai noteiktu slīdēšanas ātrumu startā un pēc 24 metru slīdēšanas distances.



1.att. Slīdēšanas ātruma testi pa a) 3.5 m ledus trasi laboratorijā, un b) 24 m ledus trasi skeletoņa starta treniņu estakādē.

Pirms pilnvērtīgu eksperimentu uzsākšanas, tika noskaidrota atkārtotamība slīdēšanas ātruma mērījumiem. No 30 nomērītiem braucienu laikiem, tika novērota 0.15% kļūda, kas ir ievērojami mazāka kā citu autoru iepriekš veiktajos darbos. 2.5% līdz 4% kļūda tika uzrādīta Hainzmaiera rezultātos (Hainzmaier, 2005), 2.2% kļūda tika iegūta izmantojot lineāro tribometru Haslera eksperimentos (Hasler et al., 2016), un 1% kļūda tika iegūta Poirera rezultātos pa bobsleja starta treniņu estakādi, kas ir vismaz 7 reizes lielāka par iegūto 0.15% kļūdu. Lielāko kļūdas daļu sastāda cilvēka faktors, kas šajā darbā ir izslēgts un ļauj iegūt rezultātus ar ievērojami augstāku atkārtotamību. Lai novērstu operatora ietekmi, skeletoņs, tika nofiksētas ar neelastīgu virvi un palaistas atvienojot tapu, ļaujot tam brīvi slīdēt lejā pa slīpo plakni.

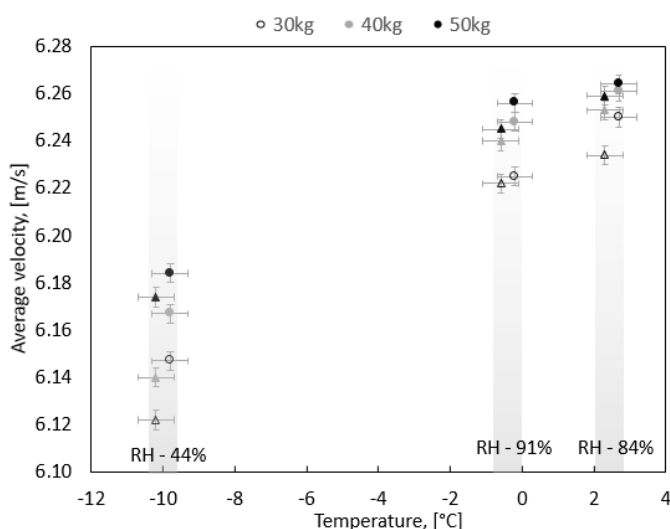
Vidējais slīdēšanas ātrums ātrāks tika novērots pulētām virsmām un palielinājās līdz ar temperatūras paaugstināšanos. Šis novērojums ir konsekvents ar iepriekš veiktiem pētījumiem (Kietzig et al. 2010). 0.2 m/s uzlabojums (3% pieaugums) vidējam ātrumam tika novērots, temperatūrai paaugstinoties no -15 °C to 0 °C, (2. att. a), taču mainīt temperatūru nav praktisks risinājums. Variācijas slīdēšanas ātrumā labāk var iegūt, mainot virsmas raupjumu. Pulētas metāla virsmas uzrādīja ievērojami ātrāku slīdēšanas ātrumu, kā skrāpētas metāla virsmas, it sevišķi vēsākās temperatūrās. Skrāpēto slieču slīdēšanas ātrums, salīdzinot ar pulētām sliecēm tika novērots par 1%, 0.4% un 0.16% lēnāks attiecīgi pie -15 °C, -10 °C un 0 °C.



2.att. Vidējais slīdēšanas ātrums 24m garā estakādē pulētām un skrāpētām sliecēm, temperatūru reģionā no -15 °C līdz +2 °C.

Spiediena ietekme uz slīdēšanas īpašībām metālam pa ledu tika pētīta, novietojot 10kg un 20kg smagus atsvarus uz skeletoņa ar pulētām un skrāpētām sliecēm. Slīdēšanas ātrums skrāpētām sliecēm ir novietots kreisajā pusē (ilustrēts ar trijstūri), bet pulēto slieču attiecīgi labajā pusē

(ilustrēts ar apli) no testa temperatūras atzīmes, tādējādi atvieglojot datu salīdzināšanu skrāpētām un pulētām eksperimentālo kamanu sliecēm (3.att.).

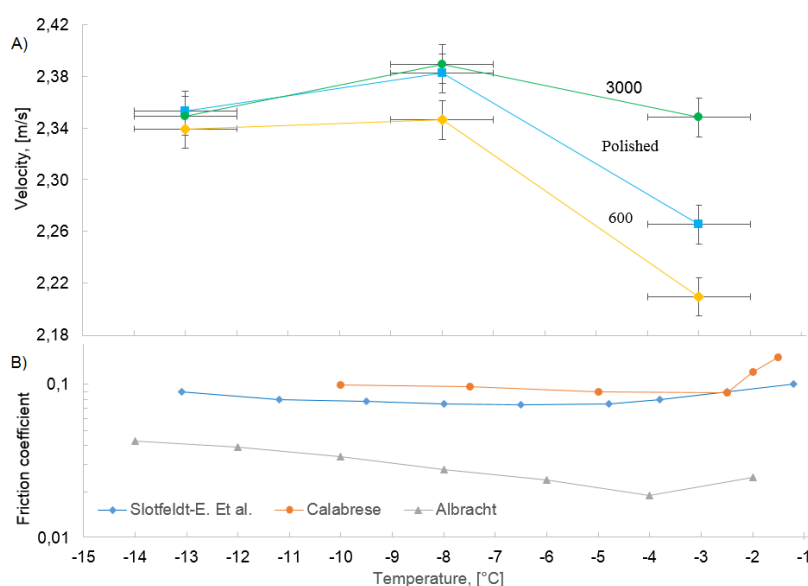


3.att. Slodzes ietekme uz vidējo slīdēšanas ātrumu. Pieaugot temperatūrai un slodzei, palielinās slīdēšanas ātrums pa 24m ledus trasi. (Δ) – skrāpēta, (O) – pulēta virsma.

Kā iepriekš tika minēts, vidējais slīdēšanas ātrums pieaug līdz ar temperatūras paaugstināšanos, līdzīga aina ir novērojama, palielinot slodzi. Tas ir sagaidāms, pieņemot, ka izmaiņas berzē irniecīgas palielinot svaru, taču tam pieaugot palielināsies paātrinājums, kas rezultēsies lielākā slīdēšanas ātrumā. Visos gadījumos skeletons ar pulētām sliecēm uzrādīja ātrāku slīdēšanas ātrumu, kā skrāpētu slieču gadījumā (3.att.). Palielinot slodzi par 30% (no 30kg uz 40kg), tika iegūts 0.3% pieaugums slīdēšanas ātrumā. Attiecīgi, palielinot slodzi par 60% (no 30kg uz 50kg), dubultojās ātruma pieaugums, taču tas tika novērots abiem slieču apstrādes veidiem tikai pie -10 °C.

Berzes koeficienta pētījumi pa ledu citu autoru darbos, norādīja uz tā minimumu pie -5 °C un ļoti niecīgām izmaiņām tajā (Kietzig et al. 2010). Šajā darbā maksimālais slīdēšanas ātrums tika sasniegts pie 0 °C gaisa temperatūras un skaidri uzrādīja lēnāku slīdēšanas ātrumu pie zemākām temperatūrām. Konsekventi slīdēšanas ātruma mērīšana dod ievērojami pamanāmākus rezultātus, lai noteiktu temperatūras, slodzes un virsmas raupjuma ietekmi uz slīdēšanas īpašībām pa ledu.

Laboratorijas eksperimentos, līdzīgi kā garākā trasē, paraugu slīdēšanas ātrums mainījās līdz ar temperatūras izmaiņām. Pie aukstākas temperatūras (pie -13 °C) tika novērots zems slīdēšanas



ātrums, pie vidējas temperatūras (-8 °C) tika uzrādīts ātrākais slīdēšanas ātrums, bet pie -3.0°C tika novērota slīdēšanas ātruma samazināšanās (4.att.). Šāda sakarība tika novērota arī garākā – 24m ledus trasē, kā arī citi pētnieki savos pētījumos ir ziņojuši par tādu pašu tendenci (4.att.).

4.att. Temperatūras ietekme uz slīdēšanas ātrumu laboratorijā un salīdzinājums ar ledus berzes pētījumu iegūtiem rezultātiem. [ziņots Kietzig et al. 2010]. Ledus berzes koeficients un slīdēšanas ātrums ir uzrādīti kā salīdzinājums.

Tāpat tika novērota pulētu un skrāpētu virsmu tendenču sakritība laboratorijā un reālos apstākļos. Gludākas virsmas uzrādīja tendenci slīdēt ātrāk par skrāpētām virsmām pie zemām par

nulli temperatūrām, kā redzams 2. un 4. attēlā.

Tālāki uzlabojumi šobrīd tiek veikti, lai izmantotu vienu un to pašu temperatūras mērīšanas iekārtu gan laboratorijā, gan garākā trasē reālos apstākļos, lai nodrošinātu neatkarīgu mērīšanas sistēmu eksperimentiem dažādās atrašanās vietās.

Augstāk aprakstītais ir aprobēts divās zinātniskajās publikācijās Lungevics et al. “An ice track equipped with optical sensors for determining the influence of experimental conditions on the sliding velocity”, Latvian J. Phys. 55(1) 2018, un Jansons et al. “Measurement of sliding velocity on ice, as a function of temperature, runner load and roughness, in a skeleton push-start facility”, kas šobrīd tiek atkārtoti recenzēta Cold Science and Technology žurnālā.

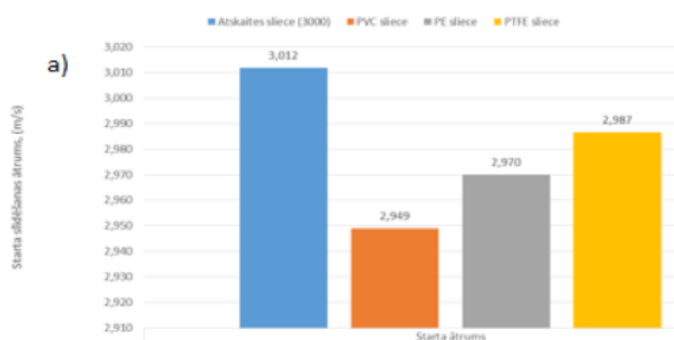
4. Izpētīt, kāda virsmas pārstrāde palielina slīdamību estakādē

Nodevums: Rekomendācija metāla virsmas modificēšanai, lai uzlabotu slīdamību reālos apstākļos, modificētā materiāla pielietojums

Organisko materiālu slāņu ietekme uz slīdēšanas ātrumu

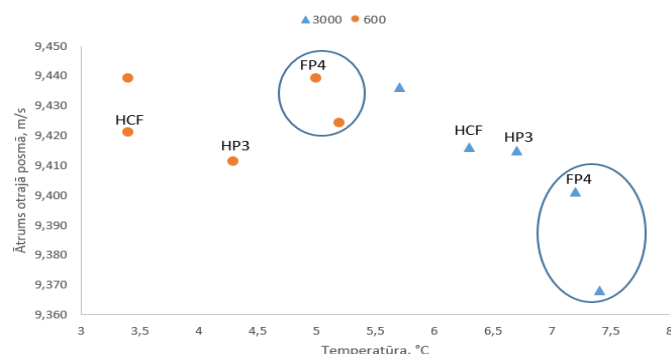
Trīs dažādi organiskie slāņi tika izvēlēti, lai noteiktu to ietekmi uz slīdēšanas ātrumu. Apskatīti tika gan cieti pārklājumi, gan viskoelastīgi materiāli – vaski, smēres, šķidrums.

Ūdens piliena kontakta leņķis uz virsmas uzrādīja līdzīgas tendences gan laboratorijā, gan garākā ledus trasē. PVC pārklājumam tika novērots zemākais kontakta leņķis, kas rezultējās zemākajā slīdēšanas ātrumā, attiecīgi PTFE ar lielāko kontakta leņķi, uzrādīja ātrāko slīdēšanas ātrumu (1.att.). Tika novērotas konkrētas sakarības starp virsmām, kas apstrādātas ar polimēra pārklājumu, taču eksperimentos metāla virsmas uzrādīja ātrāku slīdēšanas ātrumu. Superhidrofoba pārklājuma virsma neradīja vēlamo rezultātu, jo tā mikrostrukūra dūrās ledū, tādējādi bremsējot metāla paraugu.



1.att. PVC, PE un PTFE pārklājumu ietekme uz slīdēšanas ātrumu.

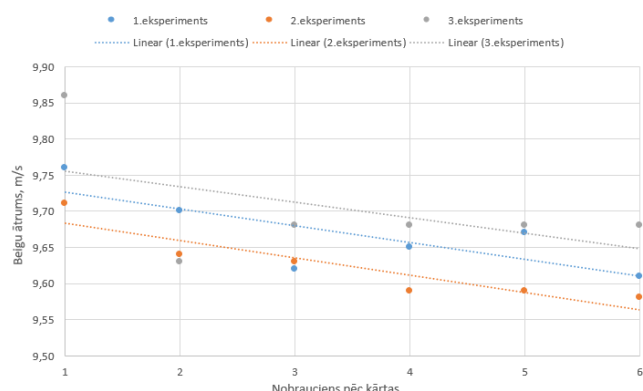
Vaski un hidrofobi pārklājumi, kas tiek oriģināli izmantoti sporta slēpēm, tika izmantoti uz metāla slīcēm. HCF eļļa, HP3 šķidrās parafīns, kā arī FP4 vasks tika uzklāts uz metāla slīcēm. FP4 vasks uzrādīja ātrāko slīdēšanas ātrumu gan startā, gan trases lejas daļā pēc 24 metriem (2.att.). Lai gan tika novēroti nelieli uzlabojumi slīdēšanas ātrumā, tie nebija pietiekami, lai tiktu veikti padziļināti pētījumi ar šāda tipa pārklājumiem.



2.att. HCF eļļas, HP3 šķidrās parafīna un FP4 vaska ietekme uz slīdēšanas ātrumu.

Papildus tika testēta pret-sasalšanas līdzekļu, kas tiek izmantoti lidmašīnu pārklāšanā, lai uz tām neveidotos ledus, ietekme saskarē ar ledu. Sākotnēji tika novērots pieliecināts slīdēšanas ātrums,

taču tas samazinājās ar katru nākamo nobraucienu, līdz ar to slīdēšanas uzlabojums saglabājās 2 līdz 3 nobraucienus, līdz tas stabilizējās (3.att.). Eksperiments tika atkārtots 3 reizes, uzrādot tādas pašas tendences.

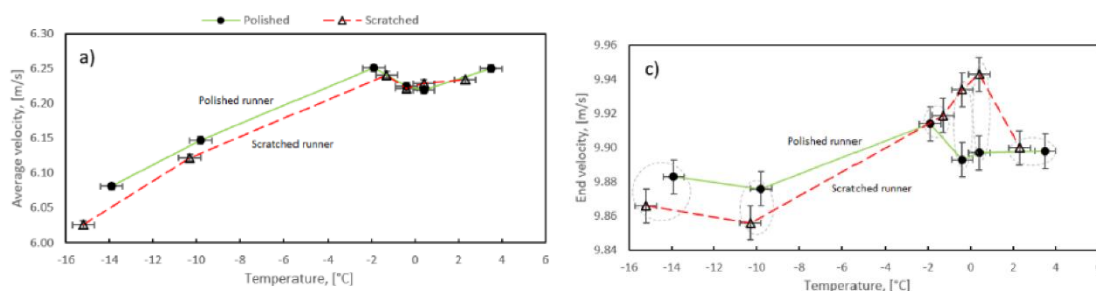


3.att. Slīdēšanas ātrums metāla sliecēm, kas pārklātas ar pret sasalšanas līdzekli 6 nobraucieniem. Redzams, ka paātrināta slīdēšanas ātruma tendence pazūd pēc 3 nobraucieniem.

Raupjuma ietekme uz slīdēšanas īpašībām

Raupjuma ietekme uz ledus berzi iepriekš ir apskatīta lielu raupjuma vērtību intervālā, ar lieliem raupjuma pieaugumiem starp paraugiem. Šajā darbā ir apskatītas raupjuma izmaiņas nelielā intervālā un ar nelielu vērtību pieaugumu. Atsaucoties uz laboratorijā iegūtajiem rezultātiem, kur paraugi, apstrādāti ar 600 raupjuma smilšpapīru uzrādīja nepārprotamas atšķirības no gludākām virsmām, tika nolemts garākas ledus trases eksperimentos salīdzināt pulētās slieces ar skrāpētām ar 600 raupjuma smilšpapīru, slieces.

Aukstākās temperatūrās, kur slieces un ledus kontakts veidojās līdzīgs divu cietu ķermeņu kontaktam, gludākās slieces uzrādīja ātrāku slīdēšanas ātrumu. Turpretī, siltākās temperatūrās, kur veidojās biezāks šķidrās slānis starp slieci un ledu, raupjās slieces uzrādīja ātrāku slīdēšanas ātrumu, kā pulētās, pateicoties adhēzijas efektam, kas izteiktāks ir pulētām sliecēm saskarē ar ledu. (4.att.) Metāla virsmas sagatavošana var uzlabot slīdēšanas īpašības pa ledu.



4.att. Vidējais slīdēšanas ātrums un beigu slīdēšanas ātrums pulētām un skrāpētām sliecēm pret temperatūru.

Pētījums par metāla slieču slīdēšanas ātrumu parādīja, ka hidrofobitātei ir sekundāra ietekme, lielāku lomu spēlē virsmas raupjuma izmaiņas.

Šis kopsavilkums izveidots no 18 lpp. gara nodevuma "Rekomendācija metāla virsmas modifikēšanai, lai uzlabotu slīdamību reālos apstākļos", kurā ietilpst 11 paskaidrojošie attēli un 4 tabulas (pievienots atskaitei kā pielikums).

2.4. Projekta Nr. 6 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**)

Sasniegto rezultātu zinātniskā un praktiskā nozīmība:

Projekts nr. 6 tika uzsākts ar mērķi pasargāt gājējus no ēku jumtiem krītoša apledojuma, bet

tas ir izvērties par daudz plašāka spektra pētījumu, kurš dod zinātnisko pienesumu kā industrijai, tā arī sabiedrībai. Šis pētījums ir devis ieguldījumu zinātniskajās aprindās, vispārīgas izpratnes celšanā par ledus tēmu, tā ietvaros radīta laboratorija, kurā iespējams darboties gaisa temperatūrās zem 0 °C, izveidota jauna mērīšanas metodika Austrijas uzņēmumam, izveidotas jaunas palīgierīces un metodes ziemas sportu industrijai Latvijā, kā arī izveidojusies pētnieku grupa, kura veic turpmākus berzes pētījumus pa ledus virsmu. Šis grants ir veicinājis vairāku pētniecības apakš virzienu attīstību un ir sekmējis Eiropas finansēta pētniecības projekta par ledus berzi iegūšanu. Veiktās aktivitātes ir pilnībā sekmējušas šī granta pamatmērķa izpildi, t.i. radīts jauns pētniecības virziens, kurš dod labumu gan zinātnes aprindām, gan sabiedrībai.

Šajā atskaitē tiks:

1. izskaidrotas jaunas metodikas kas radītas šī projekta ietvaros,
2. apskatīta jauna slīdēšanas pa ledu testēšanas iespēja laboratorijas apstākļos,
3. apstiprināta korelācija starp laboratorijas un lauka eksperimentiem,
4. atklāts kā virsmas modifikācijas ietekmē spēju slīdēt pa ledu,
5. uzskaitītas metodes kā iespējams variēt ar materiāla spēju slīdēt pa ledu.

Šī projekta ietvaros izveidotas *četras jaunas mērīšanas metodes*, no kurām divas saistītas ar materiāla virsmas raksturošanu, viena metode ar slīdēšanas īpašību noteikšanu laboratorijas apstākļos, un atlikusī metode ar slīdēšanas īpašību noteikšanu lauka eksperimentos, izmantojot 24 m garu trasi. Rezultātā Rīgas Tehniskās universitātes ietvaros izveidotas jaunas iespējas pētījumu realizēšanai zemās temperatūrās, kas ļauj analizēt kā veicināt materiālu virsmu saķeri ar ledu vai tieši pretēji, kā veicināt labāku virsmu slīdēšanu pa ledu. Šo pētīšanas metožu izveide ļauj uzlabot drošības jautājumus, kas saistīti ar gājēju un autobraucēju pārvietošanos pa apledojušām virsmām. Papildus labums gūstams arī transporta industrijai, kurā kravas tiek pārvietotas pa ledu, kā arī ziemas sporta veidu industrijai, kuras mērķis ir veicināt labāku slīdēšanu pa ledu.

Izveidota jauna *laboratorija, slīdēšanas pa ledu, pētījumiem*, kurā ievietota 3,5 metrus gara ledus rene ar maināmu slīpuma leņķi. Rene papildus aprīkota ar optiskajiem gaismas vārtiem, kuri ļauj realizēt laika mērījumus tam cik ilgi paraugs slīd lejā pa šo reni. Laboratorijas klimatu iespējams variēt plašā diapazonā, izmantojot tajā iebūvētu dzesēšanas iekārtu. Līdzšinējos pētījumos eksperimentālie paraugi uz mēriekārtām nofiksēti stingri, neļaujot tiem veikt brīvu (nepiespiestu) kustību un tiem mērīts berzes koeficients pret ledu, taču projektā realizētā iekārta pieļauj paraugu brīvu kustību. Izveidotā iekārta ļauj, pirmkārt, noteikt paraugu miera stāvokļa berzes koeficientu, t.i. noteikt plaknes slīpuma leņķi pie kāda paraugs sāk brīvi slīdēt un, otrkārt, laika mērīšanas sistēma ļauj noteikt parauga slīdēšanas ātrumu pa ledus reni pie noteikta plaknes slīpuma. Iekārtas tehniskais risinājums ar četriem sensoriem ļauj noteikt ne tikai vidējo ātrumu visā plaknes garumā, bet papildus ļauj iegūt ātrumu no trīs renes starpposmiem. Iekārtas prototips ir kalpojis par pamatu Latvijas patenta pieteikuma izveidei, kā arī ļāvis ievākt datus zinātniskās publikācijas “An ice track equipped with optical sensors for determining the influence of experimental conditions on the sliding velocity” izveidei, kura pieņemta publicēšanai žurnālā *Latvian Journal of Physics and Technical Sciences* (brīvās piekļuves žurnāls, Scopus datubāzē).

Izveidota *metode pulētu virsmu kvalitātes kontrolei* un uz to virsmām esošo skrāpējumu novērtēšanai. Tika izdarīts salīdzinājums attēliem, kuri iegūti ar optisko mikroskopu, atomspēku mikroskopu, skenējošo elektronu mikroskopu un profilometru. Izveidota ātra skaitīšanas metodika virsmas skrāpējumu noteikšanai. Ar optisko mikroskopu noteikto skrāpējumu dziļumi tika validēti ar atomspēku mikroskopa palīdzību. Šī jaunā kontroles procedūra detalizēti apskatīta rakstā “A comparison of quality control methods for scratch detection on polished metal surfaces”, kurš pieņemts publicēšanai žurnālā *Measurement* (Scopus datubāze, SNIP > 1). Iegādāts jauns optiskais mikroskops ar dzesēšanas platformu, kurš tiks izmantots turpmākajos pētījumos, lai raksturotu pulētas virsmas.

Līdzšinējie pētījumi par virsmu slīdamību pa ledu apskata paraugus ar raupjuma diapazonu

(Ra no 0,1 līdz 2,6 μm), pie tam, bez īpašas iedziļināšanās vienkārši izmantotas raupjuma skaitliskās vērtības ko uzrāda izmantotās mēriekārtas, bet nav analizēta pati profila būtība. Šī pētījuma ietvaros apskatītas ievērojami gludākas virsmas (Ra no 0,007 līdz 0,17 μm) un virsmas raupjums apskatīts daudz detalizētāk, kas ļāvis *izveidot raupjuma parametru attiecību (kontakt kritēriju)*, kas objektīvāk raksturo pa ledu slīdošo virsmu. Atšķirībā no līdz šim vienkārši izmantotā raupjuma parametra Ra, kontakt kritērijs sastāv no parametru attiecības R_{sm}/S_a un, ja šī attiecības vērtība ir > 1000 virsma spēj visātrāk slīdēt pa ledu. Ja parametru attiecība ir mazāka par 1000 virsmas spēja slīdēt pa ledu strauji samazinās. Pētījuma mikro līmeņa analīze sakrīt ar makro līmeņa novērojumiem, kuros noskaidrots, ka spēju slīdēt pa ledu lielā mērā nosaka kontakta virsmas forma. Šie novērojumi plašāk izklāstīti publikācijā “A surface roughness measure that best correlates to the ease of sliding”, kura publicēta konferences Engineering for Rural Development 2016 rakstu krājumā (Scopus datubāzē).

Projekta ietvaros tika noskaidrots ka *pastāv korelācija starp rezultātiem, kuri iegūti laboratorijā un lauka eksperimentos*. Lauka eksperimenti realizēti izmantojot 24 m garu slīpo plakni, kura atrodama skeletoņa starta treniņu estakādē. Tā pat kā laboratorijā, estakādē esošā slīpā ledus plakne ir aprīkota ar četriem optiskajiem gaismas vārtiem, kuri ļauj noteikt paraugu slīdēšanas laikus un ātrumus, pie tam, estakādē integrētā laika sistēma ļauj veikt mērījumus ar augstāku precizitāti kā laboratorijā. Paraugu palaišana abās vietās realizēta identiski, t.i. paraugi brīvi uzsāk kustību no precīzi definētas starta pozīcijas, bez papildus pielikta enerģijas impulsa. Šāda testēšanas metode zinātnes aprindās ir unikāla ar to, ka paraugs var brīvi uzsākt kustību, jo citās metodēs paraugi vai nu tiek pārvietoti pa noteiktu trajektoriju, vai tiem pievadīta enerģija kustības nodrošināšanai. Gan laboratorijā, gan lauka eksperimentos iegūta līdzīga tendence temperatūras ietekmei uz slīdēšanas ātrumu, t.i. lielāki ātrumi sasniedzami pie siltākām gaisa temperatūrām, kas skaidrojams ar intensīvāku ūdens slāņa veidošanos uz ledus virsmas, ja gaisa temperatūra tiecas uz 0 °C. Noskaidrots, ka palielinot paraugiem pielikto svārs tā slīdēšanas ātrums pieaug. Lielāks ātruma pieaugums novērojams pie zemākām gaisa temperatūrām, kad vērojams virsmas un ledus kontakts, bet mazāks ātruma pieaugums vērojams, ja starp virsmu un ledu veidojas vērā ņemams ūdens slānis. Arī raupjuma ietekmes līknes laboratorijā un lauka eksperimentos ir līdzīgas. Apkopojums par lauka eksperimentiem estakādē iekļauts publikācijā “Measurement of sliding velocity on ice, as a function of temperature, runner load and roughness, in a skeleton push-start facility”, kura 2017. gada jūnijā iesniegta žurnālam Cold Regions and Technology (Scopus datubāzē, SNIP > 1). Saņemti recenzentu komentāri uz kuriem sniegtas atbildes un patreiz raksts tiek atkārtoti izskatīts.

Tika pārbaudīta trīs dažādu *virsmas modifikāciju ietekme uz spēju veicināt slīdēšanu pa ledu*. Apskatīta raupjuma, cietības un slapināšanas leņķa ietekme. Eksperimentālie paraugi tika rūdīti, pārpulēti un pēc tam pārbaudītas to slīdēšanas īpašības. Noskaidrots, ka rūdīšana neveido loģisku ietekmi uz slīdēšanas procesu. Virsmas raupjums tika mainīts izmantojot dažādu graudu izmēru smilšpapīrus. Noskaidrots, ka raupjāku smilšpapīru izmantošana strauji samazina slīdēšanas ātrumu, bet, ja izmantoti smilšpapīri, kuru graudu izmērs ir smalkāks par 600 vairs nav vērojamas būtiskas slīdēšanas ātruma izmaiņas. Slapināšanas kontakt leņķis uzrāda lineāru ietekmi uz slīdēšanas ātrumu. Virsmas ar mazāku slapināšanas leņķa vērtību uzrādīja lēnākos slīdēšanas ātrumus. Superhidrofobās virsmas, pretēji gaidītajam, neļāva sasniegt labākus slīdēšanas ātrumus, jo to tekstūrā esošās mikro daļiņas, kuras ļauj palielināt slapināšanas leņķi, mehāniski iespiežas ledus virskārtā, izsaucot parauga bremzēšanos. Tiek izstrādāta zinātniskā publikācija, kurā apskatīta slapināšanas leņķa ietekme uz slīdēšanu pa ledu. Pētījumi par slapināšanas leņķa ietekmi papildus atspoguļoti bakalaura darba ietvaros.

No pētījumiem par raupjuma, cietības un slapināšanas leņķa ietekmi tiek secināts, ka labākā *metode ar kuras palīdzību ietekmēt virsmas spēju slīdēt pa ledu* ir raupjuma mainīšana. Virsmas, kuru tekstūru veido lēzeni mikro līmeņa negludumi ar noapaļotām virsotnēm uzrāda lielākos slīdēšanas ātrumus. Pētījums par šo negludumu formu tiek turpināts detalizētākā līmenī, lai konkrētāk noskaidrotu negludumu formas ietekmi. Ir skaidri saprotams, ka negludumu

amplitūdas paaugstināšana rada lielāku iespēju šiem negludumiem iespieties mīkstajā ledus virskārtā, taču ļoti gludām virsmām veidojas ievērojams adhēzijas spēks ar ledus virskārtu, kas kavē to kustību. Šo apgalvojumu apstiprina projekta ietvaros veiktie eksperimenti, kuros pulētas virsmas uzrāda nedaudz lēnāku slīdēšanas ātrumus kā minimāli skrāpētas virsmas.

Pētījumos, kuros apskatīta ledus slīdēšana pa virsmu, vai virsmu slīdēšana pa ledu nepieciešama detalizētāka analīze no izmantoto materiālu viedokļa, t.i. pētījumu metodes pamatā balstītas uz mehāniskās inženierijas jomā pieņemtajām metodēm, taču detalizētāks ieskaits gūstams, ja tiek apskatītas virsmu inženierijas metodes, kuras pievērš daudz konkrētāku uzmanību materiālu virsmām. Šī pieeja ir ņemta par pamatu Eiropas struktūrfondu finansētam projektam ar nosaukumu “Virsmas īpašību ietekmes uz slīdamību pa ledu pētījumi” (Projekta nr. 1.1.1.1/16/A/129; Kopējais budžets: 594 054.28 EUR). Šis projekts ļauj turpināt attīstīt ledus pētniecības laboratoriju, kā arī sniegs detalizētāku ieskaatu tieši ledus virsmās un to raksturošanā, kas līdz šim ir maz pētīta tēma. Detalizētāka izpratne par ledu var radīt jaunu pieeju berzes pāra metāls ledus pilnveidošanā.

2.5. Projekta Nr. 6 apgūtais finansējums (euro)

		Plānots 2014.– 2017. g.	1.posms	2.posms	3.posms	4.posms
1000–9000*	IZDEVUMI – KOPĀ	108818.00	17565.00	25495.00	20364.00	35750.00
1000	Atlidzība	73637.80	8990.52	18340.69	16510.44	25096.73
2000	Preces un pakalpojumi (2100+2200+2300)	30172.20	5966.81	5685.94	13359.06	9725.27
2100	Mācību, darba un dienesta komandējumi, dienesta, darba braucieni	7243.20	593.15	1783.9	3151.38	898.55
2200	Pakalpojumi	19745.00	1637.53	3399.72	3853.56	7279.00
2300	Krājumi, materiāli, energoresursi, preces, medicīniskās ierīces, medicīniskie instrumenti, laboratorijas dzīvnieki un to uzturēšana	3184.00	3736.13	502.32	166.00	1547.72
5000	Pamatkapitāla veidošana	5008.00	2607.67	1468.37	246.34	928.00

* Minētie skaitļi ir budžeta finansēšanas klasifikācijas kodi.

2.6. Projekta Nr. 6 rezultatīvie rādītāji

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

Rezultatīvais rādītājs	Rezultāti					
	plānots	sasniegts				
	2014.– 2017. g.	gads				
		2014	2015	2016.	2017.	Projektā kopā
Zinātniskie rezultatīvie rādītāji						
1. Zinātnisko publikāciju skaits:	3	1	1	1	3	6
oriģinālo zinātnisko rakstu (SCOPUS)(SNIP>1) skaits	3	0	0	0	2	2
oriģinālo zinātnisko rakstu skaits ERIH(A un B) datubāzē iekļautajos žurnālos vai konferenču rakstu krājumos	0	1	1	1	1	4
recenzētu zinātnisku monogrāfiju skaits	0	0	0	0	0	
2.Programmas ietvaros aizstāvēto darbu skaits:	2	0	0	2	1	3
promocijas darbu skaits	0	0	0	0	0	0

maģistra darbu skaits	2	0	0	2	0	2
bakalaura darbu skaits	0	0	0	0	1	1
Programmas popularizēšanas rezultatīvie rādītāji						
1.Programmas gaitas un rezultātu popularizēšanas interaktīvie pasākumi, kuru mērķu grupās iekļauti arī izglītojamie, skaits:	6	0	3	5	7	15
konferences	3	0	2	3	6	11
semināri	3	0	1	1	1	3
rīkotie semināri un konferences	0	0	0	0	0	0
populārzinātniskas publikācijas	1	0	0	1	0	1
izstādes, demonstrācijas	0	0	0	0	0	0
2.Interneta mājas lapu populārie ziņojumi	30	8	4	20	10	30
Tautsaimnieciskie rezultatīvie rādītāji						
1.Zinātniskajai institūcijai programmas ietvaros piesaistītā privātā finansējuma apjoms, t. sk.:	0	0	0	0	0	0
1.1. privātā sektora līdzfinansējums programmā iekļauto projektu īstenošanai	0	0	0	0	0	0
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	0
1.3. ieņēmumi no līgumdarbiem, kas balstās uz programmas ietvaros radītajiem rezultātiem un zinātības	0	0	0	0	0	0
2. Programmas ietvaros pieteikto, reģistrēto un spēkā uzturēto patentu vai augu šķirņu skaits:	1	0	0	0	1	1
Latvijas teritorijā	1	0	0	0	1	1
ārpus Latvijas	0	0	0	0	0	0
3. Programmas ietvaros izstrādāto jauno tehnoloģiju, metožu, prototipu vai pakalpojumu skaits, kas aprobēti uzņēmumos	1	0	0	1	1	2
4. Ieviešanai nodoto jauno tehnoloģiju, metožu, prototipu, produktu vai pakalpojumu skaits (noslēgtie līgumi par intelektuālā īpašuma nodošanu)	0	0	0	0	0	0
5. Noslēgtie līgumi par praktisko pētījumu projektu realizāciju saistībā ar projekta mērķiem un RIS 3.	0	0	0	0	594054,28	594054,28

* Norāda pēc programmas īstenošanas.

Projekta Nr.6 vadītājs _____/Kārlis Agris Gross/
(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.

1.projekta 1. pamatzdevuma 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 stiegtu 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. sārmu-silīcija reakcijas novērtšana, izmantojot pucolāna tipa piedevas, betona kompozītos, kas satur stiklašķiedras stieņojumu												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

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								
2.Rekomendācijas izstrāde bituminēto kompozītu maisīšanas procesa parametru optimizēšanai					X	X	X	X	X	X				
2.1. bituminēto kompozītu ar augstām ekspluatācijas īpašībām sastāvu projektēšana izmantojot vietējās grants šķembas un bitumenu B20/30					X	X	X	X						
2.2. bituminēto kompozītu ar augstām ekspluatācijas īpašībām sastāvu projektēšana izmantojot vietējās grants un dolomīta šķembas ar polimērmodificētu bitumenu PMB							X	X	X	X				
2.3.rekomendācija bituminēto kompozītu maisīšanas procesa parametru optimizēšanai (nodevums)										X				
3. Bituminēto kompozītu maisījuma transportēšanas un iestrādes rekomendācijas izstrāde											X	X		
3.1.Rekomendācija bituminēto kompozītu maisījuma transportēšanai												X		

un iestrādei (nodevums)														
4. Metodikas izstrāde reciklēta asfalta izmantošanai									X	X	X	X	X	X
4.1. izejmateriālu izvēle, piegāde, īpašību noteikšana									X	X				
4.2. asfaltbetona sastāvu ar reciklētu materiālu projektēšana un ekspluatācijas īpašību noteikšana									X	X	X			
4.2.1 no reciklēta materiāla atgūta bitumena īpašību atjaunošana ar zemākas viskozitātes tradicionālo bitumenu									X	X				
4.2.2 no reciklēta materiāla atgūta bitumena īpašību atjaunošana izmantojot siltā asfaltbetona ražošanas piedevas											X	X		
4.3. metodika reciklēta asfalta izmantošanai (nodevums)														X
4.4. rekomendācija par augstas viskozitātes bitumena izmantošanu, izmantojot siltā asfalta ražošanas piedevas														X
5. Augstu ekspluatācijas īpašību bitumena kompozītu ekspluatācijas ekonomiskais novērtējuma izstrāde											X	X	X	X
5.1.ārējo faktoru- transporta slodzes un temperatūras novērtējums											X	X		
5.2.prognozēšanas modeļa (balstoties uz laboratorijas eksperimentu rezultātiem) izvēle un modeļa funkciju parametru noteikšana												X	X	
5.3. augstu ekspluatācijas īpašību bitumena kompozītu ekspluatācijas ekonomiskais novērtējums (nodevums)														X
6. Priekšlikumi ceļu tehnisko noteikumu pilnveidošanai													X	X
4. Publikācijas, Scopus										1				
5. Konferences					2			2				1		
6.Promocijas un maģistru darbu vadīšana					X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

1. projekta 3. pamatuzdevuma aktivitāšu izpildes laika grafiks

	2014		2015				2016				2017			
	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV
1. Metodes izstrāde ekoloģisko kompozītmateriālu ražošanai no šķiedraugiem un vietējām minerālām saistvielām		X	X	X	X	X	X							
1.1. šķiedru kompozītmateriāla sastāvu izstrāde		X	X	X										
1.2. mehānisko un fizikālo īpašību noteikšana		X	X	X	X	X								
1.3. metode ekoloģisko kompozītmateriālu ražošanai no šķiedraugiem un vietējām minerālām saistvielām (nodevums)							X							
2. Izstrādāt un izveidot datu apkopošanas sistēmu, kas piemērota energoefektīvu būvju konstrukciju siltuma un mitruma migrācijas kontrolei; vadlīnijas.	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
2.1. sensoru iebūves shēmas izstrāde reālā standā (sadarbībā ar ražotāju)	X	X												
2.2. sensoru iestrāde		X	X											
2.3. datu (mitruma, temperatūras u.c.) uzkrāšana			X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
2.4. modeļa izstrāde, balstoties uz iegūtajiem datiem							X	X	X	X	X	X	X	X
2.5. datu apkopošanas sistēmas izstrādes vadlīnijas (nodevums)														X
3. Dabisko šķiedru kompozītmateriālu dzīves cikla aprēķins						X	X	X	X	X				
3.1. datu ieguve un apstrāde						X	X	X	X	X				
3.2. metode dabisko šķiedru kompozītmateriālu dzīves cikla aprēķinam (nodevums)										X				
4. Priekšlikumu izstrāde LBN 002-01 papildināšanai par dabisko šķiedru kompozītu būvmateriālu siltumtehnikām īpašībām											X	X	X	X
4.1. priekšlikumi LBN 002-01 papildināšanai par dabisko šķiedru kompozītu būvmateriālu siltumtehnikām īpašībām (nodevums)														X
4. Publikācijas, Scopus													1	
5. Konferences				2	1							1		
6. Promocijas un maģistru darbu vadīšana	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

2.projekta aktivitāšu izpildes laika grafiks

	2014. gads	2015. gads				2016. gads				2017.gads			
	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV
1. Eksperimentālās pārbaudes atsevišķām paneļu komponentēm, kā arī gataviem saplākšņa sendviča paneļiem ar vertikālu serdes ribojumu.	X	X	X	X	X	X	X						
1.1 Materiālu meh.īpašību identifikācija	X	X	X										
1.2. Materiālu termisko īpašību identifikācija	X	X	X	X	X	X							
1.3. Materiālu vibrāciju slāpējošo īpašību identifikācija		X	X	X	X								
1.4. Materiālu trieciena slāpējošo īpašību identifikācija					X	X	X						
2. Paneļu aprēķina modeļu izstrāde, GEM vidē, to veikspējas optimizācijai.Projektēšanas metodikas izstrāde izmantojot eksperimentāli validētu aprēķina modeli.	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
2.1 Galīgo elementu modeļu pilnveidošana	X	X	X	X	X	X	X						
2.2 Produkta/procesa optimizācija				X	X	X	X	X	X				
2.3 Skaitlisko modeļu eksperimentāla validācija					X	X	X	X	X	X			
2.4 Projektēšanas metodikas un vadlīniju izstrāde									X	X	X	X	
3. Laboratorijas mēroga paneļu prototipēšana un rekomendāciju izstrāde ražošanas procesa mērogošanai	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
3.1. Putu receptūru pilnveidošana	X	X	X	X	X								
3.2. Laboratorijas mēroga prototipēšana				X	X	X	X	X	X	X			
3.3 Ražošanas procesa mērogošana								X	X	X	X	X	X
4. Rezultātu diseminācija	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

3.projekta 1. uzdevuma aktivitāšu izpildes laika grafiks

	2014		2015				2016				2017			
	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV
1. Matemātiskas metodes izstrāde tilta dinamisko raksturojumu pētīšanai.	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X				
1.1.Pētījums par transportlīdzekļu svara un pārvietošanās ātruma ietekmi uz konstrukciju dinamiskajiem raksturlielumiem.			X	X	X	X	X	X	X	X				
1.2.Metodes izstrāde smago un ļoti smago transportlīdzekļu dinamisko ietekmju izvērtēšanai.							X	X	X	X				
1.3.Tiltu dinamisko raksturojumu rekomendējamo robežvērtību noteikšana un pamatošana, izmantojot izstrādātās metodikas dinamisko raksturlielumu novērtēšanai											X	X	X	X
2. Analīze satiksmes slodžu iedarbībai uz tiltu konstrukcijām, izmantojot teorētiskos varbūtību sadalījuma modeļus.	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X				
2.1. Metode ārējo iedarbju savstarpējās kombinēšanās prognozēšanai.	X	X	X	X	X	X	X							
2.2.Pētījums par tiltu būvniecībā izmantoto būvmateriālu īpašību izkliedi.	X	X	X	X	X	X	X							
2.3.Modeļu izstrāde būvniecībā izmantoto būvmateriālu īpašību izkliežu teorētiskā varbūtību sadalījumam.				X	X	X	X	X	X					
2.4.Analīze par novecošanās procesu ietekmi uz būvmateriālu īpašībām un to izkliedi ekspluatācijā esošām būvēm.			X	X	X	X	X	X	X	X				
2.5.Varbūtību modeļa izstrāde būvniecības precizitātes u.c. „cilvēcisko faktoru” izraisīto būvju īpašību izklijas aprakstīšanai un to ietekmei uz nestspēju.							X	X	X	X				

2.6.Iegūto iedarbju un materiālu pretestību aprakstošo varbūtību modeļu salīdzinājums, izmantojot inženierbūvju drošuma teorijā definēto robežstāvokļu metodi, kas ļaus noteikt ekspluatācijā esošo tiltu drošumu un robustumu (ar atbilstošiem drošuma indeksiem).										X	X	X	X	X	X
3. Publikācijas, Scopus		1				3					2				2
4. Konferences		1				3					2				2
5.Promocijas un maģistru darbu vadīšana	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

3.projekta 2. uzdevuma aktivitāšu izpildes laika grafiks

	2014		2015				2016				2017			
	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV
1. Konstruktīvu elementu bojājuma zonas lieluma un vietas lokalizācijas noteikšanas metodes, izmantojot eksperimentāli iegūto dinamisko parametru izmaiņu modeļus un atbilstošas signāla apstrādes metodes.	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
1.1. sijas tipa konstruktīvu elementu ekspluatācijas laikā radušos bojājumu identifikācija	X	X	X	X	X									
1.2. plātnes tipa konstruktīvu elementu ekspluatācijas laikā radušos bojājumu identifikācija				X	X	X	X	X	X					
1.3. sendvič tipa konstruktīvu elementu ekspluatācijas laikā radušos bojājumu identifikācija							X	X	X	X	X	X		
1.4. metodoloģija konstruktīvu elementu ekspluatācijas laikā radušos bojājumu identifikācijai											X	X	X	X
2. Jaunas tehnoloģijas aviācijas dzinēju un spēka turbomašīnu, to reduktoru un atsevišķu agregātu monitoringam un diagnostikai.			X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		
2.1. aviācijas konstruktīvu elementu monitoringa un diagnostikas metožu izpēte			X	X	X									
2.2. aviācijas konstruktīvu elementu dinamisko parametru eksperimentālā noteikšana				X	X	X	X	X						
2.3. aviācijas konstruktīvu elementu ekspluatācijas laikā radušos bojājumu identifikācija						X	X	X	X	X				
2.4. rekomendācija aviācijas konstruktīvu elementu monitoringam un diagnostikai.										X	X	X		
3. Metode iepriekš saspriegto dzelzsbetona konstruktīvu elementu iepriekšējā sasprieguma zuduma novērtēšanai, kas pielietojama praksē atsevišķiem konstruktīviem elementiem.							X	X	X	X	X	X	X	X

3.1. iepriekš saspriegto dzelzsbetona konstruktīvo elementu iepriekšējā sasprieguma zuduma novērtēšanas metožu izpēte							X	X	X	X				
3.2. iepriekš saspriegto dzelzsbetona konstruktīvo elementu skaitliskā modelēšana un simulācijas									X	X	X	X	X	
3.3. iepriekš saspriegto dzelzsbetona dinamisko parametru eksperimentālā noteikšana											X	X	X	
3.4. metode iepriekš saspriegto dzelzsbetona konstruktīvo elementu iepriekšējā sasprieguma zuduma novērtēšanai												X	X	X
4. Publikācijas, Scopus						2	1	1				1	1	
5. Konferences					3				1			1	1	
6.Promocijas un maģistru darbu vadišana	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

3.projekta 3. uzdevuma aktivitāšu izpildes laika grafiks

	2014		2015				2016			
	1	2	1	2	3	4	1	2	3	4
1. Konstruktijas no šķērsvirzienā kārtainas līmētas koksnes aprēķina metodikas izstrāde	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
1.1. Datu apkopojums nesošo elementu no šķērsvirzienā kārtainas līmētas koksnes metodikas izstrādei.	X	X	X							
1.2. Nesošo elementu no šķērsvirzienā kārtainas līmētas koksnes aprēķina metodikas izstrāde.			X	X	X	X	X	X		
1.3. Nesošo elementu no šķērsvirzienā kārtainas līmētas koksnes aprēķina metodikas eksperimentālas pārbaudes				X	X	X	X	X	X	X
2. Konstruktijas no šķērsvirzienā kārtainas līmētas koksnes topoloģiju optimizācija un to racionālo no materiāla patēriņa viedokļa parametru noteikšana							X	X	X	X
2.1.Konstruktijas no šķērsvirzienā kārtainas līmētas koksnes darbības modeļi.							X	X	X	X
2.2.Optimizācijas algoritma izstrāde.							X	X	X	X
2.3.Konstruktijas no šķērsvirzienā kārtainas līmētas koksnes racionālo parametru noteikšana							X	X	X	X
3.Konferences, publikācijas		1	2							
4.Promocijas un maģistru darbu vadīšana	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

4. projekta aktivitāšu izpildes laika grafiks

	2014		2015				2016				2017			
	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV
1. Lieces nestspējas aprēķinu metodikas izstrāde un konceptuāla eksperimentālā pārbaude plātnēm ar šūnu tipa dobām ribām	X	X	X	X	X	X	X	X						
1.1. aprēķinu metodes izstrāde	X	X	X	X	X	X	X	X						
1.2. paraugu mehānisko īpašību eksperimentāla noteikšana				X	X	X	X							
1.2.1 Bīdes pretestības noteikšanas metodika speciāliem paraugiem līmes šuvei starp saplākšņa virsmu un malu.				X	X	X								
1.2.2 Deformējamības un stiprības noteikšana plātnēm liecē					X	X	X							
2. Īpatnējās lieces nestspējas noteikšanas metodikas izstrāde plātnēm ar šūnu tipa dobām ribām un īpatnējās nestspējas vērtību noteikšana ribojumam ar tipiskākajām ģeometrisko parametru vērtībām					X	X	X	X	X					
2.1. aprēķinu metodes izstrāde					X	X	X	X						
2.2. Īpatnējās lieces nestspējas noteikšana							X	X	X					
3. Plātņu modeļu izgatavošana ar tipiskākām šūnu tipa dobām ribām un to pārbaudes liecē, īpatnējās lieces nestspējas, materiālu, enerģijas un izmaksu noteikšana				X	X	X	X	X	X	X	X	X		
4. Rekomendāciju izstrāde plātņu ar šūnu tipa dobām ribām struktūras ģeometrisku parametru projektēšanai									X	X	X	X	X	
5. Ribojuma izgatavošanas un iestrādes tehnoloģijas pamatprincipu izstrāde un plātņu demonstrācijas modeļu izgatavošana							X	X	X	X	X	X	X	X
6. Publikācijas, Scopus										1			1	
7. Konferences				1		1		1	1			1	1	
8. Promocijas un maģistru darbu vadīšana	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

5. projekta aktivitāšu izpildes laika grafiks

	2014		2015				2016				2017			
	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV
1. Pētījumu metožu izstrāde polimēru kompozītu materiālu virsmu agrīnas sabrukšanas diagnostikai	X	X	X	X	X	X								
1.1. ūdens mikroorganismu ietekmes uz materiālu agrīno sabrukšanu pētījumu metode	X	X	X	X	X	X								
1.2. agrīnas sabrukšanas vizuālās atpazīšanas metode, izmantojot ar sabrukšanu inducēto nokrāsošanu	X	X	X	X	X	X								
1.3. pētījumu metode polimēru kompozītu materiālu virsmu agrīnas sabrukšanas diagnostikas izstrādei, izmantojot <i>in situ</i> elektronu emisijas spektroskopiju (nodevums)						X								
1.4. pētījumu metode polimēru kompozītu materiālu virsmu agrīnas sabrukšanas diagnostikas izstrādei, izmantojot ar sabrukšanu inducēto nokrāsošanu (nodevums)						X								
2. Polimēru kompozītu materiālu agrīnas sabrukšanas diagnostikas metožu izstrāde							X	X	X	X				
2.1. agrīnas sabrukšanas diagnostikas metode, izmantojot <i>in situ</i> elektronu emisijas spektroskopiju							X	X	X	X				
2.2. agrīnas sabrukšanas diagnostikas metode, novērtējot ūdens mikroorganismu ietekmi							X	X	X	X				
2.3. agrīnas sabrukšanas vizuālās atpazīšanas diagnostikas metode, izmantojot ar sabrukšanu inducēto nokrāsošanu							X	X	X	X				
2.4. polimēru kompozītu materiālu virsmu agrīnas sabrukšanas diagnostikas metode, izmantojot <i>in situ</i> elektronu emisijas spektroskopiju (nodevums)										X				
2.5. polimēru kompozītu materiālu virsmu agrīnas sabrukšanas diagnostikas metode, izmantojot ar sabrukšanu inducēto nokrāsošanu (nodevums)										X				
3. Izanalizēt polimēru kompozītu materiālu virsmu agrīno sabrukšanas diagnostikas metožu pielietojumu iespējas uzņēmumos											X	X	X	X
3.1. Diagnostikas metožu pielietojums mašīnu un konstrukciju ražošanā											X	X	X	X
3.2. Diagnostikas metožu pielietojums dzeramā ūdens cauruļu ražošanā											X	X	X	X
3.3. rekomendācijas par														X

diagnostikas metožu pielietojumu mašīnu un konstrukciju ražošanā (nodevums)														
3.4. rekomendācijas par diagnostikas metožu pielietojumu dzeramā ūdens cauruļu ražošanā (nodevums)														X
4. Zinātniskās publikācijas						1				2				2
4.1. Scopus										1				1
4.2. Konferenču rakstu krājumi						1				1				1
5. Konferences						1				1				1
6. Promocijas un maģistru darbu vadīšana	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
7. Reģistrētais Latvijas patents														1

6. projekta aktivitāšu izpildes laika grafiks

	2014		2015				2016				2017			
	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV
1. Raksturot metāla virsmas un noteikt vislabākās testēšanas metodes	X	X	X	X	X	X								
1.1. metodes izstrāde metāla paraugu virsmas sagatavošanai – griešana, raupjā pulēšana, smalkā pulēšana	X	X		X	X									
1.2. metodikas izstrāde pilnvērtīgai paraugu virsmas analīzei (optiskā mikroskopija, atomspēku mikroskopija, skenējošā elektronmikroskopija, profilometrija)			X	X	X	X								
2. Izstrādāt stendu un sagatavot klimata simulatoru metāla virsmas berzes un nodiluma samazināšanas pārbaudēm	X	X	X	X	X	X								
2.1. laboratorijas iekārtas (stenda) un datorprogrammas, kas detektē parauga kustību noteiktā leņķī, izstrāde	X	X												
2.2. klimata stimulatora pielāgošana darbam zemās temperatūrās		X	X	X	X									
2.3. metode slīdamības mērīšanai laboratorijas apstākļos (nodevums)	X	X	X	X	X	1								
3. Modificēt metāla virsmas, noteikt slīdamības atkarību no veiktajām modifikācijām					X	X	X	X	X	X	X	X		
3.1. metodikas izstrāde metāla virsmu modificēšanai slīdamības palielināšanai (virsmas raupjums, cietība, ķīmiskās modifikācijas)					X	X	X	X	X	X	X			
3.2. rekomendāciju izstrāde par virsmas modifikācijām, kas visvairāk palielina slīdamību metālam pa ledu (nodevums)										X	X	1		
4. Aprakstīt likumsakarību slīdamībai starp metāla virsmām un ledu (nodevums)											X	X	1	
5. Izstrādāt metodes slīdamības uzlabošanai lielākai virsmai reālos apstākļos						X	X		X	X	X	X	X	X
5.1. metode slīdamības noteikšanai pa garāku ledu virsmu reālos apstākļos, salīdzinājums ar laboratorijas iekārtu (nodevums)						X	X			X	X	1		
5.2. metode liela metāla parauga virsmas modificēšanai									X	X	X	X		
5.3. rekomendācija metāla virsmas modificēšanai, lai uzlabotu slīdamību reālos apstākļos, modificētā materiāla pielietojums (nodevums)													X	1
6. Publikācijas, Scopus						1				1				1

7. Konferences					1				1				1	
8. Populārzinātniskas rpublicācijas									1					
179. Semināris										X				X
10.Maģistra darbu vadīšana	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
11. Patents Latvijas teritorijā														1
12. Ieviešanai nodotas jaunas metodes														1