

2. SADAĻA – INFORMĀCIJA PAR PROGRAMMAS PROJEKTIEM

2.1. Projekts Nr.2

nosaukums

Inovatīvi un daudzfunkcionāli koksnes kompozītmateriāli ilgtspējīgām būvēm

projekta vadītāja
vārds, uzvārds,
zinātniskais grāds
institūcija

Kaspars Kalniņš

Dr.sc.ing.

Rīgas Tehniskā universitāte, Materiālu un Konstruksiju
Institūts

ieņemamais amats
kontakti

Vadošais pētnieks

Tālrunis

26751614

E-pasts

Kaspars.kalnins@sigmanet.lv

2.2. Projekta Nr. 2 mērķi

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

Projekta Nr.2 mērķis:

Izstrādāt saplākšņa I-serdes tipa sendviča paneļus, kas no mehāniskā stinguma/stiprības viedokļa ir efektīva alternatīva masīvam bērza finiera saplākšnim, integrējot un vienlaikus uzlabojot siltuma pretestības, vibrācijas/triecienu slāpēšanas īpašības.

Projekta Nr.2 uzdevumi:

1. Eksperimentālās pārbaudes atsevišķām paneļu komponentēm, kā arī gataviem saplākšņa sendviča paneļiem ar vertikālu serdes ribojumu.
2. Paneļu aprēķina modeļu izstrāde, GEM vidē, to veiktspējas optimizācijai. Projektēšanas metodikas izstrāde izmantojot eksperimentāli validētu aprēķina modeli.
3. Laboratorijas mēroga paneļu prototipēšana un rekomendāciju izstrāde ražošanas procesa mērogošanai.

2. projekta aktivitāšu izpildes laika grafiks ir pievienots pielikumā 2-A.

Galvenie rezultatīvie rādītāji:

Zinātniskā publikācija ar atsauci uz Valsts Pētījumu Programmu:

1. E. Labans, G. Jekabsons, K. Kalnins, K. Zudrags, S.Rudzite, M. Kirpluks, U. Cabulis, Evaluation of plywood sandwich panels with rigid PU foam-cores and various configurations of stiffeners, Proceedings of 3th International Conference – Optimization and Analysis of Structures, 2015, pp 45-52, ISSN 2461-2677
a. <file:///C:/Users/Diana/Downloads/Edgars.pdf>

Pētījumu rezultāti prezentēti sekojošās konferencēs:

1. U.Cabulis, M.Kirpluks, A.Paberza, A.Fridrihsone-Girone, I.Vitkauskene. Balance between renewable and recyclable feedstock for rigid polyurethane foams. 6th Workshop on Green Chemistry and Nanotechnologies in Polymer Chemistry, July 2015, Braganca, Portugal

2. M.Kirpluks, D.Kalnbunde, U.Cabulis. High functionality polyols from rapseed oil as raw material for polyurethane thermal insulation. Baltic Polymer Symposium, September 16-18, 2015, Sigulda, Latvia
3. E. Labans, G. Jekabsons, K. Kalnins, K. Zudrags, S.Rudzite, M. Kirpluks, U. Cabulis, Evaluation of plywood sandwich panels with rigid PU foam-cores and various configurations of stiffeners, 3d International Conference – Optimization and Analysis of Structures, August 23-25, 2015, Tartu, Estonia

Pētījumu rezultātu stenda referātu prezentācijas zinātniskos un populārzinātniskos semināros un konferencēs:

1. K. Kalniņš K., E. Labans, U. Cābulis, M.Ķirpluks, Sinerģija starp 7-IP un VPP – sendviča paneļu izstrādē. WIRE 2015. June 3-5, Riga, Latvia
2. K.Kalnins, A.Čate - Innovative and Multifunctional Composite Materials for Sustainable Buildings, *Innovative Materials for the Development of the Baltic Region National Economy*, Dec.16, Rīga <http://conference.birti.eu/agenda>.
3. E. Labans, K. Kalniņš., Japins, G, Zudrags., K., Rudzite, S. Smart sandwich structures of plywood and GF/PP. EuroNanoForum 2015, June 10-12, Riga, Latvia

Promocijas darbs izstrādes stadijā:

1. E.Labans "Saplākšņa sendviča-konstrukcijas multifunkcionālo īpašību integrācija un optimizācija". Darba vadītājs – K. Kalniņš. Darbs iesniegts Latvijas Zinātņu akadēmijas promocijas padomē un nozīmēts aizstāvēšanai 2016. gada pavasarī.
2. M.Ķirpluks "No atjaunojamām izejvielām iegūtu poliuretāna putuplasta un nano izmēra dabas izcelsmes pildvielu kompozītu īpašības". Darba vadītājs – U.Cābulis

Aizstāvētie maģistra darbi:

1. D. Kalnbunde. Augsti funkcionālu polioliu sintēze no epoksidētas rapšu eļļas cieto poliuretānu putu izstrādāšanai. Darba vadītājs – U.Cābulis

Rezultātu izplatīšana un komunikācija ar sabiedrību un nozares speciālistiem:

IMATEH mājaslapā <http://imateh.rtu.lv/> ir ievietota detalizēta informācija gan par projekta aktivitātēm gan vizuālais materiāls no eksperimentālām pārbaudēm.

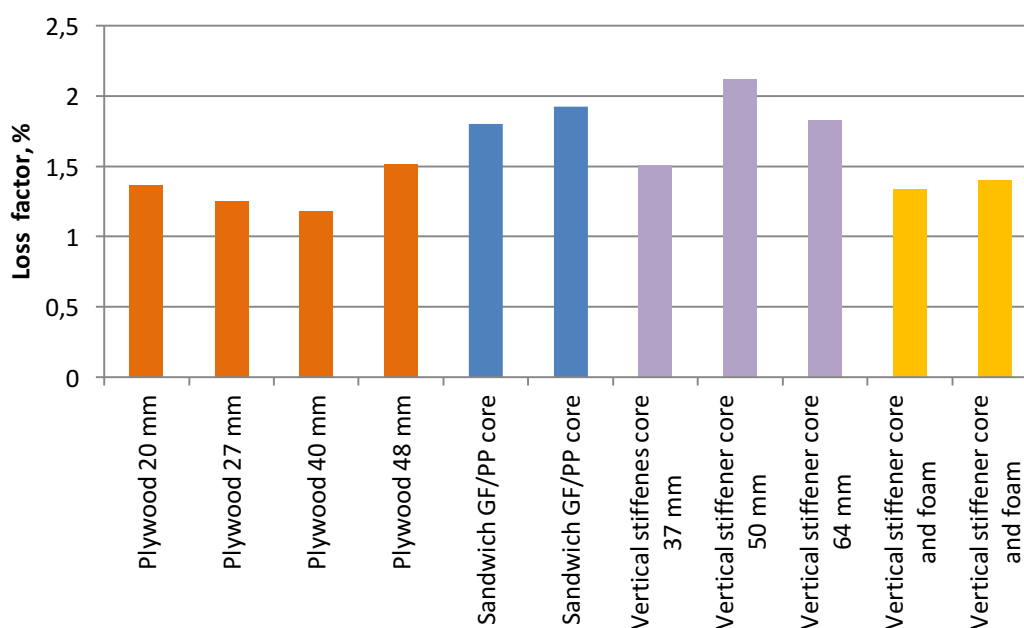
2.3. Projekta Nr. 2 uzdevumi

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

Darba uzdevumi	Galvenie rezultāti
<i>1.Eksperimentālās pārbaudes atsevišķām paneļu komponentēm, kā arī gataviem saplākšņa sendviča paneļiem ar vertikālu serdes ribojumu.</i>	<i>Veikti sendvičpaneļu ar saplākšņa virsmām un ribām un PU serdi vibrāciju slāpēšanas un triecienizturības eksperimentālās pārbaudes.</i>
Darba mērķis bija izvērtēt PU putu kā saplākšņa sendviča serdes slāņa ietekmi uz vibrāciju un trieciena īpašībām. Šim mērķim specifiski references saplākšņa paneļi bez putu pildījumu un sendviča paneļi ar dažādu korķa, polistirola, poliuretāna un gumijas pildījumu tika sagatavoti un pārbaudīti. Paraugu prototipu izstrāde sadarbībā ar AS Latvijas Finieris un	

SIA Meža Nozares Kompetences Centrs.

Vibrāciju slāpējošo īpašību noteikšanai sendvičpaneļiem ar atšķirīgu serdes un virsmu konfigurāciju tika pielietota svārstību dzišanas analīze ar POLYTECH PSV 400 virsmas lāzer-skenēšanas aprīkojumu. Testēšanas pārbaudēs paraugs tiek iekārtots un iesvārstīts ar skaļruni pilnā frekvenču diapazonā, lai noteiktu atbildes rezonansi katrai pašsvārstību frekvencei. Datu apstrādājot ļauj izveidot frekvenču/atbildes līknes un vizuāli iegūt svārstību-modas formas. Izmantojot šo, metodi tika svārstību enerģijas zuduma faktors, kas raksturo materiāla svārstību slāpējošās īpašības. Jo lielāks ir zuduma faktors, jo vairāk enerģijas tiek noslāpēts. Matemātiski šis raksturlielums tiek aprēķināts kā integrāls lielums, pašsvārstību frekvenču un laika maksimumiem, pie nosacījuma, ka ekstrēma funkcija atbilst standarta prasībām. Rezultātu apkopojums references paneļiem un saplākšņa virskārtu sendviča paneļiem ar dažādiem serdes tipiem pirmajai pašsvārstību frekvencei ir dots 1. attēlā.



1. attēls Svārstību zuduma koeficients saplākšņiem un sendvičpaneļiem pirmajai pašsvārstību frekvencei.

Papildus paneļu trieciena izturība tika pārbaudīta izmantojot trieciena torņa INSTRON Dynatup uzstādījumu atbilstoši NF B51-327 standartam, kas paredz parauga plaisāšanas un penetrācijas enerģijas noteikšanu izmantojot krītošu svaru ar 25 mm diametra uzgali. Paraugs ar malu garumu 315x315 mm tiek ievietots nostiprināšanas rāmī un novietots tā, lai trieciens trāpītu tieši parauga centrā.

Liela biezuma saplākšņa sendvičpaneļiem nav novērojama aizmugurējās virsmas plaisāšana attiecīgi trieciena enerģija R_1 nav nosakāma. Savukārt to penetrācijas enerģija R_2 ir ievērojami zemāka nekā viendabīgam references saplākšnim - galvenokārt neliela biezuma virsmu dēļ. Zīmīgi, ka penetrācijas enerģija sendvičpanelim ir tieši atkarīga no trieciena lokācijas. Trieciens virs ribas ļauj uzņemt būtiski lielāku enerģiju nekā trieciens starp ribām. Putu klātbūtne paneļa iekšpusē uzlabo trieciena izturību un neļauj virsmām trausli atdalīties, līdz ar to ir vērojams gandrīz divkārtš uzlabojums trieciena pretestībai starp ribām.

1. Paneļu aprēķina modeļu izstrāde, GEM vidē, to veikspējas optimizācijai. Projektēšanas metodikas izstrāde

Veikta GEM termiskā aprēķina modeļa un lieces stiprības eksperimentāla verifikācija.

izmantojot eksperimentāli validētu aprēķina modeli.

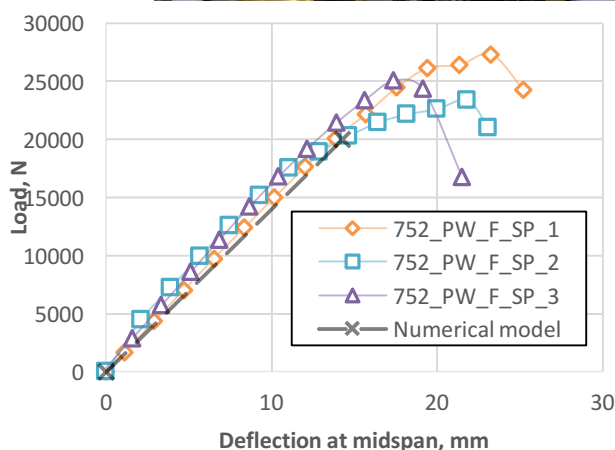
Darba mērķis bija veikt sākotnējas virtuālas simulācijas, lai teorētiski novērtētu poliuretāna putu servīca paneļu siltumpretestības un stinguma priekšrocības salīdzinājumā ar bērza saplāksni.

Termisko īpašību modelēšanai tika izveidots vienkāršots šķērsriezuma plaknes galīgo elementu modelis, izmantojot ANSYS datorprogrammu un 4-mezglu elementus PLANE 55. Temperatūra ar atšķirīgām vērtībām tika pielikta pie apakšējās un augšējās šķērsriezuma šķēlumam, līdzīgi kā eksperimentāla procedūrā atbilstoši EN-12667 standartam. Siltumvadītspējas koeficients tika noteikts tikai termiskā līdzsvara gadījumā. Pateicoties lineārai sakarībai starp putu blīvumu, elastības moduli un siltumvadītspējas koeficientu ir iespēja izmantot šīs vērtības kā nepārtrauktus lielumus parametriskajā optimizācijā. Skaitliskā modeļa verifikācija ir dota 1. tabulā.

1. Tabula. Eksperimentāli un skaitliski noteikto īpašību salīdzinājums

Stinguma ribu skaits paraugā	Efektīvais siltumvadītspējas koef., mW/m·K		$\Delta, \%$
	Eksperimentāli	Skaitliskais rezultāts	
3	68.3(0.4)	56.5	17.3
4	73.5(2.1)	58.4	20.5

Papildus veikti lieces testi atbilstoši EN789 uz INSTRON 8802 iekārtas, apstiprināja skaitliskā (ANSYS) modeļa spēju precīzi un paļāvīgi prognozēt paneļu mehānisko darbību. Iegūtās slodzes/deformācijas līknes ir dotas 2. attēlā.

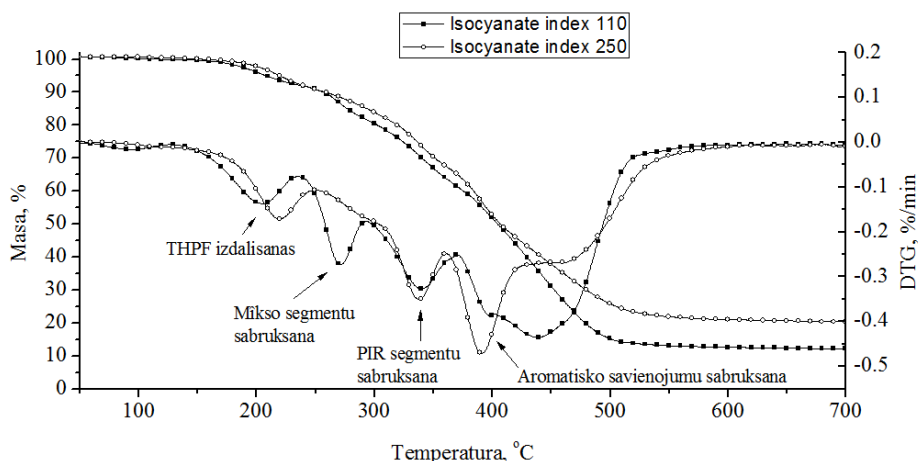


2. Attēls. Lieces testa uzstādījums un slodzes/deformācijas līknes

2. Laboratorijas mēroga paneļu prototipēšana un rekomendāciju izstrāde ražošanas procesa mērogošanai	Veikta sākotnēju laboratorijas mēroga prototipu izgatavošanas mēģinājumi iepildot dažādos PU putu maisījumus saplākšņa sendviča paneļu serdē.
---	--

Darba mērķis bija novērtēt adekvātāko poliuretāna putu receptūru, kā arī apsvērt esošo laboratorijas iekārtu pilnveidošanu un modifikāciju tālākai pētījuma gaitai.

Īpaša uzmanība tika veltīta, lai iegūtu augsta blīvuma PU putas, izmantoja poliolus, kas ir iegūti no celulozes pārstrādes blakusproduktiem – tallu eļļas. Tika izstrādātas divas kompozīcijas ar atšķirīgiem izocianāta indeksiem (110 un 250), lai novērtētu izocianāta indeksa ietekmi uz PU putuplasta termisko stabilitāti. PU putuplastu kompozīcijā bija iekļauts aditīvs antipirētns – trihlorpropilfosfāts, kas izdalījās no putu materiāla pirmajā masas samazināšanās posmā pie ~190 °C. Nākamajā posmā (260 °C) no PU putām ar izocianāta indeksu 110 izdalījās gaistošās vielas no mīksto segmentu sabrukšanas. Tāpēc, ka PU putuplasts ar izocianāta indeksu 250 satur maz mīksto segmentu šāds masas samazināšanās posms netika novērots. Pie 335 °C novēroja izocianāta un cieto segmentu sadalīšanās produktu izdalīšanos, bet pie 390-470 °C sadalījās PU putuplasta koksēšanās produkti. PU putuplasts ar lielāku izocianāta indeksu ir termiski stabilāks, un šāds materiāls būtu jāizmanto paneļos, kas paredzēti izmantošanai vietās, kur pastāv uguns bīstamības riski.



3. attēls Termogavimetrijas līkne paraugiem ar dažādu izocionāta proporciju

Pirmie laboratorijas mēroga paneļu prototipi ar putu serdi tika izveidoti, ņemot par pamatu paneli ar vertikālām ribām garenvirzienā. Dažādu ķīmisko sastāvu poliuretāna putu ievade panelī ar Koksnes ķīmijas institūtā pieejamo infūzijas iekārtu tika veikta gan kupona izmēra paraugiem, gan laboratorijas mēroga komponentei atbilstoši EN-789 ģeometriskām prasībām. Šim uzdevumam tika pielāgota gan putu receptūra - pagarinot maisījuma reakcijas laiku, gan iestrādes diapazonu. Svarīgākais izaicinājums iepildīšanas procesā ir nodrošināt virsmu nekustīgumu putām izplešoties ķīmiskās reakcijas rezultātā, kā arī putu aizpildījuma vienmērīgumu. Iegūtie sākotnējie prototipēšanas rezultāti parāda, ka putas var tikt efektīvi izmantotas kā adhēzijas līdzeklis ribu pielīmēšanai, tomēr turpmāk putu viendabīgums ir jāuzlabo, lai samazinātu poru skaitu 4. attēlā.



4. attēls. Ribots saplākšņa panelis ar un bez putu komponentes.

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 iespējamās risinājumus, turpmākā darba virzienus. Kopējais saturiskais izklāsts nepārsniedz četras A4 lapas)

2. posma izpildes rezultāti

1. apakš uzdevums - Eksperimentālās pārbaudes atsevišķām paneļu komponentēm, kā arī gataviem saplākšņa sendviča paneļiem ar vertikālu serdes ribojumu.

Galvenie sasniegtie rezultāti 1. uzdevumā:

- Izveidota datubāze no triecienizturības pārbažu rezultātiem references bērza saplākšņa paneļiem.
- Izveidota datubāze no triecienizturības pārbažu rezultātiem ribotam saplākšņa sendvičpanelim ar un bez putām.
- Izveidota datubāze no vibrāciju slāpējošo īpašību rezultātiem references saplākšni.
- Izveidota datubāze no vibrāciju slāpējošo īpašību rezultātiem saplākšņa sendvičpaneļiem ar un bez putu serdēm.

Turpmākās darbības virzieni:

- Atšķirīgu putu blīvuma adhēzijas un termisko īpašību datu bāzes izveidošana.

2. apakš uzdevums - Paneļu aprēķina modeļu izstrāde, GEM vidē, to veiktspējas optimizācijai. Projektēšanas metodikas izstrāde izmantojot eksperimentāli validētu aprēķina modeli.

Galvenie sasniegtie rezultāti 2. uzdevumā:

- Veikta eksperimentāla validācija izgatavotajiem paneļu prototipiem ar GEM aprēķina modeli.
- Novērtēts paneļu ar un bez putām īpatnējais stingums
- Veikta termiskā modeļa eksperimentālā validācija salīdzinot efektīvo siltumvadītspējas koeficientu

Turpmākās darbības virzieni:

- Turpmāka galīgo elementu skaitliskā modeļa uzlabošana, iekļaujot materiāla sabrukuma kritērijus.
- Ievaddatu precizēšana un skaitliskā modeļa pilnveidošana ar nolūku panākt labāku rezultātu sakritību

3. Laboratorijas mēroga paneļu prototipēšana un rekomendāciju izstrāde ražošanas procesa mērogošanai**Galvenie sasniegtie rezultāti 3. apakš uzdevumā:**

- Izgatavotas vairākas paneļu sērijas ar atšķirīgu saplākšņa sendvičpaneļu virsmu un ribu biezumiem. Demonstrācijas filma atrodama IMATEH mājaslapā.
- veikta PU putu kušanas temperatūras analīze

Turpmākās darbības virzieni:

- uzlabot putu iestrādes tehnoloģiju;
- izstrādāt augsta blīvuma PU putuplasta sistēmu ar atvērtu poru struktūru;
- pārbaudīt efektīvāko PU putuplasta adhēzijas stiprību pret finiera plāksnēm;
- izgatavot finiera paneļa prototipus, kas pildīti ar atvērtu poru struktūras PU putuplastu.

Sasniegto rezultātu zinātniskā un praktiskā nozīmība:

Sasniegtie rezultāti veicinās jaunu - multifunkcionālu saplākšņa sendvičpaneļu izstrādi no Latvijā pieejamām izejvielām turpmākajos projekta posmos:

Tiek veidota zināšanu bāze poliuretāna putu sintezēšanai izmantojot atjaunojamo resursu komponentes, kas vienlaikus var kalpot kā lieliska saistviela sendviča paneļiem.

Galīgo elementu vidē izveidotais skaitliskais aprēķina modelis ļauj efektīvāk projektēt sendvičpaneļus, kur svarīgs ir gan mehāniskā izturība, gan termiskās īpašības.

Dažādu slogošanas ātrumu ietekmes uz putu paraugiem novērtējums sniedz iespēju precīzāk modelēt paneļu mehānisko darbību trieciena ietekmē.

Pirmie laboratorijas mēroga prototipu izveides mēģinājumi apstiprina ražošanas metodes iespējamību, tomēr arī norāda uz dažām procesa nepilnībām, kuras turpmāk jānovērš.

2.6. Projekta Nr. 2 rezultatīvie rādītāji

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

Rezultatīvais rādītājs	Rezultāti							
	plānots	sasniegts						
		gads						
	2014.– 2017. g.	2014	2015	t. sk. iepriekšējā periodā uzsākts	2016.	2017.	2018.*	2019.*
Zinātniskie rezultatīvie rādītāji								
1. Zinātnisko publikāciju skaits:	4	1	1	2				
oriģinālo zinātnisko rakstu (SCOPUS) (SNIP > 1) skaits	1	0	0	0				
oriģinālo zinātnisko rakstu skaits ERIH	3	1	1	2				

(A un B) datubāzē iekļautajos žurnālos vai konferenču rakstu krājumos								
recenzētu zinātnisku monogrāfiju skaits	0	0	0	0				
...								
2. Programmas ietvaros aizstāvēto darbu skaits:	4	0	1	1				
promocijas darbu skaits	1	0	0	0				
maģistra darbu skaits	3	0	1	1				
bakalaura darbu skaits	0	0	0	0				
Programmas popularizēšanas rezultatīvie rādītāji								
1. Programmas gaitas un rezultātu popularizēšanas interaktīvie pasākumi, kuru mērķu grupās iekļauti arī izglītojamie, skaits:	5	2	7	9				
konferences	0	1	3	3				
semināri	3	0	3	3				
rīkoti semināri	0	0	0	0				
populārzinātniskas publikācijas	2	0	0	0				
izstādes, demonstrācijas	0	1	1	2				
uzņēmēju un darba devēju informēšanas aktivitātes	0	0	0	0				
Betona olimpiāde	0	0	0	0				
2. Internēta mājaslapu populārie ziņojumi	30	8	5	13				
Tautsaimnieciskie rezultatīvie rādītāji								
1. Zinātniskajai institūcijai programmas ietvaros piesaistītā privātā finansējuma apjoms, t. sk.:	Nav plānoti	0	0	0				
1.1. privātā sektora līdzfinansējums programmā iekļauto projektu īstenošanai	Nav plānoti	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)	Nav plānoti	0	0	0				
1.3. ieņēmumi no līgumdarbiem, kas balstās uz programmas ietvaros radītajiem rezultātiem un zinātnības	Nav plānoti	0	0	0				
2. Programmas ietvaros pieteikto, reģistrēto un spēkā uzturēto patentu vai augu šķirņu skaits:	Nav plānoti	0	0	0				
Latvijas teritorijā	0	0	0	0				
ārpus Latvijas	0	0	0	0				
3. Programmas ietvaros izstrādāto jauno tehnoloģiju, metožu, prototipu vai pakalpojumu skaits, kas aprobēti uzņēmumos	1	0	0	0				
4. Ieviešanai nodoto jauno tehnoloģiju, metožu, prototipu, produktu vai pakalpojumu skaits (noslēgtie līgumi par intelektuālā īpašuma nodošanu)	3	0	0	0				
5. ...								

* Norāda pēc programmas īstenošanas.

Projekta Nr. 2 vadītājs

Kaspars Kalniņš

(paraksts¹)

(vārds,
(datums¹)

uzvārds)

Zinātniskās institūcijas vadītājs

(paraksts¹)

(vārds,
(datums¹)

uzvārds)

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