

Valsts pētījumu programmas
"Augstas enerģijas fizika un paātrinātāju tehnoloģijas"
zinātniskās un sociālās ietekmes
vidusposma izvērtēšanas pārskats
(īstenošanas periods
15.12.2022.-14.12.2026.)

Rīga, 2025

Saturs

Programmas regulējums	2
Programmas mērķi un uzdevumi	2
Konkursa norise	3
Īstenošana, uzraudzība	3
Projekts "Augstas enerģijas daļiņu fizikas pētījumi CMS eksperimentā un progresīvu paātrinātāju tehnoloģiju izstrāde sadarbībā ar CERN"	5
Projekta pamatinformācija	5
Informācija par projekta finansējuma izlietojumu	6
Zinātniskā izcilība un galvenie zinātniskie sasniegumi	6
Zinātniskās kapacitātes pieaugums un studējošo iesaiste zinātniskajā darbībā	7
Sociāli ekonomiskā ietekme	8
Komunikācija un publicitāte	9
Ekspertu vērtējums un rekomendācijas īstenotājiem	9
Projekta zinātniskie rezultāti	10
Secinājumi.....	12

Programmas regulējums

Valsts pētījumu programmu “Augstas enerģijas fizika un paātrinātāju tehnoloģijas” (turpmāk – programma) regulē sekojošs normatīvais satvars:

[Zinātniskās darbības likums](#) (pieņemts 2005. gada 14. aprīlī);

[2018. gada 4. septembra Ministru kabineta noteikumi Nr. 560 “Valsts pētījumu programmu projektu īstenošanas kārtība”](#) (turpmāk – MK Noteikumi);

[2022. gada 14. jūlija Ministru kabineta rīkojums Nr. 510 “Par valsts pētījumu programmu “Augstas enerģijas fizika un paātrinātāju tehnoloģijas”](#) (turpmāk – MK rīkojums);

[Valsts pētījumu programmas “Augstas enerģijas fizika un paātrinātāju tehnoloģijas” projektu pieteikumu atklātā konkursa nolikums](#) (turpmāk – nolikums)

Programmas mērķi un uzdevumi

Programmas virsmērķis ir sadarbībā ar Eiropas Kodolpētniecības organizāciju (*The European Organization for Nuclear Research*) (turpmāk – CERN) stiprināt Latvijas zinātniskās kopienas attīstību augstas enerģijas fizikas un paātrinātāju tehnoloģiju jomā.

Programmas mērķis ir īstenot pētniecību dabaszinātnēs un inženierzinātnēs augstas enerģijas fizikas un paātrinātāju tehnoloģiju jomā, lai attīstītu pasaules līmeņa zināšanas, cilvēkkapitālu un tehnoloģijas un uz to bāzes radītu produktus un pakalpojumus, iesaistot zinātnisko un akadēmisko personālu, kā arī studējošos, doktora grāda pretendentes un jaunus zinātniekus.

Programmas uzdevumi:

1. attīstīt sadarbību ar CERN viena vai vairāku CERN zinātnisko eksperimentu ietvaros, piemēram, Kompaktā mionu solenoīda (*The Compact Muon Solenoid*) eksperimenta ietvaros;
2. veicināt maģistra un doktora studiju programmu attīstību augstas enerģijas fizikas un paātrinātāju tehnoloģiju jomā;
3. attīstīt fundamentālu pētniecību augstas enerģijas fizikas un paātrinātāju tehnoloģiju jomā.

Programmas horizontālie uzdevumi:

- nodrošināt pētniecības procesa un pētījuma rezultātu ietekmi uz šādām mērķgrupām:
 - uz zinātnisko kopienu – attīstot pētniecībai nepieciešamos resursus un konkurētspējīgas starpdisciplināras zinātnieku grupas, kas zinātniskajā darbībā izmanto jaunākās pētniecības metodes un tehnoloģijas, kā arī iesaistoties starptautiskās sadarbības tīklos un konsorcijs un īstenojot projektus Eiropas Savienības ietvara programmas, starptautisku programmu un aktivitāšu ietvaros;
 - uz studējošajiem – nodrošinot prakses un darba iespējas, kā arī projekta zinātnisko rezultātu izmantošanu studiju procesā;
 - uz sabiedrību kopumā – nodrošinot zināšanu pārnesi un veicinot izpratni par pētniecības lomu un devumu sabiedrībai;
- nodrošināt komunikāciju un koordināciju ar visām zinātniskajām institūcijām Latvijā, kuras darbojas augstas enerģijas fizikas un paātrinātāju tehnoloģiju jomā;
- nodrošināt pētniecības rezultātu publisku pieejamību, tai skaitā publicējot rezultātus brīvpiekļuves žurnālos, deponējot jauniegūtus pētniecības datus pētniecības datu repozitorijos vai augstas enerģijas fizikas kopienas atzītos rakstu krājumos un datubāzēs, piemēram, *ArXiv*.

Programmas īstenošanas laikā sasniedzamie rezultāti:

- oriģinālu zinātnisko rakstu publicēšana *Web of Science* vai *SCOPUS* datubāzēs iekļautajos žurnālos vai konferenču rakstu krājumos vai augstas enerģijas fizikas kopienas atzītos rakstu krājumos, piemēram, Kompaktā mionu solenoīda (*The Compact Muon Solenoid*) eksperimenta publikācijas;
- pētniecības rezultātu prezentācija starptautiskajās zinātniskajās konferencēs, piemēram, mutiskas vai digitālo plakātu prezentācijas;
- vismaz viena virssliekšņa novērtējumu guvuša augsta līmeņa pētniecības projekta pieteikums ārējā finansējuma piesaistei starptautiskajās pētniecības programmās, piemēram, Eiropas Savienības Pētniecības un inovācijas programmā "Apvārsnis Eiropa";
- doktorantu, doktora grāda pretendentu un jauno zinātnieku iesaiste programmas aktivitātēs;
- komunikācijas aktivitātes, kas nodrošina programmas atpazīstamību un rezultātu izplatīšanu.

Konkursa norise

Konkurss tika izsludināts 2022. gada 24. augustā, ar projektu pieteikumu iesniegšanas termiņu 2022. gada 22. septembrī ([Oficiālais paziņojums](#)).

Konkursa ietvaros plānots finansēt vienu projektu par MK rīkojuma 6. punktā noteikto visu programmas uzdevumu izpildi, nosakot, ka maksimālais projekta finansējums ir 1 395 000 *euro*. Viena projekta īstenošanai paredzēti 48 mēneši. Atklātajā konkursā tika saņemts viens projekta pieteikums, kas tika novērtēts kā atbilstoši konkursā noteiktajiem administratīvajiem kritērijiem, un ārzemju eksperti veica projekta pieteikuma zinātnisko izvērtēšanu. Detalizēta informācija par projektu izvērtēšanu pieejama [projektu pieteikumu atklātā konkursa izvērtēšanas pārskatā](#)

Konkursa rezultātā tika pieņemts lēmums par vienīgā iesniegtā projekta pieteikuma **VPP-IZM-CERN-2022/1-0001 "Augstas enerģijas daļiņu fizikas pētījumi CMS eksperimentā un progresīvu paātrinātāju tehnoloģiju izstrāde sadarbībā ar CERN"** finansēšanu. Projekta pieteikumam tika piešķirts finansējums **1 395 000 eiro** apmērā. Projekts jāīsteno 48 mēnešu laikā no 2022. gada 15. decembra līdz 2026. gada 14. decembrim.

Īstenošana, uzraudzība

Izglītības un zinātnes ministrija ir noteikta par atbildīgo institūciju programmas īstenošanā. **Programmas** uzraudzības struktūra veidota, lai nodrošinātu gan projekta progresu, gan rezultātu sasniegšanu, gan arī finansējuma efektīvu izlietojumu, vienlaikus pozicionējot projekta rezultātus plašākā stratēģiskā kontekstā. Programmas **Stratēģiskās vadības padome**, kuras sastāvā ir pārstāvji no Rīgas Tehniskās universitātes, Latvijas Universitātes Cietvielu fizikas institūta, sabiedrības ar ierobežotu atbildību "*Baltic Scientific Instruments*", Merilendas Universitātes (*University of Maryland*), Pjēra un Marijas Kirī universitātes (*Université Pierre & Marie Curie, Paris VI*), Londonas Universitātes (*University of London*) un CERN. **Programmas īstenošanas un uzraudzības komisija** (turpmāk – komisija) regulāri seko projekta izpildes progresam. Savukārt **Latvijas Zinātnes padome** (turpmāk – LZP) nodrošina programmas ieviešanu, sniedzot konsultācijas projekta īstenotājiem par jautājumiem, kas saistīti ar projekta īstenošanu, veicot finanšu un rezultātu izpildes uzraudzību, kā arī projekta zinātnisko rezultātu izpildes monitoringu un programmas īstenošanas un sasniegto rezultātu analīzi.

LZP projekta īstenošanas uzraudzību veic trīs virzienos – zinātniskā ekspertīze, projekta rezultātu izpildes uzraudzība un finansējuma izlietojuma efektivitātes uzraudzība. Zinātniskās ekspertīzes laikā ārvalstu zinātniskie eksperti vērtē, vai projektā izmantotās zinātniskās pieejas, metodes, pētniecības resursi ir atbilstoši, lai sasniegtu iecerētos mērķus. Projekta rezultātu izpildes uzraudzības ietvaros LZP vērtēja sākotnēji plānoto rezultātu sasniegšanas progresu, pārbaudot sasniegto rezultātu atbilstību iecerētajam projekta vidusposmā.

Finansējuma izlietojuma efektivitātes uzraudzības ietvaros LZP pārbaudīja projekta izdevumus, ņemot vērā projekta finanšu pārskatā iesniegtos datus.

Pēc projekta 24 mēnešu norises (01.11.2022 – 31.10.2024) tā īstenotāji iesniedza vidusposma zinātnisko pārskatu, ko izvērtēja neatkarīgi ārvalstu eksperti, vērtējot projekta zinātnisko devumu, sasniegto un potenciālo projekta ietekmi un tā īstenošanu, un rekomendēja **“Turpināt projektu”**. Ekspertu sniegtie komentāri un secinājumi integrēti šī pārskata saturā.

Jāatzīmē, ka programma turpina tāda paša nosaukuma Valsts pētījumu programmu, kuras ietvaros tika īstenots viens pētījumu projekts VPPIZM-CERN-2020/1-0002 “Virsošnes kvarka un Higgsa bozona pētījumi CMS eksperimentā, kristāla scintilatoru, CMS apakšdetektoru un daļiņu paātrinātāju tehnoloģiju attīstīšana lietišķam pielietojumam, sadarbībā ar CERN”. Projekts tika īstenots 24 mēnešu laikā no 12.10.2020 līdz 11.10.2022, pieejamais finansējums 836 460 eiro, izmantotais finansējums 796 724 eiro (95,25% no piešķirtā). Projektu īstenoja Rīgas Tehniskā universitāte sadarbībā ar Latvijas Universitāti un Latvijas Universitātes Cietvielu fizikas institūtu. Detalizēta informācija par šīs Valsts pētījumu programmas projektu izvērtēšanu pieejama [“Valsts pētījumu programmas “Augstas enerģijas fizika un paātrinātāju tehnoloģijas” projektu pieteikumu atklātā konkursa izvērtēšanas pārskats”](#) un par īstenotā projekta zinātnisko un sociālo ietekmi [“Valsts pētījumu programmas “Augstas enerģijas fizika un paātrinātāju tehnoloģijas” projekta noslēguma izvērtēšanas pārskats”](#).

Projekts “Augstas enerģijas daļiņu fizikas pētījumi CMS eksperimentā un progresīvu paātrinātāju tehnoloģiju izstrāde sadarbībā ar CERN”

Projekta pamatinformācija

Projekta numurs: VPP-IZM-CERN-2022/1-0001

Project title: *High-energy particle physics research at the CMS experiment and the development of advanced accelerator technologies in collaboration with CERN*

Piešķirtais finansējums: 1 395 000 eiro

Projekta iesniedzējs: Rīgas Tehniskā universitāte (RTU)

Projekta sadarbības partneri:

- Latvijas Universitāte (LU);
- Latvijas Universitātes Cietvielu fizikas institūts (LU CFI).

Projekta vadītājs: Assoc. prof. Kārlis Dreimanis

Zinātnes nozares:

- Fizika un astronomija
- Mašīnbūve un mehānika

Prioritārie virzieni zinātnē:

- Tehnoloģijas, materiāli un inženiersistēmas produktu un procesu pievienotās vērtības palielināšanai un kiberdrošībai
- Zināšanu kultūra un inovācijas ekonomiskajai ilgtspējai

Viedās specializācijas (RIS3) joma: Viedie materiāli, tehnoloģijas un inženiersistēmas; Informācijas un Komunikāciju tehnoloģijas

Projekta mērķis: Mērķis ir stiprināt Latvijas zinātnisko kapacitāti augstas enerģijas daļiņu fizikā un paātrinātāju tehnoloģijās, kā arī audzēt Latvijas zinātnisko kopienu un veicināt pasaules līmeņa pētniecību šajos zinātnes laukos sadarbībā ar CERN.

Projekta kopsavilkums: Šī projekta virsmērķis ir turpināt stiprināt Latvijas zinātnisko kopienu un pētniecisko kapacitāti augstas enerģijas daļiņu fizikas un paātrinātāju tehnoloģiju jomās, kā arī veicināt Latvijas zinātnisko institūciju sadarbību ar CERN. Projekta ietvaros, sadarbojoties Rīgas Tehniskajai universitātei (RTU), Latvijas Universitātei (LU) un Latvijas Universitātes Cietvielu Fizikas Institūtam (LU CFI), tiks veikta pētniecība fundamentālajā daļiņu fizikā Kompaktā Mionu Solenoīda (CMS) eksperimentā CERN, galvenokārt, fokusējoties uz Top kvarka fizikas mērījumiem un MIP *Minimum Ionising Particle* laika detektora *Timing Detector* (MTD) apakšdetektora sistēmas izstrādi. Līdztekus augstas enerģijas fizikai, projekta pētnieku grupa turpinās zinātnisko iesaisti vairākos CERN paātrinātāju tehnoloģiju izpētes projektos, tajā skaitā projektos, kuru pētnieciskie rezultāti ir ar augstu atdevi sabiedrībai. Projekta laikā Latvijas jaunie zinātnieki, doktoranti un maģistranti, iegūs iespēju veikt pasaules klases pētnieciskās aktivitātes daļiņu fizikā un progresīvu paātrinātāju tehnoloģiju attīstīšanā sadarbojoties ar pasaulē vadošajiem pētniekiem attiecīgajās zinātnes jomās. Projekta gaitā liels uzsvars tiks likts arī uz sabiedrības informēšanu un izglītošanu par veikto zinātnisko aktivitāšu nozīmīgumu un vērtību.

Atslēgas vārdi: CERN, daļiņu fizika, paātrinātāju tehnoloģijas

Informācija par projekta finansējuma izlietojumu

Projekta ietvaros izlietotais finansējums no 15.12.2022 līdz 31.12.2024 (pārsniedz 24 mēnešu periodu, jo izlietotais finansējums tiek uzskaitīts kalendāro gadu periodā):

Projekta numurs	Gads	Atlīdzība (eiro)	Preces un pakalpojumi (eiro)	Netiešās izmaksas (eiro)	Kopā (eiro)
VPP-IZM-CERN-2022/1-0001	2022-2024	537 194,15	22 558,96	139 938,28	699 691,39

Zinātniskā izcilība un galvenie zinātniskie sasniegumi

Projekta ietvaros tiek turpināta projekta VPP IZM-CERN-2020/1-0002 “Virsošnes kvarka un Higgsa bozona pētījumi CMS eksperimentā, kristāla scintilatoru, CMS apakšdetektoru un daļiņu paātrinātāju tehnoloģiju attīstīšana lietišķam pielietojumam, sadarbībā ar CERN” (12.10.2020 līdz 11.10.2022) ietvaros uzsāktā Latvijas zinātnisko kopienu un augstas enerģijas daļiņu fizikas un paātrinātāju tehnoloģiju jomu pētnieciskās kapacitātes stiprināšana un veicināta Latvijas zinātnisko institūciju sadarbība ar CERN. Lai stiprinātu Latvijas zinātnisko institūciju (Rīgas Tehniskās universitātes, Latvijas Universitātes un Latvijas Universitātes Cietvielu Fizikas Institūta) pētniecības komandu, šajā programmā tiek veikti pētījumi divos galvenajos virzienos – augstas enerģijas daļiņu fizikas (*high-energy particle physics* (HEP)) un paātrinātāju tehnoloģiju (*accelerator technologies* (AT)) jomās. Īpaši svarīga ir HEP pētniecības kapacitātes stiprināšana un attīstība, jo šī ir viena no galvenajām jomām, pēc kā tiks vērtēts Latvijas stratēģiskais mērķis – kļūt par pilntiesīgu CERN dalībvalsti.

Eksperimentālās augstās enerģijas daļiņu fizikas pētniecības programma balstās uz Latvijas dalību Kompaktā Mionu Solenoīda (CMS) eksperimentā CERN, kas ir vienīgais HEP veltītais eksperiments, kurā piedalās Latvijas pētniecības iestādes. Latvijas CMS pētniecības grupa (CMS-Latvija), kurā piedalās zinātnieki no projektā iesaistītām institūcijām, koncentrējas uz trīs galvenajiem pētniecības virzieniem – Top kvarka fizika, Higgsa bozona fizika un MIP laika detektora (MTD) apakšdetektora sistēmas izstrāde, kas tiks integrēta eksperimentā līdz ar augstā mirdzuma jeb *high-luminosity* paātrinātāju – HL-LHC sākumu 2030. gadā, turpinot darbu līdz LHC eksperimenta programmas beigām 2041. gadā.

Projekta komanda papildus veic arī pētījumus par elementārdaļiņu Standarta modeļa (SM) vektora bozoniem. VĒL bez tiešajiem pētījumiem sadarbībā ar CMS, Latvijas Universitātes Cietvielu fizikas institūts veic pasaules līmeņa pētījumus CMS apakšdetektora, Minimāli Ionizējošo Daļiņu (MIP) Laika detektora (MTD) izstrādē, kā arī pētījumos, kas saistīti ar kristālu scintilatoru materiāliem, kas tiek lietoti daļiņu detektoros.

Top kvarka fizika - CMS-Latvija koncentrējas uz Top kvarka fiziku, galvenajos pētījumos ietverot top kvarka un anti-top kvarka masas starpību mērīšanu, kuras mērķis ir sasniegt pasaulē precīzāko šīs starpības noteikšanu un izpētīt iespējamās konjugācijas, paritātes un laika maiņas simetrijas pārkāpumus. Top kvarka sabrukšana tika pētīta caur pamata (*bottom*) kvarku fragmentāciju un meklēts *dead-cone* efekts. Šajos mērījumos tiek izmantoti dziļie neironu tīkli, lai precizētu kvantu hromodinamikas (*Quantum Chromodynamics* (QCD)) modeļus. Šie padziļinātie pētījumi samazina nenoteiktību top kvarka masas noteikšanā. Šīs top kvarka individuālās fizikas analīzes radīs jaunus zinātniskos rezultātus un gūtā pieredze ļaus uzlabot turpmāko top kvarku fizikas pētījumu precizitāti CMS un dos iespēju CMS-Latvija grupai kļūt par atzītu ekspertu grupu augstākās fizikas jomā paātrinātāju eksperimentos gan Lielā hadronu paātrinātāja programmas laikā, gan pēc tās.

Higgsa un standarta modeļa fizika Projekta iesaistīšanās Higgsa fizikā galvenokārt ir saistīta ar di-Higgsa bozona sabrukšanas izpēti nerezonanses WWZZ (*the non-resonant WWZZ decay mode*) sabrukšanas režīmā, ko veic Antra Gaile (RTU) asociētā profesora Kārļa Dreimaņa (RTU) un Toni Ščulaka (Splitas Universitāte) vadībā, sadarbojoties ar École Polytechnique un Splitas Universitātes pētniekiem. Šis pētījums veicina di-Higgsa bozona sabrukšanas kombinēto mērīšanu CMS un sniedz svarīgus datus Higgsa pašsavienošānās pētīšanai.

Turklāt Estere Agnese Tēberga (LU) veica nozīmīgus pētījumus par detektoru efektiem 3. ciklā par Higgsa bozona sabrukšanas analīzi tai saucamajā "Zelta kanālā" *Golden channel*, 2024. gada jūnijā veiksmīgi aizstāvēt pirmo bakalaura darbu par eksperimentāliem augstas enerģijas fizikas mērījumiem Latvijā, kas iezīmē nozīmīgu pagriezienu punktu šajā jomā valstī. Papildinot Higgsa bozona pētījumus, komanda sniedz ieguldījumu CMS standarta modeļa fizikā (SMP), un asociētais profesors Markus Seidels ir viens no vadošajiem viena no CMS ievērojamākajiem jaunākajiem rezultātiem — precīzākā W bozona masas mērījuma veikšanā Lielajā hadronu paātrinātājā (LHC), kas tiks publicēts žurnālā *Nature*. Pētniecības grupa arī pēta Z bozona sabrukšanas galīgā stāvokļa starojumu, lai uzlabotu precizitātes fizikas mērījumus.

MTD laika detektors *Timing Detector (MTD)* Papildus fizikālās analīzes programmai, projekta komandai ir būtiska iesaiste MTD projektā CMS, asociētajam profesoram Dreimanim vadot un sniedzot nozīmīgu ieguldījumu MTD *Barrel-Timing-Layer (BTL)* mehānikas, montāžas un saskarņu uzdevumā, kopējās sistēmas detektoru vadības un drošības sistēmās, kā arī detektoru simulācijas pētījumos. Komandas ieguldījums ir bijis būtisks BTL progresā, un viņu zināšanas ir atzītas. Asociētais profesors Dreimanis, kurš iepriekš bija *Mechanics, Assembly & Interfaces (MAI)* uzdevuma koordinators, ir izvēlēts par vienu no BTL tehniskajiem vadītājiem kopā ar Dr. Andrea Benalju (Milano-Bikokas Universitāte). Turklāt viņš ir detektoru vadības un drošības sistēmas *Common System's detector control and safety system (DCS & DSS)* persona visā MTD projektā.

Scintilācijas kristālu pētījumi Latvijas Universitātes Cietvielu fizikas institūts veic svarīgus pētījumus par scintilācijas kristāliem, kas ir būtiski augstas enerģijas fizikas pielietojumiem. Dr. Anatolija Popova vadībā komanda pēta dažādu gaismu caurlaidīgu kristālisku materiālu, ko izmanto daļiņu detektoros. Viņu pētījumi par LYSO (*Lutetium-yttrium oxyorthosilicate*) kristāliem ir īpaši nozīmīgi CMS-Latvija grupai, jo šis materiāls kopā ar silīcija fotoelektronu pavairotājiem kalpo kā galvenā sensorā komponente MTD BTL detektorā CMS. Grupa specializējas luminiscences īpašību izpētē vakuuma ultravioletā (VUV) režīmā, sniedzot būtisku izpratni par materiāla īpašībām, kas ir būtiskas fona signālu likvidēšanai augstas enerģijas fizikas eksperimentos.

I.FAST (*Innovation Fostering in Accelerator Science and Technology*) projektā, pateicoties Gunta Pikura darbam, pirmoreiz vēsturē tika izgatavota radio frekvences kvadropa ceturdāļa, izmantojot aditīvās ražošanas tehnoloģiju. Šis jauninājums samazina ražošanas laiku un izmaksas, vienlaikus ļaujot izveidot sarežģītas dzesēšanas konstrukcijas, kas nav iespējamās ar tradicionālajām metodēm. Tobija Romano turpmākajos pētījumos tika pētīta vara, kas apstrādāta ar saistvielu strūklas metodi, sasaistes uzvedība, savukārt Viesturs Lācis izstrādāja lāzerstara virsmas pēcapstrādes metodes 3D drukātiem vara komponentiem.

HITRIplus (*Heavy Ion Therapy Research Integration plus*) and NIMMS (*Next Ion Medical Machine Study*) Šis iniciatīvas koncentrējas uz paātrinātāju tehnoloģiju pielietojumu medicīnā, īpaši smago jonu terapijā. Lazars Ņikitovičs projektē jaunas paātrinātāju konstrukcijas lineārajiem paātrinātājiem (LINAC), kas paredzēti smago jonu terapijai, bet Luka Pjačentīni izstrādā jauna tipa supravadošo magnētu sistēmas daļiņu terapijai. Kristaps Paļskis pēta inovatīvo FLASH terapiju ar jonu stariem, savukārt Vinčenco Alberto Sansipersiko optimizē sinhrotronu konstrukcijas, kas nepieciešamas nākotnes jonu terapijas paātrinātājiem. Šie pētījumi ir rezultējušies augsta līmeņa publikācijās, tostarp žurnālā *The Lancet Oncology*, un veicina bakalaura studentu iesaisti jonu terapijas ierīču izpētē. Tā RTU stiprina Latvijas ilgtermiņa pētniecības kapacitāti medicīnisko paātrinātāju jomā un atbalsta Eiropas mērķi ieviest daļiņu terapiju Baltijas valstīs.

Projekts stiprina Latvijas pozīcijas zinātniskajā pētniecībā, attīstot pasaules līmeņa pieredzi augstas enerģijas fizikā un paātrinātāju tehnoloģijās, atbalstot Latvijas stratēģisko mērķi līdz 2027. gadam kļūst par pilntiesīgu CERN dalībvalsti. Projekta rezultāti tieši dod labumu Latvijai, attīstot cilvēkkapitālu, gūstot starptautisku pieredzi, sadarbojoties ar tādiem uzņēmumiem, kā arī veicinot potenciālus veselības aprūpes sasniegumus, izmantojot jonu terapijas pētījumus, kas varētu uzlabot vēža ārstēšanas iespējas Baltijas reģionā.

Zinātniskās kapacitātes pieaugums un studējošo iesaiste zinātniskajā darbībā

Projekta komanda organizē regulāras koordinācijas sanāksmes, kuras vada vadošais partneris – Rīgas Tehniskā universitāte ar administratīvā personāla atbalstu, nodrošinot projekta mērķu uzraudzību un sasniegšanu, un

sadarbību starp darba pakām. Tāpat projekta pamatā ir cieša sadarbība ar CERN un partnerorganizācijām, piemēram, *École Polytechnique* (Francija), Splitas Universitāti (Horvātija), MIT (ASV), UCLA (ASV) un Tata Fundamentālo pētījumu institūtu (Indija). Turklāt nozīmīgs šī projekta komandas rezultāts ir bijusi divu starptautisku konferenču organizēšana Latvijā: “12. Starptautiskā jonizējošā starojuma luminiscējošo detektoru un transformatoru konference” (*The 12th European Conference on Luminescent Detectors and Transformers of Ionising Radiation*, <https://www.cfi.lu.lv/lumdetr2024>), kuras galvenais organizators bija Dr. Anatolijs Popovs, un “3. CERN Baltijas konference” (<https://indico.cern.ch/event/1288731/>), kuras galvenais organizators bija asoc.prof. Kārlis Dreimanis.

Projektā aktīvi iesaistīti ir **15 doktoranti**, kas strādā dažādās pētniecības jomās, kas saistītas ar augstas enerģijas daļiņu fiziku CMS eksperimentā un paātrinātāju tehnoloģijām sadarbībā ar CERN. Viens doktorants projekta laikā ir veiksmīgi aizstāvējis promocijas darbu par jaunas ražošanas tehnoloģijas izstrādi kompaktiem radiofrekvenču kvadropoliem, izmantojot aditīvās ražošanas (3D drukāšanas) metodes daļiņu paātrinātājiem. Projekta ietvaros paredzēts veiksmīgi pabeigt vismaz sešas doktora disertācijas, kas divkārtotu sākotnējo rezultātu mērķi. Projektā savus pētījumus veic arī divi maģistratūras studenti, no kuriem viens studens ir veiksmīgi aizstāvējis savu maģistra garbu, kas koncentrējas uz progresīvu paātrinātāju tehnoloģiju izstrādi sadarbībā ar CERN, īpaši I.FAST projekta ietvaros, kur komanda strādāja pie aditīvās ražošanas metodēm paātrinātāju komponentiem. Projekta laikā tiek atbalstīti arī bakalaura studenti. Lai gan bakalaura darbu izstrāde nav uzskatāms par oficiālu kvantificējamu projekta rezultātu, ir vērts pieminēt, ka projekta laikā tika izstrādāts un aizstāvēts pirmais bakalaura darbs Latvijā par eksperimentālu HEP mērījumu tēmu un ir nozīmīgs pagrieziena punkts šīs jomas attīstībā valstī. Līdz šim projekta laikā studējošiem tiek nodrošināta arī darba iespējas un prakse sadarbības organizācijās.

Sociāli ekonomiskā ietekme

Projekta mērķis ir pozicionēt Latviju kā vadošo zinātnisko pētījumu veicēju, vienlaikus attīstot tehnoloģiskās kompetences, kas nākotnē varētu sniegt plašāku sabiedrības un ekonomikas labumu. Projekta ieviešanas notiek sadarbība ar nozares partneriem tehnoloģiju attīstību jomā, kā arī veikta plaša sabiedrības informēšana izmantojot lekcijas, uzstāšanos plašsaziņas līdzekļos un izglītojošus pasākumus, lai veicinātu zinātnisko izpratni un daļiņu fizikas pētījumu iespējamus medicīniskos pielietojumus.

Medicīniskā un veselības aprūpes ietekme

Projekta aktivitātēm ir potenciāls būtiski ietekmēt kodolmedicīnas, staru terapijas un daļiņu staru terapijas nozares. Jonu un FLASH terapijas pētījumi varētu uzlabot vēža ārstēšanas iespējas Baltijas reģionā ar potenciālu radīt nākamās paaudzes jonu terapijas centru, kas sniegtu ievērojamus ieguvumus veselības aprūpes jomā.

Rūpnieciskā sadarbība

Sadarbībā starp pētniekiem un Latvijas rūpniecību, lai izstrādātu mehāniskās sastāvdaļas dzesēšanas sistēmām, ko izmanto MTD BTL (cilindra laika slāņa) detektorā. Projekts ir palīdzējis Latvijas uzņēmējdarbības koordinātoram (*Industrial liaison officer – ILO*) CERN veicināt industrijas sadarbību ar CERN pētniecības komandām.

Ietekme uz izglītību

Projekta darbība stiprina Latvijas pētniecisko kapacitāti augstas enerģijas fizikā un paātrinātāju tehnoloģijās. Projekta darbība piesaista un finansiāli atbalsta studentus RTU un LU kopīgi izstrādātajai doktora studiju programmai "Daļiņu fizika un paātrinātāju tehnoloģijas". Lielākajai daļai projektā iesaistīto doktorantu tiek nodrošināta iespēja doties 1-2 gadu ilgtermiņa praksē CERN. Jaunajiem pētniekiem - doktorantiem, maģistratūras studentiem tiek nodrošinātas iespējas veikt pasaules līmeņa pētniecības aktivitātes. Projektā iesaistītie pētnieki strādā arī pie jaunu studiju programmu izveides bakalaura un maģistra līmenī.

Politiskā ietekme

Projekts sniedz atbalstu Latvijas stratēģiskajam mērķim līdz 2027. gadam kļūt par pilntiesīgu CERN dalībvalsti, kā arī stiprina zinātniskō saikni starp Latvijas pētniecības iestādēm un CERN.

Komunikācija un publicitāte

Projekta laikā tiek regulāri informēta sabiedrība par projekta norisēm un sasniegto, izmantojot vairākus komunikācijas kanālus, aptverot dažādas auditorijas, sākot no vidusskolēniem līdz plašākai sabiedrībai. Galvenās komunikāciju aktivitātes ietver:

- **mediju aktivitātes.** [Intervija](#) Latvijas Radio 1, kurā tika apspriesti Visuma noslēpumi un latviešu zinātnieku pieredze CERN, [intervija](#) Latvijas Televīzijā, lai izskaidrotu Latvijas zinātnieku darbu CERN;
- **sociālās tīklošanās vietnes.** Regulāri atjauninājumi par projekta progresu un pētījumu rezultātiem RTU (RTU Daļiņu fizikas un paātrinātāju tehnoloģiju institūta [Facebook lapā](#)) un LU sociālo tīklu kanālos, lai reklamētu lekcijas un pasākumus;
- **izglītības pasākumi.** Publiskās lekcijas un semināri vidusskolas skolniekiem, interesentiem, universitātes studentiem un vidusskolas fizikas skolotājiem par tādām tēmām kā - "Tumšā Matērija un tās meklējumi LHC", "Relativitātes teorija daļiņu fizikā" (pieejams videoieraksts platformā [YouTube](#)), "Visuma noslēpumi paātrinājumā", "Daļiņu fizika ? Elementāri !";
- **zinātnes popularizēšanas pasākumi.** Dalība Zinātnieku nakts pasākumā "Visuma noslēpumi un zinātnieku darbs CERN".

Pilns saraksts ar visām projekta aktivitātēm, kas ir attiecināmas uz šo projektu, tiks sniegts noslēguma ziņojumā pēc projekta pabeigšanas

Ekspertu vērtējums un rekomendācijas īstenotājiem

Eksperti atzīmē, ka projekta komanda ir strādājusi izcili, ir sasniegusi un pat pārsniegusi visus savus mērķus, vadot septiņas fizikas analīzes Top kvarka fizikas analīzes grupas ietvaros un paplašinot Higgsa bozona pētījumus. Projekts ir guvis ievērojamus panākumus gan teoretiskās fizikas pētījumos, gan praktiskās paātrinātāju tehnoloģiju izstrādē. Projekta komandas izstrādātajās aparatūrās nozīmīgs ieguldījums ir MTD laika detaktora mehāniskā montāža un scintilācijas materiālu pētījumus, kam ir izšķiroša nozīme gaidāmajām CMS detektoru sistēmām. Projekts ir pārsniedzis gaidāmos rezultātus vairākās jomās – studentu iesaistē no bakalaura līdz doktora līmenim, publikācijās un starptautiskā atpazīstamībā. Pašlaik ir paredzētas sešas doktora disertācijas, kuru pētījumi aptver Top kvarku fizikas, Higgsa bozona analīzes, detektoru izstrādes un paātrinātāju pielietojumus medicīnā. Kopumā projekta virzība un sasniegtie rezultāti ir augsti novērtējami, projekta vadība ir bijusi efektīva, ar veiksmīgu finansējuma un prioritāšu pārdali, nodrošinot ievērojami lielāku zinātnisko rezultātu.

Projekta turpinājumā **eksperti rekomendē:**

- **paplašināt detektoru izstrādes aktivitātes ārpus mehāniskās montāžas.** Palielinot tehnisko ieguldījumu MTD projektā, tiktu nodrošināta lielāka redzamība un radītas vairāk iespēju Latvijas komandai attīstīt un paplašināt savas zināšanas detektoru tehnoloģiju jomā;
- **palielinās redzamību scintilācijas materiālu pētniecībā.** Komandas darbs, kas iekļauj pētījumus par scintilējošiem materiāliem, kas ir svarīgs arī gaidāmajām CMS detektorsistēmām, būtu jāpadara redzamāks starptautiskā mērogā, lai Latvijas ieguldījums tiktu atpazīts šajā specializētajā jomā;
- **nodrošināt pārstāvniecību komitejās, kas nosaka Baltijas terapijas iniciatīvas.** Latvijas pētnieku atpazīstamība caur šo projektu varētu palīdzēt iesaistīties Baltijas terapijas centra politikas veidošanas komitejās, nodrošinātu ievērojamu ietekmi uz reģionālo veselības aprūpi;

- **attīstīt digitālā mācību satura izstrādi.** Inovatīvu izglītības resursu izveidei tiktu izmantotas un paplašinātas komandas zināšanas, un nodrošināta efektīva zināšanu nodošana jauniešiem, kas pievienojas projektam
- **paplašināt darbības jomu, iekļaujot lietišķo pētījumu tēmas.** Komunikācija ar sabiedrību pārsvarā notika par fundamentālajiem pētījumiem, būtu lietderīgi iekļaut arī lietišķās pētniecības tēmas, piemēram, jonu terapiju un aditīvo ražošanu, tiktu papildināta fundamentālās fizikas popularizēšana un tiktu demonstrēts projekta praktiskais ieguvums sabiedrībai;
- **stiprināt vidusskolu iesaisti.** Varētu palielināt vidusskolēnu iesaisti apvienojot lekcijas ar praktiskāku pieredzi, piemēram, radot projektus saistībā ar kristālu audzēšanu vai robotiku, kur tiktu ilustrēta saistība ar CERN pētniecības aktivitātēm un palielinātu interesi par fiziku un inženierzinātnēm Latvijā.
- **plānot projekta nepārtrauktību pēc tā noslēguma, lai nodrošinātu izveidotās zinātniskās kopienas tālāku pastāvēšanu.** Lai ilgtermiņā nodrošinātu Latvijas augstās enerģijas fizikas kapacitāti, ir svarīgi izstrādāt stratēģiju pētniecības kopienas saglabāšanai arī pēc pašreizējā finansēšanas perioda beigām.

Projekta zinātniskie rezultāti

Rezultāta veids	Plānots vidusposmā	Sasniegts vidusposmā	Plānots noslēgumā
Origināli zinātniskie raksti, kas iesniegti vai pieņemti publicēšanai Web of Science Core Collection vai SCOPUS datubāzēs iekļautajos žurnālos vai konferenču rakstu krājumos, kuru citēšanas indekss sasniedz vismaz 50 procentus no nozares vidējā citēšanas indeksa	1	9	2
Origināli zinātniskie raksti, kas iesniegti, vai pieņemti publicēšanai Web of Science Core Collection vai SCOPUS datubāzēs iekļautajos žurnālos vai konferenču rakstu krājumos	3	0	7
Ziņojumi par rīcībpolitikas ieteikumiem un rīcībpolitiku ietekmi	0	0	1
Konferenču materiāli – kopsavilkumi līdz 1 lpp.	4	6	8
Iesniegts projekta pieteikums starptautiskā vai nacionālā pētniecības un attīstības projektu konkursā	0	0	2
Noteiktā kārtībā aizstāvēts promocijas darbs, ievērojot programmas mērķi un uzdevumus	0	1	3
Noteiktā kārtībā aizstāvēts maģistra darbs, ievērojot programmas mērķi un uzdevumus	1	1	1
Zinātniskās datubāzes un datu kopas, kas izstrādātas projekta ietvaros	1	0	1

Līdz projekta vidusposmam ir norādīti deviņi oriģināli zinātniskie raksti, kas iesniegti vai pieņemti publicēšanai Web of Science Core Collection vai SCOPUS datubāzēs iekļautajos žurnālos, kuru citēšanas indekss sasniedz vismaz 50 procentus no nozares vidējā citēšanas indeksa. Pēc būtības ir sasniegts projekta noslēgumā paredzētais publikāciju skaits, kas publicēti vai iesniegti Web of Science Core Collection vai SCOPUS datubāzēs iekļautajos žurnālos vai konferenču rakstu krājumos. Projekta autori iesniegumā bija paredzējuši iespēju publicēties arī zemākas ietekmes izdevumos, bet ir spējuši visas publikācijas iesniegt augstākas ietekmes izdevumos. Konferenču materiālu skaits ir pārsniegts, ir iesniegti seši konferenču materiālu kopsavilkumi, kas apliecina projekta īstenotāju aktīvo rezultātu izplatīšanu starptautiskās konferencēs. Līdz projekta vidusposmam ir aizstāvēts viens maģistra darbs, sasniedzot projekta laikā solītos rezultātus un viens promocijas darbs,

pārsniedzot projekta vidusposma solītos rezultātus. Projekta ietvaros līdz šim nav izstrādātas zinātniskās datubāzes un datu kopas.

Publikācijas (SCOPUS)

1. Pankratova V.; Chernenko K.; Bocharov D.; Chesnokov A.; Sychikova Y.; Popov A. I.; Pankratov V. Unveiling of UV intrinsic luminescence in (Lu,Y)2SiO5:Ce3+ single crystals. - Optical Materials, 2024, 152, <https://doi.org/10.1016/j.optmat.2024.115554>
2. Pankratova V.; Chernenko K.; Popov A. I.; Pankratov V. Temperature behavior of Ce3+ emission in (Lu,Y)2SiO5 single crystals excited by vacuum ultraviolet synchrotron light. - Optical Materials: X, 2024, 22, <https://doi.org/10.1016/j.omx.2024.100322>
3. Zhunusbekov A.M.; Karipbayev Z.T.; Tolegenova A.; Kumarbekov K.K.; Nurmoldin E.E.; Baizhumanov M.M.; Kotlov A.; Popov A.I. Comparative VUV Synchrotron Excitation Study of YAG: Eu and YAG: Cr Ceramics. - MDPI Crystals, 2024, 14(10), <https://doi.org/10.3390/cryst14100897>
4. Inerbaev T.; Akilbekov A.; Kenbayev D.; Dauletbekova A.; Shalaev A.; Polisadova E.; Konuhova M.; Piskunov S.; Popov A.I. Color Centers in BaFBr Crystals: Experimental Study and Theoretical Modeling. - MDPI Materials, 2024, 17(13), <https://doi.org/10.3390/ma17133340>
5. Paļskis K.; Korobeinikova E.; Bogorada-Saukuma D.; Camarda A.M.; Taylor R.; Benedetto E.; Mamis E.; Radziņa M.; Ērglis A.; Adliene D.; Dosanjh M.; Vretenar M.; Torims T. "Particle therapy - future for the Baltic states?" – synthesis of the expert workshop report. - Health and Technology, 2024, 14(5), 965–972, <https://doi.org/10.1007/s12553-024-00875-2>
6. Piacentini L.; Dassa L.; Perini D.; Ratkus A.; Torims T.; Uberti S.; Vilcans J.; Vretenar M. Comparative study on scenarios for rotating gantry mechanical structures. - Open Research Europe, 2024, 2, 55, <https://doi.org/10.12688/openreseurope.14683.4>
7. Romano T.; Pikurs G.; Ratkus A.; Torims T.; Delerue N.; Vretenar M.; Stepień L.; López E.; Vedani M. Metal additive manufacturing for particle accelerator applications. - Physical Review Accelerators and Beams, 2024, 27(5), <https://doi.org/10.1103/PhysRevAccelBeams.27.054801>
8. Ratkus A.; Rarison S.; Garion C.; Kos H.; Gruber S.; Stepień L.; Patil A.A.; Lopez E.; Torims T.; Pikurs G.; Vedani M.; Lacis V. Evaluation of green laser source additive manufacturing technology for accelerator applications with ultra-high vacuum requirements. - Journal of Physics: Conference Series, 2024, 2687(8), <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/2687/8/082046>
9. Torims T.; Cherif A.; Delerue N.; Foppa Pedretti M.; Gruber S.; Krogere D.; Lopez E.; Otto T.; Pikurs G.; Pozzi M.; Ratkus A.; Thielmann M.; Vedani M.; Vretenar M.; Wagenblast P. Evaluation of geometrical precision and surface roughness quality for the additively manufactured radio frequency quadrupole prototype. - Journal of Physics: Conference Series, 2023, 2420(1), <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/2420/1/012089>

Maģistra un promocijas darbi

1. Lācis V. Aditīvi ražotu tīra vara detaļu virsmas pēcapstrādes pētījumi, izmantojot lāzera staru / Research of surface post-treatment of additively manufactured pure copper parts using a laser beam. – Maģistra darbs, Rīgas Tehniskā Universitāte, 16.06.2023, Vad. Ratkus A.
2. Pikurs G. Pētījums par aditīvās ražošanas tehnoloģijas pielietojamību kompakta radio frekvences kvadrupola izgatavošanai / Research on the Novel Manufacturing Technology for Compact Radio Frequency Quadrupole Design and Production. – Promocijas darbs, Rīgas Tehniskā Universitāte, 27.12.2024, Zin. Vad. Torims T., Vretenar M.

Secinājumi

Valsts pētījumu programmas “Augstas enerģijas fizika un paātrinātāju tehnoloģijas” **mērķis** ir, sadarbībā ar Eiropas Kodolpētniecības organizāciju, stiprināt Latvijas zinātniskās kopienas attīstību augstas enerģijas fizikas un paātrinātāju tehnoloģiju jomā, kā arī īstenot pētniecību dabaszinātnēs un inženierzinātnēs augstas enerģijas fizikas un paātrinātāju tehnoloģiju jomā, lai attīstītu pasaules līmeņa zināšanas, cilvēkkapitālu un tehnoloģijas un uz to bāzes radītu produktus un pakalpojumus, iesaistot zinātnisko un akadēmisko personālu, kā arī studējošos, doktora grāda pretendētus un jaunos zinātniekus.

Programmas ietvaros finansēts viens projekta pieteikums VPP-IZM-CERN-2022/1-0001 **“Augstas enerģijas daļiņu fizikas pētījumi CMS eksperimentā un progresīvu paātrinātāju tehnoloģiju izstrāde sadarbībā ar CERN”**, kuram tika piešķirts viss pieprasītais finansējums 1 395 000 *eiro* apmērā, un tas jāīsteno no 2022. gada 1. novembra līdz 2026. gada 31. oktobrim.

Pēc projekta 24 mēnešu īstenošanas tika iesniegts vidusposma zinātniskais pārskats, kam veikta zinātniskā izvērtēšana. Ārvalstu eksperti, izvērtējot projekta zinātnisko devumu, sasniegto un paredzamo projekta ietekmi, ir novērtējuši projekta īstenošanu līdz vidusposmam kā veiksmīgu, atzīmējot projekta mērķu sasniegšanu un pat pārsniegšanu, konsolidētajā vērtējumā rekomendējot **“Turpināt projektu”**. Eksperti, īpaši atzīmējot konkurētspēju top kvarka pētījumos un izstrādājot nozīmīgu aparāturu CMS eksperimentā. Eksperti ir atzinīgi novērtējuši piesaistīto studentu skaitu visos līmeņos, sākot no bakalaura līdz doktora studijām, kas ir ievērojami uzlabojis Latvijas zinātnieku skaitu fizikā un inženierzinātnēs. Eksperti arī iesaka turpināt veidot pētnieku kopienu arī pēc projekta īstenošanas, lai nodrošinātu spēcīgu pamatu Latvijas zinātnes nākotnei un saglabātu šo pētījumu virzību.

Līdz vidusposmam projekts, kas koncentrējas uz augstas enerģijas daļiņu fiziku CMS eksperimentā un progresīvu paātrinātāju tehnoloģiju izstrādi sadarbībā ar CERN, ir nostiprinājis Latvijas zinātnisko kapacitāti un starptautisko reputāciju, pārsniedzot cerības vairākās jomās. Projekts ir nostiprinājis Latviju kā atzītu ieguldījuma sniedzēju kvarku fizikas septiņās notiekošajās pētniecības jomās, nodrošinājis vadošās pozīcijas MTD detektora projektā, ieviesis inovatīvas paātrinātāju tehnoloģijas ar potenciālu medicīnisko pielietojumu un ievērojami paplašinājis cilvēkkapitālu, atbalstot 15 doktorantūras studentus (viens doktora darbs jau ir veiksmīgi aizstāvēts) un veicinot ilgtermiņa studijas CERN. Šie sasniegumi, kā arī rūpnieciskā sadarbība ar Latvijas uzņēmumiem un visaptverošas sabiedrības informēšanas aktivitātes, rada ilgtspējīgu pamatu Latvijas zinātnes attīstībai, vienlaikus tieši atbalstot valsts stratēģisko mērķi – **līdz 2027. gadam sasniegt piltiesīgu CERN dalību**, demonstrējot, kā mērķtiecīgas investīcijas fundamentālajos pētījumos un starptautiskajā sadarbībā sniedz ievērojamu atdevi Latvijas zinātnes ekosistēmai un potenciālus sabiedrības ieguvumus, izmantojot progresīvas vēža ārstēšanas tehnoloģijas.

Projektu plānots īstenot līdz **2026. gada 14. decembrim**, kad tiks iesniegts projekta noslēguma zinātniskais pārskats un būs iespējams novērtēt programmas ietvaros izvirzīto un projekta ietvaros sasniegto mērķu un uzdevumu nozīmību un ietekmi.



Latvijas Zinātnes
padome

Sagatavoja **Latvijas Zinātnes padome**